

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
9. September 2011 (09.09.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/107268 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**G06Q 10/00** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/001027

(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. März 2011 (02.03.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2010 010 551.1 5. März 2010 (05.03.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ABB AG** [DE/DE]; Kallstadter Str. 1, 68309 Mannheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SAND, Guido** [DE/DE]; Oberer Sterzfluß 86, 69469 Weinheim (DE). **XU, Chaojun** [CN/DE]; Käfertaler Str. 38, 68167 Mannheim (DE). **HARJUNKOSKI, Liro** [FI/DE]; Bismarckstr. 10, 69469 Weinheim (DE). **SALIBA, Sleman** [AT/DE]; Schneidmühlstr. 11, 69115 Heidelberg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ABB AG**; GF-IP, Kallstadter Str. 59, 68526 Ladenburg (DE).

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

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

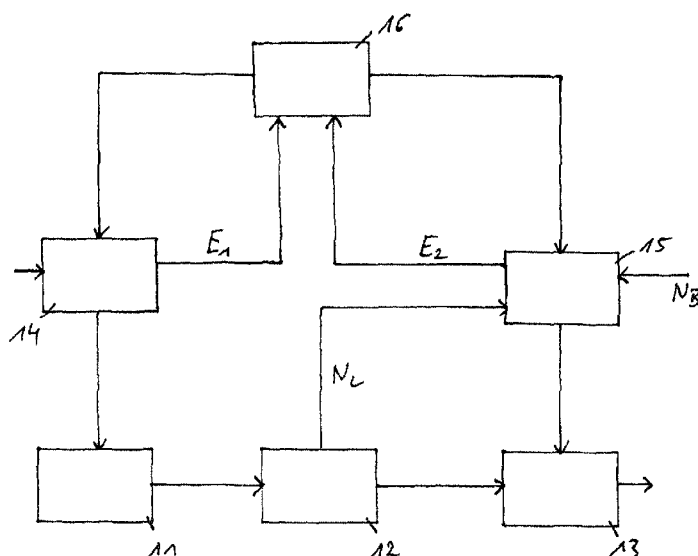
**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CO-ORDINATING TWO CONSECUTIVE PRODUCTION STAGES OF A PRODUCTION PROCESS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KOORDINIEREN VON ZWEI AUF EINANDERFOLGENDEN HERSTELLUNGSTUFEN EINES PRODUKTIONSPROZESSES



(57) Abstract: The invention relates to a method for co-ordinating two consecutive productions stages (11, 13) of a production process. The method comprises the following steps: a) preparing (S1) a production schedule of a first of the production stages (11) according to a first optimisation target on the basis of one or more first optimisation parameters in order to achieve a first optimisation result; b) preparing (S1) a production schedule of a second of the production stages (13) according to a second optimisation target on the basis of one or more second optimisation parameters in order to achieve a second optimisation result; c) evaluating (S2) the optimisation results with respect to an overall optimisation target; d) modifying (S4) the first and second optimisation parameters; and e) repeating (S5) the preparation of the production schedules of the first and the second production stages (11, 13) according to the respective optimisation target on the basis of the modified first and/or second optimisation parameters.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Koordinieren von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen (11, 13) eines Produktionsprozesses. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: a) Erstellen (S1) eines Produktionsablaufplans einer ersten der Herstellungsstufen (11) gemäß einem ersten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren ersten Optimierungsparametern, um ein erstes Optimierungsergebnis zu erhalten; b) Erstellen (S1) eines Produktionsablaufplans einer zweiten der Herstellungsstufen (13) gemäß einem zweiten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren zweiten Optimierungsparametern, um ein zweites Optimierungsergebnis zu erhalten; c) Bewerten (S2) der Optimierungsergebnisse hinsichtlich eines Gesamtoptimierungsziels; d) Modifizieren (S4) der ersten und zweiten Optimierungsparameter; und e) Wiederholen (S5) des Erstellens der Produktionsablaufpläne der ersten und der zweiten Herstellungsstufe (11, 13) gemäß dem jeweiligen Optimierungsziel basierend auf den modifizierten ersten und/oder zweiten Optimierungsparametern.

Verfahren und Vorrichtung zum Koordinieren von zwei aufeinanderfolgenden  
Herstellungsstufen eines Produktionsprozesses

Beschreibung

Die Erfindung betrifft im Allgemeinen Verfahren zum Koordinieren von Produktionsprozessen, insbesondere von Produktionsprozessen zur Metallherstellung aus Rohmaterial. Die Erfindung betrifft weiterhin Optimierungsverfahren zum Optimieren von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen eines Produktionsprozesses.

Für die Herstellung von Stahl und anderen Metallen werden aufwendige und energieintensive Herstellungsverfahren verwendet, die üblicherweise mehrere aufeinanderfolgende Herstellungsstufen aufweisen. In einer ersten Herstellungsstufe wird Rohmaterial in einen Schmelzofen gegeben, in dem es geschmolzen, von Verunreinigungen gereinigt und in Halbfertigprodukte wie Brammen oder Barren gegossen wird. Diese erste Herstellungsstufe findet in einer Schmelzhütte statt.

In einer zweiten Herstellungsstufe werden die Halbfertigprodukte in einem Walzwerk weiterverarbeitet, um eine Metallrolle bzw. -spule einer bestimmten Größe und bestimmten Abmessungen herzustellen. In einer letzten Herstellungsstufe werden die Rollen bzw. Spulen in einem Kaltwalzwerk einer Endverarbeitung unterzogen.

Das Rohmaterial wird in Chargen mit begrenzter Chargengröße von oftmals einigen Tonnen verarbeitet. Mehrere dieser Chargen können gleichzeitig in parallelen Einheiten verarbeitet werden, wobei eine Charge innerhalb einer Herstellungsstufe nicht aufgeteilt wird, so dass eine Charge die Herstellungsstufe einheitlich durchläuft.

In der Schmelzhütte werden z.B. Chargen von verschiedenen Stahlsorten, die aus Schrott und anderen Rohstoffen hergestellt werden, in unterschiedlichen Arten von Anlagen verarbeitet. Jede Charge wird in der Schmelzhütte in einem letzten Verfahrensschritt gegossen und in Brammen geschnitten. Die Abfolge der Verfahrensschritte bei der Herstellung der Brammen wird im Wesentlichen durch die Kompatibilität der verschiedenen Stahlsorten und die Breite und die Dicke der zu schneidenden Brammen bestimmt.

Die nachfolgende Herstellungsstufe in einer Warmwalzanlage umfasst in der Regel eine Fertigungslinie mit Anlagen für eine serielle Weiterverarbeitung. Die in der Schmelzhütte hergestellten Brammen werden in der Warmwalzanlage in Blechrollen oder Spulen mit einer bestimmten Dicke, Breite und Länge gewalzt.

Eine bestimmte Verfahrensabfolge, in der eine Gruppe aus einer Anzahl von der Warmwalzanlage zugeführten Brammen oder entsprechenden Spulen bearbeitet wird, wird Warmwalzprogramm genannt. Die Abfolge der Brammen innerhalb eines Warmwalzprogrammes hängt stark von der Dicke und Qualität der Stränge bzw. Bleche der aus diesen Brammen herzustellenden Rollen bzw. Spulen ab.

Der Produktionsprozess in der Schmelzhütte folgt in der Regel metallurgischen Regeln, während in der Warmwalzanlage der Produktionsprozess im Wesentlichen physikalischen Beschränkungen unterliegt. Eine der Herstellungsregeln in der Schmelzhütte bezieht sich auf das Produzieren der Schmelzen entsprechend zueinander kompatiblen Stahlqualitäten. In dem letzten Verfahrensschritt der Schmelzhütte werden mehrere Schmelzen kontinuierlich zu Brammen gegossen und dann zur Warmwalzanlage, in der sie zu Rollen aus Blechen bzw. Spulen gewalzt werden, transportiert.

Eine Bramme verlässt die Schmelzhütte bei einer Temperatur von ungefähr 1100 ° C in einem sogenannten Heißzustand. Jedoch können die Brammen in dem Warmwalzwerk nur in sehr bestimmter Abfolge gemäß dem Warmwalzprogramm verarbeitet werden. In der Regel weisen die Herstellungsstufen, die Schmelzhütte und die Warmwalzanlage, keinen koordinierten Herstellungsablaufplan auf, so dass die in der Schmelzhütte hergestellten Brammen in der Regel in einem Brammenlager

zwischengespeichert werden, bis alle erforderlichen Brammen für ein Warmwalzprogramm bereitstehen. Der unkoordinierte Herstellungsablaufplan führt nicht nur dazu, dass eine höhere Speicherkapazität erforderlich ist, sondern führt auch zu einem höheren Energieverbrauch aufgrund des Wiedererwärmens der Brammen in einem Brammenofen, bevor diese der Warmwalzstufe zugeführt werden. Der Energieverbrauch ist erheblich, da die Brammen auf eine Temperatur von ungefähr 1000 ° C aufgewärmt werden müssen, bevor diese der Warmwalzanlage zugeführt werden. Der Transport einer heißen Bramme von der Schmelzhütte zu der Warmwalzanlage ohne Zwischenspeicherung oder nur mit kurzer Zwischenspeicherung ist nur dann möglich, wenn die Ablaufpläne in der Schmelzhütte und der Warmwalzanlage effizient aufeinander abgestimmt sind.

Bislang werden die Verfahrensabläufe der Herstellungsstufen in der Schmelzhütte und der Warmwalzanlage unabhängig voneinander mit zwei unabhängigen Modellen geplant. Das Brammenlager wird als Zwischenspeicher benutzt, um die Fehl-Abstimmung der Verfahrensabläufe beider Herstellungsstufen zu kompensieren. Dies führt zu hohem Lageraufwand und enormem Energieverbrauch beim Wiederaufwärmen der Brammen.

Zur Optimierung der Produktionsabläufe bestimmt bei einem dezentralisierten Ansatz einer der beiden Herstellungsstufen, entweder die Herstellungsstufe der Schmelzhütte oder die Herstellungsstufe der Warmwalzanlage, den Verfahrensablauf der jeweils anderen Herstellungsstufe. Das bedeutet, dass zunächst der Verfahrensablauf einer der beiden Prozesse so optimiert wird, dass seine Produktionsbedingungen erfüllt sind. Anschließend wird der Verfahrensablauf der jeweils anderen Herstellungsstufe so optimiert, dass alle Produktionsbedingungen erfüllt sind und die Anforderungen der anderen Herstellungsstufe erfüllt sind.

Ein Nachteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass der Verfahrensablauf im erheblichen Maße von den Arbeitsschritten abhängt. In einem Fall wird zunächst der Verfahrensablauf der Warmwalzanlage abhängig von den tatsächlichen Bestellungen für Rollen, d.h. dem Soll-Ausstoß, erzeugt. Dadurch erhält man den eingangsseitigen Bedarf für Brammen. Abhängig von dem Bedarf an Brammen wird der Ablaufplan für die Schmelzhütte erzeugt, so dass diese die durch den Bedarf vorgegebene Anzahl

an Brammen erzeugt. Zwar wird bei dieser Vorgehensweise der Bestand des Brammenlagers nicht stark ansteigen, jedoch wird die Ablaufplanung in der Schmelzhütte komplex, was zu Kurzfristplanungen führt. Dadurch bleibt ein Optimierungspotenzial ungenutzt.

Wenn in einem anderen Fall der Ablaufplan der Schmelzhütte den Ablaufplan der Warmwalzanlage bestimmt, kann der Betrieb der Schmelzhütte effizienter ausgelegt werden, jedoch werden die Verwaltung des Brammenlagers und der Ablaufplan der Warmwalzanlage komplexer.

Weiterhin bietet dieser dezentralisierte Ansatz keine Möglichkeit, das Heißeinsatzverhältnis zu maximieren. Das Heißeinsatzverhältnis entspricht dem Verhältnis der Anzahl von Brammen, die ohne Zwischenspeicherung direkt aus dem kontinuierlichen Schmelzofen in der Warmwalzanlage verarbeitet werden können, zu der gesamten Anzahl der zu verarbeitenden Brammen. Wenn der direkte Heißeinsatz begrenzt ist, bedeutet dies weiterhin, dass die Lagerzeit der heißen Brammen in dem Brammenlager eine bestimmte Schwellen-Zeitdauer nicht übersteigt. Die mangelnde Anpassung der zwei Ablaufpläne hinsichtlich des Heißeinsatzverhältnisses wird durch das Brammenlager gelöst, wo die Brammen zwischengespeichert werden, mit dem Nachteil, dass die heißen Brammen während der Speicherung abkühlen und ein energieintensives Wiederaufheizen notwendig wird.

Soll das Heißeinsatzverhältnis erhöht werden oder der Energieverbrauch zum Wiederaufheizen minimiert werden, besteht eine Möglichkeit, alle Herstellungsstufen gemeinsam in einem zentralisierten Ansatz zu planen. Bei einem solchem zentralisierten Ansatz werden alle Produktionsregeln der Herstellungsstufen gleichzeitig berücksichtigt und gemäß einem Optimierungsziel eine Ablaufplanung erstellt. Jedoch erschwert die Komplexität der Produktionsregeln in diesen beiden Herstellungsstufen und das exponentielle Anwachsen des Rechenaufwandes abhängig von den einzelnen Produktionsregeln und von dem Optimierungsziel eine Ablaufplanung. In der Praxis ist es daher aufwändig, mit einem solchen zentralisierten Ansatz, einen machbaren Ablaufplan zu erstellen. Ein weiterer

Nachteil zentralisierter Planungssysteme sind die hohen Umrüstkosten gewachsener, verteilter Systeme.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Ablaufplanung von zwei Herstellungsstufen eines Fertigungsprozesses zur Verfügung zu stellen, wobei als zusätzliches Optimierungsziel eine die Zwischenlagerung betreffende Größe optimiert wird. Insbesondere kann das zusätzliche Optimierungsziel die Minimierung des Anteils der Zwischenlagerung von Halbfertigprodukten zwischen den beiden Herstellungsstufen oder die Minimierung des Energieverbrauchs zum Wiedererhitzen in dem Brammenlager sein.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren zum Koordinieren von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen eines Produktionsprozesses gemäß Anspruch 1 sowie durch die Vorrichtung und das Computerprogrammprodukt gemäß dem nebengeordneten Anspruch gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einem ersten Aspekt ist ein Verfahren zum Koordinieren von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen eines Produktionsprozesses vorgesehen. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- a) Erstellen eines Produktionsablaufplans einer ersten der Herstellungsstufen gemäß einem ersten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren ersten Optimierungsparametern, um ein erstes Optimierungsergebnis zu erhalten;
- b) Erstellen eines Produktionsablaufplans einer zweiten der Herstellungsstufen gemäß einem zweiten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren zweiten Optimierungsparametern, um ein zweites Optimierungsergebnis zu erhalten;
- c) Bewerten der Optimierungsergebnisse hinsichtlich eines Gesamtoptimierungsziels;
- d) Modifizieren der ersten und zweiten Optimierungsparameter; und
- e) Wiederholen des Erstellens der Produktionsablaufpläne der ersten und der zweiten Herstellungsstufe gemäß dem jeweiligen Optimierungsziel basierend auf den modifizierten ersten und/oder zweiten Optimierungsparametern.

Insbesondere können die Schritte c) bis e) solange durchgeführt werden, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist.

Eine Idee des obigen Verfahrens besteht darin, für die Herstellungsstufen einzelne Produktionsablaufpläne zu erstellen, wobei eine Koordinierung vorgesehen ist, die einmalig oder in iterativer Weise in eine oder beide der Produktionsabläufe eingreift, indem einer oder mehrere der entsprechenden Optimierungsparameter geändert werden und ein erneutes Erstellen der Produktionsablaufpläne durchgeführt wird.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die Produktionsablaufpläne der einzelnen Herstellungsstufen verändert oder erweitert werden, um weitere Optimierungsparameter einzuführen oder um das Gesamtoptimierungsziel besser berücksichtigen zu können.

Das obige Verfahren hat den Vorteil, dass es auf den bereits bestehenden dezentralisierten Ansatz mit zwei getrennten Ablaufplanungen (Erstellen der Produktionsablaufpläne) für die Herstellungsstufen aufbauen kann und lediglich durch Vorsehen eines Koordinationsprozesses eine verbesserte Ablaufplanung durchführen kann. Weiterhin ist die Koordinationsstufe robust gegen Fehler beim Ausfall der Koordinationsstufe, da der oben beschriebene dezentralisierte Ansatz als Rückfalllösung verwendet werden kann. Ein weiterer Vorteil des obigen Verfahrens gegenüber dem dezentralisierten Ansatz besteht darin, dass beide Ablaufplanungen gleiche Prioritäten ausweisen können. Weiterhin kann mit der Koordinierungsstufe erreicht werden, dass als Optimierungsziel das Heißeinsatzverhältnis oder die Lagerzeit von Brammen in dem Brammenlager reduziert werden kann, auch wenn dies zu verschlechterten Ablaufplanungen der einzelnen Herstellungsstufen führt. Ferner bietet das obige Verfahren die Möglichkeit einer Aufrüstung eines bestehenden dezentralisierten Ansatzes lediglich durch Vorsehen einer Koordinierungsstufe. Dies ist weniger aufwändig als eine vollständige Ablaufplanung gemäß dem zentralisierten Ansatz durchzuführen.

Weiterhin kann das Abbruchkriterium einer maximalen Anzahl von Wiederholungen des Erstellens der Produktionsablaufpläne entsprechen oder durch ein Erreichen eines vorgegebenen Gesamtoptimierungskriteriums bestimmt sein.



Gemäß einer Ausführungsform kann zwischen den Herstellungsstufen ein Zwischenspeicher zur Aufnahme von Zwischenprodukten der ersten Herstellungsstufe vorgesehen sein, wobei die zweite Herstellungsstufe die Zwischenprodukte zur Weiterverarbeitung aus dem Zwischenspeicher entnimmt.

Es kann vorgesehen sein, dass das Gesamtoptimierungsziel die Anzahl der Zwischenprodukte im Zwischenspeicher, die Reduzierung der durchschnittlichen Zeitspanne, während der die Zwischenprodukte in dem Zwischenspeicher zwischengespeichert werden, und/oder eine Maximierung eines Verhältnisses, das das Verhältnis der Anzahl von Zwischenprodukten, die ohne Zwischenspeicherung im Zwischenspeicher der zweiten Herstellungsstufe zugeführt werden können, zu der gesamten Anzahl von hergestellten Zwischenprodukten angibt, und/oder die Minimierung des Energieverbrauchs zum Bereithalten der Zwischenprodukte betrifft.

Weiterhin können die Optimierungsparameter einen oder mehrere der folgenden Parameter umfassen: einen spätesten Fertigstellungstermin einer Charge aus einem oder mehreren Endprodukten der zweiten Herstellungsstufe, der früheste Verfügbarkeitstermin einer Charge, eine Chargenpriorität, eine Gewichtung eines oder mehrerer der Optimierungsziele, eine bevorzugte Reihenfolge der Chargenbearbeitung, minimale, maximale oder gewünschte Größen bestimmter Chargengruppen, eine Priorität der zu produzierenden Endprodukte und einen vorgegebenen Optimierungsparameter.

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann das Optimieren des Produktionsablaufs der ersten und der zweiten Herstellungsstufe jeweils mit einem Optimierungsverfahren durchgeführt werden, das aus der folgenden Gruppe von Optimierungsverfahren ausgewählt wird:

- ein mathematisches Optimierungsverfahren, insbesondere lineare Programmierung, nichtlineare Programmierung, gemischt-ganzzahlige Programmierung;
- ein metaheuristisches Optimierungsverfahren, insbesondere basierend auf einem evolutionären Algorithmus, auf einem Partikel-Schwarm-Algorithmus, auf einer Tabusuche, auf in neuronalen Netzen implementierten Algorithmen, auf

Verfahren zur variablen Nachbarschaftssuche und/oder auf einem Ameisenkolonie-Algorithmus,

- ein randomisiertes Optimierungsverfahren
- ein heuristisches Verfahren, insbesondere basierend auf einem gierigen Algorithmus, auf einer Einfügeheuristik, einer Konstruktionsheuristik und/oder einer Einsparungsheuristik;
- ein regelbasiertes Verfahren, und
- eine Kombination der vorgenannten Verfahren

Das Modifizieren der ersten und zweiten Optimierungsparameter kann durchgeführt werden, indem die bis zu einem bestimmten Iterationsschritt oder nach mehreren Iterationsschritten bzw. bei einer bestimmten Anzahl von Iterationsschritten generierten Optimierungsparameter und die zugehörigen Produktionsablaufpläne analysiert werden und daraus mittels vorgegebener Berechnungsvorschriften neue Werte der Optimierungsparameter für den nächsten Iterationsschritt generiert werden. Insbesondere kann das Modifizieren der ersten und zweiten Optimierungsparameter durchgeführt werden, indem der Optimierungsparameter mit einer Größe beaufschlagt wird, die vorgegeben ist oder von einer Prozessgröße mindestens eines der Herstellungsstufen ermittelt wird. Das Beaufschlagen kann durch Addieren der Modifizierungsgröße zu dem Optimierungsparameter oder Multiplizieren der Modifizierungsgröße mit dem Optimierungsparameter erfolgen.

Weiterhin kann die erste Herstellungsstufe einem Schmelzhüttenprozess und die zweite Herstellungsstufe einem Warmwalzprozess entsprechen.

Gemäß einem weiteren Aspekt ist eine Vorrichtung zum Koordinieren von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen eines Produktionsprozesses vorgesehen, wobei die Vorrichtung umfasst:

- eine erste Einrichtung zum Erstellen eines Produktionsablaufplans einer ersten der Herstellungsstufen gemäß einem ersten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren ersten Optimierungsparametern, um ein erstes Optimierungsergebnis zu erhalten;
- eine zweite Einrichtung zum Erstellen eines Produktionsablaufplans einer zweiten der Herstellungsstufen gemäß einem zweiten Optimierungsziel basierend auf einem

oder mehreren zweiten Optimierungsparametern, um ein zweites Optimierungsergebnis zu erhalten;

- eine Koordinierungseinrichtung zum Bewerten der Optimierungsergebnisse hinsichtlich eines Gesamtoptimierungsziels, zum Modifizieren der ersten und zweiten Optimierungsparameter; und zum Wiederholen des Erstellens der Produktionsablaufpläne der ersten und der zweiten Herstellungsstufe gemäß dem jeweiligen Optimierungsziel basierend auf den modifizierten ersten und/oder zweiten Optimierungsparametern.

Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Computerprogrammprodukt vorgesehen, das ein Computerprogramm enthält, das, wenn es auf einer Datenverarbeitungseinheit ausgeführt wird, das obige Verfahren durchführt.

Bevorzugte Ausführungsformen werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Blockdarstellung des Verfahrens zum Koordinieren eines Produktionsprozesses mit mehreren Herstellungsstufen;
- Figur 2 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung des Verfahrens zum Optimieren der Ablaufplanungen für mehrere aufeinanderfolgende Herstellungsstufen eines Produktionsprozesses; und
- Figur 3 eine Darstellung der Verarbeitungsabläufe einer Schmelzhüttenstufe und einer Warmwalzstufe, mit und ohne Koordinierungsstufe zur Optimierung der Produktionsabläufe.

Im Folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Produktionsplanungsprozesses für einen Metallherstellungsprozess, bei dem Metallrollen aus Rohmaterial hergestellt werden, beschrieben. Der Herstellungsprozess umfasst im Wesentlichen einen Schmelzhüttenprozess, der aus Rohmaterialien wie Schrott oder Erzen, Chargen von Brammen oder Barren bereitstellt und einem darauffolgenden Warmwalzprozess, um die bereitgestellten Brammen oder Barren zu Rollen, insbesondere Blechrollen, bzw. Spulen weiter zu verarbeiten.

Das Verfahren zur Koordination von Ablaufplanungen von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen eines Produktionsprozesses ist jedoch nicht auf die Herstellung von Metallrollen bzw. Spulen beschränkt, sondern kann auch auf andere Produktionsprozesse mit zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen angewendet werden.

In Figur 1 ist eine schematische Blockdarstellung gezeigt, die die Herstellungsstufen des Produktionsprozesses sowie Funktionsblöcke zur Erstellung und Durchführung einer Ablaufplanung für die einzelnen Herstellungsstufen und eine Koordinationsstufe zum Koordinieren der Ablaufplanungen dargestellt ist.

Als erste Herstellungsstufe zeigt Figur 1 einen Schmelzhüttenprozess 11 der die Verarbeitung von Rohmaterial wie z.B. Metall, Erz, Schrott und dergleichen zu Halbfertigprodukten, wie z.B. Brammen, Barren und dergleichen, symbolisiert. Die Halbfertigprodukte durchlaufen ein Zwischenlager 12, von dem diese einem Warmwalzprozess 13 zugeführt werden. Der Warmwalzprozess symbolisiert die Weiterverarbeitung der Brammen bzw. Barren zu Rollen bzw. Spulen vorgegebener Art und Größe. Der Schmelzhüttenprozess 11 wird durch einen Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozess 14 (erste Einrichtung zum Erstellen eines Produktionsablaufplans) optimiert und gesteuert. Der Warmwalzprozess 13 wird analog durch einen Warmwalzablaufoptimierungsprozess 15 (zweite Einrichtung zum Erstellen eines Produktionsablaufplans) optimiert und gesteuert.

Der Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozess 14 erhält vom Bediener des Systems, von einem Auftragsverarbeitungssystem oder in sonstiger Weise als Eingangsinformation eine Angabe über eine Gruppe von zu verarbeitenden Chargen aus einer oder mehrerer Brammen. Mit Hilfe eines oder mehrerer mathematischer Modelle, wie z.B. linearer oder gemischt-ganzzahliger mathematischer Programme für den Schmelzhüttenprozess 11 und mathematischer Optimierungsalgorithmen, wie z.B. dem Simplex-Verfahren, Verzweige-und-Begrenze-Verfahren, Verzweige-und-Beschneide-Verfahren oder Spaltengenerierungsverfahren, liefert der Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozess 14 eine für vorgegebene Anfangsoptimierungsparameter, wie z.B. späteste Lieferdaten, optimale

Ablaufplanung für die Chargen und einen dazu gehörenden Maschinenbelegungsplan für die einzelnen Verarbeitungsanlagen z.B. mit dem Optimierungsziel, die Herstellungszeit zu minimieren. Als Ergebnis des Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozesses 14 erhält man ein Schmelzhütten-Optimierungsergebnis E1 entsprechend den vorgegebenen Anfangsoptimierungsparametern.

Die Eingangsinformation für den Warmwalzablaufoptimierungsprozess 15 kann eine Angabe  $N_B$  von Aufträgen für Gruppen von Rollen bzw. Spulen mit ihren physikalischen und metallurgischen Spezifikationen und einer Angabe der Menge von Brammen bzw. Barren in dem Zwischenlager 12 aufweisen. Mit dieser Eingangsinformation maximiert der Warmwalzablaufoptimierungsprozess 15 gemäß einem weiteren mathematischen Optimierungsalgorithmus mit Hilfe von vorgegebenen geeigneten Anfangsoptimierungsparametern die Anzahl von Warmwalzprogrammen, die jeweils eine Anzahl von Brammen bzw. Barren in einer bestimmten Abfolge angeben, so dass die komplexen Herstellungsregeln des Warmwalzprozesses erfüllt werden. Die Anzahl von Brammen bzw. Barren entspricht den zu produzierenden Blechrollen, wenn jede Bramme exakt einer herzustellenden Rolle entspricht. Die Zuordnung von Brammen zu Rollen kann während des Planungsvorganges verändert werden. Die Anzahl von Brammen kann aber auch größer sein als die Anzahl der herzustellenden Rollen, wenn mehrere Brammen zu einer Rolle verarbeitet werden. Gleichzeitig wird die Abfolge der Brammen in jedem Warmwalzprogramm durch den Warmwalzoptimierungsprozess 15 festgelegt. Als Ergebnis des Warmwalzablaufoptimierungsprozess 15 erhält man ein Warmwalz-Optimierungsergebnis E2 entsprechend den vorgegebenen Anfangsoptimierungsparametern.

Es ist weiterhin ein Koordinationsprozess 16 vorgesehen, der die Optimierungsergebnisse E1 und E2 von den Ablaufoptimierungsprozessen 14, 15 erhält und gemäß vorgegebenen übergeordneten Optimierungszielen bewertet, während die Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 separat arbeiten. Der Koordinierungsprozess 16 kann die Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 für einen erneuten Optimierungsdurchlauf mit einem oder mehrere geänderten Optimierungsparametern anstoßen. Auf diese Weise kann das gesamte

Optimierungsziel durch Variation der Optimierungsparameter der Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 verbessert werden, ohne die Art der vorgegebenen Optimierungsziele zu verändern.

In dem Flussdiagramm der Figur 2 ist ein Verfahrensablauf dargestellt, der die Vorgehensweise des Koordinierungsprozesses 16 darstellt. Zunächst werden unabhängig voneinander die Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 in Schritt S1 ausgeführt, um ein Schmelzhütten-Optimierungsergebnis E1 und ein Warmwalz-Optimierungsergebnis E2 zu erhalten.

Der Koordinierungsprozess 16 analysiert in Schritt S2 ein von dem Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozess 14 bereitgestelltes Schmelzhütten-Optimierungsergebnis E1, wie z.B. einen Chargenplan, und das von dem Warmwalzoptimierungsprozess 15 bereitgestellte Warmwalz-Optimierungsergebnis E2, z.B. eine Information über die Warmwalzprogramme. Der Koordinierungsprozess kann ausgehend von den Optimierungsergebnisse E1, E2 dann eine Größe ermitteln, die Gegenstand eines Gesamtoptimierungsziels sind.

Ein mögliches Gesamtoptimierungsziel kann beispielsweise eine Optimierung (Maximierung) das Heißeinsatzverhältnis sein. Das Heißeinsatzverhältnis gibt das Verhältnis der Anzahl der Brammen bzw. der Barren (Halbfertigprodukte), die unmittelbar vom Ausgang des Schmelzhüttenprozesses dem nachfolgendem Warmwalzprozess 13 bereitgestellt werden können, ohne in dem Zwischenlager 12 zwischengelagert werden zu müssen, zu der Anzahl der gesamten von den Schmelzhüttenprozess 1 bereitgestellten Brammen bzw. Barren an. Das Heißeinsatzverhältnis kann auch diejenigen Brammen bzw. Barren als unmittelbar dem Warmwalzprozess bereitgestellt berücksichtigen, die weniger als eine vorbestimmte Zeitdauer in dem Zwischenlager 12 zwischengelagert worden sind. Die Zeitdauer ist so gewählt, dass sie die Zeitspanne angibt, während der sich die Brammen bzw. Barren nicht wesentlich, d.h. nicht unter die Weiterverarbeitungstemperatur in dem Warmwalzprozess abkühlen.

In Schritt S3 werden kritische Chargenpläne als Schmelzhütten-Optimierungsergebnis E1 des Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozesses 14 und

kritische Warmwalzprogramme als Warmwalz-Optimierungsergebnis E2 des Warmwalzablaufoptimierungsprozesses 15 mit Hilfe von heuristischen Verfahren identifiziert.

Weiterhin modifiziert der Koordinierungsprozess 16 in Schritt S4 in einem oder beiden Ablaufoptimierungsprozessen 14, 15 diejenigen Anfangsoptimierungsparameter zu modifizierten Optimierungsparameter, die mathematisch zu den identifizierten kritischen Teilen der Optimierungsergebnisse der Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 in Beziehung stehen. Dabei können z.B. der späteste Fertigstellungstermin einer Charge aus einer oder mehreren Brammen, der früheste Verfügbarkeitstermin einer Charge, Chargenprioritäten, Gewichtungen der Optimierungsziele, bevorzugte Reihenfolgen der Chargenbearbeitung, minimale, maximale oder gewünschte Größen bestimmter Chargengruppen, Prioritäten der zu produzierenden Spulen oder Blechen im Warmwalzwerk, Optimierungsparameter für die Bildung der Warmwalzprogrammen aus Brammen usw. eingestellt bzw. vorgegeben werden.

Die modifizierten Optimierungsparameter werden mit Hilfe einer Modifizierungsgröße durch Addieren oder Multiplizieren ermittelt. Die Modifizierungsgröße ist eine vorgegebene Größe, die beispielsweise eine geringe Änderung des betreffenden Optimierungsparameter bewirkt, um ein iteratives Verfahren zu realisieren. Alternativ kann die Modifizierungsgröße auf abhängig von einer Prozessgröße der zugeordneten Herstellungsstufe berechnet werden.

Die Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 werden dann von dem Koordinierungsprozess 16 angesteuert, den Schmelzhüttenprozess 11 und den Warmwalzprozess 13 mit den modifizierten Optimierungsparametern erneut zu optimieren, um eine Verbesserung des Heißeinsatzverhältnisses gemäß dem Gesamtoptimierungsziel und/oder der durchschnittlichen Speicherzeit im Zwischenlager 12 zu verbessern. Mit Hilfe der von dem Koordinierungsprozess 16 modifizierten Optimierungsparameter erstellt der Schmelzhütten-Optimierungsprozess in Schritt S5 einen neuen Chargenplan. Im Wesentlichen gleichzeitig oder zeitlich versetzt ordnet der Warmwalzablaufoptimierungsprozess 15

die Zusammensetzung der Warmwalzprogramme abhängig von den modifizierten Optimierungsparametern um.

Die Koordinierung ist im Gegensatz zu der dezentralen Ablaufplanung kein gerichteter Prozess, da in den Produktionsbedingungen die Optimierungsziele nicht festgelegt sind. Der Koordinierungsprozess 16 wird iterativ ausgeführt. In Schritt S6 wird dazu abgefragt, ob das Ergebnis der Koordinierung gemäß dem Gesamtoptimierungsziel ein vorbestimmtes Kriterium erfüllt oder die Anzahl von Iterationen eine bestimmte Begrenzung überschreitet. Ist dies der Fall (Alternative: Ja), wird keine weitere Iteration mehr ausgeführt und das Verfahren beendet. Andernfalls (Alternative: Nein) wird zu Schritt S4 zurückgesprungen.

Figur 3 zeigt ein konkretes Beispiel für die Herstellung von Metallrollen bzw. -spulen aus Rohmaterial. Es veranschaulicht, wie das Heißeinsatzverhältnis mit Hilfe des Koordinierungsprozesses 16 verbessert werden kann. Es wird angenommen, dass der Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozess 14 den Ablaufplan festlegt, so dass eine bestimmte Menge von Chargen in bestimmte Chargengruppen aufgeteilt wird. Eine erste Chargengruppe wird zuerst hergestellt dann eine zweite und eine dritte Chargengruppe. Jede Chargengruppe umfasst fünf Chargen (siehe Zeile 1). Jede Charge umfasst eine Anzahl von Brammen, die nachfolgend in den Warmwalzprozess mit verschiedenen Warmwalzprogrammen gewalzt werden sollen (siehe Zeile 2). Die Beziehung zwischen den Brammen in den Chargen und den Brammen in den Warmwalzprogrammen werden durch die Ziffern „1“, „2“, „3“ und die Pfeile dargestellt. Z.B. wird die erste Charge in der ersten Chargengruppe in dem Warmwalzprogramm 2, die nachfolgenden drei Chargen für das Warmwalzprogramm 1 und die letzte Charge für das Warmwalzprogramm 3 verwendet. Diese Beziehung zwischen der Charge zu den Warmwalzprogrammen ist das Ergebnis des Warmwalzablaufoptimierungsprozesses 14. Wenn die Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 unabhängig voneinander, d.h. ohne den Koordinierungsprozess 16 arbeiten, ist das Ergebnis, dass kein Warmwalzprogramm durchgeführt werden kann, bei dem noch heiße Brammen im Wesentlichen unmittelbar, d.h. ohne nennenswerte Abkühlung unter eine Weiterverarbeitungstemperatur von ca. 1000 °C, von dem Schmelzhüttenprozess 11 dem Warmwalzprozess 13 zugeführt werden können, weil nicht alle für die Durchführung des bestimmten Warmwalzprogramms benötigten



Brammen in dem Zwischenlager 12 innerhalb einer bestimmten Zeitspanne nach ihrer Herstellung in dem Schmelzhüttenprozess 11 zur Verfügung stehen.

Der Koordinierungsprozess 16 triggert den Warmwalzablaufoptimierungsprozess, um die zwei zweiten Chargen, die ursprünglich den Warmwalzprogramm 1 zugewiesen worden sind, dem Warmwalzprogramm 2 zuzuweisen. Mit dieser neuen Zusammenstellung der Warmwalzprogramme ist es möglich, das Warmwalzprogramm 1 und das Warmwalzprogramm 2 so zu betreiben, dass die Brammen in noch heißem Zustand, d.h. ohne Entstehung einer zu großen Zwischenlagerzeit in dem Zwischenlager 12, in dem Warmwalzprozess bearbeitet werden können. Dies ist in der dritten Zeile der Figur 3 durch die Kennzeichnung „H“ dargestellt. Gleichzeitig triggert der Koordinierungsprozess 16 den Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozess 14 an, so dass dieser eine erneute Optimierung des Ablaufplans durchführt. In diesem Beispiel sollte die zweite Chargengruppe vor der ersten und der dritten Chargengruppe nach dem erneuten Optimieren des Ablaufplanes hergestellt werden (siehe Zeile 4). Anschließend kann das Heißeinsatzverhältnis weiter verbessert werden. Alle drei Warmwalzprogramme sind nun so ausgelegt, dass diesem die Chargen in einem noch heißen Zustand zugeführt werden können (siehe Zeile 5). Das Vergleichen der Ergebnisse in diesem Beispiel zeigt, wie der Koordinierungsprozess 16 die Ablaufoptimierungsprozesse 14, 15 gleichzeitig triggern kann, so dass diese eine erneute Optimierung ihres Ablaufplanes durchführen, um das Heißeinsatzverhältnis zu verbessern.

Die vorliegende Erfindung umfasst auch beliebige Kombinationen bevorzugter Ausführungsformen sowie einzelner Ausgestaltungsmerkmale oder Weiterbildungen, sofern diese sich nicht gegenseitig ausschließen.

### Bezugszeichenliste

- |    |                                        |
|----|----------------------------------------|
| 11 | Schmelzhüttenprozess                   |
| 12 | Zwischenlager                          |
| 13 | Warmwalzprozess                        |
| 14 | Schmelzhüttenablaufoptimierungsprozess |
| 15 | Warmwalzoptimierungsprozess            |
| 16 | Koordinierungsprozess                  |

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Koordinieren von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen (11, 13) eines Produktionsprozesses; mit folgenden Schritten:
  - a) Erstellen (S1) eines Produktionsablaufplans einer ersten der Herstellungsstufen (11) gemäß einem ersten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren ersten Optimierungsparametern, um ein erstes Optimierungsergebnis zu erhalten;
  - b) Erstellen (S1) eines Produktionsablaufplans einer zweiten der Herstellungsstufen (13) gemäß einem zweiten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren zweiten Optimierungsparametern, um ein zweites Optimierungsergebnis zu erhalten;
  - c) Bewerten (S2) der Optimierungsergebnisse hinsichtlich eines Gesamtoptimierungsziels;
  - d) Modifizieren (S4) der ersten und zweiten Optimierungsparameter; und
  - e) Wiederholen (S5) des Erstellens der Produktionsablaufpläne der ersten und der zweiten Herstellungsstufe (11, 13) gemäß dem jeweiligen Optimierungsziel basierend auf den modifizierten ersten und/oder zweiten Optimierungsparametern.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schritte c) bis e) solange durchgeführt werden, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Abbruchkriterium einer maximalen Anzahl von Wiederholungen des Erstellens der Produktionsablaufpläne entspricht oder durch ein Erreichen eines vorgegebenen Gesamtoptimierungskriteriums bestimmt ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zwischen den Herstellungsstufen (11, 13) ein Zwischenspeicher (12) zur Aufnahme von Zwischen-

produkten der ersten Herstellungsstufe (11) vorgesehen ist und wobei die zweite Herstellungsstufe (13) die Zwischenprodukte zur Weiterverarbeitung aus dem Zwischenspeicher (12) entnimmt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Gesamtoptimierungsziel die Anzahl der Zwischenprodukte im Zwischenspeicher (12), die Reduzierung der durchschnittlichen Zeitspanne, während der die Zwischenprodukte in dem Zwischenspeicher (12) zwischengespeichert werden, und/oder eine Maximierung eines Verhältnisses, das das Verhältnis der Anzahl von Zwischenprodukten, die ohne Zwischenspeicherung im Zwischenspeicher (12) der zweiten Herstellungsstufe (13) zugeführt werden können, zu der gesamten Anzahl von hergestellten Zwischenprodukten angibt, und/oder die Minimierung des Energieverbrauchs zum Bereithalten der Zwischenprodukte betrifft.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Optimierungsparameter einen oder mehrere der folgenden Parameter umfassen:
  - einen spätesten Fertigstellungstermin einer Charge aus einem oder mehreren Endprodukten der zweiten Herstellungsstufe;
  - der früheste Verfügbarkeitstermin einer Charge,
  - eine Chargenpriorität,
  - eine Gewichtung eines oder mehrerer der Optimierungsziele,
  - eine bevorzugte Reihenfolge der Chargenbearbeitung,
  - minimale, maximale oder gewünschte Größen bestimmter Chargengruppen;
  - eine Priorität der zu produzierenden Endprodukte,
  - einen vorgegebenen Optimierungsparameter.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Optimieren des Produktionsablaufs der ersten und der zweiten Herstellungsstufe (11, 13) jeweils mit einem Optimierungsverfahren durchgeführt wird, das aus der folgenden Gruppe von Optimierungsverfahren ausgewählt wird:
  - ein mathematisches Optimierungsverfahren, insbesondere lineare Programmierung, nichtlineare Programmierung, gemischt-ganzzahlige Programmierung;
  - ein metaheuristisches Optimierungsverfahren, insbesondere basierend auf einem evolutionären Algorithmus, auf einem Partikel-Schwarm-Algorithmus,

auf einer Tabusuche, auf in neuronalen Netzen implementieren Algorithmen, auf Verfahren zur variablen Nachbarschaftssuche und/oder auf einem Ameisenkolonie-Algorithmus,

- ein randomisiertes Optimierungsverfahren
- ein heuristisches Verfahren, insbesondere basierend auf einem gierigen Algorithmus, auf einer Einfügeheuristik, einer Konstruktionsheuristik und/oder einer Einsparungsheuristik;
- ein regelbasierten Verfahren,
- einer Kombination der vorgenannten Verfahren.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Modifizieren der ersten und zweiten Optimierungsparameter durchgeführt wird, indem der Optimierungsparameter mit einer Modifizierungsgröße beaufschlagt wird, die vorgegeben ist oder von einer Prozessgröße mindestens eines der Herstellungsstufen (11, 13) ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die erste Herstellungsstufe einem Schmelzhüttenprozess und die zweite Herstellungsstufe einem Warmwalzprozess entspricht.
10. Vorrichtung zum Koordinieren von zwei aufeinanderfolgenden Herstellungsstufen (11, 13) eines Produktionsprozesses, wobei die Vorrichtung umfasst:
  - eine erste Einrichtung (14) zum Erstellen eines Produktionsablaufplans einer ersten der Herstellungsstufen (11) gemäß einem ersten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren ersten Optimierungsparametern, um ein erstes Optimierungsergebnis zu erhalten;
  - eine zweite Einrichtung (15) zum Erstellen eines Produktionsablaufplans einer zweiten der Herstellungsstufen (13) gemäß einem zweiten Optimierungsziel basierend auf einem oder mehreren zweiten Optimierungsparametern, um ein zweites Optimierungsergebnis zu erhalten;
  - eine Koordinierungseinrichtung (16) zum Bewerten der Optimierungsergebnisse hinsichtlich eines Gesamtoptimierungsziels, zum Modifizieren der ersten und zweiten Optimierungsparameter; und zum Wiederholen des Erstellen eines Produktionsablaufpläne der ersten und der zweiten Herstellungsstufe (11,

13) gemäß dem jeweiligen Optimierungsziel basierend auf den modifizierten ersten und/oder zweiten Optimierungsparametern.

11. Computerprogrammprodukt, das ein Computerprogramm enthält, das, wenn es auf einer Datenverarbeitungseinheit ausgeführt wird, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchführt.

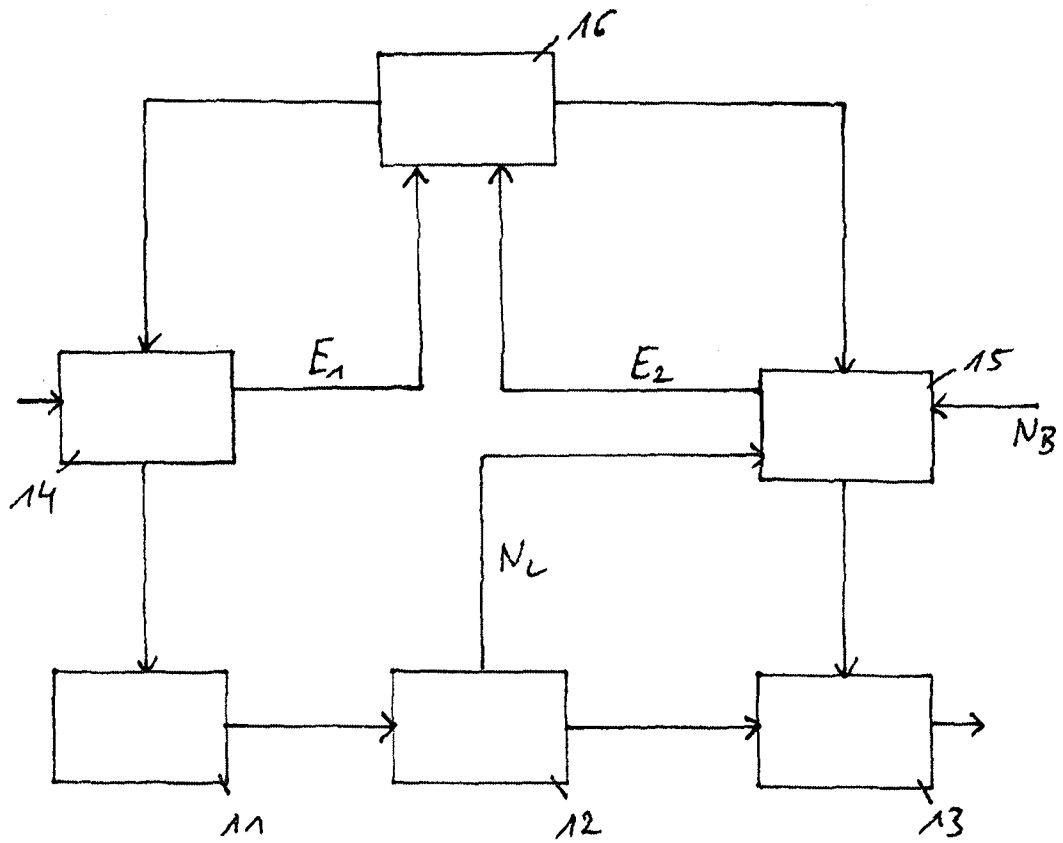


Fig. 1

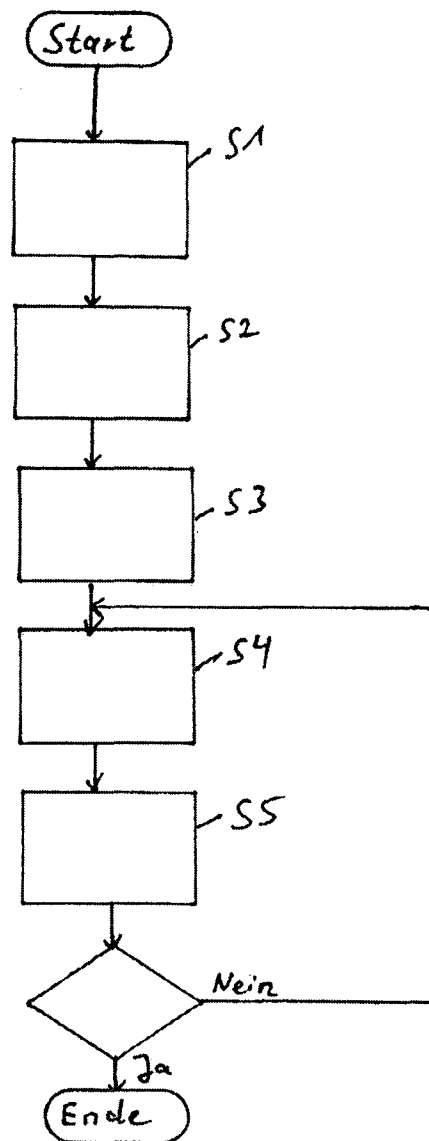


Fig. 2



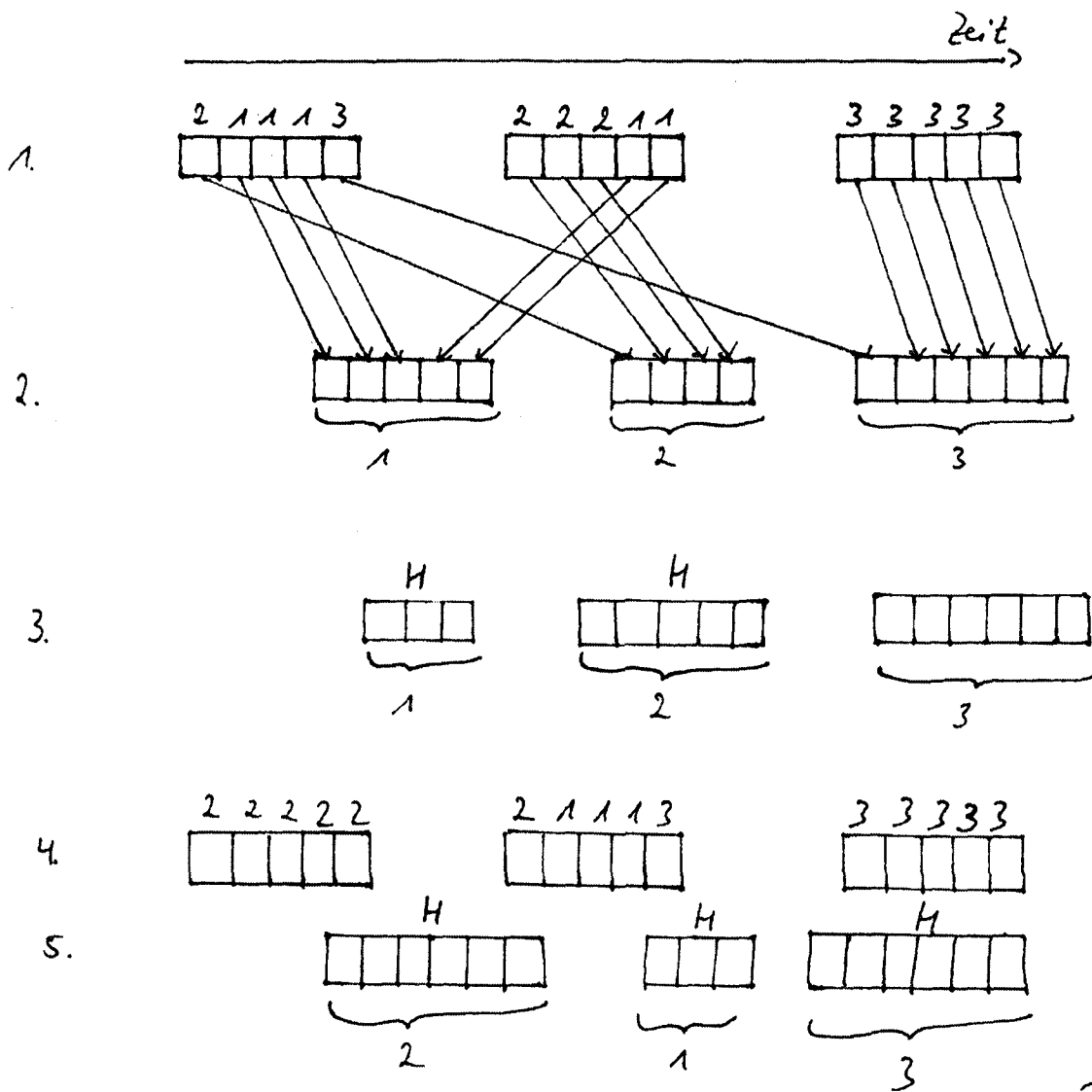


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2011/001027

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G06Q10/00  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G06Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                       | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | DE 10 2007 041424 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 5 March 2009 (2009-03-05)<br>the whole document<br>-----    | 1-11                  |
| X         | DE 101 12 681 A1 (IBM [US])<br>11 October 2001 (2001-10-11)<br>the whole document<br>-----               | 1-11                  |
| X         | DE 10 2007 036325 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 5 February 2009 (2009-02-05)<br>the whole document<br>----- | 1-11                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 July 2011

Date of mailing of the international search report

18/07/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Breidenich, Markus

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/001027

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 102007041424 A1                        | 05-03-2009          | CN 101790746 A             | 28-07-2010          |
|                                           |                     | EP 2195779 A1              | 16-06-2010          |
|                                           |                     | WO 2009030364 A1           | 12-03-2009          |
|                                           |                     | JP 2010537328 A            | 02-12-2010          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 10112681 A1                            | 11-10-2001          | CA 2342579 A1              | 30-09-2001          |
|                                           |                     | US 2003195648 A1           | 16-10-2003          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 102007036325 A1                        | 05-02-2009          | EP 2174275 A1              | 14-04-2010          |
|                                           |                     | WO 2009015885 A1           | 05-02-2009          |
|                                           |                     | WO 2009016485 A2           | 05-02-2009          |
| -----                                     |                     |                            |                     |

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G06Q10/00

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G06Q

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile       | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | DE 10 2007 041424 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 5. März 2009 (2009-03-05)<br>das ganze Dokument<br>-----    | 1-11               |
| X          | DE 101 12 681 A1 (IBM [US])<br>11. Oktober 2001 (2001-10-11)<br>das ganze Dokument<br>-----              | 1-11               |
| X          | DE 10 2007 036325 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 5. Februar 2009 (2009-02-05)<br>das ganze Dokument<br>----- | 1-11               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Juli 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/07/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Breidenich, Markus

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/001027

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 102007041424 A1                                 | 05-03-2009                    | CN 101790746 A                    | 28-07-2010                    |
|                                                    |                               | EP 2195779 A1                     | 16-06-2010                    |
|                                                    |                               | WO 2009030364 A1                  | 12-03-2009                    |
|                                                    |                               | JP 2010537328 A                   | 02-12-2010                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 10112681 A1                                     | 11-10-2001                    | CA 2342579 A1                     | 30-09-2001                    |
|                                                    |                               | US 2003195648 A1                  | 16-10-2003                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102007036325 A1                                 | 05-02-2009                    | EP 2174275 A1                     | 14-04-2010                    |
|                                                    |                               | WO 2009015885 A1                  | 05-02-2009                    |
|                                                    |                               | WO 2009016485 A2                  | 05-02-2009                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |