(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 895 819 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.10.2021 Patentblatt 2021/42

(51) Int Cl.:
B21B 37/74 *(2006.01)* ***B21B 45/02*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **20169326.4**

(22) Anmeldetag: **14.04.2020**

(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

(71) Anmelder: **Primetals Technologies Germany GmbH**
91058 Erlangen (DE)

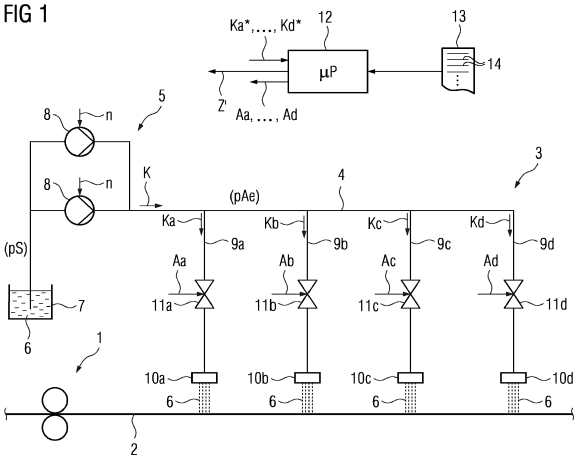
(72) Erfinder: **Weinzierl, Klaus**
90480 Nürnberg (DE)

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

(54) **BETRIEB EINER KÜHLEINRICHTUNG MIT EINEM MINIMALEN ARBEITSDRUCK**

(57) In eine Sammelleitung (4) wird über eine Pumpenanordnung (5) ein flüssiges Kühlmittel (6) eingespeist. Stichleitungen (9a bis 9d), in denen Regelventile (11a bis 11d) angeordnet sind, gehen von der Sammelleitung (4) zu Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) ab. Mittels der Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) wird das Kühlmittel (6) auf ein heißes Walzgut (2) aus Metall aufgebracht und so das Walzgut (2) gekühlt. Eine Steuereinrichtung (12) der Kühleinrichtung (3) ermittelt anhand von Sollströmen (Ka* bis Kd) der Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) für Grenzaussteuerwerte (kLim) der Regelventile (11a bis 11d) individuelle Arbeitsdrücke (pAa bis pAd), die in der Sammelleitung (4) herrschen müssen, damit in den Stichleitungen (9a bis 9d) die Sollströme (Ka* bis Kd*) fließen. Sie ermittelt sodann einen vorläufigen Ansteuerzustand (Z) der Pumpenanordnung (5), so dass der Sammelleitung (4) die Summe der Sollströme (Ka* bis Kd*) zugeführt wird und gleichzeitig in der Sammelleitung (4) ein vorläufiger Arbeitsdruck (pAv) herrscht, der mindestens dem größten individuellen Arbeitsdruck (pAa bis pAd) entspricht. Unter Verwertung des vorläufigen Ansteuerzustands (Z) ermittelt sie einen endgültigen Ansteuerzustand (Z') der Pumpenanordnung (5) derart, dass der Sammelleitung (4) der Gesamtstrom (K) zugeführt wird und gleichzeitig in der Sammelleitung (4) ein endgültiger Arbeitsdruck (pAe) herrscht. Sodann ermittelt sie unter Verwendung des endgültigen Arbeitsdrucks (pAe) Ansteuerwerte (Aa bis Ad) der Regelventile (11a bis 11d), so dass in den Stichleitungen (9a bis 9d) die Sollströme (Ka* bis Kd*) fließen. Sie steuert die Pumpenanordnung (5) und die Regelventile (11a bis 11d) entsprechend an.

FIG 1



EP 3 895 819 A1

Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für eine Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall,

- wobei die Kühleinrichtung eine Sammelleitung aufweist, in die über eine Pumpenanordnung ein flüssiges Kühlmittel eingespeist wird und von der eine Mehrzahl an Stichleitungen zu Aufbringeinrichtungen abgeht,
- wobei die Pumpenanordnung eine Anzahl an Pumpen aufweist, in den Stichleitungen jeweils ein Regelventil angeordnet ist und mittels zumindest eines Teils der Aufbringeinrichtungen das Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht wird,
- wobei einer Steuereinrichtung der Kühleinrichtung Sollströme bekannt werden, die den Aufbringeinrichtungen zugeführt werden sollen,
- wobei die Steuereinrichtung die Pumpenanordnung entsprechend einem endgültigen Ansteuerzustand und die Regelventile entsprechend Ansteuerwerten ansteuert.

[0002] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Computerprogramm, das Maschinencode umfasst, der von einer Steuereinrichtung einer Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung die Kühleinrichtung gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

[0003] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung einer Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Computerprogramm programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung die Kühleinrichtung gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

[0004] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall,

- wobei die Kühleinrichtung eine Sammelleitung, eine Pumpenanordnung und eine Mehrzahl an Aufbringeinrichtungen aufweist,
- wobei mittels zumindest eines Teils der Aufbringeinrichtungen ein flüssiges Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht wird,
- wobei die Aufbringeinrichtungen über eine jeweilige Stichleitung mit der Sammelleitung verbunden sind,
- wobei die Pumpenanordnung eine Anzahl an Pumpen aufweist, mittels derer das flüssige Kühlmittel in die Sammelleitung eingespeist wird,
- wobei in den Stichleitungen jeweils ein Regelventil angeordnet ist,
- wobei die Kühleinrichtung eine derartige Steuereinrichtung aufweist, welche die Kühleinrichtung gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

Stand der Technik

[0005] Die obengenannten Gegenstände sind allgemein bekannt.

[0006] So ist beispielsweise aus der WO 2013/143 925 A1 eine Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall bekannt, bei der über eine Pumpenanordnung ein flüssiges Kühlmittel in eine Sammelleitung eingespeist wird, von der Stichleitungen zu Aufbringeinrichtungen abgehen, mittels derer das Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht wird. In den Stichleitungen sind Regelventile angeordnet. Die Steuereinrichtung ermittelt anhand ihr bekannter Sollströme, die den Aufbringeinrichtungen zugeführt werden sollen, einen Ansteuerzustand für die Pumpenanordnung und Ansteuerwerte für die Regelventile und steuert die Pumpenanordnung und die Regelventile entsprechend an. Bei der WO 2013/143 925 A1 steht die Sammelleitung entweder unter Hochdruck oder unter Niederdruck. Der höhere Druck des Kühlmittels wird nur dann erzeugt, wenn dieser tatsächlich benötigt wird. Der Bedarf für den Hochdruck wird als gegeben erachtet, wenn bei Niederdruck die Öffnungsstellung mindestens eines Ventils eine bestimmte, als Grenzwert vorgegebene Öffnungsstellung überschreiten würde.

[0007] Aus der WO 2014/124 867 A1 ist ebenfalls eine Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall bekannt, bei der über eine Pumpenanordnung ein flüssiges Kühlmittel in eine Sammelleitung eingespeist wird, von der Stichleitungen zu Aufbringeinrichtungen abgehen, mittels derer das Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht wird. In den Stichleitungen sind Regelventile angeordnet. Einer Steuereinrichtung der Kühleinrichtung werden Sollströme bekannt, die den Aufbringeinrichtungen zugeführt werden sollen. Die Steuereinrichtung ermittelt entsprechende Ansteuerwerte der Regelventile und steuert diese auch so an. Über eine - gegebenenfalls variable - Ansteuerung der Pumpe finden sich in der WO 2014/124 867 A1 keine Ausführungen.

[0008] Aus der WO 2014/124 868 A1 ist ebenfalls eine Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall bekannt, bei der über eine Pumpenanordnung ein flüssiges Kühlmittel in eine Sammelleitung eingespeist wird, von der Stichleitungen zu Aufbringeinrichtungen abgehen, mittels derer das Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht wird. In den Stichleitungen sind Regelventile angeordnet. Eine Steuereinrichtung der Kühleinrichtung ermittelt anhand von Sollströmen, die den Aufbringeinrichtungen zugeführt werden sollen, einen Gesamtstrom und anhand des Gesamtstroms einen Ansteuerzustand der Pumpenanordnung. Der Arbeitsdruck in der Sammelleitung kann zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert eingestellt werden. Die Regelventile können zwischen vollständig geschlossenen und vollständig geöffneten Stellungen eingestellt werden. Zur Einstellung der einzelnen Sollströme variiert die Steuereinrichtung sowohl die Öffnungsstellungen der Ventile als auch den Leitungsdruck, den die Pumpe in der Sammelleitung generiert.

[0009] Aus der WO 2019/115 145 A1 ist ebenfalls eine Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall bekannt, bei der über eine Pumpenanordnung ein flüssiges Kühlmittel in eine Sammelleitung eingespeist wird, von der Stichleitungen zu Aufbringeinrichtungen abgehen, mittels derer das Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht wird. In den Stichleitungen sind Regelventile angeordnet. Eine Steuereinrichtung ermittelt in Abhängigkeit von den Sollströmen, die den Aufbringeinrichtungen zugeführt werden sollen, einen Ansteuerzustand für die Pumpenanordnung. Die Steuereinrichtung berücksichtigt zusätzlich zu der insgesamt zu führenden Wassermenge eine Änderung der Wassermenge und einen Leitungswiderstand. Unterschreiten die Öffnungsstellungen der Regelventile Mindestabstände zu einer minimal möglichen Öffnungsstellung und einer maximal möglichen Öffnungsstellung, wird der Ansteuerzustand der Pumpe und damit auch der Arbeitsdruck angepasst.

[0010] Aus der WO 2020/020 868 A1 ist eine Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts aus Metall bekannt, bei der mittels mehrerer Aufbringeinrichtungen ein flüssiges Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht wird. Die Aufbringeinrichtungen werden jeweils über eine eigene Pumpe gespeist. Ventile zwischen der jeweiligen Pumpe und der jeweiligen Aufbringeinrichtung werden kontinuierlich in einem völlig geöffneten Zustand gehalten. Die Einstellung der geförderten Mengen an Kühlmittel erfolgt ausschließlich durch entsprechende zeitvariable Ansteuerung der Pumpen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] insbesondere bei Intensivkühlungen, manchmal aber auch bei Laminarkühlungen, werden die Regelventile über Pumpen gespeist. Eine typische Anordnung ist dabei eine Versorgung mehrerer Regelventile über eine Sammelleitung, wobei die Sammelleitung von einer Pumpenanordnung mit Kühlmittel versorgt wird. Die Pumpenanordnung kann eine Pumpe oder auch mehrere Pumpen aufweisen.

[0012] Mittels der Aufbringeinrichtungen (diese sind oftmals als Spritzbalken ausgebildet) wird das Kühlmittel auf das Walzgut aufgebracht. In manchen Fällen können zusätzliche Aufbringeinrichtungen vorhanden sein, die das Kühlmittel nicht auf das Walzgut aufbringen, sondern anderweitig das Kühlmittel abgeben. Dies kann beispielsweise zur Vergleichmäßigung der Menge an Kühlmittel, die insgesamt gefördert wird, sinnvoll sein.

[0013] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer eine konventionelle Kühleinrichtung - also eine Kühleinrichtung, bei welcher die Dosierung des auf das Walzgut aufgebracht Kühlmittels über die Ansteuerung von Regelventilen erfolgt - auf verbesserte Art und Weise betrieben werden kann.

[0014] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 5.

[0015] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung zum Ermitteln des endgültigen Ansteuerzustands der Pumpenanordnung und der Ansteuerwerte der Regelventile

- für die Regelventile für einen jeweiligen Grenzaussteuerwert des jeweiligen Regelventils einen jeweiligen individuellen Arbeitsdruck ermittelt, der in der Sammelleitung herrschen muss, damit in der jeweiligen Stichleitung der jeweilige Sollstrom fließt,
- einen vorläufigen Ansteuerzustand der Pumpenanordnung ermittelt, so dass der Sammelleitung mittels der Pumpenanordnung ein Gesamtstrom an Kühlmittel zugeführt wird, der der Summe der Sollströme entspricht, und gleichzeitig in der Sammelleitung ein vorläufiger Arbeitsdruck herrscht, der mindestens so groß wie der größte der individuellen Arbeitsdrücke ist,
- den endgültigen Ansteuerzustand der Pumpenanordnung unter Verwertung des vorläufigen Ansteuerzustands der Pumpenanordnung derart ermittelt, dass der Sammelleitung mittels der Pumpenanordnung der Gesamtstrom an Kühlmittel zugeführt wird und gleichzeitig in der Sammelleitung ein endgültiger Arbeitsdruck herrscht, und
- die Ansteuerwerte der Regelventile unter Verwendung des endgültigen Arbeitsdrucks derart ermittelt, dass in der jeweiligen Stichleitung der jeweilige Sollstrom fließt.

[0016] Dadurch wird erreicht, dass die Pumpenanordnung der Kühleinrichtung mit einem möglichst niedrigen endgültigen Arbeitsdruck und damit einem möglichst geringen Energieaufwand betrieben wird und dennoch jederzeit das

Walzgut entsprechend den geforderten Sollströmen gekühlt wird.

[0017] Es ist möglich, dass die Grenzaussteuerungen der Regelventile die Maximalaussteuerungen der Regelventile sind. Um eine gewisse Regelreserve zu erhalten, kann es jedoch von Vorteil sein, wenn die Grenzaussteuerungen der Regelventile geringfügig darunter liegen, also lediglich in der Nähe der Maximalaussteuerungen der Regelventile liegen. Im letztgenannten Fall entsprechen die Grenzaussteuerungen der Regelventile also einem hohen Prozentsatz der Maximalaussteuerungen der Regelventile, beispielsweise 80 %, 90 % oder 95 %. Natürlich können die Grenzaussteuerungen auch andere Werte aufweisen. Insbesondere ein Wert von 80 % sollte aber nicht unterschritten werden. Die Zahlenangaben beziehen sich weiterhin auf die Kühlmittelströme, also die sich durch die Ansteuerung des jeweiligen Regelventils ergebende Wirkung. Sie beziehen sich hingegen nicht auf die Stellgrößen, mit denen die Regelventile angesteuert werden. Die Grenzaussteuerungen können nach Bedarf individuell für das jeweilige Regelventil vorgegeben sein oder einheitlich für alle Regelventile vorgegeben sein. Auch eine gruppenweise Vorgabe ist möglich.

[0018] Vorzugsweise berücksichtigt die Steuereinrichtung im Rahmen der Ermittlung des vorläufigen Ansteuerzustands auf die Pumpenanordnung bezogene Nebenbedingungen. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Pumpenanordnung stets in einem zulässigen Betriebsbereich betrieben wird. Die Steuereinrichtung kann beispielsweise prüfen, ob sie einen zulässigen Ansteuerzustand der Pumpenanordnung ermitteln kann, bei dem die Pumpenanordnung zum einen den geforderten Gesamtstrom fördert und zum anderen in der Sammelleitung den größten der ermittelten individuellen Arbeitsdrücke bewirkt. Wenn dies der Fall ist, kann dieser Arbeitsdruck oder ein direkt aus diesem Arbeitsdruck abgeleiteter Wert als endgültiger Arbeitsdruck verwendet werden. Wenn dies nicht der Fall ist, kann die Steuereinrichtung den Arbeitsdruck, ausgehend vom vorläufigen Arbeitsdruck schrittweise erhöhen, bis ein zulässiger Ansteuerzustand der Pumpenanordnung aufgefunden wird.

[0019] Vorzugsweise berücksichtigt die Steuereinrichtung im Rahmen der Ermittlung des vorläufigen Ansteuerzustands auf die Regelventile bezogene Nebenbedingungen. Die Steuereinrichtung kann beispielsweise für einen zulässigen Ansteuerzustand der Pumpenanordnung, der zum einen den geforderten Gesamtstrom fördert und zum anderen in der Sammelleitung einen Arbeitsdruck bewirkt, der mindestens so groß ist wie der größte der individuellen Arbeitsdrücke ist, die zugehörigen Ansteuerwerte der Regelventile ermitteln und prüfen, ob und gegebenenfalls in welchem Umfang unerwünschte Zustände auftreten. Ist dies der Fall, können entweder die unerwünschten Zustände in Kauf genommen werden oder der Ansteuerzustand der Pumpenanordnung angepasst werden. Welche Maßnahme ergriffen wird, kann je nach Lage des Einzelfalls entschieden werden.

[0020] Vorzugsweise berücksichtigt die Steuereinrichtung im Rahmen der Ermittlung des endgültigen Ansteuerzustands der Pumpenanordnung zusätzlich mindestens einen vorherigen endgültigen Ansteuerzustand der Pumpenanordnung und/oder mindestens einen zukünftig erwarteten vorläufigen Ansteuerzustand der Pumpenanordnung. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung eine modellprädiktive Ermittlung des vorläufigen Ansteuerzustands vornehmen. Auch kann die Steuereinrichtung beispielsweise ein Optimierungsproblem ansetzen, in das zum einen die erfindungsgemäße Minimierung des vorläufigen Arbeitsdruckes eingeht und zum anderen weitere Sachverhalte eingehen. Beispiele derartiger Sachverhalte sind eine Änderung des vorläufigen oder des endgültigen Arbeitsdruckes und eine Änderung des Ansteuerzustands der Pumpenanordnung.

[0021] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Computerprogramms, dass die Steuereinrichtung die Kühleinrichtung gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0022] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Computerprogramm programmiert, so dass die Steuereinrichtung die Kühleinrichtung gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0023] Die Aufgabe wird durch eine Kühleinrichtung zum Kühlen von heißem Walzgut aus Metall mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. Erfindungsgemäß weist eine Kühleinrichtung der eingangs genannten Art eine erfindungsgemäße Steuereinrichtung auf, welche die Kühleinrichtung gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] 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 eine Walzlinie mit einer Kühleinrichtung,
FIG 2 eine Kennlinie eines Regelventils,
FIG 3 ein Ablaufdiagramm,
FIG 4 eine Kennlinie einer Pumpe,
FIG 5 ein Ablaufdiagramm,

FIG 6 eine Pumpenanordnung,
FIG 7 ein Ablaufdiagramm und
FIG 8 ein Ablaufdiagramm.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0025] Gemäß FIG 1 weist eine Walzlinie mindestens ein Walzgerüst 1 auf. Dargestellt ist in FIG 1 nur ein einziges Walzgerüst 1. In vielen Fällen sind aber mehrere hintereinander angeordnete Walzgerüste 1 vorhanden, so dass die Walzlinie als Walzstraße ausgebildet ist. In der Walzlinie wird ein heißes Walzgut 2 gewalzt, d.h. in seinem Querschnitt reduziert. Das Walzgut 2 kann beispielsweise aus Stahl oder Aluminium bestehen. Es kann aber auch aus einem anderen Metall bestehen, beispielsweise Messing oder Kupfer. Das Walzgut 2 kann ein flaches Walzgut sein, beispielsweise ein Band oder ein Grobblech. Es kann aber auch eine andere Form aufweisen, beispielsweise stabförmig oder als Profil oder als Rohr ausgebildet sein.

[0026] Die Walzlinie weist weiterhin eine Kühleinrichtung 3 auf. Die Kühleinrichtung 3 ist entsprechend der Darstellung in FIG 1 dem Walzgerüst 1 nachgeordnet. Dies ist aber nicht zwingend erforderlich. Die Kühleinrichtung 3 könnte ebenso dem Walzgerüst 1 vorgeordnet sein, beispielsweise in Form einer sogenannten Zwischengerüstkühlung zwischen den Fertiggerüsten einer mehrgerüstigen Fertigstraße angeordnet sein oder in Form einer Vorbandkühlung zwischen dem ersten Fertiggerüst einer mehrgerüstigen Fertigstraße und einem Vorgerüst angeordnet sein. Auch andere Anordnungen sind möglich.

[0027] Die Kühleinrichtung 3 weist eine Sammelleitung 4 auf. In die Sammelleitung 4 wird über eine Pumpenanordnung 5 ein flüssiges Kühlmittel 6 eingespeist. Beispielsweise kann die Pumpenanordnung 5 zu diesem Zweck eingangsseitig mit einem Reservoir 7 verbunden sein. Es sind aber auch andere Ausgestaltungen möglich, beispielsweise eine direkte Versorgung der Pumpenanordnung 5 über ein Wasserverteilungsnetz. Die Pumpenanordnung 5 kann entsprechend der Darstellung in FIG 1 mehrere Pumpen 8 aufweisen. Die Pumpen 8 sind in der Ausgestaltung gemäß FIG 1 einander parallel geschaltet. Die Pumpen 8 könnten aber auch in Serie hintereinander angeordnet sein. Auch Kombinationen dieser Vorgehensweise sind möglich, beispielsweise drei Stränge, in denen je zwei Pumpen 8 in Serie hintereinander angeordnet sind. Es ist auch möglich, dass nur eine einzige Pumpe 8 vorhanden ist. Das Kühlmittel 6 ist meist Wasser oder besteht zumindest im wesentlichen (98 % und mehr) aus Wasser.

[0028] Von der Sammelleitung 4 gehen Stichleitungen 9a bis 9d zu Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d ab. Die Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d sind also über die Stichleitungen 9a bis 9d mit der Sammelleitung 4 verbunden. Mittels der Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d wird das Kühlmittel 6 auf das Walzgut 2 aufgebracht. Die Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d können beispielsweise als sogenannte Kühlbalken oder Spritzbalken ausgebildet sein.

[0029] Die Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d sind entsprechend der Darstellung in FIG 1 oberhalb des Walzguts 2 angeordnet und bringen demzufolge das Kühlmittel 6 von oben auf das Walzgut 2 auf. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Die Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d könnten ebenso unterhalb des Walzguts 2 angeordnet sein oder an anderer Stelle angeordnet sein. Auch ist es möglich, dass die Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d das Kühlmittel 6 von verschiedenen Seiten auf das Walzgut 2 aufbringen. Auch ist es möglich, dass nicht alle Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d das Kühlmittel 6 auf das Walzgut 2 aufbringen, sondern mindestens eine - wenn, dann meist eine oder zwei - der Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d das Kühlmittel 6 nicht auf das Walzgut 2 aufbringt. Entsprechende Ausgestaltungen und die Gründe hierfür sind beispielsweise in der bereits genannten WO 2019/115 145 A1 erläutert.

[0030] Weiterhin sind in FIG 1 insgesamt vier Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d dargestellt. In Verbindung mit dieser Anzahl an Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d wird die vorliegende Erfindung erläutert. Die Anzahl an Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d könnte aber auch größer oder kleiner sein. Sie muss lediglich größer als 1 sein. Minimal sind also zwei Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d vorhanden, die über zwei Stichleitungen 9a bis 9d mit der Sammelleitung 4 verbunden sind, wobei in jeder der Stichleitungen 9a bis 9d je ein Regelventil 11a bis 11d angeordnet ist.

[0031] In den Stichleitungen 9a bis 9d sind Regelventile 11a bis 11d angeordnet. Die Regelventile 11a bis 11d können beispielsweise als Kugelventile ausgebildet sein. Unabhängig von ihrer konkreten Ausgestaltung können die Regelventile 11a bis 11d jedoch kontinuierlich verstellt werden. Der Begriff "kontinuierlich verstellen" wird nachstehend anhand der Darstellung in FIG 2 für das Regelventil 11a erläutert. Für die anderen Regelventile 11b bis 11d gelten analoge Ausführungen.

[0032] Gemäß FIG 2 wird das Regelventil 11a mit einem Ansteuerwert Aa angesteuert. Der Ansteuerwert Aa liegt zwischen einem minimalen Ansteuerwert Amin und einem maximalen Ansteuerwert Amax. Der Ansteuerwert Aa kann kontinuierlich oder zumindest in mehreren Stufen variiert werden. Der Ansteuerwert Aa kann also - gegebenenfalls im Rahmen einer Einstellgenauigkeit - mehrere mögliche Werte zwischen dem minimalen Ansteuerwert Amin und dem maximalen Ansteuerwert Amax annehmen. Beispielsweise bei einem Kugelventil können der minimale Ansteuerwert Amin und der maximale Ansteuerwert Amax bei 0° und 90° liegen und kann der Ansteuerwert Aa in Schritten von beispielsweise 0,1° oder 0,2° zwischen diesen beiden extremen Werten Amin, Amax eingestellt werden.

[0033] Bei einem Referenzdruck pR, der eingangsseitig des Regelventils 11a ansteht, strömt je nach Ansteuerwert

Aa ein entsprechender Referenzkühlmittelstrom KR durch das Regelventil 11a und damit durch die entsprechende Stichleitung 9a. Aufgrund der Möglichkeit zum kontinuierlichen Verstellen des Regelventils 11a durchläuft auch der Referenzkühlmittelstrom KR ein entsprechendes Wertekontinuum zwischen einem Minimalwert KRmin (meist 0) und einem Maximalwert KRmax (der selbstverständlich größer als der Minimalwert KRmin ist). Der Referenzkühlmittelstrom KR dividiert durch den Maximalwert KRmax entspricht einer Aussteuerung ka des Regelventils 11a. Die Aussteuerung ka weist maximal den Wert 1 und üblicherweise minimal den Wert 0 auf.

[0034] Der funktionale Zusammenhang des Referenzkühlmittelstroms KR (oder hiermit äquivalent der Aussteuerung ka) als Funktion des Ansteuerwertes Aa entspricht einer Kennlinie für das Regelventil 11a. Die Kennlinie ist entsprechend der Darstellung in FIG 2 oftmals nichtlinear. Üblicherweise besteht jedoch ein streng monotoner Zusammenhang zwischen dem Ansteuerwert Aa einerseits und dem Referenzkühlmittelstrom KR bzw. der Aussteuerung ka. Wie Fachleuten weiterhin bekannt ist, kann bei gegebenem Ansteuerwert Aa der tatsächliche Kühlmittelstrom Ka - also die Menge an tatsächlich das Regelventil 11a durchströmendem Kühlmittel 6 - ohne weiteres ermittelt werden, sofern der eingangsseitig des Regelventils 11a anstehende Arbeitsdruck pA bekannt ist. Insbesondere muss der Wert, der sich anhand der Kennlinie selbst ergibt, lediglich mit der Wurzel des Quotienten von Arbeitsdruck pA und Referenzdruck pR skaliert werden. Der Arbeitsdruck pA und der Referenzdruck pR müssen gegebenenfalls noch um einen Offset korrigiert werden. Bei gegebener Aussteuerung ka und bekanntem maximalem Referenzkühlmittelstrom KRmax und bekanntem Arbeitsdruck pA ergibt sich somit der Kühlmittelstrom Ka zu

$$Ka = \sqrt{\frac{pA - \rho \cdot g \cdot ha}{pR - \rho \cdot g \cdot ha}} \cdot ka \cdot KR\max \qquad (1)$$

[0035] p ist die Dichte des Kühlmittels 6, g die Erdbeschleunigung. ha ist die Höhe des Ventilauslasses (bzw. der Aufbringeinrichtung 10a) relativ zu einem für die Aufbringeinrichtungen 10a bis 10d einheitlichen Referenzniveau. hA kann - je nach Anordnung des Ventilauslasses relativ zu dem Referenzniveau größer oder kleiner als 0 sein. Das Referenzniveau kann nach Bedarf gewählt werden. Es kann beispielsweise mit dem Niveau eines Rollgangs übereinstimmen, mittels dessen das Walzgut 2 durch die Kühleinrichtung 3 gefördert wird. Der zugehörige Ansteuerwert Aa ergibt sich nach Ermittlung der Aussteuerung ka direkt aus der Kennlinie.

[0036] Die Kühleinrichtung 3 weist weiterhin eine Steuereinrichtung 12 auf, welche die Kühleinrichtung 3 steuert und betreibt. Die Steuereinrichtung 12 ist in der Regel als softwareprogrammierbare Einrichtung ausgebildet. Dies ist in FIG 1 dadurch angedeutet, dass innerhalb der Steuereinrichtung 12 das Symbol "μP" für Mikroprozessor eingezeichnet ist. Die Steuereinrichtung 12 ist mit einem Computerprogramm 13 programmiert. Das Computerprogramm 13 umfasst Maschinencode 14, der von der Steuereinrichtung 12 abarbeitbar ist. Aufgrund der Programmierung mit dem Computerprogramm 13 bzw. der Abarbeitung des Maschinencodes 14 betreibt die Steuereinrichtung 12 die Kühleinrichtung 3 gemäß einem Betriebsverfahren, das nachstehend in Verbindung mit FIG 3 näher erläutert wird.

[0037] In einem Schritt S1 werden der Steuereinrichtung 12 Sollströme Ka* bis Kd* bekannt. Die Sollströme Ka* bis Kd* geben - beispielsweise in Liter pro Sekunde - die Mengen an Kühlmittel 6 an, die der jeweiligen Aufbringeinrichtung 10a bis 10d zugeführt und von der jeweiligen Aufbringeinrichtung 10a bis 10d abgegeben werden sollen, insbesondere auf das Walzgut 2 aufgebracht werden sollen. Beispielsweise können die Sollströme Ka* bis Kd* der Steuereinrichtung 12 von außen vorgegeben werden oder von der Steuereinrichtung 12 anhand anderer Gegebenheiten eigenständig ermittelt werden. Entsprechende Vorgehensweisen sind Fachleuten allgemein bekannt.

[0038] In einem Schritt S2 ermittelt die Steuereinrichtung 12 für einen Grenzaussteuerwert kLim des Regelventils 11a einen individuellen Arbeitsdruck pAa. Der Grenzaussteuerwert kLim ist der Steuereinrichtung 12 vorgegeben. Es kann sich bei dem Grenzaussteuerwert kLim um die Maximalaussteuerung des Regelventils 11a handeln. In vielen Fällen ist es jedoch von Vorteil, wenn es sich entsprechend der Darstellung in FIG 2 um einen Wert handelt, der zwar in der Nähe, aber unterhalb der Maximalaussteuerung des Regelventils 11a liegt. In diesem Fall sollte der Grenzaussteuerwert kLim bei mindestens 80 % liegen, vorzugsweise bei mindestens 90 % besonders bevorzugt bei mindestens 95 %. Ein Wert von 98 % sollte jedoch in der Regel nicht überschritten werden. Die Grenzaussteuerung kLim entspricht also einem hohen Prozentsatz der Maximalaussteuerung des Regelventils 11a. Der guten Ordnung halber sei klargestellt, dass der Grenzaussteuerwert kLim sich auf die Aussteuerung ka des Regelventils 11a bezieht, nicht auf die Ansteuerung Aa des Regelventils 11a.

[0039] Die Steuereinrichtung 12 ermittelt den individuellen Arbeitsdruck pAa derart, dass bei dem Arbeitsdruck pAa und der Grenzaussteuerung kLim des Regelventils 11a in der Stichleitungen 9a der gewünschte Sollstrom Ka* fließt. Die Steuereinrichtung 12 ermittelt den Arbeitsdruck pAa beispielsweise gemäß der Gleichung

$$pAa = \left(\frac{Ka*}{kLim \cdot KR\max} \right)^2 \cdot (pR - \rho \cdot g \cdot ha) + \rho \cdot g \cdot ha \qquad (2)$$

[0040] In einem Schritt S3 ermittelt die Steuereinrichtung 12 auf völlig analoge Weise für die anderen Regelventile 11b bis 11d individuelle Arbeitsdrücke pAb bis pAd. Die Grenzaussteuerungen kLim, der maximale Referenzkühlmittelstrom KRmax und der Referenzdruck pR der anderen Regelventile 11b bis 11d können dieselben Werte aufweisen wie die Grenzaussteuerung kLim, der maximale Referenzkühlmittelstrom KRmax und der Referenzdruck pR des Regelventils 11a. Alternativ kann es sich um andere Werte handeln, die gegebenenfalls auch innerhalb der anderen Regelventile 11b bis 11d von Regelventil 11b bis 11d zu Regelventil 11b bis 11d variieren können. In jedem Fall aber ermittelt die Steuereinrichtung 12 die individuellen Arbeitsdrücke pAb bis pAd der anderen Regelventile 11b bis 11d unabhängig voneinander und auch unabhängig vom individuellen Arbeitsdruck pAa des Regelventils 11a.

[0041] In einem Schritt S4 ermittelt die Steuereinrichtung 12 sodann einen Ansteuerzustand Z der Pumpenanordnung 5. Der Ansteuerzustand Z ist derart bestimmt, dass die Pumpenanordnung 5 - sofern sie gemäß dem Ansteuerzustand Z betrieben wird - einen Gesamtstrom K fördert, der der Summe der Sollströme Ka* bis Kd* entspricht. Aufgrund der Förderung des Gesamtstroms K wird der Sammelleitung 4 mittels der Pumpenanordnung 5 auch der Gesamtstrom K an Kühlmittel 6 zugeführt. Gleichzeitig ist der Ansteuerzustand Z derart bestimmt, dass in der Sammelleitung 4 ein Arbeitsdruck pAv herrscht, der mindestens so groß wie der größte der individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd ist. Sowohl der Ansteuerzustand Z als auch der Arbeitsdruck pAv sind jedoch nur vorläufig. Der Ansteuerzustand Z umfasst zumindest für jede Pumpe 8 der Pumpenanordnung 5 die erforderliche Drehzahl n.

[0042] Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass die Ansteuerung der Pumpenanordnung 5 kontinuierlich oder zumindest in mehreren Stufen veränderbar ist. Es ist also nicht nur ein Umschalten zwischen zwei oder drei festen, diskreten Ansteuerzuständen Z möglich, sondern die möglichen Ansteuerzustände Z bilden ein Kontinuum oder ein Quasi-Kontinuum. Wenn - rein beispielhaft - eine der Pumpen 8 zwischen einer minimalen Drehzahl nmin von 100 Umdrehungen/min und einer maximalen Drehzahl nmax von 800 Umdrehungen/min betreibbar ist, kann die Drehzahl n auch auf Zwischenwerte zwischen 100 Umdrehungen/min und 800 Umdrehungen/min eingestellt werden, beispielsweise im Falle einer stufenlosen Einstellbarkeit 150 Umdrehungen/min, 227 Umdrehungen/min oder 593 Umdrehungen/min und im Falle einer Einstellbarkeit in Stufen auf mindestens 10 verschiedene Stufen von beispielsweise 100, 150, 200, 250 usw. bis zu 800 Umdrehungen/min. Die genannten Zahlenwerte sind natürlich nur beispielhaft zu verstehen.

[0043] Es ist möglich, dass die Steuereinrichtung 12 im Rahmen des Schrittes S4 nur den von der Pumpenanordnung 5 statisch zu generierenden Druck berücksichtigt. Es ist also möglich, dass die Steuereinrichtung 12 im Rahmen des Schrittes S4 annimmt, dass der ausgangsseitig der Pumpenanordnung 8 generierte Druck mit dem Druck eingangsseitig der Regelventile 11a bis 11d übereinstimmt. Es ist jedoch ebenso möglich, dass die Steuereinrichtung 12 zusätzliche Sachverhalte berücksichtigt. Ein Beispiel eines derartigen Sachverhalts sind zeitliche Änderungen der Sollströme Ka* bis Kd* und damit verbundene zeitliche Änderungen des Gesamtstroms K und hiermit verbundene Beschleunigungen von Wassermengen. Ein weiteres Beispiel eines derartigen Sachverhalts ist ein Strömungswiderstand zwischen der Pumpenanordnung 5 und der Sammelleitung 4 oder in der Sammelleitung 4, aufgrund dessen der eingangsseitig der Regelventile 11a bis 11d generierte Druck stets kleiner als der von der Pumpenanordnung 8 generierte Druck ist. Für beide Sachverhalte finden sich entsprechende Möglichkeiten zur Berücksichtigung in der bereits genannten WO 2019/115 145 A1. Ein etwaiger Höhenunterschied zwischen der Pumpenanordnung 8 einerseits und der Sammelleitung 4 bzw. dem Referenzniveau der Sammelleitung 4 andererseits kann weiterhin durch einen konstanten Offset berücksichtigt werden.

[0044] Im einfachsten Fall, in dem nur eine einzige Pumpe 8 vorhanden ist, kann die Steuereinrichtung 12 zur Ermittlung von deren Drehzahl n beispielsweise auf ein Kennlinienfeld zugreifen, in dem entsprechend der Darstellung in FIG 4 für die Pumpe 8 hinterlegt ist, welche Drehzahl n der Pumpe 8 erforderlich ist, um bei einem bestimmten Gesamtstrom K eine bestimmte Druckerhöhung δp zu bewirken. In Verbindung mit einem eingangsseitig der Pumpenanordnung 5 herrschenden Saugdruck pS kann somit ohne weiteres die erforderliche Druckerhöhung $\delta p = pS - pAv$ ermittelt werden. Der Saugdruck pS kann der Steuereinrichtung 12 aufgrund einer Messung oder anderweitig bekannt sein.

[0045] In vielen Fällen wird der für den größten der individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd ermittelte Ansteuerzustand bereits selbst ein zulässiger Ansteuerzustand der Pumpenanordnung 5 sein. In diesem Fall kann dieser Ansteuerzustand direkt als vorläufiger Ansteuerzustand Z übernommen werden. Auf andere Möglichkeiten und Ausgestaltungen wird später noch eingegangen.

[0046] In einem Schritt S5 ermittelt die Steuereinrichtung 12 sodann einen Ansteuerzustand Z' der Pumpenanordnung 5. Der Ansteuerzustand Z' ist - im Gegensatz zum Ansteuerzustand Z - endgültig. Die Steuereinrichtung 12 ermittelt den endgültigen Ansteuerzustand Z' der Pumpenanordnung 5 unter Verwertung des vorläufigen Ansteuerzustands Z der Pumpenanordnung 5. Die Ermittlung des Schrittes S5 ist derart, dass der Sammelleitung 4 mittels der Pumpenanordnung 5 der Gesamtstrom K an Kühlmittel 6 zugeführt wird. Gleichzeitig herrscht - eine Ansteuerung der Pumpena-

nordnung 5 entsprechend des endgültigen Ansteuerzustand Z' vorausgesetzt - in der Sammelleitung 4 ein endgültiger Arbeitsdruck pAe. Im einfachsten Fall übernimmt die Steuereinrichtung 12 direkt und unmittelbar den vorläufigen Ansteuerzustand Z als endgültigen Ansteuerzustand Z'. Auch ist es möglich, den vorläufigen Arbeitsdruck pAv um einen geringen additiven Offset zu erhöhen oder mit einem Faktor geringfügig größer als 1 zu multiplizieren und dadurch den endgültigen Arbeitsdruck pAe zu ermitteln. Diese Vorgehensweisen sind in ihrer Wirkung ähnlich zu einer Verwendung von Grenzaussteuerwerten kLim geringfügig unterhalb von 1. Auf andere Möglichkeiten und Ausgestaltungen zur Ermittlung des endgültigen Arbeitsdrucks pAe wird später noch eingegangen.

[0047] Der endgültige Ansteuerzustand Z' bewirkt, sofern mittels der Pumpenanordnung 8 der gewünschte Gesamtstrom K in die Sammelleitung 4 gefördert wird, in der Sammelleitung 4 den endgültigen Arbeitsdruck pAe. Die Steuereinrichtung 12 ermittelt daher in einem Schritt S6 unter Verwertung des endgültigen Arbeitsdrucks pAe die Ansteuerwerte Aa bis Ad der Regelventile 11a bis 11d. Die Ermittlung erfolgt derart, dass in der jeweiligen Stichleitung 9a bis 9d der jeweilige Sollstrom Ka* bis Kd* fließt.

[0048] Im Rahmen der Ermittlung des Schrittes S6 setzt die Steuereinrichtung 12 voraus, dass in der Sammelleitung 4 der endgültige Arbeitsdruck pAe herrscht. Beispielsweise für das Regelventil 11a ergibt sich somit die Aussteuerung ka zu

$$ka = \sqrt{\frac{pR - \rho \cdot g \cdot ha}{pAe - \rho \cdot g \cdot ha}} \cdot \frac{Ka}{KR\max} \qquad (3)$$

[0049] Für die anderen Regelventile 11b bis 11b gelten analoge Sachverhalte. Anhand der nunmehr bekannten Aussteuerungen ka bis kd der Regelventile 11a bis 11d können somit unter Verwertung der zugehörigen Kennlinien die erforderlichen Ansteuerwerte Aa bis Ad der Regelventile 11a bis 11d ermittelt werden.

[0050] In einem Schritt S7 steuert die Steuereinrichtung 12 die Pumpenanordnung 5 und die Regelventile 11a bis 11d an. Die Ansteuerung der Pumpenanordnung 5 erfolgt entsprechend des endgültigen Ansteuerzustands Z'. Die Ansteuerung der Regelventile 11a bis 11d erfolgt entsprechend der Ansteuerwerte Aa bis Ad.

[0051] Mit der Ausführung des Schrittes S7 ist das erfindungsgemäße Betriebsverfahren ausgeführt. In aller Regel geht die Steuereinrichtung 12 jedoch nach der Ausführung des Schrittes S7 wieder zum Schritt S1 zurück. Die Steuereinrichtung 12 führt die Abfolge der Schritte S1 bis S7 wird also iterativ immer wieder aus. In der Regel erfolgt die Ausführung mit einer festen Zykluszeit. Die feste Zykluszeit liegt in der Regel zwischen 0,1 s und 1,0 s, meist zwischen 0,2 s und 0,5 s, beispielsweise bei ca. 0,3 s.

[0052] Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 5 eine mögliche Ausgestaltung des Schrittes S4 von FIG 3 erläutert, also eine mögliche Art und Weise der Ermittlung des vorläufigen Ansteuerzustands Z. Der Schritt S4 von FIG 3 ist im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 5 in Schritte S11 bis S14 unterteilt.

[0053] Im Schritt S11 ermittelt die Steuereinrichtung 12 den Betriebszustand der Pumpenanordnung 5, der erforderlich ist, um den Gesamtstrom K zu fördern und gleichzeitig die erforderliche Druckerhöhung δp vom Saugdruck pS auf den größten der ermittelten individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd zu bewirken. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 12 bei nur einer Pumpe 8 die entsprechende Drehzahl n der Pumpe 8 ermitteln.

[0054] Im Schritt S12 prüft die Steuereinrichtung 12, ob der ermittelte vorläufige Zustand Z zulässig ist, beispielsweise die ermittelte Drehzahl n im zulässigen Drehzahlbereich der Pumpe 8 liegt, der Arbeitspunkt der Pumpe 8 also innerhalb des in FIG 4 unschraffierten Bereichs liegt. Die Prüfung impliziert also die Prüfung auf Einhalten einer auf die Pumpenanordnung 5 bezogenen Nebenbedingung.

[0055] Es ist möglich (und sogar der Regelfall), dass die Drehzahl n im zulässigen Drehzahlbereich der Pumpe 8 liegt. Beispielsweise kann durch den Gesamtstrom K und den größten der individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd ein Arbeitspunkt AP1 der Pumpe 8 bestimmt sein, der innerhalb des zulässigen Drehzahlbereichs der Pumpe 8 liegt. Sofern die Drehzahl n im zulässigen Drehzahlbereich der Pumpe 8 liegt, geht die Steuereinrichtung 12 zum Schritt S13 über. Im Schritt S13 ergreift die Steuereinrichtung 12 keine weitergehenden Maßnahmen. Die ermittelte Drehzahl n kann direkt verwendet werden.

[0056] Es ist jedoch ebenso möglich (wenn auch nur selten), dass die Drehzahl n nicht im zulässigen Drehzahlbereich der Pumpe 8 liegt. Beispielsweise kann durch den Gesamtstrom K und den größten der ermittelten individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd ein Arbeitspunkt AP2 oder ein Arbeitspunkt AP3 der Pumpe 8 bestimmt sein. Im Falle des Arbeitspunkts AP2 kann die Pumpe 8 zwar ohne weiteres den größten der ermittelten individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd generieren. Aufgrund des zulässigen Drehzahlbereichs der Pumpe 8 ergibt sich jedoch zwangsweise ein von der Pumpe 8 geförderter Volumenstrom, der größer als der geforderte Gesamtstrom K ist. Im Falle des Arbeitspunkts AP3 ist es umgekehrt. Die Pumpe 8 kann zwar ohne weiteres den geforderten Gesamtstrom K generieren. Aufgrund des zulässigen Drehzahlbereichs der Pumpe 8 ergibt sich jedoch zwangsweise eine von der Pumpe 8 bewirkte Druckerhöhung δp, die größer als minimal erforderlich ist.

[0057] Sofern die Drehzahl n nicht im zulässigen Drehzahlbereich der Pumpe 8 liegt, geht die Steuereinrichtung 12 zum Schritt S14 über. Im Schritt S14 modifiziert die Steuereinrichtung 12 den vorläufigen Ansteuerzustand Z.

[0058] Im Falle des Arbeitspunkts AP2 kann die Steuereinrichtung 12 beispielsweise für ein Kurzschlussventil 15 (siehe FIG 6) einen Öffnungszustand ermitteln. Das Kurzschlussventil 15 ist entsprechend der Darstellung in FIG 6 der Pumpe 8 parallel geschaltet. Es kann als Bestandteil der Pumpenanordnung 5 oder als Regelventil für eine weitere Aufbringeinrichtung angesehen werden. Die Steuereinrichtung 12 bestimmt den Öffnungszustand gegebenenfalls derart, dass über das Kurzschlussventil 15 direkt oder indirekt so viel Kühlmittel 6 zum Reservoir 7 zurückgeführt wird, dass der verbleibende, im Ergebnis der Sammelleitung 4 zugeführte Volumenstrom dem gewünschten Gesamtstrom K entspricht.

[0059] Im Falle des Arbeitspunkts AP3 kann die Steuereinrichtung 12 beispielsweise den vorläufigen Ansteuerzustand Z dahingehend modifizieren, dass zwar nur die Pumpe 8 angesteuert wird (und demzufolge das Kurzschlussventil 15, sofern vorhanden, geschlossen bleibt), bei dem vorläufigen Ansteuerzustand Z jedoch bei dem gewünschten Gesamtstrom K ein vorläufiger Arbeitsdruck pAv generiert wird, der größer als der größte der individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd ist. Vorzugsweise wird der vorläufige Arbeitsdruck pAv in diesem Fall auf das Minimum der möglichen und zulässigen Werte gesetzt.

[0060] Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 7 eine weitere mögliche Ausgestaltung des Schrittes S4 von FIG 3 erläutert. Der Schritt S4 von FIG 3 ist im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 7 in Schritte S21 bis S24 unterteilt. Die Vorgehensweise von FIG 7 kann nach Bedarf mit der Vorgehensweise von FIG 5 kombiniert werden oder unabhängig von ihr realisiert werden. Im Falle einer Kombination kann der Schritt S21 entfallen und werden die Schritte S22 bis S24 nach dem Schritt S13 bzw. S14 ausgeführt.

[0061] Im Schritt S21 ermittelt die Steuereinrichtung 12 - analog zum Schritt S11 von FIG 5 - die Drehzahl n der Pumpe 8, die erforderlich ist, um den Gesamtstrom K zu fördern und gleichzeitig die erforderliche Druckerhöhung δp vom Saugdruck pS auf den größten der ermittelten individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd zu bewirken.

[0062] Im Schritt S22 prüft die Steuereinrichtung 12, ob bei dem sich so ergebenden vorläufigen Arbeitsdruck pAv die Ansteuerungen der Regelventile 11a bis 11d zulässig sind. Die Steuereinrichtung 12 kann beispielsweise prüfen, ob Verstellgeschwindigkeiten, mit denen die Ansteuerwerte Aa bis Ad der Regelventile 11a bis 11b geändert werden, vorbestimmte Grenzen einhalten. Die Prüfung impliziert also die Prüfung auf Einhalten von auf die Regelventile bezogene Nebenbedingungen.

[0063] Es ist möglich (und sogar der Regelfall), dass die Nebenbedingungen erfüllt sind. In diesem Fall geht die Steuereinrichtung 12 zum Schritt S23 über. Im Schritt S23 ergreift die Steuereinrichtung 12 keine weitergehenden Maßnahmen. Die ermittelte Drehzahl n kann direkt verwendet werden.

[0064] Es ist jedoch ebenso möglich (wenn auch nur selten), dass die Nebenbedingungen nicht erfüllt sind, beispielsweise zu hohe Verstellgeschwindigkeiten auftreten. In diesem Fall geht die Steuereinrichtung 12 zum Schritt S24 über. Im Schritt S24 kann die Steuereinrichtung 12 - je nach Lage des Einzelfalls - entweder die Überschreitung der vorbestimmten Grenzen in Kauf nehmen oder den vorläufigen Ansteuerzustand Z der Pumpenanordnung 5 anpassen. Insbesondere kann unter Umständen durch eine Erhöhung des vorläufigen Arbeitsdruckes pAv bewirkt werden, dass aufgrund der hiermit korrespondierenden Änderungen der Ansteuerungen der Regelventile 11a bis 11d die vorbestimmten Grenzen nicht mehr oder zumindest nur noch in geringerem Umfang überschritten werden.

[0065] Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 8 eine mögliche Ausgestaltung des Schrittes S5 von FIG 3 erläutert, also eine mögliche Art und Weise der Ermittlung des endgültigen Ansteuerzustands Z unter Verwertung des vorläufigen Ansteuerzustands Z der Pumpenanordnung 5. Der Schritt S5 von FIG 3 ist im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 8 durch einen Schritt S41 ersetzt. Im Schritt S41 berücksichtigt die Steuereinrichtung 12 - zusätzlich zum aktuell im Schritt S4 ermittelten vorläufigen Ansteuerzustand Z mindestens einen weiteren Ansteuerzustand. Beispielsweise kann es sich um den unmittelbar vorherigen endgültigen Ansteuerzustand Z' oder um mehrere vorhergehende endgültige Ansteuerzustand Z' handeln. Beispielsweise können durch eine Tiefpassfilterung oder ähnliche Maßnahmen abrupte Änderungen des endgültigen Ansteuerzustands Z' vermieden werden.

[0066] Ebenso ist es möglich, dass die Sollströme Ka* bis Kd* modellprädiktiv innerhalb eines Prognosehorizonts von mehreren Zykluszeiten - beispielsweise fünf, acht oder zehn Zykluszeiten - prognostiziert werden und so auch für den Prognosehorizont zukünftig erwartete vorläufige Ansteuerzustände Z der Pumpenanordnung 5 ermittelt werden können. In diesem Fall können in die Ermittlung des aktuellen endgültigen Ansteuerzustands Z' zusätzlich auch die zukünftig erwarteten vorläufigen Ansteuerzustände Z der Pumpenanordnung 5 eingehen.

[0067] Im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 8 ist es möglich, dass sich ein endgültiger Arbeitsdruck pAe ergibt, der kleiner (wenn auch in der Regel nur geringfügig kleiner) als der größte der individuellen Arbeitsdrücke pAa bis pAd der Schritte S2 und S3 ist. Insbesondere im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 8 ist es daher von Vorteil, wenn die Grenzaussteuerwerte kLim der Regelventile 11a bis 11d kleiner als deren maximal mögliche Aussteuerungen sind und/oder vor der Berücksichtigung weiterer Ansteuerzustände zunächst die Addition eines kleinen Offsets auf den vorläufigen Arbeitsdruck pAv oder eine Skalierung des vorläufigen Arbeitsdrucks pAv mit einem Faktor geringfügig größer als 1 erfolgt.

[0068] Die vorliegende Erfindung wurde obenstehend in Verbindung mit Ausgestaltungen erläutert, bei denen die Pumpenanordnung 5 nur eine einzige Pumpe 8 aufweist. Es sind jedoch ohne weiteres auch Ausgestaltungen möglich, bei denen die Pumpenanordnung 5 mehrere Pumpen 8 aufweist. In diesem Fall müssen die Pumpen 8 derart angesteuert werden, dass alle Pumpen 8 entweder völlig gesperrt sind, so dass sie so behandelt werden können, als wenn sie nicht vorhanden wären, oder den gleichen vorläufigen Arbeitsdruck pAv und den gleichen endgültigen Arbeitsdruck pAe generieren. Bezüglich der Aufteilung des Gesamtstroms K auf die einzelnen Pumpen 8 besteht jedoch ein Freiheitsgrad. Zur Auflösung dieses Freiheitsgrades ist es beispielsweise möglich, den Gesamtstrom K gleichmäßig oder proportional zur Kapazität der Pumpen 8 auf die Pumpen 8 zu verteilen. Alternativ ist es möglich, immer nur die minimal mögliche Anzahl an Pumpen 8 aktiv zu betreiben. In diesem Fall erfolgt die Speisung der Sammelleitung 4 nach Möglichkeit mit einer einzigen Pumpe 8. Die nächste Pumpe 8 wird erst dann zugeschaltet, wenn die zuvor betriebene Pumpe 8 nicht mehr in der Lage ist, den geforderten Gesamtstrom K bei dem geforderten vorläufigen Arbeitsdruck pAv oder dem geforderten endgültigen Arbeitsdruck pAe zu fördern. In analoger Weise wird die jeweils nächste Pumpe 8 erst dann zugeschaltet, wenn die zuvor betriebenen Pumpen 8 nicht mehr in der Lage sind, den geforderten Gesamtstrom K bei dem geforderten vorläufigen Arbeitsdruck pAv oder dem geforderten endgültigen Arbeitsdruck pAe zu fördern.

[0069] Die vorliegende Erfindung wurde obenstehend weiterhin bezüglich einer einzigen Kühleinrichtung 3 erläutert. Es ist jedoch ohne weiteres möglich, dass weitere Kühleinrichtungen 3 vorhanden sind. Die weiteren Kühleinrichtungen 3 können in diesem Fall nach Bedarf von der Steuereinrichtung 12 oder von einer anderen Steuereinrichtung gesteuert werden. Im Falle einer Steuerung durch die Steuereinrichtung 12 können die Kühleinrichtungen 3 unabhängig voneinander betrieben werden.

[0070] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere ergibt sich ein sehr geringer Energieverbrauch. Im Vergleich zu einem Betrieb der Kühleinrichtung 3 mit einem konstanten endgültigen Arbeitsdruck pAe ergeben sich Einsparungen von mindestens 25 % und manchmal von weit über 80 %. Sogar gegenüber Vorgehensweisen, bei denen der endgültige Arbeitsdruck pAe bei jedem Walzgut 2 individuell angepasst wird und nur während der Kühlung des jeweiligen Walzguts 2 konstant beibehalten wird, ergibt sich immer noch eine deutliche Energieeinsparung. Theoretisch ist zwar denkbar, dass die Absenkung des endgültigen Arbeitsdrucks pAe zu einer so großen Verschlechterung des Wirkungsgrades der Pumpenanordnung 5 führt, dass der Energieverbrauch ansteigt. In der Praxis kommt dies aber nicht vor. Weiterhin werden sowohl die Mechanik der Regelventile 11a bis 11d als auch die Mechanik der Pumpenanordnung 5 geschont. Denn in der Regel ist es für die Regelventile 11a bis 11d von Vorteil, wenn sie möglichst weit geöffnet betrieben werden. Ebenso ist es für die Pumpenanordnung 5 von Vorteil, wenn sie mit möglichst kleiner Drehzahl betrieben wird. Für die Kühlung des Walzguts 2 als solche ergeben sich hingegen keine nachteiligen Auswirkungen.

[0071] 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 Varianten können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0072]

1	Walzgerüst
2	Walzgut
3	Kühleinrichtung
4	Sammelleitung
5	Pumpenanordnung
6	Kühlmittel
7	Reservoir
8	Pumpen
9a bis 9d	Stichleitungen
10a bis 10d	Aufbringeinrichtungen
11a bis 11d	Regelventile
12	Steuereinrichtung
13	Computerprogramm
14	Maschinencode
15	Kurzschlussventil

Aa bis Ad	Ansteuerwerte
Amax	maximaler Ansteuerwert
Amin	minimaler Ansteuerwert
AP1 bis AP3	Arbeitspunkte

K	Gesamtstrom
ka bis kd	Aussteuerungen
Ka bis Kd	Kühlmittelströme
Ka* bis Kd*	Sollströme
kLim	Grenzaussteuerwert
KR	Referenzkühlmittelstrom
KRmax	maximaler Referenzkühlmittelstrom
KRmin	minimaler Referenzkühlmittelstrom
n	Drehzahl
nmax	maximale Drehzahl
nmin	minimale Drehzahl
pA, pAv, pAe	Arbeitsdrücke
pAa bis pAd	individuelle Arbeitsdrücke
pR	Referenzdruck
pS	Saugdruck
S1 bis S41	Schritte
Z, Z'	Ansteuerzustände

δp Druckerhöhung

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine Kühleinrichtung (3) zum Kühlen eines heißen Walzguts (2) aus Metall,

- wobei die Kühleinrichtung (3) eine Sammelleitung (4) aufweist, in die über eine Pumpenanordnung (5) ein flüssiges Kühlmittel (6) eingespeist wird und von der eine Mehrzahl an Stichleitungen (9a bis 9d) zu Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) abgeht,
- wobei die Pumpenanordnung (5) eine Anzahl an Pumpen (8) aufweist, in den Stichleitungen (9a bis 9d) jeweils ein Regelventil (11a bis 11d) angeordnet ist und mittels zumindest eines Teils der Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) das Kühlmittel (6) auf das Walzgut (2) aufgebracht wird,
- wobei einer Steuereinrichtung (12) der Kühleinrichtung (3) Sollströme (Ka* bis Kd*) bekannt werden, die den Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) zugeführt werden sollen,
- wobei die Steuereinrichtung (12) die Pumpenanordnung (5) entsprechend einem endgültigen Ansteuerzustand (Z') und die Regelventile (11a bis 11d) entsprechend Ansteuerwerten (Aa bis Ad) ansteuert,

dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (12) zum Ermitteln des endgültigen Ansteuerzustands (Z') der Pumpenanordnung (5) und der Ansteuerwerte (Aa bis Ad) der Regelventile (11a bis 11d)

- für die Regelventile (11a bis 11d) für einen jeweiligen Grenzaussteuerwert (kLim) des jeweiligen Regelventils (11a bis 11d) einen jeweiligen individuellen Arbeitsdruck (pAa bis pAd) ermittelt, der in der Sammelleitung (4) herrschen muss, damit in der jeweiligen Stichleitung (9a bis 9d) der jeweilige Sollstrom (Ka* bis Kd*) fließt,
- einen vorläufigen Ansteuerzustand (Z) der Pumpenanordnung (5) ermittelt, so dass der Sammelleitung (4) mittels der Pumpenanordnung (5) ein Gesamtstrom (K) an Kühlmittel (6) zugeführt wird, der der Summe der Sollströme (Ka* bis Kd*) entspricht, und gleichzeitig in der Sammelleitung (4) ein vorläufiger Arbeitsdruck (pAv) herrscht, der mindestens so groß wie der größte der individuellen Arbeitsdrücke (pAa bis pAd) ist,
- den endgültigen Ansteuerzustand (Z') der Pumpenanordnung (5) unter Verwertung des vorläufigen Ansteuerzustands (Z) der Pumpenanordnung (5) derart ermittelt, dass der Sammelleitung (4) mittels der Pumpenanordnung (5) der Gesamtstrom (K) an Kühlmittel (6) zugeführt wird und gleichzeitig in der Sammelleitung (4) ein endgültiger Arbeitsdruck (pAe) herrscht, und
- die Ansteuerwerte (Aa bis Ad) der Regelventile (11a bis 11d) unter Verwendung des endgültigen Arbeitsdrucks (pAe) derart ermittelt, dass in der jeweiligen Stichleitung (9a bis 9d) der jeweilige Sollstrom (Ka* bis Kd*) fließt.

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Grenzaussteuerwerte (kLim) der Regelventile (11a bis 11d) die Maximalaussteuerungen der Regelventile (11a bis 11d) sind oder in der Nähe der Maximalaussteuerungen der Regelventile (11a bis 11d) liegen.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (12) im Rahmen der Ermittlung des vorläufigen Ansteuerzustands (Z) auf die Pumpenanordnung (5) bezogene Nebenbedingungen berücksichtigt.

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (12) im Rahmen der Ermittlung des vorläufigen Ansteuerzustands (Z) auf die Regelventile (11a bis 11d) bezogene Nebenbedingungen berücksichtigt.

5. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (12) im Rahmen der Ermittlung des endgültigen Ansteuerzustands (Z') der Pumpenanordnung (5) zusätzlich mindestens einen vorherigen endgültigen Ansteuerzustand (Z') der Pumpenanordnung (5) und/oder mindestens einen zukünftig erwarteten vorläufigen Ansteuerzustand (Z) der Pumpenanordnung (5) berücksichtigt.

6. Computerprogramm, das Maschinencode (14) umfasst, der von einer Steuereinrichtung (12) einer Kühleinrichtung (3) zum Kühlen eines heißen Walzguts (2) aus Metall abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (14) durch die Steuereinrichtung (12) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (12) die Kühleinrichtung (3) gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.

7. Steuereinrichtung einer Kühleinrichtung (3) zum Kühlen eines heißen Walzguts (2) aus Metall, wobei die Steuereinrichtung mit einem Computerprogramm (13) nach Anspruch 6 programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung die Kühleinrichtung (3) gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 betreibt.

8. Kühleinrichtung zum Kühlen eines heißen Walzguts (2) aus Metall,

- wobei die Kühleinrichtung eine Sammelleitung (4), eine Pumpenanordnung (5) und eine Mehrzahl an Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) aufweist,
- wobei mittels zumindest eines Teils der Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) ein flüssiges Kühlmittel (6) auf das Walzgut (2) aufgebracht wird,
- wobei die Aufbringeinrichtungen (10a bis 10d) über eine jeweilige Stichleitung (9a bis 9d) mit der Sammelleitung (4) verbunden sind,
- wobei die Pumpenanordnung (5) eine Anzahl an Pumpen (8) aufweist, mittels derer das flüssige Kühlmittel (6) in die Sammelleitung (4) eingespeist wird,
- wobei in den Stichleitungen (9a bis 9d) jeweils ein Regelventil (11a bis 11d) angeordnet ist,
- wobei die Kühleinrichtung eine Steuereinrichtung (12) nach Anspruch 7 aufweist, welche die Kühleinrichtung gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 betreibt.

FIG 1

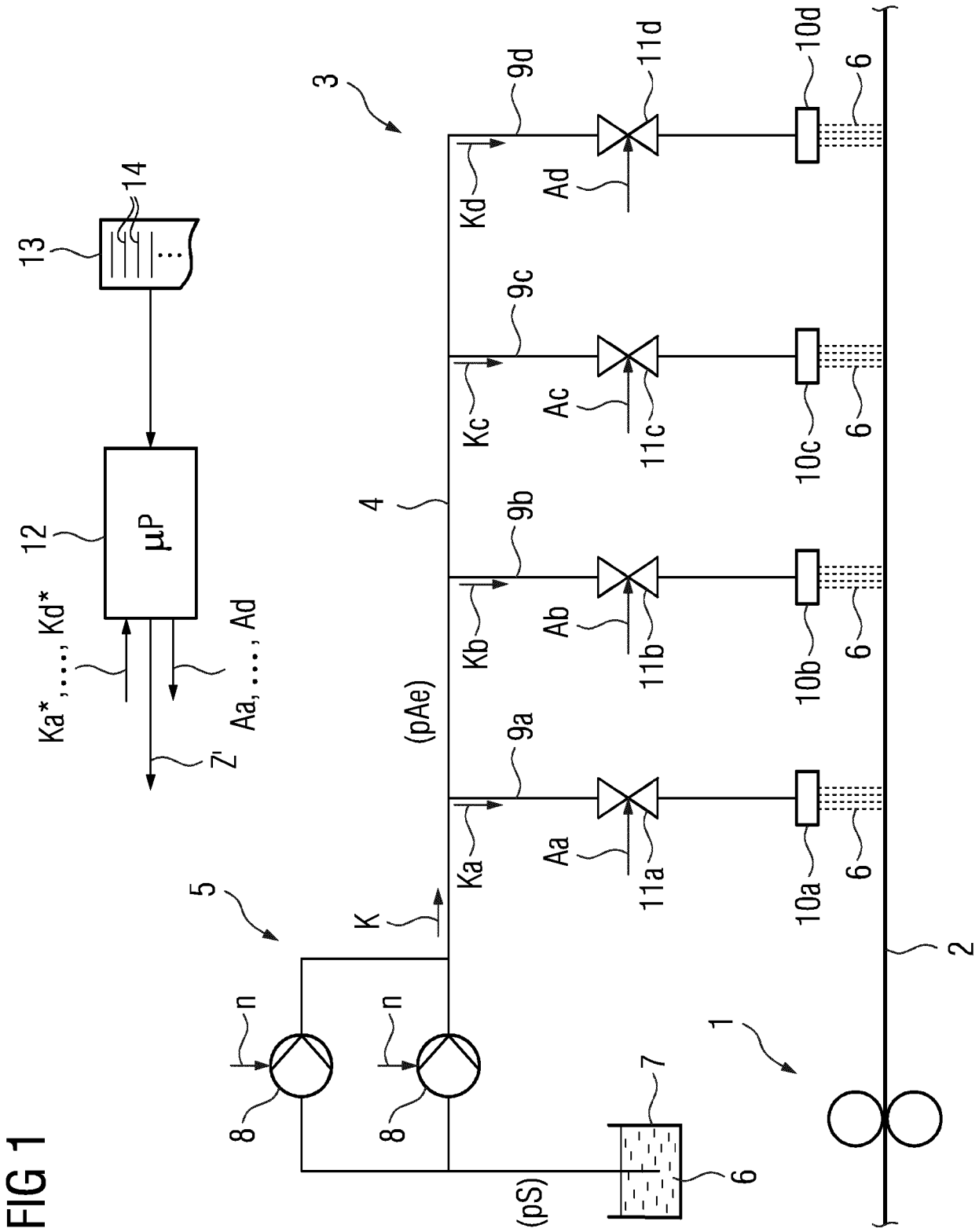

13
14
12
µP
Ka*,..., Kd*
Z'
Aa,..., Ad
3
4
5
9d
11d
10d
6
Kd
Ad
9c
Kc
Ac
11c
10c
9b
Kb
Ab
11b
10b
(pAe)
9a
Ka
Aa
11a
10a
K
2
n
8
7
1
(pS)

FIG 2

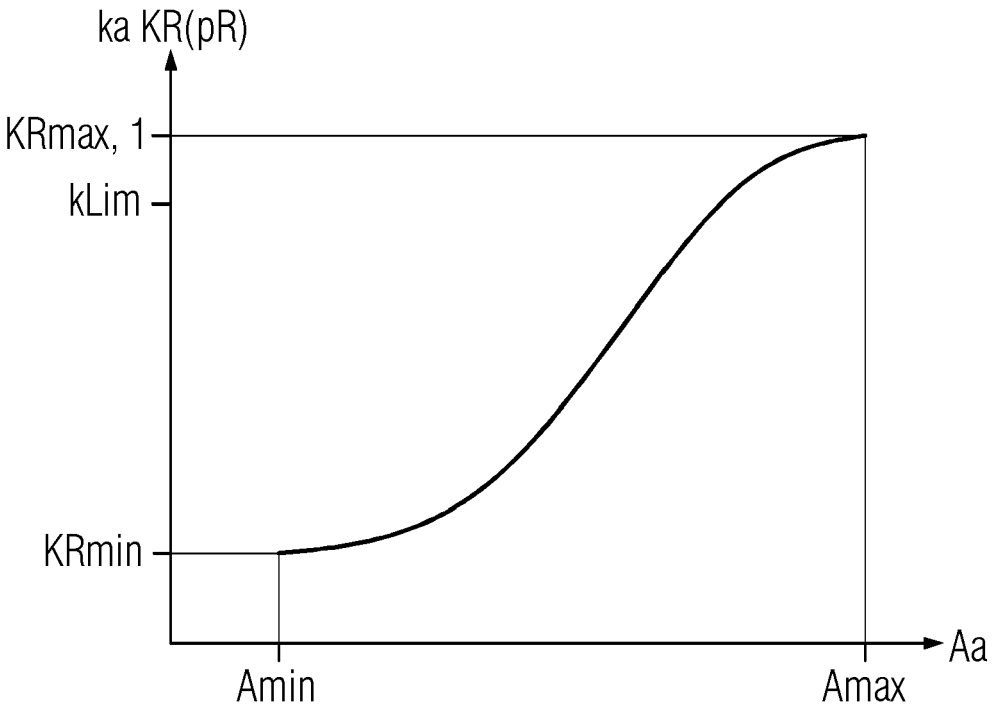


FIG 3

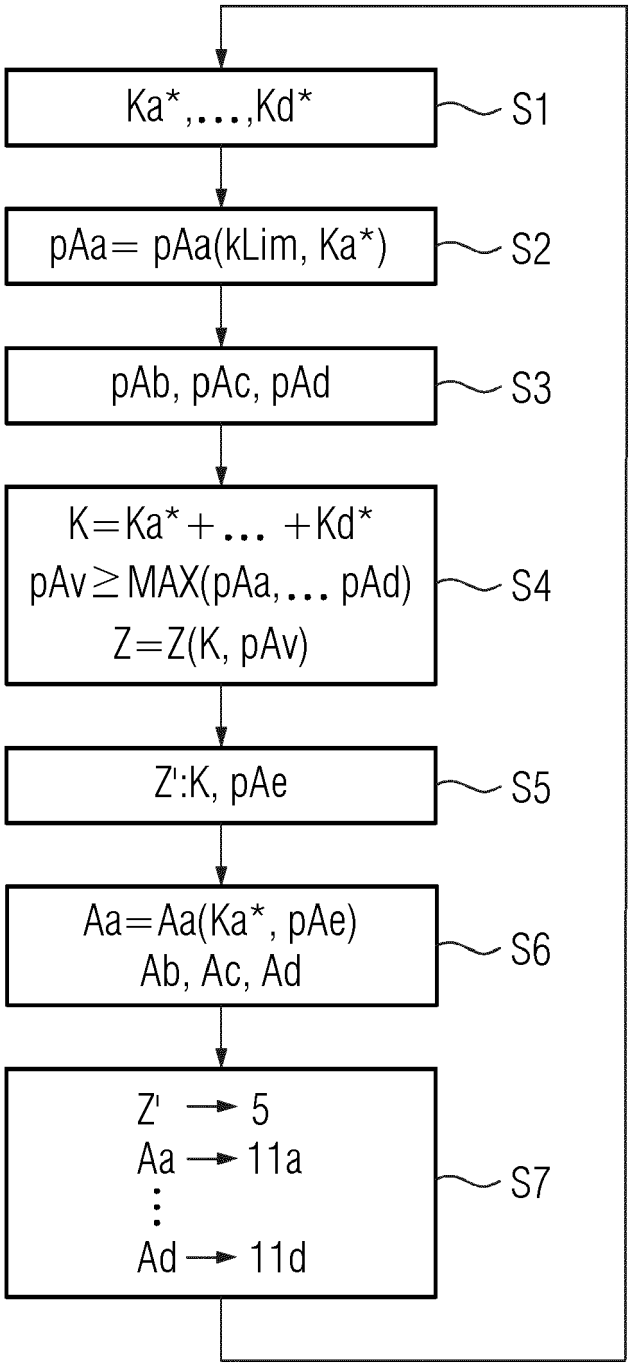

Ka*,...,Kd*
S1
pAa= pAa(kLim, Ka*)
S2
pAb, pAc, pAd
S3
K=Ka*+... +Kd*
pAv≥MAX(pAa,... pAd)
Z=Z(K, pAv)
S4
Z':K, pAe
S5
Aa=Aa(Ka*, pAe)
Ab, Ac, Ad
S6
Z' → 5
Aa → 11a
Ad → 11d
S7

FIG 4

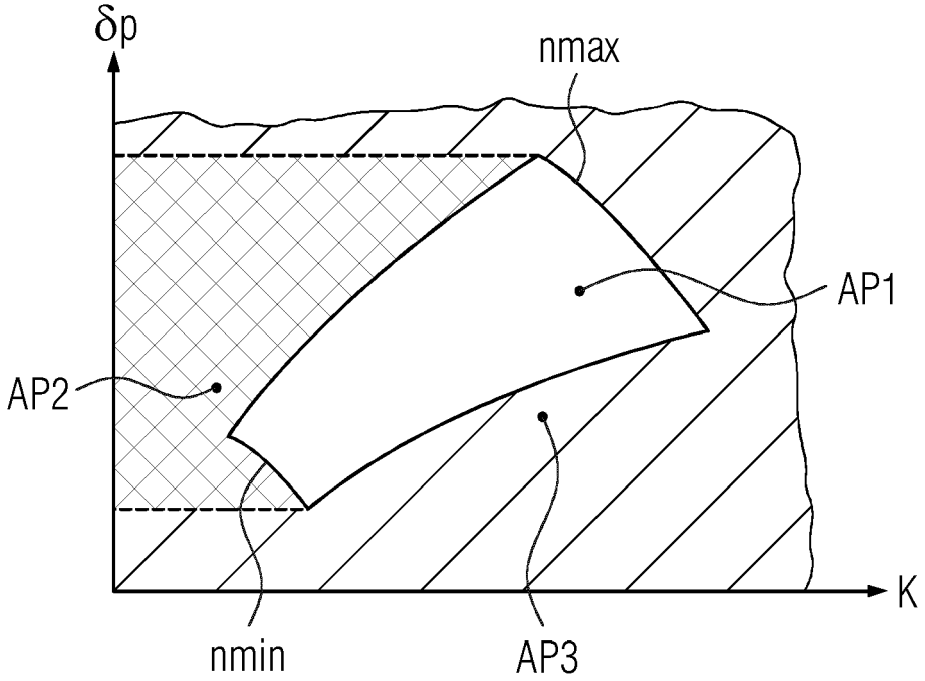


FIG 5

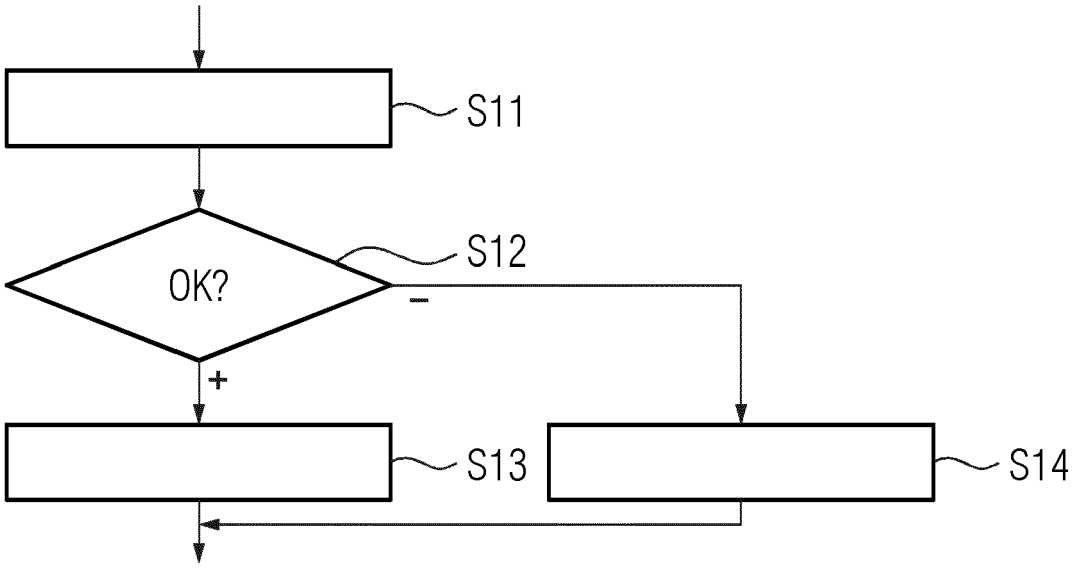


FIG 6

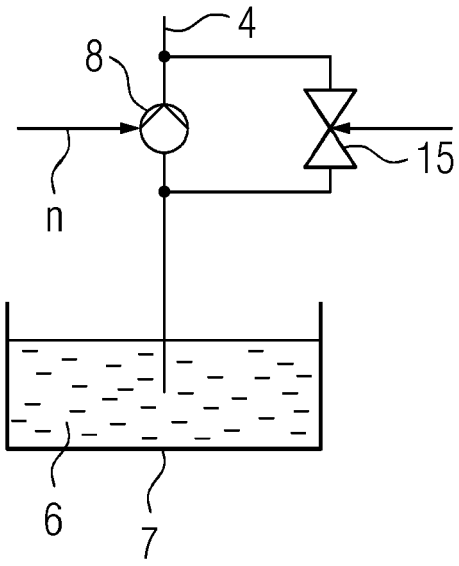


FIG 7

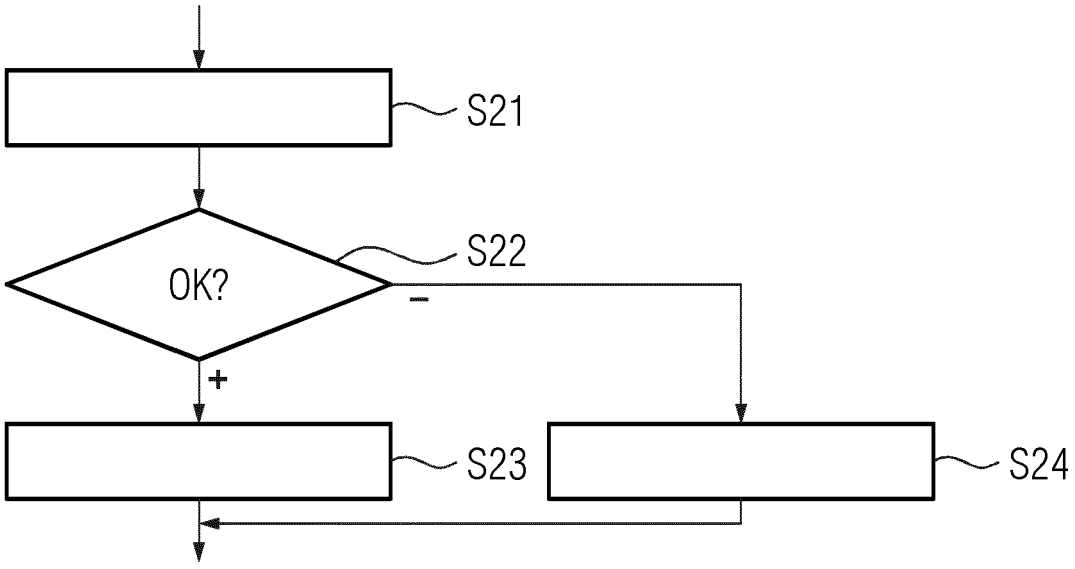
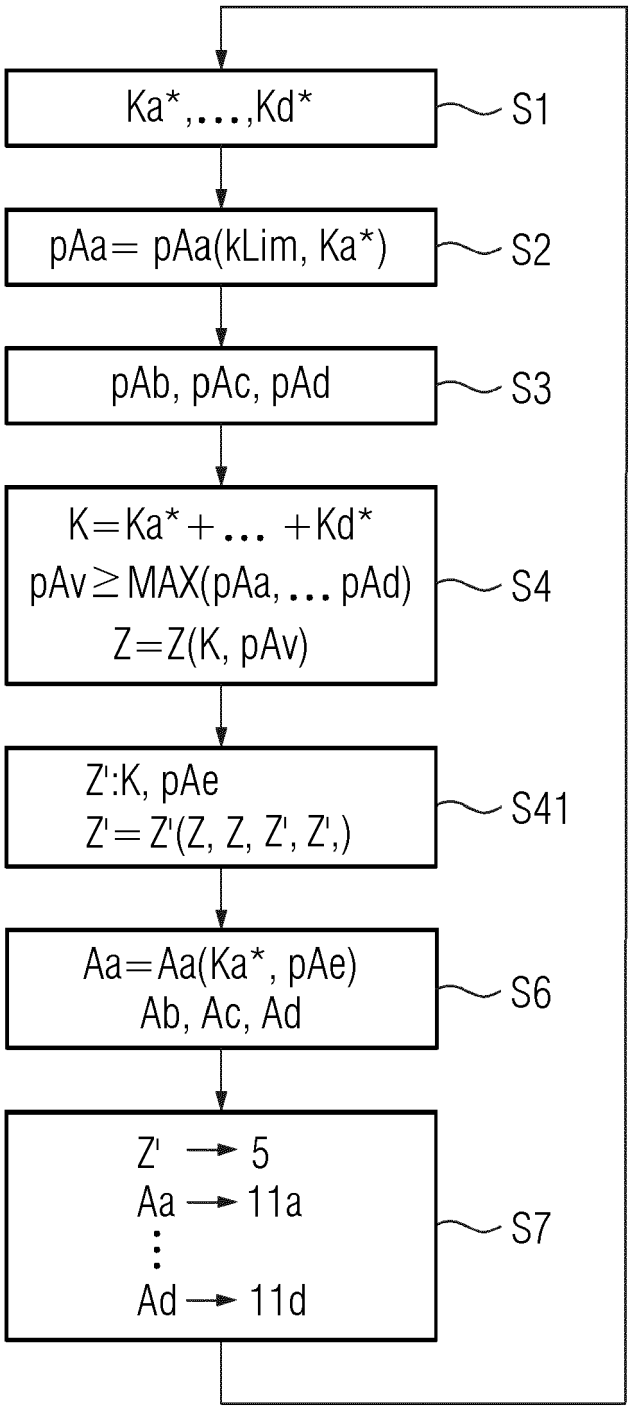


FIG 8


Ka*,...,Kd*
S1
pAa= pAa(kLim, Ka*)
S2
pAb, pAc, pAd
S3
K=Ka*+... +Kd*
pAv≥MAX(pAa,... pAd)
Z=Z(K, pAv)
S4
Z':K, pAe
Z'=Z'(Z, Z, Z', Z',)
S41
Aa=Aa(Ka*, pAe)
Ab, Ac, Ad
S6
Z' → 5
Aa → 11a
Ad → 11d
S7

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 16 9326

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	WO 2014/124868 A1 (SIEMENS VAI METALS TECH GMBH [AT]) 21. August 2014 (2014-08-21) * Ansprüche 1-7; Abbildungen 1-2 * -----	1-8	INV. B21B37/74 B21B45/02
A,D	WO 2019/115145 A1 (PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE] ET AL.) 20. Juni 2019 (2019-06-20) * Ansprüche 1-15; Abbildungen 1-8 * -----	1-8	
A	EP 3 395 463 A1 (PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA GMBH [AT]) 31. Oktober 2018 (2018-10-31) * Absatz [0058] - Absatz [0066]; Abbildung 12 * -----	1-8	
A	DE 10 2018 205684 A1 (SMS GROUP GMBH [DE]) 17. Oktober 2019 (2019-10-17) * Ansprüche 1-14; Abbildungen 1-5 * -----	1-8	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

B21B
C21D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	3. September 2020	Forciniti, Marco

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 : nichtschriftliche 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 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 20 16 9326

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.

03-09-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014124868 A1	21-08-2014	BR 112015019431 A2	18-07-2017
		CN 105163876 A	16-12-2015
		EP 2767353 A1	20-08-2014
		EP 2956250 A1	23-12-2015
		US 2015375284 A1	31-12-2015
		US 2018345343 A1	06-12-2018
		WO 2014124868 A1	21-08-2014
WO 2019115145 A1	20-06-2019	CN 111432950 A	17-07-2020
		EP 3495056 A1	12-06-2019
		WO 2019115145 A1	20-06-2019
EP 3395463 A1	31-10-2018	CN 110536761 A	03-12-2019
		EP 3395463 A1	31-10-2018
		EP 3615237 A2	04-03-2020
		JP 2020517458 A	18-06-2020
		US 2020047230 A1	13-02-2020
		WO 2018197100 A2	01-11-2018
DE 102018205684 A1	17-10-2019	DE 102018205684 A1	17-10-2019
		WO 2019197254 A1	17-10-2019

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 2013143925 A1 **[0006]**
- WO 2014124867 A1 **[0007]**
- WO 2014124868 A1 **[0008]**
- WO 2019115145 A1 **[0009] [0029] [0043]**
- WO 2020020868 A1 **[0010]**