



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 298 887 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 02 C 17/22

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 02 C / 342 196 1	(22)	28.06.90	(44)	19.03.92
(71)	Akademie der Wissenschaften, Otto-Nuschke-Straße 22/23, O - 1080 Berlin, DE				
(72)	Haubold, Siegfried; Clemens, Paul, Dipl.-Ing.; Schnedelbach, Gunter; Seemann, Wolfgang, Dipl.-Phys.; Dombrowe, Helfried, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.; Fanck, Günter; Görsch, Rainer, Dipl.-Ing.; Höhne, Detlef, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.; Krumbiegel, Curt; Reinhold, Bodo; Scholz, Manfred; Tarras, Dieter, Dipl.-Ing.; Tobry, Anton; Klitzschmüller, Volker; Schenk, Klaus, DE				
(73)	Forschungsinstitut für Aufbereitung, O - 9200 Freiberg; Zementwerke Rüdersdorf, O - 1253 Rüdersdorf; Zementwerke Bernburg, O - 4352 Nienburg; Zementwerke Karsdorf, O - 4806 Karsdorf, DE				
(74)	Forschungsinstitut für Aufbereitung, Straße des Friedens 40, O - 9200 Freiberg, DE				

(54) Innenauskleidung für Rohrkugelmühlen

(55) Mahlbahnabschnitte, „R<sub>n</sub>“-Reihen; Stufen-Rollmahlplatten; Rollmahlplatten, normal  
(57) Die Erfindung betrifft die Innenauskleidung für Rohrkugelmühlen. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß in verschiedenen, gleichlangen Mahlbahnabschnitten A<sub>i</sub> mit i ≤ 5 entlang der Mahlbahn nach

$$R_n = a \cdot 2^{n-1} \text{ mit } a = \frac{d_M}{1,6} \text{ und } 5 < n < 1$$

berechnete „R<sub>n</sub>“-Reihen Stufen-Rollmahlplatten, die im Wechsel mit normalen Rollmahlplatten eingesetzt werden, daß die Anzahl der „R<sub>n</sub>“-Reihen in den einzelnen Mahlbahnabschnitten A<sub>i</sub> mit

- A<sub>1</sub>: n = 5 oder 4 oder 3 oder 2
- A<sub>2</sub>: n = 4 oder 3 oder 2 oder 1
- A<sub>3</sub>: n = 3 oder 2 oder 1
- A<sub>4</sub>: n = 2 oder 1
- A<sub>5</sub>: n = 1

entlang der Mahlbahn sukzessive abnimmt, solange sich ganze Zahlen für R<sub>n</sub> ergeben und daß am Mahlbahnde im letzten Mahlbahnabschnitt A<sub>i+1</sub>, dessen Mahlbahnlänge A<sub>i+1</sub> < 3A<sub>i</sub> beträgt, vollständig auf den Einsatz von Stufen-Rollmahlplatten verzichtet wird.

**Patentansprüche:**

1. Innenauskleidung für Rohrkugelmühlen, welche in Grob- und Feinmahlräumen von trocken und naß arbeitenden Rohrkugelmühlen eingesetzt werden kann, bestehend aus Rollmahlplatten oder -balken, deren Mahlfläche mit radial verlaufenden, von der Kreissegmentform abweichenden Profilen versehen ist, wobei sich zwischen den auf den Profilen aufliegenden Mahlkugeln und dem Profilgrund ein Mahlspace bildet und daß in der radialen Mühlenebene, d. h. im Mahlplattenring, Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) im Wechsel mit normalen Rollmahlplatten (4, 5 oder 6) eingesetzt werden, wobei die Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) achsparallel oder schraubenlinienförmig im Mühlenzylinder angeordnet sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß in verschiedenen, gleichlangen Mahlbahnabschnitten  $A_i$  mit  $i \leq 5$  entlang der Mahlbahn nach

$$R_n = a \cdot 2^{n-1} \text{ mit } a = \frac{d_M}{1,6} \text{ und } 5 < n < 1$$

berechnete „ $R_n$ “-Reihen Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) derart im Wechsel mit normalen Rollmahlplatten (4, 5 oder 6) eingesetzt werden, daß die Anzahl der „ $R_n$ “-Reihen in den einzelnen Mahlbahnabschnitten  $A_i$  mit

$$\begin{aligned} A_1: n &= 5 \text{ oder } 4 \text{ oder } 3 \text{ oder } 2 \\ A_2: n &= 4 \text{ oder } 3 \text{ oder } 2 \text{ oder } 1 \\ A_3: n &= 3 \text{ oder } 2 \text{ oder } 1 \\ A_4: n &= 2 \text{ oder } 1 \\ A_5: n &= 1 \end{aligned}$$

entlang der Mahlbahn sukzessive abnimmt, solange sich ganze Zahlen für  $R_n$  ergeben, die eine symmetrische Verteilung der „ $R_n$ “-Reihen in der radialen Mühlenebene, d. h. im Mahlplattenring, gestatten und daß am Mahlbahnende im letzten Mahlbahnabschnitt  $A_{i+1}$ , dessen Mahlbahnlänge  $A_{i+1} < 3A_i$  beträgt, vollständig auf den Einsatz von Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) verzichtet wird.

2. Innenauskleidung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Extremfall Stufenmahlplatten (7) oder Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste anstelle der Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) eingesetzt werden.
3. Innenauskleidung nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Anordnung der Mahlplatten mit Hubwirkung im Mühlenzylinder vorzugsweise schraubenlinienförmig erfolgt.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft eine Innenauskleidung für Rohrkugelmühlen, die zur Zerkleinerung von mineralischen, synthetischen und Sekundärrohstoffen bzw. Zwischen- und Endprodukten geeignet ist.

**Charakteristik des bekannten Standes der Technik**

In den Patentschriften DD-PS 154425 und DD-PS 281298 werden die nach dem Stand der Technik bekannten Lösungen für Rollmahlplatten in Rohrkugelmühlen beschrieben. Beide Mahlplatten führen durch eine Zweipunktauflage der verwendeten Mahlkugelgrößen auf den radial umlaufenden Profilen zu einer Minimierung der Hubwirkung der Panzerung und damit der Kataraktwirkung der Mahlkugeln. Dies wird dadurch erreicht, daß auf der Mahlbahn der Rollmahlplatten die Mahlkugelfüllung abrollt, wogegen sie auf allen anderen bekannten Panzerungstypen, meist nur bei einer Einpunktberührung zwischen Mahlkugel und Mahlplatte, gleitet.

In der Patentschrift DD-PS 228957 ist ausgeführt, wie durch das wechselhafte Anordnen von Stufen-Rollmahlplatten (2) und normalen Rollmahlplatten (5) im Mahlplattenring eine dosierte Kataraktwirkung mit der Rollpanzerung, vorzugsweise zur Anpassung an die Kornzusammensetzung und die Mahlbarkeit des Aufgabegutes, erzeugt werden kann, wobei die Anordnung der die Kataraktwirkung auslösenden Stufen-Rollmahlplatten (2) achsparallel zur Mahlbahn oder schraubenlinienförmig im Mühlenzylinder erfolgt.

Einheitlich für beide Profilgeometrien nach den Patenten DD-PS 154425 und DD-PS 281298 ist, daß sich mit monodispersen Kugelfüllungen, d. h. Füllungen mit einem einheitlichen Kugeldurchmesser, infolge der sich einstellenden Packungsstrukturen die günstigsten energetischen und zerkleinerungstechnischen Effekte erzielen lassen. Dieser Effekt läßt sich in der Praxis leider, zumindest auf die Dauer, nicht nutzen.

Einmal sind die Benutzer der Rollmahlplatten ökonomisch nicht in der Lage, die ausschließlich im Einsatz befindlichen polydispersen Mahlkugelfüllungen der einzelnen Mahlräume aus hochverschleißfesten, sehr teuren Gußmahlkugeln durch monodisperse Kugelfüllungen zu ersetzen. Zum anderen stellt sich bei einer eingebrachten monodispersen Kugelfüllung mit zunehmender Laufzeit eine Polydispersität ein, da der verschleißbedingte Masseverlust der Füllung eine Durchmesserabnahme der Ausgangskugelgröße zur Folge hat und nur mit dem Nachfüllen der Ausgangskugelgröße behoben werden kann. Nachteilig bei dem Einsatz der Rollmahlplatten, vor allem in den Feinmahlräumen von Rohrkugelmühlen, wie auch bei allen anderen, nichtklassierenden Panzerungstypen ist, daß eine Fehlklassierung von polydispersen Kugelfüllungen erfolgt. Das heißt, die kleinen Mahlkugeldurchmesser reichern sich am Mahlbahnanfang und die großen Mahlkugeldurchmesser am Mahlbahnde an, was die Effektivität des Zerkleinerungsprozesses entlang der Mahlbahn sehr nachteilig beeinflusst. Seit längerer Zeit sind für lange Feinmahlräume von Rohrkugelmühlen klassierende Panzerungstypen bekannt. Die größte Verbreitung haben konische Klassiermahlplatten, die in vielen Varianten mit glatter oder gewellter Mahlbahnfläche, mit auf der glatten Mahlbahnfläche zur Mühlenachse parallel oder geneigt verlaufenden durchgehenden Rippen oder Teilberippung oder mit speziellen Formen der Mahlbahnfläche (DRP 462 188, DE-OS 2 010 215, DE-PS 976 312, DE-PS 1 187 896, DD-PS 55 893, DD-PS 229 310) verändert worden sind, gefunden. Eingang hat auch die „quadratische“ oder Eckspiralanpanzerung (AT 332 199) gefunden.

Das Phänomen der Mahlkörperklassierung, d. h. die stabile Anordnung der großen Mahlkörperdurchmesser am Mahlbahnanfang und die stetige Abnahme der Durchmesser mit der Mahlbahnlänge ohne Einbauten, wird auf den von der Panzerung ausgelösten Fliehkraft-, Abprall- und Böschungseffekt zurückgeführt. Der Fliehkrafteffekt wird durch eine starke Hubwirkung der Panzerung, d. h. eine entlang der Mahlbahn einheitlich starke Kataraktwirkung der Mahlkugeln, ausgelöst. Dies wird bei den konischen Klassiermahlplatten durch die Anordnung von Hebeleisten und bei der Eckspiralanpanzerung durch die in Segmenten verdrehte quadratische Mahlbahn erreicht. Nachteilig ist, daß die erforderliche Auslösung des Fliehkrafteffektes, bedingt durch die starke Hubwirkung der Panzerung, sehr energie- und verschleißintensiv und nach eigenen Untersuchungen in Feinmahlräumen technologisch ungünstig ist.

Es konnte nachgewiesen werden, daß bei dem Einsatz der Rollpanzerung nach Patent DD-PS 154 425 in einem Feinmahlraum einer Durchlauf-Zementmühle anstelle von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten, der Leistungsbedarf des Mahlraumes um 25% abgesenkt werden kann. Allerdings war mit der Rollpanzerung infolge der fehlenden Klassierwirkung, die eine Fehlklassierung der Füllung zur Folge hat, das Problem der Mahlgutagglomeration nicht zu beherrschen.

Der Abprall- und der Böschungseffekt zur Mahlkörperklassierung resultiert aus der konischen Gestaltung der Mahlbahn. Nachteilig daran ist, daß die praktizierte Gestaltung der Mahlplatten mit Konuswinkeln bis zu 20 Grad über einen Mahlplattenring und bis zu 14 Grad über zwei Mahlplattenringe, sehr hohe Panzerungseinsatzmassen erforderlich macht. Gleiches trifft für die Eckspiralanpanzerung zu, wo obendrein bis zu 8 verschiedene Mahlplattentypen erforderlich sind.

Bekannt ist außerdem, daß durch die Neigung von kreissegmentförmigen, umlaufenden Rillen zur Radialen eine Mahlkörperklassierung bezweckt wird (AT-PS 309 963). In der praktischen Gestaltung kommt man jedoch offensichtlich nicht ohne konische Mahlplatten, die entsprechend profiliert sind, aus, da nach DE 3731 500 mit der Mahlbahnlänge die Flankenwinkel in axialer und radialer Richtung, die Rillenbreite und die Höhe dieser Rillenmahlplatten abnehmen, wodurch eine Vielzahl von Mahlplatten erforderlich ist.

Nachteilig für alle bisher bekannten Klassiermahlplatten und in der Praxis realisierten Plattenanordnungen ist, daß bei Länge-Durchmesser-Verhältnissen der Mahlräume von  $l/d < 1,6$  jegliche Mahlkörperklassierung versagt. Dies betrifft alle Grobmahlräume von Rohrkugelmühlen, wo nach bisherigem Erkenntnisstand eine Mahlkörperklassierung aus technologischer Sicht auch nicht anstrebenswert ist, die kurzen Feinmahlräume in trocken arbeitenden Umlauf-Mahlanlagen und alle Naßmühlen.

Weiterhin nachteilig ist, daß die Wirksamkeit der Mahlkörperklassierung in der praktizierten Form mit steigendem Mühlendurchmesser abnimmt. Bei Mühlendurchmessern von  $d_M > 3,2m$  ähnelt sie teilweise nur einer verhinderten Fehlklassierung.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine Innenauskleidung von Rohrkugelmühlen, mit der es möglich ist, in allen Mahlräumen von naß und trocken arbeitenden Rohrkugelmühlen, unabhängig vom Durchmesser und dem Länge-Durchmesser-Verhältnis, auf der Basis von Rollmahlplatten eine stabile Mahlkörperklassierung zu erreichen, woraus eine Durchsatzsteigerung, eine Abnahme des Leistungsbedarfes, eine deutliche Absenkung des spezifischen Elektroenergiebedarfes und eine Reduzierung des Mahlkörper- und Mahlplattenverschleißes sowie der Panzerungseinsatzmasse resultiert.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Innenauskleidung von Grob- und Feinmahlräumen in trocken und naß arbeitenden Rohrkugelmühlen, die aus Mahlplatten oder -balken mit radial umlaufenden Profilen mit Geometrien nach den Patenten DD 154 425 oder DD 281 298, bezeichnet als Rollmahlplatten, bestehen und bei denen nach dem Patent DD 228 957 in der radialen Mühlebene, d. h. im Mahlplattenring, Stufen-Rollmahlplatten im Wechsel mit normalen Rollmahlplatten angeordnet sind, so weiterzuentwickeln, daß entlang der Mahlbahn der einzelnen Mahlräume eine Klassierung der eingesetzten, unterschiedlichen Mahlkörperdurchmesser erreicht wird, was zu Durchsatzsteigerungen und zur Absenkung des spezifischen Elektroenergiebedarfes führt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in verschiedenen, gleichlangen Mahlbahnabschnitten  $A_i$  mit  $i < 5$  entlang der Mahlbahn nach  $R_n = a \cdot 2^{n-1}$  mit  $a = \frac{dM}{1,6}$  und  $5 < n < 1$  berechnete „ $R_n$ “-Reihen Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) derart im Wechsel mit normalen Rollmahlplatten (4, 5 oder 6) eingesetzt werden, daß die Anzahl der „ $R_n$ “-Reihen in den einzelnen Mahlbahnabschnitten  $A_i$  mit

- $A_1$ :  $n = 5$  oder 4 oder 3 oder 2
- $A_2$ :  $n = 4$  oder 3 oder 2 oder 1
- $A_3$ :  $n = 3$  oder 2 oder 1
- $A_4$ :  $n = 2$  oder 1
- $A_5$ :  $n = 1$

entlang der Mahlbahn sukzessive abnimmt, solange sich ganze Zahlen für  $R_n$  ergeben, die eine symmetrische Verteilung der „ $R_n$ “-Reihen in der radialen Mühlebene, d. h. im Mahlplattenring, gestatten und daß am Mahlbahnde im letzten Mahlbahnabschnitt  $A_{i+2}$ , dessen Mahlbahnlänge  $\lambda_{i+1} < 3A_i$  beträgt, vollständig auf den Einsatz von Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) verzichtet wird.

Durch die achsparallele oder schraubenlinienförmige Anordnung von „ $R_n$ “-Reihen Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) im Mühlenzylinder wird eine Hubwirkung der Innenauskleidung, die eine Kataraktbewegung der Mahlkugeln auslöst, und sukzessive mit der Mahlbahnlänge abnimmt, aufgeprägt. Die Folge ist ein determiniertes Gefälle der potentiellen Energie der bewegten Mahlkörperschüttung vom Mahlbahnanfang zum -ende, welches einen sehr starken Klassierimpuls auf die eingesetzten Mahlkörper unterschiedlicher Masse bzw. Durchmesser auslöst.

Dieser Klassierimpuls, initiiert durch die unterschiedlichen Stoßimpulse der Mahlkörper, bewirkt, daß die Mahlkörper mit dem größten Durchmesser zum Mahlbahnanfang in den Mahlbahnabschnitt  $A_i$  mit der größten potentiellen Energie der Mahlkörperschleppung klassiert und die kleinsten Mahlkörperdurchmesser ans Mahlbahnde in den Abschnitt  $A_{i+1}$  mit der geringsten potentiellen Energie der Schleppung verdrängt werden.

Die erfindungsgemäße gesetzmäßige Verteilung der die Hubwirkung der Panzerung auslösenden Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) gewährleistet eine exakte Abstufung der potentiellen Energie der Mahlkörperschleppung entlang der Mahlbahn, wodurch sich nacheinander folgende, annähernd monodisperse Zonen mit entlang der Mahlbahn abnehmendem Mahlkugeldurchmesser ergeben.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß mit normalen Rollmahlplatten (4, 5 oder 6) durch die realisierte Rollreibung der Mahlkugeln im Mahlbahnabschnitt  $A_{i+1}$  sich ein bisher nicht gekanntes Gefälle der potentiellen Energie der Mahlkörperschleppung zum Mahlbahnanfang und damit ein sehr starker Klassierimpuls einstellen läßt.

Dieser Umstand wurde als überraschender, negativer Effekt bei der Inbetriebnahme einer im Feinmahlraum umgerüsteten Durchlauf-Zementmühle  $0,32 \text{ m} \times 15 \text{ m}$  registriert. Bei dem Einsatz von Rollmahlplatten mit der Geometrie der radial umlaufenden Profile nach Patent DD 281 298 (Fig. 4; 4) am Mahlbahnanfang des Feinmahlraumes auf ca. 35% der Gesamtmahlbahnlänge anstelle von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten bei dem Einsatz einer Mahlkugelfüllung mit Durchmessern von 60 mm bis 12 mm wanderten die Mahlkugeldurchmesser  $d_k < 30 \text{ mm}$  quantitativ vom Mahlbahnde des Feinmahlraumes aus dem Bereich der konischen Klassiermahlplatten entgegen deren Klassierichtung zum Mahlbahnanfang in den der Rollmahlplatten ab. Dieses Ergebnis bedeutet, daß sich auf der Basis des Gefälles der potentiellen Energie der Mahlkörperschleppung, welches sich durch Rollmahlplatten erfindungsgemäß einstellen läßt, eine bisher nicht gekannte Größenordnung von Klassierimpulsen für Mahlkörper in Rohrkugelmühlen möglich wird, die den durch konische Klassiermahlplatten ausgelösten Fliehkraft-, Abprall- und Böschungseffekt weit übertrifft. Dieser überraschende Effekt erschließt die Möglichkeit zur Mahlkörperklassierung auch in sehr kurzen Manräumen von trocken und naß arbeitenden Rohrkugelmühlen mit Länge-Durchmesser-Verhältnissen von  $l/d > 0,8$ , wo bisher eine Mahlkörperklassierung für unmöglich galt.

Die Aufprägung einer längs der Mahlbahn gestuften Hubwirkung der Innenauskleidung durch die Anordnung von „ $R_n$ “-Reihen Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) zum Zwecke der Mahlkörperklassierung bedeutet, daß gegenüber dem kompletten Einsatz von normalen Rollmahlplatten gemäß der Patente DD 154 425 oder DD 281 298 bei formaler Betrachtung der Leistungsbedarf der Rohrkugelmühle mit dem Anteil der Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) ansteigen müßte. Dieser Anstieg wird jedoch durch den positiven Einfluß der Mahlkörperklassierung auf den Leistungsbedarf kompensiert. Dadurch führt die erreichte Mahlkörperklassierung zu Durchsatzsteigerungen und Absenkungen des spezifischen Arbeitsbedarfes bis zu 10%.

Werden Rollmahlplatten nach dem Patent DD 281 298, bei denen der Querschnitt der radial umlaufenden Profile Dreiecksform mit Radien am Profilberg und -grund aufweist und der Radius am Profilgrund 95% des Radius der in allen Mählräumen der Rohrkugelmühle verwendeten Kleinstkugel beträgt, eingesetzt, können alle in der Rohrkugelmühle in den verschiedenen Mählräumen zum Einsatz kommenden Mahlkugeldurchmesser in Zweipunktauflage geführt werden und die Mahlkugellklassierung kann in der Gesamtmühle mit zwei Mahlplattenelementen, der Stufen-Rollmahlplatte (1) und der normalen Rollmahlplatte (4), völlig ohne konische Mahlplattenelemente realisiert werden.

Erfindungswesentlich ist, daß im Extremfall die Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) durch Stufenmahlplatten (7) oder Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste ersetzt werden können. Die Stufenmahlplatten (7) oder Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste haben eine ähnliche Hubwirkung wie die Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3) und sind somit in der Lage, das für die Mahlkörperklassierung erforderliche Gefälle der Hubwirkung der Innenauskleidung zu realisieren. Als Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste bieten sich die als Doppelwulstmahlplatten bezeichneten mit zwei achsparallelen Hebeleisten an.

Erfindungswesentlich ist weiterhin, daß die Anordnung der Mahlplatten mit Hubwirkung, d. h. der Stufen-Rollmahlplatten (1, 2 oder 3), der Stufenmahlplatten (7) oder der Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste, im Mühlenzylinder vorzugsweise schraubenlinienförmig erfolgt. Durch die Vorwärts- oder Rückwärtsanstellung der Schraubengänge von Mahlplatten mit Hubwirkung kann entweder der Klassierimpuls auf die Mahlkörper oder die Materialtransportgeschwindigkeit verstärkt werden. Bei der Förderrichtung der Schraubengänge zum Mahlbahnanfang, d. h. zum Mahlbahnabschnitt  $A_i$ , wird der Klassierimpuls und

bei der Förderrichtung zum Mahlbandende, d. h. zum Mahlbandabschnitt  $A_{i+1}$ , wird die Transportgeschwindigkeit des Mahlgutes verstärkt.  
In drei Ausführungsbeispielen soll die erfindungsgemäße Lösung näher erläutert werden.

**Ausführungsbeispiel 1**

Der Grobmahlraum einer Durchlauf-Zementmühle  $0,32\text{m} \times 15\text{m}$ , der komplett mit normalen Rollmahlplatten der Geometrie nach Patent DD 281298 (Fig. 4; 4) gepanzert ist, soll erfindungsgemäß umgerüstet werden. Nach Patent DD 228957 werden im Mahlplattenring Stufen-Rollmahlplatten 1, deren Höhe das 1,9- bis 2,2fache der normalen Rollmahlplatte 4 beträgt, mit normalen Rollmahlplatten 4 im Wechsel eingesetzt, wobei die Stufen-Rollmahlplatten 1 und die normalen Rollmahlplatten 4 die gleiche Profilierung der radial umlaufenden Profile nach Patent DD 281298 aufweisen. Ebenso koppelbar sind die Stufen-Rollmahlplatten 2 mit den normalen Rollmahlplatten 5 mit der Profilierung nach Patent DD 154425. Im Extremfall können die Stufen-Rollmahlplatten 1 oder 2 durch die Stufenmahlplatten 7 oder Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste ersetzt werden.

Der erfindungsgemäß umzurüstende Grobmahlraum weist eine lichte Mahlbandlänge von 3,75m und damit 15 Mahlplattenringe auf. Bei der gegebenen  $\pi$ -Teilung der Mahlplatten, d. h. ein maximales Bogenmaß der Mahlplatten von 314mm, sind 32 Stck. Mahlplatten im Ring und 32 Stck.  $\cdot$  15 Stck. = 480 Stck. Mahlplatten im Mahlraum angeordnet.

Erfindungsgemäß wird die Mahlband des Grobmahlraumes in Mahlbandabschnitt  $A_i$  mit  $A_i < 5$  unterteilt und nach  $R_n = a \cdot 2^{n-1}$  mit  $\frac{dM}{1,6} = 2$  und  $5 < n < 1$  die Reihenanzahl  $R_n$  in den einzelnen Mahlbandabschnitten  $A_i$  wie folgt errechnet:

$A_i$	n	Reihen 1 $R_n$ Stck.	Reihen 4 $32 \cdot R_n$ Stck.
$A_1$	5	32	0
$A_2$	4	16	16
$A_3$	3	8	24
$A_4$	2	4	28
$A_5$	1	2	30

Mit  $n = 5$  und damit  $R_n = 32$  im Mahlbandabschnitt  $A_1$  wird am Mahlbandanfang die maximal mögliche Hubwirkung der Innenauskleidung eingestellt.

Da sich im Abschnitt  $A_5$  mit  $n = 1$  für  $R_n = 2$  die letzte ganze Zahl ergibt, die sich im Mahlbandring symmetrisch verteilen läßt, wird  $i = 5$  gewählt. Daraus folgt für die Länge der Mahlbandabschnitte:

$$A_i = A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = A_5 \quad \text{gewählt} = 0,5\text{m}$$

$$A_{i+2} = A_6 < 3A_1 \quad \text{gewählt} = 1,25$$

Daraus ergibt sich in den einzelnen Mahlbandabschnitten folgende Verteilung der Stufen-Rollmahlplatten 1 und der normalen Rollmahlplatten 4:

Mahlbandabschnitt	Länge m	Mahlplattenringe Stck.	Stufen-Rollmahlplatten 1 Stck.	normale Rollmahlplatten 4 Stck.
$A_1$	0,5	2	64	0
$A_2$	0,5	2	32	32
$A_3$	0,5	2	16	48
$A_4$	0,5	2	8	56
$A_5$	0,5	2	4	60
$A_6$	1,25	5	0	160
	3,75	15	124	356

Der Anteil der Stufen-Rollmahlplatten 1 im Mahlraum beträgt somit  $\frac{124}{480} \cdot 100 \sim 26\%$ .

Die Verteilung der Mahlplatten im Mahlraum bei der schraubenlinienförmigen Anordnung der Stufen-Rollmahlplatten 1 als „ $R_n$ “-Reihen geht aus Figur 1 hervor.

Im Grobmahlraum ist eine polydisperse Füllung aus hochverschleißfesten Mahlkugeln mit Durchmessern von  $d_k = 100\text{mm}$  bis 50mm im Einsatz, die nach der Realisierung der erfindungsgemäßen Lösung in Zonen mit annähernd monodispersen Kugelfüllungen mit entlang der Mahlband abnehmendem Kugeldurchmesser vorliegt. Vor allem die annähernd monodispersen Kugelfüllungen ergeben in Kopplung mit der Rollpanzerung sehr günstige Packungsstrukturen, die zu einer Durchsatzsteigerung bis zu 10% und zu einer Senkung des spezifischen Arbeitsbedarfes in der gleichen Größenordnung führen.

Der Feinmahlraum der gleichen Zementmühle mit einer lichten Mahlbandlänge von 10,75m und demzufolge 43 Mahlplattenringen, der bisher mit konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten gepanzert war, wird gleichfalls erfindungsgemäß umgerüstet.

Im Mahlraum sind 32 Stck.  $\times$  43 Stck. = 1376 Stck. Mahlplatten angeordnet.

Für die Berechnung der „R<sub>n</sub>“-Reihen in den Mahlbahnabschnitten A<sub>i</sub> trifft das Gleiche wie für den Grobmahlraum zu, d. h.

A <sub>i</sub>	n	R <sub>n</sub> Stck.	Länge m	Mahlplatten- ringe Stck.	Stufen-RMP (1) Stck.	norm. RMP (4) Stck.
A <sub>1</sub>	5	32	1,5	6	192	0
A <sub>2</sub>	4	16	1,5	6	96	96
A <sub>3</sub>	3	8	1,5	6	48	144
A <sub>4</sub>	2	4	1,5	6	24	168
A <sub>5</sub>	1	2	1,5	6	12	180
A <sub>i+1</sub> = A <sub>6</sub>	-	0	3,25	13	0	416
			10,75	43	372	1004

Der Anteil der Stufen-Rollmahlplatten 1 beträgt im Feinmahlraum  $\frac{372}{1376} \cdot 100 \sim 27\%$ .

Die Verteilung der Mahlplatten bei ebenfalls schraubenlinienförmiger Anordnung der „R<sub>n</sub>“-Reihen geht aus Figur 2 hervor. Werden Rollmahlplatten der Profilgeometrie nach Patent DD 281298 eingesetzt, können in beiden Mahlräumen die gleichen Stufen-Rollmahlplatten 1 und die gleichen normalen Rollmahlplatten 4 eingesetzt werden. Bei der Profilgeometrie nach Patent DD 154425 müssen im Feinmahlraum gesonderte Stufen-Rollmahlplatten 3 mit gesonderten normalen Rollmahlplatten 6 gekoppelt werden. Im Extremfall können beide Stufen-Rollmahlplatten 1 oder 3 durch Stufenmahlplatten 7 oder Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste ersetzt werden.

Wird zur Effektivitätsverbesserung vor eine derart umgerüstete Zement-Durchlaufmühle eine Hochdruck-Walzenmühle geschaltet, so braucht nur die Mahlkörperfüllung des Grobmahlraumes auf eine polydisperse Gattierung von z. B. d<sub>k</sub> = 70 mm bis 40 mm verfeinert werden, um die Mühle an die veränderten Vorlaufbedingungen optimal anpassen zu können.

#### Ausführungsbeispiel 2

In einer Zement-Umlaufmahlanlage ist gemäß Figur 3 eine Sieb-Zementmühle SZM 0 3,6 × 13 m im Kreislauf mit einem Zyklon-Umluftsichter mit 4,0 m Durchmesser geschaltet. Die Mühle als Mittenaustragstyp besteht aus dem Grobmahlraum 8 und den beiden Feinmahlräumen 9 und 10. Bedingt durch den Mühlentyp ist der Materialfluß im Feinmahlraum 10 gegenläufig zu dem der Mahlräume 8 und 9. Im Grobmahlraum 8 sind Stufenmahlplatten 7 und in den Feinmahlräumen 9 und 10 sind normale Rollmahlplatten 5 bzw. 6 im Einsatz. Zur Effektivitätsverbesserung der Mahlanlage wird eine Hochdruck-Walzenmühle in die Mahlanlage integriert, so daß der Rohrkugelmühle ein vorzerkleinertes, teilweise als Preßlinge oder Schüppen vorliegendes Aufgabegut zugeführt wird.

Zur optimalen Anpassung der Rohrkugelmühle an die veränderten Vorlaufbedingungen wird die Trennwand zwischen den Mahlräumen 8 und 9 und die Innenauskleidung aller drei Mahlräume demontiert. In den beiden Mahlräumen 8 + 9 und 10 kommen erfindungsgemäß Stufen-Rollmahlplatten 1 und normale Rollmahlplatten 4 zum Einsatz. Auf die Profilgeometrie gemäß Patent DD 281298 wird orientiert, um alle erforderlichen Mahlkugeldurchmesser mit einem Mahlplattentyp in Zweipunktauflage führen zu können.

Nach dem Ausbau der Trennwand weist der Mahlraum 8 + 9 eine lichte Mahlbahnlänge von 7,25 m, d. h. 29 Stck.

Mahlplattenringe, auf und ist bei 36 Stck. Mahlplatten im Ring mit 36 × 29 = 1044 Stck. Mahlplatten bestückt.

Die lichte Mahlbahnlänge des Mahlraumes 10 beträgt 5,0 m, was die Anordnung von 36 × 20 = 720 Stck. Mahlplatten bedeutet.

Erfindungsgemäß wird für beide Mahlräume nach  $R_n = a \cdot 2^{n-1}$  mit  $a = \frac{dM}{1,6} = 2,25$  die Anzahl der Reihen

Stufen-Rollmahlplatten 1 in den Mahlbahnabschnitten errechnet:

A <sub>i</sub>	n	R <sub>n</sub>
A <sub>1</sub>	5	36
A <sub>2</sub>	4	18
A <sub>3</sub>	3	9

Daraus folgt i = 3, da sich in A<sub>3</sub> mit R<sub>n</sub> = 9 die letzte ganze Zahl ergibt.

Für die Länge der Mahlbahnabschnitte in den beiden Mahlräumen wird gewählt:

Mahlbahn- abschnitt	Mahlraum 8 + 9		Mahlraum 10	
	Länge m	Mahlplatten- ringe Stck.	Länge m	Mahlplatten- ringe Stck.
A <sub>1</sub>	1,5	6	1,0	4
A <sub>2</sub>	1,5	6	1,0	4
A <sub>3</sub>	1,5	6	1,0	4
A <sub>i+1</sub> = A <sub>4</sub>	2,75	11	2,0	8
	7,25	25	5,0	20

Damit ergibt sich in den beiden Mählräumen folgende Mahlplattenverteilung:

Mahlbahn- abschnitt	Mahlraum 8 + 9		Mahlraum 10	
	Stufen-Roll- mahlplatten	normale Roll- mahlplatten	1	4
	1 Stck.	4 Stck.	1 Stck.	4 Stck.
A <sub>1</sub>	216	0	144	0
A <sub>2</sub>	108	108	72	72
A <sub>3</sub>	54	162	36	108
A <sub>4</sub>	0	396	0	288
	378	666	252	468

Bei schraubenlinienförmiger Anordnung der „R<sub>n</sub>“-Reihen ergibt sich die in Figur 4 dargestellte Mahlplattenverteilung, wobei zu beachten ist, daß der Materialfluß in beiden Mählräumen gegenläufig ist. Die erfindungsgemäße Gestaltung der Innenauskleidung in beiden Mählräumen ist unabhängig von der Einbindungsvariante der Hochdruck-Walzenröhle in die Umlaufmahlanlage, da auf den jeweiligen Fall mit der Mahlkörperfüllung in Form der Gattierung und des Füllungsgrades in beiden Mählräumen reagiert werden kann.

Wird bei der Anpassung der Umlauf-Mahlanlage an die Hochdruck-Walzenmühle auf den Ausbau der Trennwand zwischen den Mählräumen 8 und 9 verzichtet, um die Mahlanlage auch im herkömmlichen Stil betreiben zu können, wird folgende Auspanzerung der beiden getrennten Mählräume 8 und 9 gewählt:

Mahlbahn- abschnitt	Mahlraum 8				Mahlraum 9			
	Länge	Ringe	Rollmahlplatten		Länge	Ringe	Rollmahlplatten	
	m	Stck.	1 Stck.	4 Stck.	m	Stck.	1 Stck.	4 Stck.
A <sub>1</sub>	0,75	3	108	0	0,75	3	108	0
A <sub>2</sub>	0,75	3	54	54	0,75	3	54	54
A <sub>3</sub>	0,75	3	27	81	0,75	3	27	81
A <sub>4</sub>	1,5	8	0	216	1,00	4	0	144
	3,75	18	189	351	3,25	13	189	279

In diesem Fall wird die Mahlkörpergattierung in den Mählräumen 8 und 9 so gewählt, daß sich die gleiche Mahlkörpergrößenverteilung entlang der Mahlbahn wie bei demontierter Trennwand ergibt. Die Beplattung des Mahlraumes 10 bleibt gegenüber der Darstellung in Figur 4 unverändert.

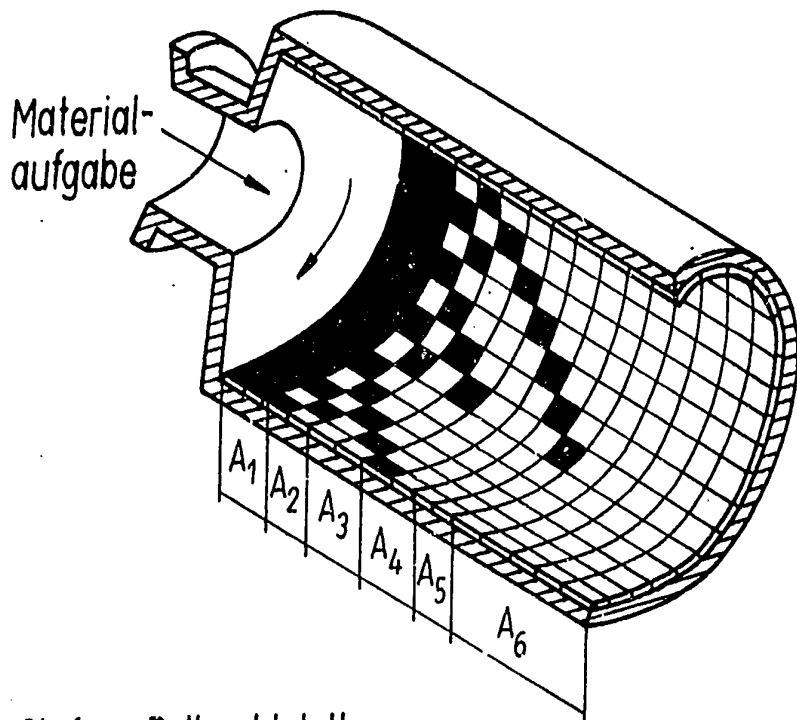
### Ausführungsbeispiel 3

Bei der Naßmahlung in Rohrkugelmühen, gleich ob als Überlauf- oder Austragskammervariante, wird in der Regel mit Panzerungen mit großer Hubwirkung und hohen Mühlendrehzahlen, von 75% bis 85% der kritischen Mühlendrehzahl, gearbeitet, was zu einer starken Kataraktwirkung der Mahlkugeln und zu einem hohen Leistungsbedarf der Mühle führt. Dies ist neben dem Umstand, daß bei der Maßmahlung teilweise stark abrasive, quarzhaltige Erze vermahlen werden müssen, die Hauptursache, daß der Mahlkörper- und Mahlplattenverschleiß sehr hoch ist. Naßmühen werden stets als Einkammervarianten mit  $l/d$ -Verhältnissen zwischen 0,8 und 1,3 ausgeführt und sind nach bisherigen Gesichtspunkten für eine Mahlkörperklassierung nicht zugänglich.

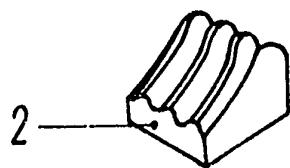
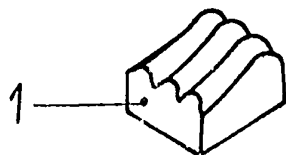
Eine Naß-Rohrkugelmühle als Austragskammervariante 0 3,2m × 3,75m wird erfindungsgemäß mit Stufen-Rollmahlplatten 1 und normalen Rollmahlplatten 4 umgerüstet, wobei die in Figur 1 dargestellte Mahlplattenverteilung gewählt wird. Weisen die Mahlplatten keine  $\pi$ -Teilung auf bzw. werden Mahlbalken verwendet, ist eine analoge Flächenbelegung der Mahlbahn zu wählen. Durch die sich ergebende Mahlkörperklassierung und eine sukzessiv gestufte, stark reduzierte Kataraktwirkung der Mahlkugeln ergibt sich eine Durchsatzsteigerung und eine Absenkung des Leistungsbedarfes, woraus eine Reduzierung des spezifischen Arbeitsbedarfes bis zu 20% resultiert.

Der Mahlkörper- und Mahlplattenverschleiß kann bis zu 50% und die Panzerungseinsatzmasse bis zu 30% reduziert werden.

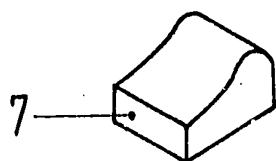
Fig. 1



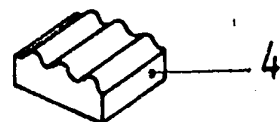
Stufen-Rollmahlplatte  
nach DD 228 957



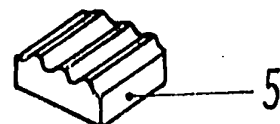
Stufenmahlplatte



normale Rollmahlplatte



nach DD 281 298



nach DD 154 425



Fig 2

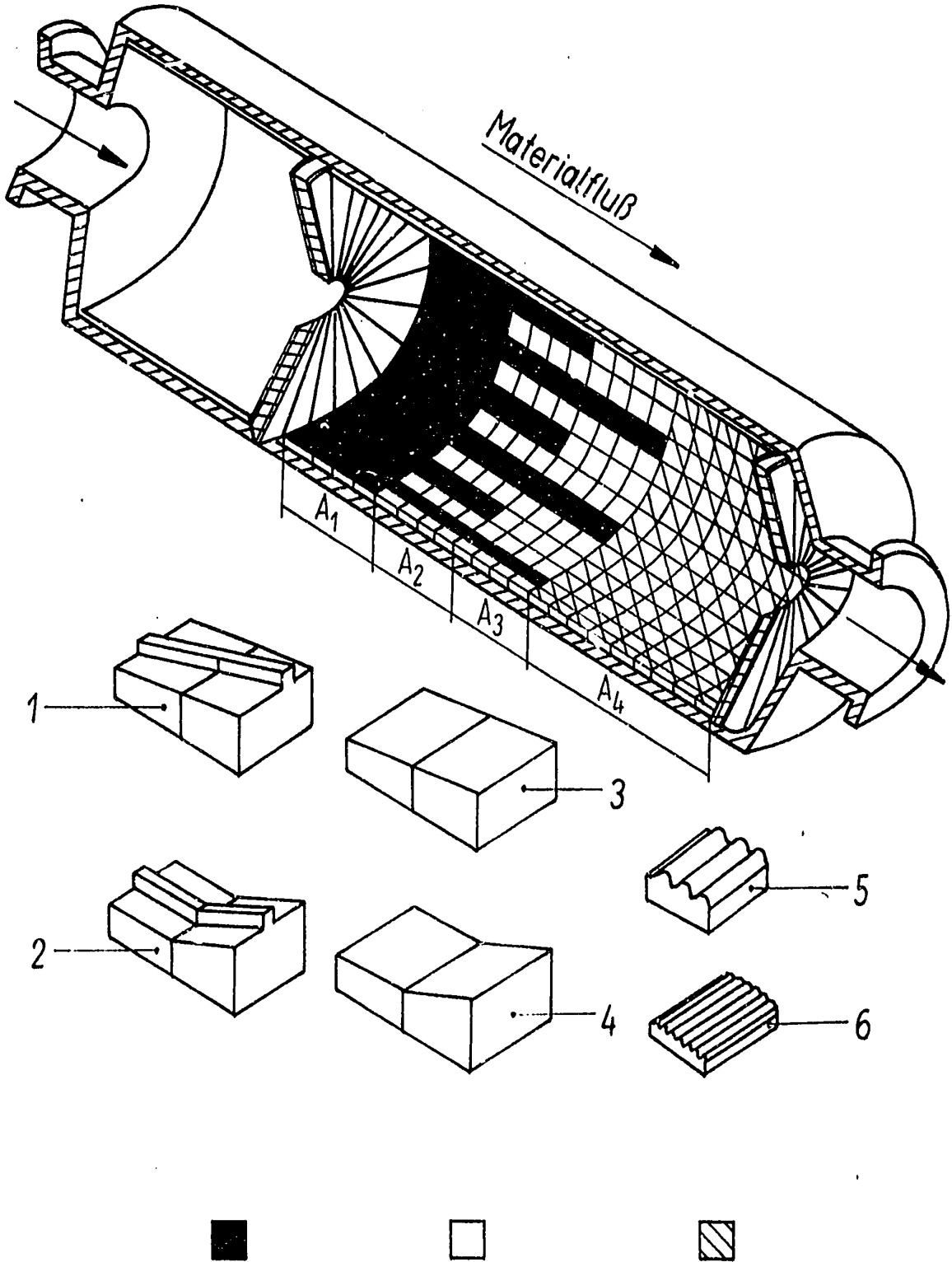


Fig. 3

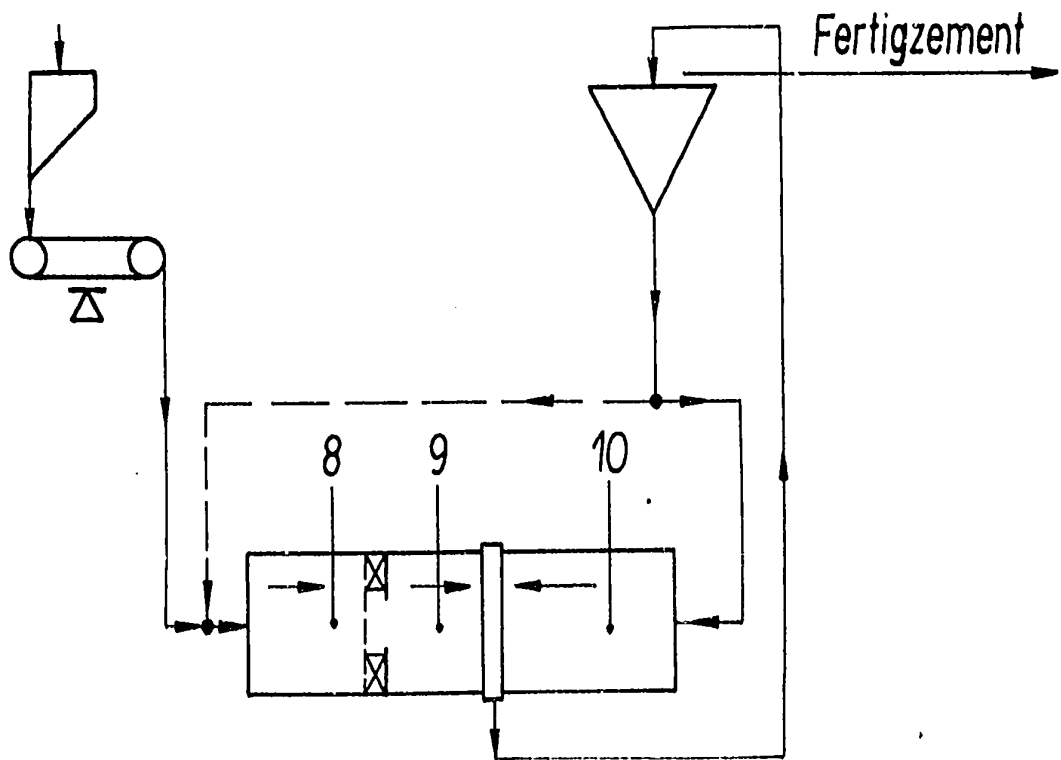


Fig. 4

