

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 114 890 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**11.07.2001 Patentblatt 2001/28**

(51) Int Cl.7: **D21F 3/08, D21G 1/02**

(21) Anmeldenummer: **00128225.0**

(22) Anmeldetag: **22.12.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(71) Anmelder: **Schwäbische Hüttenwerke GmbH  
73433 Aalen-Wasserralfingen (DE)**

(72) Erfinder: **Zaoralek, Heinz-Michael, Dr.  
89551 Königsbronn (DE)**

(30) Priorität: **05.01.2000 DE 10000231**

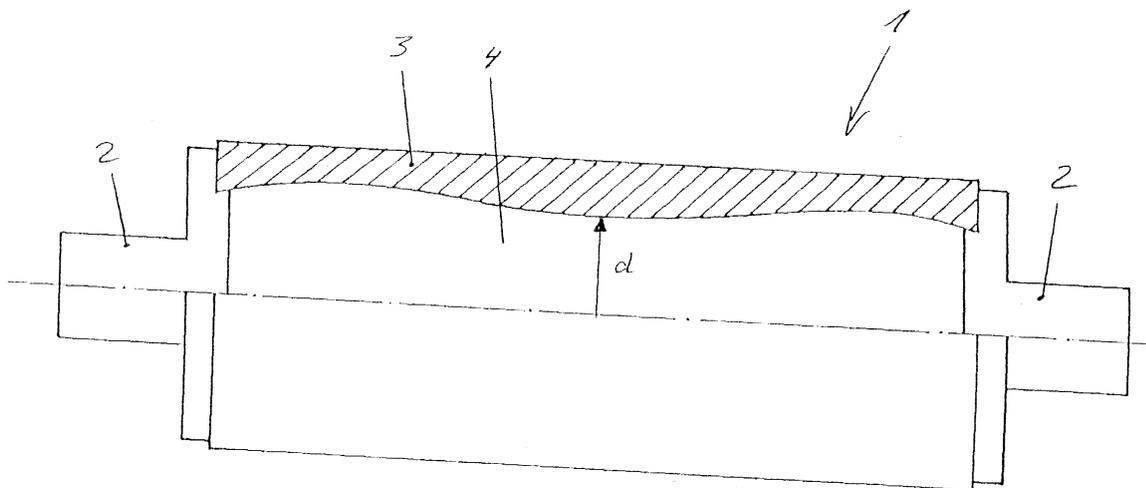
(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx  
Stuntzstrasse 16  
81677 München (DE)**

(54) **Walzenanordnung und Walze**

(57) Eine Walzenanordnung zur Druck- und vorzugsweise auch Wärmebehandlung eines bahnförmigen Mediums umfasst mindestens zwei Walzen mit Walzenkörpern (3), die einen Spalt für das zwischen den zwei Walzen durchgeführte Medium bilden, wobei eine Walzenbiegung durch eine mechanisch wirkende Ausgleichsvorrichtung ausgeglichen wird, insbesondere durch Verschränken der Walzen gegeneinander (Skewing) oder durch Verbiegen der Walzen mit jeweils zwei Lagern pro Zapfen (Roll-Bending). Von mindestens einem der Walzenkörper (3) ist die lokale Steifigkeit

in radialer Richtung in der Weise in axialer Richtung variiert, dass der Verlauf der lokalen Steifigkeit einen durch die Ausgleichsvorrichtung nicht beseitigten Spaltfehler kompensiert.

Eine Walze zur Druck- und vorzugsweise auch Wärmebehandlung eines bahnförmigen Mediums, die einen Walzenkörper (3) mit einer zentralen Bohrung (4) aufweist, zeichnet sich dadurch aus, dass zur Kompensation eines Spaltfehlers bei einem Abwälvorgang die lokale Steifigkeit des Walzenkörpers (3) in radialer Richtung durch einen in axialer Richtung unterschiedlich großen Durchmesser (d) der Bohrung (4) variiert ist.



*Fig. 2*

**EP 1 114 890 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Walzenanordnung und eine Walze zur Druck- und vorzugsweise auch Wärmebehandlung eines bahnförmigen Mediums.

**[0002]** Walzen, mit denen Druck auf ein bahnförmiges Medium ausgeübt wird, biegen sich. Dadurch ist der Walzenspalt in der Walzenmitte gegenüber den Walzenrändern vergrößert und der Liniendruck dort geringer.

**[0003]** Dieses Problem ist bei modernen Walzenanordnungen üblicherweise dadurch gelöst, dass zumindest eine der Walzen als sog. Biegeausgleichswalze ausgeführt ist. Dabei handelt es sich um eine Walze mit einer durchgehenden, nicht drehenden Achse, um die ein Rohr rotiert. Zum Walzenspalt hin, wird das Rohr durch eine hydrostatische oder hydrodynamische Einrichtung auf der Achse abgestützt, welche den Spaltdruck aufnimmt und sich dabei unter der Belastung verbiegt. Der Walzenspalt selbst kann bei entsprechender Steuerung des hydraulischen Druckes gleichmäßig eingestellt werden, wie auch der Liniendruck. Die konstruktive Ausführung der Biegeausgleichswalze, das Hydraulik-Aggregat und die Druckregelung verteuern allerdings eine solche Walzenanordnung.

**[0004]** Vor der Einführung der beschriebenen Biegeausgleichswalzen hat es nicht an Lösungen gefehlt, das Problem des Biegeausgleichs rein mechanisch zu lösen. Ein vollkommener Ausgleich wird beispielsweise dadurch erreicht, daß man zumindest eine der Walzen mit einer sog. Bombage versieht. Entsprechend der Biegelinien wird diese Walze mit einem zu den Walzenenden hin abnehmenden Walzendurchmesser geschliffen. Der Nachteil besteht darin, dass ein derartiger Schliff nur für eine bestimmte Größe des Liniendrucks paßt. Wird, z.B. bei einem Sortenwechsel, ein anderer Liniendruck erforderlich, muß die Walze gegen eine solche mit passender Bombage gewechselt werden.

**[0005]** Eine Verringerung des Biegeproblems wird auch dadurch erreicht, dass die Walzen aus einem Rohrkörper und einer Achse bestehen, die aber in den sog. Viertelpunkten fest miteinander verbunden und dort abgestützt sind. Die Biegekurve des Rohres wird dann W-förmig und der Profilfehler geringer.

**[0006]** Auch mechanische Verstellmechanismen sind bekannt, mit denen man die Walzenbiegung bei veränderlichen Liniendrücken ausgleichen kann. Dazu gehört z.B. das sog. "Roll-Bending". Die beiden Walzenzapfen sind verlängert und erhalten jeweils an ihrem äußeren Ende eine zusätzliche Lagerstelle, vermittels derer ein Gegendruck aufgebracht werden kann. Über die Hebelarme zu den Hauptlagern wird der Walzenkörper gewissermaßen "zurückgebogen". Dies funktioniert nur bei relativ kurzen Walzen. Die großen auftretenden Kräfte machen eine Herstellung dieser Walzen mit einem festen Stahlkern oder aus Verbundguss-Werkstoffen notwendig, was diese Walzenanordnung sehr verteuert. Der Ausgleich des Spaltfehlers ist keineswegs perfekt.

**[0007]** Ein weiterer Mechanismus ist das sog. "Skewing", das Verschränken einer der Walzen gegen die andere. Der so gebildeten Walzenspalt weitet sich zu den Walzenrändern und kompensiert so die Durchbiegung der Walzen. Da allerdings die Biegelinie und die Korrektur nicht genau übereinstimmen, verbleibt ein W-förmiger Spaltfehler, welcher mit zunehmendem Liniendruck und längerer Bahnlänge zunimmt. Dadurch beschränkt sich der Einsatz von Skewing-Einrichtungen auf Tissue-Kalender, die mit äußerst geringen Liniendrücken betrieben werden. Wo sie einsetzbar ist, stellt eine Skewing-Einrichtung eine sehr kostengünstige Alternative zum Einsatz von Durchbiegungsausgleichswalzen dar.

**[0008]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, bei Walzen zur Druckbehandlung und vorzugsweise auch Temperaturbehandlung von bahnförmigen Medien Spaltfehler zu verringern.

**[0009]** Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden durch die abhängigen Ansprüche beschrieben.

**[0010]** Nach der Erfindung wird bei einer Walze mit einem Walzenkörper, der eine axiale, zentrale Bohrung aufweist, die lokale Steifigkeit des Walzenkörpers in radialer Richtung, d.h. die radiale Steifigkeit, in der Weise variiert, dass durch die in axialer Richtung sich ändernde radiale Steifigkeit ein Spaltfehler kompensiert wird, der im Betrieb der Walze bei einem Abwälzen auf einer Gegenwalze ohne die erfindungsgemäße Variation der Steifigkeit auftreten würde. Es weist in einer vorteilhaften Ausführung die Walze einen rotationssymmetrischen, hohlzylindrischen Walzenkörper auf, dessen in radialer Richtung gemessene Wandstärke sich in axialer Richtung ändert. Die Wandstärke ist umso größer je größer die Spaltbreite ohne die erfindungsgemäße Wandstärkenvariation wäre. Der Bohrungsdurchmesser bzw. die Wandstärke wird so optimiert, dass praktisch eine gleichbleibende Spaltbreite über die auf das Medium wirkende Länge des Walzenkörpers erzielt wird.

**[0011]** Die Variation der radialen Steifigkeit des Walzenkörpers kann durch eine Abstützeinrichtung verwirklicht sein, die in der Walzenkörperbohrung, d.h. in dem sich durch den Walzenkörper erstreckenden Hohlraum, angeordnet ist. Die Abstützeinrichtung kann durch einen oder vorzugsweise mehrere in der Bohrung bzw. dem Hohlraum angeordnete Ringe verwirklicht sein. Der Ring oder die vorzugsweise mehreren Ringe sind derart dimensioniert und in axialer Richtung nebeneinander angeordnet und bilden in solcher Anordnung die Bohrung derart mit, dass der zu erwartende Spaltfehler kompensiert wird. Vorteilhafterweise sind Abstützstrukturen, die sich von dem Walzenkörpermantel bis zu der Drehachse des Walzenkörpers erstrecken, nicht erforderlich. Im Falle der Anordnung von mehreren Ringen, können sämtliche Ringe identisch ausgebildet sein oder unterschiedlich, bspw. unterschiedlich breit in Axialrichtung des Walzenkörpers und/oder unterschiedlich stark

in radialer Richtung, um den im Betrieb der Walze zu erwartenden Spaltfehler optimal zu kompensieren.

**[0012]** In ebenfalls bevorzugter Ausführung wird die Variation der radialen Steifigkeit unmittelbar durch Formgebung eines Walzenkörpermantels erzielt.

**[0013]** Durch die Erfindung wird eine kostengünstig herstellbare Walze und Walzenanordnung für die Druck- und gegebenenfalls Temperaturbehandlung bahnförmiger Medien, wie z.B. Papier, bereitgestellt. Ein wesentlicher Kostenvorteil ergibt sich aus der vorzugsweise rein mechanisch gelösten Weise des Biegeausgleichs, ohne die sonst üblichen Profilfehler solcher Lösungen.

**[0014]** Die Erfindung verfolgt auch als ein Ziel, die Einsatzgrenzen der Skewing-Einrichtung z.B. auf sog. Soft-Kalander auszuweiten. Dabei handelt es sich in vielen Fällen um Walzenanordnungen aus zwei Walzen, von denen eine Walze über eine harte und beheizte Oberfläche verfügt, während die andere Walze mit einem vergleichsweise weichen Bezug aus Gummi oder einem polymeren Kunststoff versehen ist. Dieser Bezug hat dem Kalander seinen Namen gegeben.

**[0015]** Wegen des weichen Bezugs entsteht im Betrieb von Soft-Kaländern ein breiter Arbeitsspalt, der wiederum einen hohen Liniendruck erfordert, um das gewünschte Glättergebnis zu erzielen. Liniendrücke zwischen 100 und 250 N/mm sind üblich. Die eingesetzten Walzen werden aus Kostengründen auf die Festigkeit des Walzenwerkstoffes hin ausgelegt. Die zulässigen Durchbiegungen sind dann so groß, dass der verbleibende Fehler im Spaltprofil für den Glättvorgang nicht mehr toleriert werden kann. Eine Vergrößerung der Walzendurchmesser in dem dafür nötigen Umfang ist nicht realisierbar, weil dies die Walzen und den Kalander zu schwer und nicht mehr handhabbar machen würde. Auch hat die damit zwangsläufig zunehmende Breite des Arbeitsspaltess nachteilige Auswirkungen auf den Glättvorgang selbst.

**[0016]** Aus Gewichtgründen werden die Walzen von Soft-Kaländern mit großen Zentralbohrungen ausgeführt. Aufgrund mechanischer Zusammenhänge wirkt sich das ausgebohrte Material stark auf das Gewicht aus, jedoch nur unwesentlich auf die Durchbiegung. Genaue Berechnungen haben aber gezeigt, dass der Liniendruck zu einer Verformung der Walzenschale führt, die man im Prinzip mit einer einseitigen Abplattung beschreiben könnte. Der Wert dieser Abplattung hängt einmal von der Größe des Liniendrucks ab, zum andern aber von der Wandstärke des Rohrkörpers. Durch Variation des Durchmessers der Zentralbohrung lässt sich diese direkt beeinflussen.

**[0017]** Erfindungsgemäß wird dieser Effekt dazu genutzt, den verbleibenden W-förmigen Fehler im Spaltprofil, wie er beim Verschränken der Walzen entsteht, auszugleichen. Dazu werden eine oder auch beide Walzen im Soft-Kalander mit Zentralbohrungen versehen, die in axialer Richtung im Durchmesser dem zu erwartenden Spaltfehler in der jeweiligen Position in der Weise angepasst sind, dass sie bei einem gleichmäßigen

Liniendruck um den Betrag des Spaltfehlers in radialer Richtung nachgeben. Es kann gezeigt werden, dass sich sowohl die Amplitude des nach dem Skewing verbleibenden Spaltfehlers als auch der Betrag der elastischen radialen Verformung proportional zum jeweiligen Liniendruck verhalten. Damit ergibt sich bei einer korrekt ausgeführten Form der Zentralbohrung bei einem dem Liniendruck angepassten Skewing ohne weitere Korrektur ein gleichmäßiger Spaltdruck.

**[0018]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Sämtliche, anhand des Ausführungsbeispiels offenbarten Merkmale bilden je einzeln oder in beliebiger Kombination die beanspruchte Erfindung in vorteilhafter Weise weiter. Es zeigen:

Figur 1 einen Spaltfehlerverlauf,  
 Figur 2 eine erfindungsgemäße Walze und  
 Figur 3 die maximale Abplattung der Walze gemäß Figur 2 und der bei Skewing einer herkömmlichen Walze maximal auftretende Spaltfehler jeweils als Funktion des Liniendrucks.

**[0019]** In Figur 1 ist beispielhaft der Spaltfehler in einem Soft-Kalander über die Breite eines bahnförmigen Mediums, im Ausführungsbeispiel über die Papierbahnbreite, in einem Diagramm dargestellt, wie er sich bei einem Liniendruck von 250 N/mm und optimierter Verschränkung ergibt. Beide den Spalt bildenden Walzen haben einen äußeren Durchmesser von 610 mm und einen Lagermittenabstand von 3.600 mm. Einer der Walzenkörper ist aus Schalenhartguss und der andere aus Grauguss hergestellt. Die dargestellte Papierbahnbreite beträgt 2.800 mm. Die Amplitude des Spaltfehlers beträgt etwa  $\pm 34 \mu\text{m}$ , was für einen Soft-Kalander nicht mehr akzeptabel ist.

**[0020]** Figur 2 zeigt die Walze 1 aus Grauguss mit optimierter Wandstärke. Zur besseren Darstellung wurde ein axialer Maßstab von 1:20 und ein radialer von 1:10 gewählt.

**[0021]** Die Walze 1 weist zwischen ihren beiden Lagerwalzenzapfen 2 einen rotationssymmetrischen, hohlzylindrischen Walzenkörper 3 auf, der zusammen mit einem Walzenkörper einer Gegenwalze den Spalt für die durchlaufende Bahn bildet. Der Walzenkörper 3 weist eine zentrale Bohrung 4 mit einem Bohrungsdurchmesser  $d$  auf. Der Bohrungsdurchmesser  $d$  ändert sich entlang der Walzendrehachse. Die Größe des Bohrungsdurchmessers  $d$  bzw. die Wandstärke des Walzenkörpers 3 ist in Abhängigkeit von dem in Figur 1 dargestellten Verlauf des ohne die erfindungsgemäße Kompensation zu erwartenden Spaltfehlers so gewählt, dass ein Spalt möglichst konstanter Breite erhalten wird.

**[0022]** Die konzentrische, axiale Bohrung durch den Walzenkörper vergrößert sich allmählich von den beiden Walzenkörperenden her bis zu einer Stelle größten Durchmessers  $d$ . Von den beiden Stellen größten Durchmessers verringert sich der Walzendurchmesser

d wieder allmählich bis zur axialen Mitte des Walzenkörpers, wo die Bohrung den kleinsten Durchmesser d aufweist. Auf diese Weise entsteht in Umkehrung des W-förmigen Verlaufs des zu erwartenden Spaltfehlers gemäß Figur 1 ein in axialer Richtung weicher, M-förmiger Verlauf an der Innenseite des Walzenkörpermantels mit einer maximalen Wandstärke in der Mitte des Walzenkörpers und zwei symmetrisch beidseits der Mitte liegenden Minima der Wandstärke.

**[0023]** Etwa 350 mm von den Walzenrändern - dort wo der Walzenspalt von der Verschränkung her um 34 µm zu klein wäre - ist die Walzenwand besonders dünn und nachgiebig gestaltet. In der Walzenmitte sind die Verhältnisse umgekehrt. Berechnungen der Verformung des Walzenkörpers 3 haben gezeigt, dass bei einer Variation des Bohrungsdurchmessers d zwischen 460 mm an den beiden Seiten und 380 mm in der Walzenmitte bei einem Liniendruck von 250 N/mm der Unterschied der Verformung in radialer Richtung etwa 70 µm ausmacht, so dass bei solcher Dimensionierung der Bohrung 4 bzw. der Wandstärke des Walzenkörpers 3 der zu erwartende Spaltfehler gemäß Figur 1 gerade kompensiert wird.

**[0024]** Figur 3 zeigt beide Verformungen in Abhängigkeit vom Liniendruck. Es wird deutlich, dass sich beide Einflüsse unabhängig vom Liniendruck gerade aufheben.

**[0025]** In prinzipiell gleicher Weise, lassen sich Spaltfehler auch bei anderen mechanischen Verstelleinrichtungen, wie z.B. dem Roll-Bending, und grundsätzlich auch bei einer ohne die erfindungsgemäße Kompensation nicht W-förmigen Biegekurve der Walze beseitigen.

## Patentansprüche

1. Walzenanordnung zur Druck- und vorzugsweise auch Wärmebehandlung eines bahnförmigen Mediums mit

- a) mit mindestens zwei Walzen mit Walzenkörpern (3), die einen Spalt für das zwischen den zwei Walzen durchgeführte Medium bilden,
- b) wobei eine Walzenbiegung durch eine mechanisch wirkende Ausgleichsvorrichtung ausgeglichen wird, insbesondere durch Verschränken der Walzen gegeneinander (Skewing) oder durch Verbiegen der Walzen mit jeweils zwei Lagern pro Zapfen (Roll-Bending),  
**dadurch gekennzeichnet, dass**
- c) die lokale Steifigkeit in radialer Richtung von mindestens einem der Walzenkörper (3) in der Weise in axialer Richtung variiert ist, dass der Verlauf der lokalen Steifigkeit einen durch die Ausgleichsvorrichtung nicht beseitigten Spaltfehler kompensiert.

2. Walzenanordnung nach einem der vorhergehenden

den Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzenkörper (3) eine zentrale Bohrung (4) mit in axialer Richtung unterschiedlich großen Durchmessern aufweist.

3. Walzenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzenanordnung aus mindestens drei Walzen besteht und zumindest der Walzenkörper (3) der mittleren der drei Walzen mit der variierten lokalen Steifigkeit in radialer Richtung ausgeführt ist.

4. Walzenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzenkörper (3) von zwei oder mehr spaltbildenden Walzen je eine in axialer Richtung variierte lokale Steifigkeit in radialer Richtung aufweisen.

5. Walze zur Druck- und vorzugsweise auch Wärmebehandlung eines bahnförmigen Mediums, die einen Walzenkörper (3) mit einer zentralen Bohrung (4) aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
zur Kompensation eines Spaltfehlers bei einem Abwälvorgang die lokale Steifigkeit des Walzenkörpers (3) in radialer Richtung durch einen in axialer Richtung unterschiedlich großen Durchmesser (d) der Bohrung (4) variiert ist.

6. Walze nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der lokalen Steifigkeit des Walzenkörpers (3) in radialer Richtung mittels einer in der Bohrung (4) angeordneten inneren Abstützeinrichtung erzeugt wird.

7. Walze nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die innere Abstützeinrichtung durch wenigstens einen in der Bohrung (4) angeordneten Ring gebildet wird.

8. Walze nach dem vorhergehenden Anspruch dadurch gekennzeichnet, dass der Ring mit radialem Pressdruck in der Bohrung (4) sitzt, wobei der Presssitz vorzugsweise durch Einschrumpfen des wenigstens einen Ringes in die Bohrung (4) hergestellt ist.

9. Walze nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstützeinrichtung durch mehrere Ringe gebildet wird.

10. Walze nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Ringe eine andere Steifigkeit in radialer Richtung aufweist als ein anderer oder mehrere andere der Ringe.

SPALTFEHLER

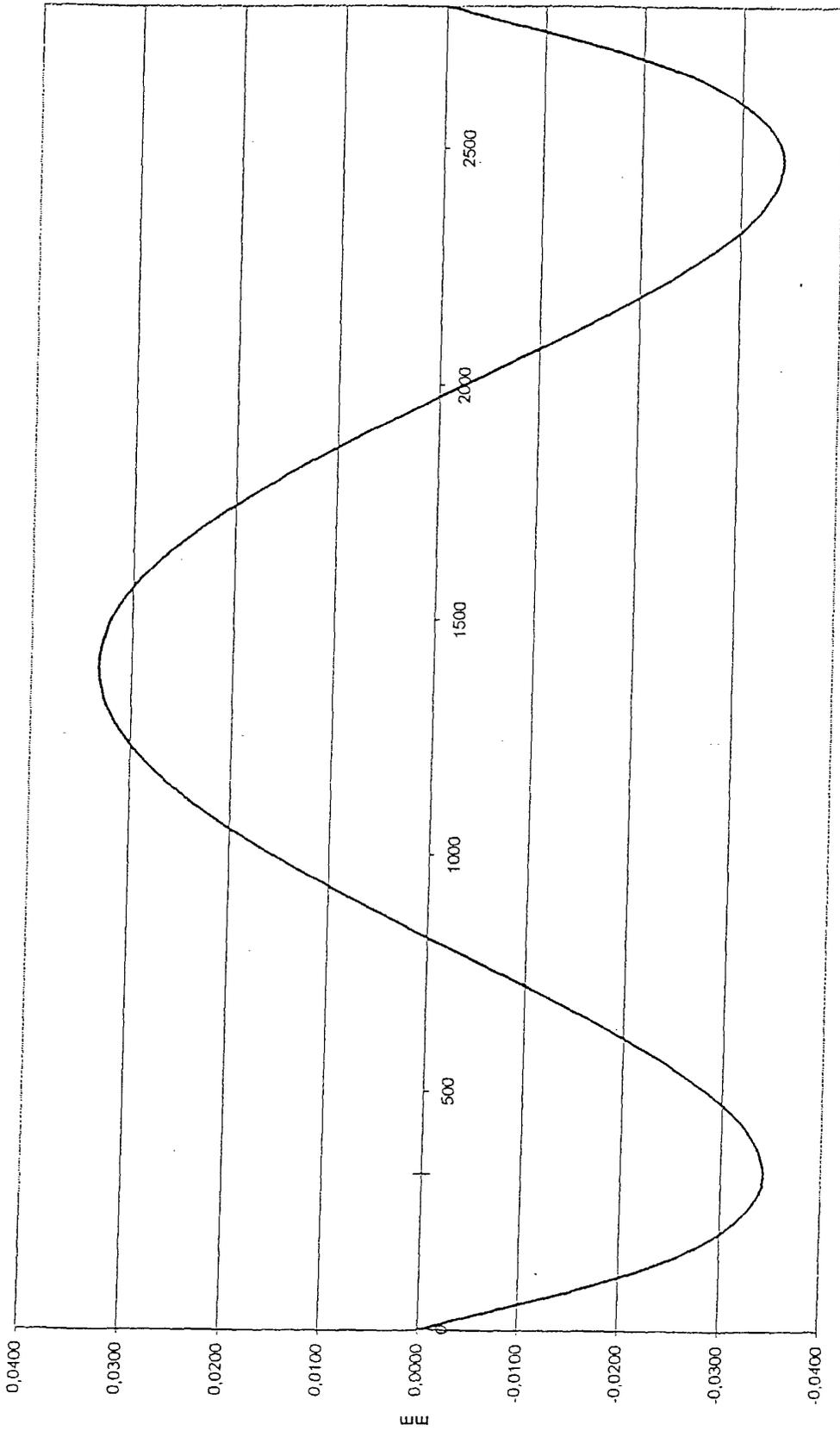


Fig. 1

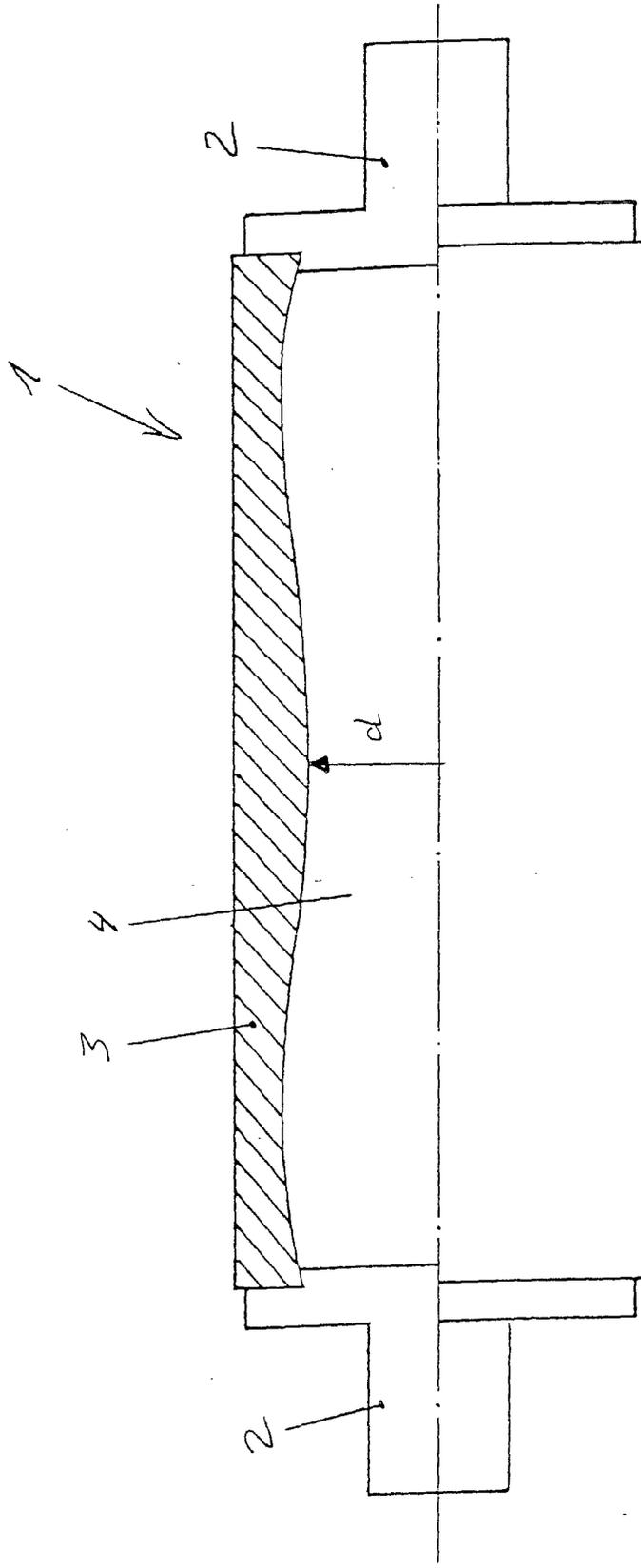


Fig. 2

### Ausgleich des Skewing-Profilfehlers

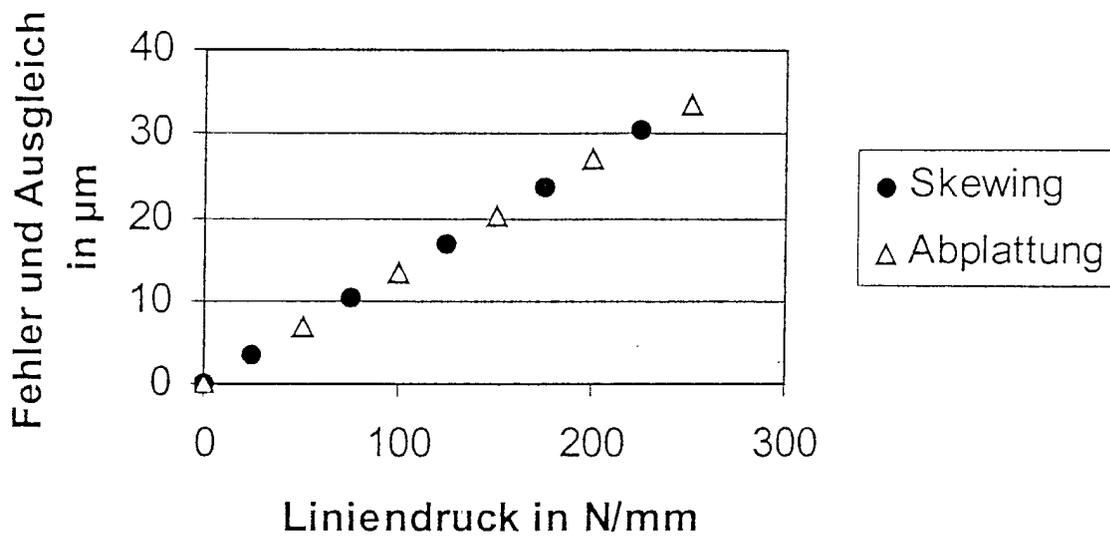


Fig. 3