

(19)



(11)

**EP 2 058 614 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

**13.05.2009 Patentblatt 2009/20**

(51) Int Cl.:

**F26B 3/28 (2006.01)**

**F26B 21/14 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08019129.9**

(22) Anmeldetag: **31.10.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT  
RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL BA MK RS**

(30) Priorität: **09.11.2007 DE 102007053543**

(71) Anmelder: **Sturm Maschinenbau GmbH  
94330 Salching (DE)**

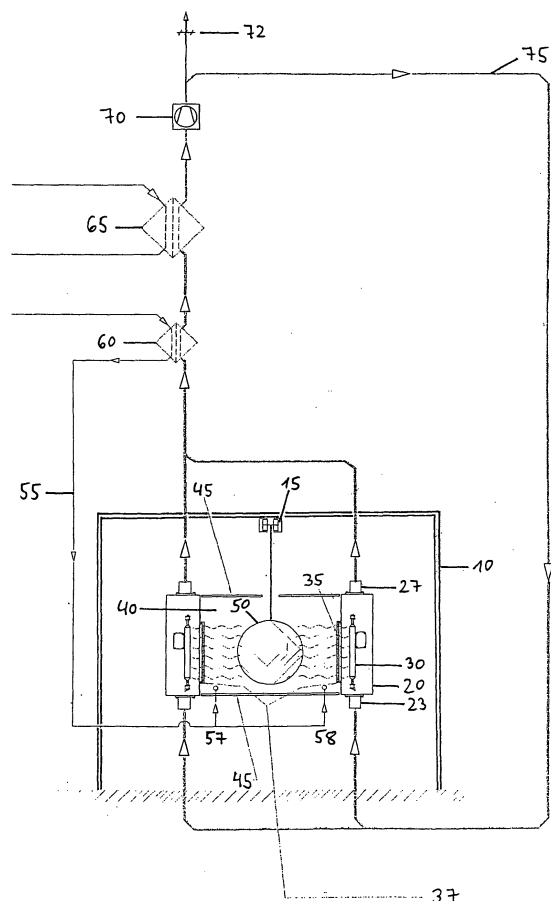
(72) Erfinder: **Wallner, Josef  
94342 Irlbach (DE)**

(74) Vertreter: **Wunderlich, Rainer et al  
Patentanwälte  
Weber & Heim  
Irmgardstrasse 3  
81479 München (DE)**

(54) **Vorrichtung zur Bestrahlung von Elementen mit UV/Licht sowie Verfahren zu deren Betrieb**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestrahlung von Elementen (50) mit UV-Licht mit einem UV-Strahler (20), der in seinem Innenraum eine UV-Lampe (30) aufweist, und einer mit dem Inertgas befüllten Bestrahlungskammer (40), wobei der Innenraum des UV-Strahlers (20) gegenüber der Bestrahlungskammer (40) einen Unterdruck aufweist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Härten von UV-härtbaren Stoffen, insbesondere von Elementen (50) mit UV-härtbaren Lacken.

Fig. 1



**EP 2 058 614 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestrahlung von Elementen mit UV-Licht nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie ein Verfahren zu deren Betrieb nach Patentanspruch 10. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Härten von UV-härtbaren Stoffen nach Patentanspruch 15.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Verbindungen oder Zubereitungen bekannt, welche unter der Einwirkung von UV-Strahlung aushärten. Das aushärtende Gut kann dabei der Strahlungsquelle in Form einer auf einer Trägerbahn aufgetragenen Schicht oder in Form von Platten oder anderen flächigen Formkörpern zugeführt werden. Die Produkte härten unter der Einwirkung der Strahlung in kurzer Zeit aus, so dass es möglich ist, das zu härten Gut kontinuierlich auf einer Transportvorrichtung unter einer entsprechenden Strahlungsquelle vorbeizuführen.

**[0003]** Ferner sind aus dem Stand der Technik Anlagen bekannt, die zum Vernetzen von Beschichtungen UV-Licht einsetzen. Solche Anlagen werden verwendet, um hochwertige Oberflächen zu erzeugen. Diese Oberflächen können glänzend und glatt aber auch strukturiert sein. Es kann sich dabei um Oberflächen von Papierbahnen oder Kunststofffolien oder aber um Furniere von Möbeln handeln. Die zu behandelnde Schicht ist häufig mit Fotoinitiatoren versehen, um durch die UV-Lichteinwirkung die gewünschte Vernetzung zu bewirken.

**[0004]** Die DE 199 07 681 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln von Materialbahnen mittels Strahlungsenergie, bei welchen die Materialbahn in eine Förderrichtung bewegt und einseitig mit Strahlungsenergie beaufschlagt wird. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestrahlen der Materialbahn mittels UV-Licht zum Vernetzen von Beschichtungen, insbesondere von Silikon. Darin wird vorgeschlagen, dass in Förderrichtung vor oder hinter oder im Bereich der Beaufschlagung mit Strahlungsenergie die Materialbahn zumindest einseitig mit einem gasförmigen Medium, insbesondere zum Kühlen derselben, beaufschlagt wird.

**[0005]** Die DE 10 2005 007 370 B3 offenbart eine kompakte UV-Lichtquelle mit zumindest zwei voneinander beabstandeten Elektroden, zwischen denen ein Dielektrikum angeordnet ist, wobei durch das bei Anlegen einer hohen Wechselspannung zwischen den Elektroden eine Barriereentladung erzeugbar ist. Ein Entladungsraum zwischen den beiden Elektroden ist mit einem in plasmaangeregtem Zustand UV-Strahlung emittierenden Gas oder Gasgemisch gefüllt. Bei der UV-Lichtquelle weist eine der beiden Elektroden eine zur anderen Elektrode gerichtete Spitze auf oder ist mit einer derartigen Spitze versehen, durch die ein kürzester Abstand zur anderen Elektrode festgelegt ist.

**[0006]** Die DE 34 16 502 A1 betrifft eine Vorrichtung zum Aushärten von flächigen Werkstoffen, insbesondere von auf Trägerbahnen aufgetragenen Schichten aus

durch UV-Strahlung härtbaren Verbindungen oder Zubereitungen, welche eine Kammer mit einer in ihr angeordneten Strahlungsquelle aufweist. Ferner ist eine der Kammer vorgeordnete mit Inertgas beaufschlagte Eintrittschleuse und gegebenenfalls eine Austrittschleuse sowie Mittel zum Transport des durch die Vorrichtung zu führenden und zu bestrahlenden Gutes vorgesehen.

**[0007]** Die DE 10 2004 012 128 A1 beschreibt eine UV-Lampe, insbesondere zur Härtung von beschichteten Oberflächen, mit einem eine Lichtaustrittsöffnung aufweisenden Lampengehäuse, in dem ein UV-Strahler angeordnet ist, sowie einem Schaltelement zum Aktivieren des UV-Strahlers beim Aufsetzen der Lampe auf eine Oberfläche.

**[0008]** Die DE 102 39 356 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Behandeln einer Materialbahn mit Strahlungsenergie, insbesondere mit UV-Licht, die eine oder mehrere Strahlungsquellen aufweist, die senkrecht zur Bewegungsrichtung parallel zur Flachseite der Materialbahn in Einsätzen in einem Ober- und/oder Unterteil der Vorrichtung lösbar angeordnet sind, zwischen denen die Materialbahn verläuft. Dabei ist vorgesehen, dass zwischen der Strahlungsquelle und der Materialbahn jeweils eine strahlungsdurchlässige Schutzscheibe vorhanden ist, die mit dem Einsatz verbunden und gemeinsam mit diesem aus der Vorrichtung ausbaubar ist.

**[0009]** Die Aushärtung von UV-härtbaren Verbindungen wird durch Sauerstoff, wie zum Beispiel durch den in der Luft enthaltenen Sauerstoff, inhibiert oder zumindest beeinträchtigt. Insbesondere wird durch die hochenergetische UV-Strahlung in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre Ozon gebildet. Dieses Gas ist hochreaktiv und wirkt rasch oxidativ auf damit in Kontakt kommende Substanzen ein. Die Aushärtung erfolgt deshalb entsprechend dem Stand der Technik in einer Bestrahlungsvorrichtung, welche mit Inertgas beaufschlagt ist.

**[0010]** Bei den nach dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen wird die von der Strahlungsquelle entwickelte Wärmemenge durch das Inertgas abgeführt. Es werden deshalb häufig nur derartige Strahlungsquellen verwendet, welche verhältnismäßig wenig Wärme entwickeln, wobei in Kauf genommen wird, dass diese Strahlungsquellen weniger wirksam sind, so dass die Durchlaufgeschwindigkeit von zu härten Produkten relativ begrenzt ist. Die Verwendung wirksamerer Strahlungsquellen bedingt einen wirtschaftlich nicht mehr tragbaren Durchsatz von Inertgas zur Abführung der Wärme. Außerdem wird hierbei die Wärmemenge über die Oberfläche des auszuhärtenden oder ausgehärteten Gutes abtransportiert.

**[0011]** Bei der Verwendung intensiverer Strahlungsquellen ist es aus wirtschaftlichen Gründen notwendig, auf kostengünstigere Kühlmedien für die Strahlungsquelle, insbesondere auf Luft, auszuweichen. Dabei besteht jedoch die Gefahr, dass bei einer nicht vollkommen gasdichten Abdichtung der Strahlungsquelle Spuren von Luft in die Bestrahlungskammer entweichen können und dadurch der hochempfindliche photochemische Prozess

der Härtung mittels UV-Strahlung gestört wird. Eine vollkommene Abdichtung der Strahlungsquelle ist häufig auch unter sehr hohem Aufwand kaum zu erreichen.

**[0012]** Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die **Aufgabe** zugrunde, eine Vorrichtung zum Bestrahlung von Elementen mit UV-Licht sowie ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung bereitzustellen, wobei mögliche Undichtigkeiten der Strahlungsquelle in Kauf genommen und dennoch eine sauerstoffarme Atmosphäre in der Bestrahlungskammer gewährleistet werden kann.

**[0013]** Die Erfindung löst die Aufgabe, durch eine Vorrichtung zur Bestrahlung von Elementen mit UV-Licht mit den Merkmalen nach Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren zu deren Betrieb mit den Merkmalen nach Anspruch 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen ausgeführt.

**[0014]** Dadurch, dass der Innenraum des UV-Strahlers gegenüber der Bestrahlungskammer einen Unterdruck aufweist, wird vermieden, dass Kühlmedium aus dem UV-Strahler in die Bestrahlungskammer entweicht. Insbesondere bei Verwendung von Luft als kostengünstigem Kühlmedium wird dadurch verhindert, dass Sauerstoff in die Bestrahlungskammer eindringt und den photochemisch initiierten Prozess der Aushärtung inhibiert oder stört. Auf diese Weise kann die Qualität der Oberflächenbeschichtung verbessert und die Ausbeute an fehlerfreien Beschichtungen erhöht werden. Somit können die Kosten für die Behandlung der betreffenden Elemente reduziert werden. Darüber hinaus entfallen aufwändige Arbeiten zur vollständigen Abdichtung der UV-Strahlungsquellen. Ferner wird durch den in den Strahlungsquellen gegenüber der Behandlungskammer vorliegenden Unterdruck laufend Gas aus der Behandlungskammer in die Strahlungsquelle abgezogen, so dass der in der Behandlungskammer vorliegende Gehalt an Restsauerstoff kontinuierlich verringert wird. Insbesondere wird durch die Undichtigkeit der UV-Strahlungsquelle der durch die längere Stillstandszeit der UV-Aushärteanlage angereicherte Luftsauerstoff gezielt innerhalb einer kurzen Zeit aus der Bestrahlungskammer entfernt. Der Restsauerstoffgehalt in der UV-Behandlungskammer kann damit weitgehend angehalten werden. Darüber hinaus ist eine Sauerstoffanreicherung des Stickstoffes in der Bestrahlungskammer durch eine undichte UV-Strahlungskühlung nicht mehr möglich.

**[0015]** Insgesamt werden somit die Betriebskosten deutlich reduziert, während gleichzeitig Qualität und Ausbeute der UV-Beschichtung verbessert werden.

**[0016]** Geeigneterweise ist der mindestens eine UV-Strahler mit einem Kühlmedium gekühlt, das ein Inertgas, insbesondere Stickstoff enthält, welches insbesondere dem Inertgas der Bestrahlungskammer entspricht.

**[0017]** Durch die Kühlung mit einem Kühlmedium können auch leistungsfähigere UV-Strahlungsquellen, die eine höhere Wärmeentwicklung zeigen, verwendet werden. Durch die Verwendung von einem Inertgas, wie beispielsweise Edelgasen, Kohlendioxid, Schwefelhe-

xafluorid oder insbesondere Stickstoff, sind mögliche Undichtigkeiten der Strahlungsquelle irrelevant, da die genannten Gase verhältnismäßig unreaktiv sind und nicht in die sensible Photochemie, die durch UV-Bestrahlung initiiert wird, eingreifen. Wenn die Zusammensetzung des Kühlmediums dem der Atmosphäre in der Bestrahlungskammer entspricht, wird durch das Entweichen von Kühlmedium in die Bestrahlungskammer die Konzentration der Einzelgase beibehalten, so dass mögliche chemische oder physikalische Auswirkungen auf das Bestrahlungsergebnis ausgeschlossen sind.

**[0018]** Geeigneterweise ist der UV-Strahler von der Bestrahlungskammer durch eine Trennwand abgetrennt, welche mindestens eine Öffnung zum Durchtritt von Inertgas von der Bestrahlungskammer in den UV-Strahler aufweist. Durch dieses definierte Vorsehen einer Öffnung zum Durchtritt von Inertgas wird ein gleich bleibender Gasstrom aus der Bestrahlungskammer in die Strahlungskammer gewährleistet, wodurch mögliche in der Kammer vorliegende Verunreinigung an unerwünschten Gasen laufend ausgetragen werden. Ferner ist beim Vorliegen einer definierten Öffnung der Ausgaßstrom aus der Bestrahlungskammer genau festgelegt und kann durch entsprechende Maßnahmen besser kompensiert werden. Für die Trennwand können verschiedene UV-transparente Materialien, wie Quarzglas, verwendet werden.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Kühlmedium in einem Kreislauf geführt, und ist in dem Kühlkreislauf mindestens ein Wärmetauscher zum Kühlen des Kühlmediums vorgesehen.

**[0020]** Mittels Führung im Kreislauf wird das Kühlmedium wieder verwendet und geht nur in geringem Umfang verloren. Somit ist ein kostengünstiger Betrieb möglich. Durch das Vorsehen eines ersten Wärmetauschers wird das Kühlmedium effektiv gekühlt, wobei die dabei gewonnene Wärmeenergie für andere Prozesse weiterverwendet werden kann. Die Verwendung eines Wärmetauschers ermöglicht, dass das Maß der Abkühlung auf eine sehr definierte Weise erfolgt.

**[0021]** Es ist vorteilhaft, wenn in dem Kühlkreislauf ein Regelventil zum Regeln des Volumenstroms des Kühlmediums und/oder ein Auslassventil zur Abfuhr von überschüssigem Kühlmedium vorgesehen sind.

**[0022]** Über ein Regelventil zum Regeln des Volumenstroms des Kühlmediums kann der Volumenstrom an die jeweilige Wärmeentwicklung der UV-Strahlungsquelle angepasst werden. So ist bei einer starken Wärmeentwicklung der UV-Strahlungsquelle ein höherer Volumenstrom notwendig und bei einer geringeren Wärmeabgabe entsprechend ein niedriger Volumenstrom. Insbesondere hängt die Wärmeabgabe auch von der Art der UV-Strahlungsquelle beziehungsweise deren Leistungsaufnahme ab, so dass je nach Leistungsaufnahme und Strahlungsquelleart ein individuell einzustellender Volumenstrom erforderlich ist.

**[0023]** Durch den in der UV-Strahlungsquelle vorlie-

genden Unterdruck und den bestehenden Undichtigkeiten wird laufend Gas aus der Bestrahlungskammer in die UV-Strahlungsquelle abgezogen und dadurch das Volumen an Kühlmedium erhöht. Um ein Ansteigen des Druckes an Kühlmedium zu verhindern, wird über das Auslaufventil angesaugtes und überschüssiges Kühlmedium abgeführt. Dadurch kann der Druck an Kühlmedium in dem Kühlkreislauf konstant gehalten werden, und möglichen Störungen des Kreislaufsystems durch entstehenden Überdruck begegnet werden.

**[0024]** Vorteilhafterweise ist eine Inertgaszufuhr zum Zuführen von Inertgas, insbesondere von Stickstoff, in die Bestrahlungskammer vorgesehen.

**[0025]** Auch die Bestrahlungskammer verliert durch Undichtigkeiten gegenüber der UV-Strahlungsquelle aber auch an anderen Stellen zur äußeren Umgebung ständig Inertgas. Mittels einer Inertgaszufuhr wird das ausgetretene Inertgas kompensiert und einem Druckverlust entgegengewirkt. Dadurch können die chemischen und physikalischen Verhältnisse in der Bestrahlungskammer, das heißt insbesondere die Zusammensetzung der Atmosphäre sowie deren Druck, weitgehend konstant gehalten und eine gleichmäßige Umgebung gewährleistet werden. Dies erhöht insbesondere die Gleichförmigkeit und die Qualität der Bestrahlungswirkung.

**[0026]** Es ist vorteilhaft, wenn mindestens ein zweiter Wärmetauscher zum Erwärmen des der Bestrahlungskammer zugeführten Inertgases vorgesehen ist.

**[0027]** Um eine optimale photochemische Umsetzung durch die UV-Bestrahlung zu gewährleisten, ist auch eine erhöhte Temperatur in der Bestrahlungskammer notwendig. Durch die Temperaturerhöhung wird die Geschwindigkeit der chemischen Umsetzungen erhöht und dadurch Umsatz und Ausbeute verbessert. Gleichzeitig werden bei einer höheren Temperatur mögliche Lösungsmittelrückstände beispielsweise in UV-härtbaren Materialien rascher verdampft.

**[0028]** Es ist bevorzugt, wenn der zweite Wärmetauscher mit dem Kühlkreislauf gekoppelt ist, so dass dem vom UV-Strahler erwärmten Kühlmedium Wärmeenergie entnehmbar und dem in die Bestrahlungskammer zuzuführenden Inertgas zuführbar ist.

**[0029]** Auf diese Weise kann die von der UV-Strahlungsquelle erzeugte Wärmeenergie genutzt und für die Erwärmung des der Bestrahlungskammer zuzuführenden Inertgases verwendet werden. Somit wird im Rahmen des bestehenden Wirkungsgrades der Verlust an Wärmeenergie weitgehend vermieden, und die aufzuwendenden Energiekosten können in erheblichem Maße reduziert werden. Dieser Aspekt ist insbesondere vor dem Hintergrund steigender Energiepreise aber auch unter ökologischen Gesichtspunkten von Bedeutung.

**[0030]** Es ist weiterhin zweckmäßig, wenn der UV-Strahler und die Bestrahlungskammer in einer Kabine angeordnet sind durch welche eine Fördereinrichtung zum Befördern von zu bestrahlenden Elementen durch die Bestrahlungskammer geführt ist.

**[0031]** Somit sind UV-Strahlungsquelle und Bestrahlungskammer von der Umgebung weitgehend isoliert, so dass das Risiko eventuell austretender umweltschädlicher Gase auf ein Minimum reduziert wird. Darüber hinaus ist durch die Fördereinrichtung ein stetiges und gleichmäßiges Zuführen von zu bestrahlenden Elementen in die Bestrahlungskammer gewährleistet. Insbesondere bei einem automatisierten Betrieb werden gleiche Belichtungsqualitäten durch gleiche Belichtungszeiten und räumliche Lichtverteilung verbessert. Auch werden durch den laufenden Antransport von Elementen ökonomisch uneffektive Totzeiten vermindert und dadurch die Produktionskosten reduziert.

**[0032]** Geeigneterweise weist die Bestrahlungskammer Reflektoren zur Reflexion von UV-Strahlung auf. Mittels der Reflektoren wird eine optimale Ausbeute der UV-Strahlungsleistung erreicht und Energieverluste vermieden. Die Energie- und Produktionskosten werden dadurch weiter verringert. Ferner wird durch die Reflexion und die dabei stattfindende Rückstrahlung eine gleichmäßige Bestrahlung der Elemente von verschiedenen Richtungen erreicht, so dass die Homogenität der Oberflächenbeschichtung mittels UV-Bestrahlung verbessert wird.

**[0033]** Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Bestrahlung von Elementen mit UV-Licht nach Anspruch 10, wobei in dem Innenraum des UV-Strahlers gegenüber der Bestrahlungskammer ein Unterdruck erzeugt wird.

**[0034]** Durch das Vorliegen eines Unterdruckes sowie bestehender Undichtigkeiten im Gehäusebereich des UV-Strahlers wird der Bestrahlungskammer ständig Atmosphärendruck entzogen, so dass darin enthaltene gasförmige Verunreinigungen allmählich entfernt werden. Insbesondere wird der Restsauerstoffgehalt auf einem niedrigen Niveau gehalten. Durch die extrem geringe Sauerstoffkonzentration innerhalb der Bestrahlungskammer wird die Photochemie durch die UV-Bestrahlung nicht beeinträchtigt und es treten insbesondere keine Inhibition oder unerwünschte Nebenreaktionen auf. Darüber hinaus kann für den UV-Strahler auch gewöhnliche Atmosphärenluft als Kühlmedium verwendet werden, da durch den bestehenden Unterdruck das Risiko von Entweichen von Sauerstoff in die Behandlungskammer sehr gering gehalten werden kann.

**[0035]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der UV-Strahler mit einem Inertgas, insbesondere mit Stickstoff, als Kühlmedium gekühlt, welches in einem Kühlkreislauf geführt wird.

**[0036]** Bei der Verwendung von Inertgas ist es unschädlich, wenn Spuren des Kühlmediums in die Behandlungskammer eindringen. Die in die Behandlungskammer eingetretenen Gasspuren können aufgrund der Reaktionsträgheit des Inertgases keine nachteiligen chemischen Reaktionen auf der Oberfläche durch eine photochemische Reaktion oder anderweitige physikalische Adsorptionsvorgänge hervorrufen. Neben Edelgasen

und anderen aus der Industrie bekannten Schutzgasen ist insbesondere Stickstoff als Inertgas geeignet. Stickstoff weist insbesondere bei gemäßigten Temperaturen eine ausreichende Reaktionsträgheit auf und ist als 80%iger Atmosphärenbestandteil in sehr günstiger Weise zu erhalten. Insbesondere ist Stickstoff auch im Falle auftretender Leckagen für die umgebende Umwelt völlig unschädlich, so dass in diesem Fall kostenaufwändige Sicherheitsmaßnahmen entfallen können.

**[0037]** Durch das Führen in einem Kühlkreislauf kann die UV-Strahlungsquelle auch mit einer hohen Leistung betrieben werden, da überschüssig erzeugte Wärmeenergie stetig abgeführt wird. Dies erhöht insbesondere die Lebensdauer der teuren UV-Strahlungsquellen. Ferner kann über einen Wärmetauscher die gewonnene Wärmeenergie genutzt und für einen anderen Verfahrensschritt verwendet werden. Darüber hinaus geht bei einem in einen Kreislauf geführten System nur ein geringer Teil des Inertgases verloren, so dass relativ wenig zusätzliches Inertgas zugeführt werden muss. Dies ist insbesondere bei teuren Edelgasen, sofern diese als Inertgase verwendet werden, von Vorteil.

**[0038]** Es ist vorteilhaft, wenn in die Bestrahlungskammer erwärmtes Inertgas, insbesondere erwärmter Stickstoff, eingespeist wird.

**[0039]** Die in der Bestrahlungskammer für die photochemischen Umsetzungen erforderliche Energie kann auf diese Weise besonders einfach über das Inertgas in das System eingespeist werden. Es ergeben sich dadurch höhere Reaktionsgeschwindigkeiten und bessere Ausbeuten an bestrahlten Materialien. Durch die Verwendung von erwärmtem Stickstoff kann wiederum ein sehr kostengünstig zu erhaltender Rohstoff, der eine hohe Umweltverträglichkeit aufweist, eingesetzt werden. Zwar erreicht Stickstoff insbesondere bei erhöhten Temperaturen nicht die gleiche Inertheit wie beispielsweise Edelgase, unter Kostengesichtspunkten spielt diese Einschränkung jedoch keine Rolle, da eine nennenswerte Reaktionsfähigkeit von Stickstoff im Allgemeinen erst bei wesentlich höheren Temperaturen zu beobachten ist.

**[0040]** Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der UV-Strahler aus der Bestrahlungskammer Inertgas ansaugt.

**[0041]** Das aus der Bestrahlungskammer stammende Inertgas kann unmittelbar für die Verwendung als Kühlmedium des UV-Strahlers verwendet werden. Insbesondere wird durch den kontinuierlichen Abtransport von Inertgas aus der Bestrahlungskammer auch der Anteil an gasförmigen Verunreinigungen in der Atmosphäre der Kammer verringert. Das verwendete Inertgas erfüllt in diesem Fall zwei Funktionen. Zum einen fungiert es als Träger von Wärmeenergie, welche für die Aufrechterhaltung einer ausreichenden Geschwindigkeit der photochemischen Prozesse erforderlich ist. Zum anderen wird das Gas nach der Abkühlung in der Behandlungskammer in den UV-Strahler eingesaugt, kann hier in den Kühlkreislauf eintreten und somit als Kühlmedium Verwendung finden. Dadurch können auch eventuell in dem Kühlkreislauf auftretende Verluste ausgeglichen wer-

den. Ferner besteht somit auch die Möglichkeit, in die Bestrahlungskammer kontinuierlich frisch erwärmtes Inertgas einzuleiten. Die Temperatur innerhalb der Kammer kann daher auf einem weitgehend gleich bleibenden Niveau gehalten werden, wodurch die Homogenität der Photochemie unterstützt wird.

**[0042]** Es ist bevorzugt, wenn die Wärmeenergie zum Erwärmen des Inertgases für die Bestrahlungskammer dem Kühlkreislauf zumindest teilweise entnommen wird.

**[0043]** Auf diese Weise wird die von der UV-Strahlungsquelle abgegebene Wärmeenergie weiter genutzt und geht nicht verloren. Die Betriebskosten werden dadurch reduziert und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens verbessert. Auch unter ökologischen Gesichtspunkten ist eine dadurch erreichte Vermeidung einer Abgabe überschüssiger Wärmeenergie an die Umwelt von Vorteil. Dabei kann die dem Kühlkreislauf zu entnehmende Wärmeenergie in einem gewissen Umfang auch an die Leistungsaufnahme der UV-Strahlungsquellen angepasst werden. So ist bei einer erhöhten Strahlungsleistung einerseits zwar eine höhere Wärmeabfuhr zum Kühlen der UV-Strahler notwendig, andererseits wird jedoch durch die in der Bestrahlungskammer vorliegende erhöhte Energiedichte auch eine vergrößerte Umsatzgeschwindigkeit erreicht. Für eine erhöhte Umsatzrate ist wiederum jedoch ein verstärkter Strom an erwärmtem Inertgas in die Bestrahlungskammer notwendig, um die gegebenen Reaktionsbedingungen aufrechtzuerhalten.

**[0044]** Die Entnahme der Wärmeenergie aus dem Kühlkreislauf und die Verwendung zum Erwärmen des der Bestrahlungskammer zugeführten Inertgases kann in geeigneter Weise mit einem Wärmeaustauscher erreicht werden.

**[0045]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zu UV-härtbaren Stoffen, insbesondere von Elementen mit UV-härtbaren Lacken, mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0046]** Es besteht in der Industrie ein zunehmender Bedarf zur Aushärtung von photopolymerisierbaren Beschichtungen wie sie im Bereich der Kleinserienfertigung und bei Lackreparaturen der Fall ist. Anwendungen für das erfindungsgemäße Verfahren sind die Härtung und Polymerisation von Druckfarben, Lacken, Klebstoffen, Kunststoffen, Photoresisten, photopolymeren Druckplatten, Fingernagellacken, Harzen für die Stereolithographie oder anderer mit UV-Strahlung arbeitender Rapid-Prototyping- und Teilfertigungsverfahren, Gießmassen für die Elektronik, mechanische Bauteile, optische Linsen, Körper und Oberflächen sowie allgemein für zu fixierende und konservierende Objekte und Formen.

**[0047]** Neben Aushärtungsverfahren von UV-härtbaren Verbindungen können Material- und Oberflächenalterungsprozesse unter Bestrahlung beispielsweise zu Prüfzwecken, zur künstlichen Ausbleichung oder Vergilbung durchgeführt werden. Kurzwellige UV-C-Strahlung kann über seine Keim tötende Wirkung zur Desinfektion von Oberflächen eingesetzt werden. Insbesondere UV-A-Lampen mit einer Leistungsaufnahme unter 600 W

können zum Beispiel zur Härtung photopolymerisierbarer Materialien dienen. Die durch das erfindungsgemäße Verfahren induzierten photochemischen Prozesse beinhalten insbesondere Spaltungs-, Additions-, Redox- oder Umlagerungsreaktionen.

**[0048]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines schematischen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch die erfindungsgemäße Vorrichtung mit entsprechendem Kühlkreislaufsystem.

**[0049]** Es sind verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung denkbar. Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben.

**[0050]** In dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel ist die Bestrahlungskammer 40 zu beiden Seiten von einem UV-Strahler 20 flankiert. Der UV-Strahler 20 weist ein Gehäuse auf, in dessen Innerem eine UV-Lampe 30 mit einer Bogenlänge von 250 mm vorgesehen ist. Die UV-Lampe 30 emittiert ultraviolette Strahlung, die über ein Quarzglas 35 in die Bestrahlungskammer 40 eindringt. Im Inneren der Bestrahlungskammer 40 befindet sich ein Bauteil 50, auf das die ultraviolette Strahlung auftrifft, um die gewünschten photochemischen Umsetzungen zu bewirken. Zwischen dem Quarzglas 35 und der UV-Strahlungsquelle 20 sind definiert undichte Stellen 37 vorgesehen.

**[0051]** Durch eine Stickstoffzuführungsleitung 55 wird erwärmter Stickstoff über Stickstoffzuführöffnungen 57 in die Bestrahlungskammer 40 eingeführt. Die Innenseite der Bestrahlungskammer 40 weist Reflektoren 45 auf, die ultraviolettes Licht reflektieren und somit zumindest auch teilweise auf das Bauteil 50 zurückwerfen. Das Bauteil 50 wird über einen Förderer 15 in der Bestrahlungskammer 40 gehalten. Der Förderer 15 entfernt vollständig belichtete Bauteile 50 aus der Bestrahlungskammer 40 und liefert unbehandelte Bauteile 50 nach. Der Förderer 15 sowie die Strahlungsquelle 20 und die Bestrahlungskammer 40 befinden sich innerhalb einer Härtekabine 10. Der Förderer 15 ist als Hängeförderer ausgelegt und kann kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden.

**[0052]** Die Erwärmung des Stickstoffes für die Bestrahlungskammer 40 erfolgt über einen Wärmetauscher 60, der etwa 50 m<sup>3</sup>/h Stickstoff erwärmt, welcher dann über die Stickstoffzuführung 55 der Bestrahlungskammer 40 zugeführt wird.

**[0053]** Die UV-Strahler 20 werden über einen Kühlkreislauf 75, der mit gekühltem Stickstoff betrieben wird, gekühlt. Der gekühlte Stickstoff tritt an Eintrittsöffnungen 23 des UV-Strahlers 20 ein und nach erfolgter Aufnahme von Wärmeenergie an den Ausgängen 27 wieder aus. Dem aus den Ausgängen 27 austretenden erwärmten Stickstoff wird mittels des Wärmetauschers 60 Wärmeenergie entzogen und diese Wärmeenergie zur Erwärmung des Stickstoffes für die Bestrahlungskammer 40

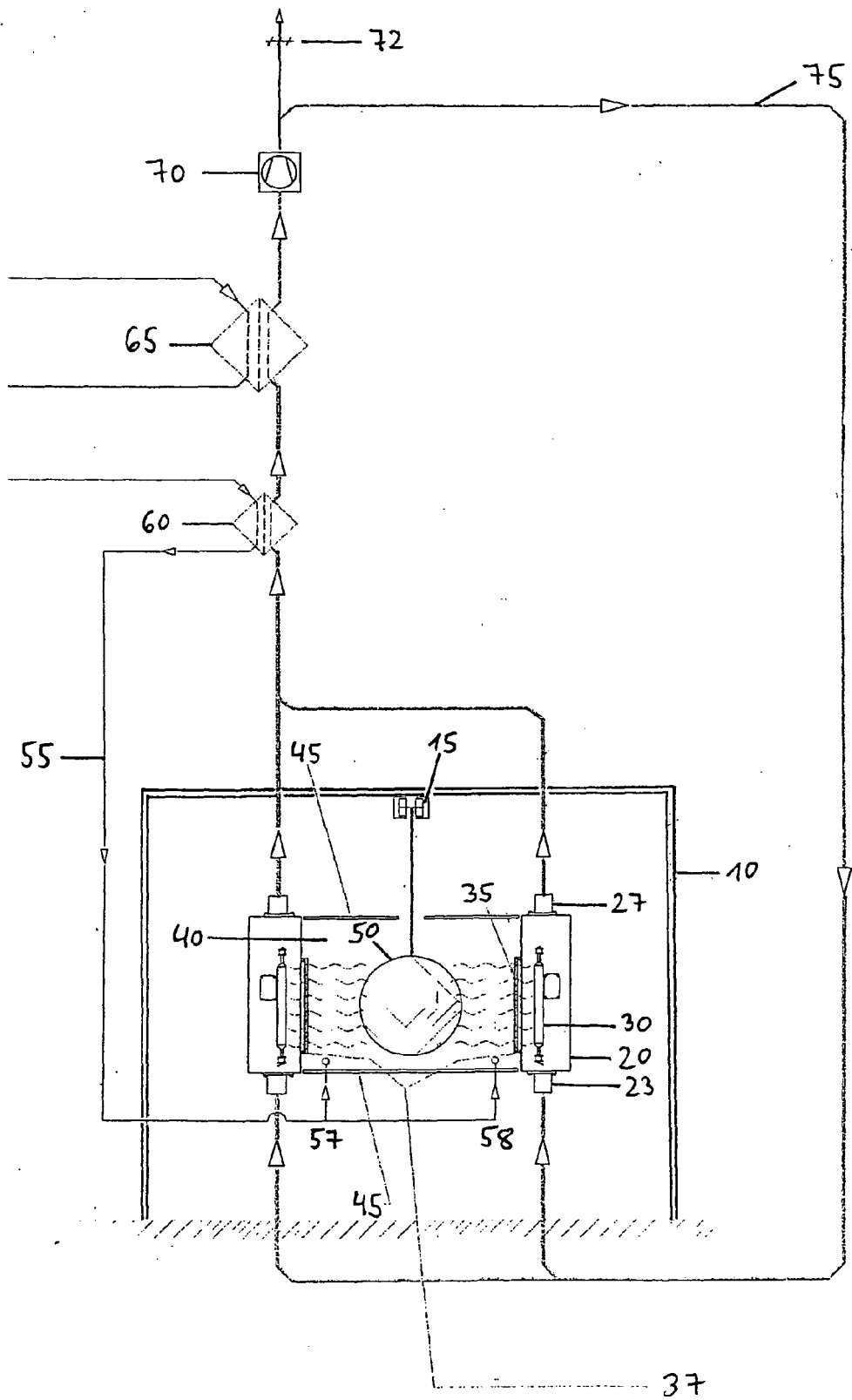
verwendet. Nachfolgend zum Wärmetauscher 60 ist ein weiterer Wärmetauscher 65 vorgesehen, der eine weitere Abkühlung des Kühlmediums bewirkt. Zu diesem Zweck treten ca. 1000 m<sup>3</sup>/h Kühlluft in den Wärmetauscher 65 ein, um dem Stickstoff die entsprechende Wärmeenergie zu entziehen. Neben Kühlluft können auch andere kühlende Fluide, insbesondere Flüssigkeiten wie Wasser, verwendet werden. Ferner sind in dem Kühlkreislauf 75 ein Abluftventilator 70 vorgesehen, der einen kleinen Teil Stickstoff, von etwa 2 bis 5 m<sup>3</sup>/h, aus dem Kreislaufsystem abführt. Die abgeführte Menge entspricht etwa der Größe, welche die UV-Strahler 20 über die Undichtigkeiten aus der Bestrahlungskammer 40 angesaugt haben. Ferner ist eine Verstellklappe 72 zur Regulierung des Volumenstroms an Kühlmedium vorgesehen. Bei einer erhöhten Strahlungsleistung besteht ein höherer Kühlungsbedarf, so dass zur verstärkten Abfuhr von Wärmeenergie entweder die Temperatur des Kühlmediums abgesenkt werden kann, oder über die Verstellklappe 72 der Volumenstrom an Stickstoff erhöht wird. Der aus dem Wärmetauscher 65 abgekühlte Stickstoff wird über den Kreislauf 75 erneut den UV-Strahlern 20 zur Abkühlung zugeführt, womit der Kreislauf geschlossen ist.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestrahlung von Elementen (50) mit UV-Licht mit mindestens einem UV-Strahler (20), der in seinem Innenraum eine UV-Lampe (30) aufweist, und einer mit dem Inertgas befüllten Bestrahlungskammer (40),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Innenraum des UV-Strahlers (20) gegenüber der Bestrahlungskammer (40) einen Unterdruck aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der mindestens eine UV-Strahler (20) mit einem Kühlmedium gekühlt ist, das ein Inertgas, insbesondere Stickstoff, enthält, welches insbesondere dem Inertgas der Bestrahlungskammer (40) entspricht.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der UV-Strahler (20) von der Bestrahlungskammer (40) durch eine Trennwand (35) abgetrennt ist, welche mindestens eine Öffnung (37) zum Durchtritt von Inertgas von der Bestrahlungskammer (40) in den UV-Strahler (20) aufweist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Kühlmedium in einem Kreislauf (75) geführt ist, und dass in dem Kühlkreislauf (75) minde-

- stens ein erster Wärmetauscher (65) zum Kühlen des Kühlmediums vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in dem Kühlkreislauf (75) ein Regelventil (72) zum Regeln des Volumenstroms des Kühlmediums und/oder ein Auslaufventil (70) zur Abfuhr von überschüssigem Kühlmedium vorgesehen ist. 5
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Inertgaszufuhr (55) zum Zuführen von Inertgas, insbesondere von Stickstoff, in die Bestrahlungskammer (40) vorgesehen ist. 10
7. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mindestens ein zweiter Wärmetauscher (60) zum Erwärmen des der Bestrahlungskammer (40) zugeführten Inertgases vorgesehen ist. 15
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der zweite Wärmetauscher (60) mit dem Kühlkreislauf (75) gekoppelt ist, so dass dem vom UV-Strahler (20) erwärmten Kühlmedium Wärmeenergie entnehmbar und dem in die Bestrahlungskammer (40) zuzuführenden Inertgas zuführbar ist. 20
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der UV-Strahler (20) und die Bestrahlungskammer (40) in einer Kabine (10) angeordnet sind, durch welche eine Fördereinrichtung (15) zum Befördern von zu bestrahlenden Elementen (50) durch die Bestrahlungskammer (40) geführt ist. 25
10. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in dem Innenraum des UV-Strahlers (20) gegenüber der Bestrahlungskammer (40) ein Unterdruck erzeugt wird. 30
11. Verfahren nach Anspruch 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der UV-Strahler (20) mit einem Inertgas, insbesondere mit Stickstoff, als Kühlmedium gekühlt wird, welches in einem Kühlkreislauf (75) geführt wird. 35
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in die Bestrahlungskammer (40) erwärmtes Inertgas, insbesondere erwärmter Stickstoff, eingespeist wird. 40
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der UV-Strahler (20) aus der Bestrahlungskammer (40) Inertgas ansaugt. 45
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** Wärmeenergie zum Erwärmen des Inertgases für die Bestrahlungskammer (40) dem Kühlkreislauf (75) zumindest teilweise entnommen wird. 50
15. Verfahren zum Härten von UV-härtbaren Stoffen, insbesondere von Elementen (50) mit UV-härtbaren Lacken, mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9. 55

Fig. 1





**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**

- DE 19907681 A1 [0004]
- DE 102005007370 B3 [0005]
- DE 3416502 A1 [0006]
- DE 102004012128 A1 [0007]
- DE 10239356 A1 [0008]