



(10) **DE 10 2016 002 143 A1** 2017.08.31

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 002 143.8**

(22) Anmeldetag: **25.02.2016**

(43) Offenlegungstag: **31.08.2017**

(51) Int Cl.: **B29C 47/42 (2006.01)**

B29C 47/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Entex Rust & Mitschke GmbH, 44805 Bochum, DE

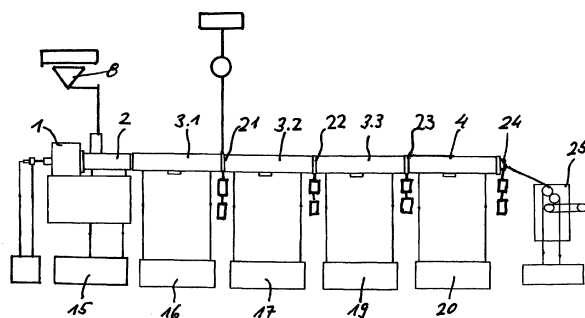
(72) Erfinder:
Rust, Harald, 44805 Bochum, DE

(74) Vertreter:
Kaewert, Klaus, 40593 Düsseldorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Füllteilmodul in Planetwalzenextruderbauweise**

(57) Zusammenfassung: Nach der Erfindung ist bei unmittelbarem Materialeintrag in einen Planetwalzenextruderabschnitt/Modul eine exzentrische Materialzuführung vorgesehen.



Beschreibung

[0001] Bei den Extrudern werden folgende Hauptgruppen unterschieden:

Einschneckenextruder, Doppelschneckenextruder, Planetwalzenextruder.

[0002] Einschneckenextruder bestehen aus einer umlaufenden Schnecke und einem umgebenden Gehäuse. Mit Einschnecken läßt sich ein hoher Druckaufbau und eine große Förderwirkung erzielen. Jedoch ist die Homogenisierung und Dispergierung im Einschneckenextruder schwach. Gleichwohl sind Einschneckenextruder immer noch die meistbenutzten Extruder.

[0003] Doppelschneckenextruder bestehen aus zwei parallel zueinander und miteinander kämmenden Schnecken und einem umgebenden Gehäuse. Mit Doppelschnecken läßt sich gleichfalls ein hoher Druckaufbau und eine hohe Förderwirkung erzielen. Die Mischwirkung des Doppelschneckenextruders ist um vieles größer als bei einem Einschneckenextruder, Jedoch erfahren Kunststoffe aufgrund der mechanischen Belastung im Doppelschneckenextruder eine mehr oder weniger große Veränderung ihrer Molekülketten. Es gibt Anwendungen, bei denen das dahinstehen kann. Für andere Anwendungen ist die Erhaltung der Molekülketten wichtig. Dann bietet sich der Planetwalzenextruder an. Planetschneckenextruder bestehen aus einer mehr Teilen, nämlich einer umlaufenden Zentralspindel, einem die Zentralspindel im Abstand umgebenden Gehäuse mit einer Innenverzahnung und Planetenspindeln, welche in dem Hohlraum zwischen Zentralspindel und innen verzahntem Gehäuse wie Planeten um die Zentralspindel umlaufen. Soweit im Folgenden von einer Innenverzahnung des Gehäuses gesprochen wird, so schließt das auch ein mehrteiliges Gehäuse mit einer Buchse ein, welches die Innenverzahnung des Gehäuses bildet. Im Planetwalzenextruder kämmen die Planetenspindeln sowohl mit der Zentralspindel als auch mit dem innen verzahnten Gehäuse.

[0004] Zugleich gleiten die Planetenspindeln mit dem in Förderrichtung weisenden Ende an einem Anlauf-ring. Die Planetwalzenextruder besitzen im Vergleich zu allen anderen Extruderbauarten eine extrem gute Mischwirkung, jedoch eine viel geringere Förderwirkung.

[0005] Für eine kontinuierliche Aufbereitung von Kunststoffen ist seit einigen Jahrzehnten bekannt, Planetwalzenextruder zu verwenden. Solche Verfahren und entsprechende Planetwalzenextruder sind insbesondere in folgenden Druckschriften beschrieben:

DE 19939075 A1, CA 698518, DE 19653790 A, DE 19638094 A1, DE 19548136 A1, DE 1954214 A, DE 3908415 A, DE 19939077 A,

EP 1078968 A1, EP 1067352 A, EP 854178 A1, JP 3017176, JP 11080690, JP 9326731, JP 11-216754, JP 11-216764, JP 10-235713, WO 2007/0874465 A2, WO 2004/101627 A1, WO 2004/101626 A1, WO 2004/037941 A2, EP 1056584, PCT/EP99/00968, WO 94/11175, US 6780271 B1, US 7476416.

[0006] Von Planetwalzenextruderabschnitten/Modulen wird dann gesprochen, wenn ein Extruder sich aus mehreren Abschnitten/Modulen zusammensetzt. Zumeist handelt es sich um unterschiedliche Abschnitte/Module. Seit Jahren hat es sich als günstig erwiesen, Planetwalzenextruderabschnitte/Module mit Abschnitten/Module anderer Bauart zu kombinieren. Insbesondere werden Planetwalzenextruderabschnitte/Module mit einem als Einschneckenextruderabschnitt/Modul ausgebildeten Füllteil kombiniert. Über das Füllteil werden die Einsatzmaterialien für die Extrusion aus einem Fülltrichter abgezogen und in die Planetwalzenextruderabschnitte/Module gedrückt. Die Verwendung eines Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls als Füllteil hat sich nicht bewährt. Das aus einem Trichter nach unten austretende Material wird von den umlaufenden Planetenspindeln wieder aus dem Füllteil herausgedrückt.

[0007] Soweit flüssige Treibmittel oder andere flüssige Stoffe in die Planetwalzenextruderabschnitte/Module eingetragen werden sollen, hat es sich bewährt, diese Flüssigkeiten über Injektionsringe in die Anlage einzuspritzen, die zwischen jeweils zwei Planetwalzenextruderabschnitten/Modulen angeordnet sind. Es ist auch bekannt, Schmelze über einen Seitenarmextruder oder eine Pumpe unmittelbar in einen Planetwalzenextruderabschnitt/Modul einzutragen.

[0008] Wegen der Einzelheiten und Variationen bekannter Planetwalzenextruder bzw. Abschnitten/Modulen wird Bezug genommen auf folgende Druckschriften:

DE 10 2005 007 952 A1, DE 10 2004 061 068 A1, DE 10 2004 038 875 A1, DE 10 2004 048 794 A1, DE 10 2004 048 773 A1, DE 10 2004 048 440 A1, DE 10 2004 046 228 A1, DE 10 2004 044 086 A1, DE 10 2004 044 085 A1, DE 10 2004 038 774 A1, DE 10 2004 034 039 A1, DE 10 2004 032 694 A1, DE 10 2004 026 799 B4, DE 10 2004 023 085 A1, DE 10 2004 004 230 A1, DE 10 2004 002 159 A1, DE 19962886 A1, DE 19962883 A1, DE 19962859 A1, DE 19960494 A1, DE 19958398 A1, DE 19956803 A1, DE 19956802 A1, DE 19953796 A1, DE 19953793 A1.

[0009] Für die Extrusion finden neben den Kunststoffen noch diverse andere Materialien Verwendung. Dazu gehören Füllstoffe, Farbstoffe, Weichmacher, Stabilisatoren und andere Zusatz- und Hilfsstoffe

bzw. Additive. Nicht alle Stoffe werden dabei gut von den Planeten aufgenommen. Zum Teil wird das Material von den umlaufenden Planeten wieder zurückgerufen. Zum Teil wird das auf mangelnde Gleitfähigkeit zurückgeführt. Manche Stoffe neigen von sich aus zum Kleben oder neigen nach Reaktion mit anderen Stoffen zum Anbacken im Extruder. Um das Kleben und Anbacken zu verhindern bzw. zu reduzieren, ist es bekannt, dem Extrusionsmaterial Gleitmittel zuzusetzen. Andererseits gibt es eine Vielzahl von Kunststoffen, für die Gleitmittel ungeeignet sind. Das gilt zum Beispiel für Klebstoffe, auch wenn die Klebstoffe im Extruder verarbeitet werden sollen. Die Klebstoffaufbereitung mittels Extruder ist in folgenden Druckschriften beschrieben:

CA 698518, DE 69937111, DE 69808332, DE 19939078, DE 19939077, DE 19939076, DE 19939075, DE 19939074, DE 19939073, 19824071, DE 19806609, DE 19730854, DE 19638094, DE 19819349, DE 19749443, DE 19653790, DE 19548136, DE 19534239, DE 10334363, DE 10137620, DE 20130049, DE 10059875, DE 10050295, DE 10036707, DE 10036706, DE 10036705, DE 4308098, DE 4111217, DE 3908415, DE 2719095, DE 235613, DE 2303366, DE 1954214, EP 1080865, EP 1078968, EP 1067352, EP 0854178, US 6780271, US 6179458, US 5536462, US 4268176, US 4176967, WO 2007/874465, WO 2004/101627, WO 2004/101626, WO 220/037941, WO 94/11175.

[0010] Darüber hinaus ist aus der EP 2098354 ein Verfahren zur Herstelleiner hochkohäsiven Haftklebmasse bekannt, bei dem Planetwalzenextruderabschnitte Anwendung finden. Dabei werden die Rohstoffe über ein als Einschncke ausgebildetes Füllteil zugeführt. Dies entspricht der herkömmlichen Rohstoffzuführung. Es findet sich dort aber auch ein Hinweis, daß die Rohstoffe direkt zwischen der Zentralspindel und den Planetenspindeln eingebracht werden können. An der Stelle ist der Materialeintrag so schwierig, daß eine Umsetzung dieses Vorschlages ohne weitere Einzelheiten nicht ohne weiteres möglich ist. Auch die DE 19856235 zeigt einen Extruder mit Planetwalzenextruderabschnitten. In dieser Druckschrift ist in Spalte 2, unten, beschrieben, wie Rohstoffe zur Pulverlackherstellung durch einen Trichter in Granulatform mit zweckmäßigen Zuschlägen mittels eines Trichters unmittelbar durch den Gehäusemantel in einen Planetwalzenextruderteil aufgegeben werden. Weitere Einzelheiten fehlen.

[0011] Soweit die im Extruder aufbereiteten Kunststoffe gleitmittelverträglich sind, hat sich das Gleitmittel durchgesetzt.

[0012] Man hat sich bemüht für gleitmittelunverträgliche Stoffe, den Einsatz von Gleitmitteln zu reduzieren. Darüber hinaus hat sich die Erfindung das Ziel

gesetzt, ganz ohne Gleitmittel auszukommen, so daß auch gleitmittelunverträgliche Materialien besser im Extruder verarbeitet werden können.

[0013] Die PCT/EP2013/000132 hat sich außerdem zum Ziel gesetzt, einen anderen Materialeintrag als Füllteil zu entwickeln. Dazu ist ein Füllteil in Form eines Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls verwendet worden, dessen Planetenspindeln mindestens teilweise im Bereich der Einlauföffnung als Transportspindeln ausgebildet sind. Diese Ausbildung erlaubt vorteilhafterweise ein (abgesehen von der Füllhöhe des Einsatzmaterials in dem über der Einfüllöffnung stehenden Fülltrichter) druckloses Eintreten des Einsatzmaterials in die Einfüllöffnung. Darüber hinaus ist die Ausbildung des Füllteiles auch dann von Vorteil, wenn das Füllteil mit einer Stopfschnecke/Stopfwerk versehen ist.

[0014] Stopfschnecken/Stopfwerke sind in diversen Druckschriften auch in Kombination mit Extruder, auch in Kombination mit Planetwalzenextrudern beschrieben. Beispielhaft wird Bezug genommen auf DE 10 2007 050 466, DE 10 2007 041 486, DE 20003297, DE 19930970, DE, DE 10 2008 058 048, DE 10 2007 059 299, DE 10 2007 049 505, DE 10 2006 054 204, DE 10 2006 033 089, DE 10 2004 026 599, DE 19726415, DE 10334363, DE 20200601644, DE 20200401971, DE 10201000253, DE 10 2009 060 881, DE 10 2009 060 851, DE 10 2009 060 813. Die Stopfschnecke/Stopfwerk wird benutzt, wenn das für den Extruder vorgesehene Einsatzmaterial nicht allein aufgrund seines Gewichtes aus dem Fülltrichter des Füllteiles austritt und in die Einlauföffnung eintritt. Das ist zum Beispiel bei Fasern der Fall, die mit Kunststoff zu vermischen sind. Die Stopfschnecke/Stopfwerk zwingt das Einsatzmaterial dann in die Einlauföffnung des Extruders. Im Falle der Stopfschnecke wird der Widerstand allen Einsatzmaterials gegen das Einziehen mit der beschriebenen Ausbildung erheblich reduziert.

[0015] Im Übrigen ist vorzugsweise ein besonderer Einlaufbereich an der Gehäuseinnenseite des Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls vorgesehen.

[0016] Der Einlaufbereich ist die Ringfläche am Gehäusemantel des Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls, in der Öffnung für den Materialeinlauf liegt, plus/minus einer Änderung der Ringflächenbreite von 50%, vorzugsweise plus/minus 30%, noch weiter bevorzugt plus/minus 10%, wobei sich die Änderung der Ringflächenbreite – ausgehend von der durch Mitte der Ringfläche gleichmäßig auf beide Ringflächenhälften verteilt, die beiderseits der Ringflächenmitte liegen.

[0017] Bei den beschriebenen Planetwalzenextruderabschnitten/Modulen, die als Füllteile Verwendung finden, kann die Einzugswirkung der Transportspindeln noch durch eine Abflachung der Gehäuseinnenverzahnung ergänzt werden. Die Abflachung hat aber auch unabhängig von der Verwendung von Planetenspindeln Vorteile, die zumindest teilweise als Transportspindeln ausgebildet sind.

[0018] Die Abflachung findet in dem Bereich statt, der sich in Umlaufrichtung der Zentralspindel an die Einlauföffnung anschließt. Bei ausreichender Stabilität der Planetenspindeln hat die durch die Abflachung teilweise wegfallende Stütze der Planetenspindeln keine Auswirkungen auf die Planetenspindeln. Die Planetenspindeln sind an ihren Enden ausreichend zwischen der Zentralspindel und der Gehäuseinnenverzahnung gehalten, weil die Gehäuseinnenverzahnung dort volle Zähne aufweist. Die aus der wegfallenden Stütze resultierende zusätzliche Biegelast der Planetenspindeln wird von üblichen Planetenspindeln ohne weiteres getragen.

[0019] Im Prinzip kann die Abflachung in Umlaufrichtung der Zentralspindel gleichmäßig verlaufen. Vorzugsweise ist jedoch vorgesehen, daß die Abflachung in Umlaufrichtung der Zentralspindel geringer wird. Dadurch entsteht eine trichterförmige Vergrößerung des Hohlraumes zwischen der Gehäuseinnenverzahnung und der Zentralspindel. Diese Vergrößerung verringert den Widerstand des Einsatzmaterials bei deren Einziehen in den Extruder. Die Trichterform lenkt das Einsatzmaterial in vorteilhafter Weise zwischen die Planetwalzenteile des Füllteiles. Die Abflachung kann bis in den Zahngrund erfolgen. Vorzugsweise erfolgt eine Reduzierung der Zahnhöhe um maximal 90%, noch weiter bevorzugt um maximal 80%. Trotz Abflachung wird immer noch alles Einsatzmaterial, welches in den Raum der bisherigen Zahnücken gelangt, durch die Zähne der umlaufenden Planetenspindeln verdrängt. Um zugleich zu verhindern, daß eine Ablagerung auf den Abflachungen stattfindet, können die abgeflachten Zähne mit neuen, weniger geneigten Zahnflanken versehen werden, so daß dort neue Zähne mit einem vorzugsweise gerundeten neuen Zahnkopf entstehen, so daß das aus dem bisherigen Zahngrund verdrängte Einsatzmaterial alles an den neuen Zahnflanken anhaftende Einsatzmaterial wegschiebt. Solche Zahnänderungen lassen sich unter anderem mit elektrisch betriebenen Erodiervorrichtungen herstellen. Dabei wird mit einer Elektrode gearbeitet, welche der gewünschten neuen Abflachungszahnform angepaßt ist und mit dem Gehäuse in ein Erodierbad getaucht wird. Dabei wird die Elektrode dicht über die abzuflachende Verzahnung gebracht und das Werkstück mit Strom beaufschlagt, so daß sich die Moleküle aus der Oberfläche der abzuflachenden Verzahnung lösen und der Elektrode zuwandern. Mit zunehmender Verformung der abzuflachenden Verzahnung wird die

Elektrode nachgeführt, so daß ein gewünschter, geringer Abstand gewahrt bleibt.

[0020] Die beschriebene Raumvergrößerung durch Abflachung der Gehäuseinnenverzahnung ist davon abhängig, in welchem Maß die Abflachung sich in Umlaufrichtung der Zentralspindel erstreckt und in welchem Maß die Abflachung sich in axialer Richtung der Zentralspindel erstreckt.

[0021] Vorzugsweise ist das Maß der Abflachung mindestens 1/10, noch weiter bevorzugt mindestens 1/5 und höchst bevorzugt mindestens 1/2 des Umfanges des Teilkreises der Gehäuseinnenverzahnung.

[0022] Die Erstreckung der Abflachung in axialer Richtung der Zentralspindel wird als Breite bezeichnet. Die Breite ist höchstens 30% größer oder kleiner als die Öffnungsweite der Einlauföffnung, vorzugsweise höchstens 20% größer oder kleiner als Öffnungsweite der Einlauföffnung und noch weiter bevorzugt höchstens 10% größer oder kleiner als die Öffnungsweite der Einlauföffnung. Höchst bevorzugt ist die Breite der Abflachung gleich der Öffnungsweite der Einlauföffnung.

[0023] Die sogenannten Transportspindeln entstehen, wenn an mindestens einer normalverzahnten Planetenspindel mindestens ein Zahn entfernt wird. Wahlweise werden auch mehr Zähne entfernt. Vorzugsweise verbleiben mindestens jeweils 3 gleichmäßig am Umfang der Planetenspindeln. Es kann auch jeder vierte oder jeder dritte oder jeder zweite Zahn entfernt werden. Es kann können auch alle Zähne bis auf einen Zahn entfernt werden. Soweit mehr als ein Zahn verbleibt, sind die Zähne vorzugsweise gleichmäßig am Umfang der Spindeln verteilt. Dadurch entsteht ein reduzierter Zahnbesatz im Unterschied zu nicht reduziertem Zahnbesatz. Die Entfernung der Zähne erfolgt vorzugsweise bis in den Zahngrund. Denkbar ist auch eine darüber hinausgehende Materialausarbeitung, ebenso eine nur teilweise Entfernung der Zähne. Alternativ werden die Transportspindeln von Anfang an so hergestellt, daß sie in der Form entstehen, welche entsteht, wenn an Standardspindeln einzelne oder mehrere Zähne entfernt werden. Durch die ganze oder teilweise Entfernung bestimmter Zähne entsteht bei unverändertem Fortbestand der übrigen Zähne eine Planetenspindel mit mehr Förderwirkung. Es hat sich gezeigt, daß die Transportspindeln im Gegensatz zu anderen Planetenspindel das aus einem Aufgabetrichter in den Planetwalzenextruderabschnitt/Modul laufende Material gut aufnehmen. Die Zahl der verbliebenen Zähne der Transportspindeln beträgt wahlweise höchstens 4, vorzugsweise 3, nach weiter bevorzugt 2 und höchst bevorzugt 1. Die „ganz oder teilweise“-Ausbildung der Planetenspindeln als Transportspindeln heißt, daß

- a) Planetenspindeln außerhalb des Bereiches der Einlauföffnung mit einer anderen Verzahnung versehen sind
und/oder
- b) Transportspindeln im Bereich der Einlauföffnung mit Planetenspindeln anderer Verzahnung kombiniert ist.

[0024] Andere Verzahnung heißt zum Beispiel: Normalverzahnung oder Igelverzahnung oder Noppenspindeln. Die Igelverzahnung und/oder die Noppenverzahnung sind an dem in Förderrichtung des Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls vorgesehen.

[0025] Die bekannte Igelverzahnung entsteht vorzugsweise aus einer Normalverzahnung, indem in axialen Abständen ringförmige Nuten in die Planetenspindeln eingearbeitet werden. Dabei sind die ringförmigen Nuten so gewählt, daß die Zähne am Ende wie eine Schwingung auslaufen und am Anfang wie eine Schwingung ansteigen, wobei die Zähne vom Anfang sofort in das Ende übergehen. Dadurch ergeben sich runde Zähne.

[0026] Die Noppenverzahnung entsteht vorzugsweise aus der Normalverzahnung. Die Normalverzahnung von Planetenspindeln ist einerseits durch einen Querschnitt gekennzeichnet, wie ihn die ineinander greifenden Zähne der Zahnräder eines Getriebes zeigen. Andererseits verlaufen die Zähne nicht gerade sondern spindelförmig bzw. wie die Gewindegänge eines Schraubgewindes am Umfang entlang. Die Gewindegänge werden auch in dieser Form in das Ausgangsmaterial der Planetenspindeln geschnitten, z. B. gedreht oder gefräst. Bei den Gewinden wird unterschieden zwischen linksgängigem Gewinde und rechtsgängigem Gewinde. Es gibt auch mehrgängige Gewinde. Die gleiche Unterscheidung findet an Extruderspindeln statt.

[0027] Eine Noppenverzahnung entsteht, wenn z. B. in eine rechtsgängige Verzahnung eine linksgängig verlaufende Nut ähnlich einem Gewindegang eingearbeitet wird. Durch die Nut werden die Gewindegänge der Planetenspindeln unterbrochen. Die Nut kann gleiche oder eine andere (geringer oder größere) Steigung als die Verzahnung der Spindeln besitzen. Die Steigung der Nut weicht vorzugsweise höchstens um 50% von der Steigung der Verzahnung ab.

[0028] Von Vorteil ist, wenn die Planetenspindeln an dem gegen die Förderrichtung weisenden Ende außerhalb des Einlaufbereiches eine Normalverzahnung besitzen. Dort wird die größere Förderwirkung der Normalverzahnung genutzt, um zu verhindern, daß einlaufendes Einsatzmaterial sich entgegen der Förderrichtung des Extruders ausbreitet. Eine Normalverzahnung kann aber außerhalb des Einlaufbereiches auch an dem in Förderrichtung des Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls vorgesehen sein.

Wie oben unter b) ausgeführt, können Planetenspindeln eines als Füllteil dienenden Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls, die als Transportspindeln ausgebildet sind, mit anders ausgebildeten Planetenspindeln kombiniert werden. Das heißt, der Planetenspindelbesatz (Gesamtheit aller Planetenspindeln) eines als Füllteil dienenden Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls kann wahlweise auch zum Teil aus anders verzahnten Planetenspindeln bestehen. Vorzugsweise ist der Anteil der Planetenspindeln mit Transportspindelverzahnung mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 70% und noch weiter bevorzugt mindestens 90% vom Planetenspindelbesatz.

[0029] Bei teilweiser Verwendung von Transportspindeln für den Planetenspindelbesatz sind die Planetenspindeln mit Transportspindelverzahnung vorzugsweise gleichmäßig in dem Planetenspindelbesatz verteilt. Bei einem Planetenspindelbesatz, der insgesamt mit Transportspindeln versehen ist, ist die Zahl der Zähne an den Transportspindeln so gewählt, daß mindestens innerhalb von 10 Umläufen der Planetenspindeln um die Zentralspindel ein Planetenspindelzahn in jede Zahnücke der Zentralspindelverzahnung und in jede Zahnücke der Innenverzahnung des umgebenden Gehäuses ein Zahn greift. Vorzugsweise erfolgt dieser Zahneingriff innerhalb von mindestens 7 Umläufen der Planetenspindeln um die Zentralspindel, noch weiter bevorzugt innerhalb von mindestens 4 Umläufen der Planetenspindeln um die Zentralspindel und höchst bevorzugt innerhalb von 1 Umlauf der Planetenspindeln um die Zentralspindel. Der Zahneingriff bewirkt eine Reinigung der Verzahnung. Der Zahneingriff kann zum Beispiel dadurch kontrolliert/ausgelegt werden, daß ein bei Raumtemperatur schmelzflüssiges, farbiges Material mit ausreichender Haftung an Planetenspindeln, Zentralspindel und Innenverzahnung des Gehäuses in deren Zahnücken geschmiert wird. Dann kann geklärt werden, nach wie viel Umläufen der Planetenspindeln um die Zentralspindel ein gewünschter Zahneingriff erfolgt ist. Das geschieht dann zum Beispiel nach einem Umlauf oder 4 Umläufen oder 7 Umläufen oder 10 Umläufen der Planetenspindeln um die Zentralspindel durch Öffnen des Füllteiles.

[0030] Bei dem Vorgang steht der Umlauf der Planetenspindeln um die Zentralspindel in einem festen Verhältnis zu der Umdrehung der Zentralspindel. Für die vorstehende Kontrolle/Auslegung kann die Zentralspindel des Füllteiles von Hand leicht gedreht werden, wenn das Füllteil von den übrigen Extruderabschnitten/Modulen gelöst ist. Dabei kann die Bewegung der Zentralspindel mit einem Musterstück der Zentralspindel simuliert werden. Wenn der gewünschte Zahneingriff nicht innerhalb der gewünschten Umlaufzahl der Planetenspindeln um die Zentralspindel erreicht wird, können die Planetenspindeln gegen andere Planetenspindeln ausgewechselt oder zusätzliche Planetenspindeln zum Einsatz kommen. Die

anderen Planetenspindeln können als Transportspindeln mehr Zähne aufweisen und/oder anders angeordnete Zähne aufweisen. Wahlweise reicht schon die Auswechselung einer Transportspindel gegen eine normal verzahnte Planetenspindel, um sicherzustellen, daß bei jedem Umlauf der Planeten ein Eingriff in jede Zahnücke an der Zentralspindel und an dem innen verzahnten Gehäuse erfolgt.

[0031] Im Unterschied zu dem beschriebenen Füllteil hat eine übliche Füllschnecke in einem Füllteil keine vergleichbare Reinigung. Die Schnecke ist darauf angewiesen, daß nachdrängendes Einsatzmaterial das vorgehende Material herausschiebt. Das ist kaum zu kontrollieren. Das Einsatzmaterial strömt dorthin, wo der geringste Widerstand entgegensteht. Es läßt sich nicht sicherstellen, daß in dem gesamten, von der Schnecke im Füllteil offen gelassenen Durchtrittsraum überall gleiche Widerstände auftreten. Schon geringste Anbackungen/Verklebungen können das Strömungsverhalten nachhaltig negativ beeinflussen. Ohne Eingreifen der Bedienungsleute kommt es kaum zu einer Reinigung. In einem Planetwalzenextruder kommt es dagegen zwangsweise durch den jeweiligen Zahneingriff zu einer Reinigung. Das kann als Selbstreinigung bezeichnet werden.

[0032] Für die Verarbeitung verschiedener Kunststoffe ist es von großem Vorteil, das Füllteil zu temperieren. Zwar ist eine Temperierung der Füllschnecke an herkömmlichen Füllteilen bekannt. Die Temperierung setzt jedoch an den bekannten Füllteilen in Förderrichtung hinter der Einlauföffnung ein. Vorzugsweise setzt die Temperierung aber bereits an der Einlauföffnung ein. Vorzugsweise ist das Füllteil in mindestens zwei Temperierungsabschnitten unterteilt und/oder von kurzer Länge. Die kurze Länge bezieht sich auf die Füllteil-Länge nach der Einfüllöffnung. Die kurze Länge ist kleiner oder gleich $0,5 D$, wobei D der Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Gehäuses ist. Bei einer Füllteil-Länge von mehr als $2 D$ (zum Beispiel $3 D$ oder $4 D$), ist vorzugsweise eine abschnittsweise Temperierung vorgesehen, bei der der in Förderrichtung erste Temperierungsabschnitt eine Länge aufweist, die gleich der Länge eines kurzen Füllteiles (kleiner oder gleich $0,5 D$) ist. Jeder Temperierungsabschnitt ist mit einer Führung für die Temperierungsmittel versehen. Die Führung für das Temperierungsmittel erfolgt wie bei anderen bekannten Planetwalzenextruderabschnitten/Modulen. Dort werden Kühl/Heizkanäle vor der Montage der die Innenverzahnung tragenden Buchse in dem Gehäuse an der Gehäuse-Innenfläche und/oder an der Buchse-Außenfläche Kühl/Heizkanäle eingearbeitet. Die Kanäle verlaufen an der Innenfläche des Gehäuses und/oder an der Außenfläche der in dem Gehäuse sitzenden Buchse wie Gewindegänge. Am einen Ende der Gewindegänge tritt das Temperierungsmittel ein und am anderen Ende wieder aus. Die Kanäle werden durch die Buchse bei

deren Montage verschlossen. Zu den Kühl/Heizkanälen führen Bohrungen in dem Gehäusemantel. An die Bohrungen sind Zuleitungen/Ableitungen für das Temperierungsmittel angeschlossen. Das Temperierungsmittel ist zumeist Wasser, oft auch Öl. Das Temperierungsmittel kommt von einem außen an der Anlage stehenden Heiz/Kühlaggregat, in dem es auf die gewünschte Temperatur gebracht und dem zugehörigen Temperierungsabschnitt zugeleitet wird. In dem Temperierungsabschnitt gibt das Temperierungsmittel nach Bedarf Wärme ab bzw. nimmt das Temperierungsmittel nach Bedarf Wärme auf. Das austretende Temperierungsmittel wird dem außen an der Anlage stehenden Heiz/Kühlaggregat dann wieder zur erneuten Beladung mit Wärme oder zur Abkühlung zugeführt.

[0033] Das als Planetwalzenextruderabschnitt/Modul ausgebildete Füllteil besitzt vorzugsweise ein sich über die gesamte Füllteil-Länge erstreckendes Gehäuse mit oben beschriebener Buchse und eingearbeiteten Kühlkanälen. Die Kühlkanäle können dabei durchgehend von einem Gehäuseende zum anderen Gehäuseende verlaufen, um die Fertigung zu erleichtern. Vor der Montage der Buchse können die Enden der Kanäle durch Ringe verschlossen werden, die in entsprechenden Ausdrehungen der Gehäuseenden positioniert werden. Zur Aufteilung der gesamten Kühlstrecke in mehrere Abschnitte können vor dem Einsetzen der Buchse zwischen jeweils zwei Abschnitten Stopfen in jeden Kanal gesetzt werden. Die oben beschriebenen Bohrungen führen zu den Kanälen für das Temperierungsmittel. Dabei führen die einen Bohrungen zum Ende eines jeden Kanals und die anderen Bohrungen zum Anfang jeden Kanals.

[0034] Die Anwendung der beschriebenen Füllteile hat für verschiedene Materialien Vorteile. Dazu gehören unter anderem Elastomere, Polyurethane, Klebstoffen, Kaugummi

[0035] Die Elastomere und vergleichbare Stoffe haben in der Wirtschaft/Technik eine erhebliche Bedeutung. Überall, wo Kunststoff eine besonders starke Verformung erfahren sollen und nach einer Entlastung gleichwohl wieder die ursprüngliche Form einnehmen sollen, wird über Elastomere (Elaste) und dergleichen gummielastische Kunststoffe (Kautschuk) nachgedacht. Kunststoffe bestehen aus großen Molekülketten. Die hohe Elastizität der Elastomere wird durch ein Phänomen im Verhalten der Molekülketten gegeben. Bei einer Zugbelastung der ursprünglich im Knäuel liegenden Molekülketten ordnen sich die Molekülketten anders, vorzugsweise parallel, und dehnen sich die Molekülketten. Für die gewünschte Verformung ist allerdings auch Voraussetzung, daß die Molekülketten nicht aneinander gleiten. Das wird durch eine Vernetzung der Molekülketten erreicht. Durch das Maß der Vernetzung wird die Verformung beeinflusst. Bei geringer Vernetzung

entsteht ein weicher Kunststoff. Bei starker Vernetzung entsteht ein harter Kunststoff. Es kommen unterschiedliche Vernetzungsmittel vor. In Abhängigkeit von dem Kunststoff findet eine Auswahl der Vernetzungsmittel statt. Schwefel gehört zu den häufig angewendeten Vernetzungsmitteln. Schwefel tritt bei entsprechender Erwärmung des Kunststoffes als Vernetzungsmittel in Wirkung. Bei anderen Vernetzungsmitteln kommt es auf Wärmewirkung nicht an oder kann die Wirkung des Vernetzungsmittels auch von anderen Umständen abhängen. Zu den Elastomeren gehören zum Beispiel

Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR)
 Acrylnitril/Butadien/Acrylat (A/B/A)
 Acrylnitril/chloriertes Polyethylen/Styrol (A/PE-C/S)
 Acrylnitril/Methylmethacrylat (A/MMA)
 Butadien-Kautschuk (BR)
 Butylkautschuk (HR) (IIR)
 Chloropren-Kautschuk (CR)
 Ethylen-Ethylacrylat-Copolymer (E/EA)
 Ethylen-Propylen-Copolymer (EPM)
 Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM)
 Ethylenvinylacetat (EVA)
 Fluorkautschuk (FKM oder FKM)
 Isopren-Kautschuk (IR)
 Naturkautschuk (NR)
 Polybutadienkautschuk BR
 Polyethylenharze
 Polyisobutylen (PIB)
 Polyspropylenharze
 Polyvinylbutyral (PVB)
 Silicon-Kautschuk (Q oder SIR)
 Styrol-Isopren-Styrol-Blockcopolymer (SIS)
 Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR)
 Styrol-Butadien-Styrol (SBS)
 Thermoplastisches Polyurethan (TPU oder TPE-U)
 Vinylchlorid/Ethylen (VC/E)
 Vinylchlorid/Ethylen/Methacrylat (VC/E/MA)

[0036] Bei Elastomeren ist die Gefahr des Verklebens und Anbackens besonders groß, wenn Vernetzungsmittel zusammen mit anderem Material über das Füllteil eingezogen werden, die auf Erwärmung ansprechen. Solche Elastomere sind zum Beispiel aus der DE 60124269, DE 3738335 bekannt. Dann führt jedes Kleben und Anbacken zu unvorhergesehener Erwärmung zum unvorhergesehenen Beginn der Vernetzung und zu einer schlechteren Materialbeschaffenheit. Mit dem beschriebenen Füllteil können die durch Kleben und Anbacken im Füllteil zu befürchtenden Schwierigkeiten vermieden werden.

[0037] Bei Polyurethanen kommt es auf die Zusammenführung zweier Reaktionskomponenten im richtigen Verhältnis an. Es ist bekannt, die Reaktionskomponenten mit Hilfe eines Extruders zusammen zu führen. Das ist zum Beispiel beschrieben in DD 141975, DE 1964834, US 3233025, DE 2059570, DE 2447368. Geringe Unregelmäßigkeit in der Materialführung beeinträchtigen bereits die Mischung.

Auch das kann mit dem beschriebenen Füllteil im Einzugsbereich vermieden werden.

[0038] Die Verarbeitung von Klebstoffen im Extruder ist zum Beispiel beschrieben in EP 1167017. Durch Verwendung des beschriebenen Füllteiles kann die Klebstoffverarbeitung im Extruder wesentlich erleichtert werden.

[0039] Die Verarbeitung von Kaugummi im Extruder ist bekannt. In der wärmempfindlichen Grundmischung finden sich Lecithin, Weichmacher, Sirup, Zucker, Öle, Duftstoffe und Elastomere. Darunter sind stark klebende und zur Anbackung neigende Bestandteile. Entsprechende Hinweise finden sich in der DE 69829695, US 5135760, US 5045325, US 4555366. Auch diese Herstellung wird mit dem beschriebenen Füllteil wesentlich erleichtert.

[0040] Das beschriebene Füllteil kann mit anderen Planetwalzenextruderabschnitten/Modulen kombiniert werden. Die wesentlichen Bestandteile der anderen Planetwalzenextruderabschnitte sind wiederum die Zentralspindel, umlaufende Planetenspindeln und ein innen verzahntes Gehäuse sowie ein Anlaufring für die Planetenspindeln. Die Funktion dieser Teile ist die gleiche wie eingangs an Planetwalzenextrudern dargelegt. Die Planetenspindeln können unterschiedliche Ausbildung aufweisen. Vorzugsweise zeigen die Planetenspindeln eine Standardverzahnung und/oder eine Igelverzahnung und/oder eine Noppenverzahnung und/oder eine Transportspindelverzahnung.

[0041] Die Standardverzahnung ist eine Evolventenverzahnung. Die Evolvente bestimmt die Zahnform im Querschnitt. Im Übrigen verlaufen die Zähne am Umfang der Planetenspindeln wie die Gewindezähne der Außenverzahnung einer Gewindestange.

[0042] Die Igelverzahnung entsteht in der oben beschriebenen Form aus einer Standardverzahnung. Desgleichen entsteht die Noppenverzahnung in der oben beschriebenen Form aus einer Standardverzahnung. Auch die Standardverzahnung entsteht in der oben beschriebenen Form aus einer Standardverzahnung.

[0043] Dabei können die verschiedenen Verzahnungsarten (Standard/Igel/Noppen/Transport) auf einzelne Planetwalzenteile beschränkt sein. Die verschiedenen Verzahnungsarten (Standard/Igel/Noppen/Transport) können auch in mehreren oder in allen Planetwalzenteilen vorgesehen sein. Die verschiedenen Verzahnungsarten (Standard/Igel/Noppen/Transport) können auch alle zusammen oder in zwei oder drei verschiedenen Verzahnungsarten an den Planetenspindeln zusammen vorkommen. Die vorstehenden Variationen in der Verzahnung können alle Planetenspindeln oder nur einen Teil der Planet-

spindeln eines Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls betreffen. Günstig ist, den normalverzahnten Teil der Planetenspindeln in Förderrichtung des Extruders am hinter Ende (am austragseitigen Ende der Planetenspindeln/in Förderrichtung weisenden Ende) der Planetenspindeln anzuordnen, um dort einen Förderdruck aufzubauen, der einen Übergang des Granulates in den weiteren Extruderbereich erleichtert.

[0044] Wahlweise können sich besonders verzahnte Planetenspindeln mit anders verzahnten Planetenspindeln abwechseln. Wahlweise können auch einzelne besonders verzahnte Planetenspindeln zwischen einer Vielzahl anders verzahnten Planetenspindeln angeordnet sein. Günstig ist dabei, wenn immer mindestens zwei gleichartig verzahnte Planetenspindeln in einem Planetenspindelbesatz eines Planetwalzenextruderabschnitts/Moduls vorkommen, die gleichmäßig im Besatz verteilt sind.

[0045] Sofern die Noppenverzahnung/Igelverzahnung in mehreren korrespondierenden Planetwalzenteilen (Gehäuseinnenverzahnung, Planetenspindeln und Zentralspindel) vorgesehen ist, kann die Noppenverzahnung so angeordnet werden, daß die Unterbrechungen der Verzahnung im einen Planetwalzenteil mit den Unterbrechungen im korrespondierenden Planetwalzenteil fluchten oder im Verhältnis zu diesen Unterbrechungen versetzt sind. Der Versatz kann ein Maß haben, das gleich einem Bruchteil der Zahnücke zwischen zwei Zähnen oder ein Mehrfaches der Zahnücke zwischen zwei Zähnen ist, wobei ein Mehrfaches auch eine Zahl kleiner 2 sein kann. Durch die Unterbrechung der Zähne entstehen Öffnungen, in welche das Extrusionsgut strömen kann.

[0046] Vorzugsweise besitzen die weiteren Planetwalzenabschnitte/Module eine Länge von höchstens 1200 mm bei einem Durchmesser bis 100 mm in der Verzahnung des Planetwalzen-Extrudergehäuses, noch weiter bevorzugt von höchstens 1000 mm. Bei anderen Durchmessern der Verzahnung des Planetwalzen-Extrudergehäuses ergeben sich entsprechend größere oder kleinere maximale Längen.

[0047] Beim Extrudieren wird im Extruder bzw. im Extruderabschnitt in erheblichem Umfang Energie freigesetzt, die sich in dem Granulat als Wärme zeigt. Sofern das Granulat schon mit erheblicher Temperatur in den Planetwalzenextruder bzw. den Planetwalzenextruderabschnitt gelangt, kann es erforderlich werden, die anfallende Wärme durch Kühlung abzuführen. Sofern das Granulat beim Eintritt in den Planetwalzenextruder bzw. den Extruderabschnitt noch keine ausreichende Temperatur hat, unterbleibt obige Kühlung. Gegebenenfalls wird sogar Wärme zugeführt. Für die Kühlung und/oder Erwärmung sind übliche Temperierungseinrichtungen an Planetwalzenextrudern ausreichend. Üblich ist es, das Gehäu-

se zweischalig (wie oben zu dem beschriebenen Füllteil beschrieben mit Gehäuse und innen liegender Buchse) auszuführen und das Temperierungsmittel durch den Zwischenraum zu leiten. Üblich ist auch, die Zentralspindel mit Kanälen zu versehen, durch die gleichfalls Temperierungsmittel geleitet wird. Das übliche Temperierungsmittel ist Wasser oder Öl, mit dem beheizt oder gekühlt wird.

[0048] Zu den Planetenspindeln, welche als Transportspindeln ausgebildet sind, kann noch Folgendes von Vorteil sein:

Die Entfernung der Zähne kann an vorhandenen Planetenspindeln nachträglich erfolgen. Soweit eine Vorratshaltung an Planetenspindeln stattfindet und soweit eine Vergütung oder Härten oder sonstiges Behandeln zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit der Zahnflächen vorgesehen ist, werden die Planetenspindeln vorzugsweise ohne die Oberflächenbehandlung bevorratet, damit im nachhinein eine einfache Bearbeitung der Planetenspindeln, z. B. durch Fräsen, möglich ist. Die Behandlung der Zahnflächen erfolgt nach der Bearbeitung.

[0049] Überraschenderweise beeinträchtigt das Entfernen von Zähnen die Laufruhe der Planetenspindeln nicht, weil die Zähne wie Schrauben/Gewindegänge an der Oberfläche der Planetenspindeln verlaufen. Bei ausreichender Länge der Spindeln und entsprechender Steigung umschlingen die schraubenförmig bzw. gewindegangförmig verlaufenden Zähne die Spindeln so häufig, daß die Planetenspindeln zwischen der Zentralspindel und dem umgebenden Gehäuse sicher geführt und fixiert sind. Bei einer Planetenspindel, bei der jeder zweite Zahn entfernt worden ist, ist vorzugsweise

a) bei einem Planetwalzengehäusedurchmesser (bezogen auf den Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Gehäuses) kleiner 160 mm eine bearbeitete Mindest-Spindellänge von 200 mm, bevorzugt von mindestens 300 mm und weiter bevorzugt eine Spindellänge von mindestens 400 mm und eine bearbeitete Maximal-Spindellänge bis 1500 mm, vorzugsweise bis 1200 mm und höchst bevorzugt bis 900 mm für eine Planetenspindel vorgesehen.

b) bei einem Planetwalzengehäusedurchmesser (bezogen auf den Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Gehäuses) von 160 mm und mehr eine bearbeitete Mindest-Spindellänge von mindestens 400 mm, bevorzugt von mindestens 800 mm und weiter bevorzugt eine Spindellänge von mindestens 1200 mm und eine Maximal-Spindellänge bis 3000 mm, vorzugsweise bis 2500 mm und noch weiter bevorzugt bis 2000 mm vorgesehen.

[0050] Die vorstehende Mindest-Spindellänge bezieht sich auf die Verzahnung an der Planetenspindel. Zu der Mindest-Spindel-Spindellänge gehört vor-

zugsweise nicht die Verzahnung, welche beim oben beschriebenen Auslaufen von Fräsern entsteht und/oder beim Einlaufen des Fräasers auf Sollfrästiefe entsteht, wenn die Planetenspindellänge größer als die Verzahnungslänge der Planetenspindel ist.

[0051] Die Bearbeitung (Entfernen von Zähnen) der Planetenspindeln kann auf alle bekannten Zahnmodule Anwendung finden, insbesondere auf die gebräuchlichen Module 1,5 bis 12 oder darüber hinaus bis 20. Die Zahnmodule sind von den oben erwähnten Planetwalzenteilen/Modulen zu unterscheiden. Die Zahnmodule kennzeichnen die Größe der Zähne.

[0052] Vorzugsweise sind die als Planetwalzenextruder ausgebildeten Extruderabschnitte/Module in einer Stufe der Extrusionsanlage angeordnet. Wahlweise kann es sich auch um eine mehrstufige Extrusionsanlage handeln. Bei zwei Stufen spricht man von einer Tandemanlage mit einem Primärextruder und einem Sekundärextruder. Bei mehr Stufen spricht man von einer Kaskadenanlage. Die mehrstufige Anordnung einer Extrusionsanlage wird genutzt, um zwischen den Stufen eine Entgasung des Extrusionsgutes durchzuführen und/oder um die einzelnen Stufen unabhängig voneinander antreiben zu können.

[0053] Zu der Extrusionsanlage gehört zumeist auch ein am Ende vorgesehener Extruderabschnitt, in dem das Extrusionsgut auf Austrittstemperatur gebracht wird.

[0054] Die Planetwalzenabschnitte/Module werden mit den anderen Abschnitten/Modulen zu dem jeweils gewünschten Extruder zusammengesetzt. Dabei ist es üblich, für alle hintereinander angeordneten Module einer Stufe einer Extrusionsanlage eine gemeinsame Zentralspindel vorzusehen.

[0055] Die Modulbauweise ist mit einem Baukastensystem vergleichbar und in der Regel besonders wirtschaftlich. Die verschiedenen Planetenteile (Zentralspindel/Planetenspindeln/Innenverzahnung) eines Abschnittes/Moduls haben regelmäßig den gleichen Zahnmodul.

[0056] Wahlweise werden die Zähne nicht nachträglich entfernt, sondern findet eine Fertigung statt, bei der die Planetenspindeln sofort in die Form gebracht werden, wie sie nach der oben beschriebenen Zahnentfernung entsteht.

[0057] Dazu ist zunächst darauf einzugehen, wie die Zähne bei herkömmlicher Verzahnung entstehen. Verbreitet ist die Herstellung durch Fräsen und Schleifen. Dazu wird die Kontur der Verzahnung festgelegt und der Fräser entlang der Kontur bewegt. Der Fräser arbeitet dabei verhältnismäßig grob. Deshalb ist anschließend eine Feinbearbeitung üblich, z. B. durch Schleifen bei außen verzahnten Teilen

oder durch Honen oder Erodieren bei innen verzahnten Teilen üblich. Es sind auch umformende Herstellungsverfahren für Getriebeteile bekannt, das sind Gießen und Sintern. Zu den umformenden Herstellungsverfahren zählt auch Schmieden, Pressen, Ziehen, Walzen, Stanzen). Das Fräsen gehört zur spanenden Herstellung. Andere spanende Verfahren sind zum Beispiel Hobeln, Stoßen, Räumen, Schaben, Schleifen, Honen.

[0058] Allen Herstellungsverfahren für Verzahnungen ist gemeinsam, daß sie der festgelegten Kontur der Verzahnung folgen. Bei normaler Verzahnung wechselt ein Zahn mit einer Zahnücke. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Zähnen eines Teiles ist gleich

[0059] Bei der Festlegung der Kontur kommt es auf die Verzahnung an. Die Verzahnung folgt den allgemeinen Erkenntnissen der Getriebetechnik. Man unterscheidet verschiedene Grundformen von Verzahnungen: Evolventenverzahnung als übliche Verzahnung, Zykloidenverzahnung und Treibstockverzahnung. Darüber hinaus gibt es diverse Sonderformen.

[0060] Bei Planetwalzenextrudern hat sich die Evolventenverzahnung durchgesetzt. Die Evolventenverzahnung mit vollem Zahnbesatz wird im Folgenden als Normalverzahnung bezeichnet. Bei der Evolventenverzahnung werden die Flanken der Zähne des Zahnrades von Evolventen gebildet. Vorstellen kann man sich die Evolventen, wenn man sich den Zahnradgrundkreis als massiven Zylinder vorstellt, um den ein Faden gewickelt ist. Wird dieser Faden nun abgewickelt, so beschreibt der straff gespannte Endpunkt des Fadens die Figur einer Evolvente. Alle Punkte auf dem Faden, welche den ganzzahlig vielfachen Abstand vom Endpunkt aufweisen, bewegen sich somit auf der Evolvente eines anderen Zahnes. Die Evolventenverzahnungen haben folgende Vorteile: Die Flanken zweier im Eingriff befindlicher Zahnräder berühren sich immer, und in diesen Berührungspunkten haben sie stets die annähernd gleiche Geschwindigkeit. Somit ist gewährleistet, daß die Übertragung der Drehbewegung reibungsarm erfolgt.

[0061] Gleichzeitig erlaubt die Evolventenverzahnung die gleichmäßige Übertragung von Drehmomenten durch eine konstante Übersetzung. Sie ist unempfindlich gegen das Verschieben der Achsen der Zahnräder (Achsabstandsunabhängigkeit). Sie ist einfach in der Fertigung durch standardisierte geradlinige Werkzeuge. Bei gleicher Geometrie des Werkzeuges sind Zahnräder mit unterschiedlicher Zähnezah und unterschiedlicher Profilverchiebung frei miteinander kombinierbar.

[0062] Bei Planetwalzengetrieben ist man wie bei anderen Getrieben bemüht, mit möglichst geringem Spiel zwischen den Getriebeteilen zu arbeiten. Das

Spiel kann bei der Festlegung der Kontur berücksichtigt werden. Bei Planetwalzenextrudern ist üblicherweise ein sehr viel größeres Spiel vorgesehen. Auch dieses Spiel kann bei der Festlegung der Zahnkontur berücksichtigt werden.

[0063] Bei üblicher Verzahnung folgt ein Zahn einer Zahnücke und einer Zahnücke ein Zahn, wobei die Zähne und die Zahnücken gleich sind. Da die Zähne in die Zahnücken greifen und die miteinander kämmenden/ineinander greifenden Getriebeteile die gleiche Verzahnung haben sollen, beinhalten die Zahnücken eine spiegelverkehrte Abbildung der Zähne. Bei der Gestaltung der Verzahnung sind die Zahnücken aber anders als bei üblicher Verzahnung. Bei der oben beschriebenen Herstellung der Verzahnung werden dazu an vorhandenen Getriebeteilen einzelne oder mehrere Zähne entfernt. Alternativ werden schon bei der Festlegung der Zahnkontur einzelne oder mehrere Zähne entfernt. Die Herstellung folgt dann in der oben beschriebenen Weise der festgelegten Zahnkontur. Das heißt, im Falle der Anwendung eines Fräasers, folgt der Fräser der vorher festgelegten neuen Kontur mit größeren Zahnücken. Entsprechendes gilt für andere Werkzeuge zur Herstellung der vorher festgelegten neuen Kontur.

[0064] Günstig ist es, wenn die Zahl der Zähne von Gehäuseinnenverzahnung (Buchsenverzahnung), Planetspindeln und Zentralspindel so gewählt ist, daß die Zähnezahle an der Zentralspindel und an der Gehäuseinnenverzahnung (Buchsenverzahnung) gerade ist und die Zähnezahle an den Planetspindeln ungerade ist. Dann wird die Schmelze in jeder Zahnücke zwischen zwei Zähnen durch die in den Zwischenraum eindringenden Zähne anderer Teile des Planetwalzenextruders verdrängt.

[0065] Die gleichen Verhältnisse ergeben sich bei ungeraden Zähnezahlen an Zentralspindel und Gehäuseinnenverzahnung und gerade Zähnezahle an den Planetspindeln. Das gleiche Ergebnis kann durch unregelmäßiges Entfernen des Zahnbesatzes bei der Herstellung der Transportspindeln erreicht werden, zum Beispiel dadurch, daß nicht regelmäßig jeder zweite Zahn, sondern einmal oder mehrmals ein anderer Zahn, zum Beispiel der dritte Zahn entfernt wird oder zum Beispiel zwei ursprünglich neben einander stehende Zähne unberührt bleiben. Das heißt, die Bearbeitung erfolgt in unterschiedlichen Abständen. Dabei kann ausreichend sein, daß ein Abstand anders als die anderen Abstände ist. Es können auch mehrer Abstände anders sein. Das gleiche Ergebnis kann auch dadurch erreicht werden, daß die in der beschriebenen Weise bearbeiteten Planetspindeln mit unbearbeiteten Planetspindeln kombiniert werden oder das unterschiedlich bearbeitete Planetspindeln miteinander kombiniert werden.

[0066] Die Transportspindeln und der zugehörige Stand der Technik sind beschrieben in DE 10 2006 033 089 A1, EP 1844917 A2, DE 2702390 A, EP 1833101 A1, DE 10142890 A1, US 4981711, GB 2175513 A, US 5947593, DE 2719095. Zu jedem Planetwalzenextruder gehört ein maximaler Planetspindelbesatz. Dabei handelt es sich um die maximale Zahl von Planetspindeln, die zwischen Innenverzahnung des umgebenden Gehäuses und der Zentralspindel Platz finden können, ohne daß sich die Planetspindeln gegenseitig an einer Drehung hindern. Der maximale Planetspindelbesatz hängt von dem jeweiligen Verzahnungsmodul ab. Während der Planetwalzenextrudermodul ein Extruderabschnitt ist, handelt es sich bei dem Verzahnungsmodul um eine die Form der Zähne und der Zahnücken bestimmende Berechnungs-/Konstruktionsgröße.

[0067] Durch Wahl eines im Vergleich zu dem maximalen Planetspindelbesatz geringeren Planetspindelbesatz kann zusätzlich zum Einsatz von Transportspindeln eine Reduktion des Energieeintrages in das Einsatzgut im Extruder erfolgen. Vorzugsweise ist im Vergleich zu dem maximalen Planetspindelbesatz mindestens eine Verringerung der Planetspindelzahl um eins, wahlweise auch um mindestens 2 oder mindestens drei vorgesehen.

[0068] Wahlweise sind auch mehrteilige Planetspindeln vorgesehen, nämlich mit einem separat bearbeiteten Teil und mit einem separat hergestellten Restteil. Der Restteil kann ein Noppenverzahnungsteil oder ein normal verzahntes Teil oder ein anderes Teil sein. Beide Teile sind zugleich mit einer mittigen Bohrung für einen Anker versehen, mit dem die beiden Teile miteinander verspannt werden. Auf dem Wege entstehen mehrteilige Planetspindeln, die über ihrer Länge einen Verzahnungswechsel aufweisen, daß heißt von einer Verzahnung zu einer anderen Verzahnung wechseln.

[0069] Die Mehrteiligkeit kann bei der Herstellung der Verzahnung Vorteile haben, indem die Teile mit unterschiedlicher Verzahnung separat hergestellt werden. Dann müssen die Werkzeuge dem Zahnwechsel nicht folgen. Im Zusammenhang mit einem gewünschten schlagartigen Wechsel der Verzahnung bietet sich eine solche Vorgehensweise an.

[0070] Auf der anderen Seite kann verfahrenstechnisch auch ein langsamer Wechsel von einer Verzahnung zur anderen von Vorteil sein. Ein langsamer Übergang von einer oben beschriebenen Verzahnung zu einer Normalverzahnung entsteht in der Anwendung eines Fräasers zum Beispiel dadurch, daß der für die nachträgliche Zahnentfernung eingesetzte Fräser langsam aus dem Material der Planetspindel herausgefahren wird.

[0071] Die mehrteiligen Planetenspindeln können auch einen mehrfachen Verzahnungswechsel besitzen.

[0072] Es kommen auch einteilige Planetenspindeln in Betracht, die über Ihrer Länge in der Verzahnung einen oder mehrere Verzahnungswechsel zeigen.

[0073] Für jeden Wechsel der Verzahnung gelten die Ausführungen zur nachträglichen Entfernung von Zähnen und der vorhergehenden Festlegung der Zahnkontur entsprechend.

[0074] Je nach Extrusionsgut kann auch eine Entgasung erforderlich werden. Wegen der Einzelheiten wird zum Beispiel auf folgende Entgasungsvorgänge verwiesen:

DE 10 2004 061 185 A1, DE 102 004 060 966 A1,
 DE 10 2004 053 929 A1, DE 1020040050058 A1,
 DE 10 2004 004 237 A1, DE 69908565 T2,
 DE 69827497 T2, DE 69807708 T2,
 DE 69725985 T2, DE 69715781 T2,
 DE 69715082 T2, DE 69711597 T2,
 DE 69710878 T2, DE 69709015 T2,
 DE 69707763 T2, DE 69630762 T2,
 DE 69628188 T2, DE 69622375 T2,
 DE 69428309 T2, DE 69427539 T2,
 DE 69419146 T2, DE 69312852 T2,
 DE 69312246 T2, DE 69306874 T2,
 DE 69207369 T2, DE 68928567 T2,
 DE 68915788 T3, DE 60206271 T2,
 DE 60012108 T2, DE 19956483 A1,
 DE 19954313 A1, DE 10257377 A1,
 DE 10356821 A1, DE 10354546 A1,
 DE 10354379 A1, DE 10352444 A1,
 DE 10352440 A1, DE 10352439 A1,
 DE 10352432 A1, DE 10352431 A1,
 DE 10352430 A1, DE 10351463 A1,
 DE 10349144 A1, DE 10345043 A1,
 DE 10343964 A1, DE 10342822 A1,
 DE 10340977 B4, DE 10340976 B4,
 DE 10333927 A1.

[0075] Wahlweise findet der beschriebene Einzug auch in Kombination mit einer weiteren Bearbeitung des Extrusionsmaterials in einem Einschnuckenextruder oder einem Doppelschnuckenextruder Anwendung. In der Kombination mit einem Einschnuckenextruder setzt sich die Zentralschnecke in dem dem Einzug folgenden Extruderabschnitt als Einschnucken fort. In der Kombination mit einem Doppelschnuckenextruder setzt sich die Zentralspindel in dem Einzug als eine der beiden Schnecken des Doppelschnuckenextruders fort.

[0076] Im Übrigen ist von Vorteil, wenn das Gehäuse am Übergang der Einlauföffnung in die Gehäuseverzahnung eine Abrundung aufweist. Vorzugsweise hat die Abrundung dabei einen Radius, der mindestens gleich $\frac{1}{4}$ der Zahnhöhe, noch weiter bevorzugt

mindestens gleich $\frac{1}{2}$ der Zahnhöhe der Gehäuseverzahnung ist.

[0077] Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, den Materialeinzug noch weiter zu verbessern. Das wird nach der Erfindung mit den Merkmalen des Hauptanspruches erreicht. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0078] Nach der Erfindung wird das Einsatzmaterial in Bezug auf die Mitte des Planetwalzenextruders exzentrisch in den Planetwalzenextruder geleitet. Der Versatz erfolgt in Drehrichtung der Zentralspindel des Planetwalzenextruders. Dabei verläuft die Mittelachse der Materialzuführung im Abstand an der Mittelachse des Planetwalzenextruders vorbei. Vorzugweise ist der Abstand größer als ein Viertel des Teilkreisdurchmessers der Verzahnung in dem Extrudergehäuse bzw. der Verzahnung in der innen verzahnten Buchse des Gehäuses. Noch weiter bevorzugt ist der Abstand größer als der halbe Teilkreisdurchmesser der Verzahnung in dem Extrudergehäuse bzw. der Verzahnung in der innen verzahnten Buchse des Gehäuses. Höchst bevorzugt ist der Abstand größer als der halbe Durchmesser des Fußkreises der Zentralspindelverzahnung und kleiner als der halbe Fußkreis der Verzahnung in dem Extrudergehäuse bzw. der Verzahnung in der innen verzahnten Buchse des Gehäuses. Von Vorteil ist, wenn der Durchmesser der Materialzuführung kleiner als der Durchmesser des Fußkreises der Innenverzahnung des Extrudergehäuses bzw. der Innenverzahnung der Buchse in dem Gehäuse. Soweit die Materialzuführung bei erfindungsgemäßer Exzentrizität seitlich über den Raum hinausragt, in dem das Material im Planetwalzenextruder bearbeitet wird, ist in dem Übergang von der Materialzuführung zum Gehäuse des Planetwalzenextruders eine Abschrägung vorgesehen. Durch die Abschrägung verjüngt sich die Materialzuführung am Übergang von der Materialzuführung auf das Extrudergehäuse. Günstige Verhältnisse ergeben sich dabei, wenn die Schräge im Querschnitt des Extrudergehäuses in etwa auf einer Tangente an den Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Extrudergehäuses bzw. der innen verzahnten Buchse des Gehäuses liegt, wenn der Schnitt zugleich in Längsrichtung der Materialzuführung durch deren Mitte geht. In etwa heißt, daß die Schräge maximal um ein Maß von der Tangente abweicht, das gleich dem Durchmesser der zu dem Planetwalzenextruder gehörenden Planetenspindeln, vorzugsweise maximal gleich dem halben Durchmesser der zugehörigen Planetenspindeln und höchst bevorzugt gleich einem Viertel des Durchmessers der zugehörigen Planetenspindeln ist. Die Schräge schließt dabei mit der Horizontalen durch die Planetwalzenmittelachse vorzugsweise einen Winkel von mindestens 30 Grad, noch weiter bevorzugt einen Winkel von mindestens 45 Grad und höchst bevorzugt einen Winkel von mindestens 60 Grad ein. Auf dem Wege wird die Ma-

terialzuführung in den Planetwalzenextruder verbessert. Ähnliche Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn anstelle einer gerade verlaufenden Schräge eine auf einer Kurvenbahn verlaufende Schräge vorgesehen ist.

[0079] Die erfindungsgemäße Materialzuführung ist besonders für modulweise aufgebaute Planetwalzenextrudermodul geeignet. Dann kann ein Planetwalzenextrudermodul mit der erfindungsgemäßen Materialzuführung an jeder gewünschten Stelle angeordnet werden. Dabei muß die gewünschte Stelle nicht vorausberechnet werden. Es ist auch möglich auf empirischem Wege durch Anordnung der Materialzuführung im zweiten oder dritten Planetwalzenextrudermodul die richtige Stelle zu finden. Das geschieht dann durch Anordnung des mit der Materialzuführung versehenen Planetwalzenextrudermoduls als zweiter oder dritter oder vierter Modul.

[0080] Wahlweise wird der erfindungsgemäße Planetwalzenextrudermodul in mehrfacher Ausführung oder in Kombination mit einem herkömmlichen Füllteil eingesetzt, das einem Einschneckenextruder nachgebildet ist und zum Beispiel mit einem Einfülltrichter versehen ist. Auf dem Wege kann Material an verschiedenen Stellen zugeführt werden. Damit können auch Materialien verarbeitet werden, die nicht gemeinsam in Mischung gebracht werden dürfen bzw. nacheinander und ggfs. in zeitlichem Abstand in Mischung gebracht werden müssen. Außerdem können schwierig zu verarbeitende Materialien, zum Beispiel Feststoffe mit einer Neigung zum Kleben und Anbacken oder Feststoffe, die zur Entmischung neigen, spätestens möglich in die Mischung gebracht werden. Auf dem erfindungsgemäßen Wege können Feststoffe miteinander und wahlweise auch mit Flüssigkeiten oder mit Schmelzen in Mischung gebracht werden. Zumeist ist dabei eine genaue Dosierung von Vorteil. Die Dosierung kann volumetrisch oder gravimetrisch erfolgen. Die Feststoffe können drucklos oder mit einem Stopfwerk zwangsweise in den Extruder getragen werden. Die Planetspindeln können in der oben beschriebenen Form ganz oder teilweise durch Transportspindeln gebildet werden bzw. mit anders ausgebildeten Planetspindeln kombiniert werden. Für temperaturempfindliche Materialien kann eine Temperierung des Anschlusses und/oder anderer Zuführungsteile wie des Einlauffrichters vorgesehen sein. Die erfindungsgemäße Technik kann zum Beispiel Vorteil haben beim Einsatz des Extruders in chemischen Prozessen, in der Lebensmittelindustrie oder Kunststoffindustrie.

[0081] In der Zeichnung sind verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

[0082] Fig. 1 zeigt einen Extruder mit folgenden Komponenten/Abschnitten: Antrieb 1, Einzug 2, Planetwalzenextruderabschnitte 3.1, 3.2 und 3.3, 4 und

Austragdüse 6. In den Einzug 2 mündet eine Dosierung 8. Von dem Behälter 8 führt eine Dosierungsleitung in den Einzug 2.

[0083] Die Dosierung wird in nicht dargestellter Form mit thermoplastischem EPDM-Granulat für dessen Verarbeitung gefüllt und geschlossen.

[0084] Das EPDM-Granulat gelangt in den Einzug 2 und wird von dort in Extrusionsrichtung gefördert. Die Extrusionsrichtung weist in der Zeichnung von links nach rechts. Der Einzug 2 ist in Modulbauweise gestaltet. Dieser Modul hat die Bauweise eines Planetwalzenextruders. In dem Einzug 2 findet eine erste Erwärmung statt. Für die Erwärmung des EPDM-Granulats ist ein Heiz-Kühlkreis 15 vorgesehen. Der Heiz-Kühlkreis 15 wirkt mit dem Gehäusemantel des Moduls zusammen. Über den Gehäusemantel wird die Wärme auf das eingefüllte EPDM-Granulat übertragen. Zusätzlich erzeugt die in dem Modul 2 umlaufende Schnecke eine Erwärmung des EPDM-Granulats.

[0085] Das EPDM-Granulat gelangt im Ausführungsbeispiel mit Vorwärmtemperatur von 140 Grad Celsius in den nächsten Extruderabschnitt/Modul 3.1. An den Extruderabschnitt/Modul 3.1 schließen sich Extruderabschnitte/Module 3.2 und 3.3, 4. Die Module 3.1 bis 4 haben die Bauweise von Planetwalzenextrudern. Die Module 2, 3.1, 3.2 und 3.3, 4 besitzen aufeinander abgestimmte Gehäuse und nicht dargestellte Anschlußflansche, an denen sie miteinander verbunden werden. Die Verbindung ist eine Verschraubung.

[0086] In dem Planetwalzenextruderabschnitten/Modulen 3.1, 3.2 und 3.3, 4 wird das EPDM-Granulat zwischen den umlaufenden Planetspindeln, der Zentralspindel und dem innen verzahnten Extrudergehäuse vielfach geknetet, so daß sich immer neue Oberflächen bilden, die zur Wärmeübertragung genutzt werden können. Dabei kann Wärme von dem Gehäusemantel auf das EPDM übertragen werden oder von dem EPDM abgezogen und über den Gehäusemantel abgeführt werden. Wie im Modul 2 sind die Module 3.1, 3.2 und 3.3 sowie 4 mit Heiz-Kühlkreisen 16, 17, 19, 20 versehen.

[0087] In den Extruderabschnitten/Modulen 3.1, 3.2 und 3.3 wird das EPDM auf eine Temperatur von 300 Grad Celsius gebracht, in dem Extruderabschnitt/Modul 4 auf eine Temperatur von 220 Grad Celsius. Die Heiz-Kühlkreise 16, 17, 19, 20 gewährleisten die Einhaltung der gewünschten Temperatur. Dabei wird durch die Verformungsarbeit der Extruderabschnitte/Module Wärme in das EPDM eingetragen. Soweit der Wärmeeintrag für das Erreichen der gewünschten Temperatur unzureichend ist, wird die fehlende Wärme von den Heiz-Kühlkreisen über den zugehörigen Gehäusemantel der Modul auf das EPDM über-

tragen. Soweit die durch die Verformungsarbeit erzeugte Wärmemenge über die für die gewünschte Temperatur erforderliche Wärmemenge hinausgeht, wird die Überschussmenge über die Heiz-Kühlkreise abgezogen. In den Extruderabschnitten wird das EPDM aufgeschmolzen. Zugleich werden die Molekülketten miteinander vernetzt. Das erlangte und eingehaltene Temperaturprofil entspricht den Vorgaben des EPDM-Herstellers. In anderen Anwendungsbeispielen wird eine andere Temperatur eingestellt und eingehalten.

[0088] Zusätzlich ist im Ausführungsbeispiel für die Verarbeitung des EPDM eine Ölzugabe vorgesehen. Die Ölzugabe erfolgt über einen Einspritzring **21**. Der Einspritzring **21** ist zwischen den Modulen **3.1** und **3.2** vorgesehen. Der Einspritzring **21** ist über eine Leitung mit einer Pumpe und einem Ölvorratsbehälter verbunden.

[0089] Im Ausführungsbeispiel bildet der Einspritzring **21** den Anlauftring für die umlaufenden Planetenspindeln des Moduls **3.1**. Ferner sind an dem Einspritzring **21** Öffnungen vorgesehen, in denen Druckmeßgeräte und Temperaturmeßgeräte sitzen. Diese Geräte sind in die Steuerung der Heiz-Kühlkreise eingebunden. Wegen der Einzelheiten des Einspritzringes **21** und dessen Anordnung im Gehäuse wird Bezug genommen auf die DE 19720916 B4. Auch an den Modulen **3.2** und **3.3** sind Anlaufringe **22** und **23** vorgesehen, mit denen sich Druckmessungen und Temperaturmessungen wie an dem Modul **3.1** durchführen lassen.

[0090] Das EPDM wird mit der Temperatur von 220 Grad Celsius aus der Extrusionsanlage ausgetragen. Dazu ist der Modul **4** austrittseitig mit einer Runddüse **24** mit 20 mm Durchmesser vorgesehen. Das ausgelegene EPDM wird zwischen Kühlwalzen **25** abgekühlt.

[0091] Das Ausführungsbeispiel nach **Fig. 1a** unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel nach **Fig. 1** durch eine andere Kühlung am Austrag. In dem Ausführungsbeispiel besteht die Kühlung für das EPDM aus einem einfachen Wasserbehälter **26**.

[0092] Das Ausführungsbeispiel nach **Fig. 5** unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel nach **Fig. 1a** durch eine Entgasung **27** und durch eine zusätzliche Dosierung **28**. Die Entgasung **27** besteht aus einem seitlich angeflanschten Doppelschneckenextruder, mit dem der Schmelzeaustritt verhindert werden kann, aber eine Ausgasung zugelassen wird. Die Ausgasung wird durch einen am Doppelschneckenextruder anliegenden Saugzug bewirkt.

[0093] Die Zusätzliche Dosierung **28** dient zur Einmischung eines weiteren Polymers in das EPDM.

[0094] **Fig. 3** zeigt schematisch herkömmliche Planetenspindeln **321** für Planetwalzenextruder. Diese Planetenspindeln **321** bilden mehrgängige Schnecken, die sich mit gleichbleibender Neigung über die gesamte Spindellänge erstrecken.

[0095] Die Schneckengänge sind in der Zeichnung durch schräg zur Spindellängsachse verlaufende Striche dargestellt. Die Schneckengänge verlaufen in der Seitenansicht von rechts rechtsgängig, im Uhrzeigersinn. Die Schnecken besitzen außenseitig eine Verzahnung. Die korrespondierende spiegelbildliche Verzahnung findet sich an der Zentralspindel des Planetwalzenextruderabschnittes und dem innen verzahnten umgebenden Gehäuse, so daß die Planetenspindeln **321** sowohl mit der Gehäuseverzahnung als auch mit der Zentralspindel kämmen können.

[0096] **Fig. 4** zeigt bekannte Planetenspindeln **322**, welche einerseits die gleichen Schneckengänge wie die Schnecken/Spindeln nach **Fig. 3** besitzen. Andererseits besitzen die Spindeln zugleich linksgängig verlaufende Nuten, welche die rechtsgängig verlaufenden Schneckengänge schneiden. Die linksgängig verlaufenden Nuten sind mit Strichen in der **Fig. 4** dargestellt, welche die aus **Fig. 3** bekannten Schneckengänge rechtwinklig kreuzen. Das ist mit kreuzenden Strichen dargestellt. Durch die kreuzenden Nuten werden die Stege zwischen den Schneckengängen, welche im Querschnitt die Zähne der Verzahnung bilden, unterbrochen. Die zwischen zwei Unterbrechungen verbleibenden Zähne bilden einen stachelartigen/noppenartigen Zahn. Die vielen nebeneinander entstehenden Stachel/Noppen führen zu der Bezeichnung Noppenverzahnung. Die Unterbrechungen werden im weiteren als Zahnücken bezeichnet.

[0097] **Fig. 2** zeigt weitere Planetenspindeln **23** mit einem Teil **25**, welcher der Verzahnung nach **Fig. 3** nachgebildet ist, und mit einem Teil **24**, welcher der Verzahnung nach **Fig. 4** nachgebildet ist.

[0098] **Fig. 6** und **Fig. 8** zeigen für die Verwendung eines Planetwalzenextruders in der Trocknungsstation einer EPDM-Aufbereitungsanlage eine Planetenspindel **60**. Die Planetenspindel **60** besteht aus zwei Teilen **61** und **62**. Der Teil **61** entspricht einer herkömmlichen Planetenspindel mit vollem Zahnbesatz. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Planetenspindel mit einem Teilkreisdurchmesser von 34 mm, mit einem Außendurchmesser von 42 mm und einem Durchmesser von 26 mm am Zahnfuß des Zahnbesatzes. Im Ausführungsbeispiel hat der Teil **61** eine Länge von 200 mm. Die Gesamtlänge der Planetenspindel **60** beträgt 1000 mm.

[0099] Dadurch ergibt sich für den Teil **62** eine Länge von 800 mm. Der Teil **62** definiert den Bereich besonderer Ausbildung der Planetenspindel, Teil **61** definiert

niert den Restbereich. Im Teil **61** hat die Spindel 7 Zähne **64**, die ähnlich wie Gewindegänge, aber mit sehr großer Steigung an der Planetenspindelaußenseite verlaufen. Dies ist in der **Fig. 8** dargestellt.

[0100] Im Teil **62** sind 3 Zähne **64** abgefräst worden. Das ist vor einer Oberflächenhärtung der Zähne **64** erfolgt. Die Verteilung der verbliebenen Zähne ist in **Fig. 7** dargestellt. Dabei liegen noch zwei Zähne **64** nebeneinander. Zu den übrigen Zähnen ergibt sich eine Zahnücke.

[0101] Die Planetenspindeln nach den **Fig. 6** und **Fig. 8** werden als Transportspindeln bezeichnet, weil sie im Unterschied zu den Noppenspindel eine größere Transportwirkung haben. Jedoch zeigt sich auch, daß die von den Transportspindeln geleistete Verformungsarbeit überraschend gering ist. Dementsprechend gering ist der Energieeintrag in das EPDM. Das erleichtert die Einhaltung der für das EPDM erforderlichen Temperaturführung.

[0102] In den Ausführungsbeispielen nach **Fig. 1**, **Fig. 1a** und **Fig. 5** handelt es sich um einen Extruder mit 70 mm Gehäusedurchmesser (bezogen auf den Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung). Die maximale Planetspindelzahl für den Besatz der Module **3.2**, **3.2**, **3.3** und **4** ist 7. Es sind jeweils 6 Planetenspindeln der Bauart nach den **Fig. 6** und **Fig. 8** für die Verarbeitung von EPDM in jedem Modul vorgesehen. In anderen Ausführungsbeispielen sind in den verschiedenen Modulen unterschiedliche Planetenspindeln vorgesehen. Die Unterschiede können dabei die Zahl der „fehlenden“ Zähne betreffen. Die Unterschiede können sich auch aus der Kombination mit Spindeln anderer Bauart ergeben. Die Unterschiede können sich auch aus der Kombination unterschiedlicher Verzahnung an einzelnen oder sämtlichen Planetenspindeln ergeben. Mindestens ist eine teilweise als Transportspindel ausgebildete Planetspindel in der Extrusionsanlage vorgesehen.

[0103] **Fig. 9** zeigt eine Planetspindel mit einer Normalverzahnung **80** an einem Ende, dann einen Bereich **81** mit einer Noppenverzahnung und einen Bereich **82** mit einer reduzierten Verzahnung wie vorstehend beschrieben.

[0104] **Fig. 10** zeigt eine Planetspindel mit einer Normalverzahnung **85** an einem Ende, dann einem Bereich **86** mit einer Noppenverzahnung, dann einem Bereich **87** mit einer reduzierten Verzahnung und wieder eine Normalverzahnung am anderen Spindelende.

[0105] Die Länge der Module beträgt in den Ausführungsbeispielen 400 mm. Die Planetenspindeln besitzen im Ausführungsbeispiel eine geringere Länge, zum Teil eine unterschiedliche Länge.

[0106] Nach **Fig. 11** und **Fig. 12** ist der Einzug **2** als Planetwalzenextrudermodul ausgebildet. Zu dem Planetwalzenextrudermodul gehört ein Gehäuse **100**, welches an jedem Ende mit einem Flansch **101** versehen ist. Außerdem besitzt das Gehäuse eine Buchse **109**, welche mit einer Innenverzahnung **110** versehen ist. Außen sind die Buchse Kühl/Heizkanäle **108** eingearbeitet. In dem montierten Zustand sind die Heiz/Kühlkanäle **108** außen durch das Gehäuse geschlossen. An den Enden der Heiz/Kühlkanäle **108** sind Zuleitungen/Ableitungen für ein Temperierungsmittel vorgesehen. In **Fig. 12** ist von den beiden Zuleitungen/Ableitungen ein Anschluß **103** dargestellt.

[0107] Mittig in dem Gehäuse **100** ist eine Zentralspindel **107** angeordnet. Antriebsseitig ist die Zentralspindel **107** als Vielkeilwelle **105** ausgebildet, um mit einem Getriebemotor zu korrespondieren.

[0108] Zwischen der Innenverzahnung **110** und der Zentralspindel **107** sind Planetenspindeln **106** vorgesehen. Die Planetenspindeln **106** kämmen mit der Verzahnung der Zentralspindel **107** und der Innenverzahnung **110**. In der Zeichnung zeigen die Planetenspindeln **106** eine Normal/Standardverzahnung wie die Zentralspindel und die Buchse **109**. Anders als dargestellt handelt es sich aber um Transportspindeln.

[0109] Überdies ist oben auf dem Gehäuse **100** ein Flansch **102** mit einer Einlauföffnung **104** für das zur Extrusion bestimmte Einsatzmaterial vorgesehen. An dem Flansch **102** wird ein Einlauftrichter befestigt. Im Ausführungsbeispiel ist keine zusätzliche Temperierung des Flansches vorgesehen. In anderen Ausführungsbeispielen ist eine nicht dargestellte zusätzliche Temperierung des Flansches und ggfs. des Einlauftrichters vorgesehen, um eine Material, welches zum Kleben oder Anbacken neigt, so zu temperieren, daß die Neigung zum Kleben oder Anbacken minimiert wird.

[0110] **Fig. 13** zeigt den Einzug mit einem geöffneten Mantel **100**, so daß der Blick auf die Transportspindeln **106** frei ist.

[0111] Im Betrieb läuft das Extrusionsmaterial aus dem nicht dargestellten Einlauftrichter drucklos in die Einlauföffnung **104** des Mantels **100** ein. Drucklos heißt, daß über das Gewicht der über der Einlauföffnung **104** stehenden Materialsäule hinaus kein Druck in Richtung der Einlauföffnung auf das Material ausgeübt wird. Das Extrusionsmaterial tritt zwischen die Transportspindeln **106** und wird von den Transportspindeln erfaßt und extrem schonend in Mischung gebracht und in Richtung der anderen Planetwalzenextruderabschnitte/Module gefördert, um dort weiter bearbeitet zu werden.

[0112] Fig. 14 und Fig. 15 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel. Das weitere Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 11 bis Fig. 13 durch einen anderen Gehäusemantel **119**. Der Gehäusemantel **119** besitzt auch eine Einlauföffnung **120** für Einsatzmaterial. Darüber hinaus ist der Gehäusemantel **119** mit einer Innenverzahnung **121** versehen, die wie die Innenverzahnung nach Fig. 11 bis Fig. 13 geeignet ist, mit den Planetenspindeln **106** zusammen zu wirken. Im Unterschied zur Gehäuseinnenverzahnung nach Fig. 11 bis Fig. 13 ist die Verzahnung ist die Innenverzahnung **121** aber in dem sich an die Einlauföffnung **120** anschließenden und in Umlaufrichtung der Zentralspindel erstreckenden Bereich **122** abgeflacht. Die Umlaufrichtung der Zentralspindel verläuft in der Darstellung nach Fig. 14 im Uhrzeigersinn. An dem der Einlauföffnung benachbarten Ende sind die Zähne um $\frac{3}{4}$ ihrer Höhe durch die Abflachung verringert. Diese Abflachung **133** nimmt im Ausführungsbeispiel in Umlaufrichtung der Zentralspindel ab. Dabei erstreckt sich die Abflachung **133** im Ausführungsbeispiel über $\frac{1}{10}$ des Umfanges des zu der Gehäuseinnenverzahnung gehörenden Teilkreises. In anderen Ausführungsbeispielen kann sich der Bereich über mindestens $\frac{1}{4}$ des Umfanges des Teilkreises oder mindestens $\frac{1}{2}$ des Umfanges des Teilkreises oder mindestens $\frac{3}{4}$ des Umfanges des Teilkreises erstrecken. Dabei wird das Erstreckungsmaß des Bereiches **122** von dem Punkt aus bestimmt, in dem sich der Bereich **122** in der Darstellung nach Fig. 14 mit einem Schnitt durch die Mitte der im Querschnitt kreisförmigen Einlauföffnung an die Einlauföffnung anschließt.

[0113] Die Erstreckungsrichtung des Bereiches **122** verläuft in der Darstellung nach Fig. 14 allein in Umfangsrichtung. In anderen Ausführungsbeispielen kann die in Fig. 14 dargestellte Erstreckungsrichtung auch in Umfangsrichtung und zugleich geneigt zur Längsrichtung des Gehäuses verlaufen.

[0114] Fig. 15 zeigt, daß die Abflachung **133** sich im Ausführungsbeispiel über die gesamte Öffnungsweite der Einlauföffnung erstreckt. In anderen Ausführungsbeispielen erstreckt sich die Abflachung **133** über höchstens 90% der Öffnungsweite der Einlauföffnung, in noch weiteren Ausführungsbeispielen über höchstens 80% der Öffnungsweite der Einlauföffnung und noch anderen Ausführungsbeispielen über höchstens 70% der Öffnungsweite der Einlauföffnung. Die Abflachung **133** kann sich bei Bedarf in der in Fig. 15 dargestellten Breite in noch weiteren Ausführungen auch über die Öffnungsweite der Einlauföffnung hinaus erstrecken, zum Beispiel um höchstens weitere 10% der Öffnungsweite oder um höchstens weitere 20% der Öffnungsweite oder um höchstens 30% der Öffnungsweite.

[0115] Die in Fig. 14 und Fig. 15 gezeigte Abflachung bildet einen Einlauftrichter, der den Einzug des Einsatzmaterials in die Extrusionsanlage erleichtert.

[0116] Fig. 16 zeigt einen ursprünglichen Zahn **136** zwischen Zahnlücken **135**. Die Darstellung beinhaltet einen Ausschnitt einer Gehäuseinnenverzahnung. Durch Funkenerosion ist ein strich-punktiert dargestellter Zahn **137** mit geringerer Höhe, rundem Kopf und Zahnflanken gezeigt, die zum Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung eine geringere Neigung aufweisen als die Zahnflanken des ursprünglichen Zahnes **136**.

[0117] Fig. 17 zeigt einen Querschnitt durch einen Planetwalzenextruderabschnitt mit einer Feststoffzuführung **202**. Der Querschnitt zeigt ein Gehäuse **201** mit einer Innenverzahnung **205**. In dem Gehäuse **201** laufen eine Zentralspindel **204** und Planetenspindeln **203** um. Die Feststoffzuführung **202** besitzt einen nicht dargestellten Trichter mit einem zylindrischen Auslauf, der an das Gehäuse **201** angeflanscht ist. Der Trichter mit dem zylindrischen Auslauf ist in Bezug auf die Mitte der Zentralspindel **204** exzentrisch angeordnet. Das heißt, die Mittelachse **208** der Zuführung **202** verläuft im Abstand an der Mittelachse der Zentralspindel vorbei. Der Abstand beider Achsen ist im Ausführungsbeispiel etwas größer als ein Viertel des Teilkreisdurchmessers der Gehäuseinnenverzahnung **205**, aber wesentlich kleiner als der halbe Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung **205**. Infolgedessen weist die Mittelachse **208** in einen Bereich der Bewegungsbahn der Planetenspindeln **203**, in dem die Planetenspindeln **203** sich nach Erreichen der Höchststellung in der Ansicht nach Fig. 17 deutlich abwärts bewegen. Auf dem Wege wird das Material sehr viel besser in den Planetwalzenextrudermodul eingezogen als bei der herkömmlichen Anordnung der Materialzuführung über dem Planetwalzenextrudermodul, bei der die Mittelachse der Zuführung senkrecht auf der Mittelachse des Planetwalzenextrudermoduls steht. Das Material ist in der Ansicht nach Fig. 17 schematisch mit Partikeln **206** dargestellt.

[0118] Infolge der Abmessungen der Zuführung **202** steht die Zuführung bei der erfindungsgemäßen exzentrischen Anordnung der Zuführung **202** in der senkrechten Projektion auf eine horizontale Ebene, in der die Mittelachse des Planetwalzenextrudermoduls liegt, gegenüber dem Planetwalzenextrudermodul vor. Um gleichwohl die Feststoffpartikel **206** gut in den Planetwalzenextrudermodul zu lenken ist ein sich verjüngender Übergang **207** von der Materialzuführung in den Planetwalzenextrudermodul vorgesehen. Im Ausführungsbeispiel bildet der Übergang eine Schräge. Die Schräge verläuft unter einem Winkel von 60 Grad zur Horizontalen.

[0119] Fig. 18 zeigt einen Planetwalzenextruder, der aus einem Planetwalzenextrudermodul **220** und einem Füllteil **221** besteht. Zu dem Planetwalzenextrudermodul **220** gehören Planetspindeln **226** und eine Materialzuführung wie in Fig. 17 dargestellt. Zu dem Füllteil **221** gehören eine Einzugschnecke **227** und eine Materialzuführung **228**. Die Materialzuführung **228** dient der Zuführung von nicht haftendem Material, die Materialzuführung **225** der Zuführung von Material, das zum Kleben/Anhaften neigt.

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 Patentliteratur

- DE 19939075 A1 [0005]
- CA 698518 [0005, 0009]
- DE 19653790 A [0005]
- DE 19638094 A1 [0005]
- DE 19548136 A1 [0005]
- DE 1954214 A [0005]
- DE 3908415 A [0005]
- DE 19939077 A [0005]
- EP 1078968 A1 [0005]
- EP 1067352 A [0005]
- EP 854178 A1 [0005]
- JP 3017176 [0005]
- JP 11080690 [0005]
- JP 9326731 [0005]
- JP 11-216754 [0005]
- JP 11-216764 [0005]
- JP 10-235713 [0005]
- WO 2007/0874465 A2 [0005]
- WO 2004/101627 A1 [0005]
- WO 2004/101626 A1 [0005]
- WO 2004/037941 A2 [0005]
- EP 1056584 [0005]
- EP 99/00968 [0005]
- WO 94/11175 [0005, 0009]
- US 6780271 B1 [0005]
- US 7476416 [0005]
- DE 102005007952 A1 [0008]
- DE 102004061068 A1 [0008]
- DE 102004038875 A1 [0008]
- DE 102004048794 A1 [0008]
- DE 102004048773 A1 [0008]
- DE 102004048440 A1 [0008]
- DE 102004046228 A1 [0008]
- DE 102004044086 A1 [0008]
- DE 102004044085 A1 [0008]
- DE 102004038774 A1 [0008]
- DE 102004034039 A1 [0008]
- DE 102004032694 A1 [0008]
- DE 102004026799 B4 [0008]
- DE 102004023085 A1 [0008]
- DE 102004004230 A1 [0008]
- DE 102004002159 A1 [0008]
- DE 19962886 A1 [0008]
- DE 19962883 A1 [0008]
- DE 19962859 A1 [0008]
- DE 19960494 A1 [0008]
- DE 19958398 A1 [0008]
- DE 19956803 A1 [0008]
- DE 19956802 A1 [0008]
- DE 19953796 A1 [0008]
- DE 19953793 A1 [0008]
- DE 69937111 [0009]
- DE 69808332 [0009]
- DE 19939078 [0009]
- DE 19939077 [0009]
- DE 19939076 [0009]
- DE 19939075 [0009]
- DE 19939074 [0009]
- DE 19939073 [0009]
- DE 19824071 [0009]
- DE 19806609 [0009]
- DE 19730854 [0009]
- DE 19638094 [0009]
- DE 19819349 [0009]
- DE 19749443 [0009]
- DE 19653790 [0009]
- DE 19548136 [0009]
- DE 19534239 [0009]
- DE 10334363 [0009, 0014]
- DE 10137620 [0009]
- DE 20130049 [0009]
- DE 10059875 [0009]
- DE 10050295 [0009]
- DE 10036707 [0009]
- DE 10036706 [0009]
- DE 10036705 [0009]
- DE 4308098 [0009]
- DE 4111217 [0009]
- DE 3908415 [0009]
- DE 2719095 [0009, 0066]
- DE 235613 [0009]
- DE 2303366 [0009]
- DE 1954214 [0009]
- EP 1080865 [0009]
- EP 1078968 [0009]
- EP 1067352 [0009]
- EP 0854178 [0009]
- US 6780271 [0009]
- US 6179458 [0009]
- US 5536462 [0009]
- US 4268176 [0009]
- US 4176967 [0009]
- WO 2007/874465 [0009]
- WO 2004/101627 [0009]
- WO 2004/101626 [0009]
- WO 220/037941 [0009]
- EP 2098354 [0010]
- DE 19856235 [0010]
- EP 2013/000132 [0013]
- DE 102007050466 [0014]
- DE 102007041486 [0014]
- DE 20003297 [0014]
- DE 19930970 [0014]
- DE 102008058048 [0014]

- DE 102007059299 [0014]
- DE 102007049505 [0014]
- DE 102006054204 [0014]
- DE 102006033089 [0014]
- DE 102004026599 [0014]
- DE 19726415 [0014]
- DE 20200601644 [0014]
- DE 20200401971 [0014]
- DE 10201000253 [0014]
- DE 102009060881 [0014]
- DE 102009060851 [0014]
- DE 102009060813 [0014]
- DE 60124269 [0036]
- DE 3738335 [0036]
- DD 141975 [0037]
- DE 1964834 [0037]
- US 3233025 [0037]
- DE 2059570 [0037]
- DE 2447368 [0037]
- EP 1167017 [0038]
- DE 69829695 [0039]
- US 5135760 [0039]
- US 5045325 [0039]
- US 4555366 [0039]
- DE 102006033089 A1 [0066]
- EP 1844917 A2 [0066]
- DE 2702390 A [0066]
- EP 1833101 A1 [0066]
- DE 10142890 A1 [0066]
- US 4981711 [0066]
- GB 2175513 A [0066]
- US 5947593 [0066]
- DE 102004061185 A1 [0074]
- DE 102004060966 A1 [0074]
- DE 102004053929 A1 [0074]
- DE 1020040050058 A1 [0074]
- DE 102004004237 A1 [0074]
- DE 69908565 T2 [0074]
- DE 69827497 T2 [0074]
- DE 69807708 T2 [0074]
- DE 69725985 T2 [0074]
- DE 69715781 T2 [0074]
- DE 69715082 T2 [0074]
- DE 69711597 T2 [0074]
- DE 69710878 T2 [0074]
- DE 69709015 T2 [0074]
- DE 69707763 T2 [0074]
- DE 69630762 T2 [0074]
- DE 69628188 T2 [0074]
- DE 69622375 T2 [0074]
- DE 69428309 T2 [0074]
- DE 69427539 T2 [0074]
- DE 69419146 T2 [0074]
- DE 69312852 T2 [0074]
- DE 69312246 T2 [0074]
- DE 69306874 T2 [0074]
- DE 69207369 T2 [0074]
- DE 68928567 T2 [0074]
- DE 68915788 T3 [0074]
- DE 60206271 T2 [0074]
- DE 60012108 T2 [0074]
- DE 19956483 A1 [0074]
- DE 19954313 A1 [0074]
- DE 10257377 A1 [0074]
- DE 10356821 A1 [0074]
- DE 10354546 A1 [0074]
- DE 10354379 A1 [0074]
- DE 10352444 A1 [0074]
- DE 10352440 A1 [0074]
- DE 10352439 A1 [0074]
- DE 10352432 A1 [0074]
- DE 10352431 A1 [0074]
- DE 10352430 A1 [0074]
- DE 10351463 A1 [0074]
- DE 10349144 A1 [0074]
- DE 10345043 A1 [0074]
- DE 10343964 A1 [0074]
- DE 10342822 A1 [0074]
- DE 10340977 B4 [0074]
- DE 10340976 B4 [0074]
- DE 10333927 A1 [0074]
- DE 19720916 B4 [0089]

Patentansprüche

1. Extruder, wobei das Einsatzmaterial über ein Füllteil in den Extruder eingezogen wird, wobei der Materialeinzug durch einen Planetwalzenextruderabschnitt gebildet wird, der aus einer in einem Gehäuse umlaufenden Zentralspindel und Planetenspindeln besteht, wobei das Gehäuse innen verzahnt ist oder eine innen verzahnte Buchse besitzt und die Zentralspindel im Abstand umgibt und die Planetenspindeln in dem Zwischenraum zwischen der Zentralspindel und dem Gehäuse um die Zentralspindel umlaufen und dabei sowohl mit der Zentralspindel als auch mit der Gehäuseinnenverzahnung kämmen, gekennzeichnet durch eine Materialzuführung, welche in Bezug auf die Mittelachse des Planetwalzenextruders exzentrisch angeordnet ist, so daß die Mittelachse der Materialzuführung im Abstand von der Mittelachse des Planetwalzenextruders an dieser Mittelachse vorbei verläuft.

2. Extruder nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand mindestens gleich einem Viertel des Teilkreisdurchmessers der Innenverzahnung des Extrudergehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuses ist.

3. Extruder nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Abstand, der mindestens gleich dem halben Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Extrudergehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuses ist.

4. Extruder nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand größer als der halbe Durchmesser des Fußkreises der Zentralspindelverzahnung und kleiner als der halbe Fußkreis der Innenverzahnung des Extrudergehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuses ist.

5. Extruder nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Materialzuführung am Übergang zu dem Planetwalzenextrudergehäuse eine Abschrägung aufweist, soweit die Materialzuführung gegenüber dem Extrudergehäuse vorragt.

6. Extruder nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schräge in etwa auf einer Tangente an den Teilkreisdurchmesser der Innenverzahnung des Gehäuses oder einer innen verzahnten Buchse des Gehäuses liegt, wobei das Maß „in etwa“ eine maximale Abweichung von der Tangente beinhaltet, die gleich dem Durchmesser der Planetenspindeln, vorzugsweise gleich dem halben Durchmesser der Planetenspindeln und höchst bevorzugt gleich einem Viertel Durchmesser der Planetenspindeln ist, wobei die Schräge mit der Horizontalen durch die Extrudermitte einen Winkel von mindestens 30 Grad, vorzugsweise einen Winkel von mindestens 45 Grad

und höchst bevorzugt von mindestens 60 Grad einschließt

7. Extruder nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Planetenspindeln im Einlaufbereich des Materials aus der Materialzuführung zumindest für drucklosen Materialeinzug zumindest teilweise als Transportspindeln ausgebildet sind und/oder daß die Gehäuseinnenverzahnung zur Bildung eines Einlaufrichters in der Verzahnung zumindest in dem Bereich abgeflacht ist, der sich an die Einlauföffnung des Gehäusemantels anschließt und sich in Umlaufrichtung der Zentralspindel erstreckt.

8. Extruder nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Einlaufbereich die Ringfläche am Gehäusemantel ist, in der die Öffnung für den Materialeinlauf liegt, plus/minus einer Ringflächenbreitenabweichung von 50%, vorzugsweise von plus/minus 30% und noch weiter bevorzugt von plus/minus 10% einer Ringflächenbreitenabweichung.

9. Extruder nach Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet durch

a) die Verwendung von Planetenspindeln, an denen mindestens ein Zahn, aber nicht alle Zähne nachträglich ganz oder teilweise herausgearbeitet worden ist und/oder

b) die Verzahnung nach einer festgelegten Zahnkontur an Planetenspindeln hergestellt worden ist, wobei die Zahnkontur gleich einer Verzahnung mit nachträglich ganz oder teilweise herausgearbeiteten Zähnen ist.

10. Extruder nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch die Verwendung von Planetenspindeln mit höchstens 4 verbliebenen Zähnen, vorzugsweise höchstens 3 verbliebenen Zähnen, noch weiter bevorzugt höchstens 2 verbliebenen Zähnen und höchst bevorzugt einem verbliebenen Zahn am Umfang der Planetenspindeln.

11. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 10, gekennzeichnet durch die Verwendung von Planetenspindeln, die entweder

in dem Bereich des reduzierten Zahnbesatzes eine gerade Zahl von Zähnen besitzen, während die Verzahnung an dem korrespondierenden Planetwalzenenteil eine ungerade Zahl von Zähnen besitzt oder

in dem Bereich des reduzierten Zahnbesatzes eine ungerade Zahl von Zähnen besitzen, während die Verzahnung an dem korrespondierenden Planetwalzenenteil eine gerade Zahl von Zähnen besitzt.

12. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Planetenspindeln außerhalb des Einlaufbereiches mit einer anderen Verzahnung versehen sind.

13. Extruder nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die andere Verzahnung eine Normalverzahnung und/oder eine Igelverzahnung und/oder eine Noppenverzahnung ist.

14. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 13, gekennzeichnet durch die Verwendung einteiliger oder mehrteiliger Planetenspindeln und/oder Zentralspindeln und/oder Gehäuseverzahnungen.

15. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anteil der Planetenspindeln mit Transportspindelverzahnung mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 70% und noch weiter bevorzugt mindestens 70% am Planetenspindelbesatz des den Einzugs bildenden Planetwalzenextruderabschnitts beträgt.

16. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Planetenspindeln mit Transportspindelverzahnung gleichmäßig im Planetenspindelbesatz verteilt sind.

17. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zahl der Zähne im Planetenspindelbesatz so gewählt ist, daß innerhalb von 10 Umläufen, vorzugsweise mindestens innerhalb von 7 Umläufen und nach weiter bevorzugt mindestens innerhalb von 4 Umläufen und höchst bevorzugt bei jedem Umlauf der Planetenspindeln um die Zentralspindel ein Planetenspindelzahn in jede Zahnücke der Zentralspindelverzahnung und in jede Zahnücke der Innenverzahnung des Gehäuses greift.

18. Extruder nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zähne der Gehäuseinnenverzahnung in dem trichterbildenden Bereich maximal bis in den Zahngrund abgeflacht sind, vorzugsweise um maximal 90% der ursprünglichen Zahnhöhe abgeflacht worden sind, noch weiter bevorzugt um maximal 80% der ursprünglichen Zahnhöhe abgeflacht worden ist.

19. Extruder nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abflachung mit zunehmendem Abstand von der Einlauföffnung abnimmt.

20. Extruder nach einem der Ansprüche 7, 18, 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abflachung sich mindestens über $1/10$, vorzugsweise über mindestens $1/5$, nach weiter bevorzugt über mindestens $1/2$ und höchst bevorzugt über mindestens $3/4$ des Umfanges des Teilkreises der Gehäuseinnenverzahnung erstreckt.

21. Extruder nach einem der Ansprüche 7 und 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Bereich der Gehäuseinnenverzahnungs-Abflachung eine Breite hat, welche höchstens gleich 70% der Öffnungsweite der Einlauföffnung, vorzugsweise höchst-

tens gleich 80% der Öffnungsweite, noch weiter bevorzugt höchstens gleich 90% der Öffnungsweite und höchst bevorzugt höchstens gleich der Öffnungsweite der Einlauföffnung ist.

22. Extruder nach einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß die abgeflachten Zähne mit Zahnflanken versehen sind, deren Neigung geringer ist, als die Zahnflanken der Zähne im nicht abgeflachten Bereich und/oder die abgeflachten Zähne oben mit einer Rundung versehen sind.

23. Extruder nach einem der Ansprüche 7 und 18 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Bereich der Gehäuseinnenverzahnungs-Abflachung eine Breite hat, welche höchstens 30% größer als die Öffnungsweite der Einlauföffnung, noch weiter bevorzugt höchstens 20% größer als die Öffnungsweite der Einlauföffnung und höchst bevorzugt höchstens 10% größer als Öffnungsweite der Einlauföffnung ist.

24. Extruder nach einem der Ansprüche 7 und 18 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß die abgeflachten Zähne gegenüber den ursprünglichen Zähnen Zahnflanken aufweisen, die zum Teilkreis der Gehäuseinnenverzahnung eine geringere Neigung aufweisen und in einen gerundeten Zahnkopf münden.

25. Extruder nach Anspruch 7 oder 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens die Kante der Einlauföffnung am Übergang zur Gehäuseinnenverzahnung eine Abrundung aufweist, wobei vorzugsweise der Radius der Rundung mindestens gleich $1/4$ der Zahnhöhe, nach weiter bevorzugt mindestens gleich $1/2$ der Zahnhöhe ist.

26. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß der als Füllteil ausgebildete Planetwalzenextruderabschnitt in an sich bekannter Weise mit einer Temperierung versehen ist, daß die Temperierung mindestens bereits an der Einlauföffnung einsetzt.

27. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 26, gekennzeichnet durch eine Länge von kleiner/gleich $2 D$ des als Planetwalzenextruderabschnitts ausgebildeten Füllteils, wobei die Maßangabe sich auf den Abstand des in Förderrichtung weisenden Endes von dem Einlauf bezieht und wobei D der Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung ist.

28. Extruder nach Anspruch 27, gekennzeichnet durch eine Länge von größer $2 D$ des als Planetwalzenextruderabschnitts ausgebildeten Füllteils, wobei die Maßangabe sich auf den Abstand des in Förderrichtung weisenden Endes von dem Einlauf bezieht und wobei D der Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung ist, und **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperierung mindestens aus zwei Ab-

schnitten besteht, von denen der einlaufseitige Abschnitt eine Länge von kleiner/gleich $0,5 D$ aufweist, Temperierungsabschnittsendes von dem Einlauf ist und wobei D der Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung ist.

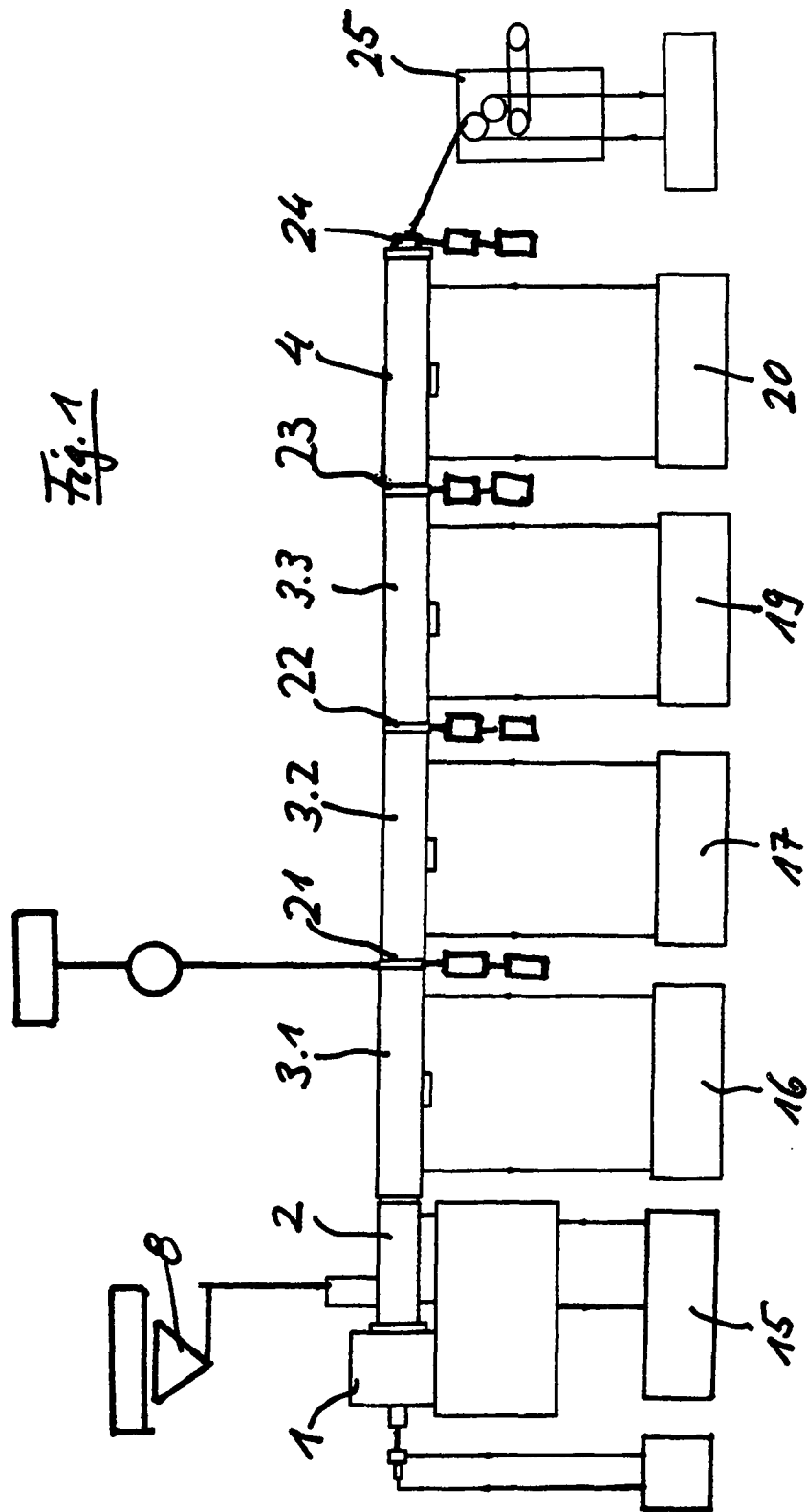
29. Extruder nach einem der Ansprüche 7 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittelachse der Einlauföffnung den Teilkreisdurchmesser der Gehäuseinnenverzahnung als Sekante schneidet oder als Tangente an dem Teilkreis der Gehäuseinnenverzahnung verläuft oder im Abstand von dem Teilkreis der Gehäuseinnenverzahnung verläuft, wobei der Abstand höchstens gleich der Dicke des Gehäusemantels ist.

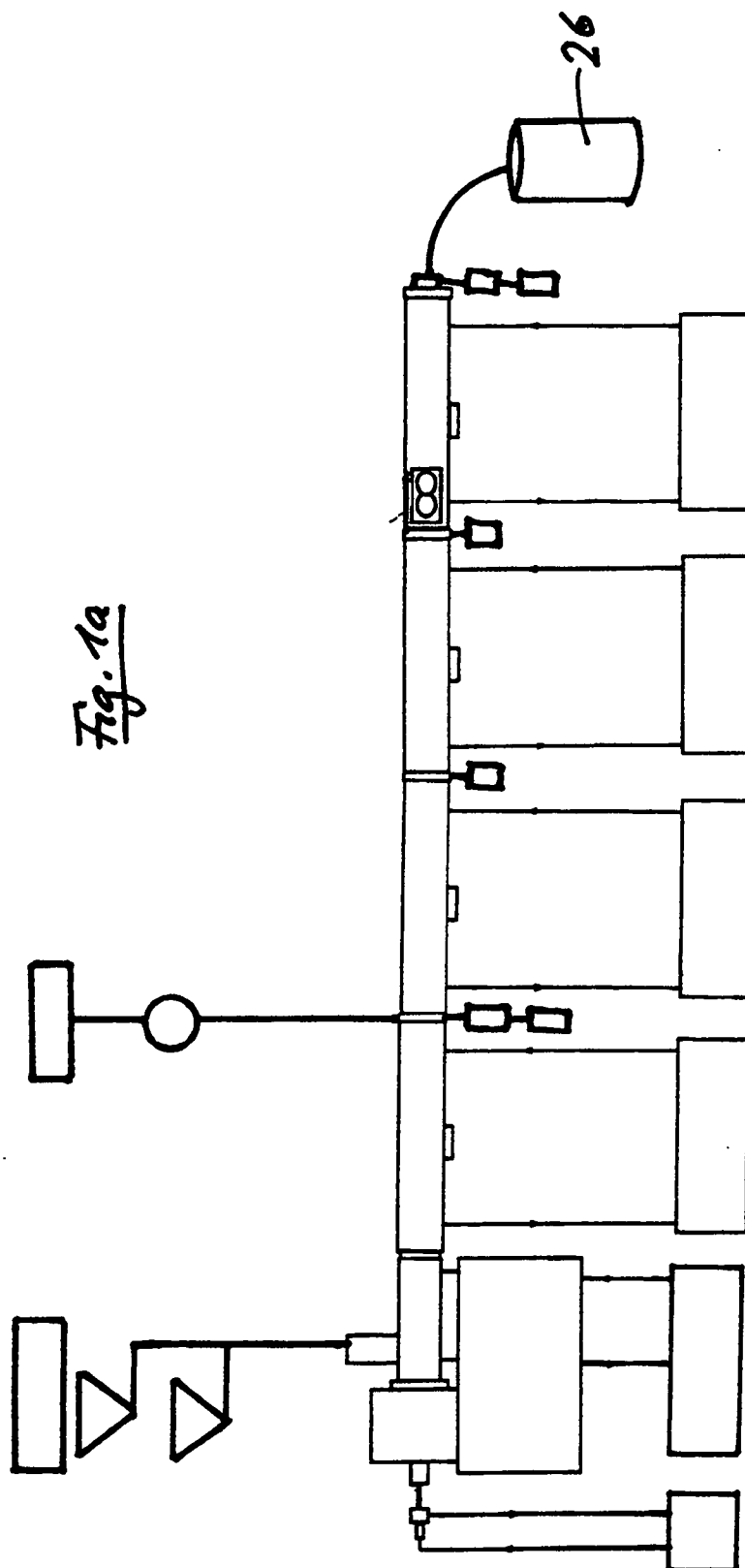
30. Extruder nach einem der Ansprüche 1 bis 29, gekennzeichnet durch einen modulweise aufgebauten Extruder mit einem Füllteil mit der Bauart einer Einschnecke, wobei das Füllteil eine Materialzuführung besitzt, und einem oder mehreren nachgeordneten Planetwalzenextrudermodulen, wobei an einem Planetwalzenextrudermodul eine weitere Materialzuführung vorgesehen ist.

31. Extruder nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, daß die weitere Materialzuführung an dem Planetwalzenextrudermodul für Material vorgesehen ist, das zum Kleben oder Anbacken neigt.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





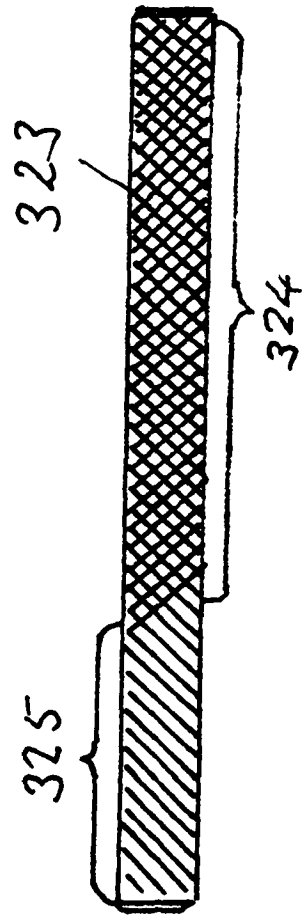


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

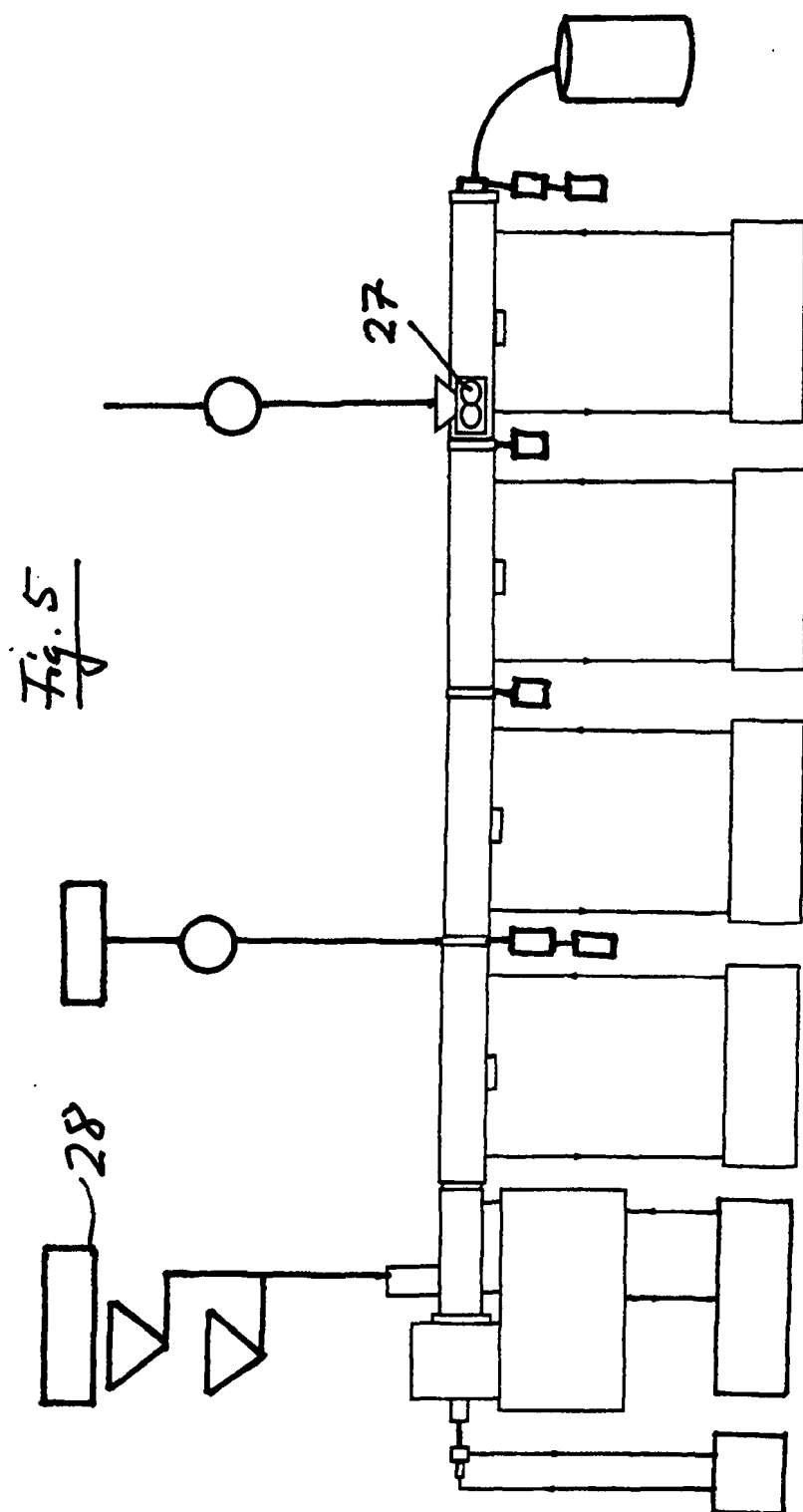
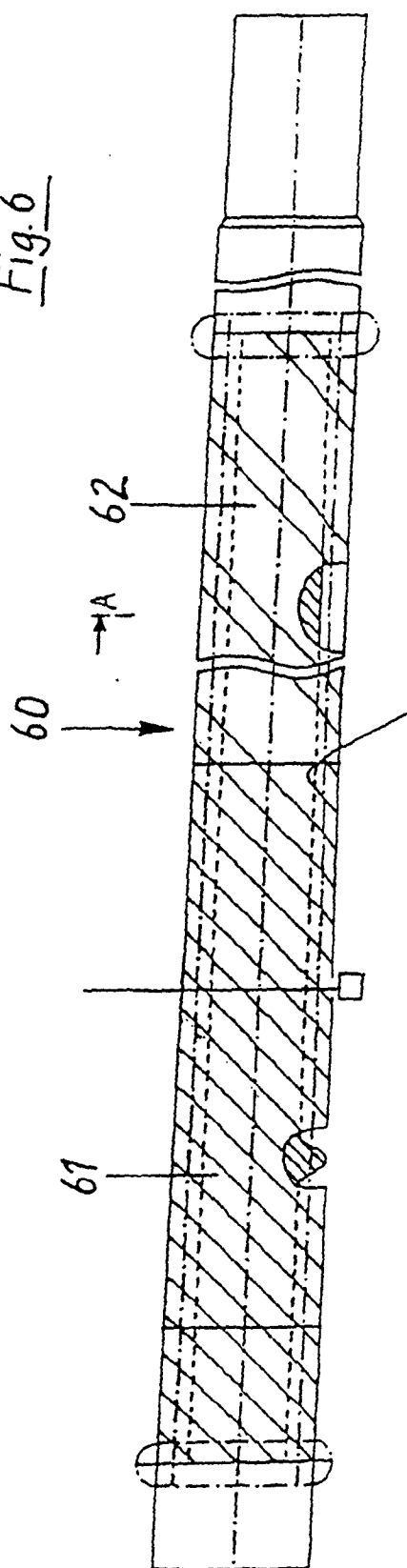


Fig. 6



A

Fig. 7

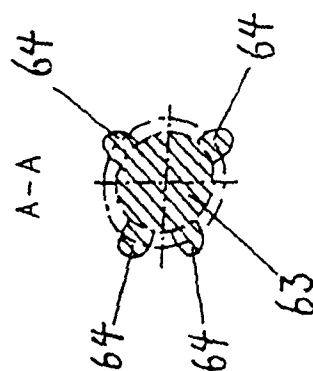
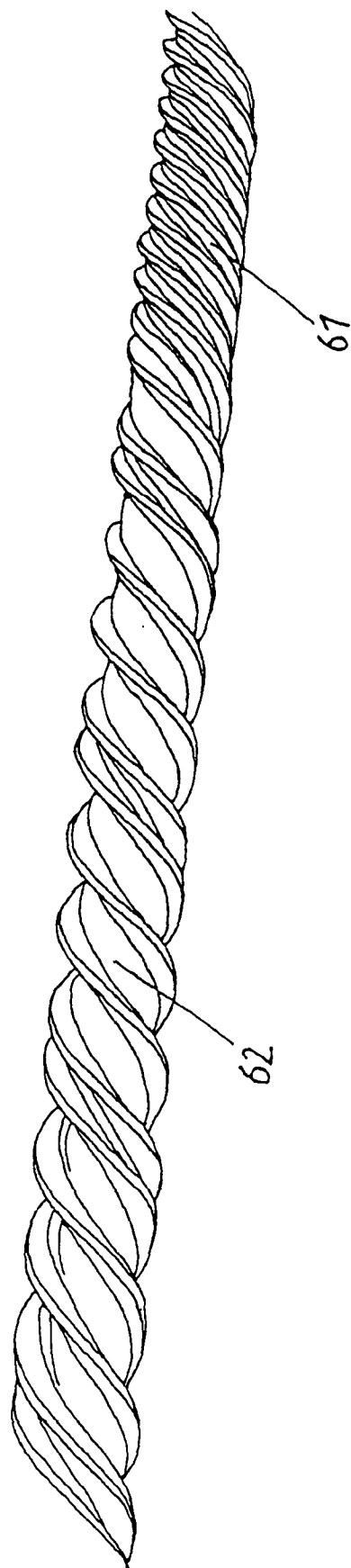
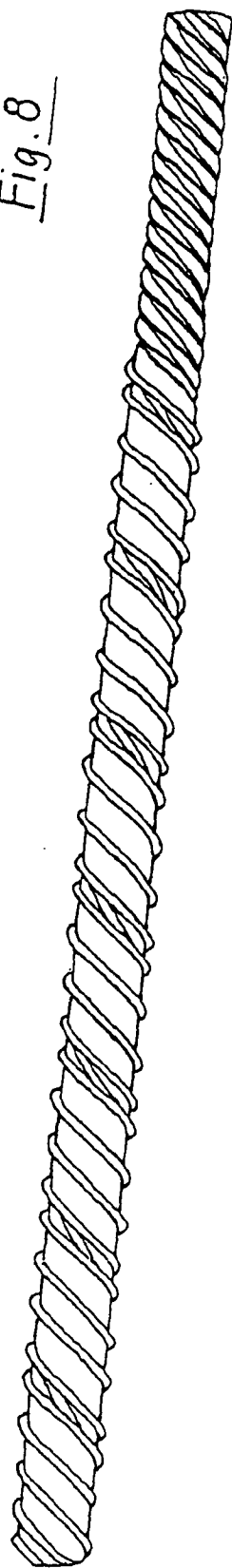
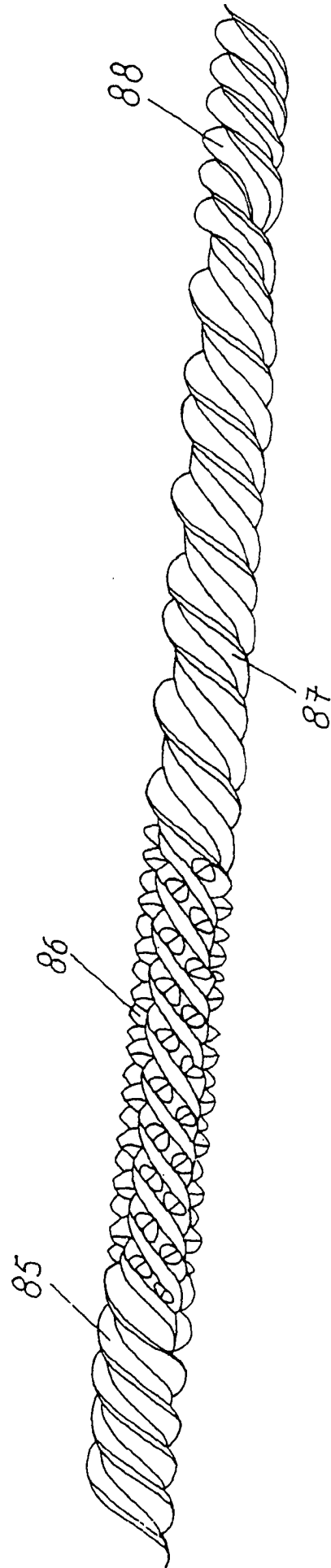
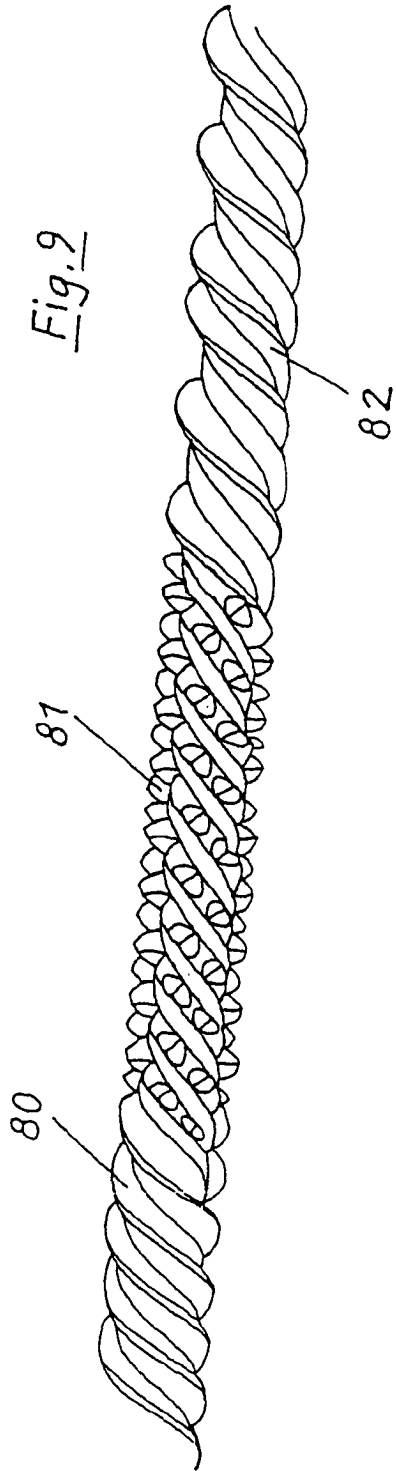
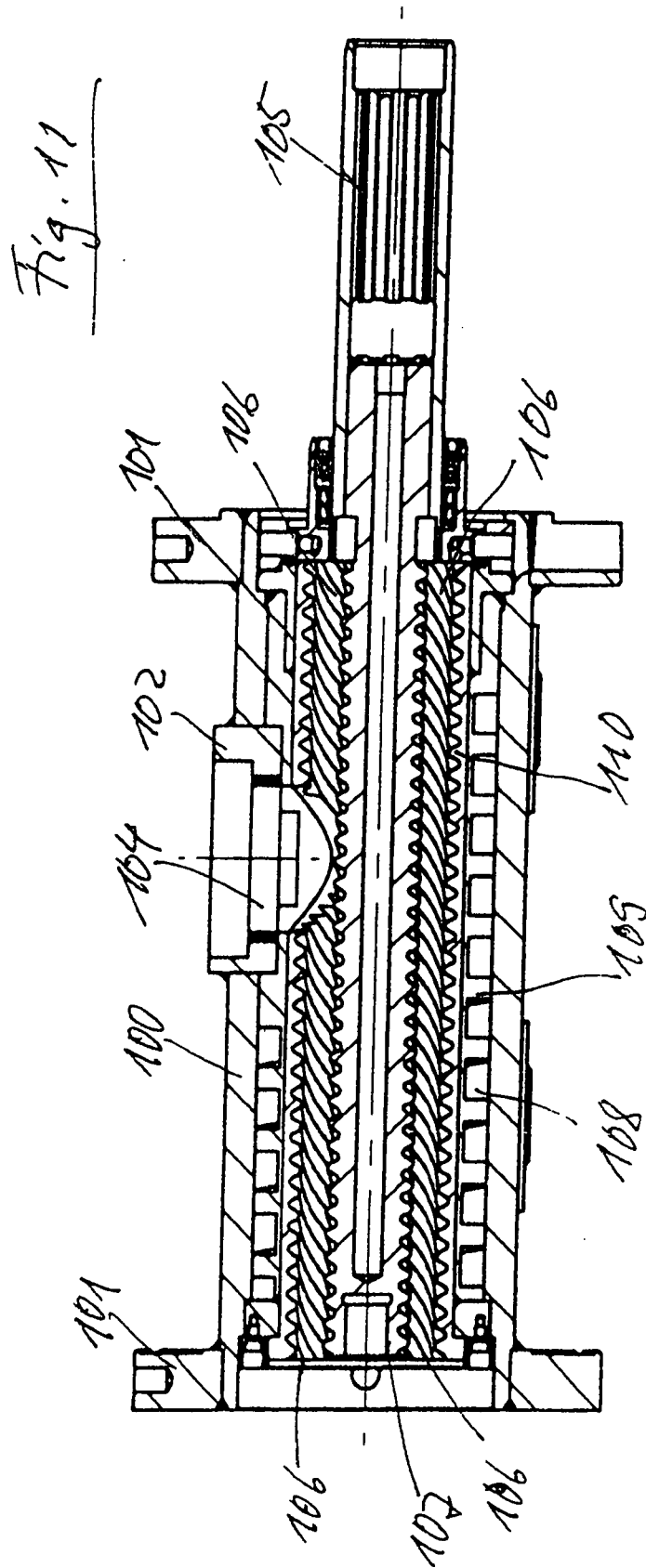
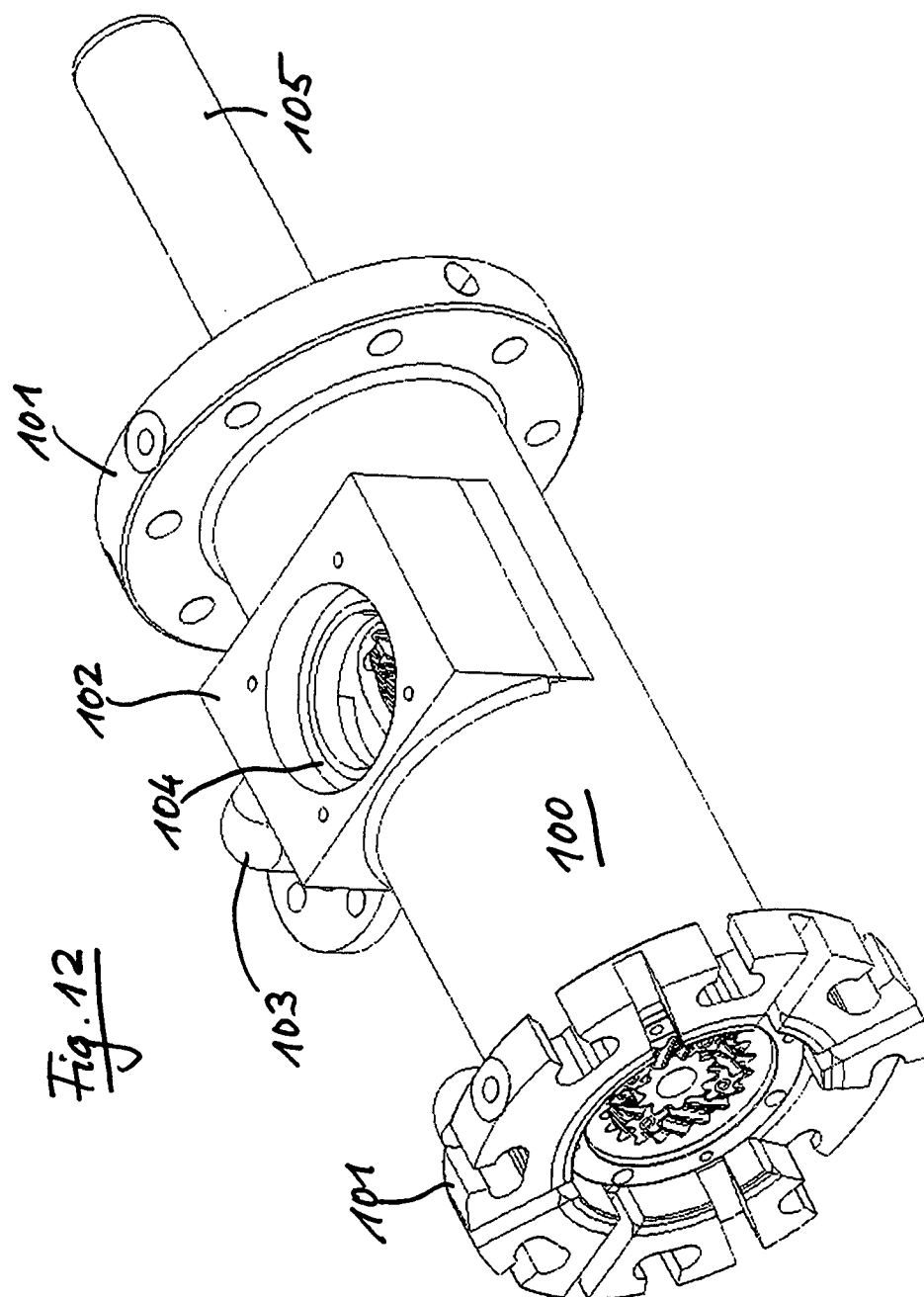


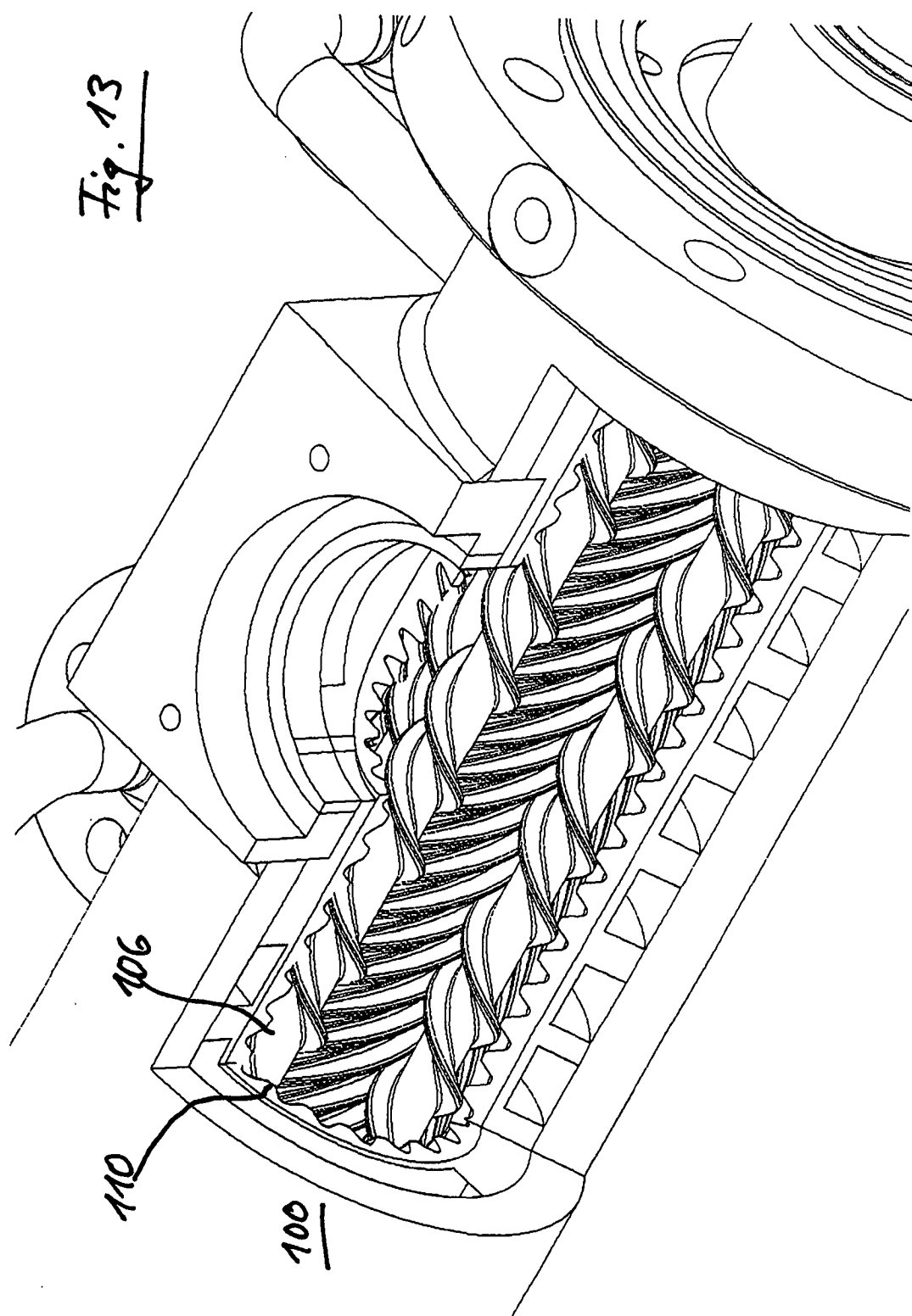
Fig. 8











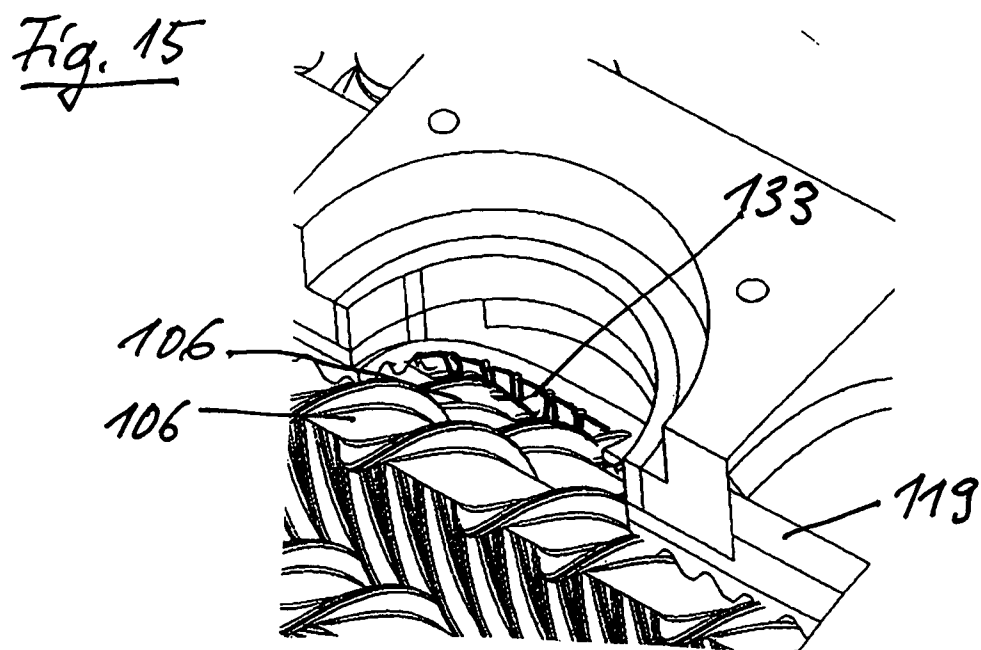
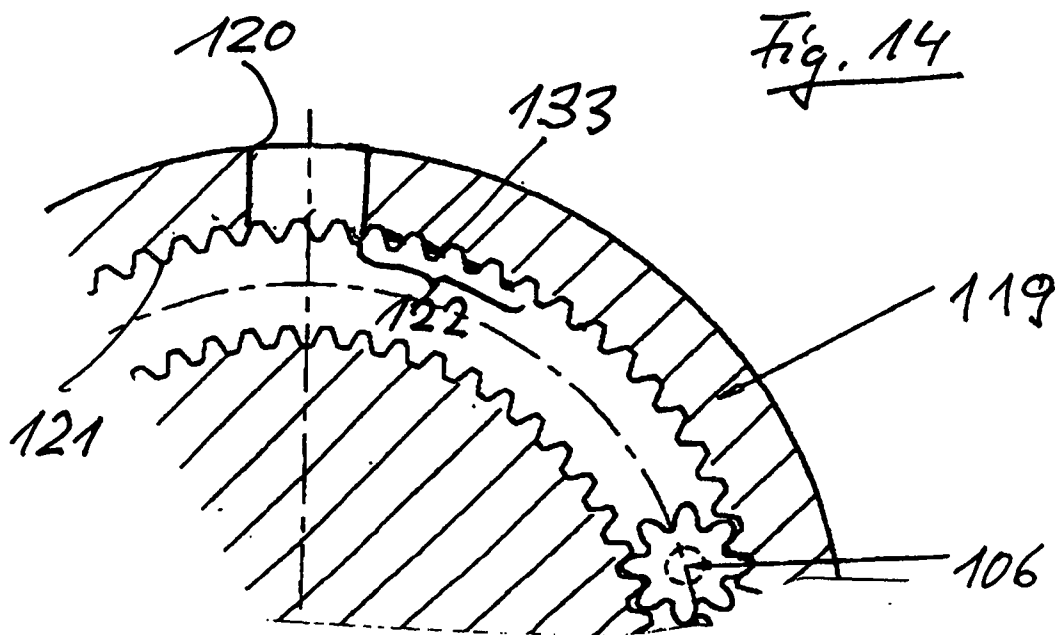


Fig. 16

