



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.02.2018 Patentblatt 2018/09

(51) Int Cl.:
F25B 25/00 (2006.01) **F25B 49/02** (2006.01)
F25B 1/00 (2006.01) **F24D 11/02** (2006.01)
F28D 20/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17186341.8**

(22) Anmeldetag: **16.08.2017**

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

(72) Erfinder:
• **Pütz, Thomas**
42899 Remscheid (DE)
• **Löhr, Christoph**
42103 Wuppertal (DE)
• **Leeser, Mario**
42697 Solingen (DE)

(30) Priorität: **23.08.2016 DE 102016215774**

(74) Vertreter: **Hocker, Thomas**
Vaillant GmbH
Berghauser Strasse 40
DE-42859 Remscheid (DE)

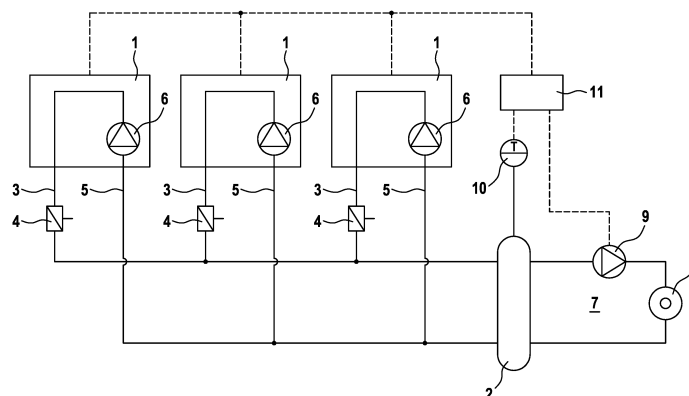
(71) Anmelder: **Vaillant GmbH**
42859 Remscheid (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER KASKADENSCHALTUNG KÜHL- UND / ODER WÄRMETECHNISCHER ANLAGEN**

(57) Bei einem Verfahren zum Betreiben einer Kaskadenschaltung mehrerer kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen (1), welche über jeweils eine Vorlaufleitung (3) sowie eine Rücklaufleitung (5) mit der Primärseite einer hydraulischen Weiche (2) oder einem Wärme- oder Kältespeicher verbunden sind, sowie einem Temperatursensor (10), welcher in der hydraulischen Weiche (2), dem Wärme- oder Kältespeicher oder bei einem Verbraucher angeordnet ist, wobei der Temperatursensor (10) mit einer Kaskadenregelung (11), welche wiederum mit den Regelungen der kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen (1) gekoppelt ist, verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kaskadenschaltung eingeschaltet wird, wenn die mittels des Temperatursensors (10) gemessene Temperatur einen vorgegebenen Soll-

wert bei wärmetechnischen Anlagen (1) unterschreitet oder bei kältetechnischen Anlagen (1) überschreitet und dann Zeiterfassung gestartet wird, ein Systemwärmeprodukt S aus der Temperaturdifferenz ΔT zwischen der mittels des Temperatursensors (10) gemessenen Temperatur T_h und einer Solltemperatur T_{soll} sowie der Zeit t gebildet, wird in Abhängigkeit des Systemwärmeprodukts S die kühl- und / oder wärmetechnischen Anlagen (1) zu und abgeschaltet werden, wobei wenn das Systemwärmeprodukt S bestimmte Grenzwerte unterschreitet eine erste und weitere Anlagen (1) sukzessive zugeschaltet werden und beim Überschreiten bestimmter Grenzwerte die Anlagen sukzessive abgeschaltet werden.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Kaskadenschaltung kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen.

[0002] Kaskadenschaltungen werden zumeist verwendet, um eine hohe Heiz- oder Kühlgesamtleistung bereitstellen zu können und hierbei einen sehr großen Modulationsbereich zu ermöglichen. Auch werden Kaskaden eingesetzt, um beim Ausfall eines Einzelgeräts mittels der anderen Wärme- beziehungsweise Kältebedarf befriedigen zu können und Servicezeiten zu überbrücken.

[0003] Bei Kaskadenschaltungen von Heizgeräten werden in Abhängigkeit von einer Führungsgröße, zumeist eine Systemvorlauftemperatur, Heizgeräte bedarfsgerecht zu- und abgeschaltet. Hierbei können entweder Geräte nur mit einer konstanten Leistung ein- und ausgeschaltet werden oder die einzelnen Geräte modulieren betrieben werden, so dass bestimmte Kaskadenleistungen auf mehrere Arten erreicht werden können. So können beispielsweise viele Geräte mit Teillast anstelle weniger Geräte mit hoher beziehungsweise maximaler Last und andere ohne Last betrieben werden.

[0004] Werden Geräte zu- und abgeschaltet, so besteht vor allem bei nicht modulierenden Geräten das Problem, dass es zu Vorlauftemperaturschwankungen und gegebenenfalls zum Takten kommt. Bei fossil betriebenen Geräten führt Takten stets zu erhöhten Anfahremissionen. Nach einem Abschalten wird häufig eine Wiederanlaufsperrung aktiviert. Hierbei besteht das Problem, dass in manchen Fällen die Wärmeanforderung nicht oder nur unvollständig mit Komforteinbußen befriedigt werden kann. Ein weiterer Vorteil von modulierenden Geräten besteht darin, dass diese im Teillastbereich in der Regel effizienter arbeiten.

[0005] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Kaskadenschaltung kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen zu beschreiben, das einen möglichst kontinuierlichen Betrieb ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass die Regelung mittels eines Systemwärmeprodukts S, das sich aus der Temperaturabweichung und der Zeit seit Beginn der Wärmeanforderung ergibt, erfolgt.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich durch die Merkmale der abhängigen Ansprüche.

[0008] Die Erfindung wird im Folgenden näher erläutert. Hierbei zeigen:

Figur 1 eine Kaskadenschaltung mit 3 Wärmepumpen, einer hydraulischen Weiche und einem Verbraucherkreislauf,

Figur 2 beispielhaft den Verlauf des Systemwärmeprodukts S und der Heizleistung P über der Zeit t.

[0009] Figur 1 zeigt eine Kaskadenschaltung mit 3 Wärmepumpen 1, die jeweils über eine Umwälzpumpe 6 verfügen und über jeweils eine Vorlaufleitung 3 sowie eine Rücklaufleitung 5 mit der Primärseite einer hydraulischen Weiche 2 verbunden sind. In jeder Vorlaufleitung 3 der Wärmepumpen 1 befindet sich ein Rückschlagventil 4. Die hydraulische Weiche 2 ist auf ihrer Sekundärseite mit einem Heizkreislauf 7, in dem sich eine Heizkreisumwälzpumpe 9 und ein thermischer Verbraucher 8 befinden, verbunden. Bei dem thermischen Verbraucher kann es sich um einen Heizungskreislauf, einen thermischen Speicher und / oder eine Brauchwasserbereitung handeln. Ein thermischer Speicher ist nicht nur zur Bevorratung von Wärme, sondern auch zum Ausgleich von Schwankungen auf der Quellen- und Verbraucherseite vorteilhaft. Im Bereich der Eingänge der Vorlaufleitungen 3 in die hydraulische Weiche 2 ist in dieser ein Temperatursensor 10 angeordnet. Der Temperatursensor 10 ist mit einer Kaskadenregelung 11, welche wiederum mit den Regelungen der Wärmepumpen 1 gekoppelt ist, verbunden.

[0010] Beim Betrieb der Kaskadenschaltung wird die Temperatur T_h in der hydraulischen Weiche 2 mittels des Temperatursensors 10 gemessen und mit einem Sollwert T_{soll} verglichen. Ist der aktuelle Wert T_h kleiner als der Sollwert T_{soll} , so liegt eine Wärmeanforderung vor und die Kaskadenschaltung wird eingeschaltet, indem eine erste Wärmepumpe 1 zum Zeitpunkt t_0 eingeschaltet wird. Zugleich wird eine Temperaturdifferenz ΔT aus der aktuellen Temperatur T_h und dem Sollwert T_{soll} gebildet und die Zeit t ab dem Einschalten erfasst.

$$\Delta T = T_h - T_{soll}$$

[0011] In der Regel sorgen eine Wärmeabnahme auf der Seite des Heizkreislaufs 7 sowie die thermische Trägheit des Systems dafür, dass die Temperatur T_h in der hydraulischen Weiche 2 nicht gleich wieder ansteigt. Nun wird das Systemwärmeprodukt S aus der Temperaturdifferenz ΔT und der Zeit t gebildet.

$$S = \Delta T * t$$

[0012] Der Verlauf des Systemwärmeprodukts S und die dazugehörige Kaskadenleistung P sind in Figur 2 über der Zeit dargestellt.

[0013] Die erste Wärmepumpe steigert zunächst kontinuierlich ihre Wärmeleistung bis zu einer konstanten Leistung. Unterschreitet das Systemwärmeprodukt S zu einem Zeitpunkt t_1 einen bestimmten Grenzwert S_1 (da ΔT kleiner null ist, ist auch das Systemwärmeprodukt S kleiner null), so wird die zweite Wärmepumpe 1 zugeschaltet und deren Wärmeleistung bis zu einer konstanten Leistung gesteigert, wobei die Zeit t sowie das Systemwärmeprodukt S weiterhin erfasst werden. Hierzu wird stetig die Temperatur T_h in der hydraulischen Wei-

che 2 erfasst und in der Berechnung berücksichtigt. Unterschreitet das Systemwärmeprodukt S im weiteren Verlauf zu einem weiteren Zeitpunkt t_2 einen weiteren bestimmten Grenzwert S_2 , so wird die dritte Wärmepumpe 1 modulierend zugeschaltet und die Zeit t sowie das Systemwärmeprodukt S erfasst. Im vorliegenden Fall können keine weiteren Wärmepumpen mehr zugeschaltet werden; erfindungsgemäß können jedoch beliebig viele Wärmepumpen 1 zugeschaltet werden.

[0014] Übersteigt das Systemwärmeprodukt S einen Summenwert aus vorgenanntem Grenzwert S_2 und einer Hysterese Δh_1 , so wird die dritte Wärmepumpe 1 wieder abgeschaltet (Zeitpunkt t_3). Übersteigt das Systemwärmeprodukt S weiterhin einen Wert aus vorgenanntem Grenzwert S_1 und einer Hysterese Δh_1 , so wird auch die zweite Wärmepumpe 1 wieder abgeschaltet (Zeitpunkt t_4). Ist das Systemwärmeprodukt null, so ist der Wärmebedarf befriedigt. Um ein Takten zu vermeiden wird die Anlage noch weiter betrieben, bis zu einem Zeitpunkt t_5 das Systemwärmeprodukt S den Wert einer Hysterese Δh_3 überschreitet. Die Kaskade wird dann abgeschaltet.

[0015] Kommt es zwischen dem Beginn des Kaskadenbetriebs und der Abschaltung zu Schwankungen, so können bedarfsgerecht Wärmepumpen 1 zu- und abgeschaltet werden. Um Sperrzeiten der Wärmepumpen 1 zu beachten und einen gleichmäßigen Verschleiß der Wärmepumpen 1 zu gewährleisten, kann die Reihenfolge der Wärmepumpen 1 verändert werden. Hierbei können optional die Betriebszeiten berücksichtigt werden. Hierbei kann eine Kesselumkehrfolge eingesetzt werden, welche regelmäßig die Laufzeiten der einzelnen Geräte auswertet und dann bei einem Zuschalten jeweils das Gerät mit der niedrigsten Laufzeit präferiert.

[0016] Die einzelnen Geräte können hierbei digital einbeziehungsweise ausgeschaltet werden oder auch modulierend betrieben werden. Hierbei können die Geräte optional bis zu ihrer Maximallast betrieben werden bevor ein weiteres Gerät zugeschaltet wird oder die Geräte werden bis zu einer bestimmten Last, beispielsweise 70 % ihrer Maximallast, betrieben, ehe das nächst Gerät zugeschaltet wird. Befinden sich alle Geräte zusammen im Teillastbetrieb ohne den Wärmebedarf zu befriedigen, so wird deren Last erhöht bis maximal alle Geräte mit Maximallast betrieben werden. Analoges gilt für das Herunterfahren der Systemleistung.

[0017] Das Systemwärmeprodukt S besitzt vorzugsweise eine anlagenspezifische Untergrenze, die einem Betrieb aller Geräte mit Maximallast entspricht, da dann keine weitere Erhöhung der Anlagenleistung möglich ist. Hierdurch ist gewährleistet, dass auch bei großen Schwankungen im Wärmebedarf das Systemwärmeprodukt S nicht zu weit absinkt, wodurch ein ordnungsgemäßes Abschalten der Kaskadenteilnehmer nicht gewährleistet wird. Der minimale Wert ist anlagenspezifisch und sollte den Wert für das Einschalten des letzten Kaskadenteilnehmers nicht wesentlich unterschreiten.

[0018] Optional werden die Betriebszeiten der einzelnen Geräte in der Kaskade erfasst und bei dem Einschal-

ten derart berücksichtigt, dass alle Geräte möglichst gleichmäßig in Betrieb genommen werden, so dass alle Geräte möglichst gleichen Serviceintervallen unterliegen.

[0019] Erfindungsgemäß kann beim Systemwärmeprodukt S durch Umkehr der Temperaturdifferenz oder die Erfassung des Betrags ein positiver Wert als Steuergröße dienen. Beim beanspruchten Verfahren wird dann bei der Überschreitung eines bestimmten Wertes jeweils zugeschaltet und beim Unterschreiten abgeschaltet.

Bezugszeichenliste

[0020]

- 1 Wärmepumpe
- 2 hydraulischen Weiche
- 3 Vorlaufleitung
- 4 Rückschlagventil
- 5 Rücklaufleitung
- 6 Umwälzpumpe
- 7 Heizkreislauf
- 9 Heizkreisumwälzpumpe
- 8 thermischer Verbraucher
- 10 Temperatursensor
- 11 Kaskadenregelung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Kaskadenschaltung mehrerer kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen (1), welche über jeweils eine Vorlaufleitung (3) sowie eine Rücklaufleitung (5) mit der Primärseite einer hydraulischen Weiche (2) oder einem Wärme- oder Kältespeicher verbunden sind, sowie einem Temperatursensor (10), welcher in der hydraulischen Weiche (2), dem Wärme- oder Kältespeicher oder bei einem Verbraucher angeordnet ist, wobei der Temperatursensor (10) mit einer Kaskadenregelung (11), welche wiederum mit den Regelungen der kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen (1) gekoppelt ist, verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kaskadenschaltung eingeschaltet wird, wenn die mittels des Temperatursensors (10) gemessene Temperatur einen vorgegebenen Sollwert bei wärmetechnischen Anlagen (1) unterschreitet oder bei kältetechnischen Anlagen (1) überschreitet und dann Zeiterfassung gestartet wird, ein Systemwärmeprodukt S aus der Temperaturdifferenz ΔT zwischen der mittels des Temperatursensors (10) gemessenen Temperatur T_h und einer Solltemperatur T_{soll} sowie der Zeit t gebildet wird in Abhängigkeit des Systemwärmeprodukts S die kühl- und / oder wärmetechnischen Anlagen (1) zu und abgeschaltet werden, wobei wenn das Systemwärmeprodukt S bestimmte Grenzwerte unterschreitet eine erste und weitere Anlagen (1) sukzessive zugeschaltet werden

und beim Überschreiten bestimmter Grenzwerte die Anlagen sukzessive abgeschaltet werden.

2. Verfahren zum Betreiben einer Kaskadenschaltung mehrerer kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grenzwerte zum sukzessive Zugeschalten weitere Anlagen (1) um eine vorgegebene Hysterese von den Grenzwerten zum sukzessive Abschalten derselben Anlagen (1) abweichen. 5
10
3. Verfahren zum Betrieben einer Kaskadenschaltung mehrerer kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anlagen (1) modulierend betrieben werden, wobei zunächst alle zugeschalteten Anlagen (1) zunächst erst bis zu einer vorgegebenen Teillast betrieben werden und erst wenn alle Anlagen (1) mit dieser Teillast betrieben werden die Last der Anlagen weiter gesteigert wird. 15
20
4. Verfahren zum Betrieben einer Kaskadenschaltung mehrerer kühl- und / oder wärmetechnischer Anlagen (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Abschalten der Kaskade das Systemwärmeprodukt S auf null gesetzt wird. 25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

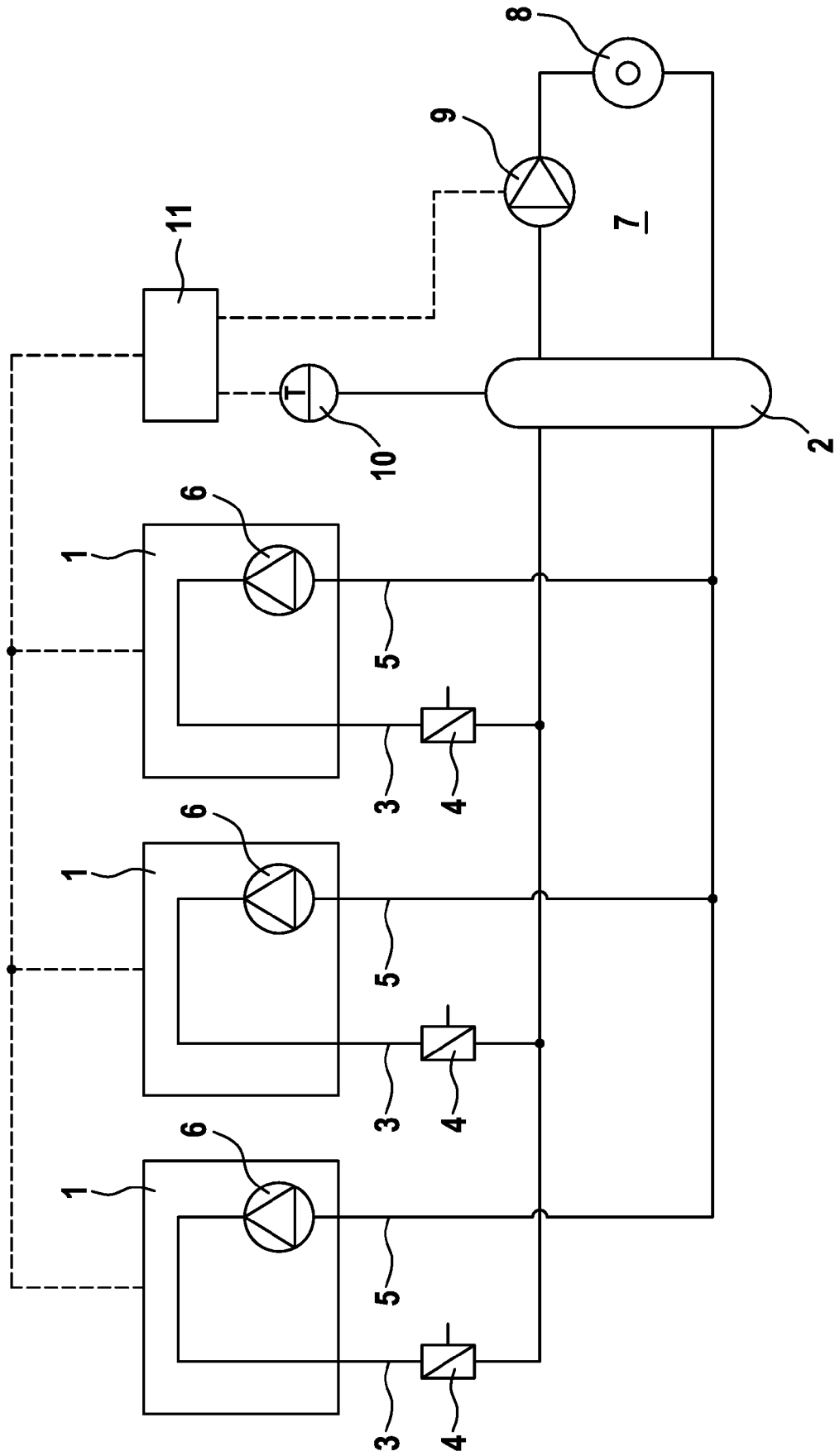
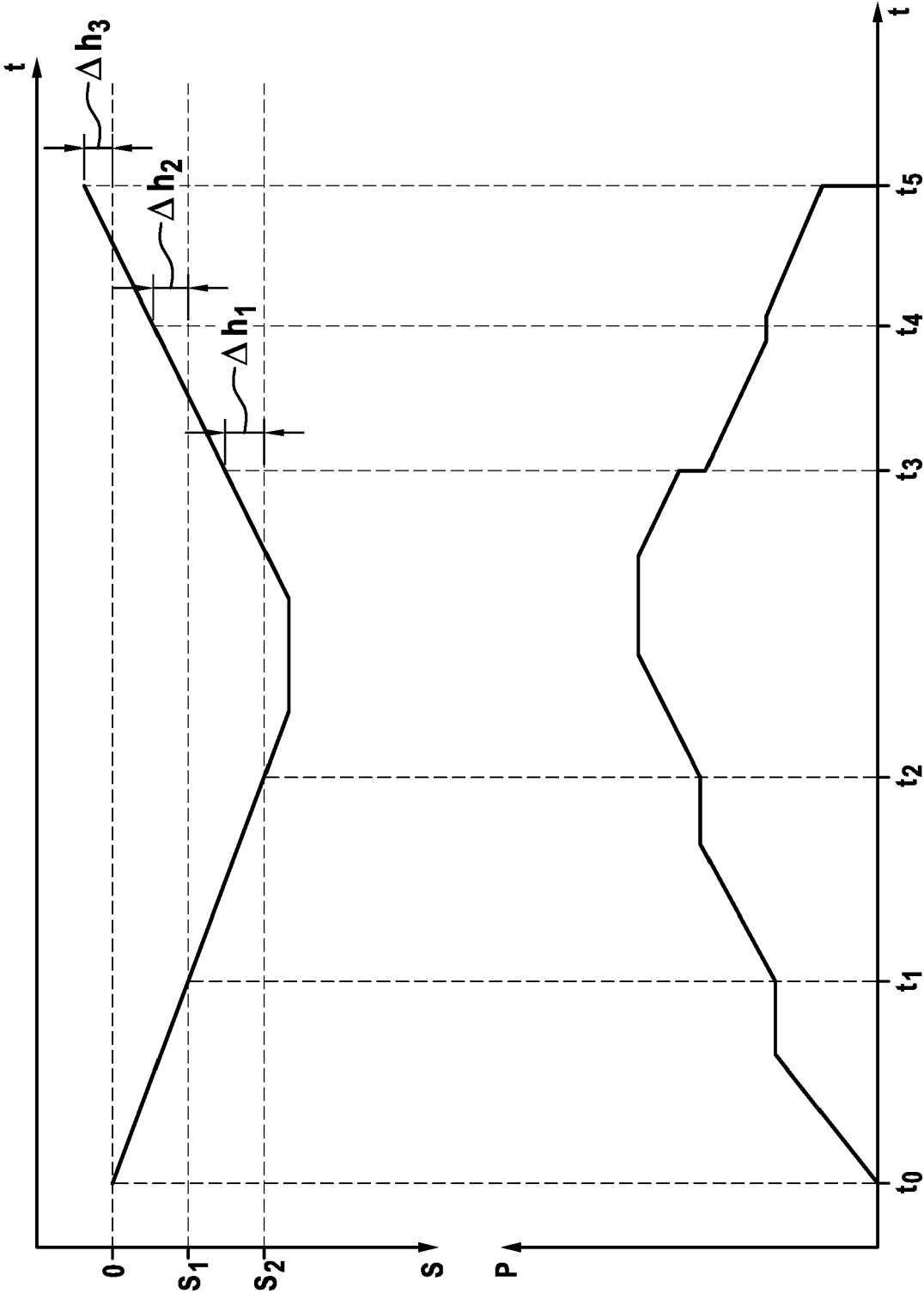


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 18 6341

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2009 011715 A1 (SOLARHYBRID AG [DE]) 16. September 2010 (2010-09-16) * das ganze Dokument *	1-4	INV. F25B25/00 F25B49/02 F25B1/00 F24D11/02 F28D20/00
X	DE 20 2011 106855 U1 (INST SOLARENERGIEFORSCHUNG GMBH [DE]) 29. November 2011 (2011-11-29) * das ganze Dokument *	1-4	
X	EP 2 246 633 A2 (VAILLANT GMBH [DE]) 3. November 2010 (2010-11-03) * das ganze Dokument *	1-4	
X	DE 20 2009 003113 U1 (SOLARHYBRID AG [DE]) 29. Juli 2010 (2010-07-29) * das ganze Dokument *	1-4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25B F24D F28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. Dezember 2017	Prüfer Gaspar, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 17 18 6341

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

19-12-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102009011715 A1	16-09-2010	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
15	DE 202011106855 U1	29-11-2011	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
	EP 2246633 A2	03-11-2010	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
20	DE 202009003113 U1	29-07-2010	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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