



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 05 428 B4** 2007.08.09

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 05 428.6**  
(22) Anmeldetag: **03.02.2003**  
(43) Offenlegungstag: **02.09.2004**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **09.08.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F24J 2/08** (2006.01)  
**F24J 2/14** (2006.01)  
**F24J 2/04** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**SCHOTT AG, 55122 Mainz, DE**

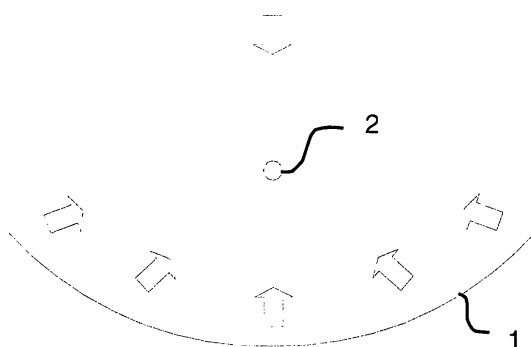
(74) Vertreter:  
**Fuchs Patentanwälte, 65201 Wiesbaden**

(72) Erfinder:  
**Kuckelkorn, Thomas, Dr., 92637 Weiden, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 198 34 089 C2**  
**DE 197 18 044 C1**  
**DE 26 31 412 C2**  
**WO 97/00 408 A2**  
**H. Price et al. "Advances in Parabolic Through  
Solar Power Technology" in Journal of Energy  
Engineering, Vol. 124, S. 109-125;**

(54) Bezeichnung: **Hüllrohr, Receiverrohr und Parabolrinnenkollektor**

(57) Hauptanspruch: Hüllrohr (3) für Parabolrinnenkollektoren, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Struktur (9a, 9b, 9c) aufweist, die über Beugung und/oder Brechung das Sonnenlicht auf ein im Hüllrohr angeordnetes Absorberrohr fokussiert, und ferner mit einer Antireflexschicht versehen ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Hüllrohr für Parabolrinnenkollektoren. Ferner betrifft die Erfindung ein Receiverrohr sowie einen Parabolrinnenkollektor.

**[0002]** Parabolrinnenkollektoren bestehen aus einem einachsigen parabolisch geformten Spiegel und einem Receiverrohr, das im Brennpunkt des Parabolspiegels angeordnet ist. Die Spiegel haben üblicherweise eine Breite von 5 bis 6 m. Das Receiverrohr besteht aus einem vorzugsweise strahlungsselektiv beschichteten inneren Teilrohr, auch Absorberrohr genannt, und einem äußeren Hüllrohr aus Glas zur Isolation. Spiegel und Receiverrohr werden dem Sonnengang nachgeführt, so dass die Sonneneinstrahlung immer in der normalen Richtung der Aperturebene erfolgt und Idealerweise die gesamte auf den Spiegel einfallende Strahlung auf das Receiverrohr gelenkt wird.

**[0003]** Durch verschiedene Faktoren kommt es bei Parabolrinnenkollektoren zu Fokussierungsfehlern und damit zu geometrisch bedingten optischen Verlusten. So können beispielsweise die Spiegelemente an sich gewisse Gesamtformtoleranzen oder auch Welligkeiten aufweisen, die zu Fokussierungsfehlern führen. Die Positionierung der Spiegelemente bei der Montage ist nur innerhalb gewisser Toleranzen möglich. Auch bei der Stahlkonstruktion, auf der die Parabolrinnenkollektoren aufgebaut sind, müssen Fertigungs- und Montagetoleranzen sowie Eigenverformungen berücksichtigt werden. Nicht zuletzt führt auch gegebenenfalls auftretender Wind zu einer Verformung der Gesamtkonstruktion und somit zu Fokussierungsfehlern.

**[0004]** Bisher wird versucht, die optischen Verluste durch die Defokussierung mit Hilfe von am Receiverrohr angebrachten Sekundärkonzentratoren zu minimieren. So wurde bereits die Verwendung eines ebenen Sekundärreflektors experimentell untersucht. Eine weitere Anordnung einer Parabolrinne mit einem Sekundärkonzentrator in Form eines metallischen Reflektors wird in der WO 97/00408A2 beschrieben. In H. Price et al., Journal of Solar Energy Engineering, Band 124, S. 109-125 (2002) wird ein zickzackförmiges Blech als Sekundärkonzentrator verwendet.

**[0005]** Wenn für den Sekundärkonzentrator ein hochreflektierendes Material, z. B. ein poliertes Blech verwendet wird, ist es sinnvoll, diesen innerhalb des Hüllrohres im Vakuum anzubringen, um ihn vor Verschmutzung und Alterung zu schützen. Dabei kann der Sekundärkonzentrator entweder am Hüllrohr oder am Absorberrohr befestigt werden. Durch die Anbringung des Sekundärkonzentrators oberhalb des Absorberrohres auf der dem Spiegel abgewandten Seite entsteht eine Verschattung des Absorber-

rohres. Wenn der Sekundärkonzentrator breiter als das Absorberrohr ist, wird auch ein Teil des Spiegels verschattet. Wird der Sekundärkonzentrator am Hüllrohr befestigt, so geht der Teil der Strahlung, der auf die dem Spiegel abgewandten Seite des Sekundärkonzentrators trifft, verloren, da Hüllrohr und Absorberrohr thermisch entkoppelt sind. Eine Möglichkeit, diesen Teil der Strahlung zu nutzen, besteht darin, den Sekundärkonzentrator am Absorberrohr zu befestigen und auf der vom Spiegel abgewandten Seite absorbierend zu machen. Dadurch kann mehr Strahlung genutzt werden. Gleichzeitig steigen jedoch auch die thermischen Verluste durch Vergrößerung der Absorberfläche.

**[0006]** Die Erhöhung des Interceptfaktors (Anteil der Strahlen, die das Absorberrohr treffen), die durch die Verwendung eines Sekundärkonzentrators erreicht wird, muss mit Strahlungsverlusten aufgrund der genannten Nachteile erkauft werden. Daher lassen sich in der Summe keine signifikanten Verbesserungen des Interceptfaktors erreichen.

**[0007]** In DE 198 34 089 C2 wird ein Sonnenkollektor beschrieben mit einem Hüllrohr, das als Primärkonzentrator wirkt und direkt von der Sonne kommendes Licht auf das Absorberrohr wirft. Da Sonnenlicht aus einem parallelen Strahlenbündel besteht, lassen sich die Probleme eines Parabolrinnenreflektors, bei dem das Licht mit unterschiedlichen Winkeln auf das Absorberrohr fokussiert wird, nicht lösen. In DE 26 31 412 C2 wird ein Primärkonzentrator beschrieben, der mit einem verbesserten Fresnel-Linsensystem arbeitet. Er ist zur Verwendung als Sekundärkonzentrator in Verbindung mit einem Parabolrinnenreaktor nicht geeignet.

**[0008]** DE 197 18 044 C1 beschreibt ein Solarkollektorsystem mit zwei Wärmeträgerkreisläufen. Das Problem der Erhöhung des Interceptfaktors ist in dieser Schrift weder erkannt, noch gelöst, vielmehr sollen durch die Verwendung von zwei Wärmeträgerkreisläufen die Wärmeverluste vermindert werden.

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Hüllrohr für Parabolrinnenkollektoren, sowie ein Receiverrohr und einen Parabolrinnenkollektor zur Verfügung zu stellen, die einen möglichst hohen Interceptfaktor aufweisen.

**[0010]** Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Hüllrohr gemäß Anspruch 1, ein Receiverrohr gemäß Anspruch 9 und einen Parabolrinnenkollektor gemäß Anspruch 11.

**[0011]** Durch die fokussierende Struktur auf dem Hüllrohr wird bewirkt, dass Strahlen, die aus bestimmten Winkelbereichen durch ein glattes Hüllrohr ein- und wieder austreten würden, ohne auf das Absorberrohr zu treffen, nun direkt auf die Absorberrohr-

fläche umgelenkt werden. Dies betrifft insbesondere Strahlen, die von den äußeren Bereichen des Parabolspiegels kommend auf das Hüllrohr treffen, sowie Strahlen, die direkt von der Sonne kommend auf das Hüllrohr treffen. Die optische Strukturierung des Hüllrohres bewirkt für die genannten Winkelbereiche eine optische Aufweitung des Absorbers gleich einem Lupeneffekt. Abhängig von der Größe und räumlichen Verteilung der Spiegelfehler kann eine Erhöhung des optischen Wirkungsgrades um ca. 1 bis 3% erreicht werden.

**[0012]** Bei größeren Spiegel- oder Montagefehlern kann die Erhöhung des optischen Wirkungsgrades noch höher ausfallen. Bei Verwendung eines erfindungsgemäßen Hüllrohres können also höhere Toleranzen bei Spiegelfertigung und Montage in Kauf genommen werden, was zu einer deutlichen Kostenreduzierung führt.

**[0013]** Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Hüllrohres besteht darin, dass die thermische Last etwas gleichmäßiger über das Absorberrohr verteilt wird. Parabolrinnenkollektoren haben nämlich die ungünstige Eigenschaft, dass die dem Spiegel zugewandte Seite des Absorberrohres viel stärker bestrahlt wird als die dem Spiegel abgewandte Seite. Dadurch entstehen in der Regel Temperaturgradienten über den Rohrumfang, die wiederum zu Materialspannungen und Verformung des Rohres führen. Durch die Fokussierung insbesondere der direkt auf das Hüllrohr auftreffenden Strahlen und der achsenfernen Strahlen auf das Absorberrohr wird auch die dem Spiegel abgewandte Seite des Absorberrohres etwas stärker bestrahlt.

**[0014]** Durch die Antireflexionsschicht wird gewährleistet, dass ein maximaler Anteil der auf das Hüllrohr treffenden Strahlung auch auf das Absorberrohr gelenkt wird und nicht nach außen reflektiert wird. Vorteilhafterweise weist das Hüllrohr auf der Innen- und/oder Außenseite eine Antireflexschicht auf.

**[0015]** Die fokussierende Strukturierung des Hüllrohres kann vorzugsweise einer Vielzahl von Linsen oder einer Vielzahl von Polyedern, besonders bevorzugt einer Vielzahl von Prismen entsprechen. Derartige optische Elemente haben die Eigenschaft, auf das Innere des Hüllrohres und damit auf das Absorberrohr zu fokussieren.

**[0016]** Bei der fokussierenden Strukturierung kann es sich um eine entsprechend strukturierte Folie handeln, die auf der Innen- oder Außenseite des Hüllrohres angebracht ist. Das Aufbringen auf der Außenseite ist herstellungstechnisch gesehen einfacher umzusetzen. Um die Folie vor Witterungseinflüssen und Verschmutzung zu schützen kann es angebracht sein, die Folie eher auf der Innenseite des Hüllrohres zu befestigen. Beim Befestigen der Folie ist zu be-

rücksichtigen, dass die Folie optisch an das Hüllrohr angekoppelt wird. Sie kann beispielsweise aufgeklebt oder auflaminiert werden.

**[0017]** In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Hüllrohr um ein gezogenes Glasrohr. Bei gezogenen Glasrohren ist die fokussierende Strukturierung in Längsrichtung des Hüllrohres konstant. Eine linsenartige Strukturierung würde man z. B. durch eine wellenförmige Strukturierung der Innen- und/oder Außenwand des Glasrohres erhalten. Eine prismenartige Strukturierung würde man durch eine im Wesentlichen sägezahnförmige Strukturierung der Innen- und/oder Außenwand des Glasrohres erhalten. Bei der prismenartigen Strukturierung ist in der Praxis zu beachten, dass ein Abrunden der Prismen nur im Rahmen des technologisch Möglichen vermieden werden kann.

**[0018]** Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die strukturierten Bereiche nur über mindestens ein Segment vorzusehen. Beispielsweise wird die Strukturierung auf der der Sonne zugewandten Seite in dem Bereich teilweise unterbrochen, in dem die Strahlen auch ohne Umlenkung durch die fokussierende Strukturierung des Hüllrohres auf den Absorber treffen. Besonders bevorzugt besteht die Strukturierung aus zwei Streifen, die symmetrisch in einem Winkelbereich von 20° bis 105°, ganz besonders bevorzugt in einem Winkelbereich von 35° bis 65° zur normalen Achse der Parabolrinne am Hüllrohr angeordnet sind.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Parabolrinnenkollektors ist der Abstand zwischen Parabolspiegel und Receiverrohr um ca. den halben Abstand zwischen Hüllrohr und Absorberrohr verkleinert, wodurch der Fokuspunkt nach oben verschoben wird. Dadurch werden die Verluste durch Strahlen, die das Absorberrohr verfehlen, in dem sie unterhalb des Receiverrohres, nämlich zwischen dem Receiverrohr und dem Spiegel vorbeilaufen, verringert. Dies führt dazu, daß die thermische Last gleichmäßiger über das Absorberrohr verteilt wird, woraus ein geringerer Temperaturgradient über den Rohrumfang und somit geringere Verformungen und Materialspannungen im Absorberrohr resultieren.

**[0020]** Die Erfindung soll anhand der folgenden Zeichnungen näher erläutert werden. Dazu zeigen:

**[0021]** [Fig. 1](#) eine schematische Skizze eines Parabolrinnenkollektors;

**[0022]** [Fig. 2](#) den Strahlengang an einem Receiverrohr;

**[0023]** [Fig. 3](#) den Strahlengang an einem Parabolrinnenkollektor;

**[0024]** [Fig. 4](#) ein Receiverrohr mit segmentiertem

Hüllrohr;

[0025] [Fig. 5a](#), b, c Hüllrohre mit fokussierenden Strukturen;

[0026] [Fig. 6a](#) den Strahlengang für Randstrahlen an einem herkömmlichen Receiverrohr;

[0027] [Fig. 6b](#) den Strahlengang für achsenferne Strahlen bei einem erfindungsgemäßen Receiverrohr;

[0028] [Fig. 7a](#) den Strahlengang an einem herkömmlichen Receiverrohr für direkt von der Sonne einfallende Strahlen;

[0029] [Fig. 7b](#) den Strahlengang an einem erfindungsgemäßen Receiverrohr für direkt von der Sonne einfallende Strahlen;

[0030] [Fig. 8a](#) den lokalen Interceptfaktor in Abhängigkeit vom Abstand zur optischen Achse und

[0031] [Fig. 8b](#) den Interceptfaktor in Abhängigkeit vom Einfallswinkel und

[0032] [Fig. 9](#) die Anordnung eines Receiverrohrs in einem Parabolrinnenkollektor.

[0033] In [Fig. 1](#) ist ein Parabolspiegel 1 und ein Receiverrohr 2 dargestellt, wobei das Receiverrohr 2 im Fokus des Parabolspiegels 1 angeordnet ist. Die Strahlung fällt von der der Sonne zugewandten Seite immer in der normalen Richtung ein, da Spiegel 1 und Receiverrohr 2 exakt der Sonnenposition nachgeführt werden. Auf der dem Spiegel 1 zugewandten Seite des Receiverrohres 2 fällt die Strahlung unter einen Winkel zwischen  $160^\circ$  und  $180^\circ$  ein. Die Einfallswinkel der Strahlung sind durch die Pfeile angedeutet.

[0034] In [Fig. 2](#) ist ein Receiverrohr 2 dargestellt, das aus Hüllrohr 3 und Absorberrohr 4 besteht. Bei den Strahlenbündeln 5, 5' und 6, 6' handelt es sich um achsennahe 6, 6' und achsenferne 5, 5' Strahlen, die das Hüllrohr 3 durchlaufen, ohne das Absorberrohr 4 zu treffen.

[0035] In [Fig. 3](#) ist der Fokussierungsfehler aufgrund einer Spiegelformdeformation exemplarisch dargestellt. Die Verluste entstehen hauptsächlich im Außenbereich des Parabolspiegels 1, da sich die Fehler aufgrund der größeren Distanz zum Receiverrohr 2 stärker auswirken. Verglichen mit der Strahlaufweitung bei einem achsnahen Strahl 7 (gemessen zur optischen Achse 0) führt die Strahlaufweitung bei einem achsfernen Strahl 8 aufgrund der größeren Distanz zwischen Spiegel 1 und Receiver 2 zu einem größeren Strahlquerschnitt. In der Regel ist die Verformung des Spiegel 1 am Rande aufgrund der un-

günstigeren Lastverteilung größer als im Zentrum. Dadurch nimmt der Spiegelfehler zusätzlich mit steigendem Abstand zur optischen Achse 0 zu. Die Fokussierungsfehler haben diverse Konsequenzen: Strahlen 8, die aus dem Randbereich des Spiegels 1 auf das Hüllrohr 3 treffen, treten durch dieses zu einem Teil auf der oberen, dem Spiegel abgewandten Seite, hindurch. Strahlen 7, die aus der Spiegelmittle kommen, treffen den Receiver 2 nahezu ohne Verluste. Strahlen, die durch das Hüllrohr 3 hindurchtreten, bevor sie den Spiegel 1 treffen, treffen zum Teil das Absorberrohr 4. Ein weiterer Anteil verlässt das Hüllrohr 3, ohne das Absorberrohr 4 zu treffen und wird auf den Spiegel 1 gelenkt. Durch das Hüllrohr 3 werden die Strahlen jedoch teilweise so stark abgelenkt, dass die das Absorberrohr 4 nach der Reflektion am Spiegel 1 verfehlen.

[0036] In [Fig. 4](#) ist ein Receiverrohr 2 dargestellt, das aus einem Absorberrohr 4 und einem in gewissen Segmenten strukturierten Hüllrohr 3 besteht. In dem in [Fig. 4](#) gezeigten Beispielen ist die Strukturierung im Bereich a weggelassen worden, in dem die von der Sonne direkt einfallenden Strahlen auch ohne zusätzliche Umlenkung auf das Absorberrohr 4 treffen. Außerdem ist die Strukturierung in dem dem Spiegel zugewandten Bereich des Hüllrohres 3 weggelassen worden. Denn da der Einstrahlungswinkelraum auf der dem Spiegel zugewandten Seite nahezu ausgefüllt ist, kann in diesem Bereich durch die Strukturierung keine signifikante Steigerung des Interceptfaktors erreicht werden. Speziell im unteren Hüllrohrbereich, in dem die Strahlung aus einem Winkelbereich von nahezu  $180^\circ$  einfällt, würde sich sogar eine geringe lokale Verringerung des Interceptfaktors ergeben.

[0037] Es hat sich gezeigt, dass eine Strukturierung zumindest in den mit c bezeichneten Segmenten vorhanden sein sollte, das heißt in einem Winkelbereich von  $35^\circ$  bis  $65^\circ$  zur Normalen-Achse N der Parabolrinne. Eine weitere Erhöhung des Interceptfaktors lässt sich erreichen, wenn auch die mit b und d bezeichneten Segmente mit einer Strukturierung versehen sind. Dies entspräche einem Winkelbereich von  $20^\circ$  bis  $105^\circ$  zur Normalen-Achse N der Parabolrinne. Dadurch lässt sich bei Annahme eines Spiegelfehlers von 4-5 mrad eine Erhöhung des Interceptfaktors um bis zu 3% erreichen.

[0038] In den [Fig. 5a-c](#) sind beispielhaft konkrete Ausführungsformen von strukturierten Hüllrohren 3 im Querschnitt dargestellt. Alle drei Hüllrohre 3 zeigen eine Strukturierung 9 nur in bestimmten Winkelbereichen. In [Fig. 5a](#) ist eine linsenförmige Strukturierung 9a, in [Fig. 5b](#) eine prismenförmige Strukturierung 9b und in [Fig. 5c](#) eine zickzackförmige Strukturierung 9c dargestellt, die in Hinblick auf einen optimierten Interceptfaktor ausgebildet ist. Die Grenzflächen sind so gewählt, dass bei einem bestimmten

Einfallswinkel und Spiegelfehler eine möglichst hohe Fokussierung auf das Absorberrohr erreicht wird.

**[0039]** In [Fig. 6a](#) ist der Strahlengang an einem Receiverrohr aus einem Hüllrohr **3** aus Glas einer endlichen Dicke und einem Absorberrohr **4** dargestellt. Dabei handelt es sich um einen Strahlengang eines achsfernen Strahlenbündels. Insbesondere in dem dem Spiegel abgewandten Teil des Hüllrohres **3'** treten einzelne Strahlen in das Hüllrohr **3'** ein, die nicht auf das Absorberrohr **4** treffen. Des Weiteren lässt sich der leicht defokussierende Effekt des Hüllrohres **3'** erkennen. Er wird verursacht durch die endliche Dicke des Hüllrohres **3** und durch den unterschiedlichen Brechungsindex von Glas und Luft bzw. Glas und Vakuum. In [Fig. 6b](#) ist das Hüllrohr **3** auf der Hüllrohrinnenseite mit einer Sägezahnstruktur versehen, die insbesondere in den Winkelbereichen  $90^\circ$  bis  $20^\circ$  zur normalen Achse besonders ausgeprägt ist. Das Sägezahnprofil wirkt auf die einfallenden achsfernen Strahlen wie eine Anordnung von Prismen, die einen Großteil der andernfalls defokussierten einfallenden Strahlen auf das Absorberrohr **4** lenken.

**[0040]** In den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) werden die gleichen Anordnungen wie in den [Fig. 6a](#) und [Fig. 6b](#) für Strahlen verglichen, die direkt von der Sonne auf das Receiverrohr **2** aus Hüllrohr **3** und Absorberrohr **4** fallen. Das Verhältnis der Strahlen, die auf das Absorberrohr **4** treffen und an ihm vorbeigehen, entspricht dem Verhältnis der Querschnittsflächen im Längsschnitt durch das Absorberrohr **4** einerseits und durch das Hüllrohr **3** andererseits ([Fig. 6a](#)). Außerdem wird beim Einfall in normalen Richtung der defokussierende Effekt des Hüllrohres **3'** besonders deutlich. Zwar werden beim Einsatz eines erfindungsgemäßen Hüllrohres **3** auch nicht alle Strahlen auf das Absorberrohr **4** gelenkt. Der Anteil der das Absorberrohr **4** treffenden Strahlen an den das Hüllrohr **3** treffenden Strahlen kann allerdings signifikant erhöht werden.

**[0041]** Dieser Effekt wird auch anhand der Graphen in den [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) deutlich. In [Fig. 8a](#) ist der lokale Interceptfaktor in Prozent in Abhängigkeit des Abstandes zur optischen Achse in Millimetern dargestellt. Die durchgezogene Linie entspricht einem herkömmlichen unstrukturierten Hüllrohr. Die gestrichelte Linie entspricht einem erfindungsgemäßen Hüllrohr mit fokussierender Struktur. Deutlich erkennbar ist die Erhöhung des Interceptfaktors bei direkt von der Sonne einfallender Strahlung (Abstand zur optischen Achse nahe 0 mm) und im achsfernen Bereich ungefähr ab 2000 mm Abstand der optischen Anlage. Auch in Abhängigkeit vom Einfallswinkel zur Normalen-Achse ([Fig. 8b](#)) lässt sich der Interceptfaktor durch die fokussierende Struktur des Hüllrohres zwischen ca. 1% (Einfallswinkel zwischen  $0^\circ$  und  $10^\circ$ ) und 3% (Einfallswinkel zwischen  $50^\circ$  und  $60^\circ$ ) erhöhen.

**[0042]** In [Fig. 9](#) ist eine bevorzugte Anordnung des Receiverrohrs **2** aus Hüllrohr **3** und Absorberrohr **4** bezüglich des Parabolspiegels **1** skizziert. Üblicherweise wird das Receiverrohr **2** im Fokalkpunkt F angeordnet (gestrichelt). Um aber die Anzahl der Strahlen, die das Absorberrohr verfehlen, indem sie unterhalb des Receiverrohrs **2** verlaufen, zu verringern, wird das Receiverrohr **2** um den halben Abstand  $d$  zwischen Hüllrohr **3** und Absorberrohr **2** aus dem Fokalkpunkt F in Richtung Parabolspiegel **1** verschoben angeordnet.

### Patentansprüche

1. Hüllrohr (**3**) für Parabolrinnenkollektoren, **dadurch gekennzeichnet**, dass es eine Struktur (**9a**, **9b**, **9c**) aufweist, die über Beugung und/oder Brechung das Sonnenlicht auf ein im Hüllrohr angeordnetes Absorberrohr fokussiert, und ferner mit einer Antireflexschicht versehen ist.
2. Hüllrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (**9a**) einer Vielzahl von Linsen entspricht.
3. Hüllrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (**9b**, **9c**) einer Vielzahl von Polyedern entspricht.
4. Hüllrohr nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (**9b**, **9c**) einer Vielzahl von Prismen entspricht.
5. Hüllrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass es eine aufgebrachte, strukturierte Folie aufweist.
6. Hüllrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass es eine in Längsrichtung konstante Struktur (**9a**, **9b**, **9c**) aufweist.
7. Hüllrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (**9a**, **9b**, **9c**) auf mindestens ein Segment (b, c, d) des Hüllrohrs beschränkt ist.
8. Hüllrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass es die Struktur (**9a**, **9b**, **9c**) in dem Umfangsbereich aufweist, auf den die von den äußeren Rändern des Parabolspiegels reflektierten Strahlen treffen, wobei die Struktur derart gestaltet ist, dass die von den äußeren Rändern des Parabolspiegels reflektierten Strahlen auf das Absorberrohr (**4**) fokussiert werden.
9. Receiverrohr (**2**) mit einem Hüllrohr (**3**) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und darin angeordnetem Absorberrohr (**4**).
10. Parabolrinnenkollektor aus einem Parabol-

spiegel (1) und einem im Brennpunkt angeordneten Receiverrohr (2), das ein Hüllrohr (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 aufweist.

11. Parabolrinnenkollektor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Receiverrohr (2) um den halben Abstand zwischen Hüllrohr (3) und Absorberrohr (4) in Richtung des Parabolspiegels (1) aus dem Brennpunkt (F) versetzt angeordnet ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

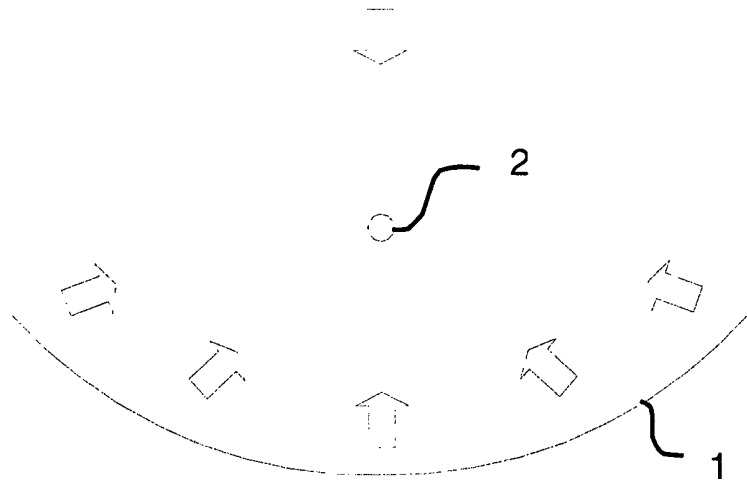


Fig. 2

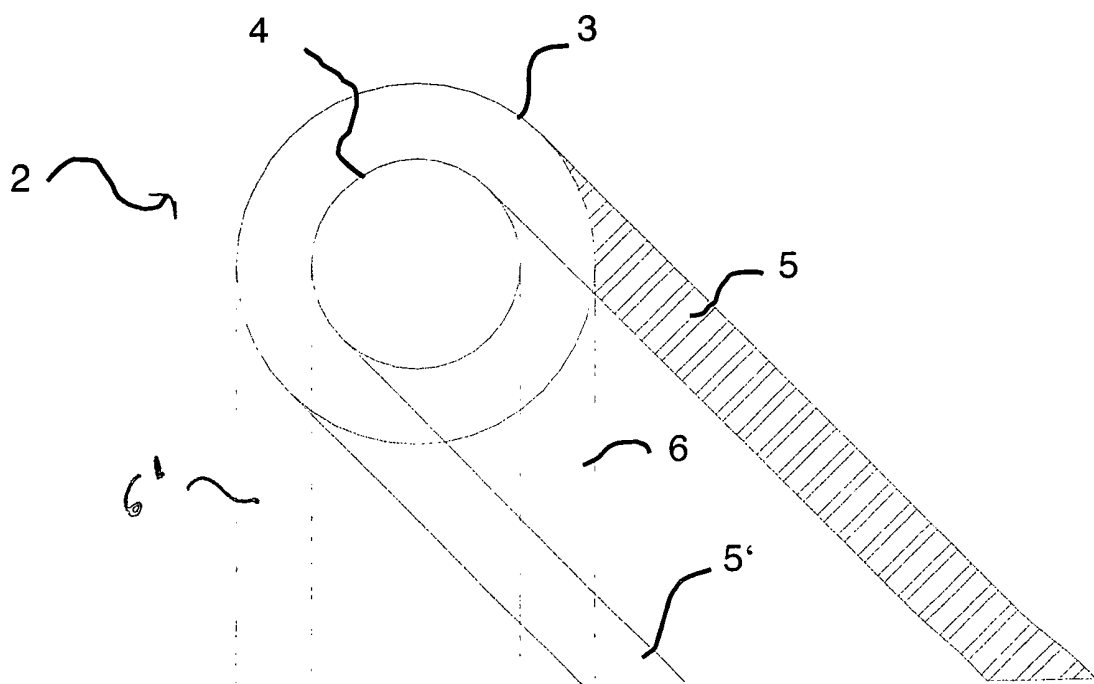


Fig. 3

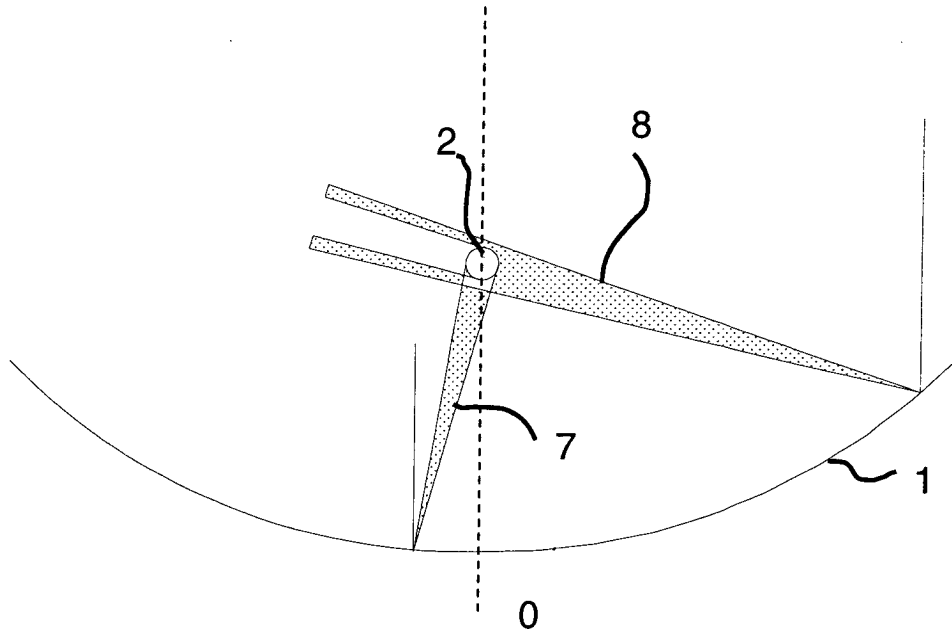


Fig. 4

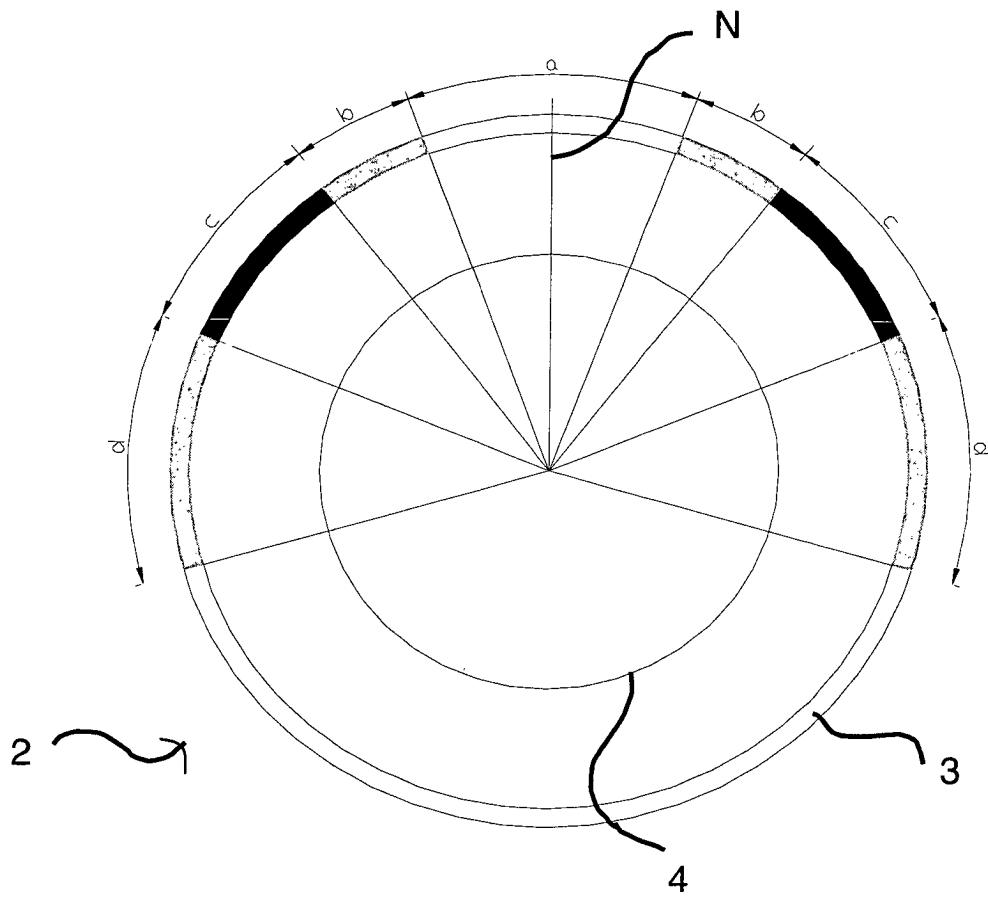


Fig. 5a

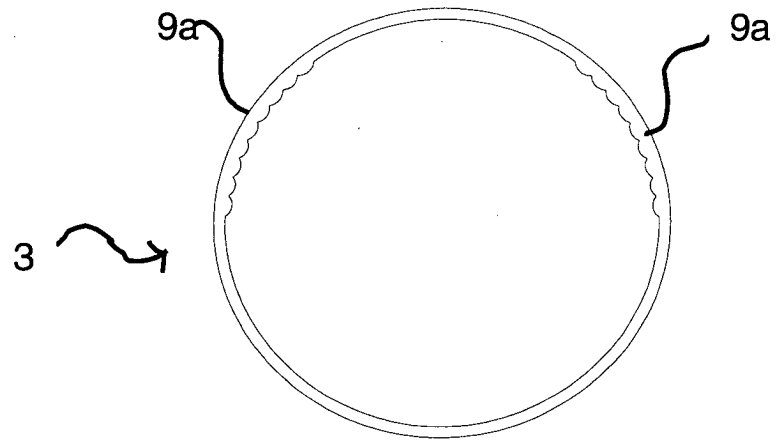


Fig. 5b

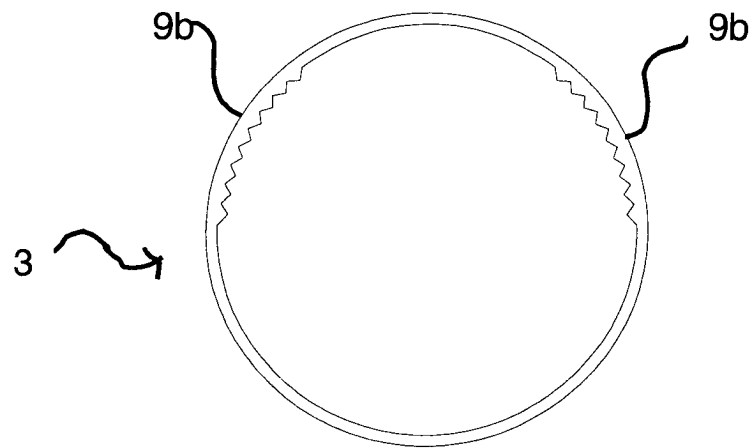


Fig. 5c

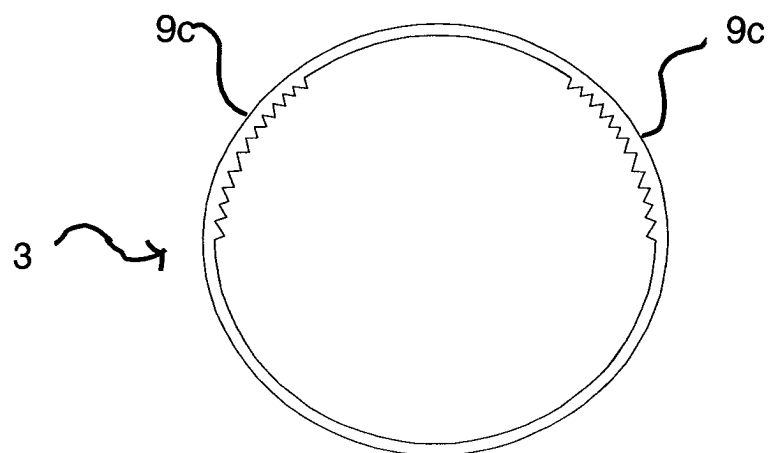


Fig.6a

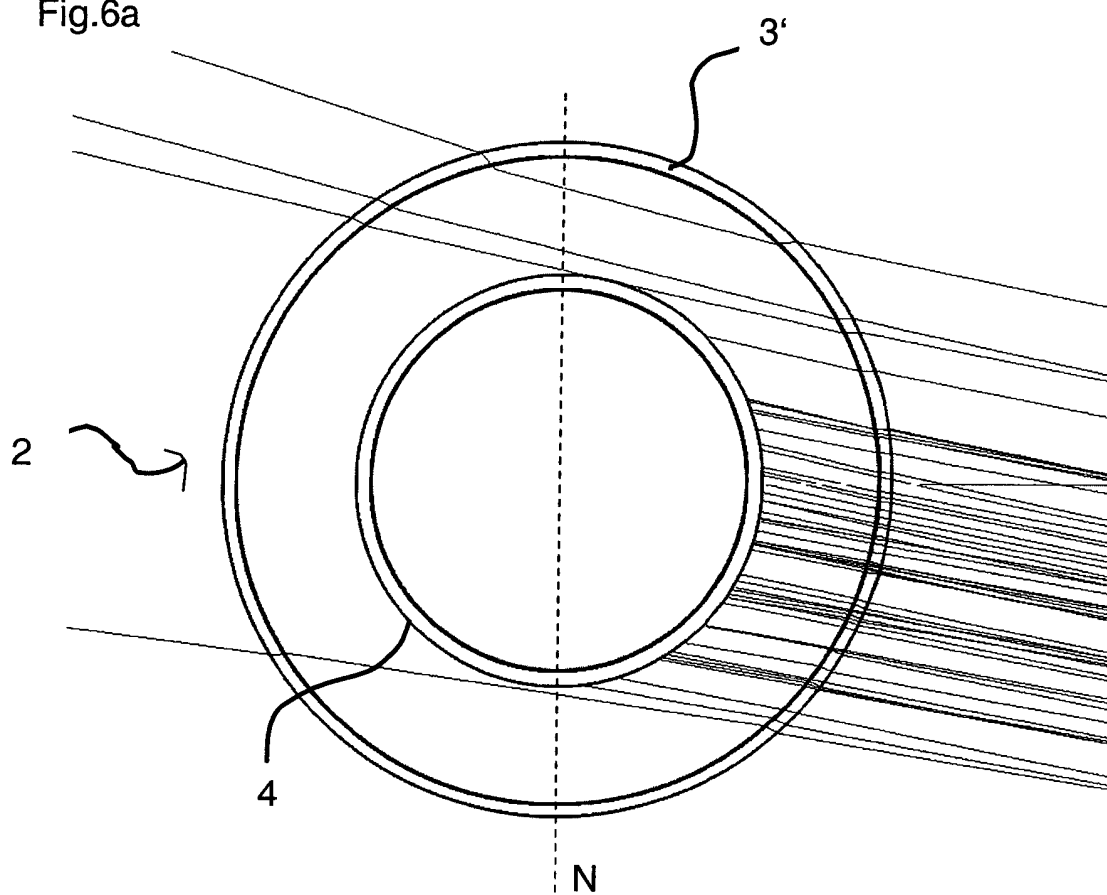


Fig.6b

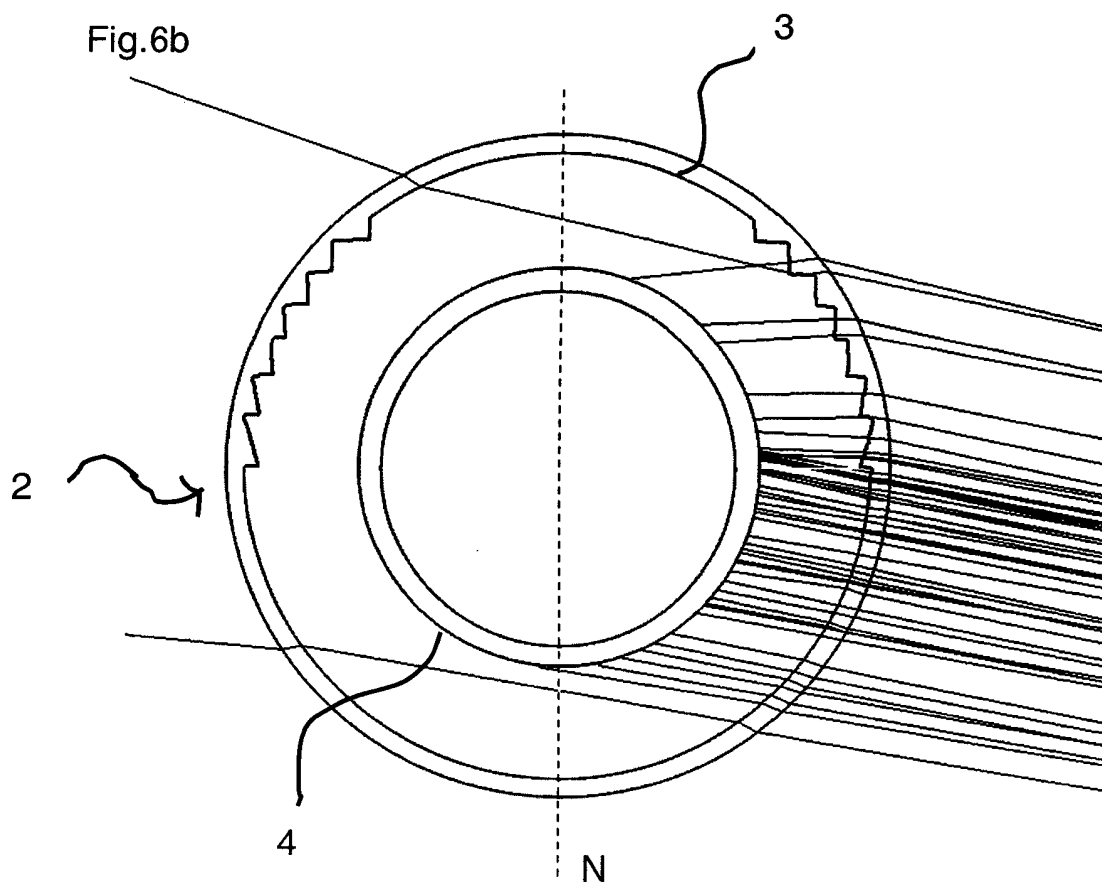


Fig. 7a

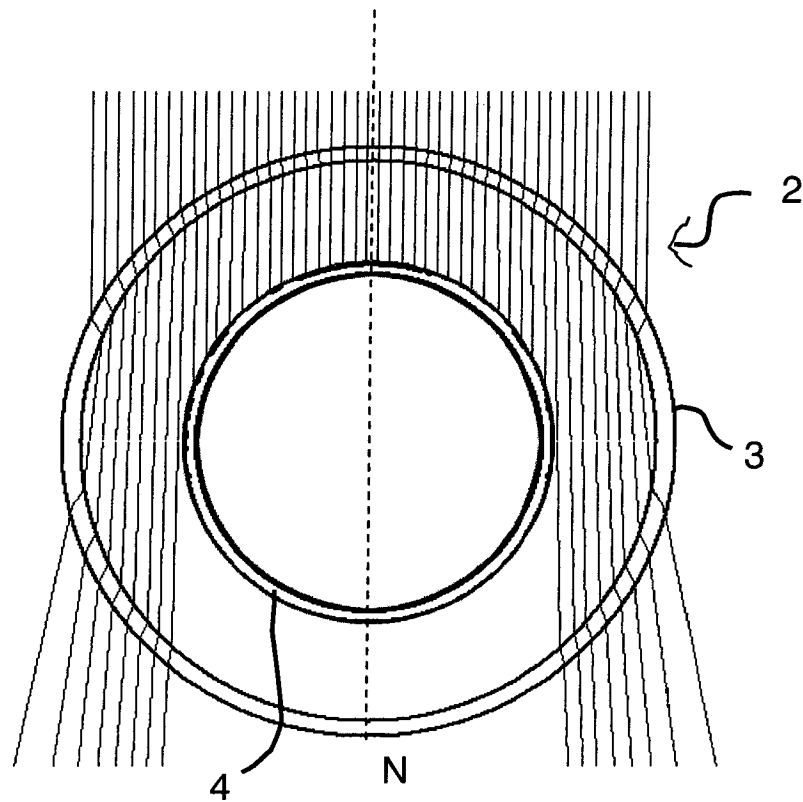


Fig. 7b

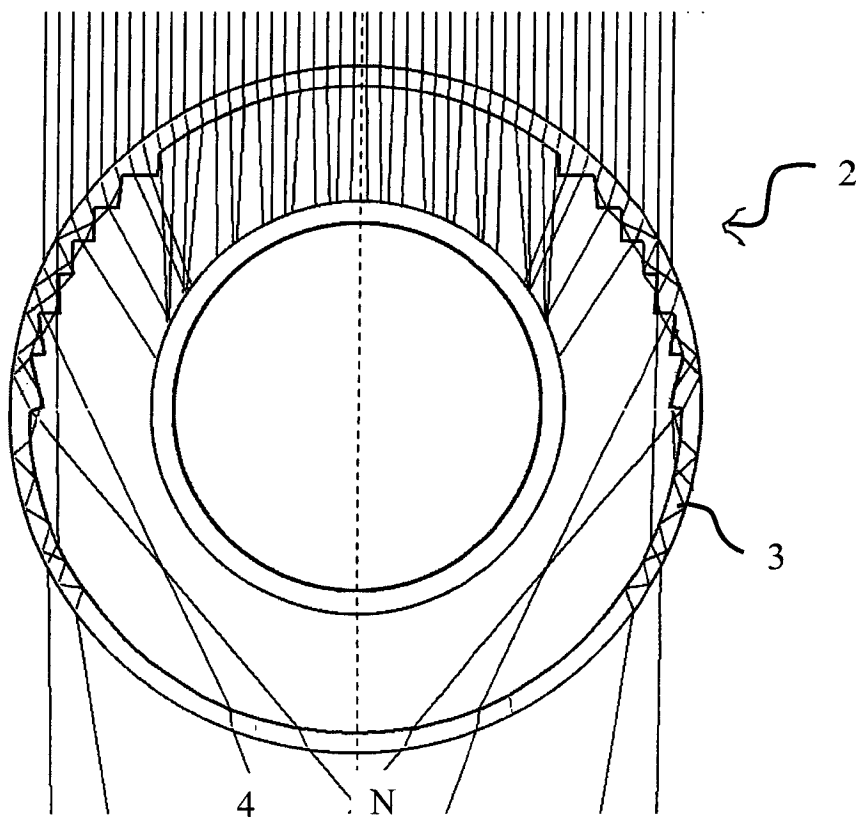


Fig.8a

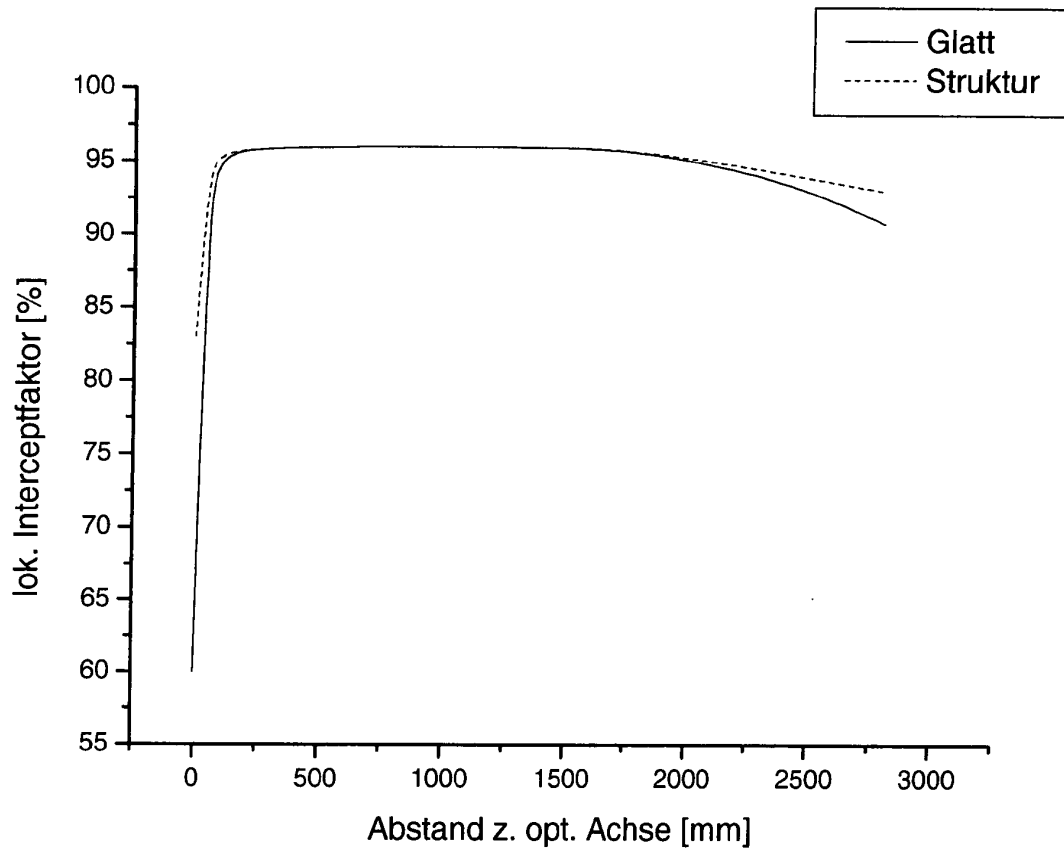


Fig.8b

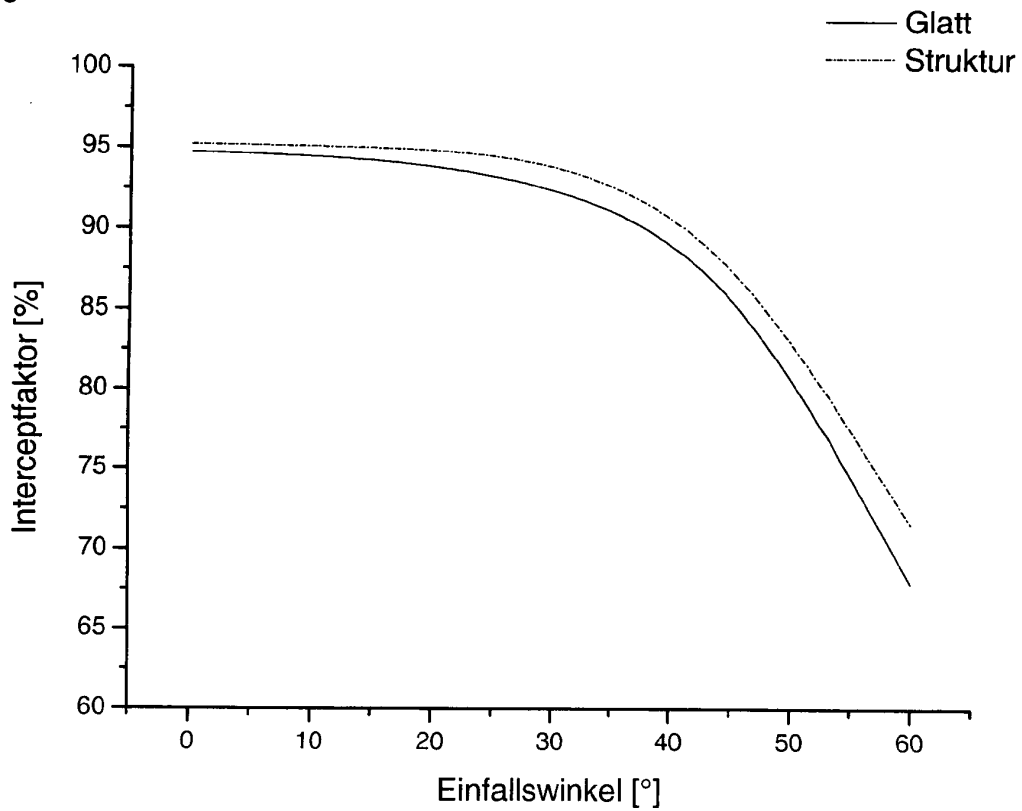


Fig.9

