



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 103 54 743 A1** 2005.06.30

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 54 743.6**  
 (22) Anmeldetag: **21.11.2003**  
 (43) Offenlegungstag: **30.06.2005**

(51) Int Cl.7: **A24C 5/60**  
**B23K 26/38, B23K 26/067**

(71) Anmelder:  
**Hauni Maschinenbau AG, 21033 Hamburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Eisenführ, Speiser & Partner, 20457 Hamburg**

(72) Erfinder:  
**Graßmel, Ralf, 21635 Jork, DE; Lange, Norbert, 21509 Glinde, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

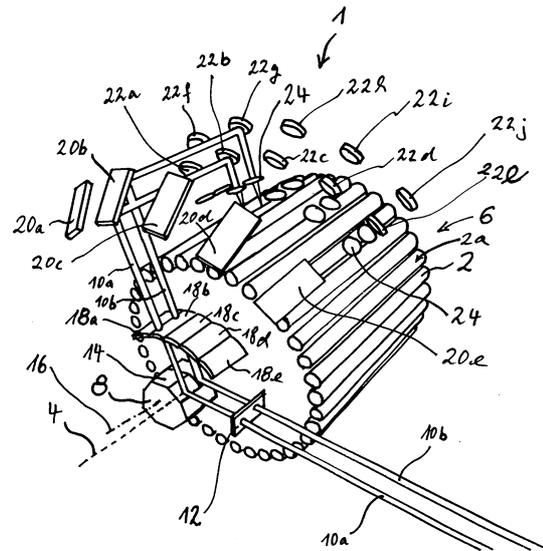
**DE 35 10 119 C2**  
**DE 35 10 088 C2**  
**DE 34 31 051 C2**  
**DE 199 37 267 A1**  
**DE 101 05 878 A1**  
**DE 33 13 064 A1**  
**US 42 81 670**

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

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Laserperforation**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Perforation von stabförmigen Artikeln (2, 2', 2'', 2''') der tabakverarbeitenden Industrie, mit den Schritten: Die Artikel (2, 2', 2'', 2''') werden queraxial mit einer um eine Rotationsachse (4) rotierenden, die Artikel (2, 2', 2'', 2''') auf ihrem Umfang tragenden Trommel (6) gefördert, mindestens ein zur Perforation der Artikel (2, 2', 2'', 2''') geeigneter energiereicher Strahl (10a, 10b) wird zur Verfügung gestellt, der Strahl (10a, 10b) wird von der Rotationsachse (4) ausgehend radial nach außen gerichtet, der Strahl (10a, 10b) wird außerhalb des Trommelumfangs in eine im wesentlichen parallel zum Trommelumfang verlaufende Richtung umgelenkt und der Strahl (10a, 10b) wird außerhalb des Trommelumfangs zur Perforation der Artikel (2, 2', 2'', 2''') in eine im wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung umgelenkt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Perforation von stabförmigen Artikeln der tabakverarbeitenden Industrie.

## Stand der Technik

**[0002]** Unter stabförmigen Artikeln der tabakverarbeitenden Industrie werden hier insbesondere Einzelzigaretten, Doppelfilterzigaretten, Zigarettenfilter oder Tabakstöcke für Zigaretten, bspw. Tabakstöcke aus Schnitttabak, verstanden.

**[0003]** Die eingangs genannten Verfahren und Vorrichtungen sind aus dem Stand der Technik bekannt. Mit solchen Verfahren und Vorrichtungen können beispielsweise sogenannte belüftete Zigaretten erzeugt werden. Dies sind Zigaretten, die im Bereich ihres Filters mit einer Vielzahl von Perforationen versehen sind, die es dem Raucher gestatten, zusammen mit dem Tabakrauch einen gewissen Anteil von Umgebungsluft zu inhalieren. Dies hat zum einen den Vorteil des Verdünnens des inhalierten Tabakrauchs und zum anderen den Vorteil der Reduzierung der Rauchtemperatur und somit des Nikotin- und Teergehalts im Rauch.

**[0004]** Die US 4,281,670 zeigt beispielsweise ein Verfahren, bei dem die zu perforierenden Zigaretten zum Drehen um ihre Längsachse zwischen dem Außenumfang der sie tragenden Förderwalze und einer entsprechend konkav verkaufenden Außenfläche eines stationären Stützblockes abgerollt werden, wobei die Zigaretten bereits vor dem Passieren des durch eine Durchtrittsöffnung im Stützblock hindurchtretenden Laserstrahlbündels aus dem am Umfang der umlaufenden Förderwalze angeordneten Auflagerstellen herausgerollt und auch nach dem Passieren des Laserstrahlenbündels noch zwischen der Förderwalze und dem Stützblock gerollt werden. Da dieses Rollen unter hinreichendem Anpressdruck zwischen der Förderwalze und dem Stützblock erfolgen muss und die Zigaretten angesichts der heutigen hohen Maschinengeschwindigkeiten in diesem Bereich eine sehr hohe Durchlaufgeschwindigkeit aufweisen, kommt es zu einer unerwünschten mechanischen Strapazierung der Zigaretten.

**[0005]** Es existieren daher Vorrichtungen, die diese Strapazen zu vermeiden suchen. So zeigt beispielsweise die DE 33 13 064 A1 eine Vorrichtung, bei der die Zigaretten in über den Außenumfang einer zylindrischen Walze verteilten Mulden angeordnet sind. Die Walze ist über eine Hohlwelle angetrieben, in der eine weitere Hohlwelle drehbar gelagert ist. Diese innere Hohlwelle enthält in einem außerhalb der Außenwelle liegenden Endabschnitt einen Strahlenteiler, sowie einem diesen nachgeordneten Spiegel, denen jeweils eine Fokussierlinse zugeordnet ist. Dies

Fokussierlinsen sind ebenso wie der Strahlenteiler und der Spiegel innerhalb des betreffenden Endabschnittes der inneren Hohlwelle angeordnet. Die am anderen Ende der Hohlwellen angeordneten Laserlichtquelle liefert einen pulsierenden Laserstrahl, der innerhalb der inneren Hohlwelle verläuft. Durch den Strahlenteiler und dem Spiegel wird dieser pulsierende Laserstrahl am anderen Ende der inneren Hohlwelle in zwei Teilstrahlen aufgeteilt, die durch einen in der Welle vorgesehenen Schlitz auf den freiliegenden Filter einer jeweiligen Einzelzigarette gerichtet werden. Die innere Hohlwelle dreht dabei in gleicher Richtung, aber mit einer höheren Frequenz als die Förderwalze, so dass die Einzelzigaretten während einer Umdrehung der inneren Hohlwelle jeweils nacheinander jeweils ein Loch erhalten.

**[0006]** Nachteilig bei dieser bekannten Vorrichtung ist es jedoch, dass nur Einzelzigaretten perforiert werden können.

**[0007]** Der gleiche Nachteil ist bei einer aus der DE 35 101 19 C2 bekannten Vorrichtung der eingangs genannten Art zu beobachten. Aus dieser Druckschrift ist eine Vorrichtung zum Bohren von Löchern in Zigaretten bekannt, bei ein Laserstrahl mit Hilfe einer Streulinse aufgefächert wird, um eine Mehrzahl von Sammellinsen zu treffen, die jeweils einer Mulde einer Anzahl von auf einer Fördertrommel drehbar angeordneten Mulden zugeordnet sind.

## Aufgabenstellung

**[0008]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Verfahren und Vorrichtungen der eingangs genannten Art zu verbessern.

**[0009]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 25 gelöst.

**[0010]** Ausführungsformen der Erfindung vermeiden insbesondere die Nachteile des vorstehend genannten Standes der Technik. So vermeiden Ausführungsformen der Erfindung das Rollen der Zigaretten zwischen einer Förderwalze und einem Stützblock und/oder die Beschränkung auf die Perforation von Einzelzigaretten.

**[0011]** Die Erfindung schließt die Erkenntnis ein, dass Verfahren und Vorrichtungen der eingangs genannten Art immer auch zur Perforation von Doppelfilterzigaretten geeignet sein müssen und dies auf wirtschaftlich vernünftige Weise nur durch eine Perforation mit Hilfe eines von außen auf eine Trommel zum Fördern der Artikel gerichteten energiereichen Strahls möglich ist.

**[0012]** Bevorzugt sind Mitteln vorgesehen, die den Strahl im wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse

zur Verfügung stellen. Weiter bevorzugt weisen die Mittel eine erste, vorteilhaft raumfeste, Zylinderlinse auf, die den Strahl auf eine im wesentlichen in der Rotationsachse liegende Linie fokussiert. Dabei sollten die Ausrichtmittel einen mit seinen Oberflächen im wesentlichen durch die Rotationsachse der Trommel und um eine zur Rotationsachse der Trommel parallele Achse rotierbaren Polygonspiegel zum Ausrichten des Strahls von der Rotationsachse ausgehend nach außen und zum Verschwenken des Strahls um die Rotationsachse aufweisen, wobei der Polygonspiegel entgegen der Rotationsrichtung der Trommel rotierbar sein sollte. Auf diese Weise lässt sich die Erfindung besonders zuverlässig und einfach verwirklichen.

**[0013]** Wenn zusätzlich mindestens eine Optik zum Abbilden des von der Rotationsachse ausgehenden Strahls vorgesehen ist, bei der der Fokus der Optik im wesentlichen auf der in der Rotationsachse liegenden Linie liegt, wobei die Optik eine zweite, bevorzugt raumfeste, Zylinderlinse aufweist zum Umformen einer Schwenkbewegung des Strahls um die Rotationsachse in eine Parallelverschiebung des Strahls, dann wird vorteilhaft sichergestellt, dass die Strahleigenschaften des Strahls, wie beispielsweise Zweireihigkeit des Strahls, Strahldurchmesser und Polarisation, erhalten bleiben.

**[0014]** Bei vorteilhaften Ausführungsbeispielen der Erfindung wird eine Fokussieroptik zum Fokussieren des in Richtung auf den Trommelumfang umgelenkten Strahls auf mindestens einen im wesentlichen raumfesten Brennpunkt vorgesehen. Der Brennpunkt ist dabei derart positioniert, dass die von der Trommel auf ihrem Umfang getragenen Artikel derart durch den Brennpunkt hindurchgefördert werden können, dass von dem Strahl ein Loch in die Artikel perforierbar ist. Dabei sollten die zweite Zylinderlinse und die Fokussieroptik derart ausgebildet und aufeinander abgestimmt sind, dass durch die von der zweiten Zylinderlinse erzeugte Parallelverschiebung des Strahls von der Fokussieroptik mindestens zwei, bevorzugt fünf, in Rotationsrichtung der Trommel hintereinander liegende Brennpunkte erzeugbar sind. Vorteilhafterweise wird der Strahl zwischen den Brennpunkten abgeschaltet.

**[0015]** Von Vorteil ist auch, wenn die Rotationsgeschwindigkeiten von Polygonspiegel und Trommel, der Umfang der Trommel und der Abstand der Artikel auf dem Umfang der Trommel und die Anzahl der Facetten des Polygonspiegels derart aufeinander abgestimmt sind, dass während einer Verschwenkbewegung des Strahls während des Aufenthalts des Strahls auf einer Facette des rotierenden Polygonspiegels nur der erste, dritte, fünfte, usw. Artikel in dem während dieser Verschwenkbewegung von dem Strahl überstrichenen Winkelbereich perforiert wird, so dass die auf die perforierten Artikel jeweils nach-

folgenden Artikel erst während einer darauffolgenden Verschwenkbewegung auf der darauffolgenden Facette des Polygonspiegels perforierbar sind.

**[0016]** Dabei sollte sichergestellt sein, dass die Abstimmung derart ist, dass die während der bestimmten Verschwenkbewegung des Strahls nicht perforierten Artikel, frühestens bis zum Beginn der darauffolgenden Verschwenkbewegung, jedoch spätestens beim Eintreffen des Artikels unter der für den direkt vorseilenden Artikel verwendeten Fokussieroptik, unter jeweils die zuvor für den direkt vorseilenden Artikel aktiven Fokussieroptiken gefördert werden, um ihrerseits perforiert zu werden.

**[0017]** Die Abstimmung sollte so sein, dass jeder durch den mindestens einen raumfesten Brennpunkt einer Fokussieroptik hindurch geförderte Artikel an diesem Brennpunkt perforiert wird.

**[0018]** Um die Artikel auf ihrem Umfang gleichmäßig zu perforieren, kann ein Rotationsmittel zum Rotieren der Artikel, bevorzugt einmal, weiter bevorzugt dreimal um  $360^\circ$ , um ihre Längsachse während des Aufenthalts der Artikel auf der Trommel vorgesehen werden. Diese Rotationsmittel sollten so auf die anderen Elemente der Vorrichtung abgestimmt werden, dass der Strahl um die Rotationsachse um einen bestimmten Winkel verschwenkt wird, während mit Hilfe der Rotationsmittel die Artikel während ihres Aufenthalts in dem dem bestimmten Winkel entsprechenden Verschwenkbereich des Strahls mindestens um  $360^\circ$  um ihre Längsachse rotierbar sind, so dass unter jeder Fokussieroptik ein anderer Umfangsabschnitt der Artikel perforierbar ist, um schließlich den gesamten Umfang des Artikels perforieren zu können.

**[0019]** Der zum Perforieren verwendete Strahl kann einen i. w. kreisförmigen oder alternativ einen ovalen Querschnitt aufweisen.

**[0020]** Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

#### Ausführungsbeispiel

**[0021]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun anhand der begleitenden Zeichnungen beschrieben. Die Zeichnungen zeigen:

**[0022]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische perspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

**[0023]** [Fig. 2](#) zeigt ein Detail der Ausführungsform der [Fig. 1](#);

**[0024]** [Fig. 3](#) zeigt die Ausführungsform der [Fig. 1](#) in einer Seitenansicht;

[0025] [Fig. 4](#) zeigt eine Vorderansicht der Ausführungsform der [Fig. 1](#);

[0026] [Fig. 5](#) zeigt die Ansicht der [Fig. 4](#) bei weiter rotiertem Polygonspiegel;

[0027] [Fig. 6](#) ist eine schematische Darstellung der Funktionsweise der Ausführungsform der [Fig. 1](#); und

[0028] [Fig. 7](#) zeigt die schematische Darstellung der [Fig. 6](#) in fortgeschrittenem Zustand.

[0029] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform 1 einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Perforation von stabförmigen Artikeln, hier Zigaretten 2, der tabakverarbeitenden Industrie.

[0030] Die Vorrichtung 1 weist eine um eine Rotationsachse 4 im Gegenuhrzeigersinn rotierbare, die Zigaretten 2 queraxial auf ihrem Umfang tragende Trommel 6 zum queraxialen Fördern der Zigaretten 2 auf. Die Trommel 6 liegt zwischen einer in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) rechts unten von der Trommel 6 dargestellten Zufördertrommel 5 zum Zufördern der Zigaretten 2 zu der Trommel 6 und einer in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) links unten von der Trommel 6 dargestellten Abfördertrommel 7 zum Abnehmen und Abfördern der Zigaretten 2 von der Trommel 6.

[0031] Die Vorrichtung 1 weist weiterhin ein als Polygonspiegel 8 ausgebildetes Ausrichtmittel zum Ausrichten von zwei zur Perforation der Zigaretten 2 geeigneten energiereichen Laserstrahlen 10a und 10b von der Rotationsachse 4 ausgehend radial nach außen auf. Zu diesem Zweck weist der Polygonspiegel 8 acht gleich große Facetten 14 auf und ist um eine zur Rotationsachse 4 der Trommel 6 parallele Achse 16 rotierbar. Dabei ist die Achse 16 so angeordnet, dass die Facetten 14 des Polygonspiegels 8 im Mittel im wesentlichen durch die Rotationsachse 4 der Trommel 6 rotierbar sind. Der Polygonspiegel 8 ist im Uhrzeigersinn und somit entgegen der Rotationsrichtung der Trommel 6 rotierbar.

[0032] Die zwei zur Perforation der Zigaretten 2 geeigneten energiereichen Laserstrahlen 10a und 10b sind von einem nicht dargestellten CO<sub>2</sub>-Laser erzeugt. Die Laserstrahlen 10a, 10b werden gepulst zur Verfügung gestellt. Der Laserstrahl 10a ist in der [Fig. 1](#) vorne dargestellt, während der Laserstrahl 10b in der [Fig. 1](#) hinten liegend dargestellt ist.

[0033] Zwischen dem CO<sub>2</sub>-Laser und dem Polygonspiegel 8 befindet sich im Strahlengang des Strahlen 10a, 10b eine erste raumfest angeordnete Zylinderlinse 12, mit deren Hilfe die Strahlen 10a, 10b auf eine im wesentlichen in der Rotationsachse 4 liegende Linie fokussierbar sind. Somit sind die Facetten 14 durch den Fokus der ersten Zylinderlinse 12 rotierbar.

[0034] Fünf als Optiken zum Abbilden der von der Rotationsachse 4 ausgehenden Strahlen 10a und 10b dienende Zylinderlinsen 18a, 18b, 18c, 18d und 18e sind nebeneinander bogenförmig um die Rotationsachse 4 herum in gleichem Abstand zur Rotationsachse 4 angeordnet. Die Zylinderlinsen 18a bis 18e sind so ausgebildet, dass sie eine durch eine Rotation des Polygonspiegels 8 verursachte Schwenkbewegung der Laserstrahlen 10a, 10b um die Rotationsachse 4 in eine Parallelverschiebung entlang der Oberflächen der Zylinderlinsen 18a bis 18e umformen. Ein durch die Facetten 14 des Polygonspiegels 8 verursachter Verschwenkbereich der Strahlen 10a, 10b von hier 90° wird durch die Zylinderlinsen 18a bis 18d abgedeckt.

[0035] Jeder Zylinderlinse 18a bis 18e ist wiederum ein raumfester, als erstes Umlenkmittel dienender und jeweils im 45° Winkel zum Trommelumfang ausgerichteter und außerhalb des Trommelumfangs angeordneter erster Umlenkspiegel 20a bis 20e zugeordnet. Mit diesen Umlenkspiegel 20a bis 20e können die Strahlen 10a, 10b außerhalb des Trommelumfangs in eine im wesentlichen parallel zum Trommelumfang verlaufende Richtung umgelenkt werden.

[0036] Jedem ersten Umlenkspiegel 20a bis 20e sind wiederum raumfester, als zweite Umlenkmittel dienende und jeweils im 45° Winkel zum Trommelumfang ausgerichtete und außerhalb des Trommelumfangs angeordnete zweite Umlenkspiegel 22a bis 22j zugeordnet. Dabei dienen die ersten Umlenkspiegel 22a bis 22e zum Umlenken des Strahls 10a in eine im wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung und die zweiten Umlenkspiegel 22f bis 22j zum Umlenken des Strahls 10b in eine im wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung.

[0037] Senkrecht zwischen den zweiten Umlenkspiegeln 22a bis 22j und dem Trommelumfang sind als Fokussieroptik zum Fokussieren eines jeweils in Richtung auf den Trommelumfang umgelenkten Strahls 10a, 10b sphärische Linsen 24 in etwa parallel zum Trommelumfang angeordnet. Die sphärischen Linsen 24 können die Strahlen 10a, 10b auf einen im wesentlichen raumfesten Brennpunkt fokussieren. Die sphärischen Linsen 24 und damit ihr Fokus sind dabei derart ausgebildet und positioniert, dass die von Trommel 6 auf ihrem Umfang getragenen Zigaretten 2 derart durch den von den sphärischen Linsen 24 erzeugten Brennpunkt hindurch förderbar sind, dass von den Strahlen 10a, 10b jeweils ein oder mehrere Löcher in die Zigaretten perforierbar ist.

[0038] Die Funktionsweise der Vorrichtung 1 ist wie folgt:

Die Laserstrahlen 10a und 10b werden von dem CO<sub>2</sub>-Laser erzeugt und auf die erste raumfeste Zylinderlinse

derlinse **12** gerichtet, die die Laserstrahlen **10a**, **10b** auf die im wesentlichen in der Rotationsachse **4** liegende Linie fokussiert.

[0039] Der Polygonspiegel **8** wirft mit seiner zu diesem Zeitpunkt im Fokus der Zylinderlinse **12** liegenden Facette **14** die auf diese Facette **14** auftreffenden Laserstrahlen **10a** und **10b** auf eine der fünf Zylinderlinsen **18a**, **18b**, **18c**, **18d** und **18e**. In der [Fig. 1](#) ist dies die Linse **18b**.

[0040] Die Zylinderlinsen **18a** bis **18e**, in der [Fig. 1](#) ist dies die Linse **18b**, formen die durch die Rotation des Polygonspiegels **8** verursachte Schwenkbewegung der Laserstrahlen **10a**, **10b** um die Rotationsachse **4** herum in eine Parallelverschiebung entlang der Oberflächen der Zylinderlinsen **18a** bis **18e**, in der [Fig. 1](#) ist dies die Linse **18b**, um. Die Rotationsgeschwindigkeit des Polygonspiegels **8** und damit die Bewegung der Strahlen **10a**, **10b** durch die jeweiligen Zylinderlinsen **18a** bis **18e** hindurch sind so auf die Ein-/Ausschaltfrequenz der gepulsten Strahlen **10a** und **10b** abgestimmt, dass die Strahlen **10a**, **10b** während ihres Verschwenkens durch eine der Zylinderlinsen **18a** bis **18d** hindurch mehrfach, im dargestellten Beispiel fünfmal für eine Zeitdauer eingeschaltet werden können, die zum Einbringen einer Perforation in die Zigaretten **2** ausreichend ist. Während des Übergangs von einer Zylinderlinse **18a** bis **18d** zur nächsten wird der Laser und damit die Strahlen **10a**, **10b** ausgeschaltet.

[0041] Da der Polygonspiegel **8** insgesamt acht Facetten **14** aufweist, verschwenkt während der Rotation des Polygonspiegels **8** jede der Facetten **14** die Strahlen **10a** und **10b** um jeweils  $90^\circ$  im Uhrzeigersinn während die Strahlen **10a** und **10b** sich auf dieser Facette **14** befinden.

[0042] Die ersten Umlenkspiegel **20a** bis **20e** lenken die Strahlen **10a**, **10b** außerhalb des Trommelumfangs in eine im wesentlichen parallel zum Trommelumfang verlaufende Richtung um. Anschließend wird der Strahl **10a** von den zweiten Umlenkspiegeln **22a** bis **22e**, in der [Fig. 1](#) der Spiegel **22b**, und der zweite Laserstrahl **10b** von den zweiten Umlenkspiegeln **22f** bis **22j**, in der [Fig. 1](#) der Spiegel **22g**, in eine im wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung umgelenkt.

[0043] Anschließend werden die so senkrecht auf den Trommelumfang umgelenkten Laserstrahlen **10a** und **10b** von den Linsen **24** auf die Umfangsoberflächen **2a** der auf der Trommel **6** rotierenden Zigaretten **2** zur Perforation der Umfangsoberflächen **2a** fokussiert.

[0044] [Fig. 1](#) zeigt beispielhaft die Situation, in der die Laserstrahlen **10a**, **10b** von dem Polygonspiegel **8** auf die Zylinderlinse **18b**, von dort auf den Umlenk-

spiegel **20b** und von diesem auf die Umlenkspiegel **22b** und **22g** und von diesen auf die sphärischen Linsen **24** fokussiert werden. Durch die Rotation des Polygonspiegels **8** verändert sich jedoch der Auftreffwinkel der Laserstrahlen **10a**, **10b** auf eine der acht Facetten **14** des Polygonspiegels **8** derart, dass die Laserstrahlen **10a**, **10b** um  $90^\circ$  um die Rotationsachse **4** herum durch alle Zylinderlinsen **18a** bis **18e** und somit auch durch alle Umlenkspiegel **20a** bis **20e**, durch alle zweiten Umlenkspiegel **22a** bis **22j** und auch durch alle Fokussierlinsen **24** hindurch verschwenkt werden und so nach und nach alle unter den Fokussierlinsen **24** hindurch geförderten Zigaretten **2** perforieren.

[0045] [Fig. 2](#) zeigt in Grossaufnahme den Bereich der zweiten Umlenkspiegel **22a** bis **22j**. Dabei sind die Laserstrahlen **10a**, **10b** wegen fortgeschrittener Rotation des Polygonspiegels **8** in einer im Uhrzeigersinn gemäß [Fig. 1](#) weiter fortgeschritten verschwenkten Position dargestellt, in der sie durch die in der [Fig. 2](#) nicht dargestellte Zylinderlinse **18c** auf den ebenfalls in der [Fig. 2](#) nicht dargestellten Umlenkspiegel **20c** auf die Umlenkspiegel **22c** (Strahl **10a**) und **22h** (Strahl **10b**) gelenkt und von dort über die Linsen **24c** (Strahl **10a**) und **24h** (Strahl **10b**) auf die Umfangsoberfläche **2a** einer Zigarette **2** fokussiert werden, um die Umfangsoberfläche **2a** zu perforieren.

[0046] [Fig. 3](#) zeigt eine Seitenansicht der Vorrichtung **1** der [Fig. 1](#) in der in der [Fig. 2](#) dargestellten Situation.

[0047] [Fig. 4](#) zeigt eine Frontansicht der Vorrichtung **1** der [Fig. 1](#) in der in der [Fig. 1](#) dargestellten Situation.

[0048] [Fig. 5](#) zeigt einen gegenüber der [Fig. 2](#) noch weiter fortgeschrittenen Zustand, in dem der Polygonspiegel **8** noch weiter im Uhrzeigersinn rotiert ist, so dass die Laserstrahlen **10a**, **10b** an den Rand derjenigen Facette **14** gekommen sind, mit der sie von der in den [Fig. 1](#) bzw. [Fig. 4](#) dargestellten Position auf die in der [Fig. 2](#) dargestellte Position und schließlich auf die [Fig. 5](#) dargestellte Position verschwenkt wurden.

[0049] Wird der Polygonspiegel **8** aus der in der [Fig. 5](#) dargestellten Position weiter im Uhrzeigersinn rotiert, so gelangt der Strahl **10a**, **10b** auf die nächste Facette **14** des Polygonspiegels **8**.

[0050] Da diese nächste Facette **14** dem Strahl **10a**, **10b** in einem flacheren Winkel erscheint, springt der Laserstrahl **10a**, **10b** beim Übergang auf diese nächste Facette **14** von der in der [Fig. 5](#) dargestellten Position um  $90^\circ$  im Gegenuhrzeigersinn zurück.

[0051] Die Funktionsweise der Vorrichtung **1** der

**Fig. 1** sei nun anhand der schematischen Darstellungen der **Fig. 6** und **Fig. 7** noch genauer wie folgt erläutert:

Die **Fig. 6** und **Fig. 7** zeigen jeweils in ihrem oberen Teil eine schematische Darstellung der auf dem Trommelumfang der Trommel **6** geförderten Zigaretten **2** und eine schematische Darstellung der Linsen **24** und des Strahls **10a**. Im unteren Teil der **Fig. 6** und **Fig. 7** ist jeweils die Umfangsoberfläche **2a** einer jeweils gerade vom Strahl **10a** bearbeiteten Zigarette **2''** im abgewickelten Zustand zusammen mit bereits in diese Umfangsoberfläche **2a** in die Zigarette **2** perforierten Löchern **30** dargestellt.

**[0052]** In der **Fig. 6** ist der in den **Fig. 1** und **Fig. 4** dargestellte Schwenkwinkel des Strahls **10a** auf die Zylinderlinse **18b**, den Umlenkspiegel **20b**, den zweiten Umlenkspiegel **22b** und somit auf die diesem zweiten Umlenkspiegel **22b** zugeordnete Linse **24b** dargestellt.

**[0053]** Zu diesem Zeitpunkt hat der sich gerade an dieser Stelle befindende Artikel **2'** bereits die Brennpunkte der den Umlenkspiegeln **22e**, **22d** und **22c** zugeordneten Linsen **24e** bis **24c** passiert. Aufgrund der von den Zylinderlinsen **18e**, **18d** und **18c** verursachten Parallelverschiebung des während des Verschwenkens auf einer Zylinderlinse **18e**, **18d** und **18c** fünfmal eingeschalteten Laserstrahls **10a** hat die Umfangsoberfläche **2a** des Artikels **2'** während jedes Aufenthaltes unter einer der Linsen **24e**, **24d** und **24c** jeweils fünf Löcher **30** einperforiert erhalten.

**[0054]** Zu dem in der **Fig. 6** dargestellten Zeitpunkt befindet sich der Artikel **2'** nun unterhalb der in Förder- oder Rotationsrichtung der Trommel **6** gesehen vierten Fokussierlinse **24b**. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich auch der Laserstrahl **10a** an dieser Stelle. Denn die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel **6**, die Rotationsgeschwindigkeit des Polygonspiegels **8**, die Anzahl der Facetten **14** auf dem Polygonspiegel **8**, der Abstand der Zigaretten **2** auf dem Umfang der Trommel **6** und der Umfang der Trommel **6** sind so aufeinander abgestimmt, dass immer eine Zigarette **2** unter einer Linse **24a**, **24b**, **24c**, **24d**, **24e** ist, wenn der Strahl **10a** sich auf dieser Linse **24a**, **24b**, **24c**, **24d**, **24e** befindet. Weiterhin sind die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel **6**, die Rotationsgeschwindigkeit des Polygonspiegels **8**, die Anzahl der Facetten **14** auf dem Polygonspiegel **8**, der Abstand der Zigaretten **2** auf dem Umfang der Trommel **6** und der Umfang der Trommel **6** sind so aufeinander abgestimmt, dass jede Zigarette **2** unter jeder Linse **24a**, **24b**, **24c**, **24d**, **24e** einmal, also hier insgesamt fünfmal mit jeweils fünf einzelnen Löchern **30** perforiert wird.

**[0055]** Gemäß **Fig. 6** hat die durch den Polygonspiegel **8** verursachte Schwenkbewegung des Laserstrahls **10a** im Bereich der Zylinderlinse **18b**, die von

der Zylinderlinse **18b** in eine Parallelverschiebung umgesetzt wurde, bereits zu drei Löchern **30** in einem Abschnitt der Umfangsoberfläche **2a** des Artikels **2'** geführt.

**[0056]** Der Laserstrahl **10a** wird nun durch die Schwenkbewegung des Polygonspiegels **8** und die Umformung dieser Schwenkbewegung in eine Parallelverschiebung durch die Zylinderlinse **18b** noch weiter nach rechts auf der Linse **24b** verschoben und wird auf diese Weise noch zwei weitere Löcher rechts neben den drei auf der Umfangsoberfläche **2a** dargestellten Löchern **30** in die Umfangsoberfläche **2a** des Artikels **2'** perforieren.

**[0057]** Anschließend gelangt der Artikel **2'** außerhalb des Bereichs der Linse **24b**. Gleichzeitig verlässt auch der Laser **10a** die in der **Fig. 6** dargestellte Linse **24b** und wird von dem Polygonspiegel **8** weiter auf die im Uhrzeigersinn darauf folgende Linse **24c** verschwenkt an den er den dann direkt unter die Linse **24** geförderten Artikel **2''** perforieren wird.

**[0058]** Bis der zwischen den Artikeln **2'** und **2''** liegende Artikel **2'''** unter die Linse **24b** gefördert ist, ist der Laser **10a** von dem Polygonspiegel **8** bereits bis zur Linse **24e** im Uhrzeigersinn verschwenkt worden, ist auf die nächste Facette **14** des Polygonspiegels **8** gelangt und somit im – ausgeschalteten Zustand – im Gegenurzeigersinn auf seine auf der Linse **24a** ganz links liegende Ausgangsposition zurück verschwenkt worden, von der Zylinderlinse **18a** auf der Linse **24a** im Uhrzeigersinn bis auf eine ganz rechts auf der Linse **24a** liegende Position verschoben worden und zum Wechseln von der auf der Linse **24a** ganz rechts liegenden Position auf der auf der Linse **24b** ganz links liegenden Position aus und wieder eingeschaltet worden. Sobald der Laser **10a** an der Linse **24b** angelangt ist, wird dann der Artikel **2'''** von dem Laser **10a** über die Linse **24b** perforiert.

**[0059]** Auf diese Weise wird jeder der Artikel **2** im Bereich jeder der Linsen **24a** bis **24e** jeweils fünfmal mit einem Loch **30** perforiert.

**[0060]** Gleichzeitig sind die Zigaretten **2** auf dem Umfang rotierbar gelagert. Dies kann beispielsweise auf eine der in der DE 3510119 C2 oder in der DE 3313064 C2 offenbarten Art und Weise geschehen. Durch die Rotation der Zigaretten **2** auf dem Umfang der Trommel **6** wird sichergestellt, dass die Zigaretten **2** unter jeder Linse **24a**, **24b**, **24c**, **24d**, **24e** an einem anderen Abschnitt perforiert werden. Da die Artikel **2** somit gleichzeitig während ihres Weges auf dem Trommelumfang und unterhalb der Linsen **24a** bis **24e** einmal um 360° rotiert werden, entsteht ein gleichmäßig mit Löchern **30** versehenes Perforationsmuster auf der gesamten Umfangsoberfläche **2a** der Artikel **2**. Dies ergibt sich aus der Darstellung der Umfangsoberfläche **2a** unten in den **Fig. 6** und

**Fig. 7.**

[0061] Die **Fig. 7** zeigt einen Zustand, in dem der Artikel **2'** mit seiner Umfangsoberfläche **2a** nahezu vollständig mit Löchern **30** auf seiner Umfangsoberfläche **2a** perforiert ist. Die in der **Fig. 7** dargestellte Position zeigt die Position des Lasers **10a** ganz rechts auf der Linse **24a** unmittelbar vor dem Einbringen des letzten ganz rechts auf der Umfangsoberfläche **2a** der **Fig. 7** noch fehlenden Lochs **30** in der Zigarette **2'**.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Perforation von stabförmigen Artikeln (**2, 2', 2'', 2'''**) der tabakverarbeitenden Industrie, mit den Schritten:

die Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) werden queraxial mit einer um eine Rotationsachse (**4**) rotierenden, die Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) auf ihrem Umfang tragenden Trommel (**6**) gefördert,

mindestens ein zur Perforation der Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) geeigneter energiereicher Strahl (**10a, 10b**) wird zur Verfügung gestellt,

der Strahl (**10a, 10b**) wird von der Rotationsachse (**4**) ausgehend radial nach außen gerichtet,

der Strahl (**10a, 10b**) wird außerhalb des Trommelumfangs in eine im wesentlichen parallel zum Trommelumfang verlaufende Richtung umgelenkt, und der Strahl (**10a, 10b**) wird außerhalb des Trommelumfangs zur Perforation der Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) in eine im wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung umgelenkt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Strahl (**10a, 10b**) senkrecht zur Rotationsachse (**4**) zur Verfügung gestellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) auf eine im wesentlichen in der Rotationsachse (**4**) liegende Linie fokussiert wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit den weiteren Schritten:

der auf den Trommelumfang umgelenkte Strahl (**10a, 10b**) wird von einer Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) auf mindestens einen im wesentlichen raumfesten Brennpunkt fokussiert, und

die Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) werden von der Trommel (**6**) derart durch den Brennpunkt hindurchgefördert, dass von dem Strahl (**10a, 10b**) ein Loch (**30**) in die Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) perforiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) um die Rotationsachse (**4**) verschwenkt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) entgegen der Rotationsrichtung der Trommel (**6**) um die Rotationsachse (**4**) verschwenkt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der von der Rotationsachse (**4**) ausgehende Strahl (**10a, 10b**) von mindestens einer Optik (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) abgebildet wird, deren Fokus im wesentlichen auf der in der Rotationsachse (**4**) liegenden Linie liegt.

8. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die Optik (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) eine Schwenkbewegung des Strahl (**10a, 10b**)s um die Rotationsachse (**4**) in eine Parallelverschiebung des Strahls (**10a, 10b**) umformt.

9. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei durch die Parallelverschiebung des Strahls (**10a, 10b**) von der Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) mindestens zwei, bevorzugt fünf, in Förderrichtung der Trommel (**6**) hintereinander liegende, bevorzugt leicht längliche, Brennpunkte erzeugt werden.

10. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei während des Verschwenkens des Strahls (**10a, 10b**) zwischen den Brennpunkten der Strahl (**10a, 10b**) vorübergehend abgeschaltet wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) um einen bestimmten Winkel, bevorzugt um mindestens 35°, weiter bevorzugt um mindestens 90°, um die Rotationsachse (**4**) verschwenkt wird.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der von der Rotationsachse (**4**) ausgehende Strahl (**10a, 10b**) während eines Verschwenkens um einen bestimmten Winkel um die Rotationsachse (**4**) von mindestens zwei, bevorzugt von mindestens fünf, Optiken (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) abgebildet wird, deren jeweiliger Fokus im wesentlichen auf der in der Rotationsachse (**4**) liegenden Linie liegt.

13. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei der Strahl (**10a, 10b**) während des Verschwenkens von einer Optik (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) zur nächsten vorübergehend abgeschaltet wird.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) aus einer bestimmten Ausgangsposition heraus um einen bestimmten Winkel um die Rotationsachse (**4**) verschwenkt wird und nach dem Verschwenken um den bestimmten Winkel wieder an seine Ausgangsposition zurückverschwenkt wird.

15. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei der Strahl (**10a, 10b**) zumindest während des Zurückschwenkens vorübergehend abgeschaltet wird.

16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) um die Rotationsachse (**4**) um einen bestimmten Winkelbereich verschwenkt wird, und wobei während einer Verschwenkbewegung des Strahls (**10a, 10b**) nur jeder zweite Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) in dem bestimmten Winkelbereich perforiert wird, so dass die verbleibenden Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) erst während einer darauf folgenden Verschwenkbewegung des Strahls (**10a, 10b**) perforiert werden.

17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) um die Rotationsachse (**4**) in einem bestimmten Winkelbereich verschwenkt wird, und wobei während einer bestimmten Verschwenkbewegung des Strahls (**10a, 10b**) durch die Fokussieroptiken (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) in diesem Winkelbereich nur jeder zweite Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) perforiert wird.

18. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die während der bestimmten Verschwenkbewegung des Strahls (**10a, 10b**) nicht perforierten Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**), frühestens bis zum Beginn der darauf folgenden Verschwenkbewegung, jedoch spätestens beim Eintreffen des Artikels (**2, 2', 2'', 2'''**) unter der für den direkt vorausgehenden Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) verwendeten Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**), unter jeweils die zuvor für den direkt vorausgehenden Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) aktiven Fokussieroptiken (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) gefördert werden, um ihrerseits perforiert zu werden.

19. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei jeder durch den mindestens einen raumfesten Brennpunkt einer Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) hindurch geförderte Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) an diesem Brennpunkt perforiert wird.

20. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (**10a, 10b**) um die Rotationsachse (**4**) um einen bestimmten Winkel verschwenkt wird und die Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) während ihres Aufenthalts in dem dem bestimmten Winkel entsprechenden Verschwenkbereich des Strahls (**10a, 10b**) mindestens um 360° um ihre Längsachse rotiert werden, so dass unter jeder Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) ein anderer Umfangsabschnitt der Artikel **2, 2', 2'', 2'''** perforierbar ist.

21. Verfahren nach einem der vorstehenden An-

sprüche, wobei die Artikel **2, 2', 2'', 2'''** während ihres Aufenthalts auf der Trommel (**6**) mindestens einmal, bevorzugt dreimal, um 360° um ihre Längsachse rotiert werden.

22. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei im wesentlichen parallele Strahlen (**10a, 10b**) zur Verfügung gestellt werden, um mindestens zwei parallel verlaufende Perforationsspuren auf den Artikeln (**2, 2', 2'', 2'''**) zu erzeugen.

23. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die mindestens zwei Strahlen (**10a, 10b**) leicht konvergierend in die im wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung umgelenkt werden.

24. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Strahl (**10a, 10b**) mit einem im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt zur Verfügung gestellt wird.

25. Vorrichtung zur Perforation von stabförmigen Artikeln (**2, 2', 2'', 2'''**) der tabakverarbeitenden Industrie, mit:

einer um eine Rotationsachse (**4**) rotierenden, die Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) queraxial auf ihrem Umfang tragenden Trommel (**6**) zum Fördern der Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**),

mit einem Ausrichtmittel zum Ausrichten mindestens eines zur Perforation der Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) geeigneten energiereichen Strahls (**10a, 10b**) im wesentlichen von der Rotationsachse (**4**) ausgehend radial nach außen,

mit einem ersten Umlenkmittel (**20a, 20b, 20c, 20d, 20e**) zum Umlenken des Strahls (**10a, 10b**) außerhalb des Trommelumfangs in eine im wesentlichen parallel zum Trommelumfang verlaufende Richtung, und

mit einem zweiten Umlenkmittel (**22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22j**) zum Umlenken des Strahls (**10a, 10b**) außerhalb des Trommelumfangs in einem wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung zur Perforation der Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**).

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, mit Mitteln (**12**), die den Strahl (**10a, 10b**) im wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse (**4**) zur Verfügung stellen.

27. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die Mittel (**12**) eine erste, bevorzugt raumfeste, Zylinderlinse (**12**) aufweisen, die den Strahl (**10a, 10b**) auf eine im wesentlichen in der Rotationsachse (**4**) liegende Linie fokussiert.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 27, mit einer Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) zum Fokussieren des in

Richtung auf den Trommelumfang umgelenkten Strahls (**10a, 10b**) auf mindestens einen im wesentlichen raumfesten Brennpunkt, der derart positioniert ist, dass die von der Trommel (**6**) auf ihrem Umfang getragenen Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) derart durch den Brennpunkt hindurchgefördert werden können, dass von dem Strahl (**10a, 10b**) ein Loch (**30**) in die Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) perforierbar ist.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 28, wobei die Ausrichtmittel (**8**) einen mit seinen Oberflächen im wesentlichen durch die Rotationsachse (**4**) der Trommel (**6**) und um eine zur Rotationsachse (**4**) der Trommel (**6**) parallele Achse rotierbaren Polygonspiegel (**8**) zum Ausrichten des Strahls (**10a, 10b**) von der Rotationsachse (**4**) ausgehend nach außen und zum Verschwenken des Strahls (**10a, 10b**) um die Rotationsachse (**4**) aufweisen.

30. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei der Polygonspiegel (**8**) entgegen der Rotationsrichtung der Trommel (**6**) rotierbar ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 30, mit mindestens einer Optik (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) zum Abbilden des von der Rotationsachse (**4**) ausgehenden Strahls (**10a, 10b**), wobei der Fokus der Optik (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) im wesentlichen auf der in der Rotationsachse (**4**) liegenden Linie liegt.

32. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die Optik (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) eine zweite, bevorzugt raumfeste, Zylinderlinse (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) aufweist zum Umformen einer Schwenkbewegung des Strahls (**10a, 10b**) um die Rotationsachse (**4**) in eine Parallelverschiebung des Strahls (**10a, 10b**).

33. Vorrichtung nach den Ansprüchen 28 und 32, wobei die zweite Zylinderlinse (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) und die Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) derart ausgebildet und aufeinander abgestimmt sind, dass durch die von der zweiten Zylinderlinse (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) erzeugte Parallelverschiebung des Strahls (**10a, 10b**) von der Fokussieroptik (**24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j**) mindestens zwei, bevorzugt fünf, in Rotationsrichtung der Trommel (**6**) hintereinander liegende Brennpunkte erzeugbar sind.

34. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei der Strahl (**10a, 10b**) zwischen den Brennpunkten abschaltbar ist.

35. Vorrichtung nach Anspruch 29 und einem der vorstehenden Ansprüche 25 bis 34, wobei der Polygonspiegel (**8**) mehrere Facetten (**14**) aufweist, deren Anzahl derart gewählt ist, dass bei einem Auftreffen des Strahls (**10a, 10b**) auf eine bestimmte Facette

(**14**) der Strahl (**10a, 10b**) während der Rotation des Polygonspiegels (**8**) um einen bestimmten Winkel um die Rotationsachse (**4**) herum verschwenkt wird.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, wobei der Polygonspiegel (**8**) ein acht Facetten (**14**) aufweist, so dass der Strahl (**10a, 10b**) während seines Aufenthalts auf einer Facette (**14**) um 90° um die Rotationsachse (**4**) verschwenkbar ist.

37. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, mit fünf jeweils eine zweite Zylinderlinse (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) aufweisenden Optiken (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) zum Abbilden des von der Rotationsachse (**4**) ausgehenden Strahls (**10a, 10b**) auf die ersten Umlenkmittel (**20a, 20b, 20c, 20d, 20e**) während des Verschwenkens des Strahls (**10a, 10b**) während des Aufenthalts des Strahls (**10a, 10b**) auf einer Facette (**14**) des Polygonspiegels (**8**), wobei der jeweilige Fokus jeder der zweiten Zylinderlinsen (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) im wesentlichen auf der in der Rotationsachse (**4**) liegenden Linie liegt.

38. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei der Strahl (**10a, 10b**) während des Übergangs von einer der zweiten Zylinderlinsen (**18a, 18b, 18c, 18d, 18e**) zur nächsten abschaltbar ist.

39. Vorrichtung nach Anspruch 29 und einem der vorstehenden Ansprüche 25 bis 38, wobei der Polygonspiegel (**8**) derart ausgebildet ist, dass der Strahl (**10a, 10b**), nach dem Verschwenken um einen bestimmten Winkel um die Rotationsachse (**4**) herum während seines Aufenthalts auf einer Facette (**14**) des Polygonspiegels (**8**), beim Übergang auf die nachfolgende Facette (**14**) wieder an seine Ursprungsposition zurückverschwenkt wird.

40. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei der Strahl (**10a, 10b**) während des Übergangs von einer Facette (**14**) auf die nächste abschaltbar ist.

41. Vorrichtung nach Anspruch 29 und einem der vorstehenden Ansprüche 25 bis 40, wobei die Rotationsgeschwindigkeiten von Polygonspiegel (**8**) und Trommel (**6**), der Umfang der Trommel (**6**) und der Abstand der Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) auf dem Umfang der Trommel (**6**) und die Anzahl der Facetten (**14**) des Polygonspiegels (**8**) derart aufeinander abgestimmt sind, dass während einer Verschwenkbewegung des Strahls (**10a, 10b**) während des Aufenthalts des Strahls (**10a, 10b**) auf einer Facette (**14**) des rotierenden Polygonspiegels (**8**) nur der erste, dritte, fünfte, usw. Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) in dem während dieser Verschwenkbewegung von dem Strahl (**10a, 10b**) überstrichenen Winkelbereich perforierbar ist, so dass die auf die perforierten Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) jeweils nachfolgenden Artikel (**2, 2', 2'', 2'''**) erst während einer

darauffolgenden Verschwenkbewegung auf der darauffolgenden Facette (14) des Polygonspiegels (8) perforierbar sind.

42. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die Abstimmung derart ist, dass die während der bestimmten Verschwenkbewegung des Strahls (10a, 10b) nicht perforierten Artikel (2, 2', 2'', 2'''), frühestens bis zum Beginn der darauffolgenden Verschwenkbewegung, jedoch spätestens beim Eintreffen des Artikels (2, 2', 2'', 2''') unter der für den direkt vorseilenden Artikel (2, 2', 2'', 2''') verwendeten Fokussieroptik (24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j), unter jeweils die zuvor für den direkt vorseilenden Artikel (2, 2', 2'', 2''') aktiven Fokussieroptiken (24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j) gefördert werden, um ihrerseits perforiert zu werden.

43. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die Abstimmung derart ist, dass jeder durch den mindestens einen raumfesten Brennpunkt einer Fokussieroptik (24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j) hindurch geförderte Artikel (2, 2', 2'', 2''') an diesem Brennpunkt perforierbar ist.

44. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 43, mit einem Rotationsmittel zum Rotieren der Artikel (2, 2', 2'', 2'''), bevorzugt einmal, weiter bevorzugt dreimal um 360°, um ihre Längsachse während ihres Aufenthalts auf der Trommel (6).

45. Vorrichtung nach einem der vier vorstehenden Ansprüche, wobei die Abstimmung derart ist, dass der Strahl (10a, 10b) um die Rotationsachse (4) um einen bestimmten Winkel verschwenkbar ist, während mit Hilfe der Rotationsmittel die Artikel (2, 2', 2'', 2''') während ihres Aufenthalts in dem dem bestimmten Winkel entsprechenden Verschwenkbereich des Strahls (10a, 10b) mindestens um 360° um ihre Längsachse rotierbar sind, so dass unter jeder Fokussieroptik (24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j) ein anderer Umfangsabschnitt der Artikel (2, 2', 2'', 2''') perforierbar ist.

46. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 45, wobei mindestens zwei im wesentlichen parallele Strahlen (10a, 10b) vorgesehen sind, um mindestens zwei parallel verlaufende Perforationsspuren auf den Artikeln (2, 2', 2'', 2''') zu erzeugen.

47. Vorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die zweiten Umlenkmittel (22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22j) derart ausgebildet sind, dass die mindestens zwei Strahlen (10a, 10b) leicht konvergierend in die im wesentlichen senkrecht zum Trommelumfang verlaufende Richtung umlenkbar sind.

48. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis

47, wobei der mindestens eine Strahl (10a, 10b) einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist.

49. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 48, wobei das erste Umlenkmittel (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) einen raumfesten, außerhalb des Trommelumfangs liegenden ersten Umlenkspiegel (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) aufweist.

50. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 49, wobei das zweite Umlenkmittel (22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22j) einen raumfesten, außerhalb des Trommelumfangs liegenden zweiten Umlenkspiegel (22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22j) aufweist.

51. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 50, wobei die Fokussieroptik (24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j) eine sphärische Linse (24, 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g, 24h, 24i, 24j) aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

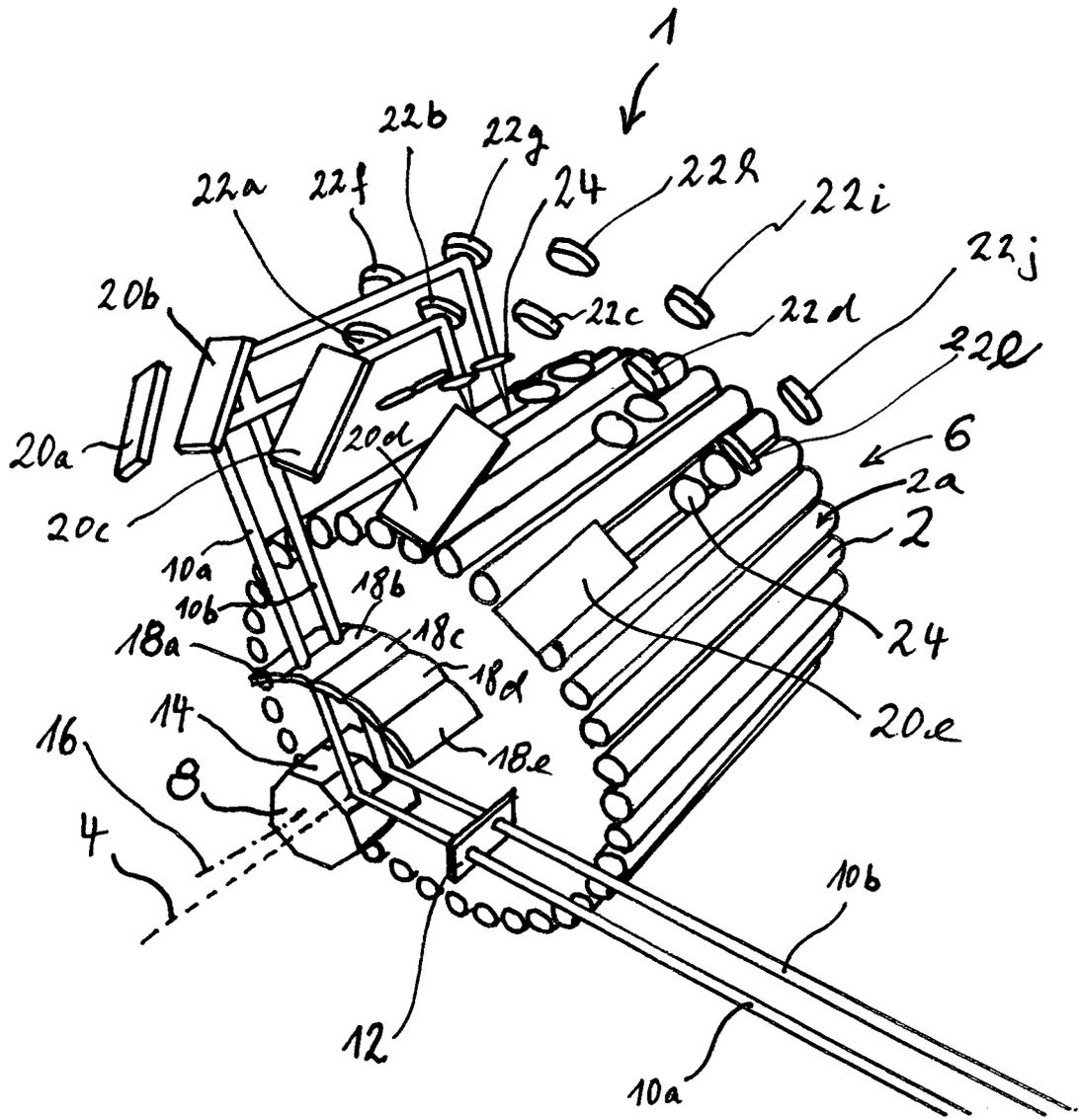


Fig. 1

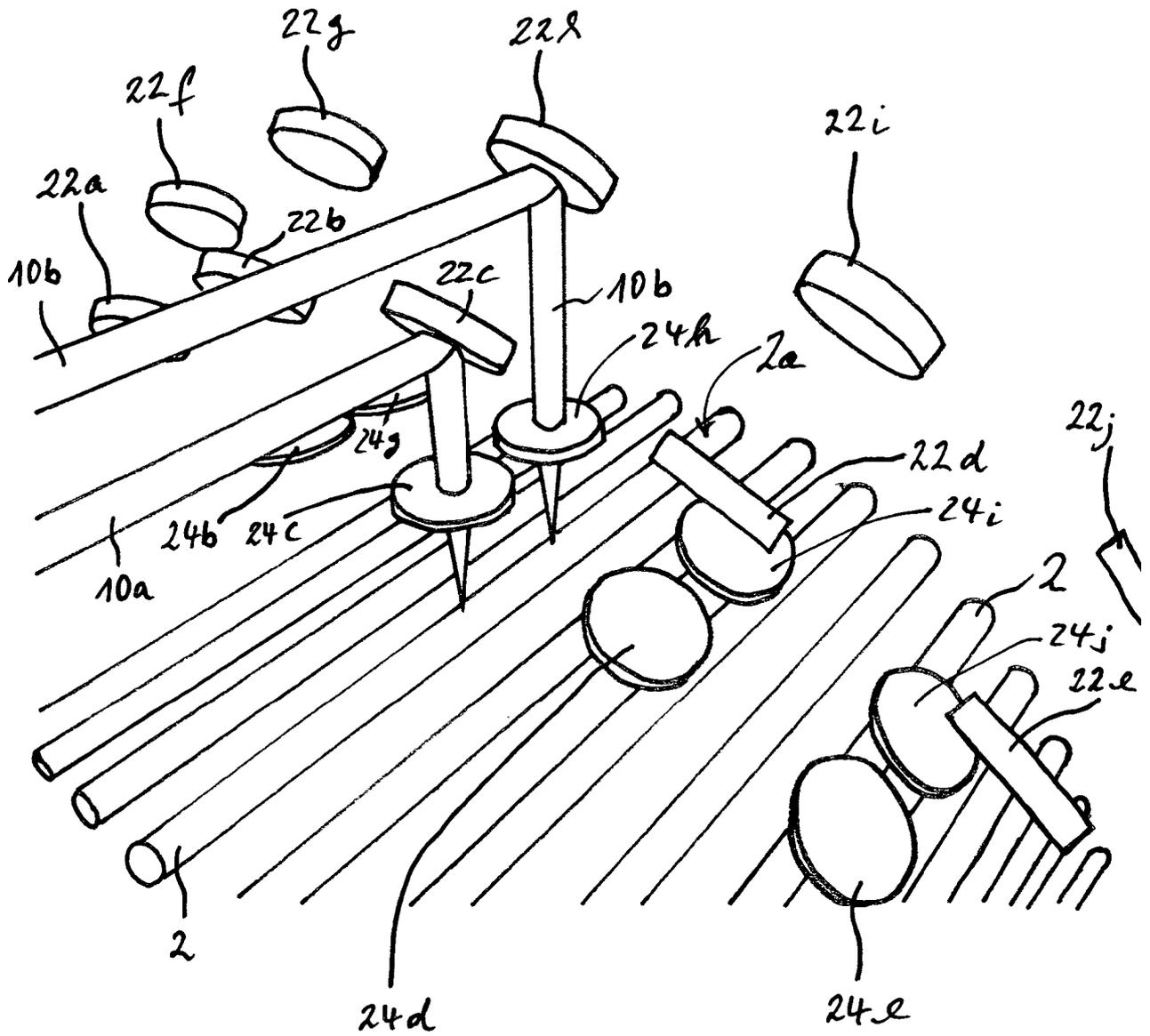


Fig. 2

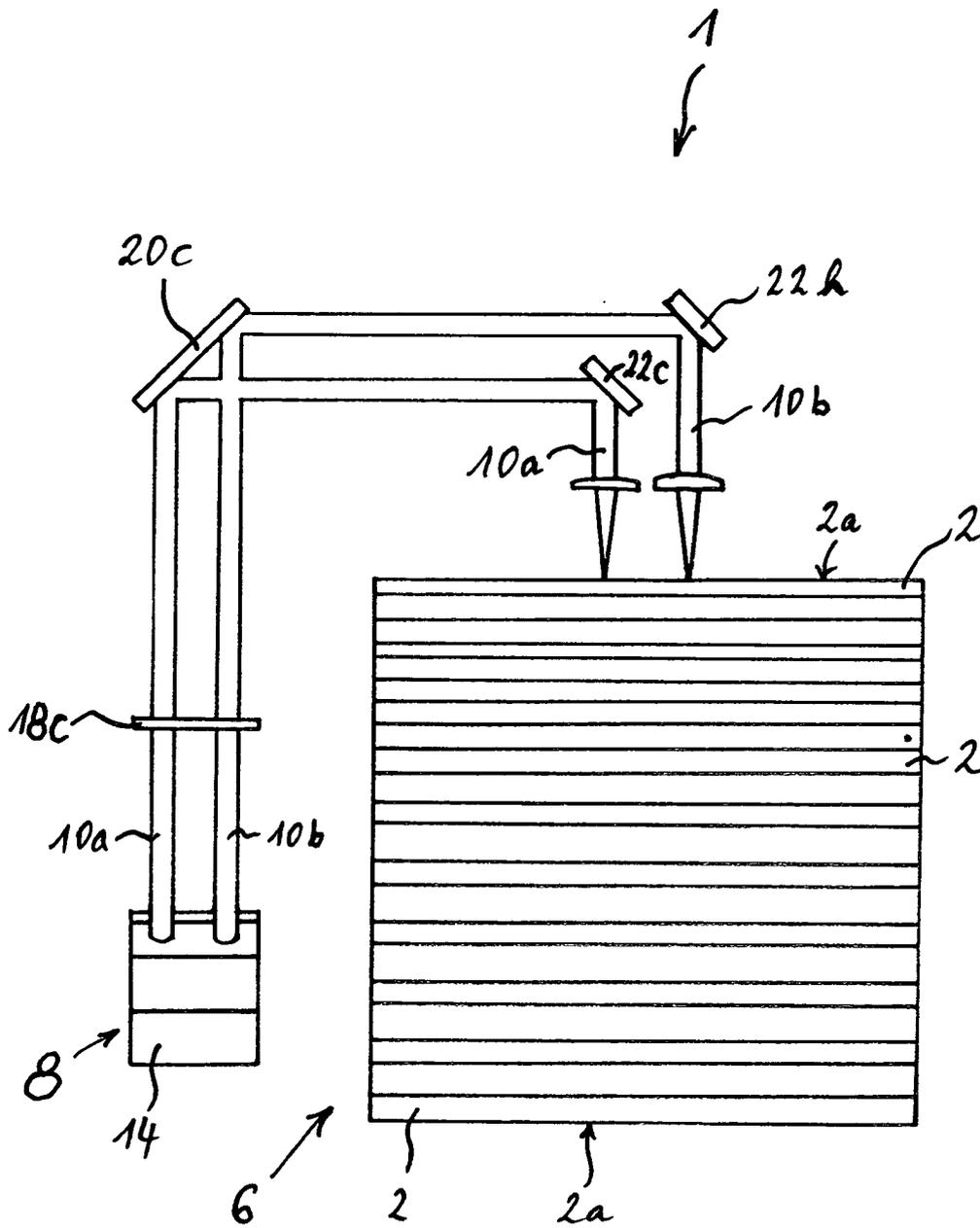


Fig. 3

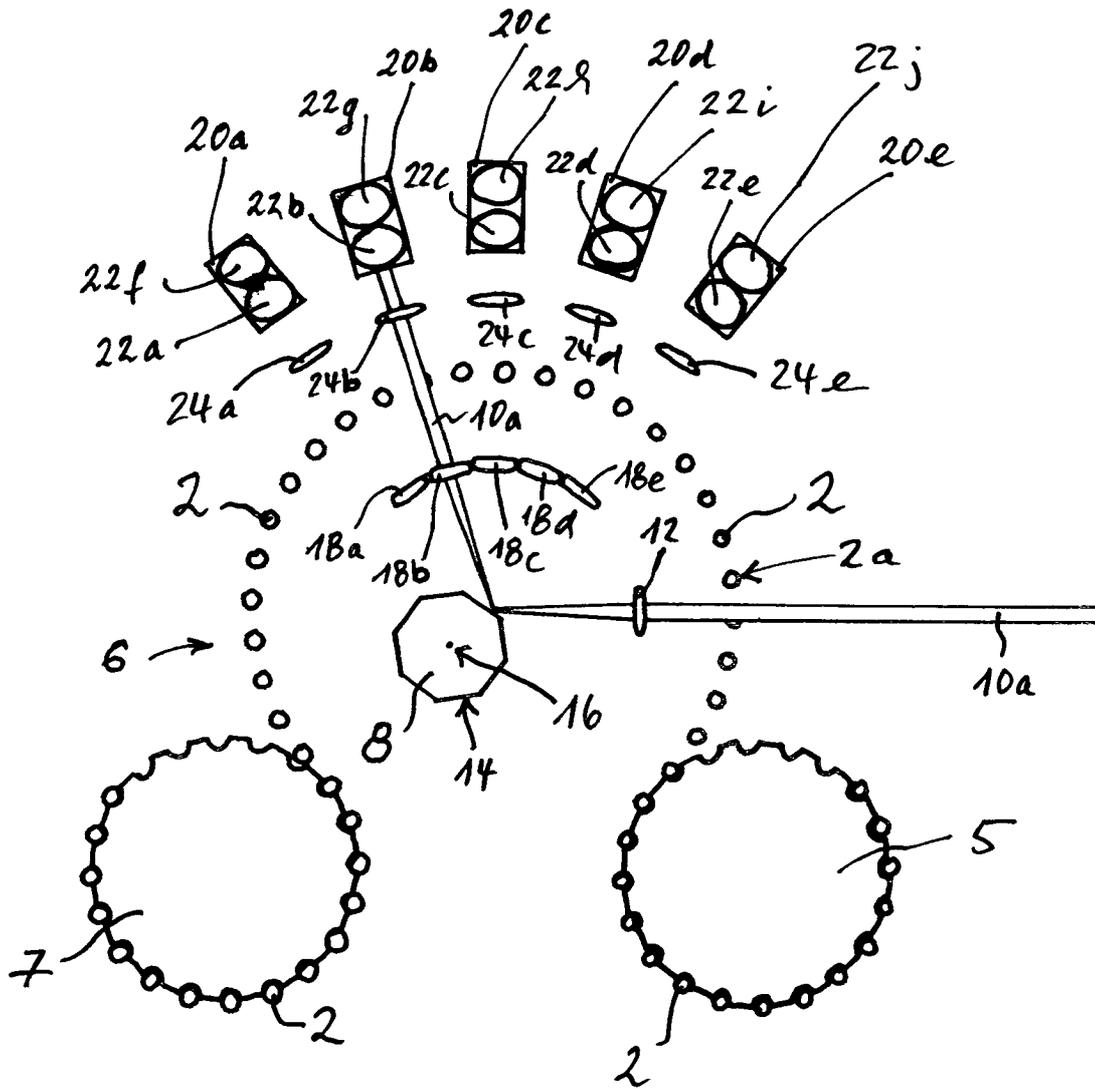


Fig. 4

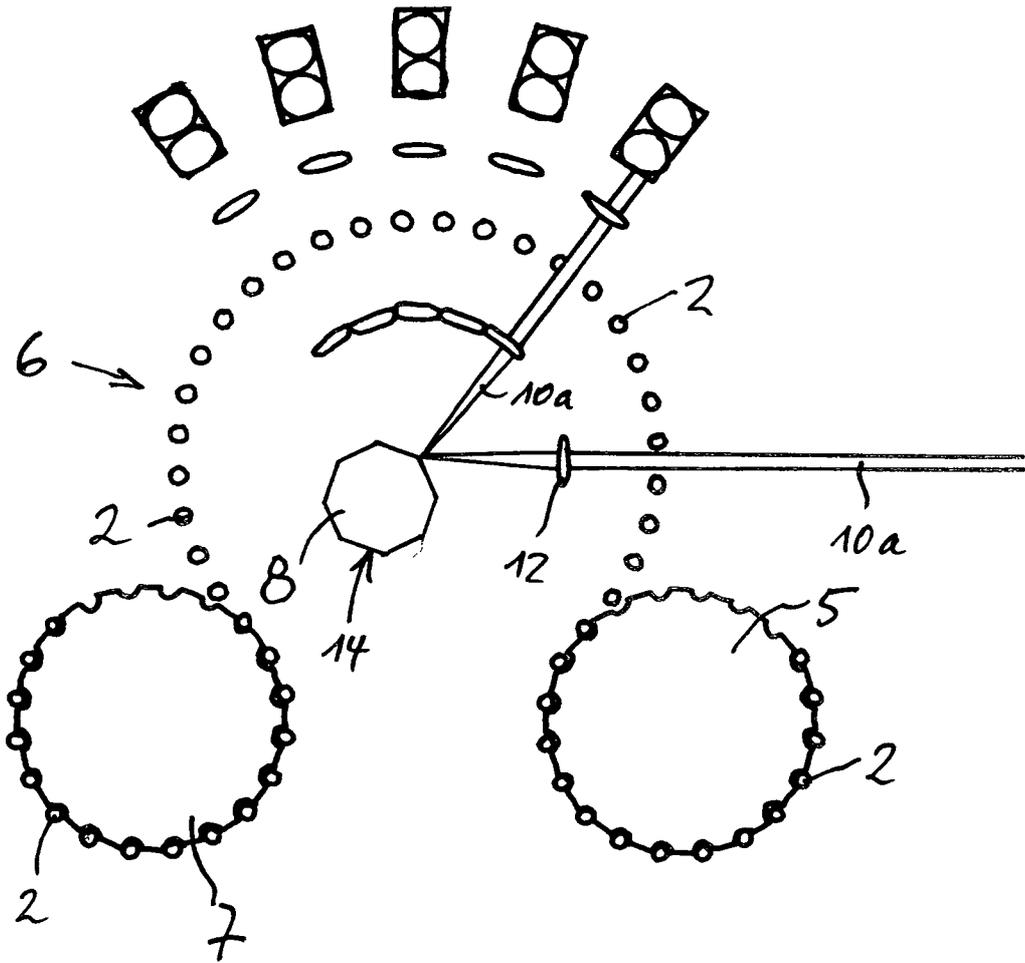


Fig. 5

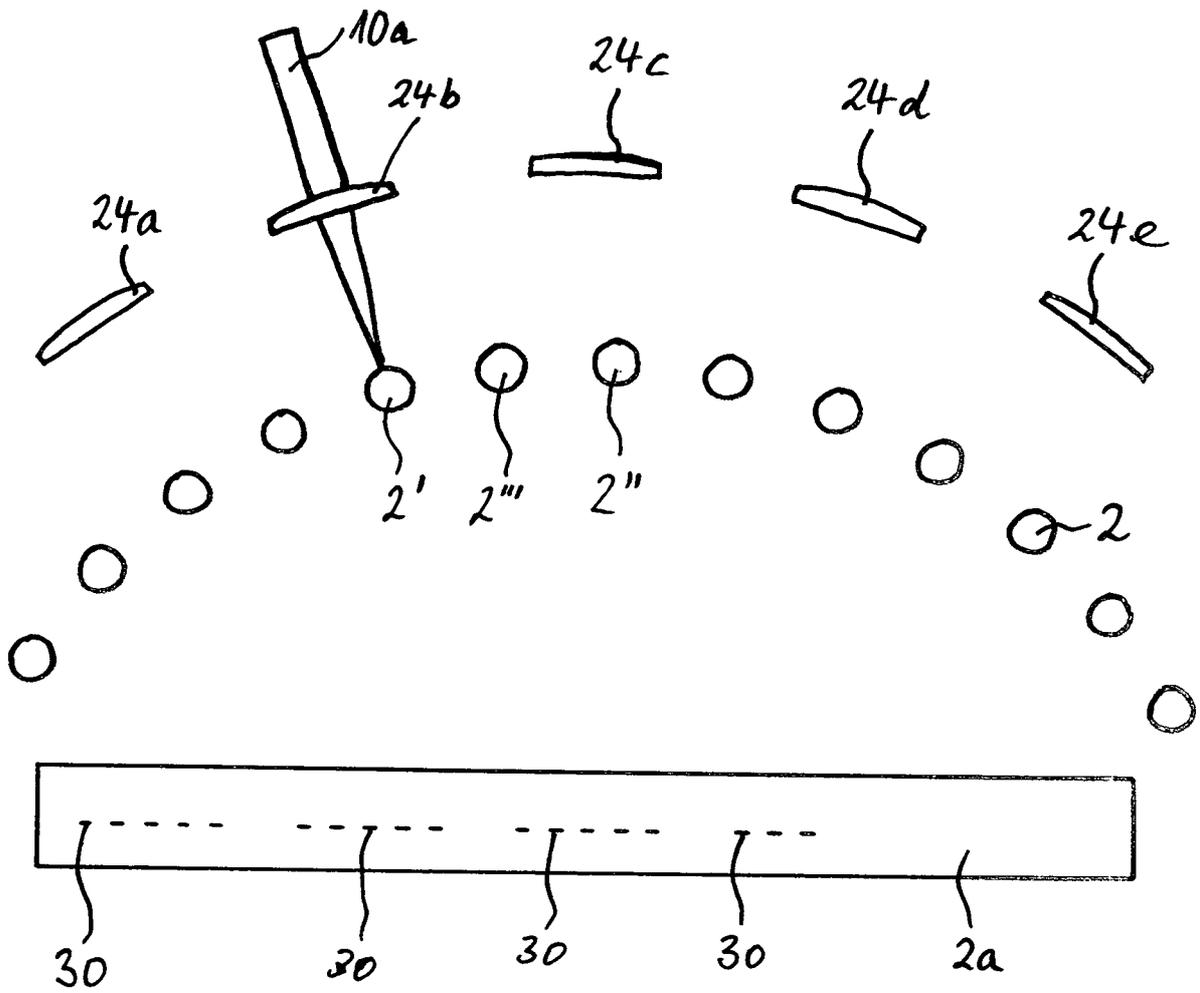


Fig. 6

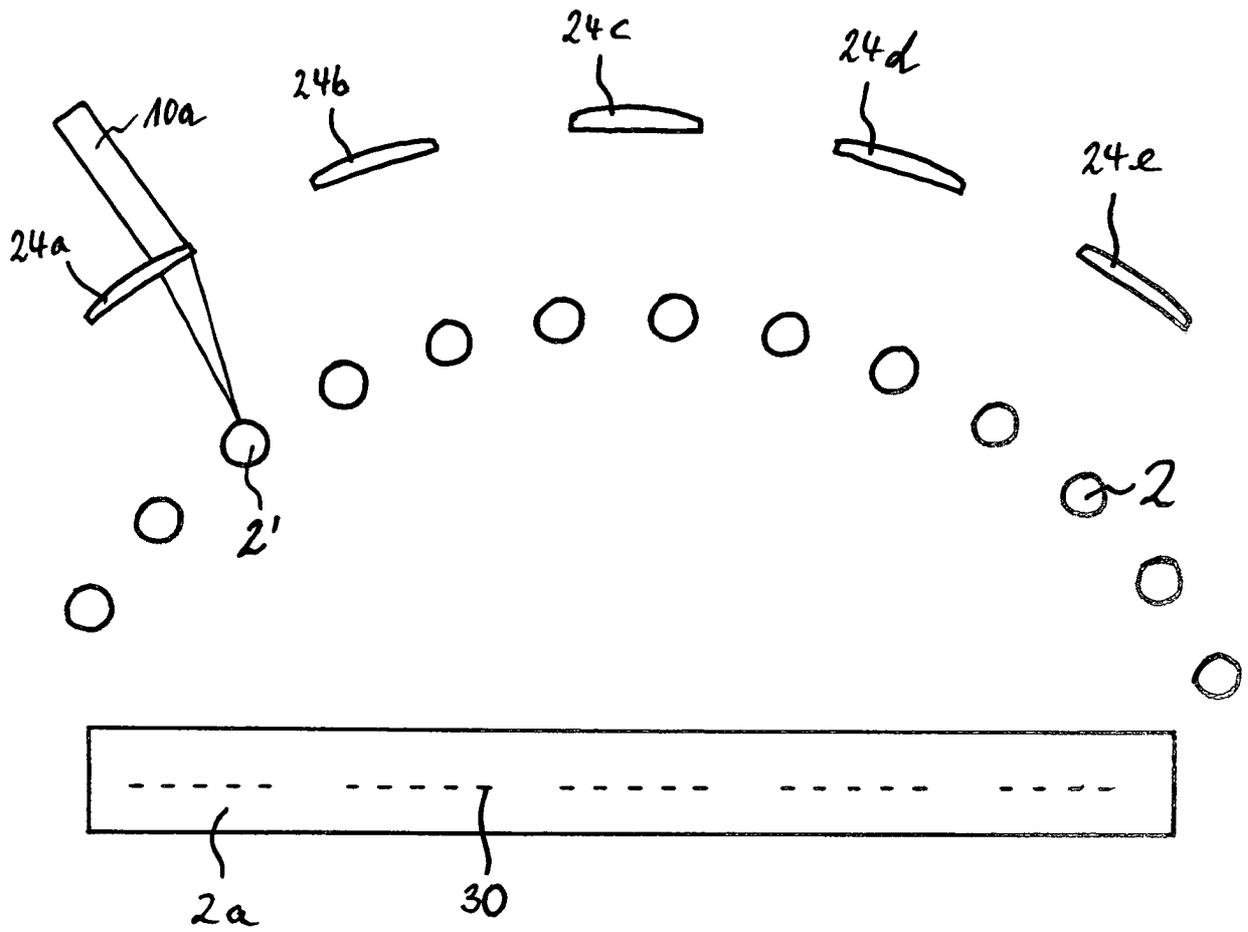


Fig. 7