

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. Juni 2011 (30.06.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/076607 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/069558
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
14. Dezember 2010 (14.12.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 060 243.7  
23. Dezember 2009 (23.12.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SMS SIEMAG AG [DE/DE]; Eduard-Schloemann-Straße 4, 40237 Düsseldorf (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ALLERDINGS, Arthur [DE/DE]; Brücherweg 15, 57482 Wenden (DE).
- (74) Anwalt: KLÜPPEL, Walter; Hammerstr.2, 57072 Siegen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

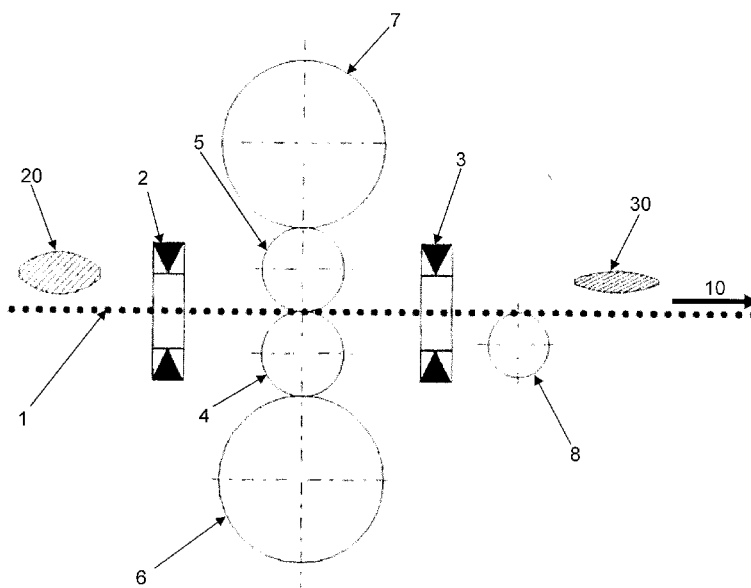
**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: DETERMINATION OF THE FLATNESS OF A METALLIC STRIP BY MEASURING THE PROFILE

(54) Bezeichnung : PLANHEITSBESTIMMUNG EINES METALLBANDES DURCH MESSUNG DES PROFILS

Figur 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the flatness of a metallic strip (1) in a rolling mill and a corresponding rolling mill. Said rolling mill comprises an inlet side and an outlet side and said method comprises the following steps: the profile (20) of the metallic strip (1) on the inlet side is measured, the profile (30) of the metallic strip (1) on the outlet side is measured and the flatness of the metallic strip (1) is determined and/or evaluated by means of the measured profile (20) of the metallic strip (1) on the inlet side (20) and the measured profile (30) of the metallic strip (1) on the outlet side. As a result, in order to evaluate the flatness, the profile determination of the metallic strip (1) is used, additional flatness measuring devices such as flatness measuring rollers are no longer required.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Planheit eines Metallbands

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

(1) in einer Walzanlage sowie eine entsprechende Walzanlage, wobei die Walzanlage eine Einlaufseite und eine Auslaufseite aufweist und das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Messen des einlaufseitigen Profils (20) des Metallbands (1), Messen des auslaufseitigen Profils (30) des Metallbands (1) sowie die Bestimmung bzw. Ermittlung der Planheit des Metallbands (1) mittels des einlaufseitig gemessenen Profils (20) des Metallbands (1) und des auslaufseitig gemessenen Profils (30) des Metallbands (1). Dadurch, dass die Profilbestimmung des Metallbands (1) zur Ermittlung der Planheit verwendet wird, können zusätzliche Planheitsmessgeräte, wie Planheitsmessrollen entfallen.

5 Planheitsbestimmung eines Metallbands durch Messung des Profils

Gebiet der Erfindung

10

Die Erfindung bewegt sich auf dem Gebiet der Bestimmung der Planheit eines Metallbands, insbesondere in einer Walzstraße.

15

An dieser Stelle soll kurz der Begriff Bandprofil geklärt werden, da er im Stand der Technik mit verschiedenen Bedeutungen verwendet wird. Unter einem Bandprofil wird in dieser Anmeldung die Banddickenverteilung über die Breite eines Metallbands verstanden.

20

Stand der Technik

25

30

Aus einem planen Metallband mit einem auf der Einlaufseite einer Walzanlage vorliegendem Bandprofil entsteht nach Umformen, zum Beispiel in einem Walzgerüst, ein ebenfalls planes Band mit einem unveränderten Bandprofil auf der Auslaufseite der Anlage, wenn das Metallband über die Bandbreite im Walzspalt homogen umgeformt worden ist. Bei ungleichmäßiger Dickenreduktion über die Bandbreite, welche in der Realität häufig auftritt, werden Teile des Bands zu stark und andere zu wenig deformiert. Zu stark reduzierte Bandsegmente werden mehr in die Länge gezogen als andere, wodurch eine Welligkeit im Metallband, nämlich sogenannte Bandwellen, entstehen. Diese Welligkeit ist jedoch in der Regel unerwünscht. Sie mindert die Qualität des Bands und erschwert seine Weiterverarbeitung erheblich. Um diese Welligkeit zu verhindern, ist es notwendig, die Planheit des Bands zu bestimmen, um so Einfluss über diverse Stellglieder zur Planheitsregulierung nehmen zu können.

35

5     Generell werden im Stand der Technik Planheit, Dicke und / oder Profil getrennt voneinander ermittelt, wie dies zum Beispiel in der europäischen Patentschrift EP 0 850 704 erfolgt. Zur Bestimmung der Bandplanheit kommt ein Planheitsmessgerät zum Einsatz und für die Bestimmung der Bandkontur ein Profilmessgerät.

10

Herkömmlich werden als Planheitsmessgeräte Planheitsmessrollen verwendet, wie sie zum Beispiel aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2008 015 828 A1 bekannt sind. In solchen Planheitsmessrollen befinden sich Kraftsensoren, die über die Breite der Rollen angeordnet sind. Diese Rollen bzw. Sensoren werden dann mit einer gewissen Kraft auf das zu messende Band gedrückt und zur Messung des Bandzuges auf einen Bandabschnitt eingesetzt. Die durch die einzelnen Sensoren registrierten Kräfte bzw. Bandzüge werden dazu verwendet, die Bandzugsspannungsverteilung zu ermitteln, aus der auf die Bandplanheit geschlossen wird. Nachteilig an der Methode der Planheitsermittlung mit Planheitsmessrollen ist, dass diese in direkten Kontakt mit dem Band treten und so die Eigenschaften des Bands negativ beeinflussen können und zum Beispiel, seine Oberflächenqualität mindern können. Zudem unterliegen die relativ teuren Messrollen durch die Berührung mit dem Band und durch die ständige Drehung einem Verschleiß. Darüberhinaus erlauben nicht alle Anordnungen in einer Walzanlage einen einfachen Einsatz einer Planheitsmessrolle, zum Beispiel genau dann nicht, wenn Umlenkrollen vorgesehen sind, die zusätzliche Bandzüge in der Nähe einer solchen Messrolle erzeugen. Ein weiterer Nachteil an der Bestimmung der Planheit eines Metallbands durch Planheitsmessrollen ist, dass für die Bestimmung der Bandplanheit neben der gemessenen Bandspannungsverteilung  $\Delta\sigma$  der Elastizitätsmodul  $E$  des Bands bekannt sein muss. Diese Größe  $E$  ist jedoch meistens nicht hinreichend genau bekannt. Daraus resultieren Fehler bei der Bestimmung der Bandplanheit.

Aus dem Stand der Technik ergibt sich daher die technische Aufgabe, ein verbessertes Verfahren zur Planheitsbestimmung eines Metallbands bereitzustellen oder zumindest einen der oben genannten Nachteile zu überwinden.

35

5

## Offenbarung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung löst die technische Aufgabe durch das erfindungs-  
gemäße Verfahren zur Bestimmung der Planheit eines Metallbands in einer  
10 Walzanlage, wobei die Walzanlage eine Einlaufseite und eine Auslaufseite auf-  
weist und das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Messen des einlaufsei-  
tigen Profils des Metallbands; Messen des auslaufseitigen Profils des Metall-  
bands und Bestimmen der Planheit des Metallbands mittels des einlaufseitig  
15 gemessenen Profils des Metallbands und des auslaufseitig gemessenen Profils  
des Metallbands. Da zur Bestimmung bzw. Berechnung der Planheit des Me-  
tallbands die Messung des Profils herangezogen wird, kann eine separate Plan-  
heitsmessung entfallen. Insbesondere wird keine Planheitsmessrolle mehr be-  
nötigt. Schäden und Qualitätsverluste des Bands werden minimiert sowie Feh-  
20 ler bei der Berechnung der Bandplanheit aufgrund nicht hinreichend genau be-  
kannter Elastizitätsmodule vermieden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird mindestens eines  
der Profile des Metallbands mittels eines Profilmessgeräts oder mittels eines  
25 über die Breite des Metallbands verfahrbaren Dickenmessgeräts oder mittels  
eines Abstandsmessgeräts ermittelt. Ein gängiges Profilmessgerät genügt, um  
für das erfindungsgemäße Verfahren verwendet zu werden. Es ist sogar mög-  
lich, ein einfaches Dickenmessgerät zu verwenden, wenn dieses über die Breite  
des Metallbands verfahrbar ausgebildet ist. Weiterhin kann ein einfaches Ab-  
30 standsmessgerät Verwendung finden. Die aufgezeigten Möglichkeiten weisen  
neben den oben erwähnten Vorteilen gegenüber einer Planheitsmessrolle auch  
den Vorteil der Kosteneinsparung auf.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens umfasst die  
35 Walzanlage mindestens ein Walzgerüst, wobei die einlaufseitige Messung des  
Profils des Metallbands vor dem mindestens einen Walzgerüst erfolgt und die

- 5 auslaufseitige Messung des Profils des Metallbands hinter dem mindestens einen Walzgerüst erfolgt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt die einlaufseitige Messung des Profils vor dem ersten Gerüst und die auslaufseitige  
10 Messung des Profils hinter dem letzten Gerüst der Walzstraße.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt die Messung des einlaufseitigen Profils des Metallbands bereits in einer der Walzstraße vorgeschalteten Anlage, in welcher sich das Metallband vor Eintritt in die Walz-  
15 straße befindet. Eine solche Anlage muss sich nicht in einer Linie mit der Walzstraße befinden und kann sich auch an einem völlig anderen Ort befinden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist die Walzstraße als Kaltwalzstraße ausgebildet und die vorgeschaltete Anlage als eine  
20 Warmwalzstraße oder als eine Beizanlage ausgebildet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt mindestens eine der Messungen des Profils in Form einer berührungslosen Messung. Durch eine berührungslose Messung, zum Beispiel mit elektromagnetischen  
25 Wellen, insbesondere per Laser oder Röntgenstrahlen, werden der Verschleiß des Bands und der des Messgeräts minimiert.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Metallband zur jeweiligen Bestimmung des Profils in Breitenrichtung in Bandsegmente unterteilt, die jeweils eine Breite sowie jeweils eine Dicke bzw. Höhe sowie eine Länge in Walzrichtung aufweisen. Durch solch eine Diskretisierung, die mit einem frei wählbaren Raster in Breitenrichtung arbeitet, kann das Problem der Profilbestimmung und damit der Planheitsbestimmung effizient bearbeitet werden.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird zur Bestimmung der Bandplanheit die Dicke jedes Bandsegments auf der Einlaufseite bestimmt und die Dicke desselben jeweiligen Bandsegments auf der Auslaufseite bestimmt.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die gemessenen Dickenwerte der jeweiligen Segmente auf der Einlaufseite mit der Länge der jeweiligen Segmente auf der Einlaufseite multipliziert und durch die Dicke der jeweiligen Segmente auf der Auslaufseite zur Ermittlung der Länge des jeweiligen Segments auf der Auslaufseite geteilt, wobei in einem nächsten  
15 Schritt die Längendifferenz der Länge eines jeden Segments auf der Auslaufseite und einer vorgebbaren Solllänge bzw. Referenzlänge der Segmente auf der Auslaufseite bestimmt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die Bandplanheit durch den Zusammenhang  $c \cdot \Delta L / L_0$  bestimmt, wobei  $c$  einen Proportionalitätsfaktor bildet und  $\Delta L$  durch das Maximum der Längendifferenzen zwischen den Längen der auslaufseitigen Segmente und der Referenzlänge  $L_0$  gebildet wird.

25 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die Stellglieder der Walzstraße nach Bestimmung der Planheit des Metallbands zur Verbesserung der Planheit des Bands eingesetzt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden für jede  
30 Profilmessung über die Breite des Metallbands, oder wahlweise für jedes Bandsegment, auftretende Bandzugeinflüsse durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt, welcher die plastische Verformung des Metallbands umfasst, so dass auf das Profil des Metallbands ohne Bandzugeinflüsse geschlossen werden kann. Dieses Merkmal ist besonders vorteilhaft, denn durch die Berücksichtigung von  
35 Bandzugeinflüssen mittels eines Korrekturfaktors, hat das Band auch dann noch eine plane Form, wenn es die Walzanlage verlassen hat.

5

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird für jede Profilmessung über die Breite des Metallbands, oder wahlweise für jedes Bandsegment, die Abkühlung des Metallbands durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt, so dass auf das Profil des Metallbands ohne Abkühlungseinflüsse geschlossen werden kann. Durch dieses Merkmal kann zum Beispiel eine inhomogene Abkühlung des Metallbands bei der Profilbestimmung berücksichtigt werden.

Desweiteren umfasst die Erfindung eine Walzanlage zum Walzen eines Metallbands, welche insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist und Folgendes umfasst: Mindestens ein Walzgerüst sowie ein erstes Messgerät, welches zur Messung des Profils des Metallbands ausgebildet ist und in Walzrichtung gesehen vor dem mindestens einen Walzgerüst angeordnet ist. Weiterhin umfasst die Walzanlage ein zweites Messgerät, welches zur Messung des Profils des Metallbands ausgebildet ist und in Walzrichtung gesehen hinter dem mindestens einen Walzgerüst angeordnet ist; sowie eine Recheneinheit zur Ermittlung der Planheit des Metallbands aus den durch die Messgeräte ermittelten Messwerten. Die Vorteile der erfindungsgemäßen Walzstraße entsprechen im Wesentlichen den Vorteilen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

#### Kurze Beschreibung der Figuren

Im Folgenden werden kurz die Figuren der Ausführungsbeispiele beschrieben. Weitere Details sind der detaillierten Beschreibung der Ausführungsbeispiele zu entnehmen.

Es zeigen:

Figur 1 einen schematischen Querschnitt durch einen Teil einer Walzstraße;

5

Figur 2 ein Schema zur Ermittlung eines Bandprofils bzw. zur Planheitsbestimmung; und

10

Figur 3 ein zweidimensionales Schema eines Metallbands hinter einem Walzgerüst.

#### Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

15

Figur 1 zeigt rein exemplarisch ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dargestellt ist ein Metallband 1, welches durch ein Walzgerüst hindurch läuft, das zwei Arbeitswalzen 4, 5 sowie zwei entsprechende Stützwalzen 6, 7 umfasst. Die Gieß- bzw. Walzrichtung ist mit dem Pfeil 10 gekennzeichnet. Ein von der linken Seite der Figur her einlaufendes Band 1 wird durch das Gerüst in seiner Dicke reduziert und verlässt das Gerüst auslaufseitig, in der Figur 1 rechts neben den Arbeitswalzen 4, 5. Zur Messwerterfassung sind sowohl einlaufseitig als auch auslaufseitig Messvorrichtungen 2, 3 vorgesehen. Diese Messvorrichtungen 2, 3 sind zur Ermittlung des Bandprofils ausgebildet. Es kann sich zum Beispiel um Profilmessgeräte 2, 3, um Abstandsmessgeräte 2, 3 oder um Dickenmessgeräte 2, 3, welche zur Bestimmung des Bandprofils über die Breite des Metallbands 1 verfahren werden können, handeln. Die Breitenrichtung des Metallbands 1 liegt dabei senkrecht zur Bewegungsrichtung 10 des Metallbands 1. Wahlweise ist es möglich, dass die Messgeräte 2, 3 als berührungslose Messgeräte ausgebildet sind, wobei diese vorzugsweise zur Funktion mit Laserlicht oder Röntgenstrahlen ausgebildet sind. Zur Bestimmung des Bandprofils mit einem Abstandsmessgerät ist es darüberhinaus möglich, dass solch ein Messgerät 2, 3 zur Profilbestimmung dem Bandverlauf folgt oder sich auf eine Mittenebene des Metallbands 1 oder auf eine festliegende Ebene bezieht. Die Wahl des Bezugspunktes für die Messung eines Profils oder einer Dicke mit einem Abstands-

5 messgerät ist dem Fachmann jedoch auch bekannt. Der Anschaulichkeit halber ist in Figur 1 schematisch ein einlaufendes Bandprofil 20 gezeigt, so wie es zum Beispiel durch das Messgerät 2 gemessen werden würde. Mit dem Bezugszeichen 30 ist ein schematisches Bandprofil auf der Auslaufseite gekennzeichnet, wie es zum Beispiel nach einer Dickenreduktion durch das Gerüst, durch das  
10 Messgerät 3 registriert werden könnte. Außerdem kann es sich bei dem dargestellten Gerüst auch um ein Reversiergerüst handeln. Im Falle eines Reversiergerüsts, sind die Begriffe einlaufseitig und auslaufseitig auf eine Umformung bzw. auf einen Stich zu beziehen. Das heißt, dass sich die Walzrichtung 10 in diesem Fall umkehrt, bzw. sich um 180° dreht.

15 Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zum Beispiel der Zusammenhang I-Unit =  $\Delta L \cdot 10^5 / L_0$  verwendet werden. Der Proportionalitätsfaktor  $10^5$  kann jedoch auch anders gewählt bzw. definiert werden. Dabei ist die sogenannte I-Unit ein Maß für die Bandplanheit. Diese Beschreibung nimmt  
20 Bezug auf eine bestimmte, jedoch frei wählbare, Referenzlänge  $L_0$ . Eine solche Referenzlänge  $L_0$ , bzw. Solllänge  $L_0$ , kann zum Beispiel als Länge gewählt werden, die nach einer bestimmten Reduktion durch ein Walzgerüst ohne Entstehen einer Welligkeit des Bands erwartet werden würde. Alternativ könnte eine solche Referenzlänge  $L_0$  über die Bildung des Mittelwertes sämtlicher betrachteter  
25 Segmente  $i$  gebildet werden.  $\Delta L$  stellt die Strecke dar, um die sich ein Bandsegment  $i$  nach einer Umformung, insbesondere nach einem Walzvorgang, im Vergleich zu  $L_0$  verlängert oder verkürzt hat. Möglichkeiten zur Festlegung dieser Strecke  $\Delta L$  werden weiter unten angegeben.

30 Figur 2 verdeutlicht eine Bestimmung der Bandplanheit anhand eines Beispiels. Gemäß Figur 2 ist ein Band über seine Breite in mehrere Segmente  $i = 1, \dots, n$  der Breite  $b_i$  und der Länge  $L_{Ei}$  unterteilt. Im dargestellten Beispiel hat jedes Bandsegment  $i$  eine Dicke  $d_{Ei}$ , die im gezeigten Fall für jedes Segment  $i$  gleich ist. Dies entspricht zum Beispiel dem Zustand eines Bands 1, bevor es einen  
35 Walzspalt durchläuft. Die Breiten  $b$  bzw.  $b_i$  der betrachteten Segmente  $i$  können zum Beispiel zwischen weniger als einem Millimeter und 10 cm groß sein, ins-

5 besondere jedoch zwischen 1 cm und 5,5 cm groß sein. Durchläuft nun ein solcher Bandabschnitt in Walzrichtung 10 ein Walzgerüst, so können durch ein Messgerät 2, 3 die einlaufseitigen Dicken  $d_{Ei}$  und auch die auslaufseitigen Dicken  $d_{Ai}$  über die Breite des Bands bestimmt werden. Gemäß Figur 2 liegen rein beispielhaft  $n = 8$  Bandsegmente gleicher Breite  $b$  in Breitenrichtung vor. Dabei  
10 liegen im Allgemeinen für jedes Segment  $i$  verschiedene auslaufseitige Dicken  $d_{Ai}$  vor, wie auch verschiedene auslaufseitige Längen  $L_{Ai}$ , die im Allgemeinen jeweils um verschiedene  $\Delta L_i$  im Vergleich zu dem Wert  $L_0$  verlängert oder verkürzt sind. Für die weitere Berechnung der oben beschriebenen I-Unit werden diese  $\Delta L_i$  bestimmt. Zunächst werden zu diesem Zweck die auslaufseitigen  
15 Längen  $L_{Ai}$  berechnet, wobei bevorzugt der Zusammenhang  $L_{Ai} = d_{Ei} \times L_{Ei} / d_{Ai}$  verwendet wird und  $L_{Ei}$  für die eingangsseitigen Längen der einzelnen Segmente  $i$  steht. Liegen nach dieser Berechnung die Längen  $L_{Ai}$  der einzelnen Segmente  $i$  vor, ergeben sich die Bandlängendifferenzen  $\Delta L_i$  der einzelnen Segmente  $i$  gegenüber der Referenzlänge  $L_0$  durch  $\Delta L_i = L_{Ai} - L_0$ . Folglich können  
20 die Werte  $\Delta L_i$  im Allgemeinen sowohl positive als auch negative Werte annehmen.

Zur weiteren Erklärung ist in Figur 3 ein zweidimensionales Beispiel für einen bereits gewalzten Bandabschnitt gezeigt, wie er auslaufseitig eines Walzgerüsts  
25 vorliegen kann. Die Dicke des Metallbands 1 ist aus Gründen der Vereinfachung hier nicht mehr dargestellt. Als Beispiel sind elf Bandsegmente  $i$  in Breitenrichtung gezeigt, die unterschiedlich durch eine oder mehrere Umformungen in ihrer Länge  $L_{Ai}$  verändert wurden. Weiterhin ist ein Beispiel für die Wahl der Länge  $L_0$  gezeigt, die in diesem Fall der Länge eines Bandsegments  $i$  entspricht, welches genau nach vorliegendem Plan, wie gewünscht in seiner Dicke  
30  $d_{Ai}$  reduziert wurde. Alternativ könnte der Wert  $L_0$  auch als der Mittelwert über alle ausgangsseitigen Längen  $L_{Ai}$  gewählt werden. Der Wert  $\Delta L$  für die Berechnung der I-Unit ist gemäß Figur 3 als die maximale Differenz zwischen dem Wert  $L_0$  und der größten ausgangsseitigen Länge eines Segments  $L_{Ai}$  gewählt.  
35 Diese Vereinfachung ist jedoch rein beispielhaft zu verstehen und nicht zwingend notwendig. Beispielsweise könnte der Wert  $\Delta L$  auch als der Mittelwert al-

5 ler einzelnen Abweichungen  $\Delta L_i$  gewählt werden. Das bedeutet also, dass die ausgangsseitigen Bandlängen  $L_{Ai}$  bestimmt werden müssen, um  $\Delta L$  zu erhalten. Sind nun mit den oben genannten Gleichungen  $\Delta L$  und  $L_0$  bekannt, so kann ohne weiteres auf die I-Unit bzw. die Bandplanheit, zum Beispiel nach der Formel  $I\text{-Unit} = \Delta L * 10^5 / L_0$ , geschlossen werden.

10

Solche Ermittlungen können je nach Anwendung auch erst nach dem Durchlauf durch eine gesamte Walzstraße mit mehreren Gerüsten erfolgen oder auch bereits nach Durchlauf durch lediglich ein Gerüst bzw. nach jedem Stich erfolgen. Sind die so ermittelten Daten bekannt, kann die Planheit des Bands verbessert werden. Gleiches gilt auch für die Oberfläche und insbesondere die Rauheit oder Sauberkeit des Bands. Auch die mechanischen Eigenschaften des Bands können so verbessert werden (zum Beispiel die Streckgrenzen oder Korngrößen). Zu diesem Zweck können, wie aus dem Stand der Technik bekannt, Stellglieder zur Durchbiegung von Walzen oder zur axialen Verschiebung von Walzen und viele weitere Arten von Stellgliedern eingesetzt werden.

20

Allgemein kann ein Messgerät 2, 3 auch in einer der Walzanlage vorgeschalteten Anlage installiert sein, in der sich das Metallband 1 zuvor befunden hat, bzw. in dem das Metallband 1 zuvor bearbeitet wurde. Diese Anlage muss sich nicht mit der Walzanlage in einer Linie befinden und kann auch an einem anderen Ort aufgestellt sein. Solche Anlagen können zum Beispiel Warmwalzstraßen oder Beisanlagen sein oder durch Kombianlagen gebildet werden.

25

Um die Planheitsbestimmung noch genauer und effektiver zu machen, können bevorzugt Korrekturfaktoren bei der Bestimmung der Planheit des Metallbands 1 berücksichtigt werden. Zum Beispiel umfassen solche Korrekturfaktoren die Abkühlung des Bands 1 und/oder Bandzugeinflüsse bzw. die plastische Verformung des Bands 1. Durch entsprechendes Messen bzw. Bestimmen des Bandzuges und/oder der Temperatur nach an sich bekannten Verfahren, insbesondere in Breitenrichtung und/oder für jedes einzelne Bandsegment  $i$ , können diese Werte mit in die Bestimmung des Profils einbezogen werden. Somit kann

30

35

- 5 eine Planheitsbestimmung bzw. eine Planheitskorrektur noch exakter erfolgen, weil Abkühlungseffekte und plastische Veränderungen bereits berücksichtigt werden.

## 5 Bezugszeichenliste

|    |            |                                                                                |
|----|------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|    | 1          | Metallband                                                                     |
|    | 2          | einlaufseitiges Messgerät                                                      |
| 10 | 3          | auslaufseitiges Messgerät                                                      |
|    | 4          | untere Arbeitswalze                                                            |
|    | 5          | obere Arbeitswalze                                                             |
|    | 6          | untere Stützwalze                                                              |
|    | 7          | obere Stützwalze                                                               |
| 15 | 8          | Rolle                                                                          |
|    | 10         | Walzrichtung                                                                   |
|    | 20         | einlaufseitiges Bandprofil                                                     |
|    | 30         | auslaufseitiges Bandprofil                                                     |
|    | $b_i$      | Breite eines Bandsegments                                                      |
| 20 | $d_{Ei}$   | einlaufseitige Dicke eines Bandsegments                                        |
|    | $\Delta L$ | Differenz einer auslaufseitigen Segmentlänge zur auslaufseitigen Referenzlänge |
|    | $i$        | Laufindex der $n$ Bandsegmente                                                 |
|    | $L_0$      | auslaufseitige Referenzlänge                                                   |
| 25 | $L_{Ai}$   | auslaufseitige Bandsegmentlänge in Walzrichtung                                |
|    | $L_{Ei}$   | einlaufseitige Bandsegmentlänge in Walzrichtung                                |

## 5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Planheit eines Metallbands (1) in einer Walzanlage, wobei die Walzanlage eine Einlaufseite und eine Auslaufseite aufweist und das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:  
10 Messen des einlaufseitigen Profils (20) des Metallbands (1);  
Messen des auslaufseitigen Profils (30) des Metallbands (1);  
Bestimmen der Planheit des Metallbands (1) mittels des einlaufseitig gemessenen Profils (20) des Metallbands (1) und des auslaufseitig ge-  
15 messenen Profils (30) des Metallbands (1).
2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei mindestens eines der Profile (20, 30) des Metallbands (1) mittels eines Profilmessgeräts (2, 3) ermittelt wird oder mittels eines über die Breite des Metallbands (1) verfahrbaren Dickenmessgeräts (2, 3) ermittelt wird oder mittels eines Abstandsmessgeräts (2, 3) ermittelt wird.  
20
3. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Walzanlage mindestens ein Walzgerüst umfasst und die einlaufseitige  
25 Messung des Profils (20) des Metallbands (1) vor dem mindestens einen Walzgerüst erfolgt und die auslaufseitige Messung des Profils (30) des Metallbands (1) hinter dem mindestens einen Walzgerüst erfolgt.
4. Das Verfahren nach Anspruch 3, wobei die einlaufseitige Messung des  
30 Profils (20) vor dem ersten Gerüst erfolgt und die auslaufseitige Messung des Profils (30) hinter dem letzten Gerüst der Walzstraße erfolgt.
5. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die  
35 Messung des einlaufseitigen Profils (20) des Metallbands (1) bereits in einer der Walzstraße vorgeschalteten Anlage erfolgt, in welcher sich das Metallband (1) vor Eintritt in die Walzstraße befindet.

5

6. Das Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Walzstraße als Kaltwalzstraße ausgebildet ist und die vorgeschaltete Anlage als eine Warmwalzstraße oder als eine Beizanlage ausgebildet ist.

10

7. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eine der Messungen des Profils (20, 30) in Form einer berührungslosen Messung (2, 3) erfolgt.

15

8. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Metallband (1) zur jeweiligen Bestimmung der Bandplanheit in Breitenrichtung in Bandsegmente (i) unterteilt wird, die jeweils eine Breite ( $b_i$ ) sowie jeweils eine Dicke ( $d_{E1}$ ,  $d_{Ei}$ ,  $d_{En}$ ) und eine Länge ( $L_{E1}$ ,  $L_{Ei}$ ,  $L_{En}$ ,  $L_{A1}$ ,  $L_{Ai}$ ,  $L_{An}$ ) in Walzrichtung (10) aufweisen.

20

9. Das Verfahren nach Anspruch 8, wobei zur Bestimmung der Bandplanheit die Dicke ( $d_{E1}$ ,  $d_{Ei}$ ,  $d_{En}$ ) jedes Bandsegments (i) auf der Einlaufseite bestimmt wird und die Dicke desselben jeweiligen Bandsegments (i) auf der Auslaufseite bestimmt wird.

25

10. Das Verfahren nach Anspruch 9, wobei die gemessene Dicke ( $d_{E1}$ ,  $d_{Ei}$ ,  $d_{En}$ ) des jeweiligen Segments (i) auf der Einlaufseite mit der Länge ( $L_{E1}$ ,  $L_{Ei}$ ,  $L_{En}$ ) des jeweiligen Segments (i) auf der Einlaufseite multipliziert wird und durch die Dicke des jeweiligen Segments (i) auf der Auslaufseite zur Ermittlung der Länge des jeweiligen Segments (i) auf der Auslaufseite ( $L_{A1}$ ,  $L_{Ai}$ ,  $L_{An}$ ) geteilt wird und wobei in einem nächsten Schritt die Längendifferenzen zwischen den Längen der auslaufseitigen Segmente ( $L_{A1}$ ,  $L_{Ai}$ ,  $L_{An}$ ) und einer Referenzlänge  $L_0$  auf der Auslaufseite bestimmt wird.

30

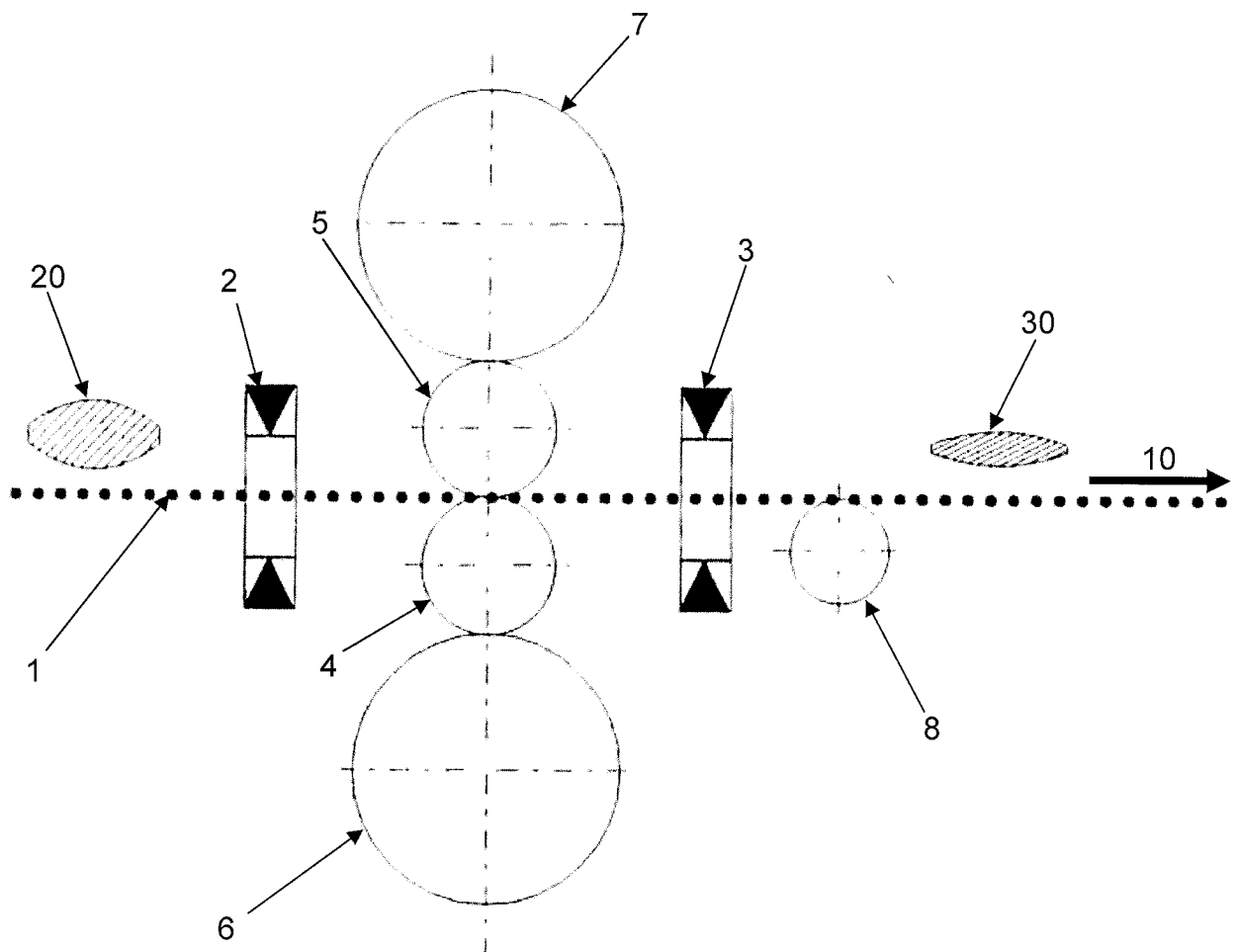
11. Das Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Bandplanheit durch den Zusammenhang  $c \cdot \Delta L / L_0$  bestimmt wird und c einen Proportionalitätsfaktor bildet und  $\Delta L$  durch das Maximum der Längendifferenzen zwischen

35

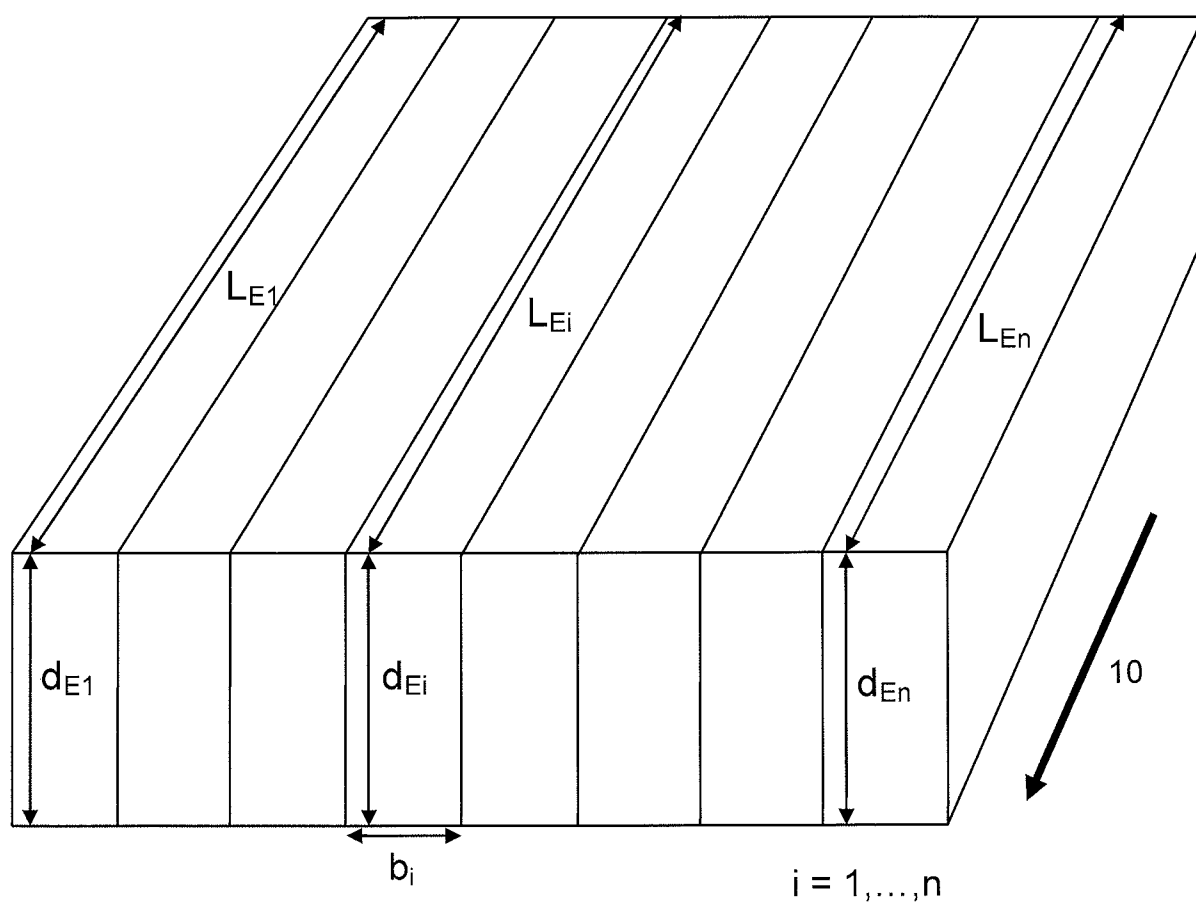
- 5           den Längen der auslaufseitigen Segmente ( $L_{A1}$ ,  $L_{Ai}$ ,  $L_{An}$ ) und der Referenzlänge  $L_0$  gebildet wird.
12.       Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach  
Bestimmung der Planheit des Metallbands (1) Stellglieder der Walzstraße zur Verbesserung der Planheit des Metallbands (1) eingesetzt werden.
- 10       13.       Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei für jede Profilmessung über die Breite des Metallbands (1), oder wahlweise  
15       für jedes Bandsegment (i), auftretende Bandzugeinflüsse durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt werden, welcher die plastische Verformung des Metallbands (1) umfasst, so dass auf das Profil (20, 30) des Metallbands (1) ohne Bandzugeinflüsse geschlossen werden kann.
- 20       14.       Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei für jede Profilmessung über die Breite des Metallbands (1), oder wahlweise  
für jedes Bandsegment (i), die Abkühlung des Metallbands (1) durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt wird, so dass auf das Profil (20, 30) des Metallbands (1) ohne Abkühlungseinflüsse geschlossen werden  
25       kann.
15.       Eine Walzanlage zum Walzen eines Metallbands (1), welche bevorzugt zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist und Folgendes umfasst:
- 30       mindestens ein Walzgerüst;  
ein erstes Messgerät (2), ausgebildet zur Messung des Profils des Metallbands (20), welches in Walzrichtung (10) gesehen vor dem mindestens einen Walzgerüst angeordnet ist;  
ein zweites Messgerät (3), ausgebildet zur Messung des Profils des Metallbands (30), welches in Walzrichtung (10) gesehen hinter dem mindestens  
35       einen Walzgerüst angeordnet ist.

- 5 eine Recheneinheit, ausgebildet zur Ermittlung der Planheit des Metallbands (1) aus den Profilmessungen des ersten und des zweiten Messgeräts (2, 3).

Figur 1



Figur 2



Figur 3

