



(11)

EP 3 594 458 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
15.01.2020 Patentblatt 2020/03

(51) Int Cl.:  
*F01K 3/12 (2006.01)*

(21) Anmeldenummer: 18182347.7

(22) Anmeldetag: 09.07.2018

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

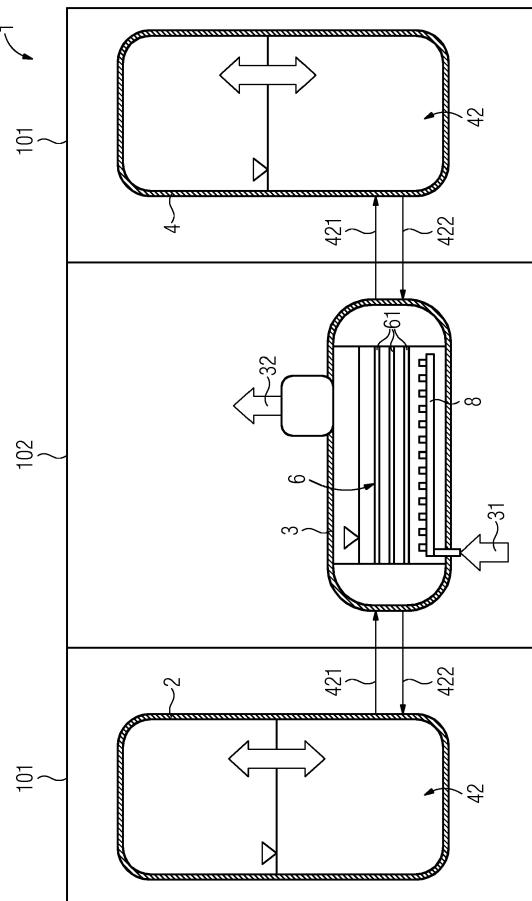
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft  
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  

- **Danov, Vladimir  
91056 Erlangen (DE)**
- **Lindner, Christian  
91054 Erlangen (DE)**

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR SPEICHERUNG ODER BEREITSTELLUNG EINES DAMPFES**

(57) Es wird eine Vorrichtung (1) zur Speicherung eines Dampfes vorgeschlagen, umfassend einen Druckbehälter (3) zur Aufnahme des Dampfes sowie einen ersten und zweiten Behälter (2, 4), wobei der Druckbehälter (3) und die zwei Behälter (2, 4) über ein Rohrleitungssystem (6) im thermischen Kontakt sind. Erfindungsgemäß sind der erste und zweite Behälter (2, 4) zur Aufnahme eines Phasenwechselschlammes (42) mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 50 Grad Celsius ausgebildet, wobei der Phasenwechselschlamm (42) mittels des Rohrleitungssystems (6) vom ersten Behälter (2) über den Druckbehälter (3) zum zweiten Behälter (4) und/oder vom zweiten Behälter (4) über den Druckbehälter (3) zum ersten Behälter (2)förderbar ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Speicherung oder Bereitstellungen eines Dampfes.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie ein Verfahren zur Speicherung und/oder Bereitstellung eines Dampfes.

**[0002]** In den letzten Jahren steigt der Anteil an erneuerbaren Energien stetig an. Hierbei besteht aufgrund der variierenden Angebotscharakteristik von erneuerbaren Energien eine wesentliche Herausforderung darin, diese in bereits bestehende Energienetze, insbesondere Stromnetze, einzubinden. Das ist deshalb der Fall, da typischerweise für erneuerbare erzeugte Energieformen deren Erzeugung nicht mit einer aktuellen Nachfrage übereinstimmt. Weiterhin sind erneuerbare Energien örtlich ungleichmäßig verteilt. Aktuell wird versucht die genannten Herausforderungen durch einen Ausbau bestehender Energienetze oder Stromnetze zu lösen.

**[0003]** Zusammenfassend ergibt sich ein Regelleistungsmarkt, der Anbieter, die kurzzeitig negative oder positive Regelleistung bereitstellen können, fördert. Bestehende Kraftwerke, beispielsweise Dampfkraftwerke, können aufgrund mangelnder Flexibilität nur schwer an einem solchen Markt partizipieren. Problematisch ist hierbei der Dampfkreis, da dieser zeitlich träge ist. Allerdings kann die Flexibilisierung des Dampfkreises durch einen Dampfspeicher gesteigert werden. Hierbei wird erzeugter Dampf mittels des Dampfspeichers zwischengespeichert. Erfolgt eine Leistungsanforderung an das Dampfkraftwerk, so wird der Dampf mittels des Dampfspeichers bereitgestellt und zur Turbine zur Erzeugung elektrischen Stromes geführt. Mit anderen Worten kann mittels des Dampfspeichers überschüssiger Strom in Bedarfszeiträume verschoben werden. Dadurch kann ein Beitrag zur Netzstabilität geleistet werden.

**[0004]** Ein Nachteil bekannter Dampfspeicher, beispielsweise Ruthsspeicher, ist, dass diese weiterhin zu träge sind um eine ausreichende Flexibilisierung von Kraftwerken zu ermöglichen. Das ist deshalb der Fall, da die Flexibilität der Verdampfung, beispielsweise von Wasser, durch die großen verwendeten Massen beschränkt ist. Dadurch kann auf kurzfristige Schwankungen in der Stromproduktion nur schwer reagiert werden.

**[0005]** Um ebenfalls Dampfspeicher flexibler zu gestalten können diese mit einem verkapselften Phasenwechselmaterial versehen werden. Eine solche Verkapselung ist beispielsweise aus der Patentanmeldung EP 3116797 A1 bekannt. Allerdings ist hierbei die Größe des Dampfspeichers mit einem verkapselften Phasenwechselmaterial proportional zu seiner Speicherkapazität. Dadurch können nur kurze Speicherzeiten im Bereich von 10 Minuten bis 15 Minuten erreicht werden, da der Dampfspeicher wirtschaftlich nur als Leistungsspeicher betrieben werden kann. Speicherzeiten im technisch erstellenswerten Bereich von Stunden können auch mit Dampfspeichern, die ein verkapselftes Phasenwechselmaterial umfassen, aktuell nicht erreicht werden. Erstellenswert ist daher ein Dampfspeicher dessen Größe

proportional zur Speicherleistung ist.

**[0006]** Aus dem Stand der Technik sind weitere Dampfspeicher bekannt, beispielsweise Warmwasser beziehungsweise Druckwasserspeicher oder P2H-Lösungen (englisch: Power to Heat; abgekürzt P2H; deutsch: Elektroenergie zu Wärme) sowie Ruthsspeicher, Flüssigsalzspeicher und/oder Batterien.

**[0007]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine flexiblere Speicherung eines Dampfes zu ermöglichen.

**[0008]** Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 11 gelöst. In den unabhängigen Patentansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Speicherung eines Dampfes umfasst wenigstens einen Druckbehälter zur Aufnahme des Dampfes sowie einen ersten und zweiten Behälter, wobei der Druckbehälter und die zwei Behälter (erster und zweiter Behälter) über ein Rohrleitungssystem im thermischen Kontakt sind. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass der erste Behälter und der zweite Behälter 25 zur Aufnahme eines Phasenwechselschlammes mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 50 Grad Celsius, insbesondere oberhalb von 100 Grad Celsius, ausgebildet sind, wobei der Phasenwechselschlamm mittels des Rohrleitungssystems vom ersten Behälter über den Druckbehälter zum zweiten Behälter und/oder vom zweiten Behälter über den Druckbehälter zum ersten Behälter 30 förderbar, insbesondere pumpbar, ist.

**[0010]** Hierbei bedeutet die Förderung des Phasenwechselschlammes über den Druckbehälter dass der Druckbehälter beziehungsweise der Dampf innerhalb des Druckbehälters mit dem Phasenwechselschlamm im thermischen Kontakt sind. Mit anderen Worten ist die Vorrichtung derart ausgestaltet, dass eine Wärmeübertragung zwischen dem Dampf innerhalb des Druckbehälters und dem über den Druckbehälter geförderten Phasenwechselschlamm erfolgen kann. Das Wort - über - ist somit funktional bezüglich des Wärmeaustausches beziehungsweise der Wärmeübertragung zu verstehen.

**[0011]** Ein Phasenwechselschlamm (englisch: Phase Change Slurry; abgekürzt: PCS oder PCM-Slurry), ebenfalls als Phasenwechsel-Slurry bezeichnet, umfasst eine Trägerflüssigkeit, beispielsweise Wasser, und ein Phasenwechselmaterial. Der Phasenwechselschlamm ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass dieser unabhängig vom Aggregatzustand seines Phasenwechselmaterials pumpbar ist. Das Phasenwechselmaterial und die Trägerflüssigkeit können eine Dispersion, Suspension und/oder Emulsion ausbilden. Die Schmelztemperatur des Phasenwechselschlammes ist durch die Schmelztemperatur des Phasenwechselmaterials definiert. Mit anderen Worten erfolgt bei der Schmelztemperatur des Phasenwechselschlammes ein Phasenübergang des Phasenwechselmaterials von fest nach flüssig

oder von flüssig nach fest. Die Schmelztemperatur kann ebenfalls ein Temperaturbereich sein oder durch einen Temperaturbereich gekennzeichnet sein. Mit anderen Worten ist ein Phasenwechselschlamm ein Gemisch aus einer Trägerflüssigkeit, beispielsweise Wasser, und einem Phasenwechselmaterial. Da der Phasenwechselschlamm und somit das Phasenwechselmaterial eine Schmelztemperatur oder einen Schmelzbereich oberhalb von 50 Grad Celsius aufweist, wird Wasser im Sinne der vorliegenden Erfindung nicht als Phasenwechselmaterial angesehen. Bevorzugt wird die Trägerflüssigkeit des Phasenwechselschlammes derart festgelegt, dass diese im Bereich der bei einem Betrieb der Vorrichtungen vorliegenden Temperaturen, insbesondere im Bereich der Schmelztemperatur, flüssig bleibt. Dadurch ist der Phasenwechselschlamm stets förderbar, insbesondere pumpbar. Die Schmelztemperatur des Phasenwechselschlammes liegt bevorzugt im Bereich der Kondensationsstemperatur des Dampfes innerhalb des Druckspeichers, wobei die Kondensationsstemperatur vom Druck innerhalb des Druckspeichers abhängig ist.

**[0012]** Beispielsweise ist das Phasenwechselmaterial des Phasenwechselschlammes mikroverkapselt, das heißt, dass die einzelnen verkapselften Phasenwechselmaterialen einen durchschnittlichen Durchmesser kleiner gleich 100 Mikrometer, insbesondere kleiner gleich 50 Mikrometer, besonders bevorzugt kleiner gleich 10 Mikrometer, aufweisen.

**[0013]** Ein gemeinsamer Behälter kann den ersten und zweiten Behälter umfassen. Hierbei kann ebenfalls auf eine stoffliche Trennung des ersten und zweiten Behälters in Bezug auf den Phasenwechselschlamm verzichtet werden.

**[0014]** Ein Grundgedanke der vorliegenden Erfindung ist, dass der Phasenwechselschlamm - im Gegensatz zu einem Phasenwechselmaterial - ebenfalls im Bereich der Schmelztemperatur förderbar, insbesondere pumpbar ist. Dadurch kann der Phasenwechselschlamm zwischen dem ersten Behälter und dem zweiten Behälter hin und her gefördert, insbesondere gepumpt, werden. Dadurch wird vorteilhafterweise die Größe des Druckbehälters vom seiner Speicherkapazität entkoppelt und proportional zur Speicherleistung. Mit anderen Worten bildet die erfindungsgemäße Vorrichtung einen Dampfspeicher aus, dessen Speicherleistung von seinem Speichervolumen entkoppelt ist. Dadurch wird vorteilhafterweise ein Dampfspeicher mit einer verbesserten Flexibilität bereitgestellt.

**[0015]** Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, dass der Phasenwechselschlamm mittels in Bezug auf den Umgebungsdruck druckloser erster und zweiter Behälter gespeichert werden kann. Mit anderen Worten weisen der erste und der zweite Behälter bevorzugt Umgebungsdruck auf. Dadurch können Kosten in Bezug auf die genannten Behälter eingespart werden.

**[0016]** Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass die Wärmeübertragung durch den thermischen Kontakt zwi-

schen dem Phasenwechselschlamm und dem Dampf bei einer annähernd konstanten Temperatur erfolgt. Dies ist besonders für eine Bereitstellung des Dampfes nach seiner Speicherung von Vorteil. Mit anderen Worten wird

5 die durch die Kondensation des Dampfes freigesetzte Wärme im Wesentlichen latent wenigstens teilweise mittels des Phasenwechselschlammes gespeichert. Aufgrund der Wärmeübertragung erfolgt ein Phasenübergang des Phasenwechselmaterials des Phasenwechselschlammes von fest zu flüssig. Der Phasenwechselschlamm, der nun ein flüssiges Phasenwechselmaterial aufweist, wird mittels des zweiten Behälters gespeichert.

**[0017]** Soll der Dampf wenigstens teilweise wieder bereitgestellt werden, wird der mittels des zweiten Behälters gespeicherte Phasenwechselschlamm zum Druckbehälter zurück zum ersten Behälter gefördert, insbesondere gepumpt, wodurch die latent gespeicherte Wärme wieder teilweise auf den kondensierten Dampf, typischerweise Wasser, übertragen wird und somit wenigstens teilweise verdampft. Das Phasenwechselmaterial wechselt hierbei wenigstens teilweise seinen Aggregatzustand von flüssig zu fest. Da diese Wärmeübertragung ebenfalls bei einer annähernd konstanten Temperatur erfolgt, wird Dampf mit nahezu konstanten thermischen

20 Eigenschaften bereitgestellt beziehungsweise erzeugt. Dies ist insbesondere für Dampfkraftwerke, das heißt bei einer Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung innerhalb eines Dampfkraftwerkes, von Vorteil.

**[0018]** Weiterhin wird durch die Speicherung des Phasenwechselschlammes innerhalb des zweiten Behälters eine ausreichend lange Speicherzeit des Dampfes innerhalb des Druckbehälters ermöglicht. Erst wenn Dampf tatsächlich erforderlich ist, wird der Phasenwechselschlamm vom zweiten Behälter über den Druckbehälter zum ersten Behälter gefördert, insbesondere gepumpt. Insbesondere werden Speicherzeiten von mehreren Stunden, beispielsweise von 10 Stunden bis 15 Stunden, mittels der erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht. Bevorzugt können/kann der zweite Behälter und/oder der erste Behälter eine thermische Isolierung (Wärmeisolierung) aufweisen.

**[0019]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Speicherung und/oder Bereitstellung eines Dampfes, bevorzugt Wasserdampf, wird für die Speicherung des Dampfes der Dampf in einen Druckbehälter eingeleitet. Weiterhin wird ein Phasenwechselschlamm von einem ersten Behälter über den Druckbehälter zu einem zweiten Behälter gefördert, insbesondere gepumpt, wobei innerhalb des Druckbehälters eine wenigstens teilweise Kondensation des Dampfes durch eine Wärmeübertragung vom eingeleiteten Dampf auf den Phasenwechselschlamm erfolgt.

**[0020]** Mit anderen Worten wird der Phasenwechselschlamm durch den Druckbehälter geführt, wobei dieser innerhalb des Druckbehälters im thermischen Kontakt mit dem eingeleiteten Dampf ist. Durch den thermischen Kontakt erfolgt eine Wärmeübertragung vom Dampf auf den Phasenwechselschlamm, wobei hierbei der Dampf

wenigstens teilweise innerhalb des Druckbehälters kondensiert, typischerweise zu Wasser, und wenigstens teilweise in seiner kondensierten Form gespeichert wird. Der Phasenwechselschlamm, der die Wärme beziehungsweise Kondensationswärme des Dampfes latent wenigstens teilweise gespeichert hat, wird mittels des zweiten Behälters gespeichert.

**[0021]** Der gespeicherte Dampf wird dadurch wieder bereitgestellt, dass der innerhalb des zweiten Behälters gespeicherte Phasenwechselschlamm vom zweiten Behälter über den Druckbehälter zum ersten Behälter gefördert, insbesondere gepumpt, wird. Hierbei erfolgt innerhalb des Druckbehälters eine wenigstens teilweise Verdampfung des vorher kondensierten Dampfes.

**[0022]** Mit anderen Worten wird die vorher mittels des Phasenwechselschlammes latent gespeicherte Wärme auf den im Druckbehälter kondensierten Dampf, beispielsweise Wasser, übertragen, wodurch dieser verdampft.

**[0023]** Es ergeben sich zur erfindungsgemäßen Vorrichtung gleichartige und gleichwertige Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0024]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Vorrichtung wenigstens eine Pumpe, mittels welcher der Phasenwechselschlamm vom ersten Behälter über den Druckbehälter zum zweiten Behälter und/oder vom zweiten Behälter über den Druckbehälter zum ersten Behälter pumpbar ist.

**[0025]** Mit anderen Worten ist der Phasenwechselschlamm mittels der Pumpe zwischen den zwei Behältern über den Druckbehälter hin und her pumpbar. Vorteilhafterweise bleibt der Phasenwechselschlamm pumpbar, unabhängig davon, ob das Phasenwechselmaterial des Phasenwechselschlammes flüssig oder fest ist.

**[0026]** In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung umfasst wenigstens der erste Behälter den Phasenwechselschlamm.

**[0027]** Hierbei weist der Phasenwechselschlamm bevorzugt eine Schmelztemperatur im Bereich von 130 Grad Celsius bis 170 Grad Celsius auf.

**[0028]** Der bevorzugte Temperaturbereich von 130 Grad Celsius bis 170 Grad Celsius ist besonders für die Papierindustrie von Vorteil.

**[0029]** Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist der Phasenwechselschlamm eine Schmelztemperatur im Bereich von 240 Grad Celsius bis zu 260 Grad Celsius auf.

**[0030]** Der bevorzugte Temperaturbereich von 240 Grad Celsius bis 260 Grad Celsius ist zur Speicherung von Dampf innerhalb von Dampfkraftwerken von Vorteil. Hierbei umfasst das Dampfkraftwerk eine Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung und/oder einer ihrer Ausgestaltungen. Bevorzugt ist die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung und/oder einer ihrer Ausgestaltungen in einen Dampfkreis des Dampfkraftwerkes integriert. Die Speicherzeit des Dampfes kann hierbei Minuten bis mehrere Stunden, beispielsweise bis zu 15

Stunden, betragen.

**[0031]** In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Druckbehälter als Rohrbündelwärmetauscher ausgebildet.

**[0032]** Hierbei ist es besonders bevorzugt, wenn der Rohrbündelwärmetauscher eine Mehrzahl von Rohren umfasst, mittels welchen der Phasenwechselschlamm vom ersten Behälter über den Druckbehälter zum zweiten Behälter und/oder vom zweiten Behälter über den Druckbehälter zum ersten Behälter förderbar, insbesondere pumpbar, ist.

**[0033]** Vorteilhafterweise sind dadurch der Druckbehälter und die zwei für den Phasenwechselschlamm vorgesehenen Behälter (erster und zweiter Behälter) bezüglich ihres Druckes entkoppelt. Dadurch können die für den Phasenwechselschlamm vorgesehenen Behälter kostengünstig bereitgestellt werden, da diese in Bezug auf den Umgebungsdruck als drucklose Behälter ausgebildet werden können.

**[0034]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst/umfasst der erste Behälter und/oder der zweite Behälter eine Rührvorrichtung.

**[0035]** Vorteilhafterweise kann durch die Rührvorrichtung sichergestellt werden, dass der Phasenwechselschlamm innerhalb des ersten und/oder zweiten Behälters nicht verklumpt. Die Rührvorrichtung ist jedoch, abhängig vom Phasenwechselschlamm, nicht zwingend erforderlich. Die Rührvorrichtung kann jedoch die Pumpbarkeit des Phasenwechselschlammes unterstützen oder verbessern. Hierbei kann ein Rühren oder ein Durchröhren des Phasenwechselschlammes innerhalb des ersten Behälters und/oder zweiten Behälters während der Speicherung des Phasenwechselschlammes oder kurz vor einer Beladung oder kurz vor einer Entladung des Druckbehälters erfolgen. Eine Rührvorrichtung ist somit bei Phasenwechselschlamm von Vorteil, die zu einer Verklumpung neigen, sodass diese auch bei längeren Speicherzeitenförderbar, insbesondere pumpbar, bleiben.

**[0036]** In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Druckbehälter als Ruthsspeicher ausgebildet.

**[0037]** Mit anderen Worten bildet der Druckbehälter einen Dampfspeicher aus, mittels welchem der Dampf in kondensierter Form gespeichert wird. Hierbei ist der Ruthsspeicher und somit der Druckbehälter größtenteils, beispielsweise bis zu 90 Prozent mit kondensiertem Dampf, beispielsweise Wasser oder Siedewasser, gefüllt. Das restliche verbleibende Volumen des Druckbehälters ist weiterhin mit Dampf, insbesondere Wasserdampf, annähernd gleicher Temperatur gefüllt.

**[0038]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Druckbehälter eine Länge von wenigstens 5 Metern und höchstens 15 Meter auf.

**[0039]** Mit anderen Worten ist der Druckbehälter für industrielle Anlagen vorgesehen, wobei eine Länge von höchstens 15 Meter deshalb von Vorteil ist, da dann der Druckbehälter transportierbar ist.

**[0040]** In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Phasenwechselschlamm Kaliumnitrat oder Lithiumnitrat.

**[0041]** Dadurch wird als Phasenwechselschlamm ein Stoffgemisch mit Kaliumnitrat oder Lithiumnitrat verwendet. Mit anderen Worten umfasst das Phasenwechselmaterial des Phasenwechselschlammes bevorzugt Kaliumnitrat oder Lithiumnitrat. Kaliumnitrat weist einen Schmelzpunkt von etwa 334 Grad Celsius auf. Weiterhin kann der Phasenwechselschlamm bevorzugt ein Öl als Trägerflüssigkeit, insbesondere ein Thermoöl, umfassen. Besonders bevorzugt ist ein Stoffgemisch mit Kaliumnitrat und einem Öl oder ein Stoffgemisch mit Lithiumnitrat und einem Öl. Das Öl ist hierbei insbesondere ein Thermoöl.

**[0042]** Bevorzugt umfasst der Phasenwechselschlamm ein mikroverkapseltes Phasenwechselmaterial, insbesondere mikroverkapselte Paraffine. Weiterhin umfasst der Phasenwechselschlamm bevorzugt Wasser.

**[0043]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird Dampf aus einer kalten Zwischenüberheizung eines Kraftwerkes, insbesondere eines Dampfkraftwerkes, in den Druckbehälter eingeleitet.

**[0044]** Dadurch kann vorteilhafterweise der Dampf bereits vor dem Anfahren einer Turbine des Kraftwerkes und ebenfalls während eines Betriebes der Turbine sicher entnommen werden und mittels des Druckspeichers gespeichert werden.

**[0045]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnung. Dabei zeigt die einzige Figur schematisiert eine Vorrichtung gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

**[0046]** Die Figur zeigt eine Vorrichtung 1 gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 1 ist zur Speicherung eines Dampfes, insbesondere Wasserdampf, vorgesehen.

**[0047]** Hierbei umfasst die Vorrichtung 1 einen ersten Behälter 2 und einen zweiten Behälter 4. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 1 einen Druckbehälter 3.

**[0048]** Die Vorrichtung 1 kann schematisch in Kapazitätskomponenten 101 und Leistungskomponenten 102 eingeteilt werden. Hierbei umfassen die Kapazitätskomponenten 101 wenigstens den ersten und zweiten Behälter 2, 4 und die Leistungskomponenten 102 wenigstens den Druckbehälter 2.

**[0049]** Die Behälter 2, 4 sind wenigstens zur Aufnahme eines Phasenwechselschlammes 42 vorgesehen oder ausgebildet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfassen die Behälter 2, 4 den Phasenwechselschlamm 42.

**[0050]** Weiterhin umfasst der Druckbehälter 3 eine Zuleitung 31 für ein Zuleiten des Dampfes und eine Ableitung 32 für ein Ausleiten oder Bereitstellen des Dampfes. Mit anderen Worten wird der Druckbehälter 3 mittels der Zuleitung 31 mit Dampf wenigstens teilweise beladen und mittels der Ableitung 32 wenigstens teilweise entla-

den.

**[0051]** Zur Verteilung des zugeleiteten Dampfes innerhalb des Druckbehälters 3 weist der Druckbehälter 3 eine Verteilervorrichtung 8 auf.

**[0052]** Der erste Behälter 2, der zweite Behälter 4 und der Druckbehälter 3 sind mittels eines Rohrleitungssystems 6 thermisch gekoppelt. Hierbei erstrecken sich Rohre 61 des Rohrleitungssystems 6 innerhalb beziehungsweise durch den Druckbehälter 3. Das Rohrleitungssystem 6 beziehungsweise die Rohre 61 ermöglichen eine Wärmeübertragung und somit einen thermischen Kontakt zwischen dem innerhalb des Druckspeichers 3 vorliegenden Dampf und/oder kondensierten Dampf und dem Phasenwechselschlamm 42. Hierzu ist der Phasenwechselschlamm 42 mittels oder über des Rohrleitungssystems 6 zwischen den Behältern 2, 4 hin und herförderbar, insbesondere pumpbar. Hierzu kann wenigstens eine Pumpe vorgesehen sein.

**[0053]** Bezuglich des Betriebes der Vorrichtung 1 kann zwischen einem Beladen und einem Entladen des Druckspeichers 3 unterschieden werden. Wird die gesamte Vorrichtung 1 als Dampfspeicher aufgefasst, so kann bezüglich des Betriebes für die Vorrichtung 1 ein Beladen (Speicherung von Dampf) und Entladen (Bereitstellung oder Erzeugung von Dampf) unterschieden werden.

**[0054]** Beim Beladen des Druckspeichers 3 wird der Dampf über die Zuleitung 31 dem Druckspeicher 3 zugeführt. Insbesondere wird der zugeführte Dampf mittels der Verteilervorrichtung 8 innerhalb des Druckbehälters 3 verteilt. Weiterhin wird der innerhalb des ersten Behälters 2 vorliegende Phasenwechselschlamm 42 durch die Rohre 61 des Rohrleitungssystems 6 zum zweiten Behälter 4 gefördert, insbesondere gepumpt. Der Phasenwechselschlamm ist hierbei förderbar, insbesondere pumpbar. Durch den thermischen Kontakt zwischen dem eingeleiteten Dampf und dem durch den Druckbehälter 3 gepumpten Phasenwechselschlamm 42 wird Wärme auf den Phasenwechselschlamm 42 übertragen (Wärmeübertragung) und latent durch das Phasenwechselmaterial des Phasenwechselschlammes 42 gespeichert.

Durch die genannte Wärmeübertragung erfolgt eine wenigstens teilweise Kondensation des Dampfes innerhalb des Druckbehälters 3. Dadurch wird der Dampf in kondensierter Form, insbesondere als Wasser, mittels des Druckbehälters 3 gespeichert. Die Strömungsrichtung oder Pumprichtung des Phasenwechselschlammes 42 beim Beladen ist durch die Pfeile 421 gekennzeichnet.

**[0055]** Der Phasenwechselschlamm 42 wird mittels des zweiten Behälters 4 gespeichert. Hierbei weist das Phasenwechselmaterial des Phasenwechselschlammes 42 größtenteils einen flüssigen Aggregatzustand auf. Eine thermische Isolierung (Wärmeisolierung) des zweiten Behälters 4 kann vorgesehen sein. Diese kann jedoch deutlich kleiner dimensioniert werden, da aufgrund des Schmelzvorganges des Phasenwechselmaterials die vom Dampf übertragende Wärme, latent, das heißt ohne eine signifikante Erhöhung der Temperatur des Phasenwechselschlammes 42 gespeichert wird.

**[0056]** Beim Entladen des Druckspeichers 3, das heißt bei einer Bereitstellung von Dampf, wird der Phasenwechselschlamm 42 vom zweiten Behälter 4 über die Rohre 61 des Rohrleitungssystems 6 zurück zum ersten Behälter 2 gefördert, insbesondere gepumpt. Durch den thermischen Kontakt des Phasenwechselschlammes 42 mit dem kondensierten Dampf, Verdampf der kondensierte Dampf und kann an der Ausleitung 32 des Druckbehälters 3 bereitgestellt werden. Aufgrund dieser Wärmeübertragung vom Phasenwechselschlamm 42 auf den im Druckbehälter 3 gespeicherten kondensierten Dampf, insbesondere Wasser, erfolgt ein Phasenübergang des Phasenwechselmaterials des Phasenwechselschlammes 42 von flüssig nach fest. Hierbei bleibt der Phasenwechselschlamm 42 auch in der festen Phase seines Phasenwechselmaterials förderbar, insbesondere pumpbar. Das Entladen beziehungsweise das Bereitstellen des Dampfes und die dazu vorgesehene Strömungsrichtung oder Pumprichtung des Phasenwechselschlammes 42 ist durch die Pfeile 422 gekennzeichnet.

**[0057]** Mit anderen Worten wird beim Beladen des Druckspeichers 3 der Phasenwechselschlamm 42 vom ersten Behälter 2 über den Druckspeicher 3 zum zweiten Behälter 4 gefördert, insbesondere gepumpt. Beim Bereitstellen des Dampfes wird der Phasenwechselschlamm 42 vom zweiten Behälter 4 über den Druckbehälter 3 zurück zum ersten Behälter 2 gefördert, insbesondere gepumpt. Durch das hin und her Fördern oder hin und her Pumpen des Phasenwechselschlammes 42 zwischen den zwei Behältern 2, 4 über den Druckspeicher 3 wird vorteilhafterweise die Größe des Druckspeichers 3 von seiner Speicherleistung entkoppelt. Weiterhin kann vorteilhafterweise durch den zweiten Behälter 4 eine ausreichende Speicherzeit, beispielsweise im Bereich von Stunden für den Dampf ermöglicht werden. Dadurch können Dampfkraftwerke, die beispielsweise eine Vorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Erfindung und/oder einer ihrer Ausgestaltungen umfassen, bezüglich ihrer Flexibilität verbessert werden. Mit anderen Worten weist ein Dampfkraftwerk, das eine Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung und/oder einer ihrer Ausgestaltungen als Dampfspeicher umfasst, eine gesteigerte Flexibilisierung auf. Durch die Einbindung einer erfindungsgemäß Vorrichtung oder einer Vorrichtung gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung in den Dampfkreis eines Dampfkraftwerkes kann dieses flexibel und schnell in Bezug auf eine angeforderte Leistung reagieren.

**[0058]** Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass die zwei Behälter 2, 4 und der Druckspeicher 3 aufgrund des Rohrleitungssystems 6 bezüglich ihres Druckes entkoppelt sind. Dadurch können kostengünstige, in Bezug auf den Umgebungsdruck drucklose Behälter 2, 4 für die ersten Behälter 2, 4 verwendet werden. Weiterhin erfolgt die Wärmeübertragung bei konstanter Temperatur, sodass Dampf mit festen und spezifischen Parametern stets gleichartig bereitgestellt werden kann. Dies ist insbesondere in Bezug auf die Stromerzeugung

in Dampfkraftwerken von Vorteil.

**[0059]** Alternativ zur vorliegenden Erfindung könnte anstatt eines Phasenwechselschlammes ein Flüssigsalz verwendet werden. Ergänzend kann der Phasenwechselschlamm ein Flüssigsalz umfassen. Weiterhin umfasst der Phasenwechselschlamm bevorzugt Kaliumnitrat, Lithiumnitrat und/oder ein Thermoöl.

**[0060]** Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt oder andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzmfang der Erfindung zu verlassen.

#### 15 Bezugszeichenliste

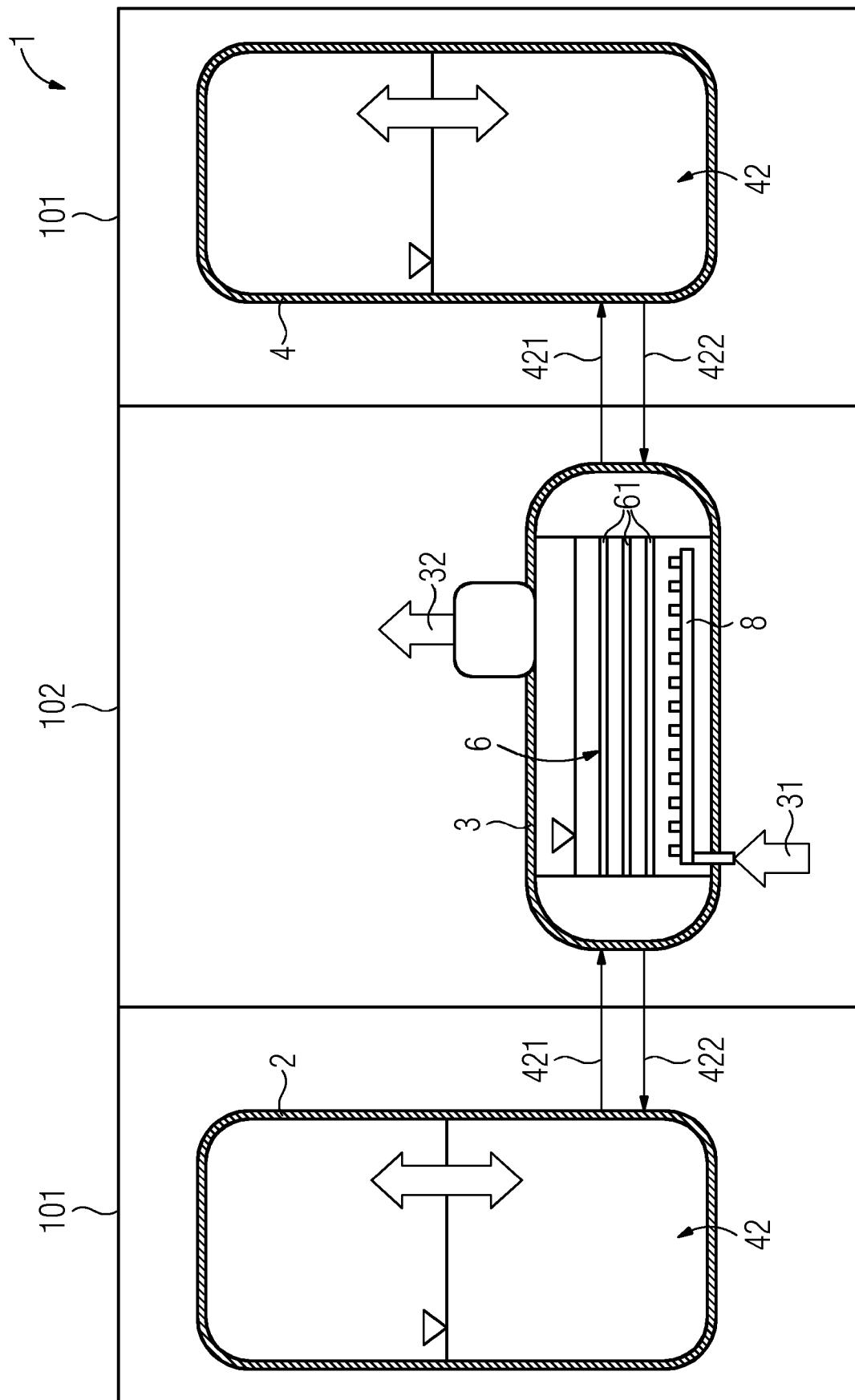
#### [0061]

1	Vorrichtung
20	erster Behälter
3	Druckbehälter
4	zweiter Behälter
6	Rohrleitungssystem
8	Verteiler
25	31 Pfeil - Dampfeinleitung
	32 Pfeil - Dampfausleitung
	42 Phasenwechselschlamm
	421 Pfeil - Beladen
	422 Pfeil - Entladen
30	61 Rohr
	101 Kapazitätskomponenten
	102 Leistungskomponenten

#### 35 Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Speicherung eines Dampfes, umfassend einen Druckbehälter (3) zur Aufnahme des Dampfes sowie einen ersten und zweiten Behälter (2, 4), wobei der Druckbehälter (3) und die zwei Behälter (2, 4) über ein Rohrleitungssystem (6) im thermischen Kontakt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und zweite Behälter (2, 4) zur Aufnahme eines Phasenwechselschlammes (42) mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 50 Grad Celsius ausgebildet sind, wobei der Phasenwechselschlamm (42) mittels des Rohrleitungssystems (6) vom ersten Behälter (2) über den Druckbehälter (3) zum zweiten Behälter (4) und/oder vom zweiten Behälter (4) über den Druckbehälter (3) zum ersten Behälter (2) förderbar ist.
2. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (1) wenigstens eine Pumpe umfasst, mittels welcher der Phasenwechselschlamm (42) vom ersten Behälter (2) über den Druckbehälter (3) zum zweiten Behälter (4) und/oder vom zweiten Behälter (4) über den Druck-

- behälter (3) zum ersten Behälter (2) pumpbar ist.
3. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens der erste Behälter (2) den Phasenwechselschlamm (42) umfasst. 5
4. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasenwechselschlamm (42) eine Schmelztemperatur im Bereich von 130 Grad Celsius bis 170 Grad Celsius aufweist. 10
5. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasenwechselschlamm (42) eine Schmelztemperatur im Bereich von 240 Grad Celsius bis 260 Grad Celsius aufweist. 15
6. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckbehälter (3) als Rohrbündelwärmetauscher ausgebildet ist. 20
7. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohrbündelwärmetauscher eine Mehrzahl von Rohren (61) umfasst, mittels welchen der Phasenwechselschlamm (42) vom ersten Behälter (2) über den Druckbehälter (3) zum zweiten Behälter (4) und/oder vom zweiten Behälter (4) über den Druckbehälter (3) zum ersten Behälter (2) förderbar ist. 25
8. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Behälter (2) und/oder der zweite Behälter (2) eine Rührvorrichtung umfassen/umfasst. 30
9. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckbehälter (3) als Ruthsspeicher ausgebildet ist. 35
10. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckbehälter (3) eine Länge von wenigstens 5 Metern und höchstens 15 Meter aufweist. 40
11. Verfahren zur Speicherung oder Bereitstellungen eines Dampfes, bei dem für die Speicherung des Dampfes der Dampf in einen Druckbehälter (3) eingeleitet wird, und bei dem ein Phasenwechselschlamm (42) von einem ersten Behälter (2) über den Druckbehälter (3) zu einem zweiten Behälter (4) gefördert wird, wobei innerhalb des Druckbehälters (3) eine wenigstens teilweise Kondensation des Dampfes durch eine Wärmeübertragung vom Dampf auf den Phasenwechselschlamm (42) erfolgt. 45
12. Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem für die Bereitstellung des Dampfes der Phasenwechselschlamm (42) vom zweiten Behälter (4) über den 50
- Druckbehälter (3) zum ersten Behälter (2) gefördert wird, wobei innerhalb des Druckbehälters (3) eine wenigstens teilweise Verdampfung des vorher kondensierten Dampfes erfolgt. 55
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 oder 12, bei dem der Phasenwechselschlamm (42) innerhalb des ersten und/oder zweiten Behälters (2, 4) mittels einer Rührvorrichtung verrührt wird.
14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem als Phasenwechselschlamm ein Stoffgemisch mit Kaliumnitrat oder Lithiumnitrat verwendet wird.
15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem der Dampf aus einer kalten Zwischenüberhitzung eines Kraftwerkes, insbesondere Dampfkraftwerkes, in den Druckbehälter (3) eingeleitet wird.





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 18 18 2347

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	RAINER TAMME ET AL: "Latent heat storage above 120°C for applications in the industrial process heat sector and solar power generation", INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH, Bd. 32, Nr. 3, 10. März 2008 (2008-03-10), Seiten 264-271, XP055538606, GB ISSN: 0363-907X, DOI: 10.1002/er.1346 * Zusammenfassung; Abbildungen 1, 13 * * Absätze 2. und 4. *	1-15	INV. F01K3/12
15 A	DE 10 2013 208973 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20. November 2014 (2014-11-20) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absätze [0002], [0006], [0007], [0011] - [0019] *	1-15	
20 A	----- WO 2018/085872 A1 (UNIV WIEN TECH [AT]) 17. Mai 2018 (2018-05-17) * Zusammenfassung * * Seite 5, Zeile 7 - Seite 6, Zeile 28 * * Seite 8, Zeile 28 - Seite 10, Zeile 7 * * Seite 13, Zeilen 2-18 *	1-15	
25 A	----- -----		RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30			F01K
35			
40			
45			
50 2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 7. Januar 2019	Prüfer Varelas, Dimitrios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 18 18 2347

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

07-01-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102013208973 A1	20-11-2014	DE 102013208973 A1 WO 2014183894 A1	20-11-2014 20-11-2014
15	WO 2018085872 A1	17-05-2018	KEINE	
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 3116797 A1 [0005]