



(11)

**EP 3 124 130 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**01.02.2017 Patentblatt 2017/05**

(51) Int Cl.:  
**B21B 31/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15178612.6**

(22) Anmeldetag: **28.07.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA**

(72) Erfinder: **Seilinger, Alois**  
**4040 Linz (AT)**

(74) Vertreter: **Metals@Linz**  
**Primetals Technologies Austria GmbH**  
**Intellectual Property Upstream IP UP**  
**Turmstraße 44**  
**4031 Linz (AT)**

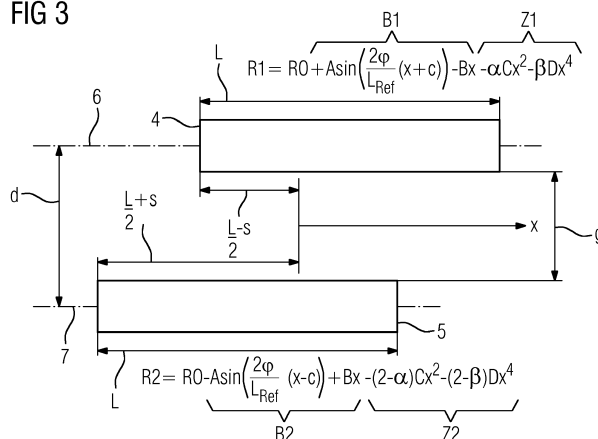
(71) Anmelder: **Primetals Technologies Austria GmbH**  
**4031 Linz (AT)**

(54) **WALZENSCHLIFF ZUR GEZIELTEN VERMEIDUNG VON VIERTELWELLEN**

(57) Ein Walzgerüst (1) weist Walzgerüstständer (3) auf, in denen Arbeitswalzen (4, 5) oder Arbeitswalzen (4, 5) und Stützwalzen (8, 9) oder Arbeitswalzen (4, 5), Zwischenwalzen (10, 11) und Stützwalzen (8, 9) gelagert sind. Die Walzen (4, 5, 8, 9, 10, 11) sind um eine jeweilige Rotationsachse (6, 7) rotierbar. Im Fall von Arbeitswalzen (4, 5) oder Arbeitswalzen (4, 5) und Stützwalzen (8, 9) sind die Arbeitswalzen (4, 5) in Richtung ihrer jeweiligen Rotationsachse (6, 7), d.h. axial, gegeneinander verschiebbar. Im Fall von Arbeitswalzen (4, 5), Zwischenwalzen (10, 11) und Stützwalzen (8, 9) sind die Arbeitswalzen (4, 5) oder die Zwischenwalzen (10, 11) axial gegeneinander verschiebbar. Die axial verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) weisen jeweils eine wirksame Ballenlänge (L) auf. Sie weisen weiterhin jeweils eine gekrümmte Kontur (R1, R2) auf, die sich über die gesamte wirksame Ballenlänge (L) erstreckt. Die axial ver-

schiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) weisen eine jeweilige Kontur (R1, R2) auf, die durch eine Überlagerung einer jeweiligen Basisfunktion (B1, B2) und einer jeweiligen Zusatzfunktion (Z1, Z2) gebildet ist. Die Basisfunktionen (B1, B2) und die Zusatzfunktionen (Z1, Z2) sind Funktionen des Ortes (x) in Richtung der jeweiligen Rotationsachse (6, 7). Die Basisfunktionen (B1, B2) sind derart bestimmt, dass sie sich im unbelasteten Zustand der axial verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) in einer bestimmten relativen Axialposition komplementär ergänzen und bei einer von dieser Axialposition ausgehenden Verschiebung je nach Verschieberichtung ein konvexes oder konkaves Walzspaltprofil bilden. Die Summe der Zusatzfunktionen (Z1, Z2) ist, bezogen auf die Ballenmitte der axial verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) im unverschobenen Zustand, eine symmetrische, beidseitig monotone Funktion.

**FIG 3**



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Walzgerüst zur Herstellung von flachem Walzgut, insbesondere von Metallband,

- wobei das Walzgerüst Walzgerüstständer aufweist,
- wobei in den Walzgerüstständern Arbeitswalzen oder Arbeitswalzen und Stützwalzen oder Arbeitswalzen, Zwischenwalzen und Stützwalzen gelagert sind,
- wobei die in den Walzgerüstständern gelagerten Walzen um eine jeweilige Rotationsachse rotierbar sind,
- wobei in dem Fall, dass in den Walzgerüstständern Arbeitswalzen oder Arbeitswalzen und Stützwalzen gelagert sind, die Arbeitswalzen und in dem Fall, dass in den Walzgerüstständern Arbeitswalzen, Zwischenwalzen und Stützwalzen gelagert sind, die Arbeitswalzen oder die Zwischenwalzen in Richtung ihrer jeweiligen Rotationsachse, d.h. axial, gegeneinander verschiebbar sind,
- wobei die axial gegeneinander verschiebbaren Walzen jeweils eine wirksame Ballenlänge aufweisen,
- wobei die axial gegeneinander verschiebbaren Walzen jeweils eine gekrümmte Kontur aufweisen, die sich über die gesamte wirksame Ballenlänge erstreckt.

**[0002]** Ein derartiges Walzgerüst ist beispielsweise aus der WO 03/022 470 A1 bekannt.

**[0003]** Bei dem bekannten Walzgerüst ist die Kontur einer der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen durch eine erste Basisfunktion gebildet, die Kontur der anderen der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen durch eine zweite Basisfunktion. Die Basisfunktionen sind Funktionen des Ortes in Richtung der jeweiligen Rotationsachse gesehen. Sie sind weiterhin derart bestimmt, dass sie sich im unbelasteten Zustand der der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen in einer bestimmten relativen Axialposition komplementär ergänzen und bei einer von dieser Axialposition ausgehenden Verschiebung je nach Verschieberichtung ein konvexes oder ein konkaves Walzspaltprofil bilden.

**[0004]** Zur Erzeugung eines planen Walzguts - beispielsweise eines Metallbandes oder eines Grobblechs - mit einem definierten Querschnittsprofil ist es erforderlich, konturbeeinflussende Maßnahmen einzusetzen. Beispiele derartiger Maßnahmen sind die Anwendung von Walzenbiegeeinrichtungen, mittels derer die Walzkraftaufbringung auf das Walzgut und die Dickenverteilung über die Breite des Walzguts gezielt beeinflusst werden können.

**[0005]** Es ist bekannt, zur Beeinflussung des Querschnittsprofils Arbeitswalzen zu verwenden, deren Ballenkontur flaschenhalsartig verläuft. Beispiele derartiger Verläufe sind Fachleuten unter den Begriffen CVC (CVC ist ein eingetragenes Warenzeichen der SMS Siemag AG) und SmartCrown (SmartCrown ist ein eingetragenes Warenzeichen der Anmelderin) bekannt. Insbesondere ist der Verlauf einer SmartCrown-Kontur ausführlich in der eingangs erwähnten WO 03/022 470 A1 erläutert.

**[0006]** Die flaschenhalsartige Verlauf der Ballenkontur wird nicht nur bei Arbeitswalzen, sondern auch bei Zwischenwalzen und Stützwalzen eingesetzt. Aus der WO 2011/069 756 A1 ist beispielsweise ein Walzgerüst zur Herstellung von flachem Walzgut bekannt,

- wobei das Walzgerüst Arbeitswalzen aufweist, die sich an Stützwalzen oder Zwischenwalzen und Stützwalzen abstützen,
- wobei die Arbeitswalzen und/oder die Zwischenwalzen und/ oder die Stützwalzen im Walzgerüst gegenseitig axial verschiebbar angeordnet sind,
- wobei die Arbeitswalzen und die Stützwalzen sowie - sofern vorhanden - die Zwischenwalzen jeweils eine wirksame Ballenlänge aufweisen,
- wobei jede Walze mindestens eines aus einer Stützwalze und einer Arbeitswalze oder aus einer Stützwalze und einer Zwischenwalze gebildeten Walzenpaares eine über die gesamte wirksame Ballenlänge verlaufende gekrümmte Kontur aufweist,
- wobei die Kontur der Stützwalze durch eine Überlagerung einer Basisfunktion mit einer konkaven oder konvexen Zusatzfunktion gebildet ist,
- wobei eine Kontur der Stützwalze gemäß der Basisfunktion in einem unverschobenen Zustand zur benachbarten Arbeitswalze oder Zwischenwalze komplementär verläuft und bei einer Verschiebung je nach Verschieberichtung ein konvexes oder ein konkaves Differenzprofil bildet.

**[0007]** Die Überlagerung der Basisfunktion mit der Zusatzfunktion dient dem Zweck, die auf die Arbeitswalze und die Stützwalze bzw. auf die Zwischenwalze und die Stützwalze wirkenden maximalen Drücke zu verringern und dadurch Walzenstandzeiten zu erhöhen und Walzenbrüche möglichst zu vermeiden. Die Zusatzfunktion ist eine quadratische Funktion.

**[0008]** Aus der WO 2007/144 162 A1 ist ein Walzgerüst zur Herstellung von flachem Walzgut bekannt,

- wobei das Walzgerüst Arbeitswalzen aufweist, die sich an Stützwalzen oder Zwischenwalzen und Stützwalzen abstützen,
- wobei die Arbeitswalzen und/oder die Zwischenwalzen jeweils eine wirksame Ballenlänge aufweisen,
- wobei die Arbeitswalzen und/oder die Zwischenwalzen eine über die gesamte wirksame Ballenlänge verlaufende gekrümmte Kontur aufweisen, die durch eine trigonometrische Funktion beschreibbar ist,
- wobei sich diese Ballenkonturen ausschließlich in einer bestimmten relativen Axialstellung der Walzen des Walzenpaares im unbelasteten Zustand komplementär ergänzen,
- wobei die Stützwalzen eine komplementäre Ballenkontur aufweisen und im unbelasteten Zustand eine teilweise oder vollständige Ergänzung der Ballenkonturen der Stützwalzen und der unmittelbar benachbarten Arbeitswalzen oder Zwischenwalzen auftritt.

**[0009]** Der WO 2007/144 161 A1 ist ein ähnlicher Offenbarungsgehalt zu entnehmen.

**[0010]** Beim Walzen von Walzgut ist es in aller Regel das Bestreben, dass das Walzgut nach dem Walzen ein vorbestimmtes Profil aufweist und weiterhin plan ist. Zu Unplanheiten im Walzgut kann es insbesondere dann kommen, wenn das Walzgut relativ dünn ist und während des jeweiligen Walzstichs das relative Profil des Walzgutes zu stark geändert wird, wenn also über die Breite des Walzgutes gesehen eine ungleichmäßige Dickenreduktion oder Stichabnahme erfolgt. Je nach Position der Unplanheiten spricht man von Rand-, Mitten- oder Viertelwellen. Randwellen und Mittelwellen können im Stand der Technik mit herkömmlichen Stellgliedern wie Walzenverschiebung und Walzenbiegung beseitigt werden. Bei Viertelwellen ist dies erheblich schwieriger.

**[0011]** Im Stand der Technik ist für Kaltwalzwerke eine gezielte Unterdrückung von Viertelwellen mittels Zonenkühlung bekannt. Beim Warmwalzen kann zum Unterdrücken von Viertelwellen eine dynamische Walzenkühlung herangezogen werden. Diese dynamische Walzenkühlung bewirkt über die Walzgutbreite gesehen eine ungleichmäßige Kühlung und damit eine entsprechende thermische Balligkeit der Walzen. Diese Art der Beeinflussung der Balligkeit ist jedoch in ihrer Wirksamkeit relativ beschränkt und darüber hinaus träge. Weiterhin ist es möglich, Viertelwellen durch eine gezielte Kombination von Verschiebung und Biegung der Arbeitswalzen zu unterdrücken. Dies setzt jedoch voraus, dass ein hinreichend großer Stellbereich der Walzenbiegung vorhanden ist. Die Walzenbiegung wird jedoch im Stand der Technik üblicherweise in erster Linie dazu verwendet, um auf Walzkraftabweichungen während des Walzens des Walzguts reagieren zu können, um insbesondere das relative oder absolute Walzgutprofil konstant zu halten und eine Planheit zu gewährleisten.

**[0012]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Walzgerüst anzugeben, bei dem durch axiales Verschieben von Walzen die Gestalt des Walzspaltes, d.h. der Dickenverlauf des Walzspaltes über die Ballenlänge, derart variiert wird, dass ein höchste Qualitätsansprüche erfüllendes, ebenes und wellenfreies Walzgut erzielt wird.

**[0013]** Die Aufgabe wird durch ein Walzgerüst mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Walzgerüsts sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 15.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird ein Walzgerüst der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet,

- dass eine der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen eine erste Kontur aufweist, die durch eine Überlagerung einer ersten Basisfunktion und einer ersten Zusatzfunktion gebildet ist,
- dass die andere der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen eine zweite Kontur aufweist, die durch Überlagerung einer zweiten Basisfunktion und einer zweiten Zusatzfunktion gebildet ist,
- dass die Basisfunktionen und die Zusatzfunktionen Funktionen des Ortes in Richtung der jeweiligen Rotationsachse sind,
- dass die Basisfunktionen derart bestimmt sind, dass sie sich im unbelasteten Zustand der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen in einer bestimmten relativen Axialposition der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen komplementär ergänzen und bei einer von dieser Axialposition ausgehenden Verschiebung je nach Verschieberichtung ein konvexes oder ein konkaves Walzspaltprofil bilden, und
- dass die Summe der Zusatzfunktionen, bezogen auf die Ballenmitte der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen im unverschobenen Zustand, eine symmetrische, beidseitig monotone Funktion ist.

**[0015]** Aufgrund dieser Ausgestaltung der Konturen der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen lassen sich Viertelwellen alleine durch den Walzenschliff unterdrücken. Denn durch diesen Schliff wird erreicht, dass die äquivalente Balligkeit der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen mit einem Offset versehen wird. In der Regel ist der Offset positiv, nur in Ausnahmefällen negativ. Die äquivalente Balligkeit ist die Balligkeit konventionell (das heißt symmetrisch) geschliffener Walzen, welche im unbelasteten bzw. lastfreien Zustand dasselbe Walzspaltprofil ergeben.

**[0016]** Es ist möglich, dass die bestimmte relative Axialposition der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen, bei der die Basisfunktionen der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen sich komplementär ergänzen, innerhalb des tatsächlich erreichbaren Verschiebebereichs der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen liegt. Alternativ kann diese Axialposition außerhalb des tatsächlich erreichbaren Verschiebebereichs liegen. Im letztge-

nannten Fall bilden die beiden Basisfunktionen unabhängig von der tatsächlichen Verschiebung stets ein konvexes oder stets ein konkaves Walzspaltprofil. In diesem Fall ist lediglich im mathematischen Sinne auch eine Vorzeichenumkehr möglich.

**[0017]** Vorzugsweise sind die Basisfunktionen, bezogen auf die Ballenmitte, antisymmetrisch zueinander. Diese Ausgestaltung erleichtert sowohl die mathematische Beschreibung der Konturen der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen als auch die fertigungstechnische Herstellung der Konturen der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen.

**[0018]** Vorzugsweise sind weiterhin die Zusatzfunktionen, bezogen auf die Ballenmitte, symmetrische, beidseitig monotone Funktionen. Diese Ausgestaltung erleichtert - insbesondere in Kombination mit der Antisymmetrie der Basisfunktionen zueinander - sowohl die mathematische Beschreibung der Konturen der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen als auch die fertigungstechnische Herstellung der Konturen der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen.

**[0019]** Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Zusatzfunktionen symmetrisch zueinander sind. Durch diese Ausgestaltung kann - insbesondere in Kombination mit der Antisymmetrie der Basisfunktionen zueinander - erreicht werden, dass die beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen auf gleiche Art und Weise geschliffen werden können und lediglich eine der beiden Walzen gegenüber der anderen um  $180^\circ$  gedreht in das Walzgerüst eingebaut werden muss.

**[0020]** Es ist möglich, dass die erste Basisfunktion eine Polynomfunktion ist. Ein typisches Beispiel einer geeigneten Polynomfunktion ist eine Funktion, die ausgehend von der Ballenmitte und in Richtung der jeweiligen Rotationsachse gesehen, eine Funktion 3. Grades ist. Ein weiteres Beispiel ist eine Funktion, die zusätzlich zu einem Anteil 3. Grades einen Anteil 5. Grades aufweist.

**[0021]** Alternativ - und sogar bevorzugt - ist es möglich, dass die erste Basisfunktion eine trigonometrische Funktion ist, der eine lineare Funktion überlagert ist. Der lineare Anteil ist vorzugsweise derart bestimmt, dass (vollständig oder zumindest im wesentlichen) eine Minimierung der Durchmesserunterschiede der Ballenkonturen entlang der Ballenkonturen erreicht wird. Die trigonometrische Funktion kann insbesondere eine Sinusfunktion sein. Die Überlagerung einer Sinusfunktion mit einer linearen Funktion zur Kompensation von Durchmesserunterschieden der Ballenkonturen ist in Fachkreisen als gekippte Sinusfunktion bekannt.

**[0022]** Vorzugsweise ist die Summe der Zusatzfunktionen eine Polynomfunktion. Ein typisches Beispiel einer geeigneten Polynomfunktion ist eine Funktion, die, ausgehend von der Ballenmitte und in Richtung der jeweiligen Rotationsachse gesehen, eine Funktion 2. Grades ist. Besonders bevorzugt ist, dass die Polynomfunktion zusätzlich zu einem Anteil 2. Grades auch einen Anteil 4. Grades aufweist. Vorzugsweise gelten die obigen Aussagen nicht nur für die Summe der Zusatzfunktionen, sondern auch für die beiden Zusatzfunktionen jeweils für sich betrachtet.

**[0023]** Alternativ ist es möglich, dass die Summe der Zusatzfunktionen eine trigonometrische Funktion ist. In diesem Fall kann die trigonometrische Funktion insbesondere eine Cosinusfunktion sein. Vorzugsweise gelten auch diese Aussagen nicht nur für die Summe der Zusatzfunktionen, sondern auch für die beiden Zusatzfunktionen jeweils für sich betrachtet.

**[0024]** Es ist möglich, dass das Walzgerüst außer den Arbeitswalzen keine weiteren Walzen aufweist. In der Regel stützen die Arbeitswalzen sich jedoch direkt oder über Zwischenwalzen an Stützwalzen ab. Im Falle des Vorhandenseins ausschließlich von Stützwalzen (beispielsweise einem Quartogerüst) können die Konturen der Stützwalzen mit einer inversen Zusatzkontur versehen sein, so dass die Stützwalzen sich mit den Arbeitswalzen im unverschobenen, unbelasteten Zustand komplementär ergänzen. Alternativ ist es möglich, dass die Konturen der Stützwalzen sich von denen der Arbeitswalzen insbesondere um eine konkave Differenz unterscheiden. Im Falle des Vorhandenseins sowohl von Stützwalzen als auch von Zwischenwalzen (beispielsweise einem Sextogerüst) können die Konturen der Zwischenwalzen sich von denen der Arbeitswalzen und/oder der Stützwalzen um eine derartige konkave Differenz unterscheiden. Durch diese Ausgestaltung können zwischen aneinander angrenzenden Walzen wirkende maximale Drücke minimiert werden.

**[0025]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

FIG 1 und 2 jeweils ein Walzgerüst,  
 FIG 3 und 4 jeweils zwei Arbeitswalzen,  
 FIG 5 einen von zwei Arbeitswalzen gebildeten Walzspalt,  
 FIG 6 eine Arbeitswalze und eine Stützwalze und  
 FIG 7 eine Arbeitswalze, eine Zwischenwalze und eine Stützwalze.

**[0026]** In einem allgemein mit dem Bezugszeichen 1 versehenen Walzgerüst soll gemäß den FIG 1 und 2 ein flaches Walzgut 2 gewalzt und dadurch hergestellt werden. Das Walzgut 2 kann insbesondere aus Metall bestehen, beispiels-

weise aus Aluminium oder Stahl. Es kann sich um ein Band oder um ein Grobblech handeln.

**[0027]** Gemäß den FIG 1 und 2 weist das Walzgerüst 1 Walzgerüstständer 3 auf. In den Walzgerüstständern 3 sind eine erste und eine zweite Arbeitswalze 4, 5 gelagert. Die Arbeitswalzen 4, 5 sind - wie allgemein üblich - in den Walzgerüstständern 3 derart gelagert, dass die Arbeitswalzen 4, 5 um eine jeweilige Rotationsachse 6, 7 rotierbar sind.

Das Rotieren wird durch einen den Arbeitswalzen 4, 5 zugeordneten gemeinsamen Antrieb oder durch jeweils einer der Arbeitswalzen 4, 5 zugeordnete Antriebe bewirkt. Der Antrieb ist bzw. die Antriebe sind in den FIG nicht mit dargestellt.

**[0028]** Die erste Arbeitswalze 4 ist entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 die obere Arbeitswalze. Hiermit korrespondierend ist die zweite Arbeitswalze 5 die untere Arbeitswalze. Es ist jedoch ebenso die umgekehrte Zuordnung möglich.

**[0029]** Es ist möglich, dass das Walzgerüst 1 außer den Arbeitswalzen 4, 5 keine weiteren Walzen aufweist (Duogerüst). In der Regel stützen die Arbeitswalzen 4, 5 sich jedoch entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 an Stützwalzen 8, 9 ab. Es ist entsprechend der Darstellung in FIG 1 möglich, dass das Walzgerüst 1 außer den Arbeitswalzen 4, 5 und den Stützwalzen 8, 9 keine weiteren Walzen aufweist (beispielsweise bei einem Quartogerüst). In diesem Fall stützen die Arbeitswalzen 4, 5 sich direkt an den Stützwalzen 8, 9 ab. Alternativ ist es - beispielsweise bei einem Sextogerüst - entsprechend der Darstellung in FIG 2 möglich, dass das Walzgerüst 1 zusätzlich Zwischenwalzen 10, 11 aufweist. In diesem Fall stützen die Arbeitswalzen 4, 5 sich über die Zwischenwalzen 10, 11 an den Stützwalzen 8, 9 ab. Auch die weiteren Walzen - also die Stützwalzen 8, 9 und gegebenenfalls auch die Zwischenwalzen 10, 11 - sind in den Walzgerüstständern 3 gelagert, so dass sie um eine jeweilige Rotationsachse rotierbar sind.

**[0030]** Zwei der Walzen 4, 5, 8, 9, 10, 11 sind in den Walzgerüstständern 3 derart gelagert, dass sie axial gegeneinander verschiebbar sind. Im Falle eines Duogerüsts und auch im Falle eines Quartogerüsts sind die beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen die Arbeitswalzen 4, 5. Die Verschiebung erfolgt somit in Richtung von deren Rotationsachse 6, 7. Die Verschiebbarkeit ist in FIG 1 durch entsprechende Doppelpfeile bei den Arbeitswalzen 4, 5 angedeutet. Im Falle eines Sextogerüsts sind die beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen in der Regel die Zwischenwalzen 10, 11. Die Verschiebbarkeit ist in FIG 2 durch entsprechende Doppelpfeile bei den Zwischenwalzen 10, 11 angedeutet. Die Arbeitswalzen 4, 5 weisen in diesem Fall in der Regel einen relativ kleinen Durchmesser auf und sind zylindrisch oder (symmetrisch) leicht ballig. In Einzelfällen können jedoch - alternativ oder zusätzlich zu den Zwischenwalzen 10, 11 - bei einem Sextogerüst auch die Arbeitswalzen 4, 5 axial gegeneinander verschiebbar sein. In diesem Fall weisen die Arbeitswalzen 4, 5 - gegebenenfalls zusätzlich zu den Zwischenwalzen 10, 11 - entsprechende Konturen auf.

**[0031]** Unabhängig davon, ob die Arbeitswalzen 4, 5 oder die Zwischenwalzen 10, 11 axial gegeneinander verschiebbar sind, erfolgt das Verschieben der entsprechenden Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 stets gegenläufig. Wenn also eine Arbeitswalze 4, 5 bzw. Zwischenwalze 10, 11 um einen bestimmten Betrag in positive Richtung verschoben wird, wird die andere Arbeitswalze 5, 4 bzw. Zwischenwalze 11, 10 um denselben Betrag in negative Richtung verschoben.

**[0032]** Die beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 - also entweder die beiden Arbeitswalzen 4, 5 oder die beiden Zwischenwalzen 10, 11 - weisen gemäß FIG 3 eine wirksame Ballenlänge L auf. Die entsprechenden Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 weisen weiterhin, wie aus den in FIG 3 oberhalb bzw. unterhalb der jeweiligen Walze 4, 5 bzw. 10, 11 angegebenen Gleichungen für den Radius R1, R2 der jeweiligen Walze 4, 5 bzw. 10, 11 ersichtlich ist, jeweils eine gekrümmte Kontur auf, die sich über die gesamte wirksame Ballenlänge L erstreckt. Die Radien R1, R2 als Funktion über den Ort x entlang der Rotationsachsen 6, 7 entsprechen den Konturen der Walzen 4, 5 bzw. 10, 11.

**[0033]** Die beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 weisen gemäß FIG 3 zunächst einen Basisradius R0 auf. Der Basisradius R0 ist konstant, also keine Funktion des Ortes x entlang der Rotationsachse 6 der ersten Arbeitswalze 4 bzw. des Ortes x entlang der Rotationsachse 7 der zweiten Arbeitswalze 5 bzw. der Rotationsachsen der Zwischenwalzen 10, 11. Diesem Basisradius R0 ist im Falle der ersten Arbeitswalze 4 (bzw. der der ersten Arbeitswalze 4 benachbarten Zwischenwalze 10) eine erste Basisfunktion B1 überlagert, im Falle der zweiten Arbeitswalze 5 (bzw. der der zweiten Arbeitswalze 5 benachbarten Zwischenwalze 11) eine zweite Basisfunktion B2. Die Basisfunktionen B1, B2 sind gemäß FIG 3 Funktionen des Ortes x in Richtung der jeweiligen Rotationsachse 6, 7.

**[0034]** Die Basisfunktionen B1, B2 sind vorzugsweise, bezogen auf die Ballenmitte, antisymmetrisch zueinander. Es handelt sich also um ungerade Funktionen im mathematischen Sinn. Es gilt also die Beziehung  $B1(x) = -B2(-x)$ . Die Basisfunktionen B1, B2 sind derart bestimmt, dass sie sich im unbelasteten Zustand der entsprechenden Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 in einer bestimmten relativen Axialposition der entsprechenden Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 komplementär ergänzen und bei einer von dieser Axialposition ausgehenden Verschiebung je nach Verschieberichtung ein konvexes oder ein konkaves Walzspaltprofil bilden.

**[0035]** Beispielsweise gelten für die erste Basisfunktion B1 und die zweite Basisfunktion B2 gemäß FIG 3 die Beziehungen

$$B1 = +A \cdot \sin\left(\frac{2\varphi}{L_{\text{Ref}}}(x + c)\right) - B \cdot x \quad (1)$$

$$B2 = -A \cdot \sin\left(\frac{2\varphi}{L_{\text{Ref}}}(x - c)\right) + B \cdot x \quad (2)$$

**[0036]** In den Gleichungen 1 und 2 sind

- x der Ort bzw. die Axialposition, bezogen auf die Ballenmitte,
- A eine Konturamplitude,
- $\varphi$  ein Konturwinkel,
- c eine Konturverschiebung,
- $L_{\text{Ref}}$  eine Referenzlänge und
- B eine Kontursteigung.

**[0037]** Die Bedeutung dieser Größen ist in der eingangs genannten WO 03/022 470 A1 erläutert. Dort sind auch mögliche Werte für den Konturwinkel  $\varphi$  und eine Dimensionierungsvorschrift für die Kontursteigung B angegeben. Die Referenzlänge  $L_{\text{Ref}}$  kann mit der Ballenlänge L identisch sein. Alternativ kann es sich um einen anderen Wert handeln.

**[0038]** Ersichtlich sind die Basisfunktionen B1, B2 derart bestimmt, dass sie sich im unbelasteten Zustand der entsprechenden Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 in einer bestimmten relativen Axialposition der entsprechenden Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 komplementär ergänzen. Diese Axialposition ist erreicht, wenn die erste Arbeitswalze 4 (bzw. die der ersten Arbeitswalze 4 benachbarte Zwischenwalze 10) in positive Richtung um die Konturverschiebung c verschoben wird und die zweite Arbeitswalze 5 (bzw. die der zweiten Arbeitswalze 5 benachbarte Zwischenwalze 11) in negative Richtung um die Konturverschiebung c verschoben wird. Wenn hingegen, ausgehend von dieser Axialposition, eine Verschiebung der ersten Arbeitswalze 4 (bzw. der der ersten Arbeitswalze 4 benachbarten Zwischenwalze 10) in positive Richtung und hiermit korrespondierend der zweiten Arbeitswalze 5 (bzw. der der zweiten Arbeitswalze 5 benachbarten Zwischenwalze 11) in negative Richtung erfolgt, bilden die Basisfunktionen B1, B2 ein konvexes Walzspaltprofil. Wenn umgekehrt, ausgehend von dieser Axialposition, eine Verschiebung der ersten Arbeitswalze 4 (bzw. der der ersten Arbeitswalze 4 benachbarten Zwischenwalze 10) in negative Richtung und hiermit korrespondierend der zweiten Arbeitswalze 5 (bzw. der der zweiten Arbeitswalze 5 benachbarten Zwischenwalze 11) in positive Richtung erfolgt, bilden die Basisfunktionen B1, B2 ein konkaves Walzspaltprofil. Weiterhin sind aufgrund der Vorgabe der Basisfunktionen B1, B2 gemäß FIG 3 die Basisfunktionen B1, B2, bezogen auf die Ballenmitte, antisymmetrisch zueinander.

**[0039]** Der ersten Basisfunktion B1 ist zusätzlich eine Zusatzfunktion Z1 überlagert. In analoger Weise ist der zweiten Basisfunktion B2 zusätzlich eine Zusatzfunktion Z2 überlagert. Die Zusatzfunktionen Z1, Z2 sind gemäß FIG 3 - analog zu den Basisfunktionen B1, B2 - Funktionen des Ortes x in Richtung der jeweiligen Rotationsachse 6, 7.

**[0040]** Beispielsweise gelten für die erste Zusatzfunktion Z1 und die zweite Zusatzfunktion Z2 gemäß FIG 3 die Beziehungen

$$Z1 = -\alpha \cdot Cx^2 - \beta \cdot Dx^4 \quad (3)$$

$$Z2 = -(2 - \alpha) \cdot Cx^2 - (2 - \beta) \cdot Dx^4 \quad (4)$$

**[0041]** In den Gleichungen 3 und 4 sind  $\alpha$  und  $\beta$  Wichtungsfaktoren, die in der Regel einen Wert zwischen 0 und 2 aufweisen. Die Grenzwerte 0 und 2 können mit angenommen werden. Im Einzelfall können auch noch größere oder noch kleinere Werte angenommen werden. Die Wichtungsfaktoren  $\alpha$ ,  $\beta$  können unabhängig voneinander bestimmt werden. Vorzugsweise weisen beide Wichtungsfaktoren  $\alpha$ ,  $\beta$  den Wert 1 auf. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Zusatzfunktionen Z1, Z2 symmetrisch zueinander sind. C und D sind Anteilsfaktoren. In der Regel weist der Anteilsfaktor C einen Wert oberhalb von 0 auf. Der Anteilsfaktor D kann nach Bedarf den Wert 0 aufweisen, größer als Null sein oder kleiner als Null sein.

**[0042]** Wenn die beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 nicht gegeneinander verschoben sind (Verschiebung s = 0), die Ballenmitte beider axial gegeneinander verschiebbarer Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 sich also in Richtung der Rotationsachse 6, 7 gesehen am gleichen Ort befindet, gilt somit für die Summe der Zusatzfunktionen Z1, Z2 unabhängig von der Wahl der Wichtungsfaktoren  $\alpha$  und  $\beta$  die Beziehung

$$Z1 + Z2 = -2Cx^2 - 2Dx^4 \quad (5)$$

**[0043]** Die Summe der Zusatzfunktionen Z1, Z2 ist somit, bezogen auf die Ballenmitte der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11, eine symmetrische, beidseitig monotone Funktion.

**[0044]** Streng genommen ist es lediglich erforderlich, dass die Summe der Zusatzfunktionen Z1, Z2, bezogen auf die Ballenmitte der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 im unverschobenen Zustand, eine symmetrische, beidseitig monotone Funktion ist. Vorzugsweise gilt dies jedoch auch für die Zusatzfunktionen Z1, Z2 für sich betrachtet. Vorzugsweise ist also jede der beiden Zusatzfunktionen Z1, Z2, bezogen auf die Ballenmitte, eine symmetrische, beidseitig monotone Funktion.

**[0045]** Im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 3 ist die erste Basisfunktion B1 eine trigonometrische Funktion, der eine lineare Funktion überlagert ist. Die trigonometrische Funktion kann insbesondere eine Sinusfunktion sein. Die Summe der Zusatzfunktionen Z1, Z2 ist hingegen eine Polynomfunktion. Die Polynomfunktion weist, ausgehend von der Ballenmitte und in Richtung der jeweiligen Rotationsachse 6, 7 gesehen, zumindest einen Anteil 2. Grades auf. Vorzugsweise - nämlich dann, wenn der Anteilsfaktor D einen von 0 verschiedenen Wert aufweist - weist die Polynomfunktion auch einen Anteil 4. Grades auf.

**[0046]** Nachfolgend wird der Standardfall behandelt, gemäß dem die beiden Wichtungsfaktoren  $\alpha$ ,  $\beta$  den Wert 1 aufweisen. Falls die beiden Wichtungsfaktoren  $\alpha$ ,  $\beta$  einen anderen Wert aufweisen, ergeben sich prinzipiell äquivalente Ergebnisse. Es wird weiterhin angenommen, dass die beiden Arbeitswalzen 4, 5 die beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen sind. Falls die Zwischenwalzen 10, 11 axial gegeneinander verschiebbar sind, ergeben sich ebenfalls prinzipiell äquivalente Ergebnisse.

**[0047]** Wenn die Rotationsachsen 6, 7 der Arbeitswalzen 4, 5 einen Abstand d voneinander aufweisen und die erste Arbeitswalze 4 um eine Verschiebung s verschoben wird und hiermit korrespondierend die zweite Arbeitswalze 4 um den gleichen Wert in die entgegengesetzte Richtung verschoben wird, gilt in dem soeben skizzierten Standardfall für den Walzspalt g, den die Arbeitswalzen 4, 5 miteinander bilden, die Beziehung

$$g = d0(s) + 2A \cdot \cos\left(\frac{2\varphi}{L_{\text{Ref}}} x\right) \cdot \sin\left(\frac{2\varphi}{L_{\text{Ref}}}(s - c)\right) + 2(C + 6Ds^2) \cdot x^2 + 2D \cdot x^4 \quad (6)$$

**[0048]** d0 ist hierbei ein Wert, der zwar von der Verschiebung s, nicht aber von dem Ort x in Richtung der Rotationsachse 6, 7 gesehen abhängt.

**[0049]** Der resultierende Verlauf des Walzspaltes g weist zum einen einen konvexen bzw. konkaven Anteil auf, der von der Verschiebung s abhängig ist, nämlich den Anteil

$$2A \cdot \cos\left(\frac{2\varphi}{L_{\text{Ref}}} x\right) \cdot \sin\left(\frac{2\varphi}{L_{\text{Ref}}}(s - c)\right) \quad (7)$$

**[0050]** Zusätzlich weist der resultierende Verlauf des Walzspaltes g jedoch einen weiteren konvexen bzw. konkaven Anteil auf, der nicht von der Verschiebung s abhängig ist, nämlich in dem Fall, dass der Anteilsfaktor D den Wert 0 aufweist, den Anteil

$$2Cx^2 \quad (8)$$

**[0051]** In dem Fall, dass der Anteilsfaktor D einen von 0 verschiedenen Wert aufweist, gilt die Unabhängigkeit von der Verschiebung s für den Anteil 4. Grades.

**[0052]** FIG 4 zeigt eine ähnliche Ausgestaltung wie FIG 3. Im Unterschied zu FIG 3 ist bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 jedoch die erste Basisfunktion B1 eine Polynomfunktion. Weiterhin ist im Unterschied zu FIG 3 bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 die Summe der Zusatzfunktionen Z1, Z2 eine trigonometrische Funktion. Insbesondere kann die trigonometrische Funktion gemäß FIG 4 eine Cosinusfunktion sein. A ist ein geeignet gewählter Faktor.

**[0053]** Die Ausgestaltungen gemäß den FIG 3 und FIG 4 sind insoweit miteinander kombinierbar, als dass die Zusatzfunktionen Z1, Z2 unabhängig von den Basisfunktionen B1, B2 gewählt werden können. In dem Fall, dass die Basisfunktionen B1, B2 Linearkombinationen einer trigonometrischen Funktion und einer linearen Funktion sind, sind die Zusatzfunktionen Z1, Z2 also nicht zwangsweise Polynomfunktionen. Es könnte sich auch um trigonometrische Funktionen handeln, insbesondere um trigonometrische Funktionen gemäß FIG 4. In analoger Weise sind in dem Fall, dass die Basisfunktionen B1, B2 Polynomfunktionen sind, die Zusatzfunktionen Z1, Z2 nicht zwangsweise trigonomet-

rische Funktionen. Es könnte sich auch um Polynomfunktionen handeln, insbesondere um Polynomfunktionen gemäß FIG 3.

**[0054]** FIG 5 zeigt rein exemplarisch für die Ausgestaltung gemäß FIG 3 die Abweichung des sich ergebenden Walzspaltes  $g$  von einem Mittelwert. Aus FIG 5 ist insbesondere ersichtlich, dass durch die Überlagerung der Basisfunktionen B1, B2 mit den Zusatzfunktionen Z1, Z2 in erheblichem Umfang ein sehr gleichmäßiges Profil erreicht werden kann. Durch eine entsprechende Bestimmung der Anteilsfaktoren C und D können weiterhin die Maxima 12 der Abweichung sowohl bezüglich ihrer Lage in Richtung der Rotationsachse 6, 7 gesehen als auch bezüglich ihrer Höhe beeinflusst werden.

**[0055]** Wie bereits erwähnt und in FIG 1 dargestellt, sind oftmals zusätzlich zu den Arbeitswalzen 4, 5 Stützwalzen 8, 9 vorhanden. In diesem Fall ist es möglich, dass die Konturen der Stützwalzen 8, 9 sich von denen der Arbeitswalzen 4, 5 um eine konkave Differenz unterscheiden. Dies ist in FIG 6 dargestellt, wobei in FIG 6 die Differenz deutlich übertrieben dargestellt ist. Wie ebenfalls bereits erwähnt und in FIG 2 dargestellt, können weiterhin zusätzlich zu den Arbeitswalzen 4, 5 und den Stützwalzen 8, 9 Zwischenwalzen 10, 11 vorhanden sein. Wenn in diesem Fall (ausnahmsweise) die Arbeitswalzen 4, 5 die axial verschiebbaren Walzen sind, ist es in diesem Fall möglich, dass die Konturen der Zwischenwalzen 10, 11 sich von denen der Arbeitswalzen 4, 5 und/oder der Stützwalzen 8, 9 um eine konkave Differenz unterscheiden. Dies ist in FIG 7 dargestellt, wobei in FIG 7 analog zu FIG 6 die Differenzen deutlich übertrieben dargestellt sind. Wenn hingegen (entsprechend dem Regelfall bei einem Sextogerüst) die Zwischenwalzen 10, 11 die axial verschiebbaren Walzen sind, ist es - analog zur Situation bei einem Quartogerüst - möglich, dass die Konturen der Stützwalzen 8, 9 sich von denen der Zwischenwalzen 10, 11 um eine konkave Differenz unterscheiden.

**[0056]** Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

Ein Walzgerüst 1 weist Walzgerüstständer 3 auf, in denen Arbeitswalzen 4, 5 oder Arbeitswalzen 4, 5 und Stützwalzen 8, 9 oder Arbeitswalzen 4, 5, Zwischenwalzen 10, 11 und Stützwalzen 8, 9 gelagert sind. Die Walzen 4, 5, 8, 9, 10, 11 sind um eine jeweilige Rotationsachse 6, 7 rotierbar. Im Fall von Arbeitswalzen 4, 5 oder Arbeitswalzen 4, 5 und Stützwalzen 8, 9 sind die Arbeitswalzen 4, 5 in Richtung ihrer jeweiligen Rotationsachse 6, 7, d.h. axial, gegeneinander verschiebbar. Im Fall von Arbeitswalzen 4, 5, Zwischenwalzen 10, 11 und Stützwalzen 8, 9 sind die Arbeitswalzen 4, 5 oder die Zwischenwalzen 10, 11 axial gegeneinander verschiebbar. Die axial verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 weisen jeweils eine wirksame Ballenlänge  $L$  auf. Sie weisen weiterhin jeweils eine gekrümmte Kontur R1, R2 auf, die sich über die gesamte wirksame Ballenlänge  $L$  erstreckt. Die axial verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 weisen eine jeweilige Kontur R1, R2 auf, die durch eine Überlagerung einer jeweiligen Basisfunktion B1, B2 und einer jeweiligen Zusatzfunktion Z1, Z2 gebildet ist. Die Basisfunktionen B1, B2 und die Zusatzfunktionen Z1, Z2 sind Funktionen des Ortes  $x$  in Richtung der jeweiligen Rotationsachse 6, 7. Die Basisfunktionen B1, B2 sind derart bestimmt, dass sie sich im unbelasteten Zustand der axial verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 in einer bestimmten relativen Axialposition komplementär ergänzen und bei einer von dieser Axialposition ausgehenden Verschiebung je nach Verschieberichtung ein konvexes oder konkaves Walzspaltprofil bilden. Die Summe der Zusatzfunktionen Z1, Z2 ist, bezogen auf die Ballenmitte der axial verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 im unverschobenen Zustand, eine symmetrische, beidseitig monotone Funktion.

**[0057]** Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere kann unter Beibehaltung der Vorteile von Walzgerüsten mit axial verschiebbaren Walzen 4, 5 bzw. 10, 11, insbesondere gemäß der SmartCrown-Technologie, erreicht werden, dass der durch das Verschieben der entsprechenden Walzen 4, 5 bzw. 10, 11 gegebene Stellbereich an Balligkeitsbeeinflussung in einem gewünschten Zielbereich verschoben wird. Wenn beispielsweise der durch Verschieben der Arbeitswalzen 4, 5 erreichbare Stellbereich an Balligkeit zwischen  $-400\text{ }\mu\text{m}$  und  $-100\text{ }\mu\text{m}$  liegen soll, kann dies dadurch erreicht werden, dass der Stellbereich bei Anwendung nur der Basisfunktionen B1, B2 zwischen  $+300\text{ }\mu\text{m}$  und  $+600\text{ }\mu\text{m}$  liegen würde, durch die Zusatzfunktionen Z1, Z2 jedoch zusätzlich eine parabolische Balligkeit von  $-700\text{ }\mu\text{m}$  überlagert wird. Durch die Überlagerung der Basisfunktionen B1, B2 und der Zusatzfunktionen Z1, Z2 können sowohl Randwellen als auch Mittelwellen als auch Viertelwellen gezielt unterdrückt werden. Die Unterdrückung ist besonders effektiv, wenn nicht nur der Anteilsfaktor C, sondern auch der Anteilsfaktor D einen von 0 verschiedenen Wert aufweist.

**[0058]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

**[0059]**

- 1 Walzgerüst
- 2 Walzgut



	3	Walzgerüstständer
	4, 5	Arbeitswalzen
	6, 7	Rotationsachsen
	8, 9	Stützwalzen
5	10, 11	Zwischenwalzen
	12	Maxima
	A	Konturamplitude
	B	Kontursteigung
10	B1, B2	Basisfunktionen
	c	Konturverschiebung
	C, D	Anteilsfaktoren
	d	Abstand der Rotationsachsen
	g	Walzspalt
15	L	wirksame Ballenlänge
	L <sub>Ref</sub>	Referenzlänge
	R0	Basisradius
	R1, R2	Radien der Arbeitswalzen
	s	Verschiebung
20	x	Ort in Richtung der Rotationsachse
	Z1, Z2	Zusatzfunktionen
	$\alpha, \beta$	Wichtungsfaktoren
	A	Faktor
25	$\varphi$	Konturwinkel

## Patentansprüche

- 30 1. Walzgerüst zur Herstellung von flachem Walzgut (2), insbesondere von Metallband,
- wobei das Walzgerüst Walzgerüstständer (3) aufweist,
  - wobei in den Walzgerüstständern (3) Arbeitswalzen (4, 5) oder Arbeitswalzen (4, 5) und Stützwalzen (8, 9) oder Arbeitswalzen (4, 5), Zwischenwalzen (10, 11) und Stützwalzen (8, 9) gelagert sind,
  - 35 - wobei die in den Walzgerüstständern (3) gelagerten Walzen (4, 5, 8, 9, 10, 11) um eine jeweilige Rotationsachse (6, 7) rotierbar sind,
  - wobei in dem Fall, dass in den Walzgerüstständern (3) Arbeitswalzen (4, 5) oder Arbeitswalzen (4, 5) und Stützwalzen (8, 9) gelagert sind, die Arbeitswalzen (4, 5) und in dem Fall, dass in den Walzgerüstständern (3) Arbeitswalzen (4, 5), Zwischenwalzen (10, 11) und Stützwalzen (8, 9) gelagert sind, die Arbeitswalzen (4, 5) oder die Zwischenwalzen (10, 11) in Richtung ihrer jeweiligen Rotationsachse (6, 7), d.h. axial, gegeneinander verschiebbar sind,
  - wobei die axial gegeneinander verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) jeweils eine wirksame Ballenlänge (L) aufweisen,
  - wobei die axial gegeneinander verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) jeweils eine gekrümmte Kontur (R1, R2) aufweisen, die sich über die gesamte wirksame Ballenlänge (L) erstreckt,
  - 45 - wobei eine der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) eine erste Kontur (R1) aufweist, die durch eine Überlagerung einer ersten Basisfunktion (B1) und einer ersten Zusatzfunktion (Z1) gebildet ist,
  - wobei die andere der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) eine zweite Kontur (R2) aufweist, die durch eine Überlagerung einer zweiten Basisfunktion (B2) und einer zweiten Zusatzfunktion (Z2) gebildet ist,
  - 50 - wobei die Basisfunktionen (B1, B2) und die Zusatzfunktionen (Z1, Z2) Funktionen des Ortes (x) in Richtung der jeweiligen Rotationsachse (6, 7) sind,
  - wobei die Basisfunktionen (B1, B2) derart bestimmt sind, dass sie sich im unbelasteten Zustand der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) in einer bestimmten relativen Axialposition der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) komplementär ergänzen und bei einer von dieser Axialposition ausgehenden Verschiebung je nach Verschieberichtung ein konvexes oder konkaves Walzspaltprofil bilden, und
  - 55

## EP 3 124 130 A1

- wobei die Summe der Zusatzfunktionen (Z1, Z2), bezogen auf die Ballenmitte der beiden axial gegeneinander verschiebbaren Walzen (4, 5 bzw. 10, 11) im unverschobenen Zustand, eine symmetrische, beidseitig monotone Funktion ist.

- 5     **2.** Walzgerüst nach Anspruch 1,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Basisfunktionen (B1, B2), bezogen auf die Ballenmitte, antisymmetrisch zueinander sind.
- 10    **3.** Walzgerüst nach Anspruch 1 oder 2,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Zusatzfunktionen (Z1, Z2), bezogen auf die Ballenmitte, symmetrische, beidseitig monotone Funktionen sind.
- 15    **4.** Walzgerüst nach Anspruch 3,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Zusatzfunktionen (Z1, Z2) symmetrisch zueinander sind.
- 20    **5.** Walzgerüst nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die erste Basisfunktion (B1) eine Polynomfunktion ist.
- 25    **6.** Walzgerüst nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die erste Basisfunktion (B1) eine trigonometrische Funktion ist, der eine lineare Funktion überlagert ist.
- 30    **7.** Walzgerüst nach Anspruch 6,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die trigonometrische Funktion eine Sinusfunktion ist.
- 35    **8.** Walzgerüst nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Summe der Zusatzfunktionen (Z1, Z2) eine Polynomfunktion ist.
- 40    **9.** Walzgerüst nach Anspruch 8,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Polynomfunktion, ausgehend von der Ballenmitte und in Richtung der jeweiligen Rotationsachse (6, 7) gesehen, zumindest einen Anteil 2. Grades und vorzugsweise auch einen Anteil 4. Grades aufweist.
- 45    **10.** Walzgerüst nach Anspruch 8 oder 9,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Zusatzfunktionen (Z1, Z2) jeweils für sich betrachtet eine Polynomfunktion sind.
- 50    **11.** Walzgerüst nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Summe der Zusatzfunktionen (Z1, Z2) eine trigonometrische Funktion ist.
- 55    **12.** Walzgerüst nach Anspruch 11,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die trigonometrische Funktion eine Cosinusfunktion ist.
- 13.** Walzgerüst nach Anspruch 11 oder 12,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Zusatzfunktionen (Z1, Z2) jeweils für sich betrachtet eine trigonometrische Funktion sind.
- 14.** Walzgerüst nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
          **dadurch gekennzeichnet,**  
          **dass** die Arbeitswalzen (4, 5) sich direkt an Stützwalzen (8, 9) abstützen und dass die Konturen der Stützwalzen (8, 9) sich von denen der Arbeitswalzen (4, 5) um eine konkave Differenz unterscheiden.

15. Walzgerüst nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Arbeitswalzen (4, 5) sich über Zwischenwalzen (10, 11) an Stützwalzen (8, 9) abstützen und dass die Konturen der Zwischenwalzen (10, 11) sich von denen der Arbeitswalzen (4, 5) und/oder der Stützwalzen (8, 9) um eine konkave Differenz unterscheiden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

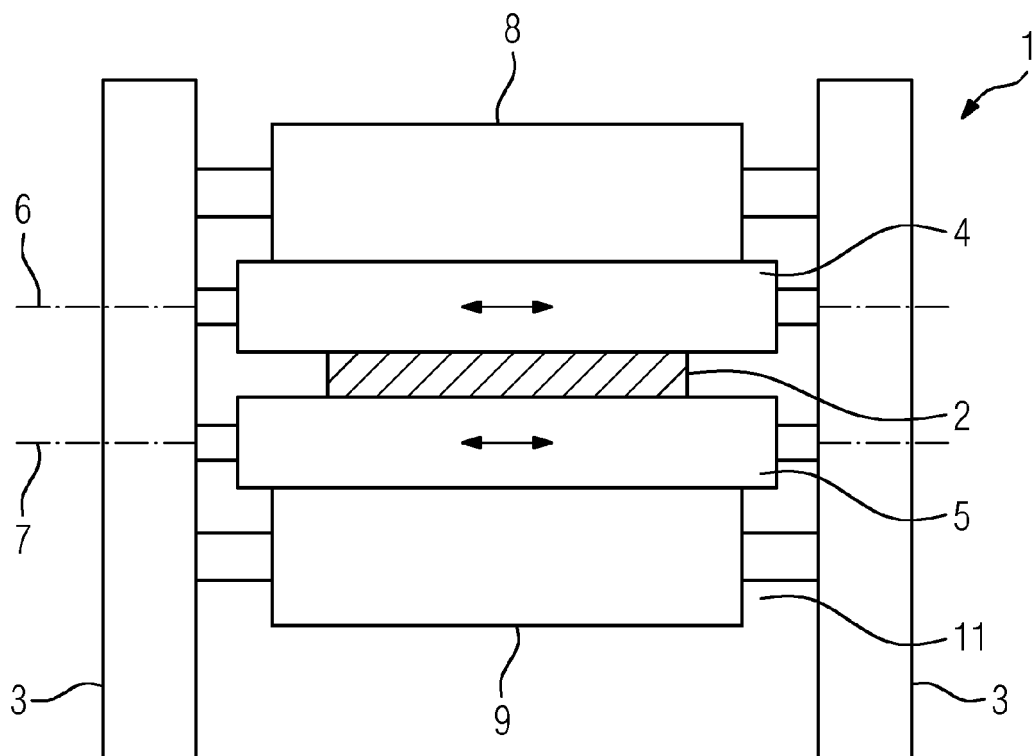


FIG 2

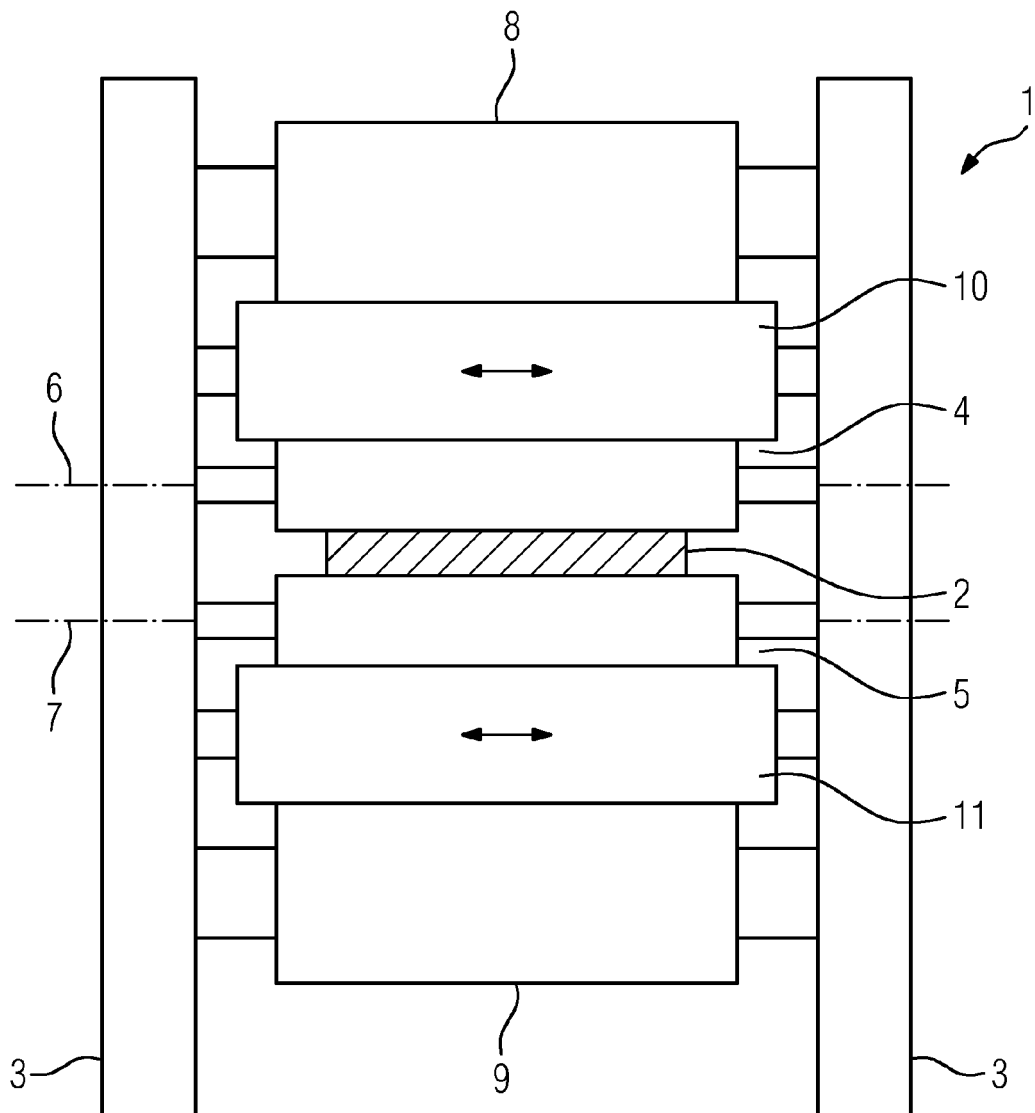


FIG 3

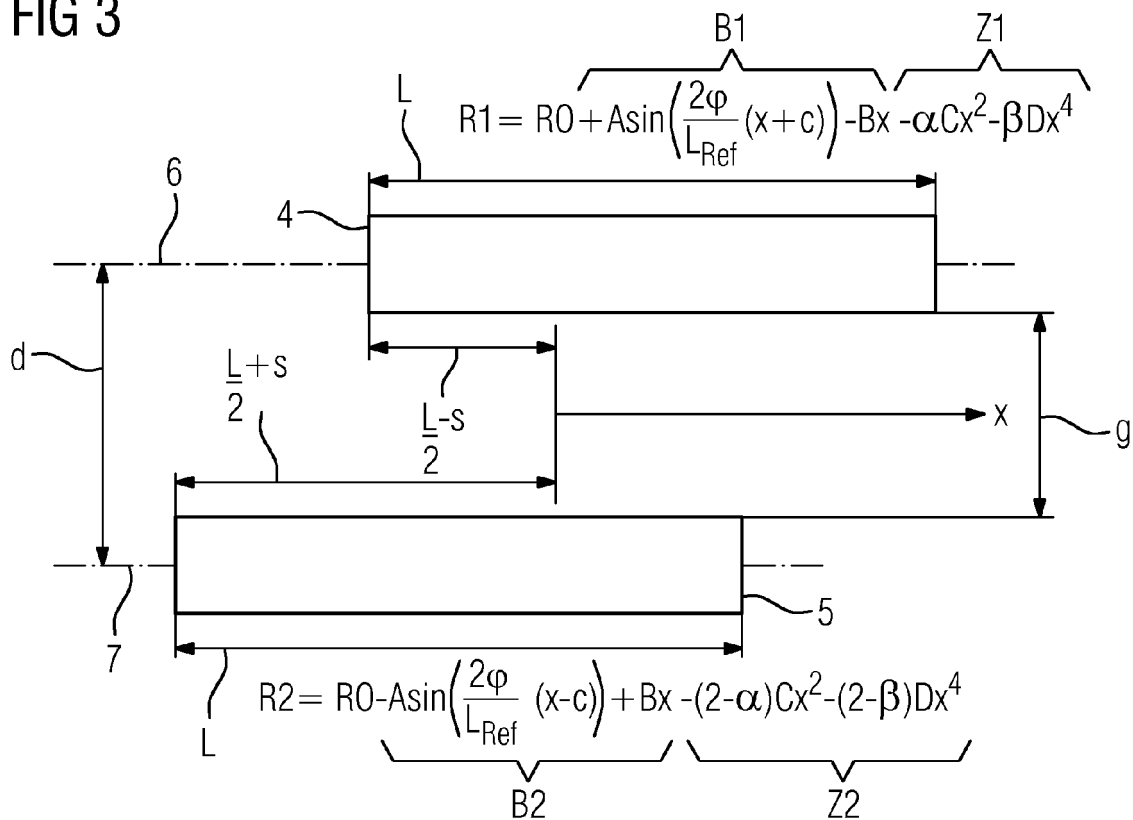


FIG 4

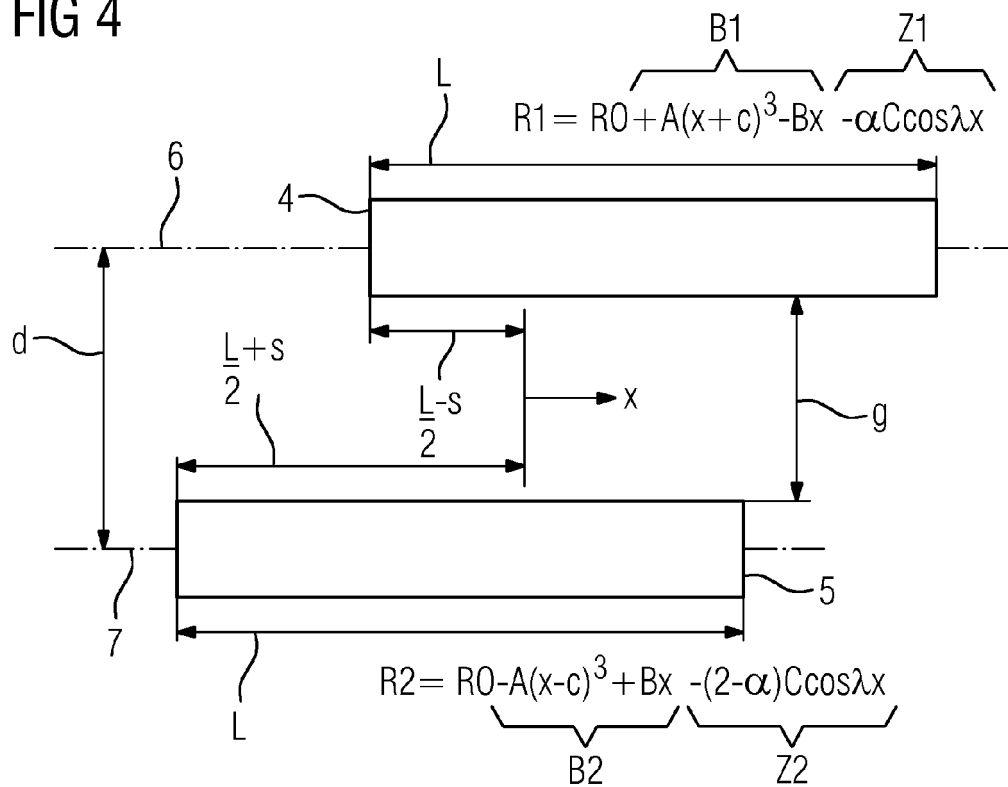


FIG 5

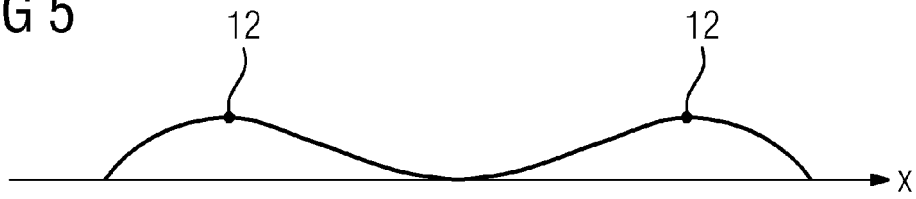


FIG 6

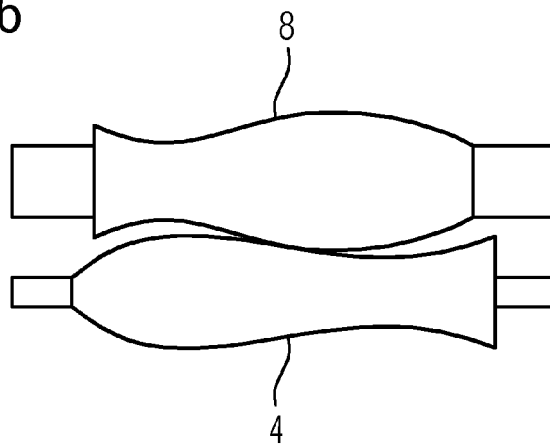
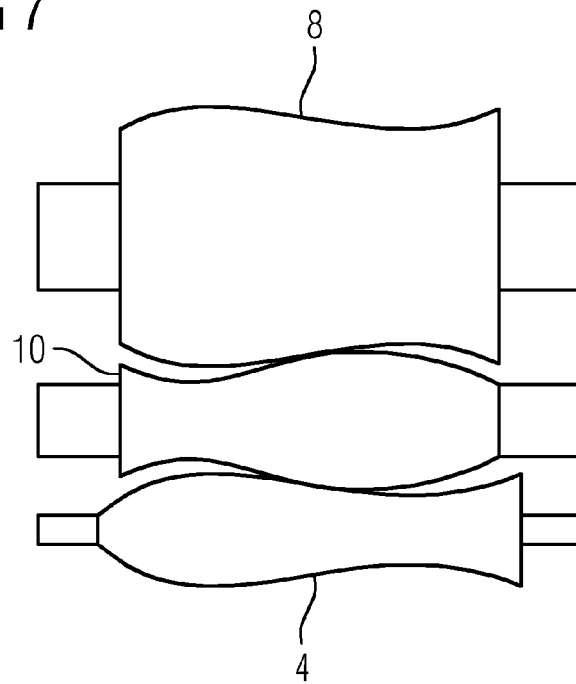


FIG 7





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 15 17 8612

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	WO 2011/069756 A1 (SIEMENS VAI METALS TECH GMBH [AT]; SEILINGER ALOIS [AT]; MINICHMAYR RO) 16. Juni 2011 (2011-06-16) * Seite 2, Zeile 11 - Seite 8, Zeile 16; Abbildung 1 *	1-15	INV. B21B31/18
X,D	WO 03/022470 A1 (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT]; SEILINGER ALOIS [AT]; MAYRHOFFER ANDREAS) 20. März 2003 (2003-03-20) * Seite 2, Absatz 2 - Seite 5, Absatz 4; Abbildungen 1-3 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>5. Januar 2016</b>	Prüfer <b>Frisch, Ulrich</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 17 8612

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-01-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2011069756	A1	16-06-2011	AT	509107 A1	15-06-2011
				CN	102639261 A	15-08-2012
				EP	2509723 A1	17-10-2012
15				KR	20120092699 A	21-08-2012
				RU	2012128853 A	27-01-2014
				US	2013008220 A1	10-01-2013
				WO	2011069756 A1	16-06-2011
-----						
20	WO 03022470	A1	20-03-2003	AT	410765 B	25-07-2003
				BR	0212498 A	24-08-2004
				CN	1555297 A	15-12-2004
				EP	1425116 A1	09-06-2004
				RU	2300432 C2	10-06-2007
25				US	2005034501 A1	17-02-2005
				WO	03022470 A1	20-03-2003
-----						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 03022470 A1 [0002] [0005] [0037]
- WO 2011069756 A1 [0006]
- WO 2007144162 A1 [0008]
- WO 2007144161 A1 [0009]