



(10) **DE 10 2022 117 744 A1** 2024.01.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 117 744.0**

(22) Anmeldetag: **15.07.2022**

(43) Offenlegungstag: **18.01.2024**

(51) Int Cl.: **B65H 69/02** (2006.01)

**B65H 51/015** (2006.01)

**B42D 25/355** (2014.01)

**D21F 7/00** (2006.01)

**D21H 23/24** (2006.01)

**B65H 19/18** (2006.01)

**B65H 21/00** (2006.01)

**B65H 21/02** (2006.01)

**B65H 23/00** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Georg Sahn GmbH & Co. KG, 37269 Eschwege, DE; Leonhard Kurz Stiftung & Co. KG, 90763 Fürth, DE**

**Oberasbach, DE; Pforte, Klaus, 90522 Oberasbach, DE; Wesp, Holger, 91413 Neustadt, DE; Ordnung, Marco, 91560 Heilsbronn, DE; Franck, Jürgen, 90614 Ammerndorf, DE**

(74) Vertreter:  
**LOUIS PÖHLAU LOHRENTZ Patentanwälte Partnerschaft mbB, 90409 Nürnberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**DE 10 2008 022 697 A1**

**DE 10 2011 112 554 A1**

**DE 10 2016 014 230 A1**

**EP 1 567 714 B1**

**WO 2020/ 245 119 A2**

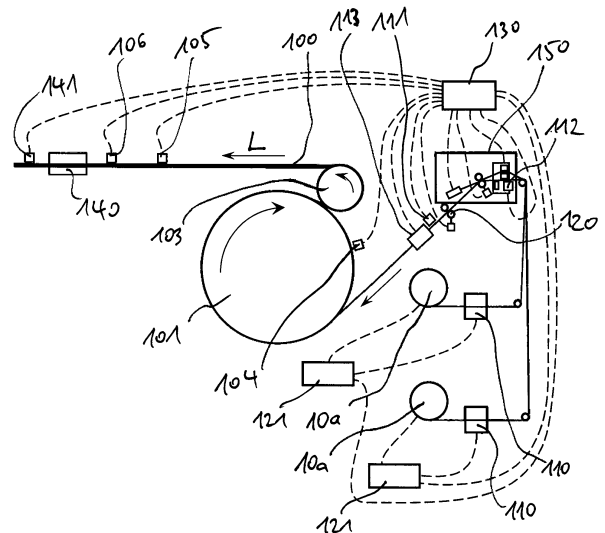
(72) Erfinder:  
**Döring, Ernst, 37269 Eschwege, DE; Ebhardt, Heiko, 37276 Meinhard, DE; Geiß, Bernhard, 37218 Witzenhausen, DE; Wening, Jochen, 90522**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Fördern eines Fadenstrangs, Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer Papierbahn, Verfahren zum Synchronisieren eines Fadens mit einer Papierbahn, Vorrichtung zum Durchführen der Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fördern eines Fadenstrangs, ein Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn (100), ein weiteres Verfahren zum Synchronisieren eines Fadens (10) mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn (100) sowie jeweils eine Vorrichtung zum Durchführen der Verfahren.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fördern eines Fadenstrangs, ein Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn, ein weiteres Verfahren zum Synchronisieren eines Fadens mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn sowie jeweils eine Vorrichtung zum Durchführen der Verfahren.

**[0002]** Verfahren zum Fördern eines Fadenstrangs und ein Verbinden desselben mit einer Papierbahn sind im Stand der Technik bekannt. Ein Fadenstrang wird in der Praxis auf die Oberfläche einer Papierbahn aufgebracht, wobei die Papierbahn bereits als fertige Papierbahn vorliegt und der Faden registergenau mit einer Oberfläche der Papierbahn verbunden wird. Um einen Faden in das Volumen einer Papierbahn einzubetten, erfolgt dies während der Papierherstellung aus einer Papierpulpe. Dieses Verfahren ist relativ aufwändig und kompliziert.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabenstellung zugrunde, die Nachteile aus dem Stand der Technik zu beseitigen. Insbesondere sollen Verfahren und Vorrichtungen zur Durchführung der Verfahren angegeben werden, die ein verbessertes Einbetten eines Sicherheitsfadens registergenau zu Fensteröffnungen in eine Papierbahn erlauben.

**[0004]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäß dem Gegenstand des Anspruchs 1, durch ein Verfahren gemäß dem Gegenstand des Anspruchs 6, durch ein Verfahren gemäß dem Gegenstand des Anspruchs 11, durch eine Vorrichtung gemäß dem Gegenstand des Anspruchs 20, durch eine Vorrichtung gemäß dem Gegenstand des Anspruchs 21 und durch eine Vorrichtung gemäß dem Gegenstand des Anspruchs 22 gelöst. Ein Vorteil dabei ist, dass das registergenaue Einbetten des Fadens in die Papierbahn bereits in der noch flüssigen Papiermaische bzw. Papierpulpe auf dem Papiersieb erfolgt. Die flüssige Papiermaische bzw. Papierpulpe kann den Faden dabei auf dem Papiersieb umschließen, so dass ein nachträgliches Einbetten des Fadens nicht erforderlich ist.

**[0005]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind dazu jeweils in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0006]** Nach Maßgabe der Erfindung wird ein Verfahren zum Fördern eines Fadenstrangs, insbesondere eines endlosen Fadenstrangs, beansprucht. Zumindest ein bewegter erster Faden und ein zweiter Faden werden dabei zur Herstellung des Fadenstrangs verbunden. Ein Endabschnitt des ersten Fadens nimmt dabei einen Anfangsabschnitt des zweiten Fadens mit.

**[0007]** Der erste und der zweite Faden weisen jeweils eine vielfach wiederholte Abfolge von Merkmalen auf, wobei die beiden Fäden zueinander im Register angeordnet werden. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte, insbesondere in der nachstehenden Reihenfolge:

- a) Erfassen der Registerposition zumindest des ersten Fadens mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels eines ersten Sensors.
- b) Inkontaktbringen des von einer Halteeinrichtung vorgehaltenen, insbesondere gehaltenen oder gebremsten, zweiten Fadens mit dem ersten Faden.
- c) Erzeugen eines Steuersignals zur Freigabe der Halteeinrichtung auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfassten Registerposition zumindest des ersten Fadens, derart dass die Registerposition des ersten Fadens und die Registerposition des zweiten Fadens bei der Mitnahme des zweiten Fadens durch den ersten Faden in positionsgenaue Übereinstimmung gebracht werden.

**[0008]** Der Fadenstrang wird vorzugsweise unterbrechungsfrei an ein Papiersieb zugeführt. Auf dem Papiersieb ist ein Brei aus einer Papierpulpe oder einer Papiermaische aufgebracht bzw. wird kontinuierlich auf das Papiersieb aufgebracht. Die Papierbahn entsteht durch Trocknung oder Aushärtung der Papierpulpe oder der Papiermaische. Insbesondere erfolgt die Trocknung bereits, zumindest zu einem Teil, auf dem Papiersieb. Vorzugsweise wird der Fadenstrang auf das Papiersieb gefördert, auf dem sich aus der flüssigen Papiermaische oder Papierpulpe die Papierbahn bildet. Dabei kann der Faden entweder auf das Papiersieb aufgebracht werden, auf welchem sich die Papierpulpe als Papierbahn ablagert, oder der Faden kann insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt werden. Die Papiermaische oder Papierpulpe kann dabei den Fadenstrang zumindest teilweise umschließen, insbesondere derart, dass der Fadenstrang innerhalb der zu erzeugenden Papierbahn angeordnet wird.

**[0009]** Das Erfassen der Registerposition zumindest des ersten Fadens mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels eines ersten Sensors erfolgt bevorzugt ununterbrochen bzw. fortlaufend und insbesondere während des gesamten Verfahrens der Integration des Fadens in das Papiersubstrat.

**[0010]** Der zweite Faden wird vorzugsweise in einem Bereich vor dem bzw. stromaufwärts zu dem Papiersieb parallel zum ersten Faden angeordnet. Dabei kann ein bereichsweiser Überlapp an der Oberseite oder an der Unterseite mit dem ersten Faden zustande kommen.

**[0011]** Das Steuersignal synchronisiert vorzugsweise die Bewegung zwischen dem zweiten und dem ersten Faden. Ein Vorteil dabei ist, dass im laufenden Betrieb ein registergenauer Wechsel von dem ersten Faden auf den zweiten Faden ermöglicht wird. Dies ermöglicht, dass wenn im laufenden Betrieb der erste Faden zu Ende geht, ohne Unterbrechung der Fertigung und ohne einen Verlust der Registergenauigkeit ein neuer Faden eingebracht und dem Papiersieb zugeführt werden kann.

**[0012]** Der zweite Faden ist vor Schritt c) vorzugsweise mit einer bekannten Position der Merkmale entlang der Längserstreckung des zweiten Fadens gehalten, vorzugsweise ruhend gehalten, während der erste Faden mit einer bestimmten Geschwindigkeit gefördert wird. Insbesondere ist die bekannte Position ortsfest. Vorzugsweise übt der erste geförderte Faden bereits beim Inkontaktbringen des zweiten Fadens mit dem ersten Faden eine Zugkraft auf den zweiten Faden aus. Über das Steuersignal kann der Halt des zweiten Fadens ausgeschaltet werden, so dass der zweite Faden von dem ersten Faden mitgenommen wird. Durch exaktes Bestimmen des Steuersignals kann so die Registergenauigkeit zwischen erstem Faden und zweitem Faden erhalten werden. Ein Wechsel des Fadens im laufenden Betrieb unter Beibehalten der Registergenauigkeit zwischen erstem Faden und zweitem Faden ist dadurch möglich.

**[0013]** Im Rahmen dieser Patentanmeldung wird unter dem Begriff Faden eine endlose flache Substratbahn, insbesondere aus einem Kunststoff, verstanden, die in eine Papierbahn integriert werden kann. Diese Substratbahn wird als Faden oder als Band oder als Bändchen oder als Streifen bezeichnet. Die Breite der Substratbahn kann 1 mm bis 25 mm, bevorzugt 2 mm bis 15 mm, besonders bevorzugt 3 mm bis 10 mm, betragen.

**[0014]** Der Faden kann einen PET-Träger aufweisen. In diesem Fall spricht man von einem Halbfaden. Alternativ kann der Faden zwei PET-Träger aufweisen. In diesem Fall spricht man von einem Vollfaden. Bevorzugt wird ein Halbfaden verwendet, das heißt ein Faden mit einem PET-Träger. Es ist auch möglich, dass der Faden einen oder mehrere Träger aufweist, welcher auf Zellulose basiert. Der Träger kann alternativ oder zusätzlich Bestandteile enthalten, einzeln oder in Kombination ausgewählt aus den folgenden Materialien: Zellulose, Baumwolle, Holz, Kunststoff, Pflanzenfasern, Melierfasern, Farbstoffe, Pigmente.

**[0015]** Durch das Einbringen des Fadens in die Papiermaische oder Papierpulpe kann der Faden in die Papierbahn zumindest bereichsweise eingebettet werden, und/oder von der Papierbahn zumindest bereichsweise umschlossen werden.

**[0016]** Der Faden erstreckt sich dabei vorzugsweise durchgehend über eine Breite oder eine Länge der Papierbahn. Insbesondere ist der Faden nicht nur auf ein Fenster begrenzt.

**[0017]** Insbesondere ist die Dicke des Fadens im Vergleich zu seiner Breite gering.

**[0018]** Unter einem Fadenstrang wird eine Anordnung aus zwei oder mehr aneinandergfügten Fäden verstanden. Das heißt, wird ein Faden am Ende seiner Länge mit einem neuen Faden verbunden, der dann die Aufgaben des ersten Fadens übernimmt, ist dies ein Fadenstrang.

**[0019]** Unter einem Fenster ist eine Aussparung in der Papierfläche zu verstehen, die insbesondere während der Papierherstellung entsteht. Ein Fenster ist in seiner flächigen Ausdehnung vollständig von Papier umgeben. Üblicherweise werden Fenster verwendet, um den Faden von einer oder von beiden Seiten sichtbar zu machen, das heißt der Faden wird so eingebettet, dass er die Fenster durchquert.

**[0020]** Insbesondere wird unter einer Abfolge von Merkmalen eine entlang des Fadens angebrachte Abfolge von optisch lesbaren Merkmalen und/oder von sensorisch lesbaren Merkmalen und/oder von maschinenlesbaren Merkmalen verstanden. Diese Merkmale können als Muster und/oder als Passermarken und/oder als Steuermarken und/oder als Positionsmarkierungen ausgebildet sein, oder solche umfassen.

**[0021]** Ein Rapport ist der Abstand, in dem sich ein Muster wiederholt. Die Rapportlänge des Fadens ist die Länge eines Bereichs auf dem Faden, bis der direkt angrenzende Bereich beginnt. Ein Bereich kann dabei einen Designbereich und Steuermarken oder Passermarken umfassen. Vorzugsweise ist ein Designbereich ein optisch oder sensorisch oder maschinenlesbares Muster, beispielsweise ein Schriftzug und/oder ein Hologramm und/oder eine insbesondere partielle Metallisierung und/oder ein farbiges Dekor. Die Rapportlänge erstreckt sich also in Laufrichtung des Fadens zwischen den äußeren Begrenzungen eines Bereichs. Die Rapportlänge des Fadens ist insbesondere nach der Einbringung in das Papiersubstrat insbesondere so lang wie in Vorschubrichtung des Papiersubstrats bzw. der Papierbahn eine Rapportlänge innerhalb des Papiersubstrats bzw. innerhalb der Papierbahn lang ist.

**[0022]** Besonders bevorzugt (siehe auch weiter unten) ist es bei dieser Lösung, wenn das Spleißen, d.h. das Anfügen einer neuen Fadenrolle an das Ende der aktuell laufenden Fadenrolle, im Register bzw. „nahe des Registers“ erfolgt.

**[0023]** Unter dem Begriff „Register“ wird im Rahmen dieser Patentanmeldung insbesondere eine Lagegenauigkeit zweier oder mehrerer Elemente und/oder Schichten relativ zueinander verstanden. Alternativ können die Begriffe „Passer“ bzw. „Registergenauigkeit“ oder „Registerhaltigkeit“ oder „Passergenauigkeit“ oder „Positionsgenauigkeit“ verwendet werden. Dabei soll sich die Registergenauigkeit bevorzugt innerhalb einer vorgegebenen Toleranz bewegen und dabei vorzugsweise möglichst hoch sein. Gleichzeitig ist die Registergenauigkeit von mehreren Elementen und/oder Schichten zueinander insbesondere ein wichtiges Merkmal, um die Prozesssicherheit zu erhöhen. Die lagegenaue Positionierung erfolgt dabei insbesondere mittels sensorischer, vorzugsweise optisch detektierbarer, Passermarken oder Steuermarken oder Positionsmarkierungen. Insbesondere stellen diese Passermarken oder Steuermarken oder Positionsmarkierungen dabei entweder spezielle separate Elemente oder Bereiche oder Schichten dar oder sind selbst Teil der zu positionierenden Elemente oder Bereiche oder Schichten.

**[0024]** Befinden sich insbesondere „Faden und Papierbahn oder zwei Fäden zueinander im Register“ heißt dies also inklusive Toleranzen „so nah wie möglich“ an der exakten Lagegenauigkeit des Fadens zur Papierbahn oder „so nah wie möglich“ an der exakten Lagegenauigkeit beider Fäden relativ zueinander.

**[0025]** Es ist weiter möglich, dass die Verfahrensschritte und Unterschritte einmal oder mehrmals durchgeführt werden. Insbesondere können sich Verfahrensschritte und Unterschritte wiederholen. Die bevorzugte Abfolge der Verfahrensschritte weist zumindest Reihenfolge von Schritt a) - Schritt b) - Schritt c) auf, wobei insbesondere zwischen diesen Schritten weitere Schritte oder Unterschritte eingefügt sein können.

**[0026]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann der Faden vorteilhafterweise registergenau zu in der Papierbahn vorgesehenen Fenstern in die Papierbahn eingebettet werden, wobei der Faden bereits in die sich bildende Papierbahn eingebracht wird. Dabei kann der Faden entweder auf das Papiersieb aufgebracht werden, auf welchem sich die Papierpulpe als Papierbahn ablagert, oder der Faden kann insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt werden. Das hat den Vorteil, dass der Faden zumindest bereichsweise von dem Papier umschlossen werden kann, während sich aus der Papierpulpe und/oder aus den zumindest zwei Teil-Papierbahnen eine feste Papierbahn bildet. Das heißt, dass die Erzeugung der Papierbahn selbst und die Einbettung des Fadens gleichzeitig erfolgt und somit der Faden registergenau in die Papierbahn integriert wird. Der

Faden kann dadurch ein integraler Bestandteil der Papierbahn bzw. des Papiersubstrats werden, der insbesondere lagegenau zu den Fensteröffnungen im Papier angeordnet ist. Eine nachträgliche Manipulation oder auch ein nachträglicher Austausch des Fadens in dem Papiersubstrat ist dadurch erschwert, weil insbesondere ein erneutes registergenau bzw. lagegenaues Einbringen des Fadens in das Papier erschwert ist.

**[0027]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen bezeichnet.

**[0028]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Verfahren den folgenden zusätzlichen Schritt. Der zusätzliche Schritt wird vorzugsweise nach Schritt c) durchgeführt:

d) Abschneiden des ersten Fadens.

**[0029]** Vorteilhafterweise kann dadurch im laufenden Betrieb der Rest des ersten Fadens frühzeitig entfernt werden.

**[0030]** Alternativ dazu kann der erste Faden leerlaufen gelassen werden.

**[0031]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ruht der zweite Faden zunächst, vorzugsweise mit einer bekannten Position der Merkmale entlang der Längserstreckung des zweiten Fadens, und wird erst aufgrund der Mitnahme durch den ersten Faden nach der im Schritt c) erfolgenden Freigabe der Halteeinrichtung in Bewegung versetzt.

**[0032]** Insbesondere wird dadurch eine genaue Synchronisierung der Merkmale zwischen den beiden Fäden ermöglicht, ohne dass dabei der Förderprozess unterbrochen oder verlangsamt werden muss.

**[0033]** Vorzugsweise wird der zweite Faden vor der im Schritt c) erfolgenden Freigabe in einer bekannten Registerposition in der Halteeinrichtung gehalten.

**[0034]** Für den Fall, dass der zweite Faden von der Halteeinrichtung gebremst aber nicht stillstehend vorgehalten ist, kann die Registerposition des zweiten Fadens vorzugsweise sensorisch erfasst werden. In diesem Fall kann die Registerposition des ersten Fadens und/oder die Registerposition des zweiten Fadens mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfasst werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Registerposition des zweiten Fadens mittels eines weiteren Fadensensors erfasst werden. Das Steuersignal zur Freigabe der Halteeinrichtung wird vorzugsweise auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, für die Registerposition des ersten Fadens und/oder für die Registerposition des zweiten Fadens und/oder mittels des weiteren

Fadensensors für die Registerposition des zweiten Fadens erfassten Registerpositionen erzeugt.

**[0035]** Von Vorteil ist, dass über den Sensor die Lage des Registers erfasst wird und dadurch etwaige Lagetoleranzen korrigiert werden können.

**[0036]** In einer bevorzugten Ausführung sind zwei Sensoren zum Erfassen der Registerposition, vorzugsweise zum Erfassen der Registermarken, des ersten Fadens vorgesehen. Der Sensor, vorzugsweise der erste Sensor, ist vorzugsweise nach der Halteeinrichtung und ein weiterer Sensor, vorzugsweise ein fünfter Sensor, ist vorzugsweise vor der Halteeinrichtung angeordnet. Der weitere Sensor, vorzugsweise der fünfte Sensor, nimmt also vorzugsweise die Registerposition im ablaufenden ersten Faden zusätzlich auf. Dadurch kann das Spleißen, d.h. das Anfügen des zweiten Fadens an das Ende des ersten Fadens nahe dem Register zusätzlich unterstützt werden.

**[0037]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird vor dem oder beim oder nach dem Inkontaktbringen des zweiten Fadens mit dem ersten Faden ein Verbindungsmedium auf den ersten und/oder zweiten Faden appliziert. Die Mitnahme des zweiten Fadens durch den ersten Faden erfolgt durch eine durch das Verbindungsmedium hervorgerufene Adhäsion des zweiten Fadens am ersten Faden. Das Verbindungsmedium ist vorzugsweise eine Flüssigkeit. Besonders bevorzugt ist Wasser als Verbindungsmedium vorgesehen.

**[0038]** Das Verbindungsmedium kann dazu dienen, den ersten Faden mit dem zweiten Faden zu verbinden, insbesondere durch Adhäsion zu verbinden. Das flüssige Verbindungsmedium erzeugt eine Adhäsionsschicht zwischen den beiden Fäden. Insbesondere wird die Länge der Adhäsionsschicht und/oder die Dicke der Adhäsionsschicht derart bemessen, dass die Adhäsionskräfte ausreichen, um den zunächst stillstehenden zweiten Faden mit dem bewegten bzw. geförderten ersten Faden mitzunehmen. Der Start der Mitnahme des zweiten Fadens kann dabei über das Synchronisierungssignal gesteuert werden.

**[0039]** Nach Maßgabe der Erfindung wird außerdem ein Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn beansprucht. Die Papierbahn umfasst dabei eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen. Die ersten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Fenster und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein.

**[0040]** Der Fadenstrang weist dabei zumindest einen Vorlauffaden und einen Originalfaden auf. Der

Originalfaden umfasst eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen. Die zweiten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein.

**[0041]** Der Vorlauffaden hingegen umfasst insbesondere keine Sicherheitsmerkmale. Der Vorlauffaden weist bevorzugt eine maximale Breite von 5 mm auf. Der Vorlauffaden kann einen PET-Träger aufweisen.

**[0042]** Der Vorlauffaden kann alternativ dazu mindestens einen Träger aufweisen, welcher insbesondere auf Zellulose basiert. Der mindestens eine Träger des Vorlauffadens kann alternativ oder zusätzlich Bestandteile enthalten, einzeln oder in Kombination ausgewählt aus den folgenden Materialien: Zellulose, Zellulosefasern, Baumwolle, Baumwollfasern, Holzfasern, Kunststoff, Kunststofffasern, Pflanzenfasern, Melierfasern, Farbstoffe, Pigmente. Ein so ausgebildeter Vorlauffaden kann sich zusammen mit der Ausschuss-Papierbahn leicht in einem Papier-Recycling-Prozess weiterverarbeiten lassen, ohne dort einen störenden hohen Fremdstoffanteil, der aussortiert werden müsste, zu verursachen.

**[0043]** Insbesondere ist eine zweite Rapportlänge des Originalfadens kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Die zweite Rapportlänge des Originalfadens ist vorzugsweise um 0,1% bis 10%, bevorzugt um 0,3% bis 8%, besonders bevorzugt um 1% bis 4% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Beispielsweise ist die zweite Rapportlänge Originalfadens 2% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Der Längenfaktor ergibt sich aus den genannten Prozentwerten durch ein Abziehen dieser Prozentwerte von der Zahl 1. Im genannten Beispiel von 2% ergibt sich also ein Längenfaktor von 0,98. Der Längenfaktor kann auch als eine Dehnungsreserve bezeichnet werden.

**[0044]** Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte, insbesondere in der nachstehenden Reihenfolge:

a) Ausbringen einer Pulpe auf ein Papiersieb zur Erzeugung der Papierbahn.

b) Einbringen und/oder Einschleusen des Vorlauffadens in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe, so dass der Vorlauffaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn verbunden ist, wobei die Papierbahn und/oder Pulpe den Vorlauffaden zumindest teilweise umschließt.

c) Nachdem der Vorlauffaden von der Papierbahn gefördert wird:

Inkontaktbringen des von einer Halteeinrichtung vorgehaltenen, insbesondere gehaltenen oder

gebremsten, Originalfadens mit dem Vorlauffaden.

d) Erfassen der Registerposition der Papierbahn.

e) Erzeugen eines Steuersignals zur Freigabe der Halteeinrichtung auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn, so dass der Originalfaden derart durch den Vorlauffaden mitgenommen wird, dass die Registerposition des Originalfadens und die Registerposition der Papierbahn in Übereinstimmung gebracht werden, wobei der Originalfaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn verbunden ist, wobei die Papierbahn den Originalfaden zumindest teilweise umschließt, und

f) Abschneiden des Vorlauffadens.

**[0045]** Im Schritt e) wird der Originalfaden vorzugsweise derart gedehnt, dass die zweite Rapportlänge mit der Dehnung der ersten Rapportlänge entspricht. Zusätzlich wird der Originalfaden von der Halteeinrichtung derart freigegeben, dass die Registerposition des Originalfadens und die Registerposition der Papierbahn in Übereinstimmung gebracht werden.

**[0046]** Insbesondere erfolgt das Fördern des Fadens dadurch, dass der Faden auf das Papiersieb aufgebracht wird, auf welchem sich die flüssige Papierpulpe als Papierbahn ablagert, oder das Fördern des Fadens dadurch, dass der Faden insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt wird. Die Papierpulpe oder Papiermaische oder die zumindest zwei Papier-Teilbahnen wird/werden getrocknet, wird/werden dabei immer fester und die feste oder getrocknete Papierpulpe oder Papiermaische oder die zumindest zwei Papier-Teilbahnen nimmt/nehmen den Faden mit.

**[0047]** Von Vorteil ist das Papiersieb als Zylinder ausgebildet, wobei der Umfang des Zylinders derart bemessen ist, dass die Papierpulpe oder Papiermaische bereits auf dem Papiersieb durch zumindest teilweises Trocknen ausreichend fest wird, um den Faden mitzunehmen. Die Papierbahn kann zusammen mit dem registergenau eingebetteten Faden von dem Papiersieb entnommen und weiter verarbeitet werden.

**[0048]** Insbesondere weist das Papiersieb Erhöhungen und/oder Vertiefungen auf, um in der Papierbahn Fenster zu bilden, die die Registerposition für den Faden vorgeben. Die Erhöhungen und/oder Vertiefungen des Papiersiebs sind insbesondere so bemessen, dass sie nicht von der Papierpulpe oder Papiermaische überdeckt werden.

**[0049]** Der Originalfaden ist vor dem Schritt e) vorzugsweise mit einer bekannten Position („im Register“) gehalten.

**[0050]** Es ist weiter möglich, dass die Verfahrensschritte und Unterschritte einmal oder mehrmals durchgeführt werden. Insbesondere können sich Verfahrensschritte und Unterschritte wiederholen. Die bevorzugte Abfolge der Verfahrensschritte weist zumindest eine Reihenfolge von Schritt a) - Schritt b) - Schritt c) - Schritt d) - Schritt e) - Schritt f) auf, wobei insbesondere zwischen diesen Schritten weitere Schritte oder Unterschritte eingefügt sein können.

**[0051]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann der Faden vorteilhafterweise registergenau zu in der Papierbahn vorgesehenen Fenstern oder anderen Elementen in die Papierbahn eingebettet werden. Dabei wird der Faden bereits in die sich bildende Papierbahn eingebracht. Dabei kann der Faden entweder auf das Papiersieb aufgebracht werden, auf welchem sich die Papierpulpe als Papierbahn ablagert, oder der Faden kann insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt werden. Das hat den Vorteil, dass der Faden zumindest bereichsweise von dem Papier umschlossen werden kann, während sich aus der Papierpulpe und/oder aus den zumindest zwei Teil-Papierbahnen eine feste Papierbahn bildet. Das heißt, dass die Erzeugung der Papierbahn selbst und die Einbettung des Fadens gleichzeitig erfolgt und somit der Faden registergenau in die Papierbahn integriert wird und damit auch ein integraler Bestandteil der Papierbahn bzw. des Papiersubstrats wird, der insbesondere lagegenau zu den Fensteröffnungen im Papier angeordnet ist. Eine nachträgliche Manipulation oder auch ein nachträglicher Austausch des Fadens in dem Papiersubstrat ist dadurch erschwert, weil insbesondere ein erneutes registergenaues bzw. lagegenaues Einbringen des Fadens in das Papier erschwert ist.

**[0052]** Das registrierte Einbringen des Fadens in die Papierbahn bzw. in das Papiersubstrat würde ohne ein entsprechend registriertes Spleißen, das heißt Verbinden eines bewegten ersten Fadens mit einem zweiten Faden, bei jedem Rollenwechsel des Fadens verloren gehen und müsste ganz neu eingestellt werden. Dabei würde ein hoher Ausschuss von mit falsch positioniert eingebettetem Faden versehentlichem Papiersubstrat anfallen. Heute hat dieser Ausschuss besonders große Relevanz, weil aus wirtschaftlichen Gründen eine Ausschussreduzierung immer wichtiger wird und auch viele Zentralbanken sehr genau Rechenschaft darüber verlangen, wie viele Sicherheitselemente und Mengen an Sicherheitspapier als Ausschuss vernichtet werden müssen und wie viel als Nutz-Substrat für Sicherheitsdokumente, insbesondere Banknoten erhalten bleibt. Besonders bevorzugt ist es für eine weitere Verringe-

rung des Ausschusses, dass für das initiale Greifen des Fadens in der Papierpulpe bzw. am Papiersieb ein Einlaufmaterial verwendet wird. Dieses Einlaufmaterial liegt insbesondere als separates Rollenmaterial vor. In diesem Fall wird das Einlaufmaterial als Vorlauffaden bezeichnet. Alternativ dazu oder zusätzlich kann der eigentliche Faden das Einlaufmaterial in einem Vorlaufbereich aufweisen. Durch die Verwendung eines Vorlauffadens wird während der Einrichtung der Vorrichtung kein Originalfaden verwendet. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass eine geringere Menge Ausschuss mit nicht zum Papierregisterhaltig integrierten Faden unter Verwendung von Originalfäden gebildet wird. Die Verwendung von Originalfäden unterliegt häufig einer Dokumentationspflicht, so dass dessen Verwendung in Ausschussware zu vermeiden ist. Weiterhin ist Originalfaden komplexer in der Herstellung und damit teurer als Vorlauffaden.

**[0053]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen bezeichnet.

**[0054]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt das Erfassen der Registerposition der Papierbahn nach Schritt d) mittels eines das Papiersieb erfassenden zweiten Sensors und/oder mittels eines die entstandene Papierbahn erfassenden dritten Sensors und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebs und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebtriebs.

**[0055]** Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor ist vor oder nach einer Trocknung angeordnet. Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor erfasst vorzugsweise die Abfolge der Merkmale der Papierbahn.

**[0056]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die gewünschte Registerposition des Originalfadens mittels eines weiteren Sensors am Papiersieb erfasst. Das Steuersignal zur Freigabe der Halteeinrichtung wird vorzugsweise auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn bzw. des Papiersiebs erzeugt.

**[0057]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Vorlauffaden Funktionsmerkmale, insbesondere in Form von Registermarken auf. Während des Greifens des Vorlauffadens, und/oder vor dem Greifen des Vorlauffadens, und/oder nach dem Greifen des Vorlauffadens, in der Papierpulpe können diese Registermarken mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfasst und in Sensorsignale umgewandelt werden, wobei diese Sensorsignale verwendet werden können, um ein Register, d.h. eine Lagegenauigkeit zwischen Vorlauffaden und Papierbahn einzustellen. Dies hat den Vorteil, dass nicht nur während des erstmaligen Einschießens des Fadens in die Papier-

pulpe, sondern auch während des erstmaligen Einregeln eines Registers zwischen Faden und Papierbahn kein Originalfaden mit Sicherheitsmerkmalen verbraucht wird, sondern der Vorlauffaden, wodurch weniger sicherheitstechnisch sensibler Abfall entsteht. Wird dann der Originalfaden mit dem Vorlauffaden verbunden, ist dann bereits ein Register zwischen Papierbahn und Faden hergestellt.

**[0058]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird vor dem oder beim oder nach dem Inkontaktbringen des Originalfadens mit dem Vorlauffaden ein Verbindungsmedium auf den Vorlauffaden und/oder Originalfaden appliziert. Die Mitnahme des Originalfadens erfolgt durch den Vorlauffaden durch eine durch das Verbindungsmedium hervorgerufene Adhäsion des Originalfadens am Vorlauffaden. Das Verbindungsmedium ist vorzugsweise eine Flüssigkeit. Besonders bevorzugt ist Wasser als Verbindungsmedium.

**[0059]** Das Verbindungsmedium kann dazu dienen, den ersten Faden mit dem zweiten Faden zu verbinden, insbesondere durch Adhäsion zu verbinden. Das flüssige Verbindungsmedium erzeugt eine Adhäsionsschicht zwischen den beiden Fäden. Insbesondere wird die Länge der Adhäsionsschicht derart bemessen, dass die Adhäsionskräfte ausreichen um den zunächst stillstehenden zweiten Faden mit dem bewegten bzw. geförderten ersten Faden mitzunehmen. Der Start der Mitnahme des zweiten Fadens kann dabei über das Synchronisierungssignal gesteuert werden.

**[0060]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung beträgt eine Zeitdauer vom Einbringen und/oder Einschießen des Vorlauffadens in die Papierpulpe gemäß Schritt b) bis zum Erzeugen eines Steuersignals zur Freigabe der Halteeinrichtung gemäß Schritt e) zwischen 1 s und 600 s, vorzugsweise 10 s bis 300 s, besonders bevorzugt 30 s bis 60 s. Diese Zeitdauer kann auch Verankerungsphase genannt werden. Die Verankerungsphase kann im Fall eines Vorsehens mehrerer Spuren bei jeder Spur unterschiedlich lang dauern.

**[0061]** Vorzugsweise weist der bereitgehaltene Vorlauffaden auf jeder Spur eine Länge zwischen 50 m und 50000 m auf, besonders bevorzugt 500 m bis 5000 m auf. Der Vorlauffaden kann auf einer Rolle mit einer Lauflänge von 10 bis 50 km angeordnet sein, sodass diese Rolle für mehrere Verankerungsphasen mehrfach wiederverwendet werden kann.

**[0062]** Vorzugsweise wird der Faden und/oder der erste Faden und/oder der zweite Faden und/oder der Vorlauffaden und/oder der Originalfaden mit einer Geschwindigkeit im Bereich von 50 bis 150

m/min, besonders bevorzugt im Bereich von 90 bis 110 m/min gefördert.

**[0063]** Nach Maßgabe der Erfindung wird außerdem ein Verfahren zum Synchronisieren eines Fadens mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn beansprucht. Die Papierbahn umfasst dabei eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen. Die ersten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Fenster und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein.

**[0064]** Der Faden umfasst eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen. Die zweiten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein. Insbesondere sind die ersten Merkmale und/oder die zweiten Merkmale optisch lesbar ausgebildet, und/oder maschinell lesbar ausgebildet, und/oder sensorisch lesbar ausgebildet.

**[0065]** Eine zweite Rapportlänge des Fadens ist kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Die zweite Rapportlänge des Fadens ist vorzugsweise um 0,1% bis 10%, bevorzugt um 0,3% bis 8%, besonders bevorzugt um 1% bis 4% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Beispielsweise ist die zweite Rapportlänge des Fadens 2% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Der Längenfaktor ergibt sich aus den genannten Prozentwerten durch ein Abziehen dieser Prozentwerte von der Zahl 1. Im genannten Beispiel von 2% ergibt sich also ein Längenfaktor von 0,98. Der Längenfaktor kann auch als eine Dehnungsreserve bezeichnet werden.

**[0066]** Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte, insbesondere in der nachstehenden Reihenfolge:

- a) Ausbringen einer Pulpe auf ein Papiersieb zur Erzeugung der Papierbahn.
- b) Einbringen und/oder Einschließen des Fadens in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe, so dass der Faden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn verbunden ist, wobei die Papierbahn den Faden zumindest teilweise umschließt.
- c) Erfassen der Registerposition der Papierbahn.
- d) Erfassen der Registerposition des Fadens mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels eines ersten Sensors.
- e) Erzeugen eines Regelsignals auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn und auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfassten Registerposition des Fadens, so

dass der Faden auf der Grundlage des Regelsignals derart gedehnt wird, dass die Registerposition des Fadens und die Registerposition der Papierbahn in Übereinstimmung gebracht werden.

**[0067]** Das Verfahren zum Synchronisieren eines Fadens mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn umfasst vorzugsweise zumindest eines der bereits zuvor genannten erfindungsgemäßen Verfahren, das heißt das erfindungsgemäße „Verfahren zum Fördern eines Fadenstrangs“ und/oder das erfindungsgemäße „Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn“.

**[0068]** Die Papierbahn entspricht der Papierbahn aus dem erfindungsgemäßen „Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn“. Daher werden die gleichen Begrifflichkeiten verwendet: erste Rapportlänge. Der Faden entspricht dem Originalfaden aus dem erfindungsgemäßen „Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn“. Daher werden die gleichen Begrifflichkeiten verwendet: zweite Rapportlänge.

**[0069]** Das Erfassen der Registerposition des Fadens mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels eines ersten Sensors erfolgt bevorzugt ununterbrochen bzw. fortlaufend und insbesondere während des gesamten Verfahrens der Integration des Fadens in das Papiersubstrat.

**[0070]** Es ist weiter möglich, dass die Verfahrensschritte und Unterschritte einmal oder mehrmals durchgeführt werden. Insbesondere können sich Verfahrensschritte und Unterschritte wiederholen. Die bevorzugte Abfolge der Verfahrensschritte weist zumindest Reihenfolge von Schritt a) - Schritt b) - Schritt c) - Schritt d) - Schritt e) auf, wobei insbesondere zwischen diesen Schritten weitere Schritte oder Unterschritte eingefügt sein können.

**[0071]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann der Faden vorteilhafterweise registergenau zu in der Papierbahn vorgesehenen Fenstern in die Papierbahn eingebettet werden, wobei der Faden bereits in die sich bildende Papierbahn eingebracht wird. Dabei kann der Faden entweder auf das Papiersieb aufgebracht werden, auf welchem sich die Papierpulpe als Papierbahn abgelagert, oder der Faden kann insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt werden. Das hat den Vorteil, dass der Faden zumindest bereichsweise von dem Papier umschlossen werden kann, während sich aus der Papierpulpe und/oder aus den zumindest zwei Teil-Papierbahnen eine feste Papierbahn bildet. Das heißt, dass die



Erzeugung der Papierbahn selbst und die Einbettung des Fadens gleichzeitig erfolgt und somit der Faden registergenau in die Papierbahn integriert wird und damit auch ein integraler Bestandteil der Papierbahn bzw. des Papiersubstrats wird, der insbesondere lagegenau zu den Fensteröffnungen im Papier angeordnet ist. Eine nachträgliche Manipulation oder auch ein nachträglicher Austausch des Fadens in dem Papiersubstrat ist dadurch erschwert, weil insbesondere ein erneutes registergenau bzw. lagegenaues Einbringen des Fadens in das Papier erschwert ist.

**[0072]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen bezeichnet.

**[0073]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt das Erfassen der Registerposition der Papierbahn nach Schritt c) mittels eines den Papiersieb erfassenden zweiten Sensors und/oder mittels eines die entstandene Papierbahn erfassenden dritten Sensors und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebs und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebantriebs. Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor ist vor oder nach einer Trocknung angeordnet. Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor erfasst vorzugsweise die Abfolge der Merkmale der Papierbahn.

**[0074]** Die nachfolgenden vorteilhaften Ausgestaltungen können auf jedes beliebige der vorgenannten Verfahren bezogen werden.

**[0075]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Merkmale Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken.

**[0076]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Merkmale sichtbar und/oder maschinell lesbar. Die Merkmale können entsprechend optisch oder magnetisch ausgestaltet sein.

**[0077]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weisen der Faden und/oder der erste Faden und/oder der zweite Faden und/oder der Vorlauffaden und/oder der Originalfaden eine Breite von 1 mm bis 25 mm, bevorzugt 2 mm bis 15 mm, besonders bevorzugt 3 mm bis 10 mm, auf.

**[0078]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weisen der Faden und/oder der erste Faden und/oder der zweite Faden und/oder der Vorlauffaden und/oder der Originalfaden eine Dicke von 6  $\mu\text{m}$  bis 75  $\mu\text{m}$ , bevorzugt eine Dicke von 15  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt eine Dicke von 20  $\mu\text{m}$  bis 40  $\mu\text{m}$ , auf.

**[0079]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weisen der Faden und/oder der erste Faden und/oder der zweite Faden und/oder der Vorlauffaden und/oder der Originalfaden ein E-Modul im Bereich von 2500 N/mm<sup>2</sup> bis 5000 N/mm<sup>2</sup>, vorzugsweise im Bereich von 3500 N/mm<sup>2</sup> bis 4000 N/mm<sup>2</sup>, auf.

**[0080]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird eine Zugkraft im Bereich von 10 cN (Zentinelton) bis 500 cN, bevorzugt im Bereich von 20 cN bis 300 cN, besonders bevorzugt im Bereich von 30 cN bis 100 cN, auf den Faden, den ersten Faden, den zweiten Faden, den Vorlauffaden und/oder den Originalfaden ausgeübt.

**[0081]** Der Begriff Zugkraft kann auch durch die Begriffe Spannung oder Vorspannung oder Vordehnung des Fadens ausgedrückt werden. Eine an der Papiermaschine zur Ausbildung eines Fensters in der Papierbahn benötigte, auf den Faden ausgeübte Zugkraft beträgt vorzugsweise mindestens 10 cN, bevorzugt mindestens 20 cN. Bei zu geringer Zugkraft besteht die Gefahr, dass sich Papierpulpe zwischen Papiersieb und Faden spült. Dies kann dazu führen, dass sich das Fenster nicht oder nicht sauber ausbildet. Die auf den Faden ausgeübte Zugkraft bestimmt vorzugsweise, wie stark der Faden gegen das Papiersieb gedrückt wird.

**[0082]** Wird die Zugkraft zu stark erhöht, steigt die Spannung im eingebetteten Faden was dazu führen kann, dass sich der Faden nach dem Einbetten wieder aus dem Papier löst. Die maximal mögliche Zugkraft beträgt 1000 cN, vorzugsweise 500 cN.

**[0083]** Die Verkürzung der Rapportlänge des Fadens, und die Dehnfähigkeit des Fadens und/oder die Zugkraft bei der Integration des Fadens sind vorzugsweise die das Verfahren beeinflussenden Parameter des Fadens. Weitere das Verfahren beeinflussende Parameter können das Flächengewicht der auf dem Papiersieb aufliegenden Papiermasse, die Anzahl der Fensteröffnungen pro Rapport und/oder pro Bogen und/oder die Geschwindigkeit der Papiermaschine sein.

**[0084]** Die Zugkraft kann zur Registerregelung in einer Anlaufphase und zur Registerregelung beim Wechsel einer Fadenrolle erhöht werden. Im laufenden Betrieb kann die Zugkraft für das Erhalten des Registers vorzugsweise konstant gehalten werden.

**[0085]** Die hier angegebene Zugkraft in cN (Zentinelton) ergibt sich aus vorzugsweise der Zugkraft, die bei der Abwicklung auf den Faden wirkt, die etwa bei 10 cN bis 80 cN liegt. Zwischen der Abwicklung und der Position, an der der Faden in das Papiersubstrat bzw. auf das Papiersieb einläuft, können noch mehrere Laufrollen, insbesondere freilauf-

fende Laufrollen ohne eigenen Antrieb, über die der Faden geführt wird, vorgesehen sein. Pro Laufrolle kommt jeweils eine weitere Zugkraft (als Bremswirkung aufgrund der Reibungskräfte in der Lagerung der Laufrolle und/oder aufgrund der Reibungskräfte zwischen Faden und Laufrolle und/oder aufgrund der Verformungsenergie beim Umlenken des Fadens) auf den Faden hinzu von jeweils 3 cN bis 5 cN. Damit liegt der Einlaufzug am Papiersieb bei 10 cN bis 500 cN.

**[0086]** Zwischen Abwickler (Fadenrolle) und Papiersieb ist vorzugsweise das Zugwerk angeordnet. Je nach Größe der Zugkraft, welche das Zugwerk selbst auf den Faden ausübt, muss der Abwickler (Fadenrolle) jeweils nachregeln. Zieht das Zugwerk mehr, muss der Abwickler (Fadenrolle) entsprechend langsamer laufen, damit nicht zu viel Faden nachgefördert wird. Der Abwickler (Fadenrolle) kompensiert also vorzugsweise die Zugänderung vor dem Zugwerk. Das Zugwerk definiert damit den Einlaufzug am Papiersieb.

**[0087]** Dabei erfolgt das Dehnen des Fadens zum Erreichen des Registers mit einer Kraft von mehr als 30 cN insbesondere in der Anlaufphase bzw. in der Vorlaufphase beim Faden-Rollenwechsel. Bei derartig starken Zugkräften ist das entstehende Papier häufig Ausschuss. Ist das Register in der gewünschten Toleranz erreicht, reichen deutlich geringere Zugkräfte aus, um das Register in der gewünschten Toleranz zu halten.

**[0088]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird in mehreren Spuren jeweils ein Faden pro Spur zur Papierbahn gefördert und jeweils registergenau in die Papierbahn eingebracht. Die einzelnen Fäden werden vorzugsweise parallel zueinander und unabhängig voneinander gefördert und parallel zueinander und unabhängig voneinander in die Papierbahn eingebracht.

**[0089]** Vorzugsweise sind vier bis 24 Spuren vorgesehen. Vorzugsweise werden also vier bis 24 Fäden gleichzeitig in die Papierbahn eingebracht.

**[0090]** Nach Maßgabe der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens zum Fördern eines Fadenstrangs, insbesondere eines endlosen Fadenstrangs, beansprucht. Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird vorzugsweise zum Durchführen des entsprechenden erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet.

**[0091]** Zumindest ein bewegter erster Faden und ein zweiter Faden werden zur Herstellung des Fadenstrangs verbunden. Der erste und der zweite Faden umfassen jeweils eine vielfach wiederholte Abfolge von Merkmalen. Die Vorrichtung umfasst zumindest einen Sensor, vorzugsweise zumindest

einen ersten Sensor, zum Erfassen der Registerposition zumindest des ersten Fadens, eine Fadenverbindungseinrichtung zum Verbinden des ersten Fadens und des zweiten Fadens, und eine Steuereinheit zum Erzeugen eines Steuersignals auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfassten Registerposition. Die Registerposition des ersten Fadens und die Registerposition des zweiten Fadens werden beim Verbinden des ersten Fadens und des zweiten Fadens auf der Grundlage des Steuersignals oder der Steuersignale in Übereinstimmung gebracht.

**[0092]** Die Abfolge von Merkmalen können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, z.B. Registermarken sein. Die Abfolge der Merkmale des ersten Fadens ist insbesondere identisch zu der Abfolge der Merkmale des zweiten Fadens. Bevorzugt ist der Aufbau und die Merkmale des ersten Fadens identisch zu dem Aufbau und zu den Merkmalen des zweiten Fadens.

**[0093]** Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann der Faden vorteilhafterweise registergenau zu in der Papierbahn vorgesehenen Fenstern in die Papierbahn eingebettet werden, wobei der Faden bereits in die sich bildende Papierbahn eingebracht wird. Dabei kann der Faden entweder auf das Papiersieb aufgebracht werden, auf welchem sich die Papierpulpe als Papierbahn ablagert, oder der Faden kann insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt werden. Das hat den Vorteil, dass der Faden zumindest bereichsweise von dem Papier umschlossen werden kann, während sich aus der Papierpulpe und/oder aus den zumindest zwei Teil-Papierbahnen eine feste Papierbahn bildet. Das heißt, dass die Erzeugung der Papierbahn selbst und die Einbettung des Fadens gleichzeitig erfolgt und somit der Faden registergenau in die Papierbahn integriert wird und damit auch ein integraler Bestandteil der Papierbahn bzw. des Papiersubstrats wird, der insbesondere lagegenau zu den Fensteröffnungen im Papier angeordnet ist. Eine nachträgliche Manipulation oder auch ein nachträglicher Austausch des Fadens in dem Papiersubstrat ist dadurch erschwert, weil insbesondere ein erneutes registergenaues bzw. lagegenaues Einbringen des Fadens in das Papier erschwert ist.

**[0094]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Fadenverbindungseinrichtung eine Halteeinrichtung zum Halten des zweiten Fadens, vorzugsweise zum Halten des zweiten Fadens mit einer bekannten Position der Merkmale entlang der Längserstreckung des zweiten Fadens, und/oder eine Einrichtung zum Inkontaktbringen des zweiten Fadens mit dem ersten Faden.

**[0095]** Nach Maßgabe der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer Papierbahn beansprucht. Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird vorzugsweise zum Durchführen des entsprechenden erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet.

**[0096]** Die Papierbahn umfasst eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen. Die ersten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Fenster und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein.

**[0097]** Der Fadenstrang weist zumindest einen Vorlauffaden und einen Originalfaden auf. Der Originalfaden umfasst eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen. Die zweiten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein. Der Vorlauffaden kann zumindest Funktionsmerkmale, wie z. B. Registermarken aufweisen.

**[0098]** Die Vorrichtung umfasst eine Zugeinrichtung zum Erzeugen von Zugkraft auf den Faden. Aufgrund der Zugkraft findet eine Dehnung des Fadens im Fadenlauf vor dem Einbringen in die Papierbahn statt.

**[0099]** Die Vorrichtung umfasst eine Papiermaschine mit einem Papiersieb zum Ausbringen einer Pulpe zur Erzeugung der Papierbahn und einer Einrichtung zum Erfassen der Registerposition der Papierbahn. Die Vorrichtung umfasst eine Einrichtung zum Einbringen und/oder Einschleusen des Vorlauffadens in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe, so dass der Vorlauffaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn verbunden ist, wobei die Papierbahn den Vorlauffaden zumindest teilweise umschließt. Die Vorrichtung umfasst eine Fadenverbindungseinrichtung zum Verbinden des Vorlauffadens und des Originalfadens und eine Steuereinheit zum Erzeugen eines Steuerungssignals auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn, wobei der Originalfaden derart durch den Vorlauffaden mitgenommen und darauffolgend gedehnt wird, dass die Registerposition des Originalfadens und die Registerposition der Papierbahn in Übereinstimmung gebracht werden, wobei der Originalfaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn verbunden ist, wobei die Papierbahn den Originalfaden zumindest teilweise umschließt.

**[0100]** Das Erfassen der Registerposition der Papierbahn kann mittels eines den Papiersieb erfassenden zweiten Sensors und/oder mittels eines die entstandene Papierbahn erfassenden dritten Sensors und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebs und/oder mittels eines Drehgebers des Papier-

siebantriebs erfolgen. Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor kann vor oder nach einer Trocknung angeordnet sein. Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor kann die Abfolge der Merkmale der Papierbahn erfassen.

**[0101]** Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann der Faden vorteilhafterweise registergenau zu in der Papierbahn vorgesehenen Fenstern in die Papierbahn eingebettet werden. Dabei wird der Faden bereits in die sich bildende Papierbahn eingebracht. Dabei kann der Faden entweder auf das Papiersieb aufgebracht werden, auf welchem sich die Papierpulpe als Papierbahn ablagert, oder der Faden kann insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt werden. Das hat den Vorteil, dass der Faden zumindest bereichsweise von dem Papier umschlossen werden kann, während sich aus der Papierpulpe und/oder aus den zumindest zwei Teil-Papierbahnen eine feste Papierbahn bildet. Das heißt, dass die Erzeugung der Papierbahn selbst und die Einbettung des Fadens gleichzeitig erfolgt und somit der Faden registergenau in die Papierbahn integriert wird und damit auch ein integraler Bestandteil der Papierbahn bzw. des Papiersubstrats wird, der insbesondere lagegenau zu den Fensteröffnungen im Papier angeordnet ist. Eine nachträgliche Manipulation oder auch ein nachträglicher Austausch des Fadens in dem Papiersubstrat ist dadurch erschwert, weil insbesondere ein erneutes registergenaues bzw. lagegenaues Einbringen des Fadens in das Papier erschwert ist.

**[0102]** Das registrierte Einbringen des Fadens in die Papierbahn bzw. in das Papiersubstrat würde ohne ein entsprechend registriertes Spleißen, das heißt Verbinden eines bewegten ersten Fadens mit einem zweiten Faden, bei jedem Rollenwechsel des Fadens verloren gehen und müsste ganz neu eingestellt werden. Dabei würde ein hoher Ausschuss von mit falsch positioniert eingebettetem Faden versehentlichem Papiersubstrat anfallen. Heute hat dieser Ausschuss besonders große Relevanz, weil aus wirtschaftlichen Gründen eine Ausschussreduzierung immer wichtiger wird und auch viele Zentralbanken sehr genau Rechenschaft darüber verlangen, wie viele Sicherheitselemente und Mengen an Sicherheitspapier als Ausschuss vernichtet werden müssen und wie viel als Nutz-Substrat für Sicherheitsdokumente, insbesondere Banknoten erhalten bleibt. Besonders bevorzugt ist es für eine weitere Verringerung des Ausschusses, dass für das initiale Greifen des Fadens in der Papierpulpe bzw. am Papiersieb ein Einlaufmaterial verwendet wird. Dieses Einlaufmaterial liegt insbesondere als separates Rollenmaterial vor. In diesem Fall wird das Einlaufmaterial als Vorlauffaden bezeichnet. Alternativ dazu oder zusätzlich kann der eigentliche Faden das Einlaufmaterial in einem Vorlaufbereich aufweisen. Durch

die Verwendung eines Vorlauffadens wird während der Einrichtung der Vorrichtung kein Originalfaden verwendet. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass eine geringere Menge Ausschuss mit nicht zum Papier registerhaltig integrierten Faden unter Verwendung von Originalfäden gebildet wird. Die Verwendung von Originalfäden unterliegt häufig einer Dokumentationspflicht, so dass dessen Verwendung in Ausschussware zu vermeiden ist. Weiterhin ist Originalfaden komplexer in der Herstellung und damit teurer als Vorlauffaden.

**[0103]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Fadenverbindungseinrichtung eine Halteeinrichtung zum Halten des Originalfadens, vorzugsweise zum Halten des Originalfadens mit einer bekannten Position der Merkmale entlang der Längserstreckung des Originalfadens, und/oder eine Einrichtung zum Inkontaktbringen des Originalfadens mit dem Vorlauffaden.

**[0104]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine zweite Rapportlänge des Originalfadens kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Die zweite Rapportlänge des Originalfadens ist vorzugsweise um 0,1% bis 10%, bevorzugt um 0,3% bis 8%, besonders bevorzugt um 1% bis 4% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Beispielsweise ist die zweite Rapportlänge des Originalfadens 2% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Der Längenfaktor ergibt sich aus den genannten Prozentwerten durch ein Abziehen dieser Prozentwerte von der Zahl 1. Im genannten Beispiel von 2% ergibt sich also ein Längenfaktor von 0,98. Der Längenfaktor kann auch als eine Dehnungsreserve bezeichnet werden.

**[0105]** Nach Maßgabe der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens zum Synchronisieren eines Fadens mit einer Papierbahn beansprucht. Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird vorzugsweise zum Durchführen des entsprechenden erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet.

**[0106]** Die Papierbahn umfasst eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen. Die ersten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Fenster und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein.

**[0107]** Der Faden umfasst eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen. Die zweiten Merkmale können Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, wie z.B. Registermarken, sein.

**[0108]** Die Vorrichtung umfasst eine Papiermaschine mit einem Papiersieb zum Ausbringen einer Pulpe zur Erzeugung der Papierbahn und einer Einrichtung zum Erfassen der Registerposition der

Papierbahn. Die Vorrichtung umfasst eine Einrichtung zum Einbringen und/oder Einschleusen des Fadens in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe, so dass der Faden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn verbunden ist, wobei die Papierbahn den Faden zumindest teilweise umschließt.

**[0109]** Die Vorrichtung umfasst eine Zugeinrichtung zum Erzeugen von Zugkraft auf den Faden. Aufgrund der Zugkraft findet eine Dehnung des Fadens vor dem Einbringen in die Papierbahn statt.

**[0110]** Die Vorrichtung umfasst einen Sensor, vorzugsweise einen ersten Sensor, zum Erfassen der Registerposition des Fadens und eine Regeleinheit zum Erzeugen eines Regelsignals auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn und auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfassten Registerposition des Fadens, wobei der Faden auf der Grundlage des Regelsignals derart gedehnt wird, dass die zweite Registerposition des Fadens und die Registerposition der Papierbahn in Übereinstimmung gebracht werden.

**[0111]** Das Erfassen der Registerposition der Papierbahn kann mittels eines das Papiersieb erfassenden zweiten Sensors, und/oder mittels eines die entstandene Papierbahn erfassenden dritten Sensors und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebs und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebanstriebs erfolgen. Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor kann vor oder nach einer Trocknung angeordnet sein. Der die entstandene Papierbahn erfassende dritte Sensor kann eine Abfolge der Merkmale der Papierbahn erfassen.

**[0112]** Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann der Faden vorteilhafterweise registergenau zu in der Papierbahn vorgesehenen Fenstern oder anderen Merkmalen in die Papierbahn eingebettet werden. Dabei wird der Faden bereits in die sich bildende Papierbahn eingebracht. Dabei kann der Faden entweder auf das Papiersieb aufgebracht werden, auf welchem sich die Papierpulpe als Papierbahn ablagert, oder der Faden kann insbesondere auf dem Papiersieb, zwischen zumindest zwei Teil-Papierbahnen eingefügt werden. Das hat den Vorteil, dass der Faden zumindest bereichsweise von dem Papier umschlossen werden kann, während sich aus der Papierpulpe und/oder aus den zumindest zwei Teil-Papierbahnen eine feste Papierbahn bildet. Das heißt, dass die Erzeugung der Papierbahn selbst und die Einbettung des Fadens gleichzeitig erfolgt und somit der Faden registergenau in die Papierbahn integriert wird und damit auch ein integraler Bestandteil der Papierbahn bzw. des Papiersubstrats wird, der insbesondere lagegenau zu den Fensteröffnungen im Papier angeordnet ist.

Eine nachträgliche Manipulation oder auch ein nachträglicher Austausch des Fadens in dem Papiersubstrat ist dadurch erschwert, weil insbesondere ein erneutes registergenaues bzw. lagegenaues Einbringen des Fadens in das Papier erschwert ist.

**[0113]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine zweite Rapportlänge des Fadens kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Die zweite Rapportlänge des Fadens ist vorzugsweise um 0,1% bis 10%, bevorzugt um 0,3% bis 8%, besonders bevorzugt um 1% bis 4% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Beispielsweise ist die zweite Rapportlänge des Fadens 2% kürzer als eine erste Rapportlänge der Papierbahn. Der Längenfaktor ergibt sich aus den genannten Prozentwerten durch ein Abziehen dieser Prozentwerte von der Zahl 1. Im genannten Beispiel von 2% ergibt sich also ein Längenfaktor von 0,98. Der Längenfaktor kann auch als eine Dehnungsreserve bezeichnet werden.

**[0114]** Selbstverständlich können auch angeführte Sachmerkmale äquivalent in einem Verfahren oder angeführte Verfahrensmerkmale im Produkt angewendet werden.

**[0115]** Wie oben beschrieben ist es auch denkbar, dass in einer Produktion einer Papierbahn mehrere Fäden in verschiedenen Spuren nebeneinander gefördert werden. Insbesondere kann eine Vielzahl von Fäden in verschiedenen Spuren nebeneinander gefördert und jeweils ein Faden pro Spur registergenau in die Papierbahn eingebracht werden. Dazu können die erfindungsgemäßen Vorrichtungen entsprechend nebeneinander angeordnet werden, um jeweils einen Faden pro Spur registergenau in die Papierbahn einzubringen bzw. die erfindungsgemäßen Verfahren können parallel nebeneinanderliegend ausgeführt werden, um jeweils einen Faden pro Spur registergenau in die Papierbahn einzubringen.

**[0116]** Im Folgenden wird der im Rahmen der vorliegenden Erfindung bevorzugte Förderweg des Fadens näher erläutert. Der Faden wird vorzugsweise von einer Fadenrolle abgerollt und dem Papiersieb zugeführt. Der Faden läuft dabei vorzugsweise von der Fadenrolle über diverse Umlenkrollen über ein Zugwerk und eine Sensorrolle auf das den Hauptformer bildende Papiersieb. Die Sensorrolle gehört zu einer Messeinheit für die Fadenspannung. Das Zugwerk regelt die Dehnung des Fadens. Die Dehnung des Fadens kann über die Messeinheit gemessen werden. Die Dehnung des Fadens kann weiterhin über den ersten Sensor durch einen Vergleich der Fadengeschwindigkeit, z.B. aus der Oberflächengeschwindigkeit des Papiersiebs mit dem Zeitintervall zwischen zwei Merkmalen des Fadens und dem ungedehnten Intervall zwischen zwei Merk-

malen des Fadens ermittelt werden. Das Zugwerk kann über eine elektronische Steuerung durch die Signale des auf den Faden bezogenen ersten Sensors und/oder des auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensors gesteuert werden. Der auf den Faden bezogene erste Sensor detektiert vorzugsweise die Registermarken des Fadens. Der auf das Papiersieb bezogene zweite Sensor detektiert vorzugsweise Positionsmerkmale am Papiersieb. Das Signal des auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensors kann anstatt am Papiersieb auch von der Papierbahn selbst und/oder von einem oder mehreren Sensoren stammen, die stromabwärts zum Papiersieb im weiteren Verlauf an der Papierbahn angeordnet sind.

**[0117]** Der auf das Papiersieb bezogene zweite Sensor detektiert vorzugsweise Positionsmerkmale direkt am Papiersieb und/oder dort angeordnete und fest mit dem Papiersieb verbundene Elemente zur Erzeugung der Fenster und/oder der Wasserzeichen in der Papierbahn. Der zweite Sensor leitet diese Signale vorzugsweise an die elektronische Steuerung. Bevorzugt ist der auf das Papiersieb bezogene zweite Sensor am Umfang des Papiersiebs angeordnet.

**[0118]** Ein optionaler dritter Sensor kann stromabwärts zum Papiersieb an der Papierbahn angeordnet sein und stellt in einer Ausführungsform eine Alternative zum auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensor dar. Dies ist vorteilhaft, weil das Papiersieb und die damit verbundenen Elemente zur Erzeugung der Fenster und/oder der Wasserzeichen in der Papierbahn Positionstoleranzen aufweisen können, die bei der Herstellung des Papiersiebs entstehen und/oder während der Produktion durch Temperaturschwankungen und/oder aufgrund Alterungserscheinungen oder Abnutzungserscheinungen am Papiersieb entstehen.

**[0119]** Der optionale dritte Sensor kann in einer weiteren Ausführungsform ebenfalls stromabwärts zum Papiersieb an der Papierbahn zusätzlich zum auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensor vorgesehen sein. Dies kann insbesondere zur Regelung in einem geschlossenen Regelkreis (Closed-Loop-Steuerung) durch Vergleich der Ist-Werte an der nach dem Papiersieb vorliegenden Papierbahn mit den Signalen der am bzw. stromaufwärts zum Papiersieb angeordneten Sensoren in der elektronischen Steuerung vorgesehen sein, das heißt mit den Signalen des auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensors und den Signalen des auf den Faden bezogenen ersten Sensors. Dabei detektiert der dritte Sensor insbesondere die Signale eines Fensters und/oder eines Wasserzeichens in der Papierbahn. Weiterhin kann dafür ein weiterer optionaler vierter Sensor ebenfalls stromabwärts zum Papiersieb an dem Papiersubstrat vorgesehen sein,

der die Position des Fadens in der Papierbahn detektiert. In der elektronischen Steuerung können die Signale des dritten und/oder des vierten Sensors mit den Signalen des ersten und/oder des zweiten Sensors abgeglichen werden und bei Abweichungen der Signale kann die Fadenspannung bzw. die Dehnung des Fadens angepasst werden.

**[0120]** Stromabwärts zum Papiersieb ist vorzugsweise zumindest eine Trocknereinrichtung angeordnet. Das Papiersubstrat mit dem eingebetteten Faden kann in der Trocknereinrichtung getrocknet werden. Während dieser Trocknung schrumpft das Papiersubstrat in Länge und Breite, während das Papiersubstrat bis auf eine gewünschte Restfeuchte getrocknet wird.

**[0121]** Es ist dabei vorteilhaft, wenn das Papiersubstrat mit dem eingebetteten Faden insbesondere während der Trocknung gedehnt wird, um der Schrumpfung etwas entgegenzuwirken und insbesondere den Schrumpfungsprozess kontrollierter ablaufen zu lassen, indem eine Kraft in der Vorschubrichtung auf das Papiersubstrat einwirkt. Eine solche Dehnung des Papiersubstrats mit dem eingebetteten Faden kann beispielsweise 0,5% bis 5%, bevorzugt 1% bis 3% betragen.

**[0122]** Aufgrund der Veränderung des Papiersubstrats während der Trocknung kann es auch vorteilhaft sein, den dritten und/oder den vierten Sensor stromabwärts zu der Trocknereinrichtung anzuordnen. Es ist auch möglich, den dritten und/oder den vierten Sensor stromaufwärts zu der Trocknereinrichtung und/oder stromabwärts zu der Trocknereinrichtung anzuordnen.

**[0123]** Eine Markiereinrichtung ist bevorzugt stromabwärts zu der Trocknereinrichtung angeordnet. Mittels der Markiereinrichtung können Markierungen auf dem getrockneten Papiersubstrat aufgebracht und/oder eingebracht werden.

**[0124]** Mit Hilfe der von den Sensoren erfassten Signalen werden die Registermarken des Fadens vorzugsweise in Übereinstimmung bzw. Gleichlauf mit den Registermarken am Papiersieb gebracht, inklusive eines Toleranzbereichs. Um den Faden in der Anlaufphase oder beim Rollenwechsel in das Register zu bringen, können beispielsweise höhere Zugkräfte und damit eine größere Fadendehnung erforderlich sein als im laufenden Betrieb, wenn das Register „steht“.

**[0125]** Besonders bevorzugt ist es bei dieser Lösung, wenn das Spleißen, das heißt das Anfügen eines neuen Fadens an das Ende eines zuvor verwendeten Fadens, im Register bzw. „nahe des Registers“ erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass das Register zum Papiersieb in der gewünschten Tole-

ranz erhalten bleibt bzw. schnell wieder in der gewünschten Toleranz erreicht werden kann.

**[0126]** Ein weiterer auf den Faden bezogener fünfter Sensor kann stromaufwärts, das heißt in Laufrichtung vor der Spleißvorrichtung angeordnet sein. Der weitere auf den Faden bezogene fünfte Sensor nimmt die Registermarke des verwendeten Fadens stromaufwärts zur Spleißvorrichtung auf. Der weitere auf den Faden bezogene fünfte Sensor kann alternativ zu dem auf den Faden bezogenen ersten Sensor oder zusätzlich zu dem auf den Faden bezogenen ersten Sensor vorgesehen sein. Der auf den Faden bezogene erste Sensor ist vorzugsweise stromabwärts zur Spleißvorrichtung angeordnet. Durch den weiteren auf den Faden bezogenen fünften Sensor kann das Spleißen nahe dem Register unterstützt werden.

**[0127]** In einer bevorzugten Ausführung sind zwei Sensoren zum Erfassen der Registermarken des Fadens vorgesehen. Der vor der Spleißvorrichtung angeordnete fünfte Sensor nimmt im ablaufenden und/oder unteren und/oder ersten Faden vorgesehene Registermarken auf. Dadurch kann das Spleißen nahe dem Register unterstützt werden. Der auf den Faden bezogene erste Sensor ist nach der Spleißvorrichtung angeordnet und dient zur Einstellung der Dehnung des Fadens, um die Registerhaltigkeit in Bezug auf die Papierbahn herzustellen bzw. zu halten.

**[0128]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weisen der Faden und/oder der erste Faden und/oder der zweite Faden und/oder der Vorlauffaden und/oder der Originalfaden ein E-Modul im Bereich von 2500 N/mm<sup>2</sup> bis 5000 N/mm<sup>2</sup>, vorzugsweise im Bereich von 3500 N/mm<sup>2</sup> bis 4000 N/mm<sup>2</sup>, auf. Zur Bestimmung des E-Moduls wurden unterschiedliche Fäden mit unterschiedlichen Schichtaufbauten vermessen. Die verwendeten Fäden unterschieden sich in den Aufbauten insbesondere Dicke und Anzahl der PET-Trägerfolien, wobei sogenannte Vollfäden mit zwei PET-Trägerfolien sowie auch sogenannte Halbfäden mit einer PET-Trägerfolie vermessen wurden. Die verwendeten Fäden unterschieden sich weiterhin in der Anzahl der Schichten sowie auch in der chemischen Formulierung der Schichten auf dem oder den PET-Trägerfolien. Das E-Modul wurde dabei gemäß DIN ISO 527-1-3 bestimmt. Dazu wurden 100 mm lange Fadenabschnitte mit einer Breite von 3 mm, 4,5 mm und 5 mm sowie einer Dicke im Bereich zwischen 25 µm und 37 µm in einem Messgerät von Zwick (Zwick Z005 der Firma Zwick GmbH & Co. KG, Ulm) eingespannt und vermessen.

**[0129]** In der Anlaufphase wird für jede zu verwendende Spur jeweils ein Faden, vorzugsweise ein Vorlauffaden, erstmalig in die die Papierbahn bildende

Papierpulpe eingeschossen. Bis der jeweilige Faden, vorzugsweise Vorlauffaden, in der Papierpulpe und auf dem Papiersieb greift, das heißt bis er zuverlässig mitgenommen wird, dauert es pro Spur etwas unterschiedlich lange. Dabei wird der Faden, vorzugsweise Vorlauffaden, in jeder Spur „ins Register gezogen“. Sobald dies auf allen Spuren der Fall ist, das heißt unmittelbar nach Ende der Anlaufphase, werden in allen Spuren die Fäden im Register gespleißt, das heißt mit neu zulaufenden Fadenrollen verbunden. Vorzugsweise wird dabei jeweils der Vorlauffaden mit einem Originalfaden verbunden.

**[0130]** Der Vorlauffaden entspricht vorzugsweise dem ersten Faden. Der Vorlauffaden erzeugt in einer speziellen Ausführung auch ein Registersignal bzw. weist der Vorlauffaden Registermarken auf, aber keine Sicherheitsmerkmale. Damit kann der Vorlauffaden nach dem Greifen auch zum Einstellen eines Registers zur Papierbahn dienen und Originalfaden einsparen.

**[0131]** Der Originalfaden entspricht vorzugsweise dem zweiten Faden und ist vorzugsweise mit bekannter Position manuell in der Halteeinrichtung geklemmt.

**[0132]** Das Auslösesignal für die Halteeinrichtung kommt nun, falls der Vorlauffaden keine Registermarken hat, bevorzugt von einem Sensor am Papiersieb (etwas ungenaueres Signal als ein Registersignal von einem Faden-Sensor), sodass der Originalfaden „nahe am Register“ einlaufen kann.

**[0133]** Das Verfahren läuft häufig mit Papierbahnen von ca. 750 mm (1x Superformat = 820 mm) bis 3000 mm (4x Superformat) Breite und 5 oder 6 Spuren pro „Superformat“ mit Nutzen. In dieselbe Papierpulpe laufen also gleichzeitig bis zu 24 Fäden parallel ein. Zusätzliche, vollständig eingebettete Fäden können zusätzlich noch in die Papierpulpe einlaufen.

**[0134]** Besonders bevorzugt ist es für eine weitere Verringerung des Ausschusses, dass für das initiale Greifen des Fadens in der Papierpulpe bzw. am Papiersieb ein Einlaufmaterial verwendet wird. Dieses Einlaufmaterial liegt insbesondere als separates Rollenmaterial vor. In diesem Fall wird das Einlaufmaterial als Vorlauffaden bezeichnet. Alternativ dazu oder zusätzlich kann der eigentliche Faden das Einlaufmaterial in einem Vorlaufbereich aufweisen.

**[0135]** Der Vorlauffaden kann in einer Ausführung ohne Registermarken und/oder ohne andere funktionale und/oder ohne dekorative Merkmale ausgestaltet sein. In einer alternativen Ausführung kann der Vorlauffaden zumindest funktionale Merkmale, insbesondere in Form von Registermarken aufweisen.

**[0136]** Vorzugsweise weist der Vorlauffaden eine deutlich erkennbare Musterung (beispielsweise eine Beschriftung „Vorlauf / Preload“ und/oder eine deutlich erkennbare Musterung) auf. Vorzugsweise weist der Vorlauffaden eine Oberfläche auf, die sich in ihren Haftungseigenschaften nicht von denen des Originalfadens unterscheidet. Unter Originalfaden wird der im Normalbetrieb verwendete Faden verstanden. Der Originalfaden umfasst also insbesondere Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, wie z. B. Registermarken.

**[0137]** Während der Vorlauffaden in die die Papierbahn bzw. in die das Papiersubstrat bildende Papierpulpe einläuft, wird eine initiale Verankerung des jeweiligen Vorlauffadens auf allen Spuren in dem Papiersubstrat hergestellt, jedoch in einer Ausführung noch ohne Register in Bezug auf die Fenster im Papiersubstrat. Diese Verankerungsphase kann bei jeder Spur unterschiedlich lang dauern, insbesondere zwischen 1 Sekunden und 600 Sekunden. Daher ist es vorteilhaft, einen Vorlauffaden auf separaten Rollen als Einlaufmaterial zu verwenden. Der Vorlauffaden weist vorzugsweise auf jeder Spur bzw. auf jeder Rolle eine Länge zwischen 50 m und 50000 m, besonders bevorzugt 500 m bis 5000 m, auf. Diese initiale Verankerungsphase erfolgt insbesondere beim Maschinenanlauf der Papiermaschine und/oder bei einem Jobwechsel oder in Situationen, in denen der kontinuierliche Prozessablauf so gestört wird, dass ein Neustart des Prozesses erforderlich wird. Beim Neustart wird der Faden in die die Papierbahn bzw. das Papiersubstrat bildende Papierpulpe eingeschossen und das Register neu eingeregelt.

**[0138]** In einer alternativen Ausführung kann der Vorlauffaden Registermarken aufweisen, die während und/oder vor und/oder nach dem Greifen des Vorlauffadens in der Papierpulpe mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfasst und in Sensorsignale umgewandelt werden können. Diese Sensorsignale können verwendet werden, um ein Register, d.h. eine Lagegenauigkeit zwischen Vorlauffaden und Papierbahn einzustellen. Dies hat den Vorteil, dass nicht nur während der Verankerungsphase, sondern auch in der Positionierungsphase, das heißt während des erstmaligen Einregels eines Registers zwischen Faden und Papierbahn, kein Originalfaden mit Sicherheitsmerkmalen verbraucht wird, sondern der Vorlauffaden, wodurch weniger sicherheitstechnisch sensibler Abfall entsteht. Wird dann der Originalfaden mit dem Vorlauffaden verbunden, ist bereits ein Register zwischen Papierbahn und Faden hergestellt.

**[0139]** Sobald alle Spuren gegriffen haben und insbesondere das Register zwischen Vorlauffaden und Papierbahn erreicht ist, wird in allen Spuren zum selben Zeitpunkt oder verschiedenen Zeitpunkten

jeweils ein Originalfaden registernah an den Vorlauf-faden angespleißt und danach mit Hilfe des Original-fadens das Register zwischen Faden und Fenstern im Papiersubstrat eingeregelt.

**[0140]** Der Vorlauffaden kann auf einer Rolle mit einer sehr langen Lauflänge angeordnet sein, sodass diese Rolle für mehrere Verankerungsphasen und insbesondere auch Positionierungsphasen mehrfach wiederverwendet werden kann.

**[0141]** Alternativ oder zusätzlich ist es für eine weitere Verringerung des Ausschusses bevorzugt, dass jede Fadenrolle einen Vorlaufbereich aufweist. Dieser Vorlaufbereich weist keine sicherheitsrelevanten Merkmale auf, sondern lediglich Registermarken und/oder andere funktionale und/oder dekorative Merkmale. Beispielsweise weist der Vorlaufbereich eine Beschriftung „Vorlauf / Preload“ und/oder eine deutlich erkennbare Musterung auf. Bevorzugt weist der Vorlaufbereich eine Oberfläche auf, die sich in ihren Haftungseigenschaften nicht von denen des Originalfadens unterscheidet. Der Vorlaufbereich ist bevorzugt zwischen 100 m und 1500 m lang, besonders bevorzugt zwischen 200 m und 1000 m lang.

**[0142]** Während der Vorlaufbereich in das Papiersubstrat einläuft, wird mit Hilfe der Registermarken im Vorlaufbereich das Register hergestellt, sodass beim Erreichen des Endes des Vorlaufbereichs das Register zwischen Faden und Papiersieb in der gewünschten Toleranz ist und beim Einlaufen des Fadens mit Sicherheitsmerkmalen nur noch sehr wenig oder gar kein Ausschuss mehr entsteht.

**[0143]** Dabei ist es bevorzugt, wenn der Vorlaufbereich optische und/oder magnetische und/oder andere Merkmale aufweist, woran das Papiersubstrat mit eingebettetem Vorlaufbereich leicht detektierbar und aussortierbar ist.

**[0144]** In dem in dieser Anlaufphase hergestellten Papiersubstrat, welches Ausschuss darstellt, ist dann bevorzugt nur Einlaufmaterial (das heißt Vorlauffaden oder Vorlaufbereich) enthalten und kann über dessen Kennzeichnung oder über dessen anderes optisches oder funktionales Erscheinungsbild oder Verhalten insbesondere sensorisch leicht detektiert und selektiert werden.

**[0145]** Zur besonders guten Detektierbarkeit von Ausschuss ist es weiterhin vorteilhaft, wenn im Förderweg des Papiersubstrats stromabwärts zum Papiersieb und weiter bevorzugt stromabwärts zur Trocknereinrichtung eine Markiereinrichtung vorgesehen ist. Diese Markiereinrichtung wird von der elektronischen Steuerung so angesteuert, dass eine optisch erkennbare Markierung auf dem Papiersubstrat erzeugt wird, wenn kein ausreichend genaues Register zwischen Faden und Papiersubstrat

vorliegt und/oder während der Anlaufphase mit im Papiersubstrat eingebetteten Einlaufmaterial. Die Markiereinrichtung kann bevorzugt ein Inkjetdruckkopf sein oder ein anderweitig elektronisch steuerbares Druckmodul zur Abgabe optisch und/oder elektrisch detektierbarer Substanzen auf das Papiersubstrat.

**[0146]** Aufgrund der vergleichsweise großen Breite der feuchten bzw. nassen Papierbahn auf dem Papiersieb und im weiteren Verlauf stromabwärts zu dem Papiersieb sind Randbereiche der Papierbahn trockener und damit verkürzt im Vergleich zu zwischen den Rändern angeordneten Papierbahnbereichen. Diese Randbereiche schrumpfen daher beim anschließenden Trocknungsprozess weniger. Vorzugsweise wird die auf die betreffenden Fäden in diesen Randbereichen ausgeübte Zugkraft beim Einregeln des Registers zwischen Faden und Papierbahn entsprechend angepasst. Beispielsweise kann ein Offsetwert zur Zugkraft in der Steuerung für diese Randbereiche hinterlegt sein.

**[0147]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungsbeispielen unter Zuhilfenahme der beiliegenden Zeichnungen beispielhaft erläutert. Die gezeigten Ausführungsbeispiele sind daher nicht einschränkend zu verstehen.

**Fig. 1** zeigt eine schematische Zeichnung eines Bogens.

**Fig. 2** zeigt eine schematische Zeichnung zur Erläuterung der Rapportlänge.

**Fig. 3** zeigt eine schematische Zeichnung zur Anordnung Fenster innerhalb eines Einzelnutzens, beispielsweise einer Banknote.

**Fig. 4** zeigt eine schematische Zeichnung zur Anordnung eines im Faden vorgesehenen Bildmotivs bezüglich eines in der Papierbahn vorgesehenen Fensters.

**Fig. 5** zeigt eine schematische Zeichnung zur Anordnung eines im Faden vorgesehenen Bildmotivs bezüglich eines in der Papierbahn vorgesehenen Stegs.

**Fig. 6** zeigt eine schematische Zeichnung zu einem ersten Bespieldesign.

**Fig. 7** zeigt eine schematische Zeichnung zu einem zweiten Bespieldesign.

**Fig. 8** zeigt eine schematische Zeichnung zu einem dritten Bespieldesign.

**Fig. 9** zeigt eine schematische Zeichnung eines beispielhaften Bogens.

**Fig. 10** zeigt eine Fadenverbindungseinrichtung mit einer Zugeinrichtung und einem ersten Sensor in einer Vorderansicht beim Spulen eines ersten Fadens.



**Fig. 11** zeigt die Fadenverbindungseinrichtung mit einer Zugeinrichtung und einem ersten Sensor in einer Vorderansicht beim Anlegen eines zweiten Fadens an den ersten Faden.

**Fig. 12** zeigt die Fadenverbindungseinrichtung mit einer Zugeinrichtung und einem ersten Sensor in einer Vorderansicht beim Ablegen des zweiten Fadens und Mitnehmen des zweiten Fadens durch den ersten Faden.

**Fig. 13** zeigt die Fadenverbindungseinrichtung mit einer Zugeinrichtung und einem ersten Sensor in einer Vorderansicht nach dem Schneiden des ersten Fadens.

**Fig. 14** zeigt schematisch die Schritte eines Verfahrens zum Verbinden von des ersten und zweiten Fadens.

**Fig. 15** zeigt eine schematische Zeichnung einer ersten Variante zu Papierlauf und Fadenlauf an Papiersieben.

**Fig. 16** zeigt eine schematische Zeichnung einer zweiten Variante zu Papierlauf und Fadenlauf an Papiersieben.

**Fig. 17** zeigt eine schematische Zeichnung einer Papiermaschine zur ersten Variante aus **Fig. 15**.

**Fig. 18** zeigt eine schematische Zeichnung einer Papiermaschine zur zweiten Variante aus **Fig. 16**.

**[0148]** **Fig. 1** zeigt eine schematische Zeichnung eines Bogens 1. Ein solcher Bogen wird hergestellt, indem auf ein Papiersieb eine Papierpulpe oder eine Papiermaische ausgebracht und getrocknet wird. In die Papierpulpe oder Papiermaische wird gemäß der Erfindung ein Faden registergenau eingefügt. Aus der Papierbahn kann dann eine Vielzahl von Bögen geschnitten werden, wobei **Fig. 1** als ein Beispiel einen solchen Bogen 1 zeigt.

**[0149]** Der Bogen 1 weist in Laufrichtung L einen Greiferrand 2 und einen Hinterrand 3 auf. Der Greiferrand 2 weist in Laufrichtung L vorzugsweise eine Erstreckung von 20 mm bis 50 mm, beispielsweise eine Erstreckung von 25 mm auf. Der Hinterrand 3 weist in Laufrichtung L vorzugsweise eine Erstreckung von 10 mm bis 30 mm, beispielsweise eine Erstreckung von 15 mm auf.

**[0150]** Weiterhin weist der Bogen 1 eine Vielzahl von Einzelnutzen 4 auf. Bei den Einzelnutzen 4 handelt es sich beispielsweise um Banknoten.

**[0151]** Der Greiferrand 2 und der Hinterrand 3 bilden an zumindest zwei gegenüberliegenden Seiten des Bogens in Laufrichtung L einen Überstand. Entsprechend hat auch der eingebettete Faden einen eben solchen Überstand aufzuweisen. Dadurch wird

erreicht, dass der eingebettete Faden und die Papierbahn die gleiche Rapportlänge aufweisen. Die Rapportlänge RP der Papierbahn entspricht vorzugsweise der Länge eines Bogens 1 in Laufrichtung L inklusive Greiferrand 2 und Hinterrand 3.

**[0152]** **Fig. 2** zeigt eine schematische Zeichnung zur Erläuterung der Rapportlänge.

**[0153]** Allgemein entspricht die Bogenlänge 1a auf der Papierbahn 100, das heißt die Länge eines Bogens 1 in Laufrichtung L (inklusive Greiferrand 2 und Hinterrand 3), maximal der Rapportlänge RP auf der Papierbahn 100. Die der Bogenlänge 1a kann auch kürzer sein als die Rapportlänge RP der Papierbahn 100. Bei diesem zweiten Fall erfolgt die Bogenkonfektion als sogenannter „Doppelschnitt“. Dabei entsteht ein kurzer Papierbereich, der zu entsorgen ist.

**[0154]** Das Register des Fadens 10 zur Papierbahn 100 wird bogenweise erzeugt. Das Register des Fadens 10 wird also relativ zum Bogen und daher nicht relativ zu einzelnen Fenstern oder zu einem Einzelnutzen 4, beispielsweise zu einer einzelnen Banknote 8 innerhalb des Bogens erzeugt.

**[0155]** Die Rapportlücke 5 ist der Bereich bestehend aus dem Greiferrand 2 und dem Hinterrand 3 und gegebenenfalls zusätzlich bestehend aus dem durch Doppelschnitt zu entsorgenden Papierbereich. Die Gesamtheit der Einzelnutzen 4 wird auch als Banknotenbereich 7 bezeichnet. In dieser Rapportlücke 5 befindet sich vorzugsweise zumindest eine Steuermarke. Die Steuermarke kann als Wasserzeichen 6 auf der Papierbahn 100 ausgebildet sein. In der Rapportlücke 5 wird außerdem der Bogenschnitt zur Vereinzelung der Bögen, das heißt zur Ausbildung einzelner Bögen, durchgeführt. Der Bogenschnitt wird vorzugsweise jeweils einfach ausgeführt. Alternative kann der Bogenschnitt wie oben bereits erläutert jeweils doppelt ausgeführt werden.

**[0156]** Der Faden 10 weist neben reinen Designmerkmalen auch Funktionsmerkmale auf, insbesondere Registermarken. Die Registermarken dienen im Herstellungsprozess des Fadens als Ausrichtungsmarken, aber vor allem im Applikationsprozess zur registergenauen Anordnung der Fäden 10 in der Papierbahn 100 zu den dort mit erzeugten Fenstern. Besondere Herausforderung hier ist, dass die Fenster praktisch gleichzeitig mit der Einbettung des Fadens entstehen und die Papierbahn 100 dabei noch sehr flexibel und „ungenau“ ist, sodass eine Registerhaltung anspruchsvoll ist.

**[0157]** Die Rapportlänge RF des eingebetteten Fadens 10 und die Rapportlänge RP der Papierbahn 100 stimmen überein. Entsprechend gliedert sich der Rapport des eingebetteten Fadens 10 in einen

Designbereich 11 und in die Rapportlücke 5. Mit dem Bezugszeichen 11a ist die Länge des Designbereichs in Laufrichtung bezeichnet. Die Lage des Designbereichs 11 a stimmt dabei vorzugsweise mit der Lage des Banknotenbereichs 7 des entsprechenden Bogens 1 überein. In der Rapportlücke 5 weist der eingebettete Faden 10 vorzugsweise zumindest eine Registermarke 12 auf. Die Lage der Registermarke 12 stimmt dabei vorzugsweise mit der Lage der Steuermarke des entsprechenden Bogens 1 überein. Vorzugsweise ist genau eine Registermarke 12 auf dem Faden 10 pro Rapportlänge RF, das heißt pro Bogen 1, angeordnet. Vorzugsweise wird pro Bogen 1 ein Positionssignal vom Papiersieb gemessen und dazu ein Positionssignal von der Registermarke 12 auf dem Faden 10. Es ist jedoch auch möglich, dass mehrere Registermarken 12 auf dem Faden 10 pro Rapportlänge RF angeordnet sind. Entsprechend ist es auch möglich, dass insbesondere auf dem Faden 10 mehr als ein Positionssignal pro Rapportlänge RF gemessen wird. Entsprechend ist es auch möglich, dass auf dem Papiersieb mehr als ein Positionssignal pro Bogen 1 gemessen wird. Vorzugsweise wird ein Positionssignal vom Faden 10 und ein Positionssignal vom Papiersieb gemessen.

**[0158]** Die Registermarke 12 ist vorzugsweise auf dem Faden 10 in Laufrichtung L innerhalb der Rapportlücke 5 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine Registermarke 12 in Form einer Struktur und/oder eines Motivs als Teil des Designs im Fensterbereich angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine Registermarke 12 in Form eines UV-Merkmals als Teil des Designs im Fensterbereich angeordnet sein. Ein UV-Merkmal ist ein Merkmal, welches bei Bestrahlung mit UV-Strahlung (UV = ultraviolett) ausgelesen werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine Registermarke 12 in Form eines Magnetcodes als Teil des Designs an einer beliebigen Position innerhalb der Rapportlänge RF angeordnet sein.

**[0159]** In der Rapportlücke, insbesondere im Greifertrand 2 oder insbesondere im Hinterrand 3 ist im Papiersubstrat ein Fenster vorgesehen, welches eine Registermarke des Fadens offenlegt.

**[0160]** Fig. 3 zeigt eine schematische Zeichnung zur Anordnung mehrerer Fenster 9 innerhalb eines Einzelnutzens 4, beispielsweise einer Banknote 8. Die Banknote 8 weist in Laufrichtung L der Papierbahn 100 eine obere Notenkante 8a und eine untere Notenkante 8b auf. Die Fenster 9 weisen dabei vorzugsweise einen Abstand von 4 mm bis 10 mm, besonders bevorzugt einen Abstand von 5 bis 7 mm zur oberen Notenkante 8a auf. Der Abstand der Fenster 9 zur oberen Notenkante 8a beträgt beispielsweise 5 mm. Die Fenster 9 weisen vorzugsweise einen Abstand von 4 mm bis 10 mm, besonders bevorzugt einen Abstand von 5 mm bis 7 mm

zur unteren Notenkante 8b auf. Der Abstand der Fenster 9 zur unteren Notenkante 8b beträgt beispielsweise 5 mm.

**[0161]** Vorzugsweise ist ein Steg 9a zwischen zwei benachbarten Fenstern 9 ausgebildet. Die Steghöhe, das heißt die Höhe des Stegs bzw. der Abstand zweier benachbarter Fenster 9, beträgt vorzugsweise 4 mm bis 10 mm, besonders bevorzugt 5 mm bis 7 mm. Im gezeigten Beispiel beträgt die Steghöhe 5 mm.

**[0162]** Die Fensterhöhe, das heißt die Höhe eines Fensters 9 bzw. der Abstand zweier benachbarter Stege 9a, beträgt vorzugsweise 5 mm bis 25 mm, besonders bevorzugt 6 mm bis 15 mm.

**[0163]** Fig. 4 zeigt eine schematische Zeichnung zur Anordnung eines im Faden 10 vorgesehenen Bildmotivs bezüglich eines in der Papierbahn 100 vorgesehenen Fensters 9 nach der Einbettung des Fadens 10. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Fenster 9 an der Sollposition ausgebildet ist.

**[0164]** Der Faden 10 weist vorzugsweise ein Einzelbild auf, das im Register zum Fenster 9 angeordnet ist. Dabei kann auf einem Einzelnutzen 4, beispielsweise einer Banknote 8, in jedem Fenster 9 ein unterschiedliches Einzelbild vorgesehen sein. Die Einzelbilder können dabei unterschiedliche optische und/oder maschinenlesbare Merkmale aufweisen. Es können unterschiedliche erste Merkmale, wie z. B. Farben und/oder Motive und/oder Strukturen und/oder Effekte und/oder Muster, vorgesehen sein. Es können identische erste Merkmale vorgesehen sein, beispielsweise ein Endlosdesign oder auch identische Einzelbilder. In diesem Fall können unterschiedliche zweite Merkmale, wie z. B. ein UV-Merkmal und/oder ein Magnetcode vorgesehen sein.

**[0165]** Oberhalb und unterhalb des Einzelbilds existieren Toleranzbereiche, die innerhalb der Toleranz unter die Papierbrücke, das heißt unter den Steg 9a aus Papier rutschen dürfen. Das Einzelbild mit Toleranzbereichen ist damit größer als das Fenster, das Einzelbild ohne die Toleranzbereiche ist kleiner als das Fenster:

Es bezeichnen

A das Bildmotiv im Fenster nach der Einbettung,

B die Positionstoleranz für das Bildmotiv,

C1, C2 die aufgrund der Papiermasse entstehende Fensterkantenunschärfe, und

D die nominale Fenstergröße. Aufgrund der Fensterbildung aus der Papierpulpe in der Papierbahn 100 und aufgrund der nachfolgenden Trocknung der Papierbahn 100 ist die Länge der Bereiche C1, C2 nicht vollständig

steuerbar und damit ist auch die nominale Fenstergröße  $D$  nicht vollständig steuerbar.

**[0166]** Das nach Einbettung erzeugte Bildmotiv im Fenster darf daher die folgende Maximallänge aufweisen:

$$A = D - 2 \times B - C1 - C2$$

**[0167]** Der Faden 10 wird beim Integrationsprozess gedehnt. Beispielsweise wird der Faden 10 dabei um 2% gedehnt. Dadurch muss zwangsläufig das Design bzw. die Rapportlänge  $RF$  des einlaufenden Fadens entsprechend um 2% verkürzt sein.

**[0168]** In der folgenden Berechnung bezeichnen

- Z das Bildmotiv im Fenster vor der Einbettung
- X den Längenfaktor.

**[0169]** Das Bildmotiv  $Z$  auf dem noch nicht eingebetteten Faden ist um den Längenfaktor  $X$  kürzer als das Bildmotiv  $A$  nach der Einbettung.

$$Z = X \times A \quad \text{mit } X < 1$$

bzw.

$$Z = X \times (D - 2 \times B - C1 - C2)$$

**[0170]** Konkretes Beispiel für ein Bildmotiv im Fenster mit 4,5 mm, das heißt  $A = 4,5$  mm:

$$Z = X \times A \quad \text{mit } X < 1$$

$$Z = 0,98 \times 4,5 \text{ mm} = 4,41 \text{ mm}$$

**[0171]** Der Längenfaktor  $Z$  von 0,98 entspricht damit einer „Dehnungsreserve“ von 2%.

**[0172]** Fig. 5 zeigt eine schematische Zeichnung zur Anordnung eines im Faden 10 vorgesehenen Bildmotivs bezüglich eines in der Papierbahn 100 vorgesehenen Stegs 9a nach der Einbettung des Fadens 10.

**[0173]** Das Bildmotiv  $A$  bleibt dabei zu 100% sichtbar. Die Positionstoleranz  $B$  für das Bildmotiv ist meistens zu weniger als 100% sichtbar. Mit  $S$  ist der Bereich des Fadens bezeichnet, der unter dem Steg 9a nie sichtbar ist. Der aus  $B$ ,  $S$  und nochmals  $B$  bestehende Bereich bildet den maximal möglichen Bereich 9b, über den hinweg sich der Steg 9a erstrecken darf.

**[0174]** Fig. 6 zeigt eine schematische Zeichnung eines Fensters 9 zu einem ersten, zweiten und dritten Beispieldesign in den Bereichen  $A$  und  $B$ . Dabei ist das Bildmotiv  $A$  jeweils ein Einzelbild, das zu 100% sichtbar ist. Die Positionstoleranz  $B$  umfasst

ein Design, bei welchem es nicht auffällt, wenn ein Versatz vorliegt. Das erste Beispieldesign (links) zeigt eine Schattierung in der Positionstoleranz  $B$ . Das zweite Beispieldesign (Mitte) zeigt ein Muster in der Positionstoleranz  $B$ . Das dritte Beispieldesign (rechts) zeigt eine Freifläche in der Positionstoleranz  $B$ .

**[0175]** Fig. 7 zeigt eine schematische Zeichnung einer Banknote 8 zu einem vierten Beispieldesign. Die Banknote 8 weist drei Fenster 9 auf. Jedes der Fenster 9 zeigt ein unterschiedliches Einzelbild, welches auf dem Faden 10 vorgesehen ist.

**[0176]** Fig. 8 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Banknote 8 zum vierten Beispieldesign aus Fig. 7. Dabei sind die beiden oberen Fenster 9 dargestellt und die Erstreckung des Bildmotivs  $A$  sowie die Erstreckung des Bereichs  $B'$ , der aus  $B$ ,  $S$  und nochmals  $B$  gebildet ist, markiert.

**[0177]** Fig. 9 zeigt eine schematische Zeichnung eines beispielhaften Bogens 1, genauer gesagt eines Banknotenbogens mit Banknote 8 gemäß Fig. 7. Der Bogen 1 weist 3 x 6 Banknoten 8 als Einzelnutzen 4 auf. Jede Banknote 8 weist drei Fenster 9 auf, die jeweils ein unterschiedliches Einzelbild erscheinen lassen. In den Bogen 1 sind drei Fäden 10 eingebettet. Jeder der drei Fäden 10 weist die gleiche Abfolge der drei Einzelbilder auf. Der Bogen 1 weist wie in Fig. 1 gezeigt, einen Greiferrand 2 und einen Hinterrand 3 auf, in welchen jeweils auch Fenster 9 vorgesehen sind, in denen Bereiche des Fadens 10 sichtbar sind und hier insbesondere Registermarken 12 zeigen, an denen die Registergenauigkeit des Fadens 10 zu dem Bogen 1 besonders gut beispielsweise durch optische Sensoren feststellbar ist.

**[0178]** Ziel ist die Designintegration des Fadens 10 in ein Dokument, beispielsweise in eine Banknote 8, im Register zu weiteren Designmerkmalen auf dem Dokument. Befinden sich in den einzelnen Fenstern 9 definierte Motive, die stets gleichbleiben und auch die gleiche Position aufweisen, können diese Motive integrierter Teil eines Gesamtdesigns des Dokuments (z.B. Banknote) sein. Insbesondere können zumindest ein Motiv in einem Fenster 9 und zumindest ein weiteres Motiv oder Designmerkmal des Dokuments ein zusammengesetztes Design oder Motiv bilden.

**[0179]** Der Faden 10 weist vorzugsweise ein Design auf, welches zu den Fenstern 9 in der Papierbahn 100 und/oder zu den dazwischenliegenden Papierbrücken in Form der Stege 9a ausgerichtet und/oder daran angepasst ist.

**[0180]** Die Fig. 10 bis Fig. 13 zeigen eine Fadenverbindungseinrichtung 20 in einer Vorderansicht beim

Spulen eines ersten Fadens 10b. Die Fadenverbindungseinrichtung 20 verfügt über eine hier plattenartige Tragstruktur 21. Die Tragstruktur 21 ist zwischen einer Bereitstellungsstation für Fäden und einer Verarbeitungseinrichtung, in welcher die Verarbeitung des Fadenstrangs zu einem Produkt erfolgt, angeordnet (hier nicht dargestellt).

**[0181]** Die Tragstruktur 21 kann ortsfest oder beweglich angeordnet sein. Beispielsweise kann die Tragstruktur 21 über einen nicht gezeigten Mechanismus an dem z. B. in **Fig. 10** sichtbaren Griff nach unten/vorne geschwenkt werden, um das Einlegen der Fäden zu erleichtern. In dem nicht nach unten verschwenkten Normalbetrieb kann sich bspw. die Tragstruktur 21 über der Kopfhöhe befinden.

**[0182]** Die Fäden werden der Fadenverbindungseinrichtung 20 von einer Bereitstellungseinrichtung zugeführt. Bei der Bereitstellungseinrichtung kann es sich um eine erste Spule für die Bereitstellung eines ersten Fadens sowie eine zweite Spule zur Bereitstellung des zweiten Fadens (unter Umständen mit einer Vielzahl von weiteren Spulen mit weiteren Fäden) handeln. Möglich ist aber auch, dass die Bereitstellungsstation eine Herstellungseinrichtung ist, welche einerseits einen ersten Faden und andererseits einen zweiten Faden herstellt.

**[0183]** Möglich ist des Weiteren, dass mit Hilfe der Fadenverbindungseinrichtung 20 ein Wechsel zwischen zwei unterschiedlichen Fadentypen, z. B. mit unterschiedlichen Designmerkmalen und/oder Sicherheitsmerkmalen und/oder Funktionsmerkmalen, ermöglicht wird. Insbesondere kann damit auch ein Wechsel zwischen einem Vorluffaden und einem Originalfaden ermöglicht werden.

**[0184]** Nachdem der Faden oder die Fäden die Fadenverbindungseinrichtung durchlaufen haben, wird der Faden oder die Fäden in einer Verarbeitungseinrichtung verarbeitet. Bei der Verarbeitungseinrichtung handelt es sich beispielsweise um eine Herstelleinrichtung für ein Sicherheitsdokument wie eine Banknote, bei der der mit den Fäden gebildete Fadenstrang ein Sicherheitsfaden ist, welcher in das Grundmaterial der Banknote eingebettet wird.

**[0185]** In der Fadenverbindungseinrichtung 20 ist ein Förderpfad 22 für einen ersten Faden 4 gebildet. Entlang dem Förderpfad 22 wird der erste Faden 10b unterbrechungsfrei gefördert, was mit konstanter Geschwindigkeit, sich verändernder Geschwindigkeit größer Null oder intermittierend mit einem regelmäßigen Muster unterschiedlicher Geschwindigkeiten erfolgen kann. Des Weiteren ist in der Fadenverbindungseinrichtung 20 ein Pfad 24 (siehe **Fig. 11** bis **Fig. 13**) für einen zweiten Faden 10c gebildet. In dem Pfad 24 erfolgt zunächst keine Förderbewegung des zweiten Fadens 10c vor der Ver-

bindung der Fäden 10b, 10c. Allerdings erfolgt eine Annäherungs- oder Vereinigungsbewegung des Pfads 24 in Richtung des Förderpfads 22.

**[0186]** Die Fadenverbindungseinrichtung 20 verfügt über eine Führungseinrichtung 26, eine Benetzungseinrichtung 27, eine Schneideinrichtung 28, eine Führungseinrichtung 29, eine Führungseinrichtung 30 sowie eine Führungseinrichtung 31, welche in dieser Richtung in Förderrichtung des ersten Fadens 10b in dem Förderpfad 22 mit dem ersten Faden 10b in Wechselwirkung treten.

**[0187]** Die Fadenverbindungseinrichtung 20 verfügt über die Führungseinrichtung 26, eine Klemmeinrichtung 32, eine Vereinigungseinrichtung 33, die Führungseinrichtung 31 und eine Halteeinrichtung 34, welche in dieser Reihenfolge entlang des Pfads 24 des zweiten Fadens 10c angeordnet sind.

**[0188]** Die eingangs der Fadenverbindungseinrichtung 20 angeordnete Führungseinrichtung 26 besteht aus zwei zylindrischen Führungsrollen, die an den freien Endbereichen eine stufenförmige Erweiterung aufweisen und deren Rotationsachse hier vertikal orientiert ist. Die Mantelfläche der Führungsrollen mit dem kleineren Durchmesser treten mit den Fäden 10b, 10c in Wechselwirkung, so dass die Längserstreckung dieses Teilbereichs der Führungsrollen so bemessen ist, dass sich dieser Bereich in dem Förderpfad 22 und dem Pfad 24 erstreckt. Die Führungsrollen sind an einem Träger drehbar gehalten. Der Träger ist wiederum über einen hier als L-Winkelblech ausgeführtes Tragelement an der Tragstruktur 21 gehalten. Hierbei kann über eine Verdrehung des Trägers gegenüber dem Tragelement um eine parallel zu der Rotationsachse der Führungsrollen orientierte Justageachse eine Feineinstellung der Führungseinrichtung 26 erfolgen. Bei Blickrichtung in Förderrichtung des ersten Fadens 10b bilden die Führungsrollen einen vertikalen Spalt, dessen Spaltbreite mittels der erläuterten Justage eingestellt werden kann. Die Führungseinrichtung 26 dient einer Führung des Fadens 10b in einer Horizontalebene und quer zu der Förderrichtung desselben.

**[0189]** Die Benetzungseinrichtung 27 verfügt über einen Anschluss, über welche der Benetzungseinrichtung 27 die Flüssigkeit zugeführt wird, die als Benetzung 39 auf den ersten Faden 10b aufgebracht werden soll. Des Weiteren verfügt die Benetzungseinrichtung 27 über eine ausgangsseitige Düse, über welche das Ausbringerverhalten der Flüssigkeit aus der Benetzungseinrichtung 27 vorgegeben wird. Die Flüssigkeit kann insbesondere Wasser sein. Die Benetzungseinrichtung 27 verfügt des Weiteren über ein elektronisch gesteuertes Ventil und einen elektronischen Steueranschluss zur Ansteuerung des Ventils über eine elektronische Steuerein-

heit. Mittels des Ventils kann die Benetzungseinrichtung 27 aktiviert werden, wenn eine Verbindung der Fäden 10b, 10c erfolgen soll und diese kann deaktiviert werden, wenn keine Verbindung der Fäden 10b, 10c erfolgt.

**[0190]** Die Fig. 10 bis Fig. 13 zeigen eine Fadenverbindungseinrichtung 20 gemäß Fig. 10 zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Ausführung eines Verfahrens zum Verbinden der zwei Fäden 10b, 10c. Dieses Verfahren wird auch anhand des Verfahrensablaufs gemäß Fig. 14 erläutert:

**[0191]** In einem Verfahrensschritt 60, für den die Fadenverbindungseinrichtung 20 in Fig. 10 dargestellt ist, wird der erste Faden 10b entlang dem Förderpfad 22 mit einer Förderbewegung 61 durch die Fadenverbindungseinrichtung 20 transportiert und der nachgeordneten Verarbeitungseinrichtung zugeführt.

**[0192]** In einem in Fig. 11 gezeigten Verfahrensschritt 62 wird der zweite Faden 10c in die Fadenverbindungseinrichtung 20 eingeführt. Der Verfahrensschritt 62 kann bereits vor der Aufnahme des Förderbetriebs für den ersten Faden 10b durchgeführt werden, so dass einerseits der erste Faden 10b in die Fadenverbindungseinrichtung 20 eingelegt wird und andererseits der zweite Faden 10c in die Fadenverbindungseinrichtung 20 eingelegt wird und bereits vor Aufnahme des Förderbetriebs für den ersten Faden 10b für einen späteren Wechsel von der Förderung des ersten Fadens 10b zu dem zweiten Faden 10c Sorge getragen ist. Möglich ist aber auch, dass ein Einlegen des zweiten Fadens 10c erfolgt, wenn der erste Faden 10b eine vorbestimmte Zeit gefördert wurde, und/oder eine vorbestimmte und unter Umständen gemessene Länge des ersten Fadens 10b gefördert wurde und/oder eine Annäherung oder ein Erreichen eines Endabschnitts 78 des ersten Fadens 10b erfolgt.

**[0193]** In dem Verfahrensschritt 62 wird in einem Verfahrensschritt 63 zunächst die Klemmeinrichtung 95 von der Halteeinrichtung 34 entnommen und ein freies Ende des Anfangsabschnitts 64 des zweiten Fadens 10c zwischen den Klemmflächen eingeklemmt. Dies kann beispielsweise im Bereich einer Spule erfolgen, auf der der zweite Faden 10c aufgespult ist. Manuell wird dabei die Klemmeinrichtung 95 geöffnet, das Ende zwischen die Klemmflächen eingeführt und die Klemmeinrichtung 95 gelangt mit der Beseitigung der manuellen Betätigungskräfte infolge der Wirkung der Klemmfeder in die Klemmstellung. Hieran anschließend wird der Anfangsabschnitt 64 des zweiten Fadens 10c in die Fadenverbindungseinrichtung 20 eingeführt. Hierzu wird der Anfangsabschnitt 64 in einem Verfahrensschritt 65 in die Führungseinrichtung 26 eingeführt. In einem Verfahrensschritt 66 wird über eine manuelle Betäti-

gung des Bedienhebels 50 die Klemmeinrichtung 32 geöffnet und der Anfangsabschnitt 64 zwischen die Klemmplatte und die Klemmbacke gelegt.

**[0194]** Wird die manuelle Betätigungskraft von dem Bedienhebel 50 beseitigt, schließt die Feder die Klemmbacke, womit der Anfangsabschnitt 64 von der Klemmeinrichtung 32 geklemmt wird. Hierbei erfolgt keine Betätigung der Schneideinrichtung 28 in einem Ausmaß, welche zur Durchtrennung des ersten Fadens 10b führt. Im Verfahrensschritt 67 wird der Anfangsabschnitt 64 an die Führungsrolle 52 angelegt. Dabei kann der Umschlingungswinkel der Führungsrolle 52 nur wenige Grad betragen (insbesondere 1° bis 10° oder 2° bis 6°). Weiterhin wird der Anfangsabschnitt 64 entlang der Vereinigungsrolle 59 geführt. Im Verfahrensschritt 68 wird der Anfangsabschnitt 64 durch die Führungseinrichtung 31 geführt. Schließlich wird in einem Verfahrensschritt 69 die Klemmeinrichtung 95 an dem Schlitten der Halteeinrichtung 34 befestigt oder angehängt. In dem derart eingelegten Zustand ist der Förderpfad 22 beabstandet von dem Pfad 24, so dass überall ein Zwischenraum zwischen den beiden Fäden 10b, 10c existiert. Die Vereinigungseinrichtung 33 befindet sich in der inaktiven Betriebsstellung, womit in einem Arbeitsbereich 70 der Vereinigungseinrichtung 33 noch ein geringer Spalt zwischen den Fäden 10b, 10c vorhanden ist. Während der gesamten genannten Verfahrensschritte erfolgt weiterhin die unterbrechungsfreie Förderung des Fadens 10b mit der Förderbewegung 61, während keine Förderung des zweiten Fadens 10c erfolgt. Hierbei wird eine Rotation der Führungsrolle 53 und/oder der Umlenkrolle 54 durch die Reibung des ersten Fadens 10b mit diesen hervorgerufen. Möglich ist aber auch, dass beispielsweise die Umlenkrolle 54 über einen hier nicht dargestellten Antrieb angetrieben wird.

**[0195]** In dem Verfahrensschritt 71 erfolgt dann die eigentliche Herstellung der adhäsiven Verbindung der beiden Fäden 10b, 10c (vgl. Fig. 12):

Hierzu wird zunächst in einem Verfahrensschritt 72 (insbesondere von der Steuereinheit über das Ventil) die Benetzungseinrichtung 27 so angesteuert, dass diese die Flüssigkeit 73 ausbringt, womit auf dem ersten Faden 10b auf der dem zweiten Faden 10c zugewandten Seite eine Benetzung 39 erzeugt wird.

**[0196]** Wenn der mit der Benetzung 39 ausgestattete Abschnitt des ersten Fadens 10b in den Arbeitsbereich 70 der Vereinigungseinrichtung 33 gelangt, wird in einem Verfahrensschritt 74 (insbesondere von der Steuereinheit über das Ventil) die Vereinigungseinrichtung 33 betätigt, was zur Folge hat, dass der Schwenkhebel 91 in die Schwenkrichtung 75 verschwenkt wird. Dies hat zur Folge, dass die Vereinigungsrolle 59 mit den Reibringen zur Anlage kommt an die Mantelfläche der Umlenkrolle 54.

Infolge des derart gebildeten Reibkontakts wird die Vereinigungsrolle 59 in Rotation versetzt. Die Höhe der Reibringe und die Elastizität sind so ausgebildet, dass zwischen der Mantelfläche der Fadenführungsfläche und der Mantelfläche der Umlenkrolle 54 der zweite Faden 10c auf den mit der Benetzung 39 ausgestatteten ersten Faden 10b aufgelegt und an dieses angepresst wird. Voraussetzung für die Bewegung des zweiten Fadens 10c in Längsrichtung ist die Freigabe durch die Halteeinrichtung 95 und die Klemmeinrichtung 32. Infolge der durch die Benetzung 39 gewährleisteten Adhäsion erfolgt eine Mitnahme des zweiten Fadens 10c durch den ersten Faden 10b, wobei dies unmittelbar erfolgen kann oder eine allmähliche Beschleunigung des zweiten Fadens 10c mit einem sich verringernden Schlupf erfolgt. Zunächst wird nur eine Zugkraft durch den ersten Faden 10b ausgeübt. Mit der In-Bewegungsetzung des zweiten Fadens 10c wird auch infolge der Anpressung oder Umschlingung die Führungsrolle 52 verdreht.

**[0197]** Kurz vor dieser Vereinigung, gleichzeitig mit dieser Vereinigung oder kurz nach dieser Vereinigung erfolgt in einem Verfahrensschritt (insbesondere über die Steuereinheit und das Ventil) die Betätigung des Aktuators 57 derart, dass die Klemmeinrichtung 95 in die nicht klemmende Stellung überführt wird, womit das freie Ende des zweiten Fadens 10c freigegeben wird und infolge seines Eigengewichts aufgrund der Gravitationskraft auf den ersten Faden 10b herunterfallen kann. Um zu vermeiden, dass der zweite Faden 10c horizontal neben dem ersten Faden 10b zum Liegen kommt, kann der zweite Faden 10c durch die Führungseinrichtung 31 horizontal geführt sein.

**[0198]** Vor der Vereinigung, mit der Vereinigung oder kurz nach der Vereinigung wird des Weiteren (insbesondere über die Ansteuerung des Ventils durch die Steuereinheit) die Klemmeinrichtung 32 in die Freigabestellung überführt, wozu der Aktuator 46 den ersten Teilhub durchführt. Auch in der Freigabestellung der Klemmeinrichtung 32 hält diese den zweiten Faden 10c weiterhin oberhalb mit einem Abstand von dem ersten Faden 10b, so dass die Vereinigung der Fäden 10b, 10c erst im Arbeitsbereich 70 der Vereinigungseinrichtung 33 erfolgt. Nach dieser Herstellung der Verbindung wird für einen möglichst kurzen Zeitraum und eine geringe Länge des Abschnitts des Fadenstrangs der der Fadenverbindungseinrichtung 20 nachgeordneten Verarbeitungseinrichtung ein Verbindungsabschnitt des Fadenstrangs zugeführt, in dem der Anfangsabschnitt 64 des zweiten Fadens 10c auf dem Endabschnitt 78 des ersten Fadens 10b aufliegt und diese über die Benetzung 39 adhäsiv miteinander verbunden sind, bis das freie Ende des Endabschnitts 78 des ersten Fadens 10b erreicht ist. Von Vorteil ist aber, wenn der

Verbindungsabschnitt, in welchen die Fäden 10b, 10c überlappen, möglichst kurz gehalten wird.

**[0199]** In einem optionalen in **Fig. 13** gezeigten Verfahrensschritt 80 kann über die Schneideinrichtung 28 stromabwärts des Verbindungsabschnitts, dessen Länge so bemessen ist, dass eine hinreichende adhäsive Wirkung erzielt wird, ein nicht mehr benötigtes Restende 81 des ersten Fadens 10b abgetrennt wird. Hierbei wird über die Steuereinheit der Aktuator 46 der Klemm- und Schneideinrichtung 41 zur Ausführung auch des zweiten Teilhubs angesteuert, mit dessen Ende das Schneidmesser den ersten Faden 10b durchtrennt. Schließlich erfolgt in einem Verfahrensschritt 82 die Freigabe des zweiten Fadens 10c durch die Klemmeinrichtung 32 derart, dass dieser die Position des ersten Fadens 10b in dem normalen Förderbetrieb gemäß **Fig. 10** einnehmen kann, womit der zweite Faden 10c entlang des Förderpfads 22 bewegt wird und der zweite Faden 10c, betrachtet auf einen etwaigen späteren Verbindungsvorgang mit einem weiteren Faden, zu dem ersten Faden 10b wird. Gleichzeitig oder in zeitlicher Umgebung hiermit steuert die Steuereinheit die Vereinigungseinrichtung 33 in die inaktive Betriebsstellung zurück, in der kein Reibkontakt der Vereinigungsrolle 59 mit der Umlenkrolle 54 besteht.

**[0200]** Möglich ist, dass lediglich ein einmaliges Verbinden eines ersten Fadens 10b mit einem zweiten Faden 10c erfolgt. Möglich ist aber auch, dass dieser Vorgang jeweils mit dem Erreichen eines Endes eines Fadens durchgeführt wird, so dass ein Fadenstrang 79 erzeugt wird, dessen Länge einem Vielfachen der Länge eines Fadens 10b, 10c entspricht.

**[0201]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann insbesondere die Verbindung der Fäden 10b, 10c ohne den Einsatz von prozessfremden Hilfsmitteln, also beispielsweise eines Klebestreifens, eines Klebstoffs oder eines Nähfadens, erfolgen. Vielmehr kann für die Flüssigkeit 73 beispielsweise Wasser verwendet werden, welches ohnehin in dem Verarbeitungsprozess Einsatz findet oder rückstandsfrei flüchtig ist. Des Weiteren soll es durch das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht werden, unter Koordination durch die Steuereinheit oder mehrere, miteinander vernetzte oder kommunizierende Steuereinheiten, parallel gleichzeitig Paare von Fäden miteinander zu verbinden.

**[0202]** Möglich ist, dass die Benetzungseinrichtung 27 einen Zerstäuber für die Flüssigkeit 73 aufweist, der mit der Düse oder anderweitig gebildet sein kann.

**[0203]** Die Benetzung 39 des ersten Fadens 10b kann so ausgebildet sein und die Anpressung der Fäden 10b, 10c im Bereich der Vereinigungseinrichtung 33 kann derart erfolgen, dass zwischen den

Fäden 10b, 10c außer der Flüssigkeit nichts Weiteres und insbesondere keine Luft angeordnet ist.

**[0204]** Möglich ist, dass die Vereinigungsrolle 59 und/oder die Umlenkrolle 54 elastisch sind. Neben den erläuterten Betriebsstellungen der Vereinigungseinrichtung 33 kann die Vereinigungseinrichtung 33 (über die Steuereinheit oder unter Umständen auch manuell) in eine erweiterte Öffnungsstellung überführbar sein, in welcher das Einlegen des zweiten Fadens vereinfacht ist.

**[0205]** Möglich ist, dass die Umlenkrolle 54 aus einem Material mit hoher Dichte oder mit rotierenden Zusatzmassen ausgestattet ist und somit eine größere Massenträgheit aufweist als die Vereinigungsrolle 59 (beispielsweise mindestens 1,5-mal größer, mindestens zweimal größer, mindestens dreimal größer oder mindestens fünfmal größer), so dass mit der großen Massenträgheit der Umlenkrolle 54 die Beschleunigung der Vereinigungsrolle 59 herbeigeführt werden kann. Möglich ist auch, dass eine beliebige der Rollen 52, 53, 54, 59 über einen zusätzlichen Antrieb angetrieben ist, um die Förderbewegung zu unterstützen.

**[0206]** Optional kann in einem Verfahrensschritt 84 eine beispielsweise farbliche Kennzeichnung durch Aufbringung einer Farbe des Verbindungsabschnitts 83 erfolgen, so dass nach Zuführung des Verbindungsabschnitts 83 zu dem Verarbeitungsprozess das spätere Aussondern der Produkte, die mit dem Verarbeitungsprozess erzeugt sind und in denen sich der Verbindungsabschnitt 83 befindet, vereinfacht werden kann.

**[0207]** Für den Fall, dass der Aktuator 46 pneumatisch ausgebildet ist, kann eine Unterscheidung der beiden Teilhübe durch unterschiedliche Druckniveaus bei der Betätigung des pneumatischen Aktuators 46 erfolgen, so dass eine entsprechende Druckregelungseinrichtung Einsatz finden kann. Mit der Beschleunigung des zweiten Fadens 10c nimmt dieses eine Förderbewegung 85 auf, die sich mit zunehmend verringerndem Schlupf der Geschwindigkeit der Förderbewegung 61 annähert.

**[0208]** Die schmalen zylindrischen Mantelflächen der Reibringe bilden Mitnehmerflächen aus, die von der Mantelfläche der Umlenkrolle 54 mitgenommen werden können. Durch die radiale Abmessung der Reibringe bildet sich ein Spalt zwischen der Mantelfläche der Umlenkrolle 54 und der Mantelfläche der Fadenführungsfläche, der die Haltekraft des zweiten Fadens 10c an der Vereinigungsrolle 59 reduziert. Eine Normalkraft, die auf die Fäden 10b, 10c zwischen der Umlenkrolle 54 und der Vereinigungsrolle 59 wirkt, kann durch die Elastizität der Vereinigungsrolle 59, der Reibringe und/oder der Umlenkrolle 54

sowie die radiale Abmessung der Reibringe konstruktiv vorgegeben werden.

**[0209]** In der Beschreibung und den Patentansprüchen wird auch Bezug genommen auf einen parallelen Betrieb von mehreren Fadenverbindungseinrichtungen für die gleichzeitige Bereitstellung von mehreren Fadensträngen zu einem gemeinsamen Verarbeitungsprozess oder mehreren parallelen Verarbeitungsprozessen. Hier werden für gleiche Bauelemente der unterschiedlichen parallelen Einrichtungen dieselben Bezugszeichen verwendet, wobei die entsprechenden, parallel betriebenen Einrichtungen dann durch einen ergänzenden Buchstaben a, b, ... voneinander unterschieden sind. Die Breite der Fäden 10b, 10c liegt vorzugsweise im Bereich von 1 mm bis 25 mm, bevorzugt im Bereich von 2 mm bis 15 mm, wobei für beide angegebenen Bereiche die Dicke der Fäden 10b, 10c im Bereich von 6 µm bis 100 µm bevorzugt im Bereich von 20 µm bis 50 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 25 µm bis 35 µm liegen kann.

**[0210]** Alternativ zu der zuvor beschriebenen Ausführungsform ist möglich, dass für die Ansteuerung des pneumatischen Aktuators für die Klemmeinrichtung 32 und für die Ansteuerung des pneumatischen Aktuators 90 für die Ansteuerung der Vereinigungseinrichtung 33 dasselbe (dann multifunktionale) Ventil verwendet wird. In diesem Fall erfolgt die pneumatische Auslegung derart, dass derselbe über das multifunktionale Ventil gesteuerte Pneumatikdruck ausreicht, um die Vereinigungseinrichtung 33 von der inaktiven Betriebsstellung in die aktive Betriebsstellung umzuschalten und gleichzeitig die Klemmeinrichtung 32 in die nicht klemmende Betriebsstellung zu überführen, ohne dass eine Öffnung der Klemmeinrichtung 32 in die weiter geöffnete Betriebsstellung erfolgt und damit auch eine Betätigung der Schneideinrichtung 28 erfolgt. In diesem Fall kann das Schneiden des überschüssigen Endbereichs des ersten Fadens 10b nach der Herstellung der adhäsiven Verbindung mit einer manuellen Betätigung des Bedienhebels 50 herbeigeführt werden. Der zweite Faden 10c kann im laufenden Prozess von Hand nachgelegt werden, wenn das erste Faden 10b noch nicht zu Ende ist. Der Herstellungsprozess des Papiers wird dabei nicht unterbrochen. Die Bereiche, in welchen die Fäden 10b, 10c doppelt liegen, können markiert und später ausgesondert werden.

**[0211]** Die **Fig. 15** und **Fig. 16** zeigen zwei unterschiedliche Möglichkeiten, den Faden 10 an das Papiersieb zu führen, um den Faden 10 dort in die Papierbahn 100 einzubringen. Das eigentliche Papiersieb wird im Folgenden Hauptformer 101 genannt. Dem Hauptformer 101 ist ein weiteres Papiersieb vorgeschaltet, welches Vorformer 102 genannt wird. Weiterhin ist dem Hauptformer eine

Couchwalze 103 nachgeschaltet. Für Hauptformer 101, Vorformer 102 und Couchwalze 103 sind auch die englischen Begriffe mainformer, shortformer bzw. suction couch roll gebräuchlich.

**[0212]** Fig. 15 zeigt eine schematische Zeichnung einer ersten Variante zu Papierlauf und Fadenlauf an den Papiersieben.

**[0213]** In der ersten Variante läuft der Faden 10 von unten am Hauptformer 101 ein. Dadurch kommt eine lange Umschlingung des Hauptformers 101 in einem vergleichsweise großen Umfangsbereich des Hauptformers 101 zustande. Der Faden 10 liegt dabei auf dem Hauptformer 101 an.

**[0214]** Über den in dieser Ausführungsform der Papierherstellung vorgelagerten Vorformer 102 erfolgt eine Zuführung einer zusätzlichen, dünnen Papierbahn 100a ohne Merkmale zum Hauptformer 101 und wird dort mit der am Hauptformer 101 erzeugten Papierbahn und dem Faden 10 zu einer zusammengeführten Papierbahn 100 zusammengeführt. Dadurch ist der Faden 10 zwischen den beiden Papierlagen der Papierbahn 100 angeordnet. In dieser Ausführung ist es vorteilhaft, wenn der Einlaufzug des zulaufenden Fadens 10 ausreichend groß ist, dass der Faden 10 ausreichend fest auf dem Papiersieb 101 aufliegt. Dadurch wird ein Hinterspülen des aufliegenden Fadens 10 in den Fensterbereichen vorteilhafterweise verhindert. Dadurch können diese Bereiche des Fadens 10 später frei liegen. Das Abführen des Papiersubstrats aus der zusammengeführten Papierbahn 100 mit dem darin integrierten Faden 10 erfolgt über die Couchwalze 103. In einer alternativen Ausführung der Papierherstellung ohne einen Vorformer 102 ist der Fadeneinlauf insbesondere ebenfalls so wie hier dargestellt.

**[0215]** Fig. 16 zeigt eine schematische Zeichnung einer zweiten Variante zu Papierlauf und Fadenlauf an Papiersieben.

**[0216]** In der zweiten Variante läuft der Faden 10 von oben am Hauptformer 101 von der Seite des Vorformers 102 kommend ein. Dadurch erfolgt nur eine kurze Umschlingung bzw. Auflage des Fadens 10 auf dem Hauptformer 101. Dadurch ergibt sich eine weitgehend freie Fensterformung auf dem Hauptformer 101. Der Faden 10 liegt hier insbesondere auf dem Papier der im Hauptformer 101 geschöpften Papierbahn auf. Über den in der Papierherstellung vorgelagerten Vorformer 102 erfolgt eine Zuführung einer zusätzlichen, dünnen Papierbahn 100a zum Hauptformer 101 und wird dort mit der am Hauptformer 101 erzeugten Papierbahn und dem Faden 10 zu der zusammengeführten Papierbahn 100 zusammengeführt. Dadurch ist der Faden 10 zwischen den beiden Papierlagen der Papierbahn 100 angeordnet. Das Abführen des Papiersubstrats aus der zusammenge-

führten Papierbahn 100 mit dem darin integrierten Faden 10 erfolgt über die Couchwalze 103.

**[0217]** Fig. 17 zeigt eine schematische Zeichnung einer Papiermaschine zur ersten Variante aus Fig. 15.

**[0218]** Der Faden 10 läuft von der Fadenrolle 10a über eine Messeinheit 110, diverse Umlenkrollen über ein Zugwerk 120 und eine nicht dargestellte Sensorrolle auf das den Hauptformer bildende Papiersieb 101. Die Sensorrolle gehört zu einer Messeinheit 113 für die Fadenspannung. Das Zugwerk 120 regelt die Fadenspannung und davon abhängig die Dehnung des Fadens, die über die Messeinheit 113 gemessen werden kann. Das Zugwerk 120 wird über eine elektronische Steuerung 130 durch die Signale des auf den Faden bezogenen ersten Sensors 111 und des auf das Papiersieb 101 bezogenen zweiten Sensors 104 gesteuert. Der auf den Faden bezogene erste Sensor 111 detektiert die Registermarken des Fadens 10. Der auf das Papiersieb 101 bezogene zweite Sensor 104 detektiert Positionsmerkmale am Papiersieb 101. Das Signal des auf das Papiersieb 101 bezogenen zweiten Sensors 104 kann anstatt am Papiersieb 101 auch von der Papierbahn 100 selbst und/oder von einem oder mehreren Sensoren stammen, die stromabwärts zum Papiersieb 101 im weiteren Verlauf an der Papierbahn 100 angeordnet sind.

**[0219]** Der auf das Papiersieb bezogene zweite Sensor 104 detektiert Positionsmerkmale direkt am Papiersieb 101 und dort angeordnete und fest mit dem Papiersieb 101 verbundene Elemente zur Erzeugung der Fenster und/oder der Wasserzeichen in der Papierbahn 100 und leitet diese Signale an die elektronische Steuerung 130. Bevorzugt ist der auf das Papiersieb bezogene zweite Sensor 104 am Umfang des Papiersiebs 101 angeordnet.

**[0220]** Ein optionaler dritter Sensor 105 ist stromabwärts zum Papiersieb 101 an der Papierbahn 100 angeordnet und stellt in einer Ausführungsform eine Alternative zum auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensor 104 dar. Dies ist vorteilhaft, weil das Papiersieb 101 und die damit verbundenen Elemente zur Erzeugung der Fenster und/oder der Wasserzeichen in der Papierbahn 100 Positionstoleranzen aufweisen können, die bei der Herstellung des Papiersiebs 101 entstehen und/oder während der Produktion entstehen durch Temperaturschwankungen und/oder aufgrund Alterungserscheinungen oder Abnutzungserscheinungen am Papiersieb 101.

**[0221]** Der optionale dritte Sensor 105 kann in einer weiteren Ausführungsform ebenfalls stromabwärts zum Papiersieb 101 an der Papierbahn 100 zusätzlich zum auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensor 104 vorgesehen sein. Dies kann insbesondere



zur Regelung in einem geschlossenen Regelkreis (Closed-Loop-Steuerung) durch Vergleich der Ist-Werte an der nach dem Papiersieb 101 vorliegenden Papierbahn 100 mit den Signalen der am bzw. stromaufwärts zum Papiersieb 101 angeordneten Sensoren in der elektronischen Steuerung 130 vorgesehen sein, das heißt mit den Signalen des auf das Papiersieb bezogenen zweiten Sensors 104 und den Signalen des auf den Faden bezogenen ersten Sensors 111. Dabei detektiert der dritte Sensor 105 insbesondere die Signale eines Fensters und/oder eines Wasserzeichens in der Papierbahn 100. Weiterhin ist dafür ein weiterer optionaler vierter Sensor 106 ebenfalls stromabwärts zum Papiersieb 101 an dem Papiersubstrat vorgesehen, der die Position des Fadens 10 in der Papierbahn 100 detektiert. In der elektronischen Steuerung 130 werden dann die Signale des dritten 105 und vierten Sensors 106 mit den Signalen des ersten 111 und zweiten Sensors 104 so abgeglichen und bei Abweichungen der Signale die Fadenspannung bzw. die Dehnung des Fadens ggf. angepasst.

**[0222]** Stromabwärts zum Papiersieb 101 ist zumindest eine Trocknereinrichtung 140 angeordnet, in der das Papiersubstrat mit dem nun eingebetteten Faden 10 getrocknet wird. Während dieser Trocknung schrumpft das Papiersubstrat in Länge und Breite, während das Papiersubstrat bis auf eine gewünschte Restfeuchte getrocknet wird.

**[0223]** Es ist dabei vorteilhaft, wenn das Papiersubstrat mit dem eingebetteten Faden 10 insbesondere während der Trocknung gedehnt wird, um der Schrumpfung etwas entgegenzuwirken und insbesondere den Schrumpfungsprozess kontrollierter ablaufen zu lassen, indem eine Kraft in der Vorschubrichtung auf das Papiersubstrat einwirkt. Eine solche Dehnung des Papiersubstrats mit dem eingebetteten Faden 10 kann beispielsweise 0,5% bis 5%, bevorzugt 1% bis 3% betragen.

**[0224]** Aufgrund der Veränderung des Papiersubstrats während der Trocknung kann es auch vorteilhaft sein, die den dritten 105 und vierten Sensor 106 stromabwärts zu der Trocknereinrichtung 140 anzuordnen. Es ist möglich, den dritten 105 und vierten Sensor 106 stromaufwärts zu der Trocknereinrichtung 140 und/oder stromabwärts zu der Trocknereinrichtung 140 anzuordnen.

**[0225]** Eine Markiereinrichtung 141 (siehe oben) ist bevorzugt stromabwärts zu der Trocknereinrichtung 140 angeordnet, um eventuell gewünschte Markierungen auf dem getrockneten Papiersubstrat aufzubringen und/oder einzubringen.

**[0226]** Mit den von den Sensoren erfassten Signalen werden die Registermarken des Fadens 10 in Übereinstimmung bzw. Gleichlauf mit den Register-

marken am Papiersieb 101 gebracht, inklusive eines Toleranzbereichs. Um den Faden 10 beispielsweise in der Anlaufphase oder beim Rollenwechsel in das Register zu bringen, sind höhere Zugkräfte und damit eine größere Fadendehnung erforderlich als im laufenden Betrieb, wenn das Register „steht“.

**[0227]** Besonders bevorzugt ist es bei dieser Lösung, wenn das Spleißen, das heißt das Anfügen eines neuen Fadens an das Ende eines zuvor verwendeten Fadens, im Register bzw. „nahe des Registers“ erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass das Register zum Papiersieb in der gewünschten Toleranz erhalten bleibt bzw. schnell wieder in der gewünschten Toleranz erreicht werden kann.

**[0228]** Ein weiterer auf den Faden bezogener fünfter Sensor 112 kann vor der Spleißvorrichtung angeordnet sein. Der weitere auf den Faden bezogene fünfte Sensor 112 nimmt die Registermarke des verwendeten Fadens stromaufwärts zur Spleißvorrichtung 150 auf. Der weitere auf den Faden bezogene fünfte Sensor 112 kann alternativ zu dem auf den Faden bezogenen ersten Sensor 111 oder zusätzlich zu dem auf den Faden bezogenen ersten Sensor 111 vorgesehen sein. Der auf den Faden bezogene erste Sensor 111 ist vorzugsweise stromabwärts zur Spleißvorrichtung 150 angeordnet. Durch den weiteren auf den Faden bezogenen fünften Sensor 112 kann das Spleißen nahe dem Register unterstützt werden.

**[0229]** In einer bevorzugten Ausführung sind zwei Sensoren zum Erfassen der Registermarken 12 des Fadens 10 vorgesehen. Der vor der Spleißvorrichtung 150 angeordnete fünfte Sensor 112 nimmt die Registermarke im ablaufenden (unteren) Faden auf. Dadurch kann das Spleißen nahe dem Register unterstützt werden. Der auf den Faden bezogene erste Sensor 111 ist nach der Spleißvorrichtung 150 angeordnet und dient zur Einstellung der Dehnung des Fadens 10, um die Registerhaltigkeit in Bezug auf die Papierbahn 100 herzustellen bzw. zu halten.

**[0230]** Fig. 18 zeigt eine schematische Zeichnung einer Papiermaschine zur zweiten Variante aus Fig. 16.

**[0231]** Der Faden 10 wird dem Papiersieb 101 also auf der gleichen Seite zugeführt wie die vom Vorformers 102 (nicht abgebildet) kommende Papierbahn 100a dem Papiersieb 101 (Hauptformer) zugeführt wird.

**[0232]** Im Übrigen entspricht die Fig. 18 der Fig. 17. Es wird Bezug auf die zur Fig. 17 gegebenen Erläuterungen genommen.

**[0233]** Das registrierte Einbringen des Fadens in die Papierbahn 100 bzw. in das Papiersubstrat würde ohne ein entsprechend registriertes Spleißen, das

heißt Verbinden eines bewegten ersten Fadens mit einem zweiten Faden, bei jedem Rollenwechsel des Fadens verloren gehen und müsste ganz neu eingestellt werden. Dabei würde ein hoher Ausschuss von mit falsch positioniert eingebettetem Faden versehentlichem Papiersubstrat anfallen. Heute hat dieser Ausschuss besonders große Relevanz, weil aus wirtschaftlichen Gründen eine Ausschussreduzierung immer wichtiger wird und auch viele Zentralbanken sehr genau Rechenschaft darüber verlangen, wie viele Sicherheitselemente und Mengen an Sicherheitspapier als Ausschuss vernichtet werden müssen und wie viel als Nutz-Substrat für Sicherheitsdokumente, insbesondere Banknoten erhalten bleibt.

**[0234]** In der Anlaufphase wird für jede zu verwendende Spur jeweils ein Faden 10, vorzugsweise ein Vorlauffaden, erstmalig in die die Papierbahn 100 bildende Papierpulpe eingeschossen. Bis der jeweilige Faden 10, vorzugsweise Vorlauffaden, in der Papierpulpe und auf dem Papiersieb greift, das heißt bis er zuverlässig mitgenommen wird, dauert es pro Spur etwas unterschiedlich lange. Dabei wird der Faden 10, vorzugsweise Vorlauffaden, in jeder Spur „ins Register gezogen“. Sobald dies auf allen Spuren der Fall ist, das heißt unmittelbar nach Ende der Anlaufphase, werden in allen Spuren die Fäden 10 im Register gespleißt, das heißt mit neu zulaufenden Fadenrollen verbunden. Vorzugsweise wird dabei jeweils der Vorlauffaden mit einem Originalfaden verbunden.

**[0235]** Das Verfahren läuft häufig mit Papierbahnen 100 von ca. 750 mm (1x Superformat = 820 mm) bis 3000 mm (4x Superformat) Breite und 5 oder 6 Spuren pro „Superformat“ mit Nutzen. In dieselbe Papierpulpe laufen also gleichzeitig bis zu 24 Fäden parallel ein. Zusätzliche, vollständig eingebettete Fäden können zusätzlich noch in die Papierpulpe einlaufen.

**[0236]** Besonders bevorzugt ist es für eine weitere Verringerung des Ausschusses, dass für das initiale Greifen des Fadens in der Papierpulpe bzw. am Papiersieb ein Einlaufmaterial verwendet wird. Dieses Einlaufmaterial liegt insbesondere als separates Rollenmaterial vor. In diesem Fall wird das Einlaufmaterial als Vorlauffaden bezeichnet. Alternativ dazu oder zusätzlich kann der eigentliche Faden das Einlaufmaterial in einem Vorlaufbereich aufweisen.

**[0237]** Der Vorlauffaden kann in einer Ausführung ohne Registermarken und/oder ohne andere funktionale und/oder ohne dekorative Merkmale ausgestaltet sein. In einer alternativen Ausführung kann der Vorlauffaden zumindest funktionale Merkmale, insbesondere in Form von Registermarken aufweisen.

**[0238]** Vorzugsweise weist der Vorlauffaden lediglich eine deutlich erkennbare Musterung (beispiels-

weise eine Beschriftung „Vorlauf / Preload“ und/oder eine deutlich erkennbare Musterung) auf. Vorzugsweise weist der Vorlauffaden eine Oberfläche auf, die sich in ihren Haftungseigenschaften nicht von denen des Originalfadens unterscheidet. Unter Originalfaden wird der im Normalbetrieb verwendete Faden 10 verstanden. Der Originalfaden umfasst also insbesondere Designmerkmale und/oder Sicherheitsmerkmale und/oder Funktionsmerkmale, wie z. B. Registermarken.

**[0239]** Während der Vorlauffaden in die die Papierbahn 100 bzw. das Papiersubstrat bildende Papierpulpe einläuft, wird eine initiale Verankerung des jeweiligen Vorlauffadens auf allen Spuren in dem Papiersubstrat hergestellt, jedoch ohne Register in Bezug auf die Fenster im Papiersubstrat. Diese Verankerungsphase kann bei jeder Spur unterschiedlich lang dauern, insbesondere zwischen 1 Sekunden und 600 Sekunden. Daher ist es vorteilhaft, einen Vorlauffaden auf separaten Rollen als Einlaufmaterial zu verwenden. Der Vorlauffaden weist vorzugsweise auf jeder Spur bzw. auf jeder Rolle eine Länge zwischen 50 m und 50000 m, besonders bevorzugt 500 m bis 5000 m, auf. Diese initiale Verankerungsphase erfolgt insbesondere beim Maschinenanlauf der Papiermaschine und/oder bei einem Jobwechsel oder in Situationen, in denen der kontinuierliche Prozessablauf so gestört wird, dass ein Neustart des Prozesses erforderlich wird. Beim Neustart wird der Faden in die die Papierbahn 100 bzw. das Papiersubstrat bildende Papierpulpe eingeschossen und das Register neu eingeregelt.

**[0240]** In einer alternativen Ausführung kann der Vorlauffaden Registermarken aufweisen, die während und/oder vor und/oder nach dem Greifen des Vorlauffadens in der Papierpulpe mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors, erfasst und in Sensorsignale umgewandelt werden können. Diese Sensorsignale können verwendet werden, um ein Register, d.h. eine Lagegenauigkeit zwischen Vorlauffaden und Papierbahn einzustellen. Dies hat den Vorteil, dass nicht nur während der Verankerungsphase, sondern auch in der Positionierungsphase, das heißt während des erstmaligen Einregels eines Registers zwischen Faden und Papierbahn, kein Originalfaden mit Sicherheitsmerkmalen verbraucht wird, sondern der Vorlauffaden, wodurch weniger sicherheitstechnisch sensibler Abfall entsteht. Wird dann der Originalfaden mit dem Vorlauffaden verbunden, ist dann bereits ein Register zwischen Papierbahn und Faden hergestellt.

**[0241]** Sobald alle Spuren gegriffen haben und insbesondere das Register zwischen Vorlauffaden und Papierbahn erreicht ist, wird in allen Spuren zum selben Zeitpunkt oder verschiedenen Zeitpunkten jeweils ein Originalfaden registernah an den Vorlauf-

faden angespleißt und danach mit Hilfe des Originalfadens das Register zwischen Faden und Fenstern im Papiersubstrat eingeregelt.

**[0242]** Der Vorlauffaden kann auf einer Rolle mit einer sehr langen Lauflänge angeordnet sein, sodass diese Rolle für mehrere Verankerungsphasen mehrfach wiederverwendet werden kann.

**[0243]** Alternativ oder zusätzlich ist es für eine weitere Verringerung des Ausschusses bevorzugt, dass jede Fadenrolle einen Vorlaufbereich aufweist. Dieser Vorlaufbereich weist keine sicherheitsrelevanten Merkmale auf, sondern lediglich Registermarken und/oder andere funktionale und/oder dekorative Merkmale. Beispielsweise weist der Vorlaufbereich eine Beschriftung „Vorlauf/ Preload“ und/oder eine deutlich erkennbare Musterung auf. Bevorzugt weist der Vorlaufbereich eine Oberfläche auf, die sich in ihren Haftungseigenschaften nicht von denen des Originalfadens unterscheidet. Der Vorlaufbereich ist bevorzugt zwischen 100 m und 1500 m lang, besonders bevorzugt zwischen 200 m und 1000 m lang.

**[0244]** Während der Vorlaufbereich in das Papiersubstrat einläuft, wird mit Hilfe der Registermarken im Vorlaufbereich das Register hergestellt, sodass beim Erreichen des Endes des Vorlaufbereichs das Register zwischen Faden und Papiersieb in der gewünschten Toleranz ist und beim Einlaufen des Fadens mit Sicherheitsmerkmalen nur noch sehr wenig oder gar kein Ausschuss mehr entsteht.

**[0245]** Dabei ist es bevorzugt, wenn der Vorlaufbereich optische und/oder magnetische und/oder andere Merkmale aufweist, woran das Papiersubstrat mit eingebettetem Vorlaufbereich leicht detektierbar und aussortierbar ist.

**[0246]** In dem in dieser Anlaufphase hergestellten Papiersubstrat, welches Ausschuss darstellt, ist dann bevorzugt nur Einlaufmaterial (das heißt Vorlauffaden oder Vorlaufbereich) enthalten und kann über dessen Kennzeichnung oder über dessen anderes optisches oder funktionales Erscheinungsbild oder Verhalten insbesondere sensorisch leicht detektiert und selektiert werden.

**[0247]** Zur besonders guten Detektierbarkeit von Ausschuss ist es weiterhin vorteilhaft, wenn im Förderweg des Papiersubstrats stromabwärts zum Papiersieb und weiter bevorzugt stromabwärts zur Trocknereinrichtung eine Markiereinrichtung vorgesehen ist. Diese Markiereinrichtung wird von der elektronischen Steuerung so angesteuert, dass eine optisch erkennbare Markierung auf dem Papiersubstrat erzeugt wird, wenn kein ausreichend genaues Register zwischen Faden und Papiersubstrat vorliegt und/oder während der Anlaufphase mit im Papiersubstrat eingebetteten Einlaufmaterial. Die

Markiereinrichtung kann bevorzugt ein Inkjetdruckkopf sein oder ein anderweitig elektronisch steuerbares Druckmodul zur Abgabe optisch und/oder elektrisch detektierbarer Substanzen auf das Papiersubstrat.

**[0248]** Aufgrund der vergleichsweise großen Breite der feuchten bzw. nassen Papierbahn 100 auf dem Papiersieb und im weiteren Verlauf stromabwärts zu dem Papiersieb sind Randbereiche der Papierbahn 100 trockener und damit verkürzt im Vergleich zu zwischen den Rändern angeordneten Papierbahnbereichen. Diese Randbereiche schrumpfen daher beim anschließenden Trocknungsprozess weniger. Vorzugsweise wird die auf die betreffenden Fäden in diesen Randbereichen ausgeübte Zugkraft beim Einregeln des Registers zwischen Faden 10 und Papierbahn 100 entsprechend angepasst. Beispielsweise kann ein Offsetwert zur Zugkraft in der Steuerung für diese Randbereiche hinterlegt sein.

**[0249]** Für den Fachmann ist es klar, dass die vorstehend aufgeführten Ausführungsvarianten der Vorrichtungen, Einrichtungen, Verfahren oder Verfahrensschritte, beliebig miteinander kombiniert werden können und keine Limitierung, insbesondere in ihrer Formgebung und Kombination, darstellen.

#### Bezugszeichenliste

1	Bogen, Druckbogen
1a	Bogenlänge auf der Papierbahn
2	Greiferrand des Bogens
3	Hinterrand des Bogens
4	Einzelnutzen
5	Rapportlücke
6	Wasserzeichen
7	Banknotenbereich
8	Banknote
8a	obere Notenkante
8b	untere Notenkante
9	Fenster
9a	Steg
9b	maximal möglichen Bereich für Steg
10	Faden
10a	Fadenrolle
10b	erster Faden
10c	zweiter Faden
11	Designbereich des Fadens

11a	Länge des Designbereichs in Laufrichtung	74	Verfahrensschritt
		75	Schwenkrichtung
12	Registermarke	76	Verfahrensschritt
L	Laufrichtung	77	Verfahrensschritt
RF	Rapportlänge des Fadens	78	Endabschnitt
RP	Rapportlänge der Papierbahn	79	Bandstrang
20	Fadenverbindungseinrichtung	80	Verfahrensschritt
21	Tragstruktur	81	Restende
22	Förderpfad	82	Verfahrensschritt
24	Pfad	83	Verbindungsabschnitt
26	Führungseinrichtung	84	Verfahrensschritt
27	Benetzungseinrichtung	85	Förderbewegung
28	Schneideinrichtung	90	pneumatischer Aktuator
29	Führungseinrichtung	91	Schwenkhebel
30	Führungseinrichtung	95	Klemmeinrichtung
31	Führungseinrichtung	A	Bildmotiv im Fenster nach der Einbettung,
32	Klemmeinrichtung	Z	Bildmotiv im Fenster vor der Einbettung
33	Vereinigungseinrichtung	X	Längenfaktor
34	Halteeinrichtung	B	Positionstoleranz für das Bildmotiv,
39	Benetzung	C1, C2	Fensterkantenunschärfe
41	Klemm- und Schneideinrichtung	D	nominale Fenstergröße
46	Aktuator	S	Bereich des Fadens unter dem Steg 9a
50	Bedienhebel	B'	Bereich gebildet aus B, S und nochmals B
52	Führungsrolle	100	Papierbahn
53	Führungsrolle	100a	Papierbahn des Vorformers
54	Umlenkrolle	101	Hauptformer (mainformer)
59	Vereinigungsrolle	102	Vorformer (shortformer)
60	Verfahrensschritt	103	Couchwalze (suction couch roll)
61	Förderbewegung	104	zweiter Sensor
62	Verfahrensschritt	105	dritter Sensor
63	Verfahrensschritt	106	vierter Sensor
64	Anfangsabschnitt	110	Messeinheit
65	Verfahrensschritt	111	erster Sensor
66	Verfahrensschritt	112	fünfter Sensor
67	Verfahrensschritt	113	Messeinheit Fadenspannung
68	Verfahrensschritt	120	Zugwerk
69	Verfahrensschritt	130	elektronische Steuerung
70	Arbeitsbereich	140	Trocknereinrichtung
71	Verfahrensschritt		
72	Verfahrensschritt		
73	Flüssigkeit		

141	Markiereinrichtung
150	Spleißvorrichtung

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- DIN ISO 527-1-3 [0128]

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Fördern eines Fadenstrangs, insbesondere eines endlosen Fadenstrangs, wobei zumindest ein bewegter erster Faden (10b) und ein zweiter Faden (10c) zur Herstellung des Fadenstrangs verbunden werden, wobei ein Endabschnitt des ersten Fadens einen Anfangsabschnitt des zweiten Fadens mitnimmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste (10b) und der zweite Faden (10c) jeweils eine vielfach wiederholte Abfolge von Merkmalen aufweist, wobei die beiden Fäden (10b, 10c) zueinander im Register angeordnet werden, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst, insbesondere in der nachstehenden Reihenfolge:

- a) Erfassen der Registerposition zumindest des ersten Fadens (10b) mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels eines ersten Sensors (111),
- b) Inkontaktbringen des von einer Halteeinrichtung (34) vorgehaltenen, insbesondere gehaltenen oder gebremsten, zweiten Fadens (10c) mit dem ersten Faden (10b),
- c) Erzeugen eines Steuersignals zur Freigabe der Halteeinrichtung (34) auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors (111), erfassten Registerposition zumindest des ersten Fadens (10b), derart dass die Registerposition des ersten Fadens (10b) und die Registerposition des zweiten Fadens (10c) bei der Mitnahme des zweiten Fadens (10c) durch den ersten Faden (10b) in positionsgenaue Übereinstimmung gebracht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren den folgenden zusätzlichen Schritt umfasst, wobei der zusätzliche Schritt vorzugsweise nach Schritt c) durchgeführt wird:

- d) Abschneiden des ersten Fadens (10b).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Faden (10c), vorzugsweise mit einer bekannten Position der Merkmale entlang der Längserstreckung des zweiten Fadens (10c), zunächst ruht und erst aufgrund der Mitnahme durch den ersten Faden (10b) nach der im Schritt c) erfolgenden Freigabe der Halteeinrichtung (34) in Bewegung versetzt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Sensoren zum Erfassen der Registerposition, vorzugsweise zum Erfassen der Registermarken (12), des ersten Fadens (10b) vorgesehen sind, wobei der Sensor, vorzugsweise der erste Sensor (111), vorzugsweise nach der Halteeinrichtung (34) und ein weiterer Sensor, vorzugsweise ein fünfter Sensor (112), vorzugsweise vor der Halteeinrichtung (34) angeordnet ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet**,

dass vor dem oder beim oder nach dem Inkontaktbringen des zweiten Fadens (10c) mit dem ersten Faden (10b) ein Verbindungsmedium auf den ersten und/oder zweiten Faden (10c) appliziert wird, und dass die Mitnahme des zweiten Fadens (10c) durch den ersten Faden (10b) durch eine durch das Verbindungsmedium hervorgerufene Adhäsion des zweiten Fadens (10c) am ersten Faden (10b) erfolgt, wobei das Verbindungsmedium vorzugsweise eine Flüssigkeit ist.

6. Verfahren zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn (100), wobei die Papierbahn (100) eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen umfasst,

**dadurch gekennzeichnet**,

dass der Fadenstrang zumindest einen Vorlauffaden und einen Originalfaden aufweist, wobei der Originalfaden eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen umfasst, wobei eine zweite Rapportlänge des Originalfadens kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst, insbesondere in der nachstehenden Reihenfolge:

- a) Ausbringen einer Pulpe auf ein Papiersieb zur Erzeugung der Papierbahn (100),
- b) Einbringen und/oder Einschließen des Vorlauffadens in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe, so dass der Vorlauffaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn (100) verbunden ist, wobei die Papierbahn (100) und/oder Pulpe den Vorlauffaden zumindest teilweise umschließt,
- c) nachdem der Vorlauffaden von der Papierbahn (100) gefördert wird: Inkontaktbringen des von einer Halteeinrichtung (34) vorgehaltenen, insbesondere gehaltenen oder gebremsten, Originalfadens mit dem Vorlauffaden,
- d) Erfassen der Registerposition der Papierbahn (100),
- e) Erzeugen eines Steuersignals zur Freigabe der Halteeinrichtung (34) auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn (100), so dass der Originalfaden derart durch den Vorlauffaden mitgenommen wird, dass die Registerposition des Originalfadens und die Registerposition der Papierbahn (100) in Übereinstimmung gebracht werden, wobei der Originalfaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn (100) verbunden ist, wobei die Papierbahn (100) den Originalfaden zumindest teilweise umschließt, und
- f) Abschneiden des Vorlauffadens.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**,

dass das Erfassen der Registerposition der Papierbahn (100) nach Schritt d) mittels eines das Papiersieb erfassenden zweiten Sensors (104), und/oder mittels eines die entstandene Papierbahn (100) erfassenden dritten Sensors (105) und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebs und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebtriebs erfolgt, wobei der die entstandene Papierbahn (100) erfassende dritte Sensor (105) vor oder nach einer Trocknung angeordnet ist, wobei der die entstandene Papierbahn (100) erfassende dritte Sensor (105) vorzugsweise die Abfolge der Merkmale der Papierbahn (100) erfasst.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorlauffaden Funktionsmerkmale, insbesondere in Form von Registermarken (12) aufweist.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem oder beim oder nach dem Inkontaktbringen des Originalfadens mit dem Vorlauffaden ein Verbindungsmedium auf den Vorlauffaden und/oder Originalfaden appliziert wird, und dass die Mitnahme des Originalfadens durch den Vorlauffaden durch eine durch das Verbindungsmedium hervorgerufene Adhäsion des Originalfadens am Vorlauffaden erfolgt, wobei das Verbindungsmedium vorzugsweise eine Flüssigkeit ist.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zeitdauer vom Einbringen und/oder Einschließen des Vorlauffadens gemäß Schritt b) bis zum Erzeugen eines Steuersignals zur Freigabe der Halteeinrichtung (34) gemäß Schritt e) zwischen 1 s und 600 s, vorzugsweise 10 s bis 300 s, besonders bevorzugt 30 s bis 60 s beträgt.

11. Verfahren zum Synchronisieren eines Fadens (10) mit einer in einer Papiermaschine herzustellenden Papierbahn (100), wobei die Papierbahn (100) eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Faden (10) eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen umfasst, wobei eine zweite Rapportlänge des Fadens (10) kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst, insbesondere in der nachstehenden Reihenfolge:

- Ausbringen einer Pulpe auf ein Papiersieb zur Erzeugung der Papierbahn (100),
- Einbringen und/oder Einschließen des Fadens (10) in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe, so dass der Faden (10) nach zumindest teilweiser

Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn (100) verbunden ist, wobei die Papierbahn (100) den Faden (10) zumindest teilweise umschließt,

- Erfassen der Registerposition der Papierbahn (100),
- Erfassen der Registerposition des Fadens (10) mittels eines Sensors, vorzugsweise mittels eines ersten Sensors (111),
- Erzeugen eines Regelsignals auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn (100) und auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors (111), erfassten Registerposition des Fadens (10), so dass der Faden (10) auf der Grundlage des Regelsignals derart gedehnt wird, dass die Registerposition des Fadens (10) und die Registerposition der Papierbahn (100) in Übereinstimmung gebracht werden, wobei das Verfahren vorzugsweise das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und/oder das Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10 umfasst.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Erfassen der Registerposition der Papierbahn (100) nach Schritt c) mittels eines das Papiersieb erfassenden zweiten Sensors (104), und/oder mittels eines die entstandene Papierbahn (100) erfassenden dritten Sensors (105) und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebs und/oder mittels eines Drehgebers des Papiersiebtriebs erfolgt, wobei der die entstandene Papierbahn (100) erfassende dritte Sensor (105) vor oder nach einer Trocknung angeordnet ist, wobei der die entstandene Papierbahn (100) erfassende dritte Sensor (105) vorzugsweise die Abfolge der Merkmale der Papierbahn (100) erfasst.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Merkmale Designmerkmale und/oder Funktionsmerkmale sind.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Merkmale sichtbar oder maschinell lesbar sind.

15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Faden (10) und/oder der erste Faden (10b) und/oder der zweite Faden (10c) und/oder der Vorlauffaden und/oder der Originalfaden eine Breite von 1 mm bis 25 mm, bevorzugt 2 mm bis 15 mm, besonders bevorzugt 3 mm bis 10 mm, aufweisen.

16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Faden (10) und/oder der erste Faden (10b) und/oder der zweite Faden (10c) und/oder der Vorlauffaden



und/oder der Originalfaden eine Dicke von 6 µm bis 75 µm, bevorzugt 15 µm bis 50 µm, besonders bevorzugt 20 µm bis 40 µm, aufweisen.

17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Faden (10) und/oder der erste Faden (10b) und/oder der zweite Faden (10c) und/oder der Vorlauffaden und/oder der Originalfaden ein E-Modul im Bereich von 2500 N/mm<sup>2</sup> bis 5000 N/mm<sup>2</sup>, vorzugsweise im Bereich von 3500 N/mm<sup>2</sup> bis 4000 N/mm<sup>2</sup>, aufweisen.

18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zugkraft im Bereich von 10 cN bis 500 cN, bevorzugt im Bereich von 20 cN bis 300 cN, besonders bevorzugt im Bereich von 30 cN bis 100 cN, auf den Faden (10), den ersten Faden (10b), den zweiten Faden (10c), den Vorlauffaden und/oder den Originalfaden ausgeübt wird.

19. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in mehreren Spuren jeweils ein Faden zur Papierbahn (100) gefördert und registergenau in die Papierbahn (100) eingebracht wird.

20. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens zum Fördern eines Fadenstrangs, insbesondere eines endlosen Fadenstrangs, vorzugsweise zum Durchführen eines Verfahrens nach Anspruch 1, wobei zumindest ein bewegter erster Faden (10b) und ein zweiter Faden (10c) zur Herstellung des Fadenstrangs verbunden werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste (10b) und der zweite Faden (10c) jeweils eine vielfach wiederholte Abfolge von Merkmalen umfassen, dass die Vorrichtung zumindest einen Sensor, vorzugsweise zumindest einen ersten Sensor (111), zum Erfassen der Registerposition zumindest des ersten Fadens (10b), eine Fadenverbindungseinrichtung (20) zum Verbinden des ersten Fadens und des zweiten Fadens, und eine Steuereinheit zum Erzeugen eines Steuersignals auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors (111), erfassten Registerposition umfasst, wobei die Registerposition des ersten Fadens (10b) und die Registerposition des zweiten Fadens (10c) beim Verbinden des ersten Fadens (10b) und des zweiten Fadens (10c) auf der Grundlage des Steuersignals in Übereinstimmung gebracht werden.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fadenverbindungseinrichtung (20) eine Halteeinrichtung (34) zum Halten des zweiten Fadens (10c), vorzugsweise zum Halten des zweiten Fadens (10c) mit einer bekannten

Position der Merkmale entlang der Längserstreckung des zweiten Fadens (10c), und/oder eine Einrichtung zum Inkontaktbringen des zweiten Fadens (10c) mit dem ersten Faden (10b) umfasst.

22. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens zum Synchronisieren eines Fadenstrangs mit einer Papierbahn (100), vorzugsweise zum Durchführen eines Verfahrens nach Anspruch 6, wobei die Papierbahn (100) eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fadenstrang zumindest einen Vorlauffaden und einen Originalfaden aufweist, wobei der Originalfaden eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen umfasst, wobei eine zweite Rapportlänge des Originalfadens kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100), dass die Vorrichtung eine Papiermaschine mit einem Papiersieb zum Ausbringen einer Pulpe zur Erzeugung der Papierbahn (100) und einer Einrichtung zum Erfassen der Registerposition der Papierbahn (100) umfasst, dass die Vorrichtung eine Einrichtung zum Einbringen und/oder Einschleusen des Vorlauffadens in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe umfasst, so dass der Vorlauffaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn (100) verbunden ist, wobei die Papierbahn (100) den Vorlauffaden zumindest teilweise umschließt, und dass die Vorrichtung eine Fadenverbindungseinrichtung (20) zum Verbinden des Vorlauffadens und des Originalfadens und eine Steuereinheit zum Erzeugen eines Steuersignals auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn (100) umfasst, wobei der Originalfaden derart durch den Vorlauffaden mitgenommen und dabei gedehnt wird, dass die Registerposition des Originalfadens und die Registerposition der Papierbahn (100) in Übereinstimmung gebracht werden, wobei der Originalfaden nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn (100) verbunden ist, wobei die Papierbahn (100) den Originalfaden zumindest teilweise umschließt.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fadenverbindungseinrichtung (20) eine Halteeinrichtung (34) zum Halten des Originalfadens, vorzugsweise zum Halten des Originalfadens mit einer bekannten Position der Merkmale entlang der Längserstreckung des Originalfadens, und/oder eine Einrichtung zum Inkontaktbringen des Originalfadens mit dem Vorlauffaden umfasst.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite Rapportlänge des Originalfadens kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100), wobei die zweite Rapportlänge des Originalfadens vor-

zugsweise um 0,1% bis 10%, bevorzugt um 0,3% bis 8%, besonders bevorzugt um 1% bis 4% kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100).

25. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens zum Synchronisieren eines Fadens (10) mit einer Papierbahn (100), vorzugsweise zum Durchführen eines Verfahrens nach Anspruch 11, wobei die Papierbahn (100) eine vielfach wiederholte Abfolge von ersten Merkmalen umfasst,

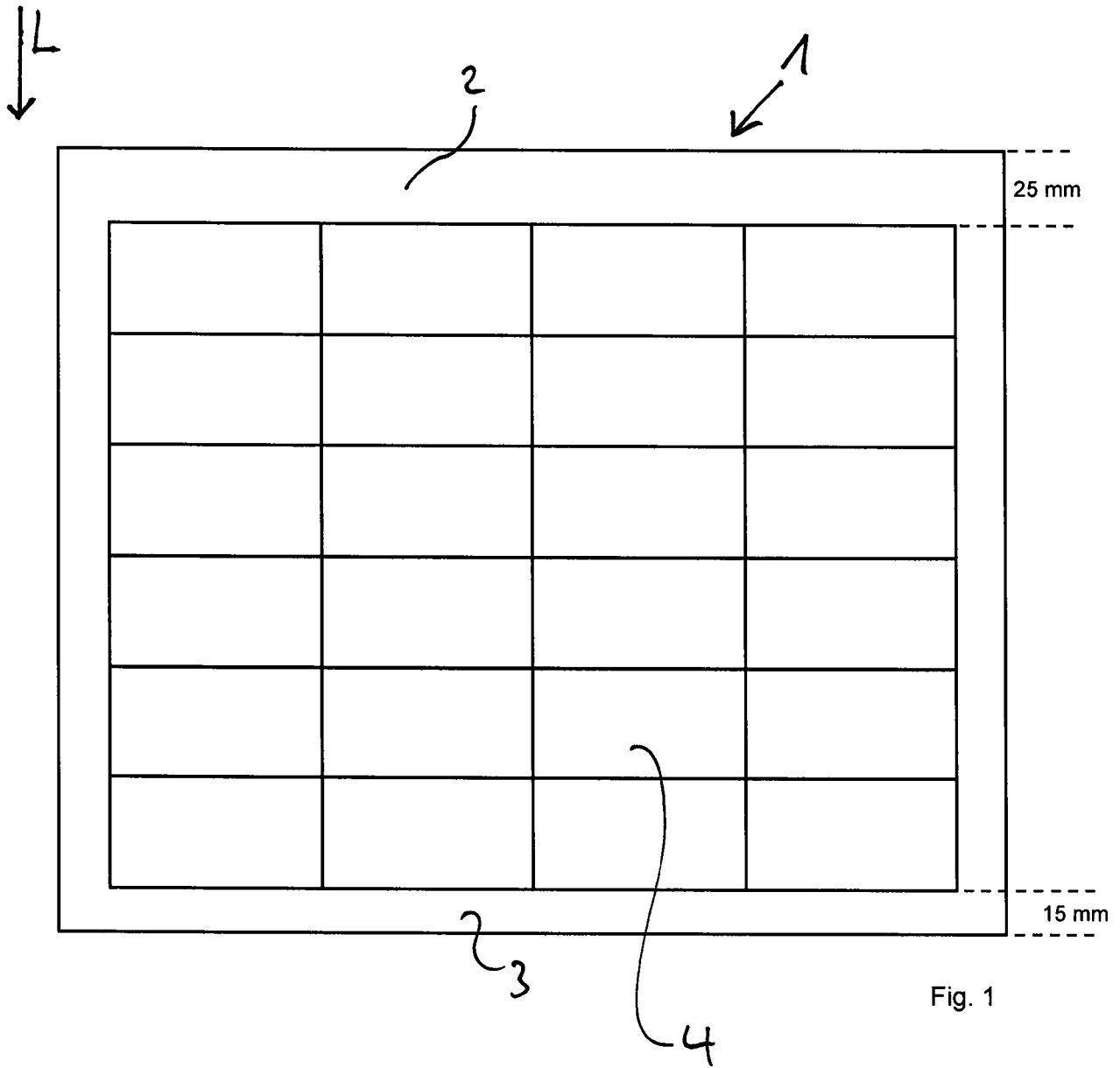
**dadurch gekennzeichnet,**

das der Faden eine vielfach wiederholte Abfolge von zweiten Merkmalen umfasst, wobei eine zweite Rapportlänge des Fadens (10) kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100), dass die Vorrichtung eine Papiermaschine mit einem Papiersieb zum Ausbringen einer Pulpe zur Erzeugung der Papierbahn (100) und einer Einrichtung zum Erfassen der Registerposition der Papierbahn (100) umfasst, dass die Vorrichtung eine Einrichtung zum Einbringen und/oder Einschleusen des Fadens in die auf das Papiersieb ausgebrachte Pulpe umfasst, so dass der Faden (10) nach zumindest teilweiser Trocknung der Pulpe mit der Papierbahn (100) verbunden ist, wobei die Papierbahn (100) den Faden zumindest teilweise umschließt, und dass die Vorrichtung einen Sensor, vorzugsweise einen ersten Sensor (111), zum Erfassen der Registerposition des Fadens (10) und eine Regelungseinheit zum Erzeugen eines Regelsignals auf der Grundlage der erfassten Registerposition der Papierbahn (100) und auf der Grundlage der mittels des Sensors, vorzugsweise mittels des ersten Sensors (111), erfassten Registerposition des Fadens (10) umfasst, wobei der Faden (10) auf der Grundlage des Regelsignals derart gedehnt wird, dass die Registerposition des Fadens (10) und die Registerposition der Papierbahn (100) in Übereinstimmung gebracht werden.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine zweite Rapportlänge des Fadens (10) kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100), wobei die zweite Rapportlänge des Fadens (10) vorzugsweise um 0,1% bis 10%, bevorzugt um 0,3% bis 8%, besonders bevorzugt um 1% bis 4% kürzer ist als eine erste Rapportlänge der Papierbahn (100).

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



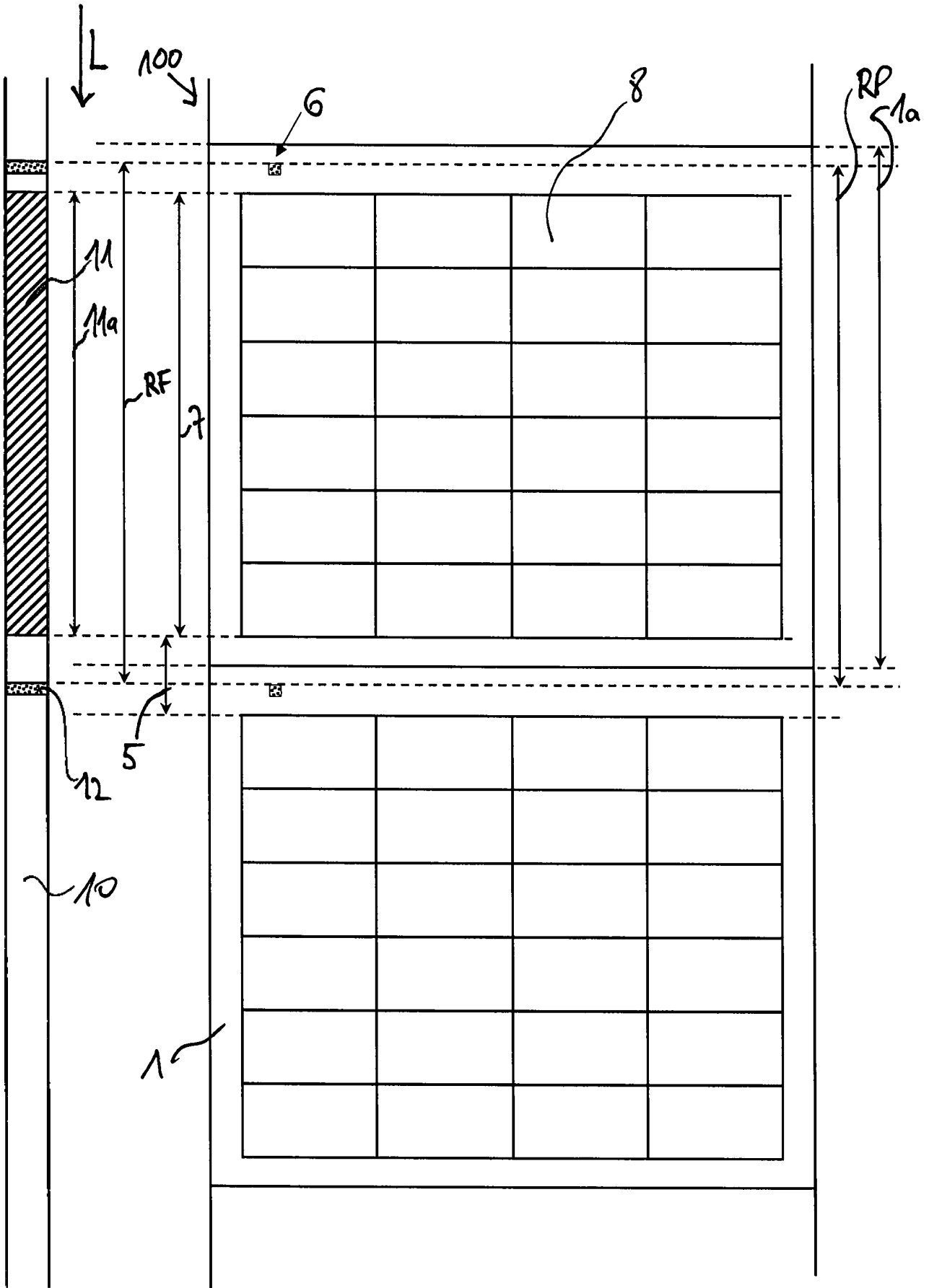


Fig. 2

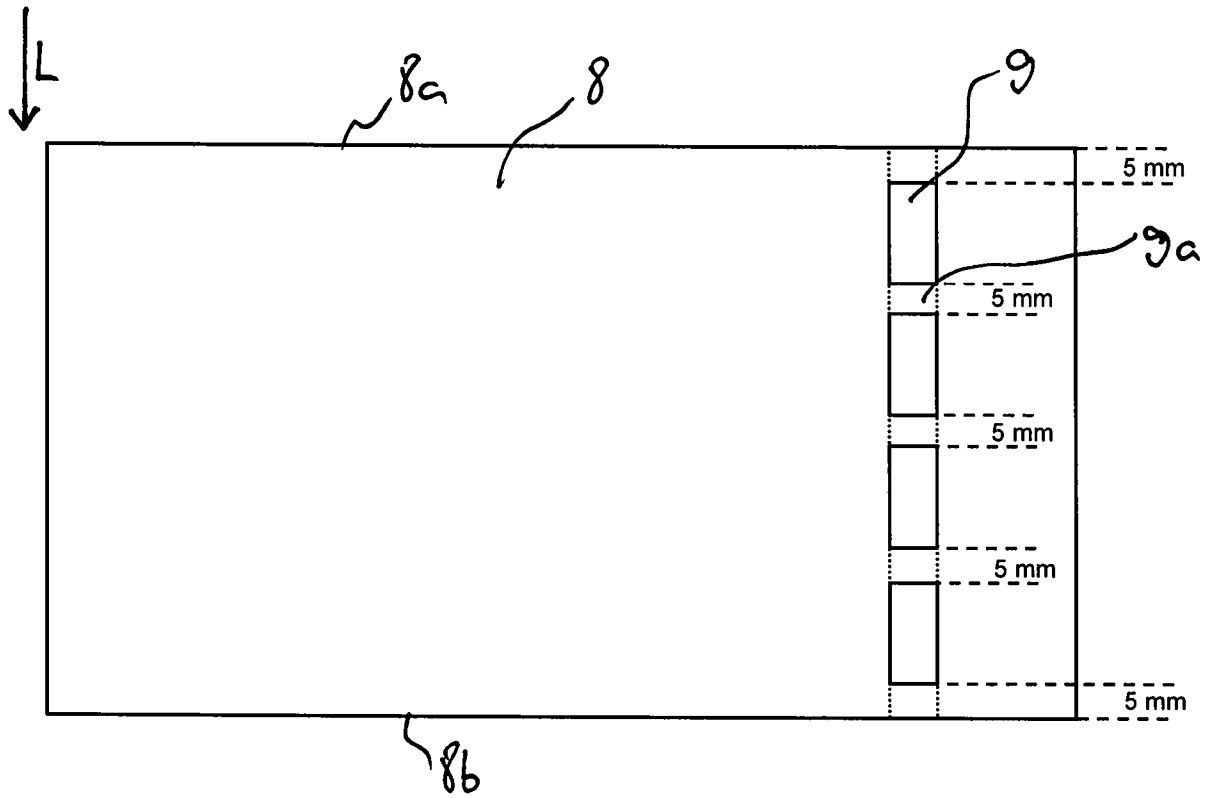


Fig. 3

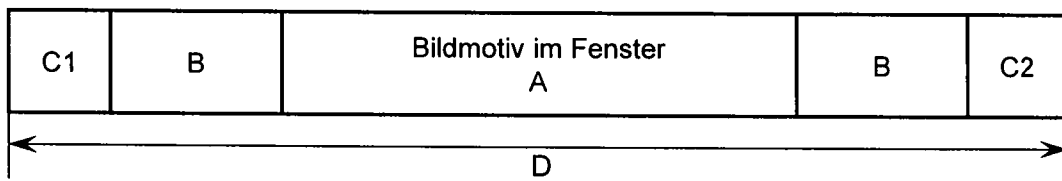


Fig. 4

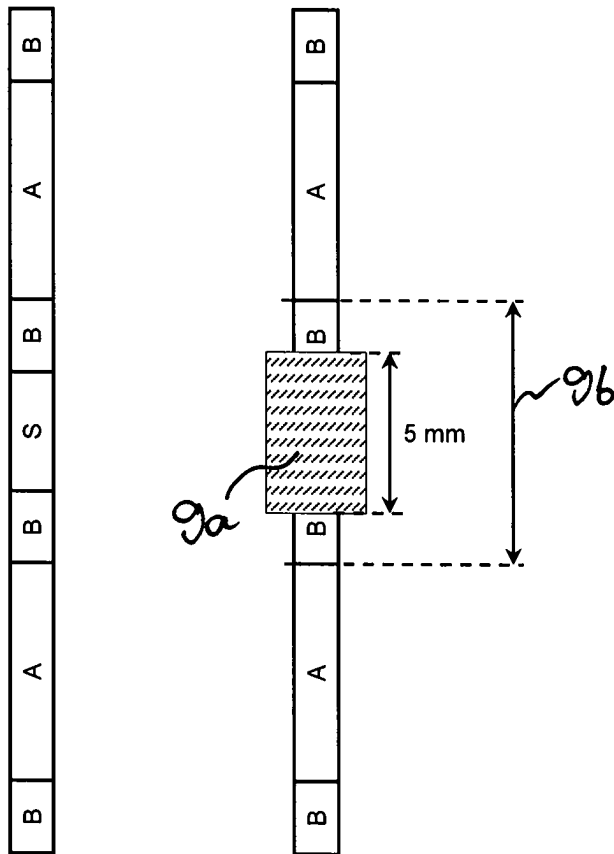


Fig. 5

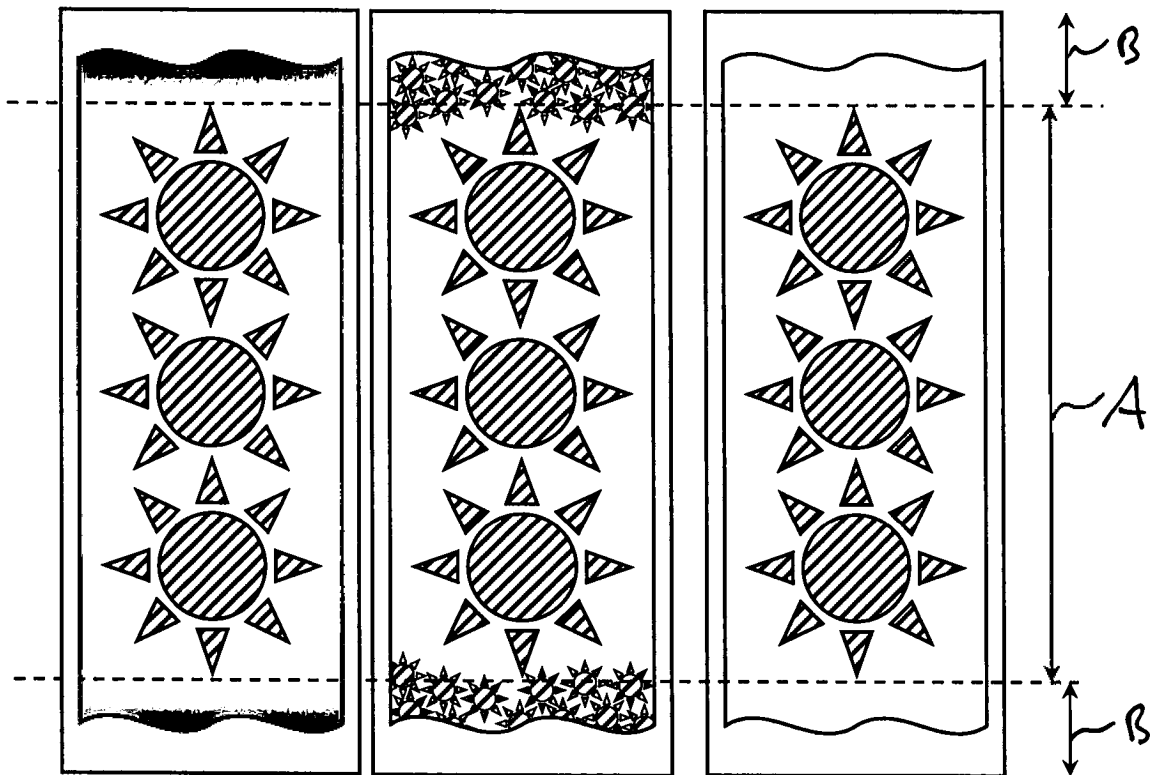


Fig. 6

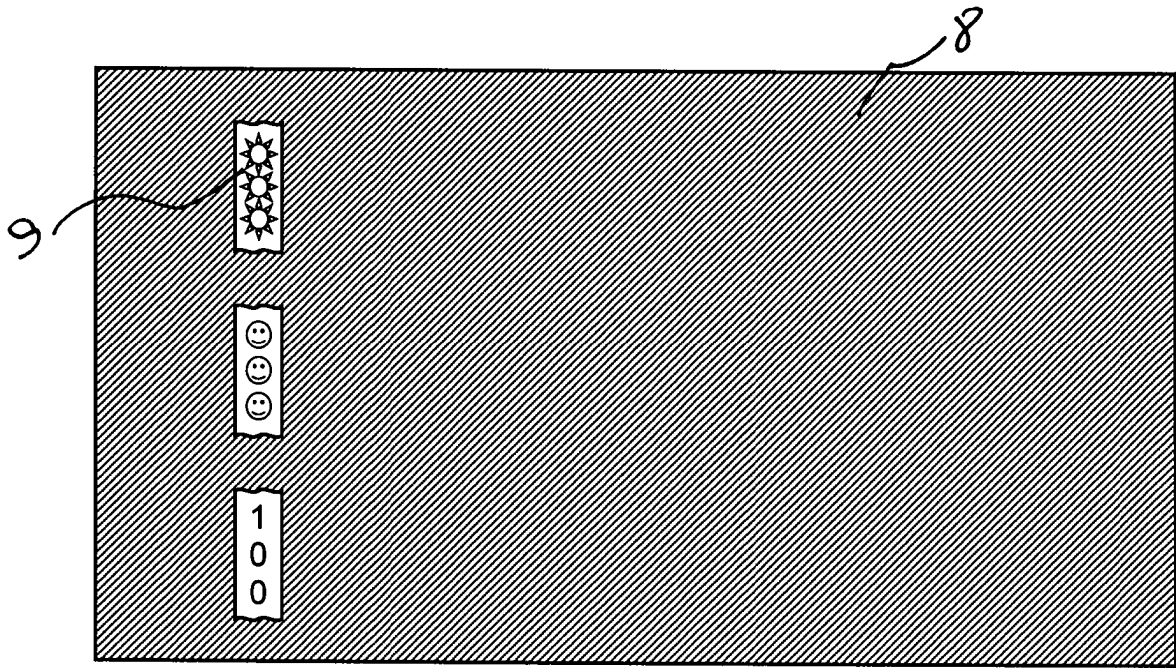


Fig. 7

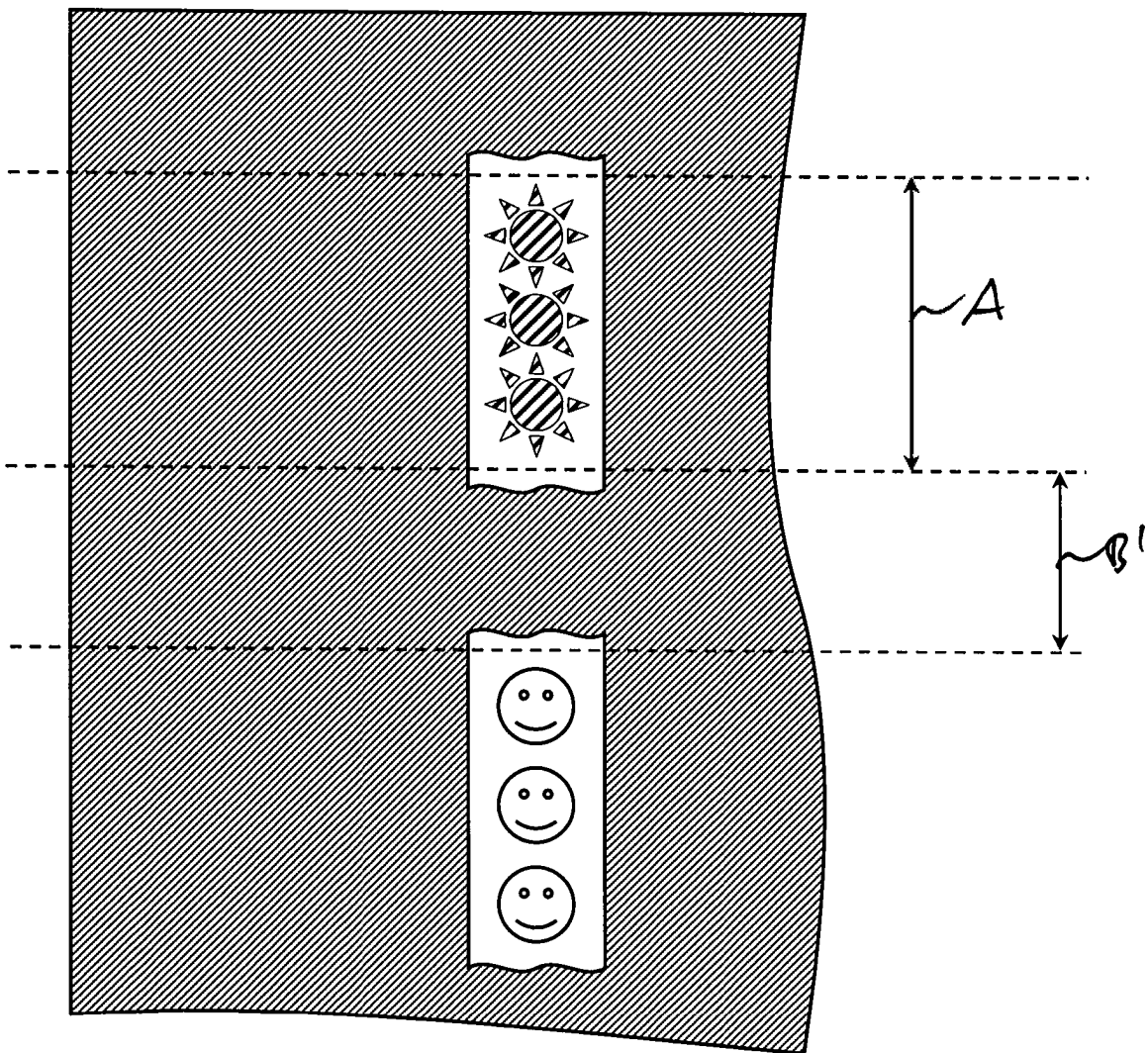


Fig. 8



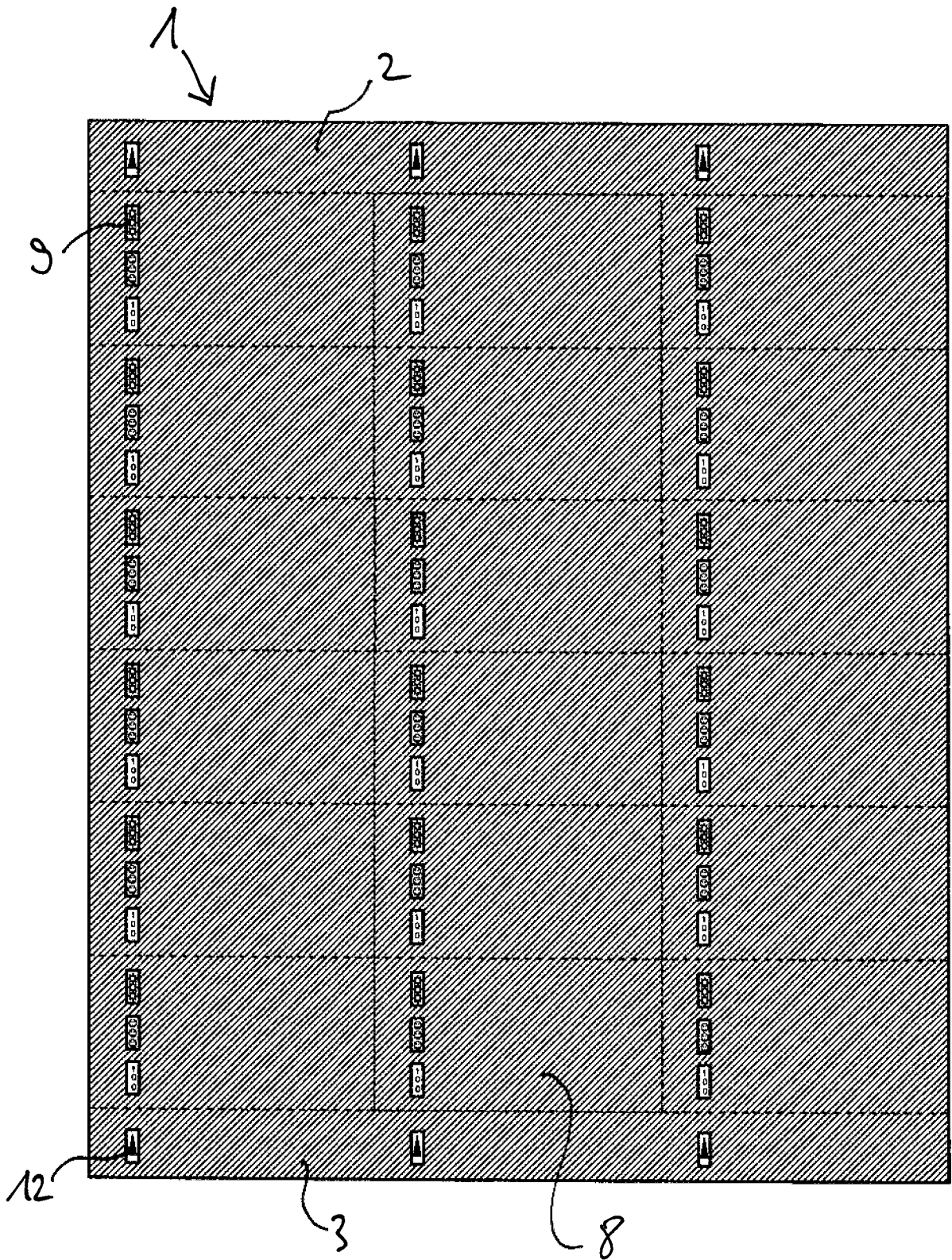


Fig. 9

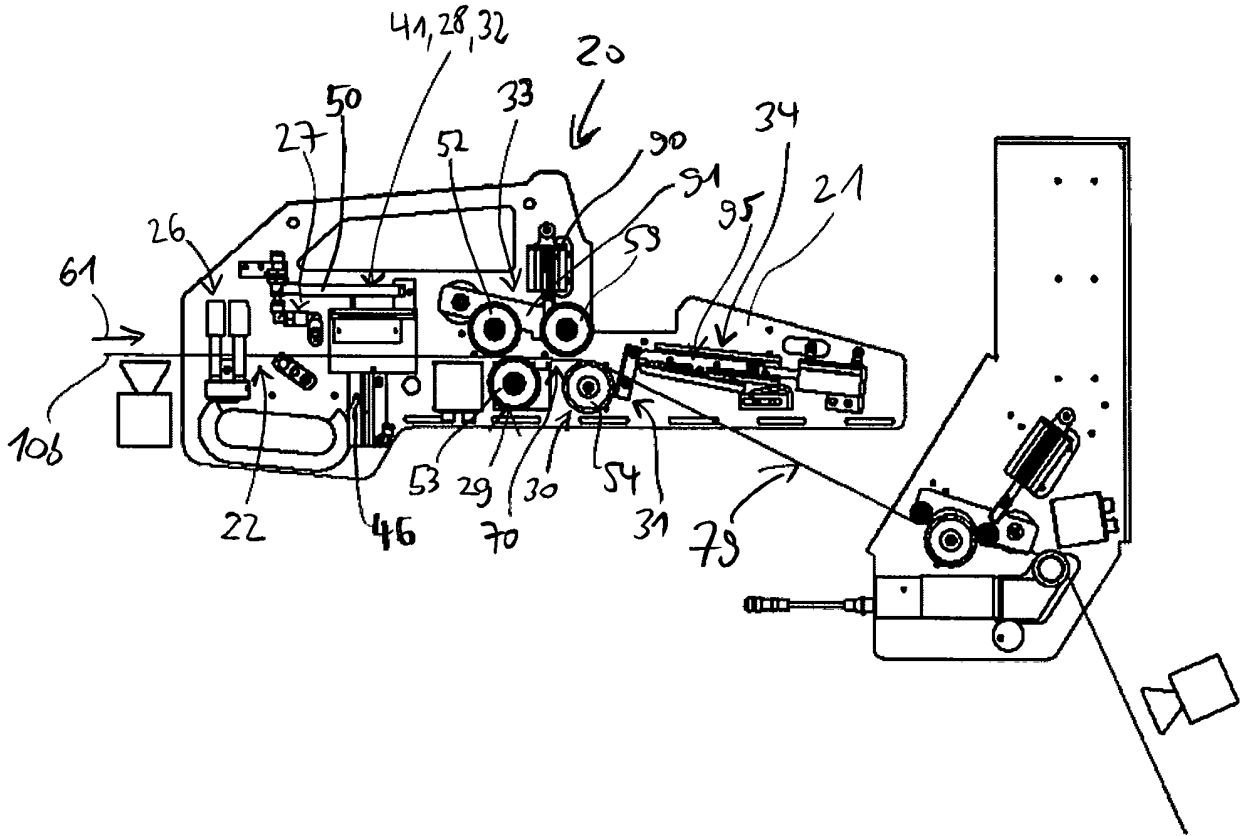


Fig. 10

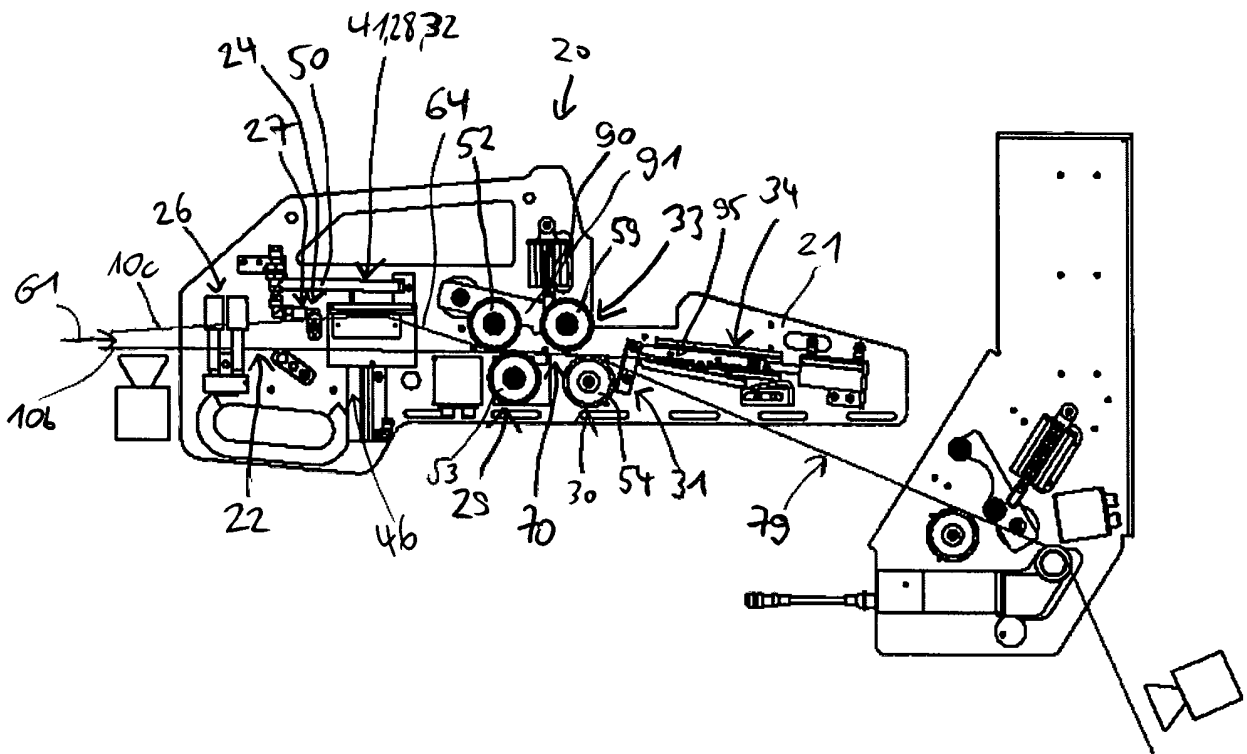


Fig. 11

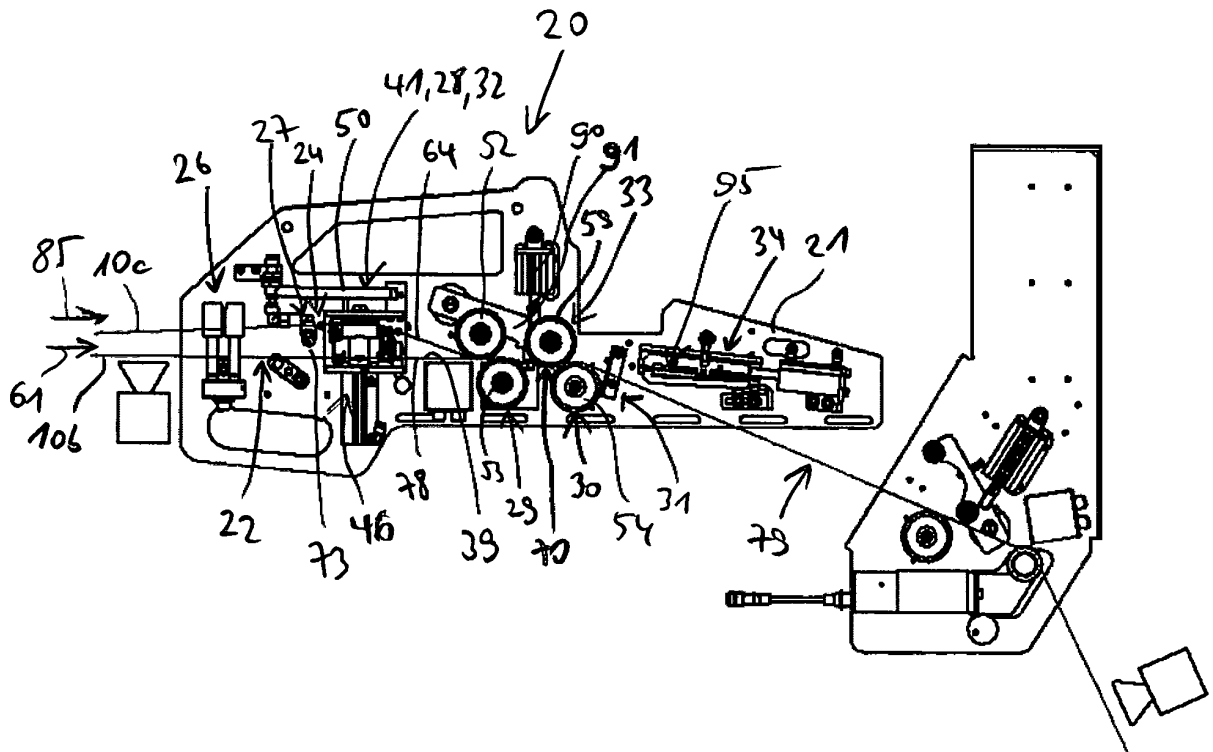


Fig. 12

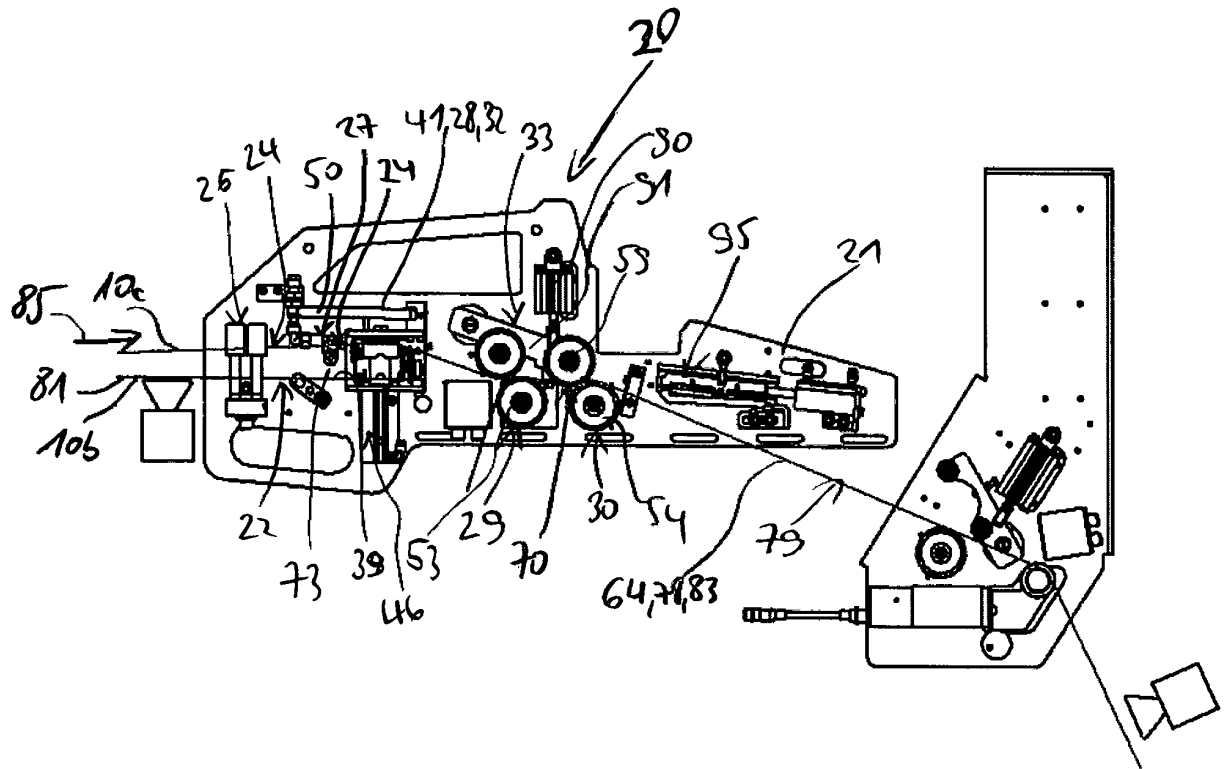


Fig. 13

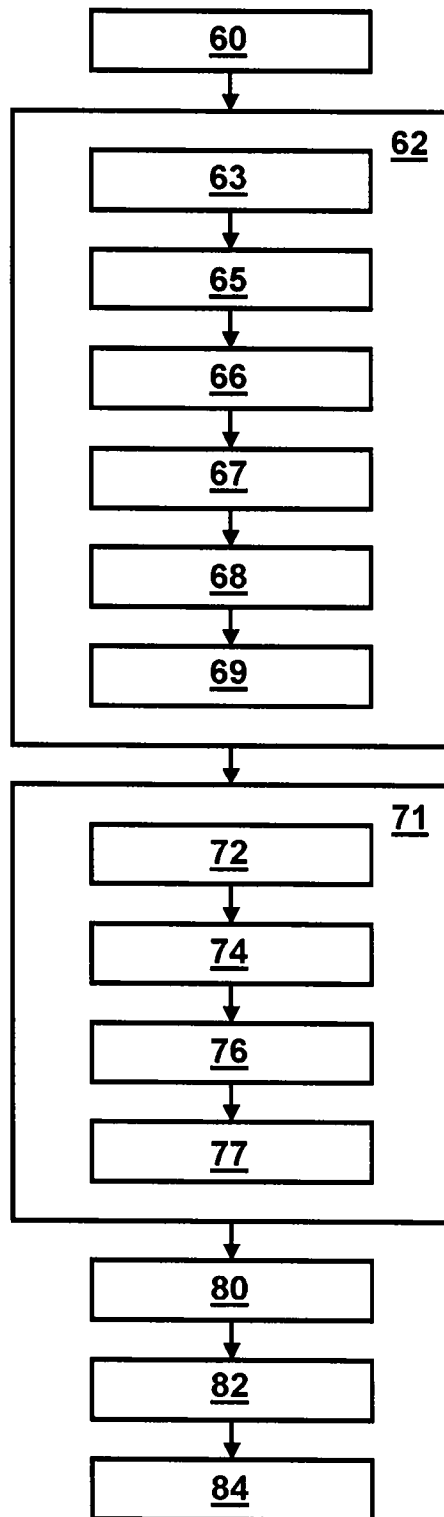


Fig. 14

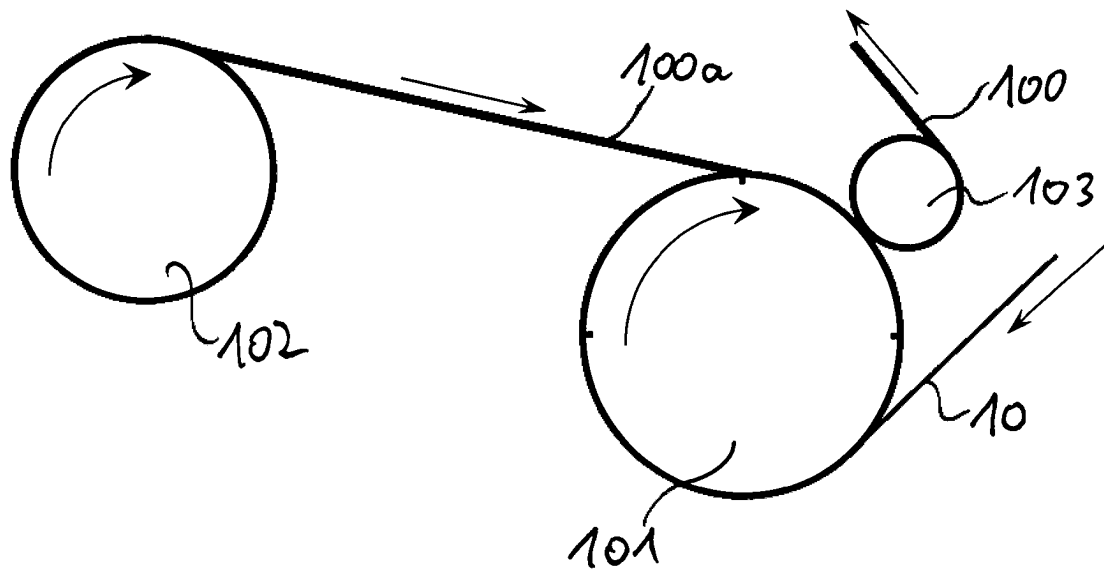


Fig. 15

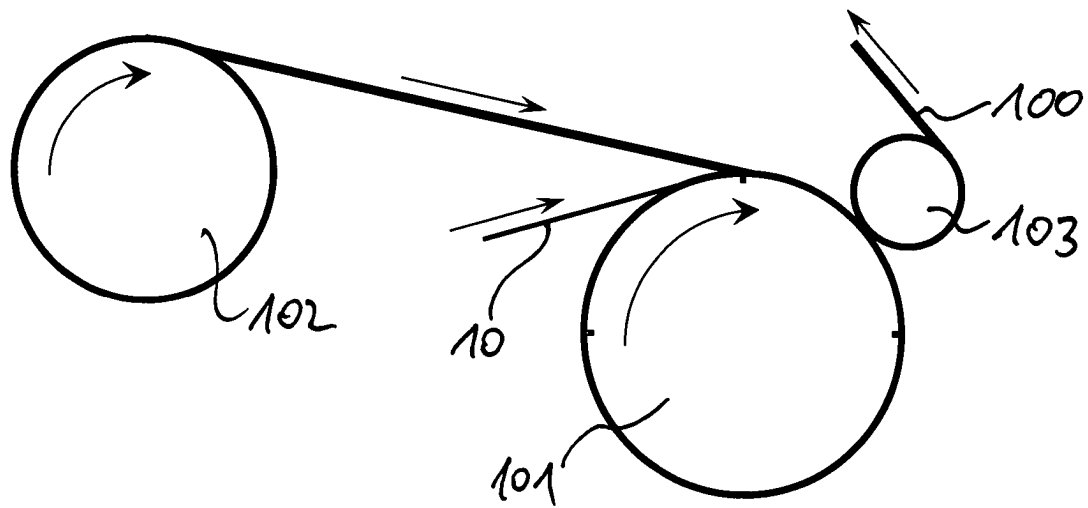


Fig. 16

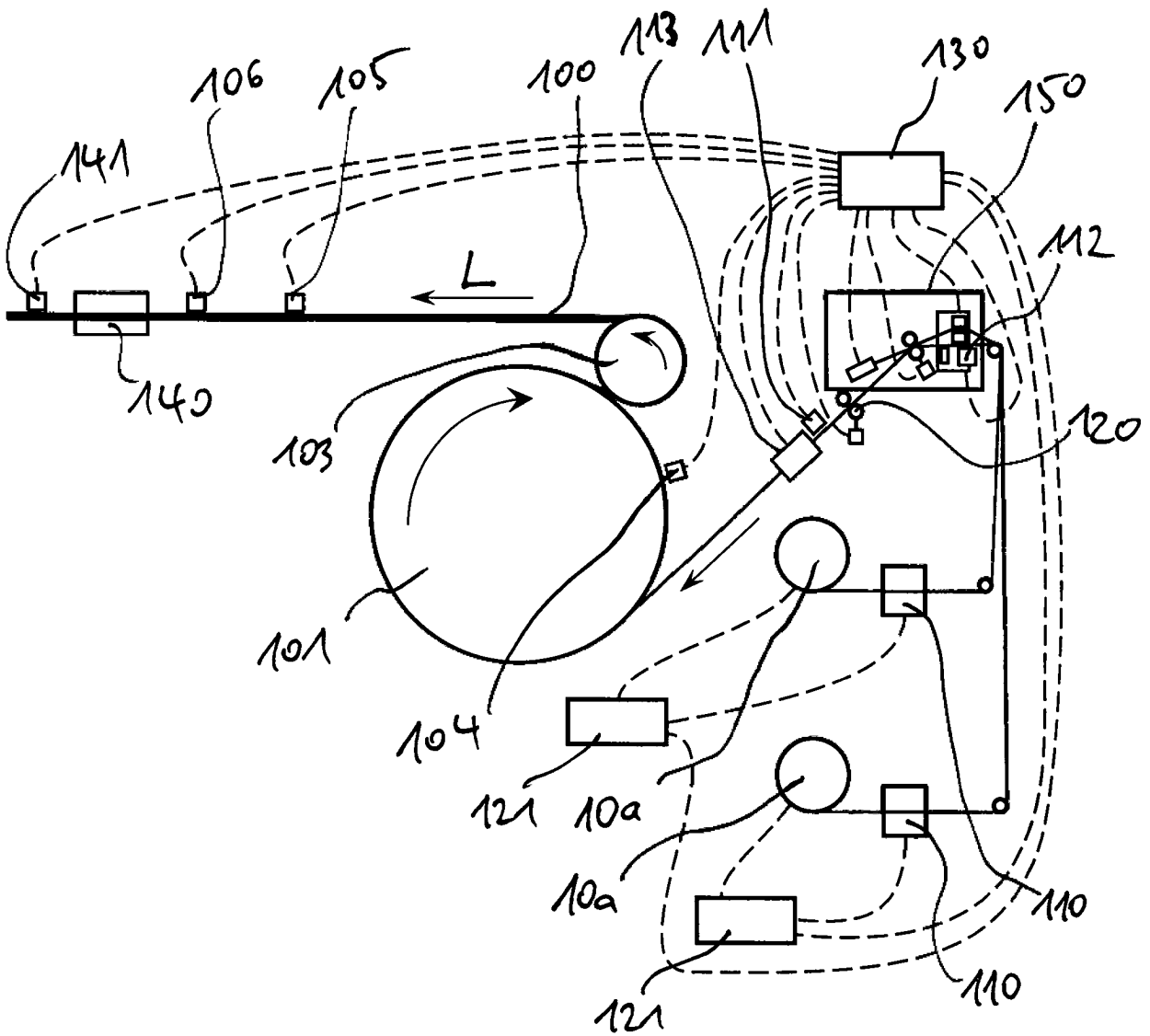


Fig. 17

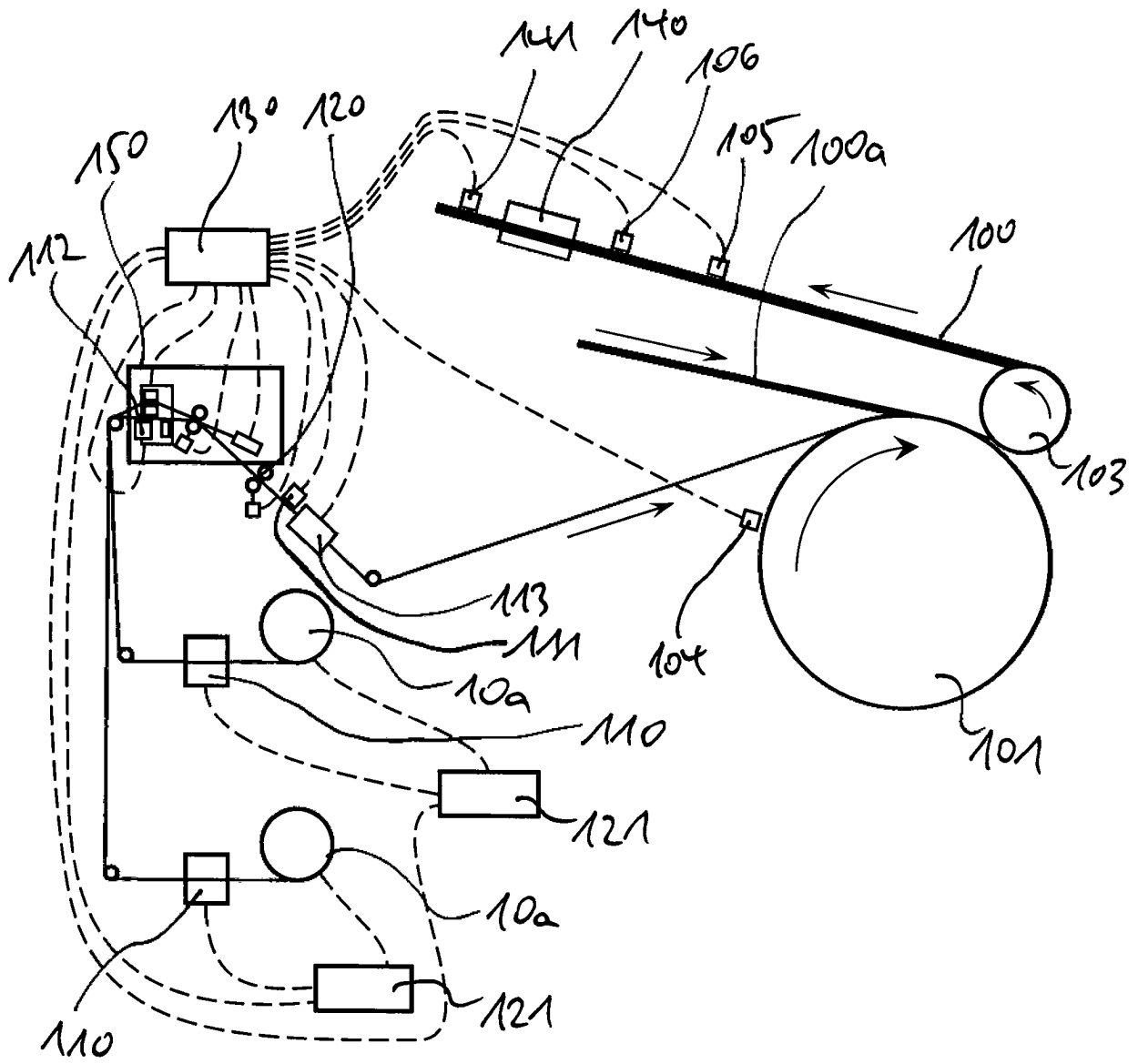


Fig. 18