

(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. Juni 2011 (09.06.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2011/066823 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2010/001425  
(22) Internationales Anmeldedatum: 4. Dezember 2010 (04.12.2010)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 10 2009 057 143.4  
5. Dezember 2009 (05.12.2009) DE

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.

- (72) Erfinder; und  
(71) Anmelder : MEHNERT, Jens [DE/DE]; Buchenweg 38, 08468 Heinsdorfergrund (DE).  
(74) Anwälte: FINDEISEN, Andreas et al.; Pornitzstrasse 1, 09112 Chemnitz (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,

Veröffentlicht:

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ANALYZING THE ENERGY USE DURING THE OPERATION OF A PRODUCTION SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ANALYSE DES ENERGIEEINSATZES BEIM BETRIEB EINES PRODUKTIONSSYSTEMS

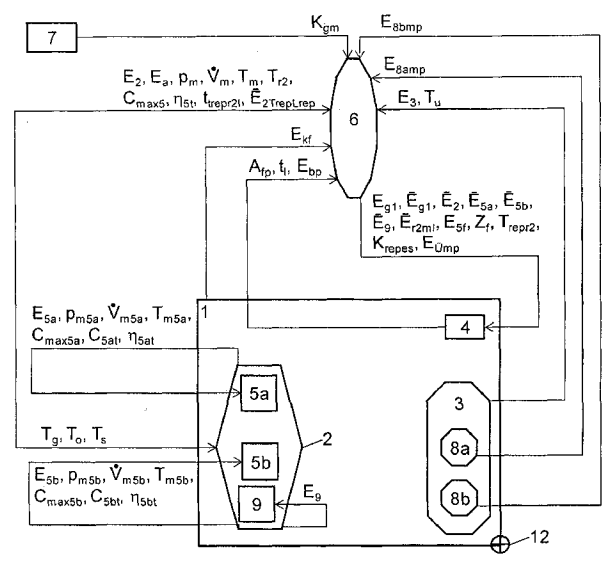


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for analyzing the energy use during the operation of a production system comprising machines and supply technology having an energy demand that can be determined and planning apparatuses for the work orders to be carried out by the machines. The energy-related parameters of the machines are determined and divided into representative load spectra by an energy control unit, energy recovery values to be expected on average depending on the media are assigned to said load spectra, the respective time fractions of the load spectra for possible work order and machine combinations are determined from the work orders to be carried out, and the energy demand per machine for carrying out a work order is determined therefrom. The invention further relates to a device suitable therefor.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Analyse des Energieeinsatzes beim Betrieb eines Produktionssystems bestehend aus Maschinen und Versorgungstechnik mit einem ermittelbaren Energiebedarf sowie Planungseinrichtungen für die durch die Maschinen umzusetzenden Arbeitsaufträge. Hierbei ist vorgesehen, dass durch eine Energiesteuereinheit die energetisch relevanten Parameter der Maschinen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/066823 A2



---

ermittelt und in repräsentative Lastkollektive gegliedert werden, diesen Lastkollektiven medienabhängig durchschnittlich zu erwartende Energierückgewinnungswerte zugeordnet werden, aus den umzusetzenden Arbeitsaufträgen die jeweiligen Zeitanteile der Lastkollektive für mögliche Arbeitsauftrag- und Maschinenkombinationen bestimmt werden und daraus der Energiebedarf je Maschine zur Umsetzung eines Arbeitsauftrages ermittelt wird. Weiterhin wird eine hierfür geeignete Vorrichtung beschrieben.

## **Verfahren und Vorrichtung zur Analyse des Energieeinsatzes beim Betrieb eines Produktionssystems**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Analyse des Energieeinsatzes sowie der Energiekosten beim Betrieb eines Produktionssystems durch Analyse der Energiebedarfe zur Durchführung von Arbeitsaufträgen sowie zur Sicherstellung des Produktionsumfeldes im Rahmen versorgungstechnischer Einrichtungen sowie nachfolgender mehrstufiger Optimierung relevanter Parameter.

In jüngerer Zeit entsteht eine zunehmend wachsende Nachfrage nach Systemen, welche den Energieverbrauch und die Energiekosten von Produktionssystemen reduzieren helfen. So ist es seit langem bekannt, Stromzähler vorzusehen, welche den Energieverbrauch eines gesamten Systems erfassen. Diese Strommesseinrichtungen weisen jedoch den Nachteil auf, dass sie keinen Bezug zu dem tatsächlichen Produktionsablauf, den Umgebungsbedingungen oder der Strombezugszeit herstellen können. Eine Analyse aller in einem Produktionssystem vorhandenen und energetisch relevanten Verbrauchseinrichtungen bezüglich des genutzten Energieträgermediums, des zeitlich erforderlichen Energiebedarfs, einer zeitlichen und räumlichen Beziehung sowie eines Energieaustausches zwischen Produktionseinrichtungen und Gebäudeausrüstungen einschließlich einer Ermittlung geeigneter Energiespeicher oder Energiewandeleinrichtungen für überschüssige Energiemengen, wird bisher nicht umfassend durchgeführt oder in Form einer Verfahrensanweisung beschrieben.

Die Belegungsplanung von Maschinen wird üblicherweise durch Produktionsplanungs- und Produktionssteuerungssysteme unterstützt, die auf Grundlage einer Rückwärtsterminisierung eine Maschinenbelegungsplanung durchführen, wobei das oberste Optimierungsziel der Liefertermin und ein weiteres Belegungskriterium der Maschinenstundensatz ist. Die hierfür bekannten technischen Lösungen umfassen überwiegend umfangreiche Grund- und Erweiterungsoptionen zur Gestaltung kundenspezifischer Lösungen. Zusätzlich dienen Funktionen im Bereich einer serviceorientierten Architektur einer optimalen Verzahnung eingesetzter Module. Allerdings ist auch diesbezüglich eine Einbindung von Parametern des Energieverbrauchs in den Prozess nicht bekannt.

WO 2006 / 090 132 A3 beschreibt ein Verfahren zur Beurteilung der Energieeffizienz von Gebäuden. Es wird weder das im Gebäude befindliche Produktionssystem noch ein Energieaustausch zwischen Gebäudeausrüstungen und Produktionseinrichtungen berücksichtigt.

DE 10 2007 062 058 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Analyse des Energieverbrauchs einer Maschine. Im Mittelpunkt steht dabei eine genaue Analyse von Maschinen, um diese hinsichtlich ihres Energieverbrauchs strukturieren und verbessern zu können. Eine über die Vorgänge einer Maschine hinausgehende Betrachtung von energetischen Verbrauchern erfolgt ebenso wenig wie eine zusammengeführte energetische Betrachtung von Maschinen und Gebäudeausrüstungen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Analyse des Energieeinsatzes sowie der Energiekosten beim Betrieb eines Produktionssystems zu schaffen.

Die Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen als Unteransprüche benannt werden. Zur Durchführung des Verfahrens wird eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 6 vorgeschlagen.

In einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Analyse des Energieeinsatzes sowie der Energiekosten beim Betrieb eines Produktionssystems bilden Maschinen und Versorgungstechnik mit einem ermittelbaren Energiebedarf sowie Planungseinrichtungen für die durch die Maschinen umzusetzenden Arbeitsaufträge die Elemente des Produktionssystems. Durch eine Energiesteuereinheit werden energetisch relevante Parameter der Maschinen, wie der Energiebedarf von Antrieben, bereitzustellende Mediendrücke oder Medienvolumenströme sowie einzustellende Temperaturen ermittelt und in repräsentative Lastkollektive gegliedert. Dabei wird als „Lastkollektiv“ eine Klasse von Betriebszuständen einer Maschine verstanden, wobei diese Betriebszustände insbesondere durch eine aufgenommene elektrische Leistung mit zugeordneten Volumenströmen, Temperaturen, Drücken, Drehzahlen, Stromstärken und Frequenzen charakterisiert werden. Derartige Lastkollektive bilden nachfolgend die Grundlage, um ihnen medienabhängig durchschnittlich zu erwartende Energierückgewinnungswerte bezogen auf die jeweiligen Elemente zuordnen zu können.

Mit dem Begriff „Versorgungstechnik“ werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere Heizungsanlagen, Anlagen zur Warmwasseraufbereitung, Klimatisierungseinrichtungen und Druckluftstationen bezeichnet.

Mit dem Begriff „medienabhängig“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung folgendes verstanden: Zum Betrieb von Maschinen wird sich unterschiedlichster Medien zur Bereitstellung oder Verbesserung gewünschte Funktionen bedient. Dabei kann eine Unterteilung in Elektrizität, flüssige oder gasförmige Medien vorgenommen werden. Das Medium Elektrizität ist durch die Parameter Spannung, Stromstärke, Leistung und Frequenz gekennzeichnet. Flüssige Medien werden durch die Parameter Druck, Volumenstrom, Dichte und Temperatur bestimmt. Im Rahmen der Erfindung erfolgt zusätzlich eine Betrachtung des flüssigen Stoffes in Bezug auf dessen Zusammensetzung (Zusatz von Ölen [bspw. bei Kühl-Schmierstoffen], Fungiziden [bspw. bei Kühl-Schmierstoffen, Kühlmitteln für elektrische Antriebe], Frostschutz [bspw. bei Kühlmitteln für elektrische Antriebe]) sowie dessen Filterfeinheit (Partikelgrößen abgestuft von 0,1 mm bis 10µm). Gasförmige Medien werden ebenfalls durch die Parameter Druck, Volumenstrom, Dichte und Temperatur bestimmt. Im Rahmen der Erfindung erfolgt zusätzlich eine Betrachtung des gasförmigen Stoffes in Bezug auf dessen Reinheit (Zusammensetzung), wobei ölnebelhaltige (bspw. Arbeitsraumabsaugung bei einer Maschine mit Kühl-Schmierstoffen), partikelhaltige (bspw. Arbeitsraumabsaugung bei einer Laser- oder Ausbrennmaschine für Stahlblech) oder wassernebelhaltige (bspw. Arbeitsraumabsaugung bei einer Waschmaschine) anzutreffen sind. Somit ist eine medienabhängige Beurteilung des energetischen Potentials (vgl. Parameter) im Betrachtungsgebiet allein nicht ausreichend. Erst die Zusammensetzung gibt Aufschluss über technisch sinnvolle Möglichkeiten einer geeigneten energetischen Nutzung (Wärmeaustausch, Wärmespeicherung, Umkehrbarkeit von Funktionen im Sinne von Rückspeisung).

Eine Planungseinrichtung stellt die periodenbezogen umzusetzenden Arbeitsaufträge bereit. Anschließend können auf dieser Grundlage die jeweiligen Zeitanteile der Lastkollektive periodenabhängig für Arbeitsauftrag und Maschinenkombinationen bestimmt werden, woraus die Energiesteuereinheit den Energiebedarf jeder geeigneten Maschine zur Umsetzung eines Arbeitsauftrages ermitteln kann.

Als vorteilhafte Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass die Energiesteuereinheit die ermittelten Energiebedarfe jeder Maschine zur Umsetzung eines Arbeitsauftrages speichert und daraus eine Prioritätsreihenfolge in Form eines Vorzugsgraphen entsprechend den jeweils berechneten Energieaufwänden bildet.

Dabei wird mit dem Begriff „Vorzugsgraph“ im Rahmen der vorliegenden Erfindung folgendes verstanden: Aus dem Stand der Technik geht hervor, dass in der Regel mindestens zwei Kriterien zur Festlegung des Arbeitsplatzes zur Umsetzung eines Arbeitsauftrages durch

eine Steuereinheit berücksichtigt werden. Dabei kann der Anwender in der Regel diese Kriterien mit Gewichtungen versehen (beispielsweise 70 % Liefertermintreue, 30 % Maschinenstundensatz). Der auf dieser Grundlage stattfindende Optimierungslauf eines ERP/ PPS- Systems erzeugt auf dieser Grundlage eine Zuordnung von Arbeitsplätzen für einen Arbeitsauftrag. Diese Zuordnung kann als Vorzugsgraph bezeichnet werden (Ergebnis einer mehrkriteriellen Optimierung). Die Erfindung bindet zusätzlich den Parameter „Energieverbrauch“ ein. Dadurch besitzt das Optimierungsergebnis, der Vorzugsgraph, auch eine Einbindung des Energieverbrauchs bei der Zusammenführung von Maschinen zu den Prozessschritten im Arbeitsauftrag. Im Ergebnis entsteht als betriebliches Dokument ein Arbeitsplan. Ein Arbeitsplan beschreibt den Durchlauf eines Produktes vom Rohmaterial über verschiedene Arbeitsvorgänge und Fertigungseinrichtungen bis hin zum fertigen Produkt. Für jeden Arbeitsvorgang werden die Details der Tätigkeiten in den maschinellen Einrichtungen spezifiziert und oftmals mit weiteren organisatorischen Informationen ergänzt, wie die veranschlagten Rüstzeiten, Stückzeiten, den Fertigungskostenstellen und Fertigungseinrichtungen. Er nennt auch zu verwendende Arbeitsmittel und Material wie Messmittel, Vorrichtungen und Sonderwerkzeuge. Im Gegensatz zur Stückliste, die dokumentiert woraus ein neues Teil (als allgemeiner Begriff für Einzelteil, Baugruppe und Erzeugnis) hergestellt wird, dokumentiert der Arbeitsplan die Arbeitsschritte zur Fertigung des Produkts. Arbeitsplan und Stückliste sind aber in dem Sinne gekoppelt, als für jeden Arbeitsvorgang des Arbeitsplans auf die Menge der benötigten Rohmaterialien, Halbzeuge oder Baugruppen und deren allfälligen Stücklistenspezifikationen Bezug genommen wird.

Der Vorzugsgraph wird an die Planungseinrichtung übermittelt, welche die derart abgebildeten Energiebedarfe kostenseitig bewertet und nachfolgend die Zuordnung der Arbeitsaufträge zu den Maschinen unter Nutzung der Energiebedarfe vornimmt. Es besteht die Vorgabe, die Arbeitsaufträge der Maschine zuzuordnen, welche den kleinsten Wert für den Energiebedarf im Vergleich zu anderen Maschinen aufweist. Weiterhin übernimmt die Energiesteuereinheit die kostenseitige Bewertung einschließlich der nachfolgenden Auftragszuordnung, wodurch lediglich die derart ermittelten Werte an Planungseinrichtungen des Produktionssystems zu übertragen sind.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Energiekosten je Periode und Medium bestimmt und die Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge daraufhin so vorgenommen wird, dass energieintensive Arbeitsaufträge in Perioden mit niedrigen Energiekosten eingeordnet werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass durch eine Energiesteuereinheit oder eine Planungseinrichtung Perioden mit energieintensiven Arbeitsaufträgen bestimmt werden. Anschließend erfolgt mit einer Energieplanungseinheit ein periodenabhängiger Energiekostenabgleich, in dessen Ergebnis die Energiesteuereinheit oder eine Planungseinrichtung die zeitliche Abarbeitungsreihenfolge dieser Arbeitsaufträge in der Art vornimmt, dass die energieintensiven Arbeitsaufträge in Perioden mit niedrigen Energiekosten gelegt werden.

Es werden die zu erwartende Energiebilanz je Periode für die Maschinen und Versorgungstechnik sowie die prognostizierbaren Werte für die Energiebedarfe für Überbeziehungsweise Unterdeckungsperioden bestimmt und daraus wird eine medienabhängige Verbindungsstruktur der Maschinen untereinander sowie von Maschinen und Versorgungstechnik festgelegt. Auf dieser Grundlage erfolgt eine Überprüfung, ob bei Nutzung der ermittelten Verbindungsstruktur die zu erwartenden Werte für die Energiebedarfe für Überbeziehungsweise Unterdeckungsperioden um mehr als fünf Prozent differieren. Bei Feststellung, dass eine Differenz von mehr als fünf Prozent zu erwarten ist, werden zusätzliche medienspezifische Energiespeichereinheiten bestimmt und in die Anordnungsverhältnisse mit minimalen Längen zur Medienübertragung eingebunden. Weiterführend wird durch die Energiesteuereinheit außentemperaturabhängig der Energiebedarf der Versorgungstechnik je Medium und Periode bestimmt sowie die Energieüberschüsse je Medium und Periode aus der Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge je Maschine ermittelt und ein medienspezifischer Energieaustausch zwischen den Maschinen sowie den Maschinen und der Versorgungstechnik in der Art vorgenommen, dass der Gesamtenergiebedarf des Produktionssystems minimal wird.

Weiterhin ist vorgesehen, dass durch die Energiesteuereinheit der außentemperaturabhängige Energiebedarf der Versorgungstechnik je Medium und Periode bestimmt wird sowie die Energieüberschüsse je Medium und Periode aus der vorab geplanten Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge je Maschine ermittelt werden und diese vorab geplante Abarbeitungsreihenfolge in der Art korrigiert wird, dass der Gesamtenergiebedarf des Produktionssystems minimal wird.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst eine Energiesteuereinheit, die mit den Elementen des Produktionssystems in Verbindung steht, Zustandsdaten dieser Elemente kontinuierlich erfasst und mit einer Planungseinrichtung und/oder einer Energieplanungseinheit verbunden ist. Diese Verbindungen erfolgen drahtlos und/oder über ein internes Netzwerk und/oder das Internet. Ebenso können die Elemente des

Produktionssystems nach einem von der Energiesteuereinheit ausgegebenen Schema verbunden und diese Verbindungen durch die Energiesteuereinheit mit Hilfe von Absperrvorrichtungen getrennt werden.

Der Vorteil der Erfindung besteht im Wesentlichen darin, dass eine ganzheitliche Energiebilanz für das Produktionssystem unter Beachtung der jeweiligen Auslastungssituation erstellt und durch einen mehrstufigen Verfahrensablauf der erforderliche Energieaufwand zuerst verringert, dann verlagert, nachfolgend gespeichert und erst abschließend in eine andere Energieform umgewandelt wird. Es erfolgt eine Einbindung energetischer Verbrauchsparameter in das Scheduling für die Reihenfolgebildung für die abzuarbeitenden Arbeitsaufträge sowie in die Planungsvorgaben für die Schichtbelegung. Diese Funktionen, die bei den derzeit verfügbaren ERP-Systemen nicht vorhanden sind, ermöglichen den Anwendern erstmals die Einbindung von Energieverbrauchsdaten in den Auswahlprozess zur Festlegung des Arbeitsplatzes (welche Maschine den Arbeitsauftrag umsetzen soll) und in der Folge eine aufwandsarme Verringerung des Energieverbrauches sowie der Energiebezugskosten.

Für eine Umsetzung werden vordergründig die vorhandenen Elemente des Produktionssystems in einer vorteilhaften Weise miteinander verknüpft. Die Erfindung kann beispielsweise zur Senkung des Energieverbrauches und der Energiebezugskosten für Produktionssysteme im Maschinenbau oder der Kraftfahrzeugindustrie genutzt werden.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

Fig. 2 den Ablauf der Informationsgewinnung, -verarbeitung und -ausgabe zwischen den Elementen eines Produktionssystems gemäß einer bevorzugten Ausführungsform

Figur 1 zeigt den beispielhaften Aufbau der Vorrichtung in einem ersten Ausführungsbeispiel. Darin stellen die durchgehend dünn gezeichneten Linien Daten- beziehungsweise Steuerleitungen und die dicker gezeichneten unterbrochenen Linien Medienleitungen dar.

Die Vorrichtung betrifft ein Produktionssystem 1, bestehend aus einer Maschine 2 (zum Beispiel eine Drehmaschine), Versorgungstechnik 3 (beispielsweise eine Heizungsanlage



mit Luftschleiersystem an den Hallentoren), einer Planungseinrichtung 4, einer Energiespeichereinheit 10 (zum Beispiel ein Warmwasserboiler) und einer Energiewandeleinrichtung 11 (beispielsweise eine Wärmepumpe).

Die Maschine 2 weist eine Temperierungseinrichtung 5a und eine Temperierungseinrichtung 5b sowie eine Antriebseinrichtung 9 (beispielsweise ein Elektromotor) auf. Die Versorgungstechnik 3 weist eine Temperierungseinrichtung 8a und eine Temperierungseinrichtung 8b auf. Die Temperierungseinrichtung 5a der Maschine 2 ist durch eine Medienleitung, in welche das Absperrventil 13 eingebunden ist, mit der Energiespeichereinheit 10 verbunden. Die Temperierungseinrichtung 5b der Maschine 2 ist durch eine Medienleitung, in welche das Absperrventil 14 eingebunden ist, mit der Energiewandeleinrichtung 11 verbunden. Die Maschine 2 ist durch eine Medienleitung, in welche das Absperrventil 15 eingebunden ist, mit der Temperierungseinrichtung 8b der Versorgungstechnik 3 verbunden. Die Energiespeichereinheit 10 ist durch eine Medienleitung, in welche das Absperrventil 16 eingebunden ist, mit der Energiewandeleinrichtung 11 verbunden. Der Referenzpunkt 12 befindet sich im unteren Bereich des Produktionssystems 1. Die Energiesteuereinheit 6 ist mit Hilfe von Datenleitungen beziehungsweise Steuerleitungen mit dem Produktionssystem 1, der Maschine 2, der Versorgungstechnik 3, der Planungseinrichtung 4, der Temperierungseinrichtung 8a und der Temperierungseinrichtung 8b der Versorgungstechnik 3, der Energiespeichereinheit 10, der Energiewandeleinrichtung 11, der Energieplanungseinheit 7 (z.B. die Energiekontrollereinrichtung eines Kraftwerkes) sowie den Absperrventilen 13 bis 16 verbunden. Die Temperierungseinrichtungen 5a und 5b sowie die Antriebseinrichtung 9 sind mit der nicht dargestellten Steuerung der Maschine 2 verbunden.

In Fig. 2 ist eine vorteilhafte Verfahrensweise dargestellt. Nach dem Auslösen einer Anforderung zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahrensweise zur Analyse des Energieeinsatzes sowie der Energiekosten beim Betrieb eines Produktionssystems 1 durch eine wie oben beschriebene Vorrichtung, bilden eine Maschine 2, Versorgungstechnik 3 mit einem ermittelbaren Energiebedarf sowie eine Planungseinrichtung 4 zur Beschreibung und Optimierung der durch die Maschine 2 umzusetzenden Arbeitsaufträge die Elemente des Produktionssystems 1. Durch eine Energiesteuereinheit 6 werden energetisch relevante und einstellbare Parameter der Maschine 2, wie der Energiebedarf der Antriebseinrichtung 9, bereitzustellende Mediendrücke oder Medienvolumenströme sowie einzustellende Temperaturen der Temperierungseinrichtungen 5a und 5b ermittelt und in repräsentative Lastkollektive gegliedert. Diese Lastkollektive bilden nachfolgend die Grundlage, um ihnen medienabhängig durchschnittlich zu erwartende Energierückgewinnungswerte zuordnen zu

können. Die Planungseinrichtung 4 stellt die periodenbezogen umzusetzenden Arbeitsaufträge bereit. Anschließend können auf dieser Grundlage die jeweiligen Zeitanteile der Lastkollektive periodenabhängig für Arbeitsauftrag und Maschinenkombinationen bestimmt werden, woraus die Energiesteuereinheit 6 den Energiebedarf der Maschine 2 zur Umsetzung eines Arbeitsauftrages ermittelt.

Durch den nächsten Verfahrensschritt werden repräsentative Arbeitsraumtemperaturen der Maschine 2 in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur und unter Einbeziehung der jeweiligen Nutzungsbedingungen ermittelt sowie untere und obere Temperaturgrenzwerte vorgegeben. Auf der Grundlage dieser repräsentativen Arbeitsraumtemperaturen werden die jeweiligen Temperaturvorgaben als einzustellende Sollwerte für die Temperierungseinrichtungen 5a und 5b der Maschine 2 in der Art bestimmt, dass eine minimale Temperaturdifferenz zwischen Umgebungstemperatur und Arbeitsraumtemperatur der Maschine 2 einzustellen ist.

Der nächste Verfahrensschritt ist dadurch gekennzeichnet, dass durch die Energiesteuereinheit 6 der erforderliche maschinenspezifische Energiebedarf beim Betrieb des Produktionssystems 1 für häufig auftretende Lastkollektive bis zum Erreichen der vorgegebenen repräsentativen Arbeitsraumtemperatur in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur sowie die durchschnittlich erforderlichen maschinenspezifischen Energiebedarfe mit erreichter repräsentativer Arbeitsraumtemperatur für häufig auftretende Lastkollektive bestimmt und an die Planungseinrichtung 4 übertragen werden. Aus diesen maschinenspezifischen Energiebedarfen ermittelt dann die Planungseinrichtung 4 die zeitliche Abarbeitungsreihenfolge von Arbeitsaufträgen innerhalb vorgegebener Perioden für die Maschine 2, bei welcher der Energiebedarf minimal ist.

Innerhalb des nächsten Verfahrensschrittes wird ein Referenzpunkt 12 im Produktionssystem 1 festgelegt, um die geometrischen Anordnungsverhältnisse der Maschine 2 und der Versorgungstechnik 3 zu bestimmen. Anschließend werden die zu erwartende Energiebilanz je Periode für die Maschine 2 und die Versorgungstechnik 3 sowie die prognostizierbaren Werte für die Energiebedarfe für Über- beziehungsweise Unterdeckungsperioden bestimmt. Im Ergebnis wird eine medienabhängige Verbindungsstruktur gebildet, welche die Maschine 2 mit der Temperierungseinrichtung 8b durch eine Medienleitung mit einem Absperrventil 15 verbindet und die Temperierungseinrichtung 5a der Maschine 2 durch eine Medienleitung, in welche das Absperrventil 13 eingebunden ist, mit der Energiespeichereinheit 10 zusammenführt sowie die Temperierungseinrichtung 5b der Maschine 2 durch eine Medienleitung, in welche das

Absperrventil 14 eingebunden ist, mit der Energiewandeleinrichtung 11 verbindet. Die Energiespeichereinheit 10 steht durch eine Medienleitung, in welche das Absperrventil 16 eingebunden ist, mit der Energiewandeleinrichtung 11 in Verbindung.

Auf dieser Grundlage erfolgt durch die Energiesteuereinheit 6 eine Überprüfung, ob bei Nutzung der beschriebenen Verbindungsstruktur die zu erwartenden Werte für die Energiebedarfe für Über- beziehungsweise Unterdeckungsperioden um mehr als fünf Prozent differieren. Für derartige Verhältnisse wurde eine zusätzliche medienspezifische Energiespeichereinheit 10 bestimmt und in die Anordnungsverhältnisse mit einer minimalen Länge der Medienleitung eingebunden. Weiterführend wird durch die Energiesteuereinheit 6 außentemperaturabhängig der Energiebedarf der Versorgungstechnik 3 je Medium und Periode bestimmt sowie die Energieüberschüsse je Medium und Periode aus der Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge der Maschine 2 ermittelt und ein medienspezifischer Energieaustausch zwischen der Maschine 2 und der Versorgungstechnik 3 so vorgenommen, dass der Gesamtenergiebedarf des Produktionssystems 1 minimal wird.

Der darauf folgende Verfahrensschritt ist dadurch gekennzeichnet, dass durch die Energiesteuereinheit 6 der außentemperaturabhängige Energiebedarf der Versorgungstechnik 3 je Medium und Periode bestimmt sowie die Energieüberschüsse je Medium und Periode aus der vorab geplanten Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge der Maschine 2 ermittelt und diese vorab geplante Abarbeitungsreihenfolge in der Art korrigiert wird, dass sich der Gesamtenergiebedarf des Produktionssystems 1 minimiert.

Für das Produktionssystem 1 werden durch die Energiesteuereinheit 6 periodenbezogen repräsentative Auslastungsklassen aus den Lastkollektiven unter Beachtung deren zeitlichen Anteils je Periode gebildet und diesen Auslastungsklassen medienabhängige Energieüberschüsse zugeordnet sowie nachfolgend aus den derart ermittelten Energieüberschüssen die zu erwartenden periodenabhängigen Werte für die maximale Energierückspeisung je Medium bestimmt. Anschließend wird durch die Energiesteuereinheit 6 ein Energiebilanzwert in Form eines Differenzwertes zwischen den zu erwartenden medienabhängigen Energieüberschüssen und den Werten für die maximale Energierückspeisung gebildet. Die Bewertung erfolgt in der Art, dass durch die Energiesteuereinheit 6 die Bestimmung des Kostenpotentials für den verbleibenden Energiebilanzwert durch Abfrage bei der Energieplanungseinheit 7 durchgeführt wird. Daraufhin ist eine Energiewandeleinrichtung 11 ermittelt und in die medienabhängige Verbindungsstruktur eingebunden worden.

### Bezugszeichenliste

1	Produktionssystem
2	Maschine
3	Versorgungstechnik
4	Planungseinrichtung
5a	Temperierungseinrichtung der Maschine
5b	Temperierungseinrichtung der Maschine
6	Energiesteuereinheit
7	Energieplanungseinheit
8a	Temperierungseinrichtung der Versorgungstechnik
8b	Temperierungseinrichtung der Versorgungstechnik
9	Antriebseinrichtung einer Maschine
10	Energiespeichereinheit
11	Energiewandeleinrichtung
12	Referenzpunkt
13	Absperrventil der Medienleitung zwischen Temperierungseinrichtung der Maschine 5a und Energiespeichereinheit 10
14	Absperrventil der Medienleitung zwischen Temperierungseinrichtung der Maschine 5b und Energiewandeleinrichtung 11
15	Absperrventil der Medienleitung zwischen Maschine 2 und Temperierungseinrichtung der Versorgungstechnik 8b
16	Absperrventil der Medienleitung zwischen Energiespeichereinheit 10 und Energiewandeleinrichtung 11
A	Arbeitsauftrag
$A_{fp}$	Arbeitsaufträge (f) für Periode (p)
E	Energiebedarf
$E_{gs}$	Gesamtenergiebedarf (g) eines Produktionssystems (s)
$\bar{E}_{gs}$	Gemittelter Gesamtenergiebedarf (g) eines Produktionssystems (s)
$E_k$	Energiebedarf einer Maschine (k)
$\bar{E}_k$	Gemittelter Energiebedarf einer Maschine (k)
$\bar{E}_{kTrepLrep}$	Gemittelter Energiebedarf einer Maschine (k) bei repräsentativer

	Arbeitsraumtemperatur ( $T_{rep}$ ) und repräsentativen Lastkollektiven ( $L_{rep}$ )
$E_a$	Energiebedarf eines Antriebes (a)
$\bar{E}_a$	Gemittelter Energiebedarf eines Antriebes (a)
$E_{kf}$	Energiebedarf einer Maschine (k) zur Umsetzung des Arbeitsauftrages (f)
$E_h$	Energiebedarf der Versorgungstechnik (h)
$E_{nmp}$	Energiebedarf der Versorgungstechnik (h) je Medium (m) und Periode (p)
$E_{bp}$	Energiebilanz (b) für Periode (p)
$\bar{E}_{rkml}$	Gemittelter Energierückgewinnungswert (r) einer Maschine (k) für Medium (m) und Lastkollektiv (l)
$E_{Ükmp}$	Energieüberschuss einer Maschine (k) für Medium (m) und Periode (p)
$\rho_m$	Druck des Mediums (m)
$\dot{V}_m$	Volumenstrom des Mediums (m)
L	Lastkollektiv
$L_{rep}$	Repräsentatives (rep) Lastkollektiv
$t_l$	Zeitanteil für Lastkollektiv (l)
$t_{treprkl}$	Zeitanteil (t) bis zum Erreichen der repräsentativen (rep) Arbeitsraumtemperatur (r) einer Maschine (k) für Lastkollektiv (l)
$T_m$	Temperatur des Mediums (m)
$T_{rk}$	Arbeitsraumtemperatur (r) einer Maschine (k)
$T_{reprk}$	Repräsentative (rep) Arbeitsraumtemperatur (r) einer Maschine (k)
$T_u$	Umgebungstemperatur (u)
$T_g$	Unterer Temperaturgrenzwert (g)
$T_o$	Oberer Temperaturgrenzwert (o)
$T_s$	Temperatursollwert (s)
$T_{erwT}$	Erwartete (erw) Außentemperatur (T)
C	Energiespeicherkapazität
$C_{max}$	Maximale Energiespeicherkapazität
$C_{gt}$	Energiespeicherkapazität einer Energiespeichereinrichtung (g) für Zeitraum (t)
$\eta_{bt}$	Wirkungsgrad einer Energiespeichereinrichtung (g) für Zeitraum (t)
$K_{gm}$	Energiekosten für Periode (p) und Medium (m)
$Z_f$	Abarbeitungsreihenfolge für Arbeitsauftrag (f)
$K_{repes}$	Repräsentative (rep) Auslastungsklasse (e) für ein Produktionssystem (s)

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Analyse des Energieeinsatzes beim Betrieb eines Produktionssystems, bestehend aus Maschinen und Versorgungstechnik mit einem ermittelbaren Energiebedarf sowie Planungseinrichtungen für die durch die Maschinen umzusetzenden Arbeitsaufträge, dadurch gekennzeichnet,

dass durch eine Energiesteuereinheit die energetisch relevanten Parameter der Maschinen ermittelt und in repräsentative Lastkollektive gegliedert werden, diesen Lastkollektiven medienabhängig durchschnittlich zu erwartende Energierückgewinnungswerte zugeordnet werden, aus den umzusetzenden Arbeitsaufträgen die jeweiligen Zeitanteile der Lastkollektive für mögliche Arbeitsauftrag- und Maschinenkombinationen bestimmt werden und daraus der Energiebedarf je Maschine zur Umsetzung eines Arbeitsauftrages ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass die Energiesteuereinheit die ermittelten Energiebedarfe je Maschine zur Umsetzung eines Arbeitsauftrages speichert und daraus eine Prioritätsreihenfolge in Form eines Vorzugsgraphen entsprechend den jeweils berechneten Energieaufwänden bildet und/oder die ermittelten Energiebedarfe kostenseitig bewertet und daraus die Arbeitsaufträge der Maschine zuordnet, welche den kleinsten Wert für den Energiebedarf im Vergleich zu anderen Maschinen aufweist und/oder die ermittelten Werte an Planungseinrichtungen des Produktionssystems überträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass die Energiekosten je Periode und/oder Medium bestimmt und die Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge daraufhin so vorgenommen wird, dass energieintensive Arbeitsaufträge in Perioden mit niedrigen Energiekosten eingeordnet werden und/oder dass eine Energiesteuereinheit Perioden mit energieintensiven Arbeitsaufträgen bestimmt und mit einer Energieplanungseinheit die zeitliche Abarbeitungsreihenfolge dieser Arbeitsaufträge vornimmt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass der Energiebedarf der Versorgungstechnik je Medium und Periode und/oder zu erwartender Außentemperatur bestimmt wird sowie die Energieüberschüsse je Medium und

Periode aus der Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge je Maschine ermittelt werden und ein medienspezifischer Energieaustausch zwischen den Maschinen und/oder den Maschinen und der Versorgungstechnik in der Art vorgenommen wird, dass der Gesamtenergiebedarf des Produktionssystems minimal ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Energiebedarf der Versorgungstechnik je Medium und Periode und/oder zu erwartender Außentemperatur bestimmt wird sowie die Energieüberschüsse je Medium und Periode aus der vorab geplanten Abarbeitungsreihenfolge der Arbeitsaufträge je Maschine ermittelt werden und diese vorab geplante Abarbeitungsreihenfolge in der Art korrigiert wird, dass der Gesamtenergiebedarf des Produktionssystems minimal ist.

6. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens gemäß Anspruch 1 zur Analyse des Energieeinsatzes beim Betrieb eines Produktionssystems bestehend aus Maschinen und Versorgungstechnik mit einem ermittelbaren Energiebedarf sowie Planungseinrichtungen für die durch die Maschinen umzusetzenden Arbeitsaufträge, dadurch gekennzeichnet, dass eine Energiesteuereinheit mit den Elementen des Produktionssystems in Verbindung steht und die Zustandsdaten dieser Elemente kontinuierlich erfasst und mit einer Planungseinrichtung und/oder einer Energieplanungseinheit verbunden ist, wobei die Verbindungen drahtlos und/oder über ein internes Netzwerk und/oder das Internet erfolgen und/oder die Elemente des Produktionssystems nach einem von der Energiesteuereinheit ausgegebenen Schema verbunden sind und diese Verbindungen durch die Energiesteuereinheit mit Hilfe von Absperreinrichtungen getrennt werden können.

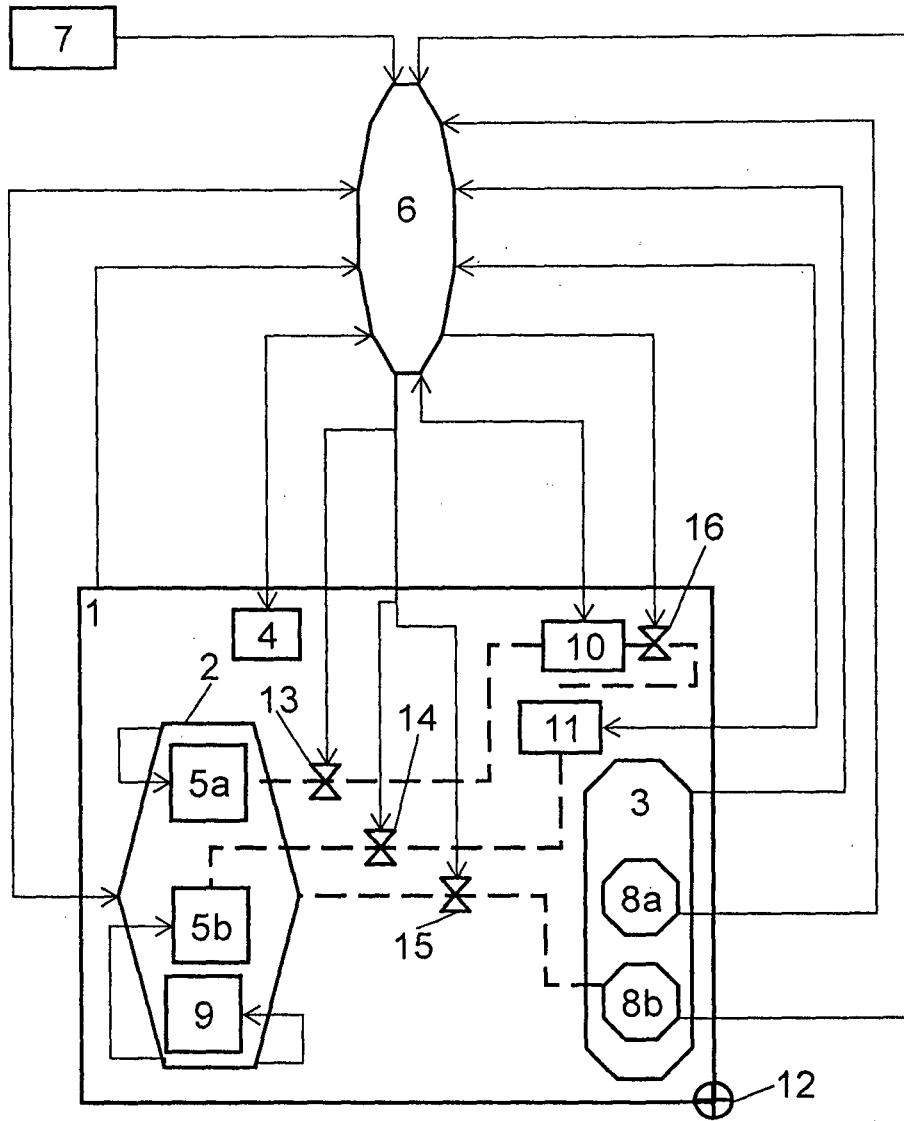


Fig. 1



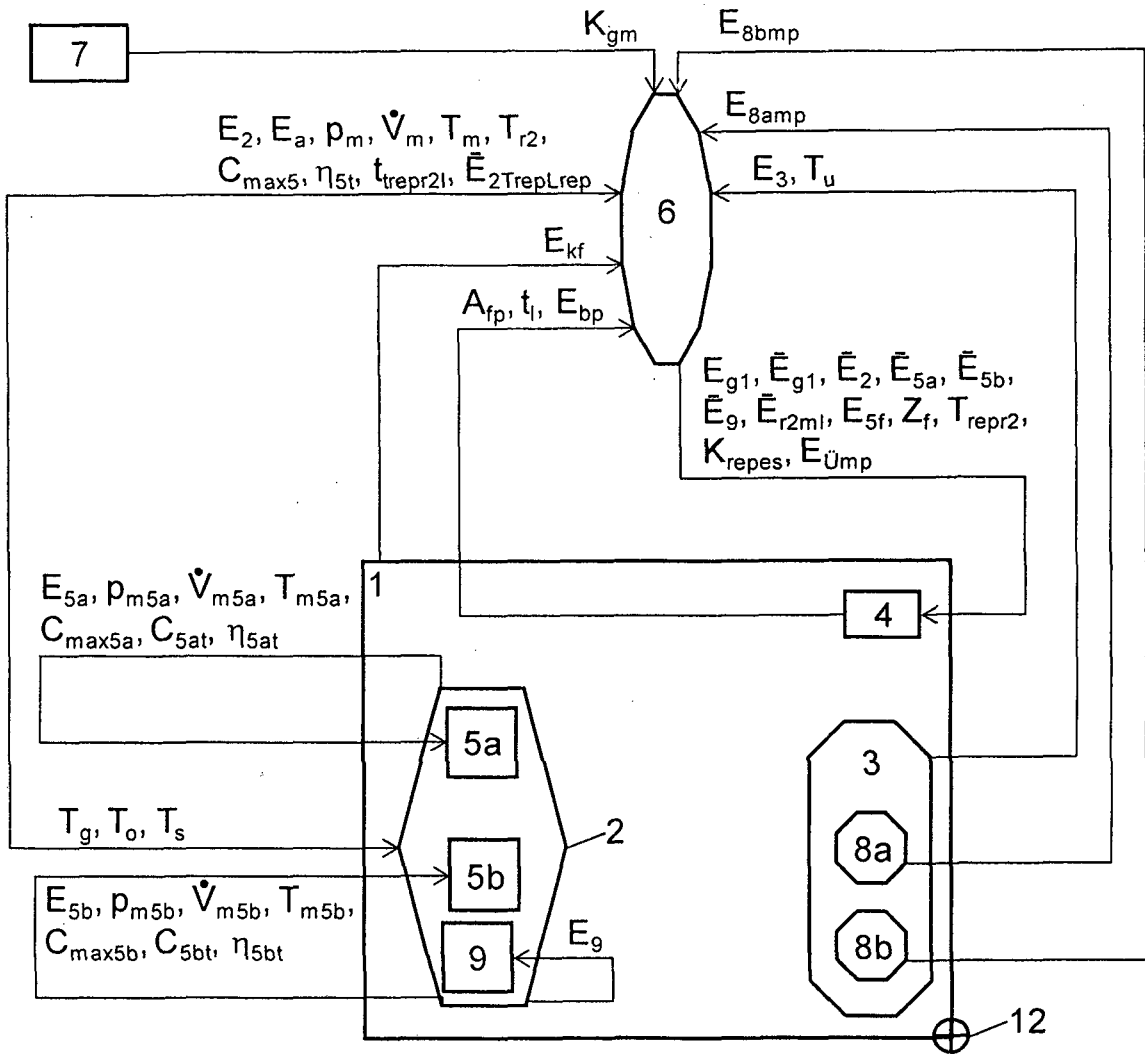


Fig. 2