

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Trocknungssystem und ein Verfahren zu dessen Steuerung.

[0002] Die Figur 1 zeigt ein gewöhnliches Trocknungssystem zur Trocknung von Trocknungsgütern T wie beispielsweise lackierten Karosserien in der Automobilfertigung oder sonstigen Bauteilen. Das System weist eine Trocknungsvorrichtung 1 mit einer Eintrittsschleuse 2 auf, durch welche die Trocknungsgüter T in die Trocknungsvorrichtung 1 geführt werden. Um in der Trocknungsvorrichtung 1 einen Unterdruck aufrecht zu erhalten, wird an der Eintrittsschleuse 2 eine kleine Menge an Umgebungsluft F' angesaugt. Weiterhin wird der Eintrittsschleuse 2 optional erwärmte Umgebungsluft F zur Beheizung zugeführt. In der Trocknungsvorrichtung 1 selbst werden die Trocknungsgüter aufgeheizt und auf einer bestimmten Temperatur gehalten, um so beispielsweise eine kontrollierte Lackaushärtung eines lackierten Karosserieteils zu ermöglichen. Anschließend verlassen die getrockneten Trocknungsgüter T' die Trocknungsvorrichtung 1 durch eine Austrittsschleuse 3, der wie der Eintrittsschleuse 2 Umgebungsluft F' und erwärmte Umgebungsluft F zugeführt werden, um einen Unterdruck in der Trocknungsvorrichtung 1 aufrechtzuerhalten.

[0003] In der Trocknungsvorrichtung 1 befindliche Gasmassen werden als Abluftstrom über ein Mittel 4, das beispielsweise ein Gebläse, ein Ventilator oder ähnliches sein kann, einer thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zugeführt, um im Zuge der Trocknung freigesetzte gasförmige organische Verbindungen wie auch Wasserdampf aus der Trocknungsvorrichtung 1 zu entfernen. In der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 werden die organischen Stoffe in nichttoxische Verbindungen wie beispielsweise Kohlenstoffdioxid und Wasser umgesetzt, die im Weiteren in die Umgebung abgegeben werden können. Um die Energieeffizienz der thermischen Behandlungsvorrichtung zu erhöhen, kann die Abluft vor der Behandlung in der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 vorgewärmt werden. Der Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 weist nach dem Verlassen eben dieser üblicherweise noch Temperaturen im Bereich von ca. 350 - 450 °C auf und wird zur Beheizung der Trocknungsvorrichtung 1 genutzt. Beispielsweise kann ein Umluftstrom mittels eines Ventilators 7 aus der Trocknungsvorrichtung 1 entnommen werden, um in einem Wärmeübertrager 6 mittels des Abgasstroms der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 geheizt zu werden und mit einer erhöhten Temperatur wieder der Trocknungsvorrichtung 1 zugeführt zu werden. Die Temperatur des rückgeführten Umluftstroms kann dabei, wie in der Figur 1 gezeigt, durch eine Bypassschaltung um den Wärmeübertrager 6 und mittels miteinander wirkverbundener Stellklappen 8, 9 geregelt werden. Im Weiteren kann auch ein der Trocknungsvorrichtung 1 zugeführter Frischluftstrom F über einen Wärmeübertrager 10 geheizt werden. Wiederum kann die Temperatur des Frischluftstroms über eine Bypassschaltung um den

Wärmeübertrager 10 und mittels untereinander verbundener Klappen 11 und 12 geregelt werden.

[0004] Das vorbeschriebene Trocknungssystem ist für eine bestimmte Nutzlast ausgelegt, das heißt für eine gewisse Anzahl an zu trocknenden Trocknungsgütern T pro Zeiteinheit, die jeweils eine bestimmte maximale Masse aufweisen. Werden nun weniger als die vorbestimmte Anzahl oder allgemein ein geringerer Massenstrom an Trocknungsgütern T in die Trocknungsvorrichtung 1 eingebracht, so wird für den Betrieb der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 mehr fossiler Brennstoff (z. B. Erdgas) benötigt, da weniger organische (brennbare) Bestandteile im Abluftstrom der Trocknungsvorrichtung 1 enthalten sind. Im Weiteren wird in dem Wärmeübertrager 6 üblicherweise weniger Wärme durch den Umluftstrom abgenommen, sodass die Temperatur des Abgasstroms der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 nach der Abhitzenutzungsstrecke für die Wärmeübertrager 6, 10 im Vergleich zum regulären Betrieb erhöht ist und somit erhöhte Energieverluste durch Nichtnutzung der vorhandenen Wärme hinzunehmen sind.

[0005] Um einen Betrieb des Trocknungssystems unter möglichst geringem Energieeinsatz, insbesondere möglichst geringem Einsatz fossiler Brennstoffe für die thermische Behandlungsvorrichtung 5, zu gewährleisten, sind für den oben beschriebenen Fall verschiedene regelungstechnische Ansätze denkbar. Zum einen wäre eine Vergrößerung des Abluftvorwärmers, der der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zur Verringerung des Brennstoffbedarfs vorgeschaltet ist, zusammen mit einem Bypass möglich, sodass die Temperatur des Abgasstroms der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 an den jeweiligen Wärmebedarf der Trocknungsvorrichtung 1 angepasst werden kann. Diese Lösung ist jedoch regelungstechnisch aufgrund der thermischen Trägheit des Systems und apparativ nur äußerst schwierig umsetzbar.

[0006] Im Weiteren wäre eine Absenkung der Verbrennungstemperatur in der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 für Zeiten mit einem geringeren Wärmebedarf in der Trocknungsvorrichtung 1 möglich, sodass auch die für die Wärmeübertrager 6 und 10 zur Verfügung stehende Wärme aus dem Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 sinkt. Daran ist jedoch nachteilhaft, dass der Verbrennungsprozess der organischen Stoffe in der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 sich mit abnehmender Temperatur verschlechtert, sodass ein Oxidationskatalysator in der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 oder ihr nachgeschaltet nötig ist, um bestehende Emissionsgrenzwerte sicher einhalten zu können. Auch bei dieser Variante steht die thermische Trägheit einer dynamischen Regelung des Systems entgegen.

[0007] Auch wäre eine Senkung des der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zugeführten Abluftvolumenstroms aus der Trocknungsvorrichtung 1 bei gleichzeitiger Senkung des der Trocknungsvorrichtung 1 zugeführten Frischluftvolumenstroms 11 möglich, wann immer ei-

ne geringere Anzahl an zu trocknenden Trocknungsgüter T in die Trocknungsvorrichtung 1 eingebracht wird. Durch die Senkung des der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zugeführten Abluftvolumenstroms sinkt der Erdgasbedarf der thermischen Behandlungsvorrichtung 5. Als Steuerungssignal könnte beispielsweise die Konzentration an organischen Substanzen in dem Abluftstrom aus der Trocknungsvorrichtung 1 verwendet werden, um auf die sich in der Trocknungsvorrichtung 1 befindliche Anzahl an Trocknungsgütern T zu schließen. Ebenso könnte zur Steuerung die Stellung der Klappenpaare 8, 9 bzw. 11, 12 genutzt werden. Für den Fall, dass die Klappen 8 bzw. 11 den Volumenstrom des Abgases der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zu den Wärmeübertragern 6 bzw. 10 drosseln und die Klappen 9 bzw. 12, welche den Bypass um die Wärmeübertrager 6 bzw. 10 regeln, öffnen, kann auf einen Wärmeüberschuss in der Trocknungsvorrichtung 1 geschlossen werden und der Abgasvolumenstrom zu der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 sowie der Luftvolumenstrom F in die Trocknungsvorrichtung 1 können verringert werden.

[0008] Die vorbeschriebenen Ansätze erfordern jedoch einen erheblichen finanziellen und auch montage-logistischen Aufwand, der sich insbesondere bei der Nachrüstung in bestehende Trocknungssysteme als problematisch erweisen kann. Die vorbeschriebene Senkung des Abluftvolumenstroms gestaltet sich zwar einfacher, jedoch ist eine Messung der Konzentration an organischen Stoffen in dem Abluftstrom zu der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 vonnöten oder die Klappensysteme zur Leitung des Abgasstroms der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 sind mit Stellungssensoren auszurüsten, um das Stellungssignal der Klappen 8, 9, 11, 12 als Steuerungssignal verwenden zu können. Zudem haben beide Steuerungssignale einen gravierenden Nachteil, da sie die Veränderung des Wärmebedarfs in der Trocknungsvorrichtung 1 erst anzeigen, wenn er bereits eingetreten ist. Ein regelungstechnischer Eingriff kann somit nur mit erheblicher zeitlicher Verzögerung und daher für einen energieeffizienten Betrieb zu spät erfolgen.

[0009] Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein verbessertes Trocknungssystem und ein Verfahren zur Steuerung des Trocknungssystems vorzuschlagen.

[0010] Die vorliegende Aufgabe wird in einem ersten Aspekt vorteilhafterweise durch ein Verfahren zur Steuerung eines Trocknungssystems mit wenigstens einer Trocknungsvorrichtung und einer thermischen Behandlungsvorrichtung zur thermischen Behandlung von Luftströmen der Trocknungsvorrichtung gelöst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Erfassen der Anzahl an in die Trocknungsvorrichtung einlaufender Trocknungsgüter und regeln wenigstens des Volumenstroms des der thermischen Behandlungsvorrichtung zugeführten Abluftstroms und der thermischen Behandlungsvorrichtung selbst mittels eines vorgegebenen Modells, wobei zumindest die erfasste Anzahl einlaufender Trocknungsgüter als Regelgröße in das Modell eingeht.

Die Anzahl einlaufender Trocknungsgüter wird dabei bevorzugt unmittelbar vor bzw. an einer Einlassschleuse der Trocknungsvorrichtung erfasst.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt zur Regelung die Anzahl der in die Trocknungsvorrichtung einlaufenden Trocknungsgüter. Das dafür notwendige Steuerungssignal kann bei gewöhnlichen Anlagen unmittelbar an der Einlassschleuse aus dem bestehenden System abgegriffen werden. Die Regelung des Volumenstroms des der thermischen Behandlungsvorrichtung zugeführten Abluftstroms und der thermischen Behandlungsvorrichtung selbst erfolgt über ein vorgegebenes dynamisches Modell, dass das thermische Verhalten sowie den Konzentrationsaufbau an organischen Stoffen innerhalb der Trocknungsvorrichtung berücksichtigt. Das Modell erstellt dabei eine Vorhersage über das zukünftige Prozessverhalten auf Basis der Anzahl der einlaufenden Trocknungsgüter und ermöglicht so ein prädiktives Regelkonzept, das aus dem Stand der Technik bekannte Trägheitseffekte vermeidet. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann der Betrieb der thermischen Behandlungsvorrichtung lastangepasst erfolgen, wodurch eine bedeutende Einsparung fossiler Brennstoffe in der thermischen Behandlungsvorrichtung verglichen mit dem Stand der Technik erzielt werden kann. Im Vergleich zu marktüblichen Steuerungsverfahren ist eine Brennstoffeinsparung bei bereits bestehenden Anlagen in der Größenordnung von ca. 30 % möglich. Zudem kann der Bedarf an elektrischer Energie für die Erzeugung von verschiedenen Volumenströmen für ein erfindungsgemäß gesteuertes Trocknungssystem in ähnlicher Größenordnung reduziert werden.

[0012] Bevorzugt, insbesondere bei höheren Lösemittebelastungen der Trocknungsgüter, geht weiterhin die Schadstoffkonzentration des der thermischen Behandlungsvorrichtung zugeführten Abluftstrom als weitere Regelgröße in das Modell ein. Durch diese Maßnahme kann zweckmäßig die Vermeidung einer explosionsfähigen Atmosphäre in der Trocknungsvorrichtung als auch in den Anlagen der Abluftreinigung vermieden werden, um so einen sicheren Betrieb des Systems zu gewährleisten. Besonders bevorzugt erfolgt eine Anpassung des vorgegebenen Modells auf Basis zumindest einer der erfassten Regelgrößen. Besonders bevorzugt erfolgt die Anpassung dabei kontinuierlich. Dies ermöglicht insbesondere eine selbsttätige Anpassung des grundlegenden Modells auf Basis der Datenhistorie, um so eine selbstlernende Regelung zu erzielen, die sich flexibel an einen sich zeitlichen ändernden Wärmebedarf in der Trocknungsvorrichtung anpassen kann.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird weiterhin zumindest ein Umluftstrom der Trocknungsvorrichtung durch den Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung geheizt, wobei der Volumenstrom und die Temperatur des zumindest einen Umluftvolumenstroms durch das vorgegebene Modell geregelt bzw. überwacht werden. Damit ist ein weiterer geregelter Wärmeeintrag in die Trocknungsvorrichtung

möglich. Ein möglicher Wärmeversorgungsmangelzustand in der Trocknungsvorrichtung kann durch die erfasste Temperatur des zumindest einen Umluftstroms ermittelt werden und durch die Regelung umgehend ausgeglichen werden.

[0014] In einer weitergehenden Ausgestaltung des Verfahrens wird weiterhin ein Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung zum Heizen zumindest eines Frischluftstroms in einer Frischluftzufuhrvorrichtung zur Zufuhr von Frischluft in die Trocknungsvorrichtung verwendet, wobei das Volumen und die Temperatur des der Trocknungsvorrichtung zugeführten Frischluftstroms mittels des vorgegebenen Modells geregelt werden. Wie vorgehend für den zumindest einen Umluftstrom beschrieben, kann durch die Regelung des zumindest einen Frischluftstroms in der Frischluftzufuhrvorrichtung ein zusätzlicher Wärmeeintrag in die Trocknungsvorrichtung erzielt werden und ein Wärmeversorgungsmangel in der Trocknungsvorrichtung kann durch die Erfassung der Temperatur des zumindest einen erhitzten Frischluftstroms durch das vorgegebene Modell erkannt und umgehend behoben werden.

[0015] In einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung ein Trocknungssystem mit wenigstens einer Trocknungsvorrichtung; einer thermischen Behandlungsvorrichtung zur thermischen Behandlung von Abluftströmen der Trocknungsvorrichtung; Mitteln zur Regelung der der thermischen Behandlungsvorrichtung zugeführten Abluftvolumenströme und Mittel zum Erfassen der Anzahl an in die Trocknungsvorrichtung einlaufender Trocknungsgüter. Das Trocknungssystem wird dabei nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gesteuert.

[0016] Bevorzugt weist das Trocknungssystem weiterhin Mittel zur Erzeugung und zum Heizen zumindest eines Umluftstroms der Trocknungsvorrichtung durch den Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung auf. Ebenso kann das erfindungsgemäße Trocknungssystem weiterhin eine Frischluftzufuhrvorrichtung zur Zufuhr von Frischluft in die Trocknungsvorrichtung und Mittel zum Heizen zumindest eines Frischluftstroms in der Frischluftzufuhrvorrichtung durch einen Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung umfassen.

[0017] Mit dem erfindungsgemäßen Trocknungssystem kann das erfindungsgemäße Verfahren effizient umgesetzt werden, wodurch eine Trocknung von Trocknungsgütern unter einem möglichst geringen Energieeinsatz erreicht werden kann.

[0018] Nachfolgend wird eine Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

[0019] Das erfindungsgemäße System ist ähnlich aufgebaut wie das vorgehend beschriebene System nach dem Stand der Technik. Es umfasst eine Trocknungsvorrichtung 1 mit einer Eintrittsschleuse 2 und einer Austrittsschleuse 3. Zu trocknende Trocknungsgüter T laufen über die Eintrittsschleuse 2 in die Trocknungsvorrichtung 1 ein, werden getrocknet und verlassen die Trocknungsvorrichtung 1 über die Austrittsschleuse 3 als ge-

trocknete Trocknungsgüter T'. Der Wärmebedarf in der Trocknungsvorrichtung 1 ist dabei über die Anzahl einlaufender Trocknungsgüter T sowie deren Masse bestimmt. Dabei bedarf ein Trocknungsgut T mit einer größeren Masse einer größeren Wärmemenge, um das Trocknungsgut auf eine vorbestimmte Temperatur aufzuheizen, sodass dieses in der Trocknungsvorrichtung 1 trocknen kann. Im Weiteren bestimmt die Oberfläche des Trocknungsgutes die Menge abgegebener Schadstoffe. Eine größere Oberfläche ist gleichbedeutend mit einer größeren Menge an abgegebenen Schadstoffen.

[0020] Das für die Regelung des Trocknungssystems verantwortliche Modell basiert auf der Annahme einer vorgegebenen Verweildauer des Trocknungsguts T in der Trocknungsvorrichtung 1. Mit der Verweildauer ist auch der durchschnittliche Wärmebedarf pro sich in der Trocknungsvorrichtung 1 befindlichem Trocknungsgut T bestimmt. Weicht nun die Anzahl der in die Trocknungsvorrichtung 1 einlaufender Trocknungsgüter von einer vorbestimmten Anzahl ab, so ändert sich aufgrund der vorstehenden Ausführungen der gesamte Wärmebedarf in der Trocknungsvorrichtung 1, sodass die Regelung, um ein gleichbleibendes Trocknungsergebnis der Trocknungsgüter T zu erzielen, die der Trocknungsvorrichtung 1 zugeführte Wärmemenge anpassen muss. Mit der Abweichung von der vorbestimmten Anzahl an in die Trocknungsvorrichtung 1 einlaufender Trocknungsgütern T geht auch eine Änderung des Schadstoffgehalts in den sich in der Trocknungsvorrichtung 1 befindlichen Gasmassen einher. Dies bedeutet insbesondere auch, dass die Menge an Schadstoffen in der Abluft der Trocknungsvorrichtung 1, die der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zugeführt wird, von einer vorbestimmten Menge abweicht. Um einen effizienten Betrieb der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zu gewährleisten und auch um eine ausreichende Reinigung der Abluft aus der Trocknungsvorrichtung 1 zu gewährleisten, ist zudem eine Anpassung der Betriebsbedingungen der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 notwendig.

[0021] Das Trocknungssystem umfasst Mittel zum Erfassen der Anzahl an in die Trocknungsvorrichtung 1 einlaufende Trocknungsgüter T. Für den Fall, dass festgestellt wird, dass die Anzahl aktuell einlaufender Trocknungsgüter T unter der fortbestimmten Anzahl T liegt, erkennt das Modell, dass im weiteren Verlauf eine geringere Menge an Wärme in der Trocknungsvorrichtung 1 benötigt wird. Das Modell ermittelt deshalb im Weiteren den tatsächlichen Wärmebedarf in der Trocknungsvorrichtung 1 auf Basis der momentanen Anzahl an einlaufenden Trocknungsgütern T ab und passt im Folgenden den Abluftvolumenstrom aus der Trocknungsvorrichtung 1 zu der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 sowie die Betriebsparameter der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 an den ermittelten Bedarf an. Eine Regelung des Umluftstroms findet nicht statt, da die Strömungsbedingungen in der Trocknungsvorrichtung 1, z. B. die Ausblasgeschwindigkeit der Umluft, unverändert bleiben sollen. Lediglich für den Fall, dass sich keine

Trocknungsgüter T in der Trocknungsvorrichtung 1 befinden, kann der Umluftstrom zurückgenommen werden. Weiterhin passt das Modell die Zufuhr von erwärmter Frischluft F durch ein Mittel 13, das beispielsweise ein Gebläse oder ein Ventilator sein kann, und einen Wärmeübertrager 10 an den geänderten Wärmebedarf an.

[0022] In Abhängigkeit von dem durch das Modell ermittelten zukünftigen Wärmebedarf und der zukünftigen Schadstoffkonzentration in der Abluft regelt das Mittel 4 den Volumenstrom der Abluft von der Trocknungsvorrichtung 1 zu der thermischen Behandlungsvorrichtung 5. Das Mittel 4 kann dabei jedes Mittel sein, das geeignet ist einen Abluftstrom von der Trocknungsvorrichtung 1 zu der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zu erzeugen, insbesondere ein Gebläse oder ein Ventilator. Bevor die Abluft aus der Trocknungsvorrichtung 1 der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zugeführt wird, wird diese bevorzugt über beispielsweise einen Abluftvorwärmer der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 geleitet, um die Abluft vorzuwärmen. Die Betriebsparameter der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 werden an den variablen Abluftvolumenstrom aus der Trocknungsvorrichtung 1 als auch an die ermittelte Schadstoffkonzentration in dem Abluftstrom angepasst. Dadurch ist eine ideal an die Bedingungen angepasste Behandlung in der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 möglich, sodass die Abluft aus der Trocknungsvorrichtung 1 unter einem geringst möglichen Einsatz von Zusatzbrennstoffen wie etwa Erdgas thermisch behandelt werden kann. Neben der Anpassung der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 wird auch das Mittel 4 gemäß den ermittelten Bedingungen in der Trocknungsvorrichtung 1 geregelt. Für den Fall, dass die Anzahl einlaufender Trocknungsgüter T unter der vorgegebenen Zahl liegt, ist ein geringerer Abluftstrom vonnöten, der durch das Mittel 4 aus der Trocknungsvorrichtung 1 in die thermische Behandlungsvorrichtung 5 geführt werden muss, sodass zum Beispiel ein Mittel 4, das als Gebläse ausgeführt ist, bei niedrigeren Ventilatorumdrehzahlen betrieben werden kann und somit zusätzliche Energie für den Betrieb des Gebläses in Form von elektrischer Energie eingespart werden kann.

[0023] Der durch die thermische Behandlungsvorrichtung 5 behandelte Abluftstrom der Trocknungsvorrichtung 1 verlässt die thermische Behandlungsvorrichtung 5 als Abgasstrom R. Die in dem Abgasstrom R gespeicherte Wärme wird im Weiteren als Wärmeeintrag in die Trocknungsvorrichtung 1 genutzt. Wärmeübertrager 6 bzw. 10 sind vorgesehen, um einen Umluftstrom bzw. einen Frischluftstrom F in die Trocknungsvorrichtung 1 zu heizen. Das Volumen des Umluftstroms der Trocknungsvorrichtung 1 wird dabei durch ein Mittel 7, das wiederum zum Beispiel durch ein Gebläse gebildet sein kann, geregelt. Der erzeugte Umluftstrom wird mittels eines Wärmeübertragers 6 durch die in dem Abgas R gespeicherte Wärme erhitzt. Der Strom des Abgases R durch den Wärmeübertrager 6 und einen Bypass um den Wärmeübertrager 6 ist durch Steuerklappen 8 bzw. 9 ge-

regelt. Das Ausführungsbeispiel zeigt lediglich einen Umluftstrom, jedoch können auch mehrere Umluftströme pro Trocknungssystem vorgesehen sein.

[0024] Im Weiteren regelt das erfindungsgemäße Verfahren den Volumenstrom und die Temperatur der der Trocknungsvorrichtung 1 zugeführten Frischluft F. Der Volumenstrom wird dabei über das Mittel 13, das beispielsweise wiederum ein Gebläse sein kann, geregelt und die Temperatur der zugeführten Frischluft wird über den Wärmeübertrager 10 geregelt. Wie auch der Wärmeübertrager 6 für die Erhitzung des Umluftstroms weist der Wärmeübertrager 10 für den Frischluftstrom einen Bypass auf, wobei der Strom des Abgases der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 durch den Wärmeübertrager 10 und den zugehörigen Bypass über Klappen 11 und 12 geregelt ist. Abhängig von dem zukünftigen Wärmebedarf wird der Volumenstrom über das Mittel 13 angepasst.

[0025] Um einen ausreichenden Wärmeeintrag in die Trocknungsvorrichtung 1 durch den Umluftstrom und den Frischluftstrom F zu gewährleisten, werden die Temperaturen der beiden Ströme bevorzugt nach dem Erhitzen gemessen und gehen als Regelgröße in das Modell ein, sodass das Modell einen zu niedrigen Wärmeeintrag durch die beiden Ströme erkennen kann.

[0026] Besonders bevorzugt wird auch die Schadstoffkonzentration in der Abluft der Trocknungsvorrichtung 1, welche der thermischen Behandlungsvorrichtung 5 zugeführt wird, ermittelt, sodass beispielsweise kritische Konzentrationen von organischen, gasförmigen Stoffen in der Abluft der Trocknungseinrichtung 1 vermieden werden können, um somit eine explosionsfähige Atmosphäre in der Trocknungseinrichtung 1 bzw. der nachgeschalteten Abluftbehandlung zu vermeiden. Die Schadstoffkonzentration kann beispielsweise durch die Multiplikation der Anzahl der Trocknungsgüter T in der Trocknungsvorrichtung 1 mit einem Durchschnittswert für die freigesetzten Schadstoffe pro Trocknungsgut ermittelt werden. Ebenso ist auch eine messtechnische Bestimmung der Schadstoffkonzentration möglich, wenngleich diese teuer und wartungsaufwendig ist.

[0027] Das vorgegebene Modell der Steuerung ist dabei kein statisches Modell, sondern kann auf Basis zumindest einer der erfassten Regelgrößen angepasst werden, insbesondere kontinuierlich angepasst werden. Dabei ist insbesondere auf ein selbstlernendes Modell abzustellen, das aus der Datenhistorie der erfassten Regelgrößen in festen oder variablen Zeitabständen oder auch kontinuierlich eine selbsttätige Anpassung der Modellparameter vornimmt. Beispielsweise kann aus der gemessenen Temperatur des Umluft- bzw. Frischluftstroms bei gleichbleibender Anzahl einlaufender Trocknungsgüter T auf veränderte Massen der einzelnen Trocknungsgüter T geschlossen und diese für die weitere Regelung des Trocknungssystems berücksichtigt werden. Auch können Veränderungen in der gemessenen Schadstoffkonzentration in der Trocknungsvorrichtung 1 bei gleichbleibender Anzahl an einlaufenden Trock-

nungsgütern T auf veränderte Oberflächen der Trocknungsgüter T hinweisen und für die Anpassung der Modellparameter berücksichtigt werden.

[0028] Das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren arbeitet auf Basis von im Voraus ermittelten zukünftigen Zuständen in der Trocknungsvorrichtung 1 und kann daher aus dem Stand der Technik bekannte Trägheitseffekte von Regelungen für Trocknungssysteme vermeiden. Aufgrund dieses prädiktiven Regelungskonzepts kann die Abluft der Trocknungsvorrichtung 1 unter sehr geringem Energieeinsatz thermisch behandelt und der Trocknungsvorrichtung 1 situationsangepasst die nötige Wärmemenge zugeführt werden.

[0029] In die Trocknungsvorrichtung 1 kann optional durch elektrische oder auch gasstrombeheizte Infrarotstrahler (nicht gezeigt) weitere Wärme eingebracht werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Trocknungssystems mit wenigstens einer Trocknungsvorrichtung (1) und einer thermischen Behandlungsvorrichtung (5) zur thermischen Behandlung von Abluftströmen der Trocknungsvorrichtung (1), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Erfassen der Anzahl an in die Trocknungsvorrichtung (1) einlaufender Trocknungsgüter (T) und

Regeln wenigstens des Volumenstroms des der thermischen Behandlungsvorrichtung (5) zugeführten Abluftstroms und der thermischen Behandlungsvorrichtung (5) mittels eines vorgegebenen Modells,

wobei zumindest die erfasste Anzahl einlaufender Trocknungsgüter (T) als Regelgröße in das Modell eingeht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Erfassung der Anzahl einlaufender Trocknungsgüter (T) unmittelbar an einer Einlassschleuse (2) der Trocknungsvorrichtung (1) erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, wobei die Schadstoffkonzentration des der thermischen Behandlungsvorrichtung (5) zugeführten Abluftstroms als weitere Regelgröße in das Modell eingeht.
4. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, wobei eine Anpassung des vorgegebenen Modells auf Basis zumindest einer der erfassten Regelgrößen erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Anpassung kontinuierlich erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei weiterhin zumindest ein Umluftstrom der Trocknungsvorrichtung (1) durch einen Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung (5) geheizt und der Volumenstrom und die Temperatur des zumindest einen Umluftstroms durch das vorgegebene Modell geregelt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Temperatur des zumindest einen Umluftstroms der Trocknungsvorrichtung (1) nach dem Heizen als weitere Regelgröße in das Modell eingeht.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei weiterhin ein Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung (5) zum Heizen zumindest eines Frischluftstroms in einer Frischluftzufuhrvorrichtung (10, 13) zur Zufuhr von Frischluft in die Trocknungsvorrichtung verwendet wird und das Volumen und die Temperatur des der Trocknungsvorrichtung (1) zugeführten Frischluftstroms mittels des vorgegebenen Modells geregelt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Temperatur des der Trocknungsvorrichtung (1) zugeführten Luftstroms nach dem Heizen als weitere Regelgröße in das Modell eingeht.

10. Trocknungssystem mit wenigstens einer Trocknungsvorrichtung (1); einer thermischen Behandlungsvorrichtung (5) zur thermischen Behandlung von Abluftströmen der Trocknungsvorrichtung (1); Mitteln (4) zur Regelung der der thermischen Behandlungsvorrichtung (5) zugeführten Abluftvolumenströme und Mitteln zum Erfassen der Anzahl an in die Trocknungsvorrichtung (1) einlaufender Trocknungsgüter (T), wobei das Trocknungssystem nach dem Verfahren eines der Ansprüche 1 bis 5 gesteuert wird.

11. Trocknungssystem nach Anspruch 10, das weiterhin Mittel (6, 7, 8, 9) zur Erzeugung und zum Heizen zumindest eines Umluftstroms der Trocknungsvorrichtung (1) durch den Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung (5) umfasst, wobei das Trocknungssystem nach dem Verfahren der Ansprüche 6 oder 7 gesteuert wird.

12. Trocknungssystem nach Anspruch 10 oder 11, das weiterhin eine Frischluftzufuhrvorrichtung (10, 13) zur Zufuhr von Frischluft in die Trocknungsvorrichtung (1) und Mittel (8, 9, 10, 11, 12) zum Heizen zumindest eines Frischluftstroms in der Frischluftzufuhrvorrichtung (10, 13) durch einen Abgasstrom der thermischen Behandlungsvorrichtung umfasst,

wobei das Trocknungssystem nach dem Verfahren
eines der Ansprüche 8 oder 9 gesteuert wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

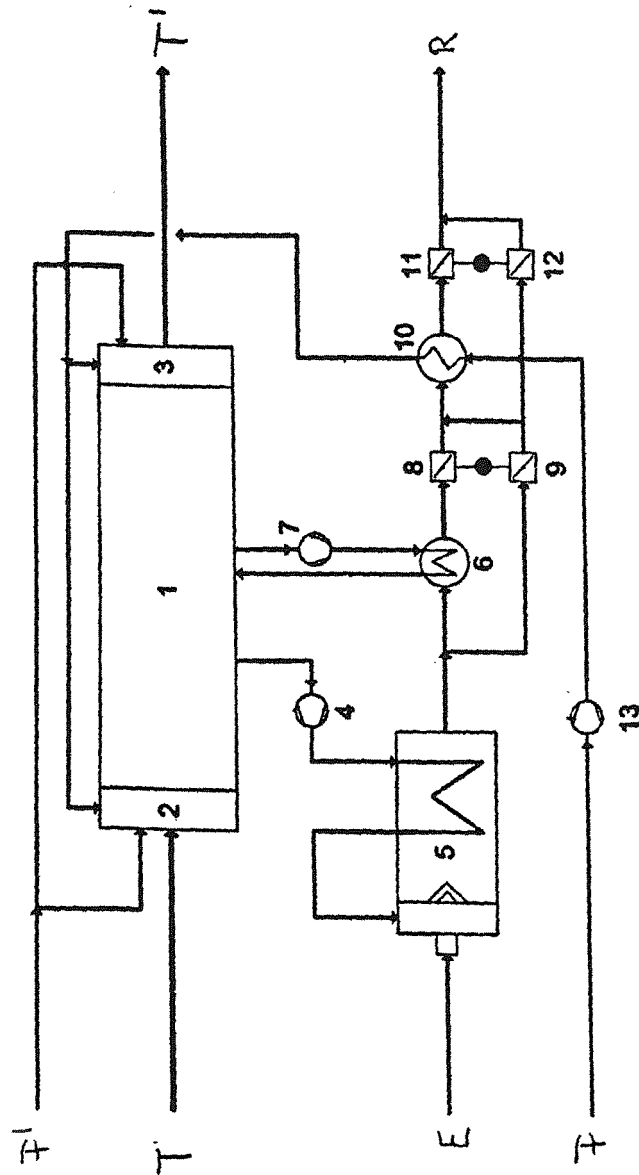


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 14 17 1531

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2012 207312 A1 (DUERR SYSTEMS GMBH [DE]) 7. November 2013 (2013-11-07) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-12	INV. F26B21/06 F26B21/10 F26B21/12 F26B25/22
X	GB 2 123 936 A (FLAKT LIMITED) 8. Februar 1984 (1984-02-08) * Seite 1, Zeile 20 - Zeile 28 * * Seite 1, Zeile 35 - Zeile 39 * * Seite 1, Zeile 57 - Zeile 65; Abbildungen *	1,2,4-6, 10,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F26B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		11. November 2014	Haegeman, Marc
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	

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

EP 14 17 1531

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.

11-11-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012207312 A1	07-11-2013	DE 102012207312 A1	07-11-2013
		WO 2013164285 A1	07-11-2013

GB 2123936 A	08-02-1984	KEINE	

EPO FORM P0461

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