

(19)



(11)

EP 2 557 372 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.02.2013 Patentblatt 2013/07

(51) Int Cl.:
F24H 7/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11009124.6**

(22) Anmeldetag: **17.11.2011**

(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

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

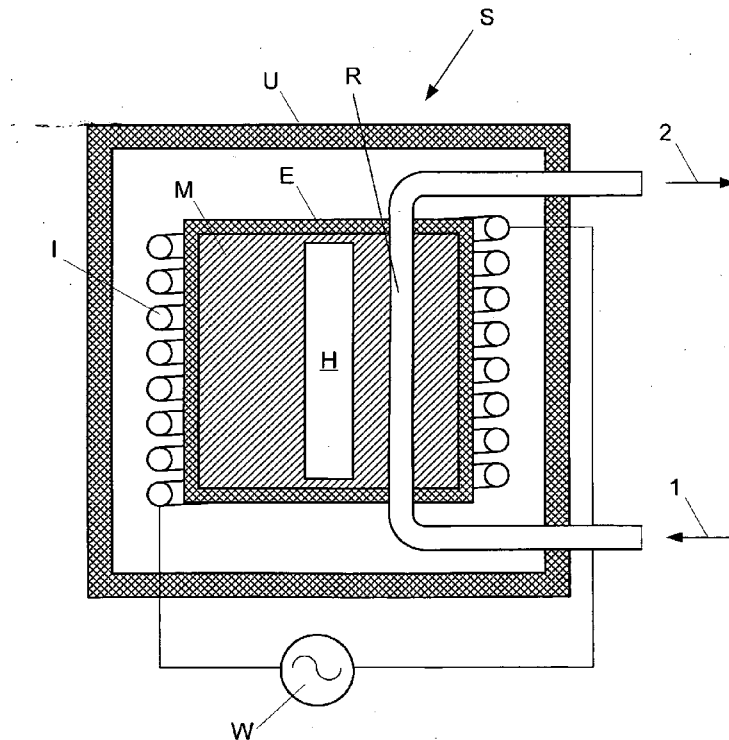
(72) Erfinder:
 • **Biegner, André, Dr.**
81479 München (DE)
 • **Eckl, Robert, Dr.**
80339 München (DE)
 • **Hecht, Thomas**
82178 Puchheim (DE)

(30) Priorität: **09.08.2011 DE 102011109779**

(54) Thermoelektrischer Energiespeicher

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmespeicher (S) mit einem Speichermedium (M), einer Übertragungseinrichtung (I,H), mit der Wärme auf das Speichermedium (M) übertragbar ist, sowie eine Entnahmeeinrichtung (R), mit der Wärme aus dem Speichermedium (M) entnom-

men werden kann. Die Übertragungseinrichtung des Wärmespeichers umfasst eine Induktionsspule (I) sowie ein elektrisch leitfähiges Heizelement (H), das mit dem Speichermedium (M) in direktem Kontakt steht, so dass Wärme zwischen Heizelement (H) und Speichermedium (M) ausgetauscht werden kann.

**Figur 1****EP 2 557 372 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmespeicher mit einem Speichermedium, einer Übertragungseinrichtung, mit der Wärme auf das Speichermedium übertragbar ist, sowie eine Entnahmeeinrichtung, mit der Wärme aus dem Speichermedium entnommen werden kann.

[0002] Bei der Erzeugung und Einspeisung elektrischer Energie in das Stromnetz ist stets darauf zu achten, dass sich Stromangebot und -nachfrage die Waage halten, da es andernfalls zu Spannungs- und Frequenzschwankungen und im Extremfall sogar zu einem Ausfall des Netzes kommen kann. Grundsätzlich ist die Stromnachfrage zeitlich nicht konstant, sondern weist einen tageszeitlichen, wochentagsabhängigen und saisonalen Lastgang auf. Durch das Zu- und Abschalten bzw. Regeln der Erzeugerleistung und zum Teil durch Demand-Side-Management werden die Unterschiede zwischen Angebot und Nachfrage laufend ausgeglichen.

[0003] Die Nutzung erneuerbarer Energien, deren Anteil an der Stromversorgung sich in den nächsten Jahren deutlich erhöhen wird, verschärft die zeitliche und örtliche Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage. Da insbesondere Sonne und Wind in ihrer Einspeisekapazität fluktuieren und nicht exakt prognostizierbar sind, werden auf Seiten des Stromangebotes schnelle und überraschende Schwankungen zunehmen, die durch dynamische Kraftwerke ausgeglichen werden müssen. Besondere Bedeutung haben hierbei Pumpspeicherkraftwerke, die besonders schnell regelbar sind und in Minuten zwischen Stromerzeugung und -verbrauch umgeschaltet werden können. Kraftwerke dieser Art können jedoch nicht in beliebiger Zahl errichtet werden, da die hierfür notwendigen geografischen bzw. geologischen Voraussetzungen nur an wenigen Orten erfüllt sind. Es werden daher technologische Alternativen, wie thermoelektrische Energiespeicher, diskutiert, die prinzipiell an beliebigen Orten errichtet und betrieben werden können und damit einen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien in die bestehende Infrastruktur unter Vermeidung des Netzausbaus leisten.

[0004] Ein thermoelektrischer Energiespeicher setzt elektrische Energie in Wärme um und leitet diese anschließend in einen Wärmespeicher ein, aus dem sie zeitversetzt wieder entnommen und z. B. über einen Dampfturbinenprozess in elektrische Energie zurückgewandelt werden kann. Der Wärmespeicher weist als Speichermedium eine Flüssigkeit, wie beispielsweise eine Salz- oder eine Metallschmelze, oder Feststoffe, wie Natur- oder Feuerfeststeine, auf. Um Energieverluste zu minimieren, ist das Speichermedium thermisch gegen die Umgebung isoliert.

[0005] Zur Umsetzung der elektrischen Energie in Wärme werden nach dem Stand der Technik Wärmepumpen und/oder Heizleiter vorgeschlagen. Mit Hilfe von Wärmepumpen kann die Umsetzung zwar sehr effektiv durchgeführt werden, die für die erforderlichen Apparate anfallenden Investitionskosten beeinträchtigen aber er-

heblich die Wirtschaftlichkeit der Energiespeicherung.

[0006] Um die erzeugte Wärme auf das Speichermedium zu übertragen, können die Heizleiter so angeordnet sein, dass sie das Speichermedium umgeben oder von Speichermedium umgeben sind. Im ersten Fall steht für die Wärmeübertragung lediglich die äußere Oberfläche des Speichermediums zur Verfügung. Mit einer derartigen Anordnung ist es nicht möglich, die Speicherkapazität beliebig zu vergrößern, da ab einem bestimmten Volumen die Oberfläche des Speichermediums nicht mehr ausreicht, um die zu speichernde Wärmemenge innerhalb einer sinnvollen Zeitspanne und unterhalb der zulässigen Temperaturen einzuspeisen. Werden die Heizleiter innerhalb des Speichermediums angeordnet, tritt der oben beschriebene Effekt nicht auf, da die Wärmeübertragungsfläche linear mit dem Volumen des Speichermediums Vergrößert werden kann. Nachteilig ist bei dieser Anordnung jedoch, dass im Falle eines elektrischen und/oder mechanischen Schadens an den Heizleitern unter Umständen das Speichermedium mit großem technischen und zeitlichen Aufwand entfernt werden muss, bevor eine Reparatur durchgeführt werden kann.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen Wärmespeicher der gattungsgemäßen Art anzugeben, der die Nachteile des Standes der Technik überwindet.

[0008] Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Übertragungseinrichtung eine Induktionsspule sowie ein elektrisch leitfähiges Heizelement umfasst, das mit dem Speichermedium in direktem Kontakt steht, so dass Wärme zwischen Heizelement und Speichermedium ausgetauscht werden kann.

[0009] Im Betrieb des Wärmespeichers wird die Induktionsspule von einem elektrischen Wechselstrom durchflossen, der ein magnetisches Wechselfeld erzeugt. Das elektrisch leitfähige Heizelement, das von der Induktionsspule elektrisch isoliert ist, ist so angeordnet, dass in ihm durch das magnetische Wechselfeld Wirbelströme induziert werden können, die aufgrund der ohmschen Verluste zur Erwärmung des Heizelements führen. Besteht das Heizelement aus einem ferromagnetischen Material, wie beispielsweise einer Eisen-Silizium- oder einer Eisen-Nickel-Legierung oder μ -Metall, so tragen darüber hinaus Ummagnetisierungsverluste zur Erwärmung des Heizelements und damit zur Ausbildung eines Temperaturgradienten zwischen Heizelement und Speichermedium bei. Der erfindungsgemäße Wärmespeicher erlaubt es somit, elektrische Energie in Wärme umzuwandeln und diese zu speichern. Die Leistung, mit der Wärme über das Heizelement auf das Speichermedium übertragen werden kann, steigt mit der Amplitude der magnetischen Feldstärke am Ort des Heizelements. Da diese Amplitude innerhalb der Induktionsspule am größten ist, wird das Heizelement sinnvollerweise innerhalb der Induktionsspule angeordnet.

[0010] In seiner einfachsten Variante besitzt ein Heizelement die Form eines geraden Stabes. Vorstellbar ist

jedoch beispielsweise auch, ein Heizelement als berippten Stab oder als Rohr oder als Kugel auszuführen. Der erfindungsgemäße Wärmespeicher kann mehr als ein elektrisch leitfähiges Heizelement umfassen, wobei jedes der Heizelemente mit dem Speichermedium in direktem Kontakt steht. Vorzugsweise sind mehrere Heizelemente so im Speichermedium verteilt und in ihren Geometrien und Abmessungen so angepasst, dass eine möglichst homogene Erwärmung des Speichermediums möglich ist, und inaktive, nicht oder nur ungenügend an der Wärmespeicherung beteiligte Bereiche vermieden werden. Liegen sowohl das Speichermedium als auch die Heizelemente in granularer Form vor, so kann dieses Ziel durch intensive Vermischung der beiden Granulate erreicht werden, wobei ein weitgehend homogenes Stoffgemisch entsteht. Handelt es sich bei dem Speichermedium um eine Flüssigkeit, kann der Wärmespeicher z. B. eine Matrix bzw. Gitterstruktur umfassen, mit deren Hilfe die Heizelemente annähernd homogen im Speichermedium verteilt und ihre Positionen gleichzeitig fixiert sind.

[0011] Eine zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Einrichtung zur Entnahme von Wärme aus dem Speichermedium als Heizelement ausgeführt ist. Bei einer derartigen Einrichtung handelt es sich im einfachsten Fall um ein gerades, von Speichermedium umgebenes Rohr, das vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Material, wie beispielsweise aus einer Eisen-Nickel-Legierung, gefertigt ist.

[0012] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmetauschers sieht vor, dass die Induktionsspule außerhalb eines Speicherbehälters angeordnet ist, der das Speichermedium enthält. Durch diese Anordnung ist die Induktionsspule relativ leicht zugänglich und kann im Falle einer Störung repariert werden, ohne dass beispielsweise das Speichermedium entfernt werden muss. Zweckmäßigerweise ist der das Speichermedium enthaltende Behälter aus einem nicht elektrisch leitenden Material, wie z. B. Beton, gefertigt, so dass das von der Induktionsspule erzeugte magnetische Wechselfeld im Heizelement, das sinnvollerweise eine hohe magnetische Permeabilität aufweist, konzentriert wird und dieses aufwärmt. Vorzugsweise ist der Speicherbehälter innerhalb der Induktionsspule angeordnet, wodurch die Induktionsspule das Speichermedium wenigstens teilweise umgibt.

[0013] Aufgrund konstruktiver und/oder werkstofflicher Vorgaben kann es erforderlich sein, den Speicherbehälter aus einem elektrisch leitenden Werkstoff zu fertigen, so dass auch im Speicherbehälter Ströme induziert werden. Die Wärmeerzeugung bzw. Wärmeeinbringung in das Speichermedium teilt sich dann je nach Materialeigenschaften und Geometrie zwischen der Behälterwand und einem oder mehreren Heizelementen auf.

[0014] Um Wärmeverluste zu minimieren, ist erfindungsgemäß vorgesehen, das Speichermedium mit einer wärmeisolierenden Einhausung zu umgeben, die ein- oder mehrschalig ausgeführt sein kann. Hierbei soll die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, auch die

Induktionsspule mit einer oder mehreren wärmeisolierenden Schichten zu umgeben und so gegenüber der Umgebung thermisch zu isolieren.

[0015] Vorzugsweise umfasst der erfindungsgemäße Wärmespeicher als Speichermedium eine Salzschnmelze (z. B. KNO_3 , NaNO_3), wie sie beispielsweise zur Wärmespeicherung in solarthermischen Kraftwerken eingesetzt wird. Allerdings sind auch andere Salzschnmelzen (z. B. Thiosulfate) vorstellbar. Weiterhin können andere Flüssigkeiten, wie beispielsweise Wasser oder Öle, oder Feststoffe, wie beispielsweise Sand oder Beton, oder Gase, wie beispielsweise Luft, oder Mischungen aus Feststoffen und/oder Flüssigkeiten und/oder Gasen als Speichermedium eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz von Phasenwechselmaterialien (bekannt als Phase Change Materials oder PCM), wie beispielsweise Paraffinen, in denen Energie sowohl als fühlbare als auch als latente Wärme gespeichert wird, wobei der Phasenübergang typischerweise von fest nach flüssig erfolgt.

[0016] Im Folgenden soll die Erfindung anhand eines in der Figur 1 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

[0017] Die Figur 1 zeigt einen Wärmespeicher mit einer Induktionsspule, innerhalb der ein Speichermedium angeordnet ist.

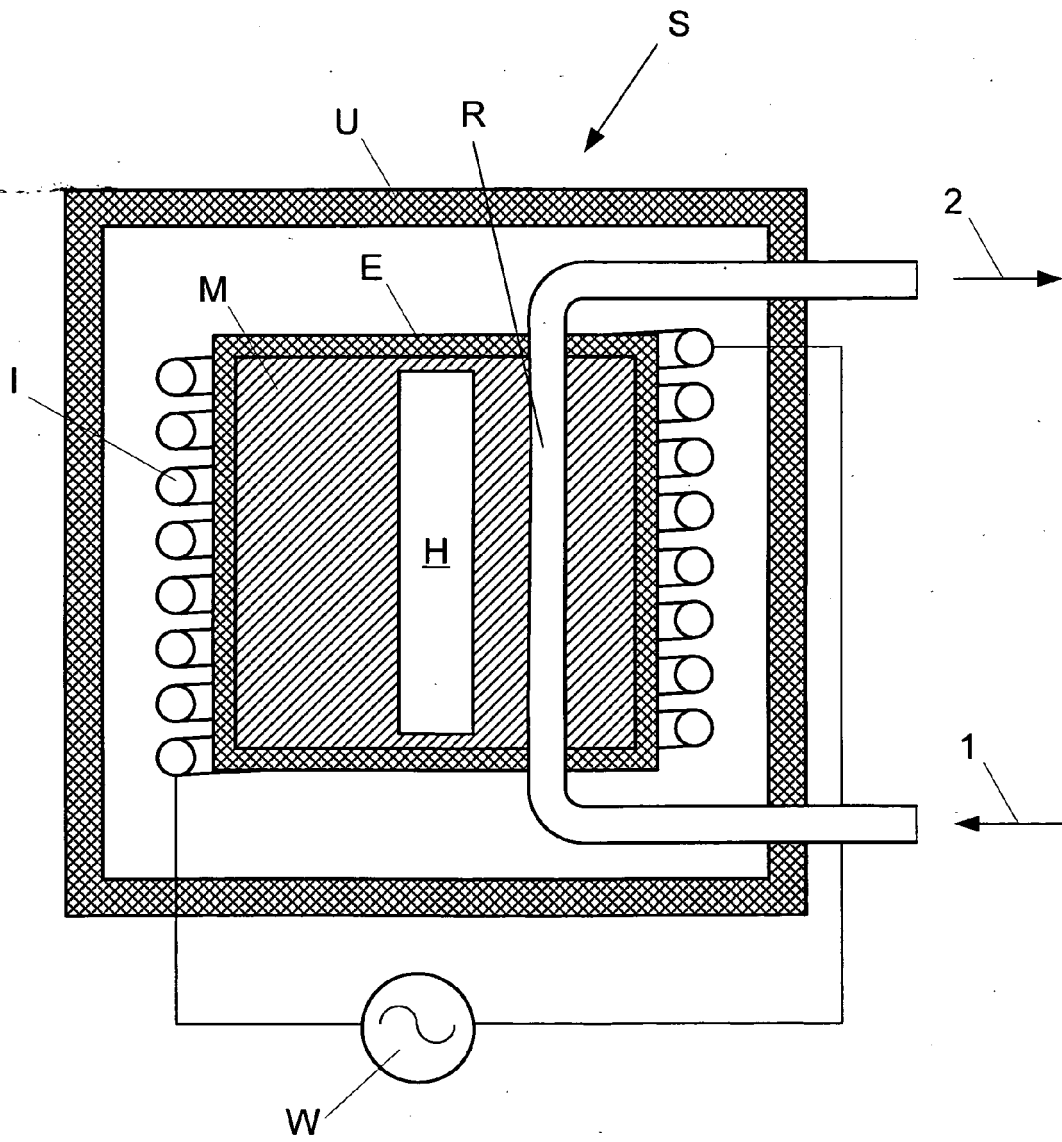
[0018] Der Wärmespeicher S umfasst eine Induktionsspule I, in deren Innerem sich ein Speicherbehälter E befindet. Der Speicherbehälter E, der ein Speichermedium M sowie ein Heizelement H enthält, ist mit einer Entnahmeeinrichtung R ausgerüstet, über die Wärme aus dem Speichermedium M entnommen werden kann. Während das Heizelement H aus einem ferromagnetischen Material besteht, ist der Speicherbehälter E aus einem nicht-ferromagnetischen Material, wie beispielsweise aus Beton, gefertigt, und kann daher von magnetischen Feldern durchdrungen werden. Die Induktionsspule I ist mit einer Wechselstromquelle W verbunden, so dass ein magnetisches Wechselfeld erzeugbar ist, das seine größte Feldstärke am Ort des Heizelements H besitzt, in welchem es Wirbelströme induziert. Aufgrund von Ummagnetisierungs- und ohmschen Verlusten im Heizelement H produzierte Wärme geht auf das Speichermedium M über und erhöht dessen Wärmeinhalt und Temperatur. Um das Abfließen der gespeicherten Wärme an die Umgebung zu erschweren, sind die Wände des Speicherbehälters E als thermische Isolatoren ausgeführt. Zusätzlich ist die Induktionsspule I mit einer thermischen Isolation U umgeben. Um Wärme aus dem Wärmespeicher S zu entnehmen, kann ein Wärmeträger 1, wie beispielsweise ein Thermalöl oder Wasser, mit einer Temperatur, die geringer ist als die Temperatur des Speichermediums M in die Entnahmeeinrichtung R eingeleitet und durch den Speicherbehälter E geführt werden. Aufgrund der Temperaturdifferenz entzieht der Wärmeträger 1 dem Speichermedium M Wärme, so dass ein angewärmter Wärmeträger 2 aus dem Wärmespeicher abgezogen werden kann.

Patentansprüche

1. Wärmespeicher mit einem Speichermedium, einer Übertragungseinrichtung, mit der Wärme auf das Speichermedium übertragbar ist, sowie eine Entnahmeeinrichtung, mit der Wärme aus dem Speichermedium entnommen werden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragungseinrichtung eine Induktionsspule sowie ein elektrisch leitfähiges Heizelement umfasst, das mit dem Speichermedium in direktem Kontakt steht, so dass Wärme zwischen Heizelement und Speichermedium ausgetauscht werden kann. 5
2. Wärmespeicher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement innerhalb der Induktionsspule angeordnet ist. 10
3. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktionsspule außerhalb eines Speicherbehälters angeordnet ist, der das Speichermedium enthält. 15
4. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement ganz oder zum Teil aus ferromagnetischem Material besteht. 20
5. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** er mehr als ein Heizelement umfasst. 25
6. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zur Entnahme von Wärme aus dem Speichermedium als Heizelement ausgeführt ist. 30
7. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktionsspule und/oder das Speichermedium von einer thermisch isolierenden Einhausung umgeben sind. 35
8. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Speichermedium fest und/oder flüssig und/oder gasförmig vorliegt. 40

45

50



Figur 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 00 9124

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 596 034 A (MEKJEAN MATTHEW) 27. Juli 1971 (1971-07-27) * Spalte 12, Zeile 58 - Zeile 69; Abbildung 2 *	1-4,7,8	INV. F24H7/04
X	DE 21 17 103 A1 (VITT GERHARD) 26. Oktober 1972 (1972-10-26) * Seite 6, Absatz 2 - Seite 7, Absatz 1; Abbildung 3 *	1-4,7,8	
X	DE 21 45 097 A1 (VITT GERHARD) 22. März 1973 (1973-03-22) * Seite 8, Absatz 1 - Seite 10, Absatz 4; Abbildung 1 *	1-3,5-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F24H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. März 2012	Prüfer Ellis, David
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 11 00 9124

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

02-03-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3596034	A	27-07-1971	KEINE	
DE 2117103	A1	26-10-1972	KEINE	
DE 2145097	A1	22-03-1973	KEINE	

EPO FORM P0461

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