

(19)



(11)

**EP 2 665 838 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**12.10.2016 Patentblatt 2016/41**

(51) Int Cl.:  
**C21D 1/74** (2006.01) **F26B 21/14** (2006.01)  
**H01B 19/02** (2006.01) **F26B 3/353** (2006.01)  
**F26B 21/08** (2006.01) **F26B 5/04** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12743746.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2012/065510**

(22) Anmeldetag: **08.08.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2013/034382 (14.03.2013 Gazette 2013/11)**

(54) **VERFAHREN ZUM AUFHEIZEN UND TROCKNEN EINES GUTES**

PROCESS FOR HEATING AND DRYING A GOOD

PROCÉDÉ DE CHAUFFAGE ET DE SÉCHAGE D'UN ARTICLE

(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**

(30) Priorität: **06.09.2011 DE 102011053288**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.11.2013 Patentblatt 2013/48**

(73) Patentinhaber: **Hedrich GmbH  
35630 Ehringshausen-Katzenfurt (DE)**

(72) Erfinder: **MAIS, Gerhard  
65551 Limburg a. d. Lahn (DE)**

(74) Vertreter: **Müller, Eckhard  
Mühlstrasse 9a  
65597 Hünfelden-Dauborn (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 248 061**

- **GMEINER P K: "Modern vapour drying processes and plants", ANNOUNCEMENT MICAFIL VAKUUMTECHNIK, XX, XX, 1. Februar 1992 (1992-02-01), Seite W, XP002016470,**

**EP 2 665 838 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes, das eine Isolation aufweist, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren und Vorrichtungen zum Trocknen eines Gutes, insbesondere der Isolation von Transformatoren bekannt. So sind Trocknungsverfahren bekannt, bei denen sich das zu trocknende Gut in einem Autoklaven befindet und mittels eines Umwälzverfahrens mit heißer Luft aufgeheizt und anschließend Feuchtigkeit aus dem Gut mittels Vakuum entfernt wird. Bei der Aufheizung werden die Wände des Autoklavs auf eine Temperatur von ca. 120°C aufgeheizt. Die vorbei strömende Luft nimmt die Wärme von den Wänden auf und erwärmt sich auf ca. 110°C. Nach erfolgter Aufheizung der Isolation wird der Autoklav evakuiert und die Restfeuchte aus der Isolation entfernt.

**[0003]** Bei dem zu trocknenden Gut kann es sich beispielsweise um Transformatoren, Kondensatoren, Stromwandler, Stromdurchführungen, etc. handeln, die hygroskopische Isolationen auf Zellstoff- und/oder Kunststoffbasis besitzen. Das Gut weist einen Abschnitt mit Isolationen auf, in denen das zu entziehende Wasser enthalten ist, und einen Kern, in dem im Wesentlichen keine oder keine Isolationen vorgesehen sind. Insbesondere bei Transformatoren besteht die Notwendigkeit, der Papierisolation des Transformators Wasser zu entziehen, damit die Isoliereigenschaften des Öl-Papier-Dielektrikums nicht negativ beeinflusst werden.

**[0004]** Aus EP 0 801 405 A2 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der das Aufheizen einer Wicklung, die eine Feststoffisolation enthält, mittels einer Heizeinrichtung und eines im Autoklaven umgewälzten heißen Luftstromes erfolgt. Die Wicklung wird durch die Heizeinrichtung bestromt und führt zu einer Aufwärmung der Isolation von innen. Gleichzeitig erfolgt durch Konvektion eine Wärmeabgabe der heißen Luft an die Isolation, die eine Aufwärmung der Isolation von außen bewirkt. Die Lufttemperatur liegt unterhalb der Temperatur der Wicklung, und die Luftumwälzung innerhalb des Autoklavs erfolgt unterhalb des Atmosphärendrucks. Die Trocknung der Wicklung erfolgt in einem dem Aufheizvorgang nachgeschalteten Trocknungsvorgang, bei dem der Autoklav evakuiert wird.

**[0005]** Dadurch, dass die wesentliche Aufheizung des Guts über die elektrische Heizeinrichtung erfolgt, ergeben sich lokale Überhitzungen in der Isolation. Diese lokalen Überhitzungen werden dadurch verstärkt, dass die Isolation ein schlechter Wärmeleiter ist und somit die Wärme innerhalb der Isolation nur sehr langsam gleichmäßig verteilt wird, was zu Beeinträchtigungen und Qualitätsverlusten der Isolation führt. Die hohen Temperaturunterschiede innerhalb der Isolation können durch die heiße Luft innerhalb des Autoklavs nicht ausreichend ausgeglichen werden, da die von der Luft abgegebene Wärme aufgrund der niedrigen Wärmekapazität von Luft

und des niedrigen Drucks zu klein ist, um die Temperaturunterschiede innerhalb der Isolation auszugleichen. Die Lufttemperatur ist auf einen Wert von ca. 110 °C begrenzt, da oberhalb von diesem Wert eine signifikante Reaktion des Sauerstoffs mit dem Material der Isolation erfolgt, welche die Isolation beschädigen kann.

**[0006]** In DE 196 37 313 A1 wird eine Vorrichtung zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes offenbart, die nach dem sogenannten Vapor-Phase-Verfahren arbeitet. Dabei wird nach einer Evakuierung des Autoklavs Kerosindampf dem Autoklaven zugeführt. Durch Kondensation des Kerosindampfs wird seine latente Wärme an die Oberfläche des Gutes abgegeben und dieses damit aufgeheizt. Nach erfolgter Aufheizung der Isolation auf eine Temperatur von ca. 125 °C wird die Beaufschlagung mit Kerosindampf eingestellt und das Gut durch Evakuierung des Autoklavs in einem Trocknungsvorgang endgültig getrocknet.

**[0007]** Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass während des Aufheizvorgangs das kondensierte Kerosin in das Isolationsmaterial eindringt und in den Poren dem Austritt des Wasserdampfs entgegensteht. Außerdem wird während des Aufheizvorgangs ein erheblicher Anteil des Kerosindampfs mit dem Wasserdampf aus dem Autoklaven geführt und in einem Kondensator kondensiert. Damit geht bei diesem Verfahren ein erheblicher Energieverlust mit dem Trocknungsprozess einher.

**[0008]** US 4,812,608 A offenbart einen Ofen zum thermomagnetischen Behandeln einer Ringspule. Der Ofen weist Heizescheiben zum Aufheizen der Ringspulen auf und ein Inertgas kann zum Fördern des Aufheizvorgangs in den Ofen zugeführt werden. Alternativ zum Zuführen des Inertgases in den Ofeninnenraum kann dieser evakuiert werden.

**[0009]** US 2002/0178604 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Trocknen und Aufheizen eines Transformators, wobei die Vorrichtung einen Autoklav aufweist. Im Aufheizvorgang erfolgt eine Kondensation des Lösungsmitteldampfs an der Feststoffisolation.

**[0010]** In EP 1 248 061 A1 und dem Artikel "Modern vapour drying processes and plants" von Micafil Vacuumtechnik; 1992; P. K. Gmeiner wird jeweils eine Vorrichtung offenbart, in der ein Solvent-Wasser-Dampfgemisch zum Aufheizen bzw. Trocknen eines in einem Autoklaven befindlichen Guts eingesetzt wird.

**[0011]** US 4,411,075 beschreibt ein Verfahren zum Aufheizen und Trocknen eines lösungsmittelbeladenen Materials mit Hilfe einer Trockenkammer, die zur Umgebung hin offen ist, als Heizgas einen Inertgasstrom verwendet und den Eintritt von Luft in den Trockenraum durch eine Inertgas gespülte Schleusenkammer verhindert.

**[0012]** EP 1 406 056 A1 offenbart die Trocknung eines Gutes in einem Autoklaven, wobei die Aufheizung des zu trocknenden Gutes über die Kondensationswärme eines Dampfes erfolgt, der sich an diesem Gut niederschlägt.

**[0013]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes bereitzustellen, die zumindest die obigen Nachteile nicht aufweist.

**[0014]** Die Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0015]** Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes vorgesehen, das eine elektrische Isolation aufweist. Die Vorrichtung weist einen evakuierbaren Autoklaven auf, in den ein gasförmiges Heizmedium eingebracht werden kann. Die Vorrichtung ist derart ausgebildet, dass während des Aufheizvorgangs das Heizmedium im gesamten Prozess im gasförmigen Zustand verbleibt. Bei dem gasförmigen Heizmedium handelt es sich insbesondere um ein Inertgas.

**[0016]** Im Sinne der Erfindung wird als Autoklav eine im Wesentlichen vakuumdichte Kammer oder ein vakuumdichtes Gehäuse verstanden. Der Autoklav ist zusätzlich derart ausgebildet, dass in der Kammer oder dem Gehäuse ein Überdruck herrschen kann.

**[0017]** Als Inertgas werden im Sinne der Erfindung alle Gase verstanden, die mit der Isolation des Gutes nicht reagieren oder deren Reaktionsneigung mit der Isolation geringer ist als die Reaktionsneigung der Luft, insbesondere des Sauerstoffs. Als Inertgas kann beispielsweise Stickstoff eingesetzt werden. Der Vorteil des Einsatzes von Stickstoff besteht darin, dass dieses kostengünstig beschafft werden kann und somit die Betriebskosten der Vorrichtung gering sind. Natürlich können auch weitere Inertgase, wie beispielsweise Helium, Argon, Neon oder dergleichen eingesetzt werden. Bei der Isolation kann es sich um eine hygroskopische Isolation auf Zellstoff- und/oder Kunststoffbasis handeln.

**[0018]** Der Einsatz von Inertgas als gasförmiges Heizmedium bietet den Vorteil, dass der schädigende Einfluss von Sauerstoff auf die Isolation ausgeschlossen ist, da das gasförmige Heizmedium nicht mit dem Isolationsmaterial reagieren und dieses somit nicht beschädigen kann. Im Gegensatz zum Einsatz von Luft kann das Inertgas auf Temperaturen von über 120°C aufgeheizt werden, ohne eine Beschädigung der Isolation befürchten zu müssen. Auf Grund der hohen Temperatur des gasförmigen Heizmediums erhöht sich der konvektive Wärmeeintrag in die Isolation, wodurch sich die Aufheizzeit der Isolation verringert.

**[0019]** Ferner besteht ein Vorteil bei der Verwendung von einem gasförmigen Heizmedium, insbesondere Inertgas, darin, dass es während einer Zwischendruckabsenkung bei einem Aufheizvorgang bzw. während der Trocknung bei einem Trocknungsvorgang sehr schnell und vollständig aus dem Autoklaven entfernt werden kann. Dies ist möglich, weil das gasförmige Heizmedium nicht kondensiert und dem Austritt des Wasserdampfs nicht wie der kondensierte Kerosindampf entgegensteht.

**[0020]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann der Autoklav eine Abführleitung und eine mit der Abführleitung verbundene Zuführleitung aufweisen.

Der Autoklav, die Abführleitung und die Zuführleitung können einen Kreis, insbesondere einen geschlossenen Aufheizkreis, bilden. Durch das Vorsehen eines geschlossenen Aufheizkreises kann sichergestellt werden, dass das Inertgas während des Aufheizvorgangs nicht in die Umgebung abgegeben wird, wodurch sich der Energieverlust der Vorrichtung nochmals vermindert. Das gasförmige Heizmedium bzw. das Gemisch aus gasförmigem Heizmedium und dem aus der Isolation verdampften Wasser strömt während des Aufheizvorgangs innerhalb des Kreises, in dem es getrocknet und/oder aufgeheizt werden kann.

**[0021]** Während eines Trocknungsvorgangs wird der Autoklav evakuiert. Das Evakuieren des Autoklaven bietet den Vorteil, dass ein zusätzlicher Diffusionsgradient für den Wasserdampf erzeugt wird. Das in dem Autoklaven befindliche Gemisch kann über einen Vakuumpumpsatz aus dem Autoklaven abgeführt werden. Der Vakuumpumpsatz kann als ein offener Kreis ausgebildet sein. In diesem Fall wird das abgeführte Gemisch in die Umgebung abgegeben. Natürlich kann der Vakuumpumpsatz als ein geschlossener Kreis ausgebildet sein, so dass nach dem Trocknungsvorgang das gasförmige Heizmedium dem Autoklaven erneut zugeführt werden kann. In dem Vakuumpumpsatz kann ein Trockner zum Abscheiden des kondensierten Wassers aus dem Gemisch vorgesehen sein, so dass sichergestellt ist, dass nur das gasförmige trockene Heizmedium in den Autoklaven zurückgeführt wird.

**[0022]** Nach einer bevorzugten Ausführungsform kann der Aufheizvorgang in mehreren Intervallen erfolgen, in denen das Gut aufgeheizt und im Anschluss daran der Druck im Autoklaven abgesenkt wird. Dabei wird der Druck natürlich nicht so stark abgesenkt wie in dem Endtrocknungsvorgang, bei dem der Autoklav evakuiert wird.

**[0023]** Innerhalb des Autoklavs kann eine Umwälzeinrichtung vorgesehen sein. Mittels der Umwälzeinrichtung wird auf einfache Weise sichergestellt, dass das Inertgas das Gut komplett umströmt. Dadurch wird eine gleichmäßige Aufheizung des Gutes erreicht. Die Umwälzung des gasförmigen Heizmediums im Autoklaven kann insbesondere bei Atmosphärendruck oder Überdruck durchgeführt werden. Die Umwälzung des gasförmigen Heizmediums bei Überdruck bietet den Vorteil, dass der Energiegehalt des Heizmediums und damit die Wärmeabgabe an das Gut hoch ist. Ferner können innerhalb des Autoklavs Leitbleche vorgesehen sein, die das gasförmige Heizmedium umlenken können, so dass eine Aufheizung des Gutes beispielsweise von unten nach oben erfolgen kann.

**[0024]** In dem Aufheizkreis kann zwischen der Abführleitung und der Zuführleitung ein Trockner, insbesondere ein Kondensator und/oder ein Absorptionstrockner vorgesehen sein. Mittels des Trockners wird das aus dem Autoklav entnommene Gemisch aus beispielsweise Inertgas und Wasserdampf getrocknet. Zwischen dem Trockner und der Abführleitung kann ein Wärmetauscher angeordnet sein. In dem Wärmetauscher wird das aus

dem Autoklaven entnommene Gemisch vor einem Eintritt in den Trockner abgekühlt. Die bei der Kühlung freiwerdende Wärme kann zur Aufheizung des gasförmigen Heizmediums eingesetzt werden, bevor dieses über die Zuführleitung dem Autoklaven zugeführt wird. Natürlich besteht auch die Möglichkeit die freiwerdende Wärme für andere Anwendungen einzusetzen. Das Vorsehen des Wärmetauschers bietet den Vorteil, dass der Energieverlust der Vorrichtung verringert wird. Zusätzlich oder alternativ kann ein weiterer Wärmetauscher vorgesehen sein, der zwischen dem Trockner und der Zuführleitung angeordnet ist. In dem Wärmetauscher kann das gasförmige Heizmedium vor dem Zuführen in den Autoklaven aufgeheizt werden.

**[0025]** Die Zufuhr von aufgeheiztem, trockenem gasförmigem Heizmedium in den Autoklaven bietet den Vorteil, dass neben der Aufheizung der Isolation für den in der Isolation erzeugten Wasserdampf ein Partialdruckgefälle erzeugt wird und es somit zu einer Diffusion aus der Isolation hin zum gasförmigen trockenen Heizmedium kommt. Somit kann durch die Zufuhr von gasförmigem Heizmedium bereits während des Aufheizvorgangs eine Vortrocknung der Isolation erreicht werden.

**[0026]** In einer bevorzugten Ausführung kann in der Vorrichtung eine Heizeinrichtung zum Zuführen von Energie an das Gut vorgesehen sein. Die Heizeinrichtung kann beispielsweise als Widerstandsheizung ausgebildet sein, die eine Umwandlung von elektrischer Energie in thermische Energie ermöglicht. Die Energiezufuhr an das Gut kann an eine in dem Gut vorgesehene elektrische Leitung, insbesondere eine spulenförmig ausgebildete Leitung, erfolgen. Die Leitung, insbesondere die Trafospule, ist in dem Gut derart angeordnet, dass sowohl die Isolation als auch der Kern des Gutes, der im Wesentlichen keine Isolation aufweist, aufgewärmt werden. Durch das Vorsehen der Heizeinrichtung kann sichergestellt werden, dass der Isolation des Gutes neben dem Wärmeeintrag durch das gasförmige Heizmedium zusätzliche Wärmeenergie von innen zugeführt wird. Folglich wird durch das Vorsehen der Heizeinrichtung eine gleichmäßige Aufwärmung der schlecht wärmeleitenden Isolation ermöglicht. Dabei kann das gasförmige Heizmedium eine höhere Temperatur aufweisen als die im Gut befindliche beheizte, elektrische Leitung, insbesondere eine spulenförmig ausgebildete Leitung.

**[0027]** Die Energiezufuhr von der Heizeinrichtung an das Gut kann während des Aufheizvorgangs als auch während des Trocknungsvorgangs, der dem Aufheizvorgang des Gutes nachgeschaltet ist, erfolgen. Eine Energiezufuhr während des Trocknungsvorgangs bietet den Vorteil, dass Wärmeverluste ausgeglichen werden, die während des Trocknungsvorgangs entstehen können. Insbesondere kann ein Wärmeverlust bei der Verdampfung des in der Isolation enthaltenen Wassers entstehen, die zu einer Reduzierung der Temperatur der Isolation führt. Des Weiteren kann ein Wärmeverlust dadurch entstehen, dass Wärme von der Isolation des Gutes an einen zur Isolation benachbarten Abschnitt des Gutes, wie

z.B. den Kern des Gutes, fließt, dessen Temperatur geringer ist als die Temperatur der Isolation. Die Energiezufuhr durch die Heizeinrichtung kann während des gesamten oder nur eines Teils des Trocknungsvorgangs erfolgen. Insbesondere kann die Energiezufuhr gegen Ende des Trocknungsvorgangs ausgeschaltet werden.

**[0028]** Durch die Heizeinrichtung kann beispielsweise der Kern des Gutes auf eine Temperatur erwärmt werden, wo der Wärmestrom in der Isolation zu diesem Abschnitt gering ist. Insbesondere kann der Kern des Gutes derart erwärmt werden, dass seine Temperatur oberhalb einer Kondensationstemperatur des aus der Isolation des Gutes verdampfenden Wasser ist. Dadurch kann verhindert werden, dass das aus der Isolation verdampfte Wasser an dem Kern kondensiert.

**[0029]** In einer bevorzugten Ausführung ist das Gut als Transformator ausgebildet. In diesem Fall entspricht der Kern dem Transformator Kern, der aus einzelnen, gegeneinander elektrisch isolierten Kernblechen bestehen kann. Die Heizeinrichtung bestromt eine Unterspannungsspule und/oder eine Oberspannungsspule des Transformators. Insbesondere eine alleinige Bestromung der Unterspannungsspule bietet den Vorteil, dass der Transformator Kern auf einfache Weise stark erwärmt werden kann. Dies ist möglich, da die Unterspannungsspule nahe am Kern des Transformators angeordnet ist. Insbesondere ist es möglich, dass die Oberspannungsspule und/oder Unterspannungsspule während des Aufheizvorgangs bzw. des Trocknungsvorgangs unterschiedlich bestromt werden. So können beide Spulen während des Aufheizvorgangs und während des Trocknungsvorgangs nur die Unterspannungsspule bestromt werden. Natürlich sind auch weitere Bestromungsmöglichkeiten der beiden Spulen während des Aufheizvorgangs bzw. während des Trocknungsvorgangs vorstellbar. Insbesondere können die beiden Spulen unterschiedlich stark bestromt werden.

**[0030]** Die Heizeinrichtung kann als Gleichstrom- oder Niederfrequenz- oder Hochfrequenzeinrichtung ausgelegt sein. Insbesondere das Vorsehen der Heizeinrichtung als Hochfrequenzeinrichtung bietet den Vorteil, dass der Skin-Effekt ausgenutzt werden kann. Infolge des Skin-Effekts ist bei hochfrequenten Wechselströmen die Stromdichte an der Außenseite des Leiters größer als in der Mitte des Leiters, wodurch sich der Widerstand in der Leitung und damit die Wärmeabgabe in das Gut, insbesondere in den Kern, erhöht.

**[0031]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann eine Messeinheit in dem Vakuumpumpsatz vorgesehen sein, mittels der eine Messung des Taupunkts in einer Vakuumleitung erfolgen kann. Abhängig von dem Ergebnis der Messung kann der Trocknungsvorgang beendet werden.

**[0032]** Die Erfindung ist nicht nur auf die Trocknung eines Guts beschränkt, dessen Isolation Wasser enthält. Natürlich kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. dem erfindungsgemäßen Verfahren auch ein Gut getrocknet werden, das einen anderen zu verdampfen-

den Stoff als Wasser aufweist.

**[0033]** Weitere Ziele, Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen, wobei gleiche oder gleich wirkende Elemente zumeist mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger sinnvoller Kombination den Gegenstand der vorliegenden Erfindung, auch unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen und deren Rückbeziehung.

Hierzu zeigen:

**[0034]**

Fig. 1: einen prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes,

Fig. 2: einen Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Transformators.

**[0035]** Die in Figur 1 gezeigte Vorrichtung 1 zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes 4 weist einen Autoklaven 10, eine Heizeinrichtung 14, einen Aufheizkreis 2 und einen Vakuumpumpsatz 3 auf.

**[0036]** Der Autoklav 10 ist als eine Kammer ausgebildet, die derart ausgelegt ist, dass sie sowohl evakuiert als auch mit Überdruck beaufschlagt werden kann. Innerhalb des Autoklavs 10 ist das Gut angeordnet, wobei es sich bei dem Gut beispielsweise um ein Transformatoraktivteil 4, handeln kann. Ferner ist innerhalb des Autoklavs 10 eine Umwälzeinrichtung 13 vorgesehen, mittels der das im Autoklaven 10 befindliche gasförmige Heizmedium umgewälzt werden kann. Die Umwälzeinrichtung 13 wird durch einen in den Figuren nicht dargestellten Motor angetrieben.

**[0037]** Der Aufheizkreis 2 ist als ein geschlossener Kreislauf ausgebildet und weist eine Abführleitung 23 und eine Zuführleitung 24 auf, die miteinander verbunden sind. Über die Abführleitung 23 wird das in dem Autoklaven 10 befindliche Gemisch entnommen und über die Zuführleitung 24 dem Autoklaven 10 zugeführt. Der Aufheizkreis 2 weist, in Strömungsrichtung des entnommenen Gemisches gesehen, einen ersten Wärmetauscher 22, einen Trockner 20 und einen zweiten Wärmetauscher 21 auf.

**[0038]** Der Vakuumpumpsatz 3 ist offen ausgebildet und weist eine Vakuumleitung 30 auf, die mit dem Innenraum des Autoklavs 10 in Verbindung steht. Ferner weist der Vakuumpumpsatz 3 eine Messeinheit 31 auf, mittels der der Taupunkt in einer Bypassleitung 33 der Vakuumleitung 30 gemessen wird sowie einen dritten Wärmetauscher 32 auf.

**[0039]** Die Heizeinrichtung 14 ist mit dem Transformator 4, insbesondere der Spule des Transformators 4 verbunden. Der in Figur 2 gezeigte Transformator 4 weist

einen Transformatorkern 40 und eine Spule auf. Die Spule weist eine Unterspannungsspule 41 und eine Oberspannungsspule 42 auf, die beide um den Transformatorkern 40 verlaufen. Dabei ist die Unterspannungsspule 41 dem Transformatorkern 40 näher angeordnet als die Oberspannungsspule 42. Bei dem in Figur 2 gezeigten Transformator sind die Isolationen nicht gezeigt.

**[0040]** Als gasförmiges Heizmedium dient Inertgas, insbesondere Stickstoff.

**[0041]** Im Folgenden wird der Betrieb der Vorrichtung 1 anhand einer Aufheizung und Trocknung eines Transformators beschrieben. Der Betrieb der Vorrichtung 1 ist natürlich nicht auf eine Aufheizung und Trocknung eines Transformators beschränkt.

**[0042]** Während des Aufheizvorgangs erfolgt eine Aufheizung des Transformators 4. Diesbezüglich werden die Wände des Autoklavs 10 aufgeheizt, wodurch sich das in dem Autoklaven 10 befindliche gasförmige Heizmedium ebenfalls aufheizt. Durch die Umwälzeinrichtung 13 wird das gasförmige Heizmedium innerhalb des Autoklavs 10 umgewälzt. Bei der Umwälzung des gasförmigen Heizmediums erfolgt eine Wärmeabgabe von diesem an die in den Figuren nicht gezeigte Isolation des Transformators 4. Das trockene gasförmige Heizmedium führt neben der Aufheizung dazu, dass ein Partialdruckgefälle erzeugt wird, so dass es zu einer Diffusion des Wasserdampfs aus der Isolation hin zu dem gasförmigen Heizmedium kommt.

**[0043]** Das Gemisch aus gasförmigem Heizmedium und Wasserdampf wird über die Abführleitung 23 aus dem Autoklaven 10 entfernt und durchströmt den ersten Wärmetauscher 22, in dem es abgekühlt wird. Im Anschluss daran durchströmt das Gemisch einen Trockner 20, in dem der Wasserdampf abgeschieden wird. Das kondensierte Wasser fließt in einen in den Figuren nicht dargestellten Sammelbehälter. Das getrocknete gasförmige Heizmedium durchströmt im Anschluss an den Trockner 20 einen zweiten Wärmetauscher 21, in dem das gasförmige Heizmedium erwärmt wird.

**[0044]** Während des Aufheizvorgangs wird die Spule des Transformators 4 durch die Heizeinrichtung 14 bestrahlt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Transformatorkern 40 und die nicht gezeigte Isolation erwärmt werden, so dass eine gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des Transformators 4 erreicht wird.

**[0045]** Sobald die Isolation 4 des Transformators eine bestimmte Temperatur, insbesondere 120°C, erreicht hat, wird der Aufheizvorgang beendet und der Trocknungsvorgang gestartet. Bei dem Trocknungsvorgang wird über die Vakuumleitung 30 das in dem Autoklaven befindliche Gemisch abgesaugt bzw. der Autoklav evakuiert. Durch die Absenkung des Drucks im Autoklaven wird ein zusätzlicher Diffusionsgradient für den Wasserdampf erzeugt, wodurch sich die Trocknung der Isolierung beschleunigt und/oder verbessert. Das abgesaugte Gemisch wird in die Umgebung abgegeben, wobei zuvor ein Wärmetausch in dem dritten Wärmetauscher 32 zwischen dem Gemisch und beispielsweise Kühlwasser der

Vorrichtung 1 erfolgt. Mittels der Messeinheit 31 wird in der Bypassleitung 32 der Taupunkt des abgesaugten Gemisches gemessen und abhängig von diesem Wert entschieden, ob der Trocknungsprozess beendet ist oder nicht.

Bezugszeichen

#### [0046]

- |    |                                                    |    |
|----|----------------------------------------------------|----|
| 1  | Vorrichtung zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes |    |
| 2  | Aufheizkreis                                       |    |
| 3  | Vakuumpumpsatz                                     |    |
| 4  | Transformator                                      |    |
| 10 | Autoklav                                           | 15 |
| 13 | Umwälzeinrichtung                                  |    |
| 14 | Heizeinrichtung                                    |    |
| 20 | Trockner                                           |    |
| 21 | erster Wärmetauscher                               | 20 |
| 22 | zweiter Wärmetauscher                              |    |
| 23 | Abführleitung                                      |    |
| 24 | Zuführleitung                                      |    |
| 30 | Vakuundleitung                                     |    |
| 31 | Messeinheit                                        | 25 |
| 32 | dritter Wärmetauscher                              |    |
| 33 | Bypassleitung                                      |    |
| 40 | Transformator kern                                 |    |
| 41 | Unterspannungsspule                                |    |
| 42 | Oberspannungsspule                                 | 30 |

#### Patentansprüche

- |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Verfahren zum Aufheizen und Trocknen eines Gutes (4), das eine elektrische Isolation aufweist, wobei ein gasförmiges Heizmedium innerhalb eines Autoklavs (10), strömt und während des Aufheizvorgangs im gasförmigen Zustand verbleibt, wobei nach einem Aufheizen des Gutes (4) ein Trocknungsvorgang, in dem der Autoklav evakuiert wird, durchgeführt wird, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> das gasförmige Heizmedium ein Inertgas ist. | 35 |
| 2. | Verfahren nach Anspruch 1, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> eine Umwälzung des gasförmigen Heizmediums im Autoklaven (10), insbesondere bei Atmosphärendruck oder Überdruck, durchgeführt wird.                                                                                                                                                                                                                                              | 40 |
| 3. | Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> wenigstens ein Intervall zum Aufheizen des Gutes (4) und abschließenden Absenken des Drucks im Autoklaven (10) durchgeführt wird.                                                                                                                                                                                                                              | 45 |
| 4. | Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> , insbesondere wäh-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 50 |

rend des Trocknungsvorgangs dem Gut (4) durch eine Heizeinrichtung (14) Energie zugeführt wird, insbesondere derart, dass eine Innentemperatur eines Kerns des Gutes oberhalb einer Kondensationstemperatur des im Gut (4) zu verdampfenden Stoffes, insbesondere Wassers, erzielt wird.

- |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5. | Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> ein aus dem Autoklaven (10) entnommenes Gemisch, insbesondere ein Gemisch aus dem gasförmigen Heizmedium und dem Wasserdampf, getrocknet wird und/oder das Gemisch vor dem Trocknen abgekühlt wird. | 10 |
| 6. | Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> das gasförmige Heizmedium vor einer Zufuhr in den Autoklaven, insbesondere durch die bei der Abkühlung des Gemisches freiwerdende Wärme, aufgeheizt wird.                                           | 15 |

#### Claims

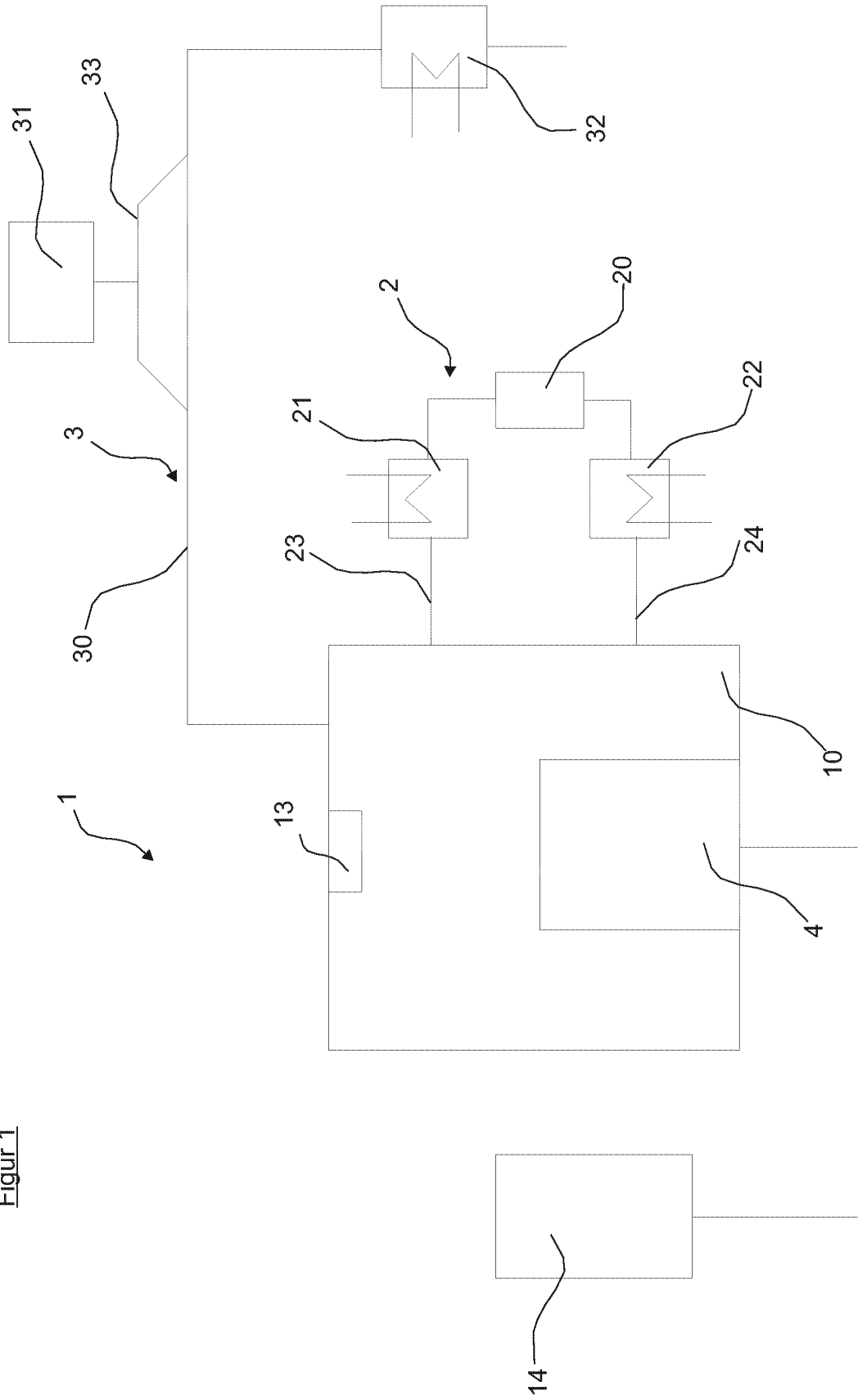
- |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Method for heating up and drying a good (4) that has an electrical insulation, wherein a gaseous heating medium flows within an autoclave (10) and remains in the gaseous state during the heating process, wherein subsequent to heating the good (4) a drying process is carried out, in which the autoclave is evacuated, <b>characterized in that</b> the gaseous heating medium is an inert gas.    | 25 |
| 2. | Method according to claim 1, <b>characterized in that</b> a circulation of the gaseous heating medium is carried out in the autoclave (10), in particular at atmospheric pressure or overpressure.                                                                                                                                                                                                       | 30 |
| 3. | Method according to one of the claims 1 or 2, <b>characterized in that</b> at least one interval is carried out for heating the good (4) and subsequent lowering of the pressure in the autoclave (10).                                                                                                                                                                                                  | 35 |
| 4. | Method according to one of the claims 1 to 3, <b>characterized in that</b> , in particular during the drying process energy is supplied to the good (4) by a heating appliance (14), in particular in such a manner that an inside temperature of a core of the good is achieved that is above a condensation temperature of the substance that is to be vaporized in the good (4), in particular water. | 40 |
| 5. | Method according to one of the preceding claims 1 to 4, <b>characterized in that</b> a mixture that is extracted from the autoclave (10), in particular a mixture of the gaseous heating medium and the water vapor, is dried and/or <b>in that</b> the mixture is cooled down be-                                                                                                                       | 45 |

fore being dried.

6. Method according to one of the preceding claims 1 to 5, **characterized in that** the gaseous heating medium is heated up before being supplied into the autoclave, in particular by means of the heat that is being released as the mixture is cooling down. 5

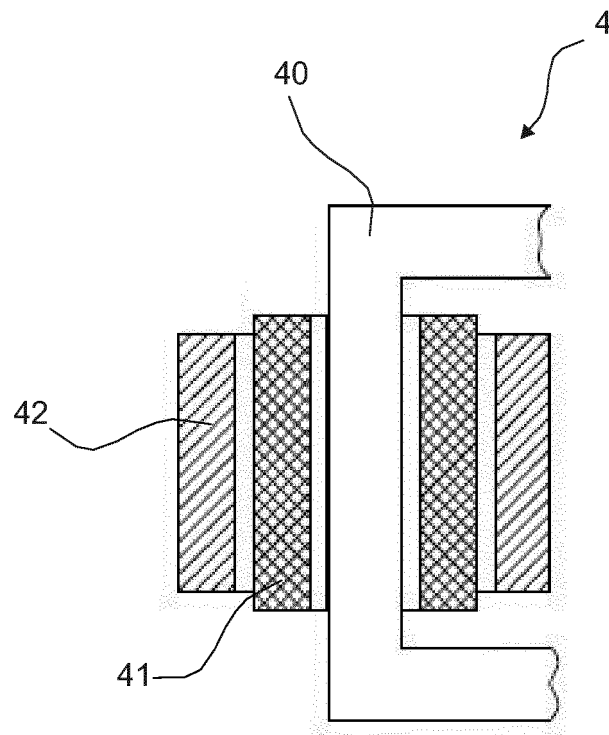
## Revendications 10

1. Procédé pour chauffer et sécher un produit (4) qui présente une isolation électrique, un milieu chauffant gazeux s'écoulant à l'intérieur d'un autoclave (10) et restant à l'état gazeux pendant l'opération de chauffage, une opération de séchage, dans laquelle l'autoclave est évacué, étant effectuée après un chauffage du produit (4), **caractérisé en ce que** le milieu chauffant gazeux est un gaz inerte. 15  
20
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une circulation du milieu chauffant gazeux est réalisée dans l'autoclave (10), en particulier à la pression atmosphérique ou à une surpression. 25
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'on prévoit au moins un intervalle pour chauffer le produit (4) et ensuite un abaissement de la pression dans l'autoclave (10). 30
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**en particulier pendant l'opération de séchage, de l'énergie est acheminée au produit (4) par un dispositif de chauffage (14), en particulier de manière à obtenir une température intérieure d'un coeur du produit au-dessus d'une température de condensation de la substance à évaporer dans le produit (4), en particulier de l'eau. 35  
40
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**un mélange prélevé de l'autoclave (10), en particulier un mélange constitué du milieu chauffant gazeux et de vapeur d'eau, est séché et/ou le mélange est refroidi avant le séchage. 45  
50
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 5, **caractérisé en ce que** le milieu chauffant gazeux, avant une alimentation dans l'autoclave, est chauffé, en particulier par la chaleur libérée par le refroidissement du mélange. 55



Figur 1

Figur 2



**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 0801405 A2 [0004]
- DE 19637313 A1 [0006]
- US 4812608 A [0008]
- US 20020178604 A1 [0009]
- EP 1248061 A1 [0010]
- US 4411075 A [0011]
- EP 1406056 A1 [0012]