

(19)



(11)

**EP 3 437 748 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.02.2019 Patentblatt 2019/06**

(51) Int Cl.:  
**B21B 37/16 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **18181081.3**

(22) Anmeldetag: **02.07.2018**

(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:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Sieghart, Jörn**  
**40721 Hilden (DE)**  
• **Gramer, Andreas**  
**42655 Solingen (DE)**

(74) Vertreter: **Klüppel, Walter**  
**Hemmerich & Kollegen**  
**Patentanwälte**  
**Hammerstraße 2**  
**57072 Siegen (DE)**

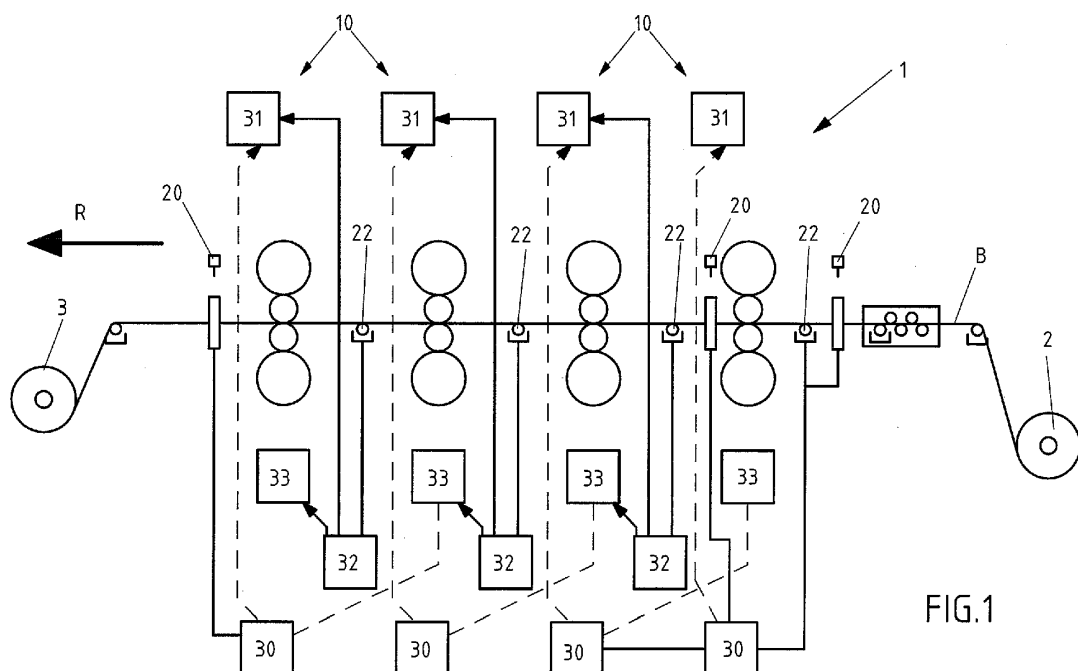
(30) Priorität: **01.08.2017 US 201715665806**

(71) Anmelder: **SMS Group GmbH**  
**40237 Düsseldorf (DE)**

**(54) MASSENFLUSSREGELUNG IN WALZANLAGEN**

(57) Verfahren zur Steuerung einer Walzstraße (1), vorzugsweise einer Kaltwalzstraße, die ein oder mehrere Walzgerüste (10) mit jeweils zwei Arbeitswalzen (12) aufweist, die einen Walzspalt ausbilden, durch den ein Walzband (B) transportierbar ist, wobei eine oder beide Arbeitswalzen (12) relativ zueinander verfahrbar sind, so dass der Walzspalt einstellbar ist, und das Verfahren aufweist: Bereitstellen einer Referenzgeschwindigkeit, die

ein Parameter zur Ansteuerung der Walzstraße (1) ist; Messen der Geschwindigkeit des Walzbands (B) vor dem Einlauf in den Walzspalt; Messen der Dicke des Walzbands (B) vor dem Einlauf in den Walzspalt; Einstellen des Walzspalts von einem oder mehreren Walzgerüsten (10) in der Walzstraße (1) auf der Grundlage der gemessenen Geschwindigkeit und Dicke vor dem Einlauf in den Walzspalt sowie der Referenzgeschwindigkeit.

**FIG.1****EP 3 437 748 A1**

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Walzstraße, vorzugsweise einer Kaltwalzstraße, die ein oder mehrere Walzgerüste mit jeweils zwei Arbeitswalzen aufweist, die einen Walzspalt ausbilden, durch den ein Walzband transportierbar ist. Die Erfindung betrifft ferner eine Steuervorrichtung sowie eine Walzstraße.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Bei Walzanlagen, insbesondere Kaltwalzanlagen, kann die Dickenregelung des Walzbandes beim Transport durch den Walzspalt mittels einer Massenflussregelung durchgeführt werden, bei der aus der gemessenen einlaufseitigen Dicke und den gemessenen ein- und auslaufseitigen Geschwindigkeiten die Dicke des Walzguts nach Durchlaufen des Walzspalts berechnet wird. Allerdings ist die Geschwindigkeitsmessung am Auslauf des Walzgerüsts oft schwierig zu verwirklichen. So kann bei einer Tandemstraße, d.h. einer Walzstraße mit mehreren hintereinander angeordneten Walzgerüsten, die Messung der Geschwindigkeit am Auslauf des ersten Walzgerüsts schwierig sein, etwa aufgrund des Schlupfes zwischen Walzgut und Messrolleneinheit, Emulsion/Öl auf dem Messgut, Dampf oder Platzmangel, beispielsweise wenn ein Laser zur Messung verwendet wird.

**[0003]** Es ist bekannt, auf die direkte Geschwindigkeitsmessung am Ausgang des Walzspaltes zu verzichten und stattdessen aus verschiedenen Ist-Größen der Walzstraße, etwa der Gerüstgeschwindigkeit oder der Haspelgeschwindigkeit, auf die Auslaufgeschwindigkeit zu schließen. So beschreibt die DE 10 2009 012 028 A1 ein Verfahren zum Betreiben einer Walzstraße, bei der die Auslaufgeschwindigkeit des Walzbandes hinter dem Walzspalt mit Hilfe der Tangentialgeschwindigkeit der Arbeitswalzen rechnerisch nachgebildet wird. Zu diesem Zweck sind Sensoren zur Ermittlung der geeigneten Ist-Größen sowie Elektronik zur Berechnung der Auslaufgeschwindigkeit erforderlich.

### Darstellung der Erfindung

**[0004]** Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Steuerung einer Walzstraße, vorzugsweise einer Kaltwalzstraße, bereitzustellen, die bei einer konstruktiven Vereinfachung der Walzstraße eine hohe Regelungsgenauigkeit ermöglichen.

**[0005]** Gelöst wird die Aufgabe mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7 sowie einer Walzstraße mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Vorteilhafte Weiterbildungen folgen aus den Unteransprüchen, der

folgenden Darstellung der Erfindung sowie der Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele.

**[0006]** Zur Definition von Relativpositionen werden Bezeichnungen wie "vor", "hinter", "einlaufseitig", "auslaufseitig" usw. verwendet werden. Diese sind in Bezug auf die Transportrichtung des Walzbands zu verstehen.

**[0007]** Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Steuerung oder Regelung (hier synonym verwendet) einer Walzstraße, vorzugsweise einer Kaltwalzstraße. Die Walzstraße weist ein oder mehrere Walzgerüste mit jeweils zwei Arbeitswalzen auf, die einen Walzspalt ausbilden, durch den ein Walzband transportierbar ist. Das Walzband ist ein bandförmiges Metallmaterial, etwa aus Stahl oder einem Nichteisenmetall, das einem ein- oder mehrstufigen Walzprozess durch die Arbeitswalzen zu unterziehen ist. Eine oder beide Arbeitswalzen des betreffenden Walzgerüsts sind relativ zueinander verfahrbar, so dass der Walzspalt, d.h. der Abstand zwischen den Arbeitswalzen, einstellbar ist.

**[0008]** Zur Steuerung der Walzstraße gemäß der Erfindung wird zunächst eine Referenzgeschwindigkeit bereitgestellt, die ein Parameter zur Ansteuerung der Walzstraße ist. Die Referenzgeschwindigkeit kann beispielsweise eine Zielgeschwindigkeit sein, mit der das Walzband durch die Walzstraße zu transportieren ist, etwa wenn sich die Walzstraße nach dem Anfahren in einem stationären oder quasi-stationären Zustand befindet. Gemäß einer anderen Ausführungsform kann die Referenzgeschwindigkeit ein Geschwindigkeitsparameter sein, mit dem eine Walze, vorzugsweise Arbeitswalze, Umlenkrolle oder Haspel, in der Walzstraße angesteuert wird. Die Referenzgeschwindigkeit kann auch ein anderer Parameter sein, solange er nicht durch Messung der Auslaufgeschwindigkeit des Walzbands aus dem Walzspalt ermittelt wird. Die Referenzgeschwindigkeit kann beispielsweise im Voraus festgelegt werden, sie kann konstant oder eine Funktion der Zeit sein.

**[0009]** Erfindungsgemäß werden die Geschwindigkeit und Dicke des Walzbands vor dem Einlauf in den Walzspalt gemessen. Der Walzspalt des betreffenden und/oder eines oder mehrerer anderer Walzgerüste in der Walzstraße wird auf der Grundlage der gemessenen Geschwindigkeit und Dicke vor dem Einlauf in den Walzspalt sowie der Referenzgeschwindigkeit eingestellt.

**[0010]** Die Steuerung erfolgt demnach nicht unter Berücksichtigung einer etwaigen gemessenen oder aus Ist-Größen der Walzstraße berechneten auslaufseitigen Bandgeschwindigkeit sondern unter Verwendung der Referenzgeschwindigkeit, d.h. eines Parameters zur Ansteuerung der Walzstraße. Insbesondere kann zur Berechnung der Massenflussdicke, d.h. dem Produkt aus Bandgeschwindigkeit und Banddicke, die beim Durchlauf durch die Walzgerüste eine Erhaltungsgröße ist (im Einlauf des Walzgerüsts entspricht das Produkt aus Bandgeschwindigkeit und Banddicke dem im Auslauf des Walzgerüsts), die Referenzgeschwindigkeit im Auslauf verwendet werden. Dadurch kann die Geschwindigkeitsmessung oder Geschwindigkeitsberechnung

des Walzbands am Ausgang des Walzspalts entfallen. Es können Kosten eingespart werden, die andernfalls zur Bereitstellung, Installation, Wartung usw. von entsprechenden Sensoren und elektronischen Einrichtungen anfallen würden. Die Regelung wird weniger durch Messfehler beeinträchtigt, die insbesondere bei einer Messung der Geschwindigkeit am Auslauf des ersten Walzgerüsts auftreten können, etwa aufgrund des Schlupfes zwischen Walzgut und Messrolleneinheit, Emulsion/Öl auf dem Messgut, Dampf oder Platzmangel, beispielsweise wenn ein Laser zur Messung verwendet wird. Die Zuverlässigkeit der Dickenregelung wird erhöht, was sich wiederum positiv auf die Güte des herzustellenden Walzprodukts auswirkt. Insbesondere auch bei Anlagen mit schwierigen Einbausituationen ermöglicht die dargestellte Steuerung eine Dickenregelung mit hoher Dynamik und direkter Reaktion im Walzspalt.

**[0011]** Vorzugsweise wird die Differenz zwischen der Istdicke des Walzbandes am Ausgang der Walzstraße und der Soll Dicke mittels einer PI-Regelung oder PID-Regelung ausgeglichen, um die angestrebte Banddicke auf zuverlässige Weise und mit hoher Genauigkeit zu erhalten.

**[0012]** Vorzugsweise wird neben der Referenzgeschwindigkeit eine Referenzbanddicke bereitgestellt, die ein Parameter zur Ansteuerung der Walzstraße ist. So kann die Referenzbanddicke beispielsweise jene Zieldicke sein, die für das Walzband nach Durchlaufen der Walzstraße angestrebt wird, insbesondere wenn sich die Walzstraße nach dem Anfahren in einem stationären oder quasi-stationären Zustand befindet. Die Referenzbanddicke kann beispielsweise im Voraus festgelegt werden, sie kann konstant oder eine Funktion der Zeit oder eine Funktion der Länge des Walzguts sein. Zum Einstellen des Walzspalts wird vorzugsweise eine Dickenabweichung des Walzbands unter Berücksichtigung der Referenzgeschwindigkeit und der Referenzbanddicke berechnet. Konkret ist die berechnete Dickenabweichung die Differenz aus der einlaufseitigen Massenflussdicke, die beispielsweise mit dem Divisor Referenzgeschwindigkeit berechnet wird, und der Referenzbanddicke. Vorzugsweise wird die auslaufseitige Banddicke ferner gemessen, daraus eine gemessene Dickenabweichung bestimmt und die gemessene Dickenabweichung mit der berechneten Dickenabweichung verglichen.

**[0013]** Vorzugsweise wird die Referenzgeschwindigkeit zur Berechnung der Dickenabweichung des Walzbands unter Berücksichtigung eines oder mehrerer Korrekturwerte aus einer Regelung des Zugs, der Banddicke, eines oder mehrerer Antriebsmomente und/oder der Geschwindigkeitsführung bestimmt, um die Regelungs-genauigkeit zu verbessern. Aus dem gleichen Grund wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform die Referenzgeschwindigkeit zur Berechnung der Dickenabweichung des Walzbands aus einer Zielgeschwindigkeit und unter Berücksichtigung einer oder mehrerer zusätzlicher Größen, etwa der Zieldicke und/oder der Abnahme der

Walzenrauigkeit und/oder der Walzkraft und/oder des Zielzugs, berechnet.

**[0014]** Die zusätzliche Größe ist besonders bevorzugt eine Voreilung, die beispielsweise berechnet, angenommen oder anderweitig ermittelt werden kann. Die Voreilung, die mit der Fließscheidenlage zusammenhängt, ist definiert als das Verhältnis der Lineargeschwindigkeit der Walze, etwa Arbeitswalze, Umlenkrolle usw., zur Auslaufgeschwindigkeit des Walzbandes. Genauer gesagt:  $\text{Voreilung [\%]} = (\text{Geschwindigkeit des Walzbands am Auslauf [m/s]} / \text{Lineare Geschwindigkeit der Walze [m/s]}) - 1) \cdot 100$ . Die Voreilung kann über den Walzprozess konstant oder eine Funktion der Zeit oder eine Funktion der Referenzgeschwindigkeit sein.

**[0015]** Vorzugsweise wird die Voreilung berechnet, wobei die Berechnung der Voreilung mindestens eine nicht-gemessene Größe und/oder mindestens eine gemessene Größe umfasst. So wird die Voreilung vorzugsweise unter Berücksichtigung verschiedener Anlagenzustände vor Beginn und/oder während des Walzprozesses berechnet, wodurch die Regelungsgenauigkeit und Reaktion des Walzspalts bei der Dickenregelung auch ohne Messung der auslaufseitigen Bandgeschwindigkeit gewährleistet werden können.

**[0016]** Gemäß einer anderen Ausführungsform wird die Massenflussregelung eines oder mehrerer Walzgerüste jedoch ohne Messung und Nachführung der auslaufseitigen Dicke betrieben, d.h. ausschließlich mit der einlaufseitigen Dicken- und Geschwindigkeitsmessung. Hierzu weist die Walzstraße mehrere Walzgerüste auf, wobei die Dicke des Walzbands hinter dem letzten Walzgerüst gemessen wird und zur Einstellung des Walzspalts eines oder mehrerer Walzgerüste (insbesondere zur Bestimmung der Massenflussdicke an einem oder mehreren Walzgerüsten) die Referenzbanddicke verwendet wird, so dass diesbezüglich auf eine Messung der auslaufseitigen Banddicke verzichtet werden kann. Beispielsweise kann bei einer Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten zusätzlich zu dem Verzicht auf eine auslaufseitige Geschwindigkeitsmessung im ersten Walzgerüst auch auf die auslaufseitige Dickenmessung verzichtet werden. In diesem Fall kann die Dickenregelung im letzten Walzgerüst den Dickenoffset ausregeln, um auf die gewünschte Zieldicke zu kommen. Alle dynamischen Störungen, wie etwa Störungen der Einlaufdicke und/oder Härteschwankungen, können gemäß einer Variante dieser Ausführungsform schon vom ersten Walzgerüst ausgeglichen werden. Obwohl eine Dickenmessung hinter dem ersten Walzgerüst in dieser Variante nicht unbedingt erforderlich ist, kann dennoch ein entsprechendes Dickenmessgerät vorgesehen sein, um bei einem Ausfall der einlaufseitigen Dickenmessung eine Rückfallmöglichkeit bereitzustellen.

**[0017]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Steuern einer Walzstraße, vorzugsweise Kaltwalzstraße, ist eingerichtet, um ein Verfahren, wie oben dargelegt, auszuführen. So kann die Steuerung etwa mit Hilfe einer elektronischen Schaltung realisiert werden. Die Steue-

rung kann in Form einer Software vorliegen, die, wenn sie auf einem Rechengertät ausgeführt wird, die entsprechenden Berechnungen und Schritte zur Steuerung der Walzstraße veranlasst.

**[0018]** Die dargelegte Steuerung ist besonders gut zum Betrieb von Kaltwalzstraßen zur Bearbeitung von Metallbändern anwendbar. Die Walzstraße kann als Reversieranlage mit Richtungswechsel in der Bandführung angelegt sein. Doch die Erfindung kann auch in anderen Bereichen umgesetzt werden, soweit sie einen Walzprozess betrifft, bei dem eine gewünschte Dicke des Walzprodukts auf automatische Weise einzustellen ist.

**[0019]** Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung sind aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele ersichtlich. Die dort beschriebenen Merkmale können alleinstehend oder in Kombination mit einem oder mehreren der oben dargelegten Merkmale realisiert werden, insofern sich die Merkmale nicht widersprechen. Die folgende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele erfolgt mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen.

#### Kurze Beschreibung der Figuren

**[0020]** Die Figur 1 zeigt schematisch eine Tandemstraße mit vier hintereinander angeordneten Walzgerüsten.

**[0021]** Die Figur 2 zeigt schematisch ein Walzgerüst mit zwei Stütz- und zwei Arbeitswalzen.

#### Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

**[0022]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele anhand der Figuren beschrieben. Dabei sind gleiche, ähnliche oder gleichwirkende Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen, und auf eine wiederholende Beschreibung dieser Elemente wird teilweise verzichtet, um Redundanzen zu vermeiden.

**[0023]** Die Figur 1 zeigt schematisch eine Tandemstraße oder Walzstraße 1 mit vier hintereinander angeordneten Walzgerüsten 10, vorzugsweise für ein Kaltwalzwerk. Die Walzstraße 1 weist im vorliegenden Beispiel eine Abwickelhaspel 2 und eine Aufwickelhaspel 3 auf. Ein Walzband oder Walzgut B wird den Walzgerüsten 10 in der Transportrichtung R zugeführt, ggf. über Umlenkrollen, und nach durchlaufen der Walzgerüste 10, d.h. nach Beendigung der Walzbearbeitung von der Aufwickelhaspel 3 aufgewickelt. Die Zufuhr und Abfuhr des Walzbandes B über die beiden Haspeln 2 und 3 ist nur beispielhaft, das Walzband B kann den Walzgerüsten 10 auch auf andere Weise zugeführt und zur Weiterverarbeitung, zum Transport usw. abgeführt werden.

**[0024]** Zur Unterscheidung der Walzgerüste 10 werden diese in der Transportrichtung R des Walzbandes B, d.h. in der Ansicht der Figur 1 von rechts nach links, durchnummeriert. Jedes Walzgerüst 10 weist zwei Stützwalzen 11 und zwei Arbeitswalzen 12 auf. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass das dargelegte Verfahren für

alle Gerüstanordnungen mit zwei oder mehr Walzen pro Gerüst durchführbar und geeignet ist. Der Übersichtlichkeit halber sind die Bezugszeichen 11 und 12 in der Figur 1 nicht eingezeichnet, sie gehen jedoch aus der Figur 2 hervor, in der ein Walzgerüst 10 herausgenommen und auf eine vergrößerte Weise gezeigt ist. Eine Arbeitswalze 12 steht mit je einer Stützwalze 11 in Kontakt. Zwischen den beiden Arbeitswalzen 12 liegt ein Walzspalt vor, durch den das Walzband B hindurchgeführt wird. Der Walzspalt ist einstellbar, indem eine oder beide den Walzspalt bildenden Arbeitswalzen 12 relativ zueinander verstellbar sind. Die Arbeitswalzen 12 und/oder Stützwalzen 11 werden beispielsweise von einem oder mehreren Elektromotoren (in den Figuren nicht dargestellt) auf drehende Weise angetrieben, ggf. unter Zwischenschaltung eines Getriebes, einer Kupplung, einer Bremse usw.. Zu diesem Zweck weisen die Walzgerüste 10 je ein Antriebs-Steuergerät 33 auf.

**[0025]** Vor dem ersten Walzgerüst 10, vor dem zweiten und hinter dem vierten Walzgerüst 10 sind je ein Dickenmessgerät 20 angeordnet, das zur Messung der Dicke des Walzbandes B an der entsprechenden Position eingerichtet ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist jedem Walzgerüst 10 ein Dicken-Steuergerät 30 zugeordnet, das mit je einem Spalt-Steuergerät 31 zur Einstellung des Spalts zwischen den entsprechenden Arbeitswalzen 12 kommuniziert. Ferner ist im vorliegenden Beispiel vor jedem Walzgerüst 10 eine Zugregelung 22 angeordnet, die ein Stellglied zur Änderung der Anstellung des Walzbandes B relativ zum Walzgerüst 10 aufweist. Eine Anstellungsänderung wird genutzt, um den einlaufseitigen Zug des Walzbandes B zu regeln. Eine Zugänderung ist gleichzusetzen mit einer Geschwindigkeitsänderung des Walzbandes B. Die Zugregelungen 22 der zweiten bis vierten Walzgerüste 10 weisen je ein Zug-Steuergerät 32 zur Einstellung der Anstellung auf.

**[0026]** Mögliche Kommunikationswege zwischen den Steuergeräten 30, 31, 32, 33 und den zugehörigen Stellgliedern, Aktuatoren, Motoren usw. sind in der Figur 1 schematisch eingezeichnet. Die Kommunikation kann physisch oder drahtlos erfolgen. Auch wenn die Steuergeräte 30, 31, 32, 33 in der Figur 1 separat dargestellt sind, können diese selbstverständlich integral ausgebildet oder etwa Teil einer Zentralsteuerung sein. Die Bezeichnung "Gerät" bezeichnet in diesem Zusammenhang nicht notwendigerweise eine mechanische Entität, denn die Steuergeräte 30, 31, 32, 33 können auch mit Hilfe einer Software realisiert werden, welche die Steuerung der Walzstraße 1 veranlasst, wenn sie auf einem Rechner ausgeführt wird.

**[0027]** Die Einstellung des Walzspalts der jeweiligen Walzgerüste 10 erfolgt über eine Massenflussregelung. Ausgangspunkt ist eine Erhaltungsgröße, das Produkt aus der Bandgeschwindigkeit und der in den Walzspalt verschobenen Banddicke, das als "Massenflussgröße" bezeichnet wird und sich beim Durchgang des Walzbandes B durch das Walzgerüst 10 zum Beispiel analog zu einer einlaufseitigen Dickenstörung oder der Verän-

derung anderer Prozessgrößen wie zum Beispiel Bandfestigkeit, Spaltreibung und/oder Bandgeschwindigkeit verändert.

$$v_i(t) * h_i(t) = v_{i-1}(t) * h_{i-1}(t)$$

Hierbei bezeichnet  $v_i(t)$  die Bandgeschwindigkeit am Auslauf des Walzgerüsts 10 (gleich der Bandgeschwindigkeit am Eingang eines etwaig nachfolgenden Walzgerüsts 10) als Funktion der Zeit.  $h_i(t)$  bezeichnet die gemessene Banddicke am Auslauf des Walzgerüsts 10 (gleich der Walzbanddicke am Eingang eines etwaig nachfolgenden Walzgerüsts 10) als Funktion der Zeit.  $v_{i-1}(t)$  bezeichnet die bezüglich des Walzgerüsts 10 einlaufseitig gemessene Bandgeschwindigkeit als Funktion der Zeit, und  $h_{i-1}(t)$  bezeichnet die bezüglich des Walzgerüsts 10 einlaufseitig gemessene Banddicke. Die Gleichung gilt für alle Walzgerüste 10 in einer Walzstraße 1, d.h. das "i" in den Bezeichnungen ist eine Ganzzahl zur Durchnummerierung der einzelnen Walzgerüste 10.

**[0028]** Wenn mit  $h_{iR}(t)$  eine auslaufseitige Referenzbanddicke und  $h_{iDev}(t)$  die auslaufseitige Banddickenabweichung bezeichnet sind, d.h.

$$h_i(t) = h_{iR}(t) + h_{iDev}(t)$$

folgt daraus:

$$h_{iDev}(t) = \frac{h_{i-1}(t) * v_{i-1}(t)}{v_i(t)} - h_{iR}$$

Die Referenzbanddicke ist ein Parameter zur Ansteuerung der Walzstraße. So kann die Referenzbanddicke beispielsweise jene Zieldicke sein, die für das Walzband nach Durchlaufen der Walzstraße angestrebt wird, insbesondere wenn sich die Walzstraße nach dem Anfahren in einem stationären oder quasi-stationären Zustand befindet. Die Referenzbanddicke kann beispielsweise im Voraus festgelegt werden, sie kann konstant oder eine Funktion der Zeit und/oder der Bandlänge sein.

**[0029]** Anstatt nun  $v_i(t)$  konventionell zu messen, etwa mittels eines Lasers, oder aus Ist-Größen der Walzstraße 1, etwa der Haspelgeschwindigkeit oder Arbeitsrollengeschwindigkeit, zu berechnen, wird zur Berechnung der Massenflussdicke eine Referenzgeschwindigkeit am Auslauf  $v_{iR}(t)$  verwendet. Dies ist deshalb möglich, weil die Auswirkungen einer Anstellungsänderung des Walzbandes B relativ zum Walzgerüst 10 durch die Zugregelung 22 vernachlässigt werden können. Die Änderung der Auslaufgeschwindigkeit beinhaltet lediglich die durch die Anstellungsänderung hervorgerufene Voreilungsänderung, die auf die absolute Änderung bezogen sehr gering ist, insbesondere in den Geschwindigkeitsbereichen, in denen eine Massenflussregelung durchgeführt

wird.

**[0030]** Die Referenzgeschwindigkeit  $v_{iR}(t)$  kann daher ein Geschwindigkeitsparameter sein, mit dem die Walzstraße 1 angesteuert wird. Auf die Messung oder Berechnung einer Geschwindigkeit unter Versendung einer gemessenen Größe, die der Geschwindigkeit am Auslauf des Walzspalts entspricht, kann daher verzichtet werden. Die Referenzgeschwindigkeit  $v_{iR}(t)$  kann beispielsweise eine Zielgeschwindigkeit sein, mit der das Walzband B durch die Walzstraße 1 zu transportieren ist, etwa wenn sich die Walzstraße 1 nach dem Anfahren in einem stationären oder quasi-stationären Zustand befindet. Die Referenzgeschwindigkeit  $v_{iR}(t)$  kann beispielsweise auch ein Geschwindigkeitsparameter sein, mit dem eine Walze, vorzugsweise Arbeitswalze 12 oder Haspel, in der Walzstraße 1 angesteuert wird. Die Referenzgeschwindigkeit kann im Voraus festgelegt werden, sie kann konstant oder eine Funktion der Zeit oder der Bandlänge sein. Die Referenzgeschwindigkeit kann aber muss nicht einen oder mehrere Korrekturwerte aus anderen Regelsystemen enthalten. Diese Korrekturwerte können beispielsweise aus Regelungskorrekturen des Zuges, der Banddicke und/oder aus der Geschwindigkeitsführung bestehen oder berechnet werden.

**[0031]** Daraus folgt die berechnete Banddickenabweichung  $h_{iDevCalc}(t)$  im i'ten Walzgerüst 10,

$$h_{iDevCalc}(t) = \frac{h_{iTrk-1}(t) * v_{i-1}(t)}{v_{iR}(t)} - h_{iR}$$

wobei  $h_{iTrk-1}(t)$  die einlaufseitig (am i'ten Walzgerüst 10) gemessene Banddicke des Walzbandes B bezeichnet.

**[0032]** Das Walzband 10 mit der so berechneten Banddickenabweichung  $h_{iDevCalc}(t)$  wird dann zum auslaufseitigen Dickenmessgerät 20 geschoben bzw. transportiert. Diese berechnete, zum Dickenmessgerät 20 am Auslauf weitertransportierte Banddickenabweichung wird mit der am Auslauf gemessenen Dickenabweichung verglichen. Der Fehler wird nachgeführt, wobei dies ebenfalls mit der Referenzgeschwindigkeit  $v_{iR}(t)$  erfolgt.

**[0033]** Auf diese Weise können Dickenfehler nachgeführt werden, und die Zieldicke am Ende der Walzstraße 1 wird erreicht. Die Differenz zwischen der Istdicke des Walzbandes 10 am Ende der Walzstraße 1 und der Soll-dicke kann beispielsweise mittels eines PI-Reglers oder PID-Reglers ausgeglichen werden, wie auch durch eine Rückführung über eine Filtereinheit.

**[0034]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Massenflussregelung auch ohne Nachführung der auslaufseitigen Dicke betrieben werden, d.h. ausschließlich mit der einlaufseitigen Dicken- und Geschwindigkeitsmessung gemäß:

$$h_{iDevCalc}(t) = \frac{h_{iTrk-1}(t) * v_{i-1}(t)}{v_{iR}(t)} - h_{iR}$$

Hierbei kann bei einer Walzstraße 1 mit mehreren Walzgerüsten 10 (einer Tandemstraße) zusätzlich zu dem Verzicht auf eine auslaufseitige Geschwindigkeitsmessung im ersten Walzgerüst 10 auch auf die auslaufseitige Dickenmessung verzichtet werden. In diesem Fall kann die Dickenregelung im letzten Walzgerüst 10 den Dickenoffset ausregeln, um auf die gewünschte Zieldicke zu kommen. Alle dynamischen Störungen, wie etwa Störungen der Einlaufdicke und/oder Härteschwankungen, können gemäß einer Variante dieser Ausführungsform schon vom ersten Walzgerüst 10 ausgeregelt werden. Obwohl eine Dickenmessung hinter dem ersten Walzgerüst 10 in dieser Variante nicht unbedingt erforderlich ist, kann dennoch ein entsprechendes Dickenmessgerät vorgesehen sein, um bei einem Ausfall der einlaufseitigen Dickenmessung eine Rückfallmöglichkeit bereitzustellen.

**[0035]** Durch die dargelegten Ausführungsformen zur Massenflussdickenregelung kann die Geschwindigkeitsmessung oder Geschwindigkeitsberechnung des Walzbands B am Ausgang eines oder mehrerer Walzgerüste 10 entfallen. Dadurch können Kosten eingespart werden, die andernfalls etwa zur Bereitstellung, Installation, Wartung usw. entsprechender Sensoren und Steuereinheiten anfallen würden. Die Regelung wird weniger durch Messfehler beeinträchtigt, die insbesondere bei einer Messung der Geschwindigkeit am Auslauf des ersten Walzgerüsts 10 auftreten können, etwa aufgrund des Schlupfes zwischen Walzgut und Messrolleneinheit, Emulsion/Öl auf dem Messgut, Dampf oder Platzmangel, beispielsweise wenn ein Laser zur Messung verwendet wird. Die Zuverlässigkeit der Dickenregelung wird erhöht, was sich wiederum positiv auf die Güte des herzustellenden Walzprodukts auswirkt. Insbesondere auch bei Anlagen mit schwierigen Einbausituationen ermöglicht der dargestellte Ansatz eine Dickenregelung mit hoher Dynamik und direkter Reaktion im Walzspalt.

**[0036]** Die Steuerung bzw. Regelung ist besonders bevorzugt anwendbar für Kaltwalzstraßen zum Walzen bandförmiger Metallmaterialien, insbesondere von Metallbändern aus Stahl oder Nichteisenmetallen, den sogenannten NE-Metallen.

**[0037]** Soweit anwendbar, können alle einzelnen Merkmale, die in den Ausführungsbeispielen dargestellt sind, miteinander kombiniert und/oder ausgetauscht werden, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen.

#### Bezugszeichenliste

#### **[0038]**

- 1 Walzstraße
- 2 Abwickelhaspel
- 3 Aufwickelhaspel
- 10 Walzgerüst
- 11 Stützwalze
- 12 Arbeitswalze
- 20 Dickenmessgerät

- 22 Zugregelung
- 30 Dicken-Steuergerät
- 31 Spalt-Steuergerät
- 32 Zug-Steuergerät
- 5 33 Antriebs-Steuergerät

- B Walzband
- R Transportrichtung

10

#### **Patentansprüche**

1. Verfahren zur Steuerung einer Walzstraße (1), vorzugsweise einer Kaltwalzstraße, die ein oder mehrere Walzgerüste (10) mit jeweils zwei Arbeitswalzen (12) aufweist, die einen Walzspalt ausbilden, durch den ein Walzband (B) transportierbar ist, wobei eine oder beide Arbeitswalzen (12) relativ zueinander verfahrbar sind, so dass der Walzspalt einstellbar ist, und das Verfahren aufweist:

20

Bereitstellen einer Referenzgeschwindigkeit, die ein Parameter zur Ansteuerung der Walzstraße (1) ist;

25

Messen der Geschwindigkeit des Walzbands (B) vor dem Einlauf in den Walzspalt;

Messen der Dicke des Walzbands (B) vor dem Einlauf in den Walzspalt;

30

Einstellen des Walzspalts von einem oder mehreren Walzgerüsten (10) in der Walzstraße (1) auf der Grundlage der gemessenen Geschwindigkeit und Dicke vor dem Einlauf in den Walzspalt sowie der Referenzgeschwindigkeit.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Referenzgeschwindigkeit einer Zielgeschwindigkeit entspricht, mit der das Walzband (B) durch die Walzstraße (1) zu transportieren ist, oder

40

ein Geschwindigkeitsparameter ist, mit dem eine Walze, vorzugsweise Arbeitswalze (12), Umlenkrolle oder Haspel, in der Walzstraße (1) angesteuert wird.

45

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

eine Referenzbanddicke bereitgestellt wird, die ein Parameter zur Ansteuerung der Walzstraße (1) ist, und

50

zum Einstellen des Walzspalts eine Dickenabweichung des Walzbands (B) unter Berücksichtigung der Referenzgeschwindigkeit und der Referenzbanddicke berechnet wird.

55

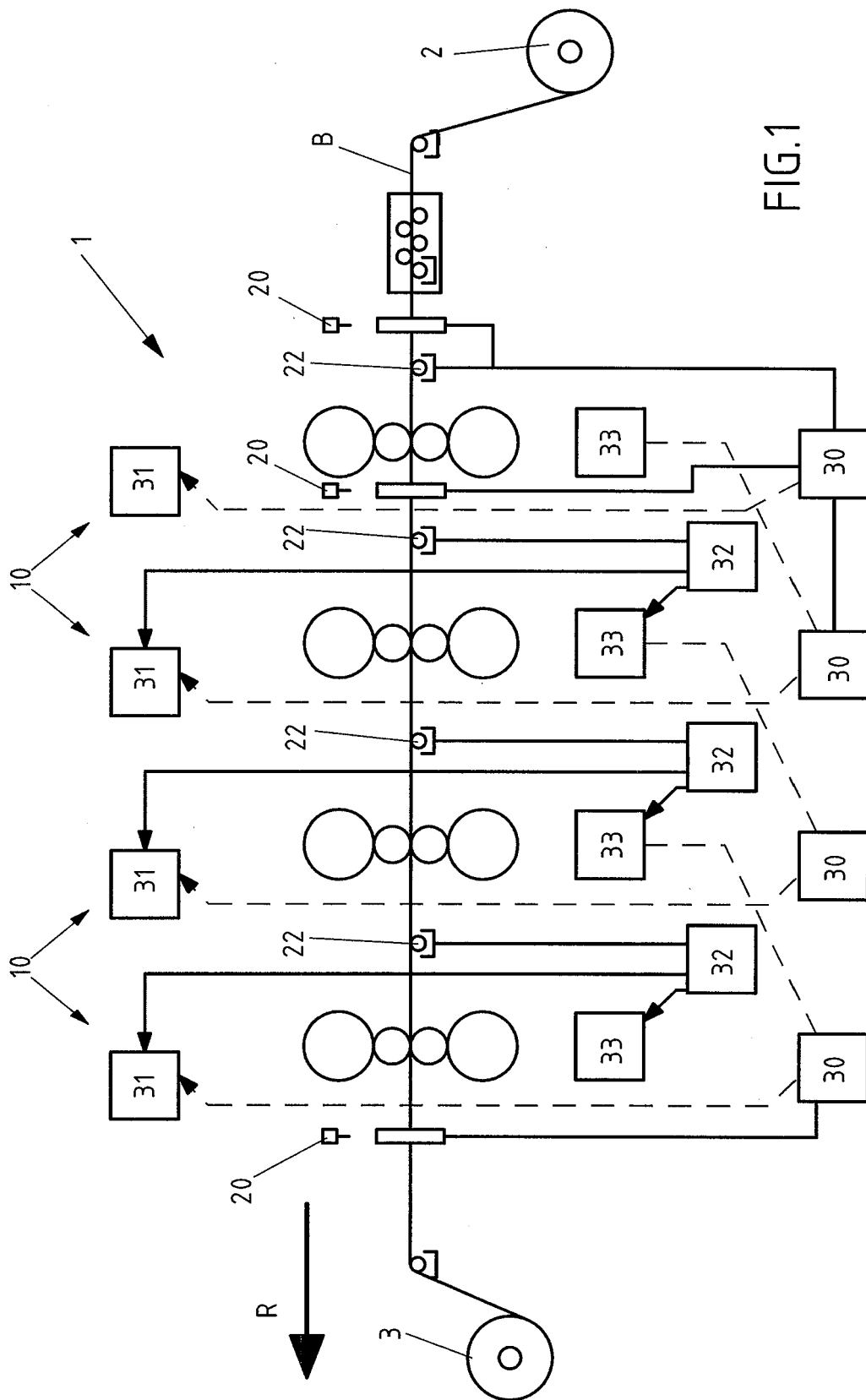
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Referenzgeschwindigkeit zur Berechnung der Dickenabweichung des Walzbands (B) unter Berücksichtigung eines oder mehrerer Kor-

rekturwerte aus einer Regelung des Zugs, der Banddicke, eines oder mehrerer Antriebsmomente und/oder der Geschwindigkeitsführung bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Referenzgeschwindigkeit zur Berechnung der Dickenabweichung des Walzbands (B) aus einer Zielgeschwindigkeit und unter Berücksichtigung einer oder mehrerer zusätzlicher Größen, vorzugsweise der Zieldicke und/oder der Abnahme der Walzenrauigkeit und/oder der Walzkraft und/oder des Zielzugs, berechnet wird. 10
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zusätzliche Größe eine Voreilung ist, die als das Verhältnis der Lineargeschwindigkeit der Arbeitswalze (12) zur Auslaufgeschwindigkeit des Walzbands (B) definiert ist. 15
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Voreilung berechnet wird, wobei die Voreilung unter Berücksichtigung verschiedener Anlagenzustände vor Beginn und/oder während des Walzprozesses berechnet wird. 20 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auslaufseitige Banddicke gemessen, daraus eine gemessene Dickenabweichung bestimmt und die gemessene Dickenabweichung mit der berechneten Dickenabweichung verglichen wird. 30
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Referenzbanddicke eine Zieldicke ist, die für das Walzband (B) nach Durchlaufen der Walzstraße (1) angestrebt wird. 35
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Walzstraße (1) mehrere Walzgerüste (10) aufweist, wobei die Dicke des Walzbands (B) hinter dem letzten Walzgerüst (10) gemessen wird und zur Einstellung des Walzspalts eines oder mehrerer Walzgerüste (10) die Referenzbanddicke verwendet wird, so dass diesbezüglich auf eine Messung der auslaufseitigen Banddicke verzichtet wird. 40 45
11. Vorrichtung zum Steuern einer Walzstraße (1), vorzugsweise Kaltwalzstraße, die eingerichtet ist, um ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 auszuführen. 50
12. Walzstraße (1), vorzugsweise Kaltwalzstraße, die eine Vorrichtung nach Anspruch 11 sowie ein oder mehrere Walzgerüste (10) mit jeweils zwei Arbeitswalzen (12) aufweist, die einen Walzspalt ausbilden, durch den ein Walzband (B) transportierbar ist, wo-

bei eine oder beide Arbeitswalzen (12) relativ zueinander verfahrbar sind, so dass der Walzspalt einstellbar ist.

- 5 13. Walzstraße nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese vom Typ einer Reversieranlage mit Richtungswechsel in der Bandführung ist.





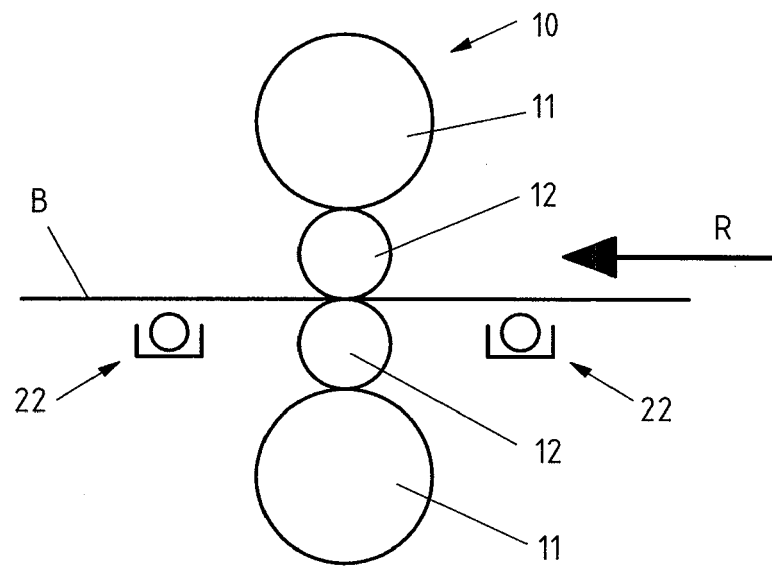


FIG.2



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
 EP 18 18 1081

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	EP 1 488 863 A2 (ABB PATENT GMBH [DE]) 22. Dezember 2004 (2004-12-22)	1-5,8-12	INV. B21B37/16
Y	* Ansprüche 1-25; Abbildungen 1-4 * -----	6,7,13	
Y	WO 2011/032888 A1 (SIEMENS AG [DE]; FELKL HANS-JOACHIM [DE]) 24. März 2011 (2011-03-24) * Ansprüche 1-12; Abbildungen 1-2 * -----	6,7	
Y	JP H04 46622 A (TOSHIBA CORP) 17. Februar 1992 (1992-02-17) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>10. Dezember 2018</b>	Prüfer <b>Forciniti, Marco</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	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 18 18 1081

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.

10-12-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1488863 A2	22-12-2004	AT 441489 T	15-09-2009
		DE 10327663 A1	05-01-2005
		EP 1488863 A2	22-12-2004
-----	-----	-----	-----
WO 2011032888 A1	24-03-2011	CN 102481608 A	30-05-2012
		EP 2298461 A1	23-03-2011
		EP 2477763 A1	25-07-2012
		RU 2012111278 A	27-10-2013
		WO 2011032888 A1	24-03-2011
-----	-----	-----	-----
JP H0446622 A	17-02-1992	KEINE	
-----	-----	-----	-----

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**

- DE 102009012028 A1 [0003]