

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Oktober 2002 (17.10.2002)

PCT

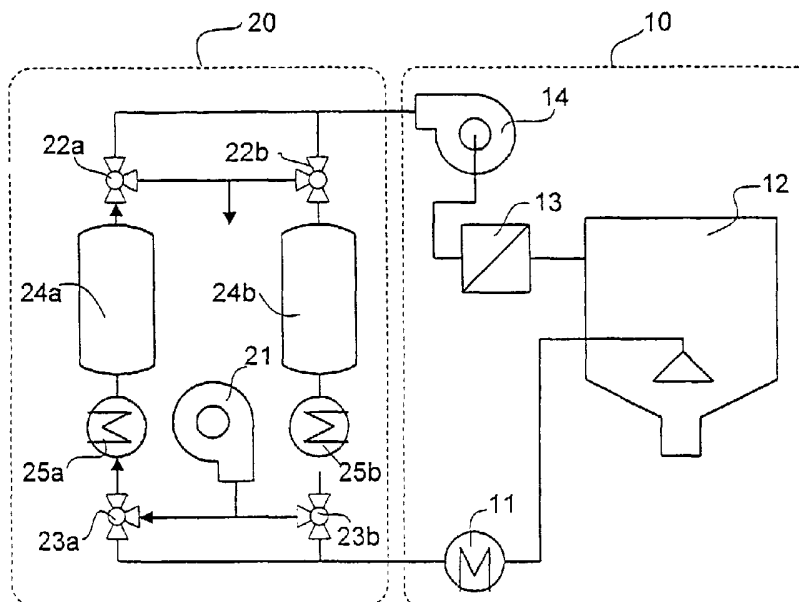
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/081059 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B01D 53/00** (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **VIERLING, Andreas**
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/01334 [DE/DE]; Mittelstrasse 7, 65468 Trebur (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 5. April 2002 (05.04.2002) (74) Anwalt: **VOIGT, Günter**; Schulze & Voigt, Postfach 21
01 04, 90119 Nürnberg (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): AU, CA, CN, CZ, HU,
JP, PL, RU, US.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
(30) Angaben zur Priorität: 101 18 762.9 8. April 2001 (08.04.2001) DE NL, PT, SE, TR).
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **WITTMANN ROBOT SYSTEME GMBH** Veröffentlicht:
[DE/DE]; Haimendorfer Strasse 48, 90571 Schwaig (DE). — ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THE REGENERATION OF HUMIDITY-LADEN PROCESS AIR AND ARRANGEMENT FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REGENERATION FEUCHTIGKEITSBELADENER PROZESSLUFT UND ANORDNUNG ZUR DUCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS



(57) Abstract: A method for the regeneration of humidity-laden drying cartridges is disclosed, in which atmospheric air is heated to ca. 220 to 300° C and introduced into the drying cartridge (24a, 24b) for regeneration. The subsequent cooling of the drying cartridge (24a, 24b) is achieved by means of a partial stream of air diverted from the dried process air. An arrangement suitable for carrying out said method is also disclosed.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/081059 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Regeneration mit Feuchtigkeit beladener Trocknungspatronen beschrieben, bei dem die atmosphärische Luft auf ca. 220 bis 300° C aufgeheizt und der zu regenerierenden Trocknungspatrone (24a, 24b) zugeführt wird. Die anschließende Rückkühlung der Trocknungspatrone (24a, 24b) erfolgt mit einem aus der getrockneten Prozessluft abgezweigten Teilluftstrom. Weiter wird eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Anordnung beschrieben.

5

10

Verfahren zur Regeneration feuchtigkeitsbeladener Prozessluft
und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

15

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regeneration
feuchtigkeitsbeladener Prozessluft gemäss Oberbegriff des An-
spruchs 1 sowie auf eine Anordnung zur Durchführung des Ver-
fahrens gemäss Anspruch 5.

In zahlreichen Fertigungsprozessen, insbesondere in der
Kunststoffverarbeitung, müssen die Ausgangs- und/oder Zwi-
schenprodukte vor einer Weiterverarbeitung getrocknet werden.
Dabei reichert sich die für den Trocknungsvorgang verwendete
Prozessluft mit Feuchtigkeit an, die den Ausgangs- und/oder
Zwischenprodukten entzogen wurde. Grundsätzlich könnte die so
entstehende feuchtigkeitsbeladene warme Prozessluft zwar
unbehandelt in die Umgebung abgegeben und durch Frischluft
ersetzt werden. Im Hinblick auf den Energiehaushalt und damit

auch aus Kostengründen scheidet eine solche Lösung jedoch aus.

Bei der Verarbeitung von Kunststoffgranulaten ist es - wie
5 oben bereits erwähnt - erforderlich, das Kunststoffgranulat
vor einer Verarbeitung oder Weiterverarbeitung zu trocknen.
Dies geschieht mittels des Kunststoffgranulats in einem dafür
vorgesehenen Behälter durchströmender trockener Warmluft
(Prozessluft), die die Feuchtigkeit zunächst aufnimmt und
10 dann anschließend wieder von der aufgenommenen Feuchtigkeit
befreit werden muss.

Hierzu wird die mit Feuchtigkeit angereicherte Prozessluft
zur Entfeuchtung einem Regenerationsprozess unterworfen. Die
15 Entfeuchtung erfolgt dabei in mit Molekularsieben versehenen
Trocknungspatronen, in denen die mitgeführte Feuchtigkeit der
Prozessluft adsorbiert wird.

Grundsätzlich werden mehrere solcher Trocknungspatronen ver-
20 wendet, die parallel geschaltet sind. Während zumindest eine
Trocknungspatrone in der Trocknungsphase arbeitet, werden
gleichzeitig eine oder mehrere parallel geschaltete Trock-
nungspatronen von der in ihnen adsorbierten Feuchtigkeit
befreit und damit für eine neue Trocknungsphase aufbereitet.

25 Nach dem Stand der Technik ist es beispielsweise bekannt, die
Regeneration der Trocknungspatronen im sogenannten Gleich-
strom-Prinzip zu betreiben, d.h. die Strömungsrichtung in den
Trocknungspatronen ist in der Trocknungsphase für die Pro-
30 zessluft und in der Regenerationsphase der Trocknungspatrone
stets gleichgerichtet.

Beim sogenannten Gegenstrom-Prinzip ist die Strömungsrichtung in den Trocknungspatronen während der Regeneration der Trocknungspatronen der Strömungsrichtung während des Trocknungsprozesses entgegengesetzt.

5

Der Vorteil des Gegenstrom-Prinzips liegt in einem deutlich geringerem Energieverbrauch während der Regeneration. Während die Trocknungspatrone während des Trocknungsprozesses Feuchtigkeit aus der Prozessluft aufnimmt, wird sie in Strömungsrichtung kontinuierlich fortschreitend befeuchtet. Es entsteht eine in Strömungsrichtung wandernde Trennfront „feucht/trocken“. Rechtzeitig bevor die so entstehende, durch die Trocknungspatrone wandernde Trennfront „feucht/trocken“ das Ende der Trocknungspatrone erreicht, muss der Strom der zu trocknenden Prozessluft unter Wahrung einer Sicherheits- bzw. Pufferzone auf eine andere Trocknungspatrone umgeschaltet werden. So ist sichergestellt, dass ohne zeitliche Unterbrechung eine trockene Zone zur Verfügung steht und somit ein kontinuierlicher, unterbrechungsloser Trocknungsprozess ablaufen kann.

15
20

Bei der Gegenstrom-Regeneration wird der noch verbliebene trockene Bereich der Trocknungspatrone nunmehr als Ausgangspunkt benutzt, von dem aus auch die sich anschließenden durchfeuchteten Bereiche der Trocknungspatrone kontinuierlich durchlaufend in Gegenrichtung zur vorangegangenen Befeuchtung der Trocknungspatrone wieder getrocknet werden. Die Trennfront „feucht/trocken“ wandert nunmehr entgegen ihrer ursprünglichen Bewegungsrichtung zurück.

25
30

Bei der zuvor beschriebenen Gleichstrom-Regeneration wird der zunächst verbliebene trockene Bereich der Trocknungspatrone

dagegen von der Trennfront „feucht/ trocken“ überrollt und nimmt zunächst einmal noch Feuchtigkeit aus dem in Strömungsrichtung der Trennfront „feucht/trocken“ vorgeschalteten Bereich der Trocknungspatrone auf.

5

Schließlich kommt teilweise auch das „By-Pass-Verfahren“ zur Anwendung, bei dem die Regeneration der Trocknungspatrone über die gesamte Zeit mit einer Teilmenge der Prozessluft erfolgt. Dabei werden etwa 15 bis 20 % der Prozeßluft aus dem Hauptstrom abgezweigt, auf etwa 220 bis 300 ° C aufgeheizt und der zu regenerierenden Trocknungspatrone zugeführt. Nach Abschluss des Trocknungsprozesses wird die der zu regenerierenden Trocknungspatrone zugeordnete Heizung abgeschaltet und mit dem abgezweigten Luftstrom der Prozessluft die regenerierte Trocknungspatrone bis auf ca. 60 ° C abgekühlt. Erst bei einer so weit erniedrigten Temperatur ist das Molekularsieb in der zu regenerierenden Trocknungspatrone wieder voll wirksam. Dabei muss allerdings eine ständig abströmende Teilmenge der Prozessluft als Frischluft in den Kreislauf aufgenommen werden, so dass die Prozessluft in einem gewissen Umfang zusätzlich mit Feuchtigkeit beladen wird und die im Trocknungsprozess stehende Trocknungspatrone schneller mit Feuchtigkeit gesättigt wird.

25

Wie der Stand der Technik erkennen lässt, gibt es zahlreiche Bemühungen, die Funktionalität und den Wirkungsgrad der Regeneration zu verbessern.

30

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Regenerationsverfahren für Trocknungspatronen zu schaffen, das bei möglichst geringem apparativen Aufwand und relativ geringem

Energieaufwand eine optimierte Regeneration der Trocknungspatronen ermöglicht.

Die Lösung erfolgt mit Hilfe der Merkmale des Anspruchs 1.

5

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens ergeben sich aus den nachfolgenden Unteransprüchen.

10 Eine vorteilhafte Anordnung zur Durchführung des Verfahrens ergibt sich aus Anspruch 5 sowie den zugeordneten Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungsfiguren näher erläutert. Es zeigen:

15

Fig. 1 eine Prinzip-Darstellung einer Vorrichtung zur Trocknung von Kunststoffgranulat und zur Regeneration der beim Trocknungsprozess des Kunststoffgranulats befeuchteten Prozessluft mit Hilfe eines Molekularsiebs,

20

Fig. 2 eine Adsorptionsisotherme des Molekularsiebs und

Fig. 3 eine grafische Darstellung des Temperaturverlaufs während der Regeneration.

25

30 In Fig. 1 zeigt der umrandete rechte Bereich 10 einen Trocknungsbehälter 12, dem in seinem unteren Bereich von einer Heizung 11 kommende Prozessluft zugeführt wird. Die Prozessluft durchströmt das zu trocknende Granulat und tritt im oberen Bereich des Trocknungsbehälters 12 aus diesem wieder aus. Über ein Filter 13 gelangt die Prozessluft dann zu einem

Gebläse 14, von wo die Prozessluft in den Trocknungsbereich 20 weitergeleitet wird.

In diesem Trocknungsbereich 20 für die Prozessluft sind zu-
mindest zwei Trocknungspatronen 24a und 24 b angeordnet, de-
nen über Ventile 22a bzw. 22b die zu trocknende Prozessluft
zugeführt werden kann.

In einer ersten Phase wird einer Trocknungspatrone 24b über
ein Ventil 22b die zu trocknende bzw. zu entfeuchtende Pro-
zessluft zugeführt. Während des Durchströmens des in der
Trocknungspatrone 24b angeordneten Molekularsiebs wird die in
der Prozessluft enthaltene Feuchtigkeit in dem Molekularsieb
adsorbiert. Im Molekularsieb bildet sich ein durchfeuchteter
Eingangsbereich und ein sich anschließender trockener Be-
reich.

Die Trennfront „feucht/trocken“ wandert dabei kontinuierlich
vom Eintrittsbereich zum Austrittsbereich der Trocknungspa-
trone 24b.

Während des gleichzeitig stattfindenden Trocknungsvorgangs in
der Trocknungspatrone 24a wird in einem ersten Verfahrens-
schritt mit einem Gebläse 21 über ein Ventil 23a und eine
Heizung 25a heiße atmosphärische Luft zugeführt. Die mit der
Heizung 25a auf etwa 220 bis 300 ° C erwärmte Frischluft wird
der zu regenerierenden Trocknungspatrone 24a in Gegenrichtung
zur Strömungsrichtung der Prozessluft so lange zugeführt, bis
die Trennfront „trocken/feucht“, die sich nun von unten nach
oben bewegt, den oberen Bereich der Trocknungspatrone 24a
erreicht. Wenn die Trennfront „trocken/feucht“ den oberen
Bereich der Trocknungspatrone 24a erreicht, wird der zweite

Verfahrensschritt eingeleitet. Die Heizung 25a wird abgeschaltet und das Ventil 23a derart umgesteuert, dass nunmehr getrocknete Prozessluft von ca. 60° C für die Nachtrocknung und Kühlung der Trocknungspatrone 24a in diese zu regenerierende Trocknungspatrone 24a eingeleitet wird, und zwar entgegen der Richtung, die für die zu trocknende Prozessluft festgelegt ist.

Bei den oben geschilderten Abläufen ist es wichtig, dass rechtzeitig bevor die Trennfront „feucht/trocken“ der im Trocknungsprozess für die Prozessluft stehenden Trocknungspatrone 24b deren Austrittsbereich erreicht, die Ventile 22a, 22b, 23a und 23b so gesteuert werden, dass die zu trocknende Prozessluft nicht mehr der Trocknungspatrone 24b, sondern der zuvor regenerierten anderen Trocknungspatrone 24a zugeführt wird und nunmehr diese von oben nach unten durchströmt.

Die zuvor geschilderten Vorgänge laufen nunmehr mit zwischen Trocknungspatronen 24b und 24a vertauschten Rollen ab.

Anstelle der im Ausführungsbeispiel dargestellten zwei Trocknungspatronen 24a und 24b können darüber hinaus auch weitere Trocknungspatronen vorgesehen sein. Bei unterschiedlicher Nutzungsdauer der Trocknungspatronen 24a und 24b für den Trocknungsprozess der Prozessluft einerseits und für den Regenerationsprozess der Trocknungspatronen 24a bzw. 24b andererseits kann dem durch entsprechende Wahl der Zahl der im Trocknungs- bzw. Regenerationszyklus stehenden Trocknungspatronen Rechnung getragen werden.

Da der Regenerationsvorgang der Trocknungspatronen 24a, 24b relativ schnell im Verhältnis zum Trocknungsvorgang abläuft,

kann nach erfolgter Regeneration die sich anschließende Kühlphase der regenerierten Trocknungspatronen bereits zu einer Trocknungsfunktion dieser zu kühlenden, regenerierten Trocknungspatronen genutzt werden, und zwar ggfs. parallel zu der
5 oder den anderen Trocknungspatronen.

Nach der mit Heissluft von ca. 220 bis 300 ° C erfolgten Trocknung der Trocknungspatrone 24a bzw. 24b muss diese nämlich auf eine Temperatur von ca. 60 ° C abgekühlt werden,
10 da erst bei einer solchen, erniedrigten Temperatur das Molekularsieb der Trocknungspatronen 24a, 24b wieder seine volle Wirksamkeit erreicht.

Für den Rückkühlvorgang kann ein Wärmetauscher vorgesehen
15 werden. Mit einem solchen Wärmetauscher kann die nicht genutzte Wärmeenergie aus der Regeneration der Trocknungspatronen 24a, 24b in den Trockenluftstrom für das Trockengut überführt werden. Insbesondere bei einem Trockengut mit geringen Trocknungstemperaturen kann dies jedoch zu Problemen
20 führen. Eine Verringerung der Wärmeaustauscher-Leistung oder gar ein Kühler können erforderlich werden.

Bei der teilweisen oder ausschliesslichen Verwendung atmosphärischer Luft hängt die Qualität der Regeneration -
25 insbesondere während der Kühlphase - auch von der Luftfeuchte der atmosphärischen Luft ab. Dies wird durch die Adsorptions-Isothermen in Fig. 2 deutlich.

Die Prozessluft wird auf ca. 220 bis 300 ° , vorzugsweise jedoch auf 250 ° C, erwärmt, bevor diese zum Zweck der Regeneration der Trocknungspatrone 24a bzw. 24 b durch diese hindurchgeleitet wird. Dadurch werden die Bindungskräfte des
30

Wassers zum Molekularsieb in der Trocknungspatrone 24a, 24b aufgehoben. Das Wasser kann von der Regenerationsluft aufgenommen werden. Es wird Energie verbraucht. In der Fig. 2 befindet sich das Molekularsieb im Zustand A1. Der Zeitpunkt, zu dem die gesamte Trocknungspatrone 24a, 24b kein Wasser mehr abgibt, kann durch den Temperaturverlauf auf der Abströmseite der Trocknungspatrone ermittelt werden. Zu diesem Zeitpunkt steigt die Temperatur - wie die Fig. 3 erkennen lässt - deutlich schneller an.

10

Bei dem bekannten Verfahren erreicht das Molekularsieb den Wert A2 in der Darstellung gemäss Fig. 2. Dieser Zustand hängt aber auch von äußeren klimatischen Verhältnissen ab. Da bei ausschließlich mit atmosphärischer Luft arbeitenden Verfahren nur der Zustand A2 erreicht wird, ist der Taupunkt des Trockners deutlich höher als beim patentgemäßen Verfahren, für das der Zustand B2 erreicht wird. Ursache ist die Restfeuchte im Molekularsieb.

20

Für die Kühlung der Trocknungspatrone 24a, 24 b wird ein aus der Prozessluft abgezweigter Teilluftstrom genutzt. Damit ergibt sich ein Ergebnis für die Regeneration, das nur noch vom Taupunkt der Prozessluft abhängt. Da ein konstanter Taupunkt für die Prozessluft angestrebt und weitgehend erreicht wird, ist auch das Ergebnis der Regeneration praktisch konstant.

Die eingesetzte Energie für die Regeneration ist durch die Wahl des weiter oben bereits erläuterten Gegenstrom-Prinzips optimiert.

30

Bei der Regeneration wird atmosphärische Luft mit dem Regeneriergebläse 21 angesaugt, durch geeignete Ventilstellung 23a der Regenier-Heizung 25a zugeführt und dort erhitzt. Dabei erfolgt eine Erwärmung der Regenerierluft auf etwa 220
5 bis 300 ° C. Die so erhitzte Luft gelangt zur zu regenerierenden Trocknungspatrone 24a. Dort nimmt die erhitzte Luft Feuchtigkeit aus der Trocknungspatrone 24a auf. Dabei wird die Tatsache genutzt, dass das Molekularsieb bei höheren Temperaturen weniger Wasser aufnehmen kann. Die mit Wasser beladene Luft wird durch geeignete Ventilstellung 22a an die Um-
10 gebung abgegeben.

Im nächsten Verfahrensschritt wird dann die Regenerations-Heizung 25a abgeschaltet und die Luftströmung derart ge-
15 steuert, dass bereits getrocknete Prozessluft mit einer Temperatur von ca. 50 bis 60 ° C für die Rückkühlung der Trocknungspatrone 24a verwendet wird.

In Verbindung mit der im Molekularsieb gespeicherten Wärme
20 findet eine Nachtrocknung der Trocknungspatrone 24a statt. Die Nachtrocknung ist von äußeren Klimabedingungen unabhängig. Das Molekularsieb strebt ein neues, in Bezug auf den Wassergehalt tieferes Niveau an. In der Fig. 2 befindet sich das Molekularsieb nunmehr im Zustand B1 bzw. - wenn die
25 gesamte Wärme aufgebraucht ist - im Zustand B2.

Die Luftströmung kann mit den Ventilen 22a, 22b, 23a, 23b derart gesteuert werden, dass die regenerierte Trocknungspatrone 24a wieder für die Trocknung der Prozessluft eingesetzt werden kann. Ganz entsprechend verläuft der Vorgang
30 wechselweise mit der Trocknungspatrone 24b.

5

10

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Verfahren zur Regeneration von mit Feuchtigkeit beladenen
15 Trocknungspatronen im Gegenstrom-Prinzip, dadurch gekennzeichnet, dass atmosphärische Luft auf ca. 220 bis 300 ° C aufgeheizt und einer Trocknungspatrone (24a, 24b) zu deren Trocknung im Gegenstrom zugeführt und die anschließende Rückkühlung der Trocknungspatrone (24a, 24b) mit einem aus
20 der getrockneten Prozessluft abgezweigten Teilluftstrom erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
25 die atmosphärische Luft auf 260 ° C erwärmt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückkühlung mit einem Teilluftstrom mit einer Temperatur von ca. 50 bis 60 ° C erfolgt.
- 30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die regenerierte Trocknungspatrone nach deren relativ kurzer Regenerationszeit in der Ab-

kühlphase bereits wieder zur Trocknung von Prozessluft genutzt wird.

5. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass Trocknungspatronen (24a, 24b) vorhanden sind, die einerseits mit ersten Drei-Weg-Ventilen (22a, 22b) mit einer zwischen diesen angeordneten Querverbindung und andererseits mit zweiten Drei-Weg-Ventilen (23a, 23b) mit einer zwischen diesen angeordneten Querverbindung versehen sind, wobei die zweiten Drei-Weg-Ventile (23a, 23b) nicht direkt, sondern über jeweils eine Heizung (25a, 25b) mit der zugehörigen Trocknungspatrone (24a, 24b) verbunden sind.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gebläse (21) vorhanden ist, über das atmosphärische Luft in die Verbindung zwischen den zweiten Drei-Weg-Ventilen (23a, 23b) einleitbar ist.

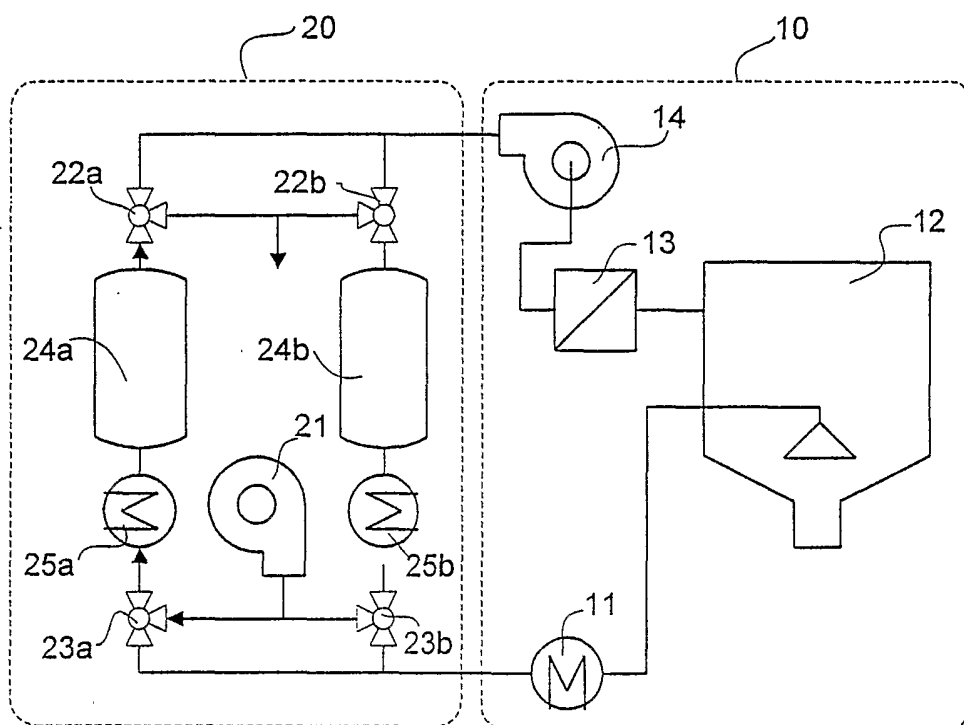


Fig. 1

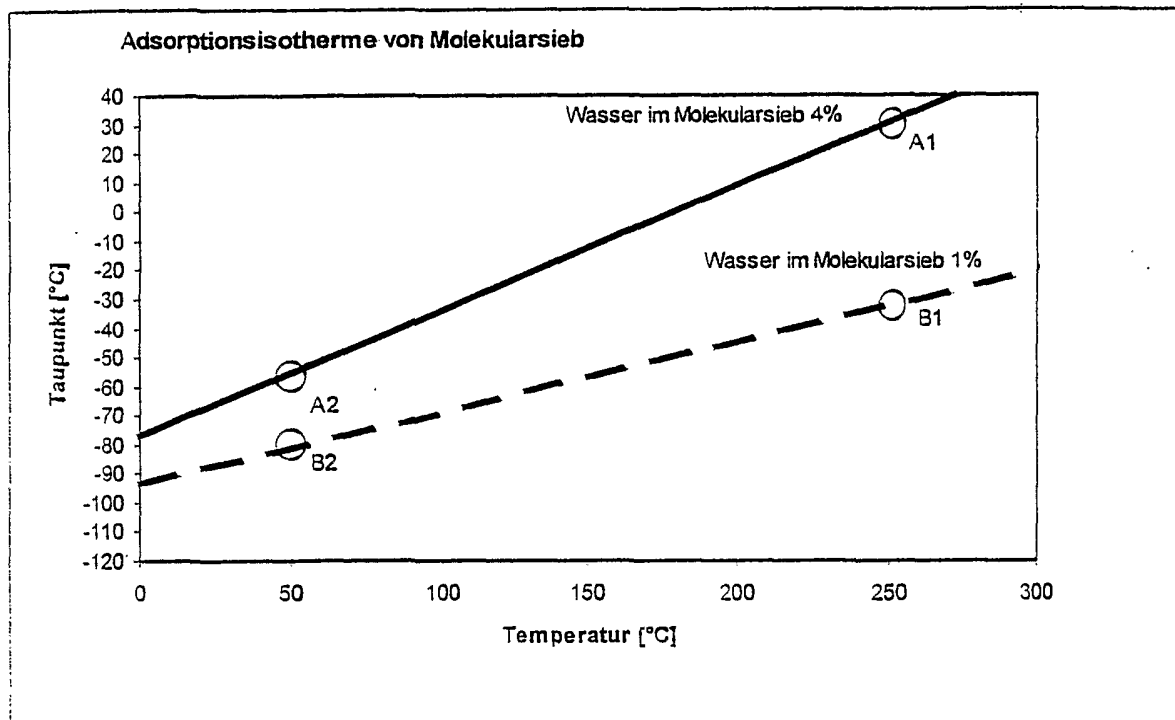


Fig. 2

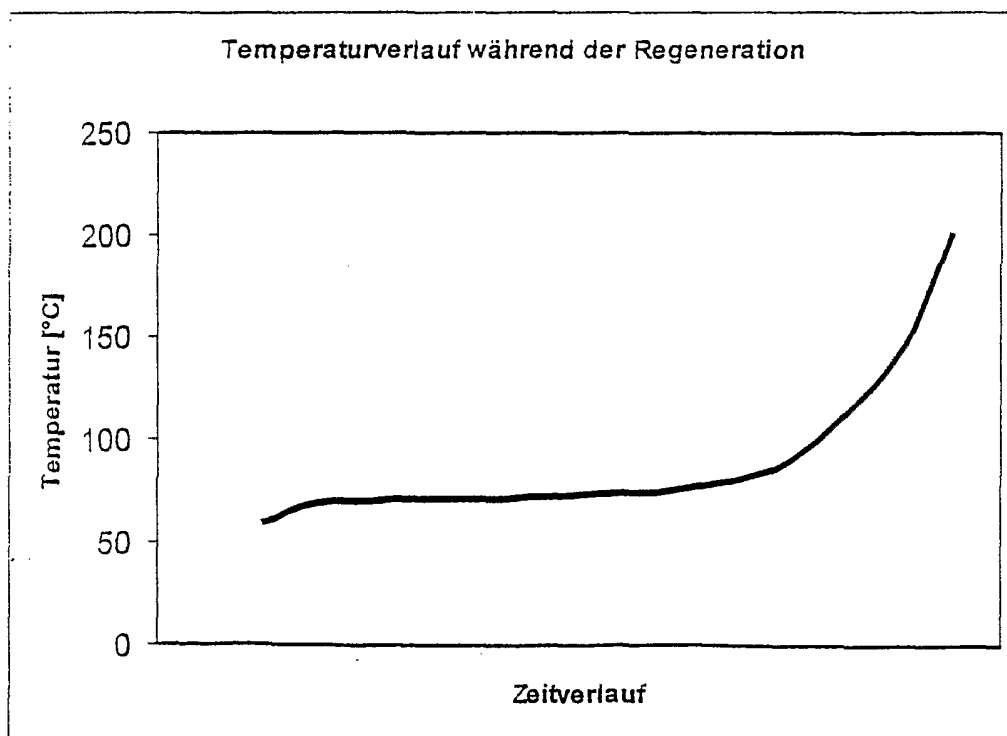


Fig. 3