



(10) **DE 10 2015 102 427 B3** 2016.05.19

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 102 427.6**  
(22) Anmeldetag: **20.02.2015**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **19.05.2016**

(51) Int Cl.: **A61L 2/10 (2006.01)**  
**C09K 11/02 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

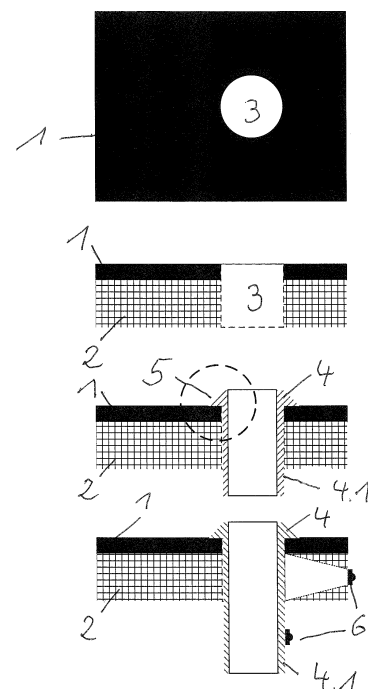
(72) Erfinder:  
**Lausch, Holger, Dr., 07743 Jena, DE; Wätzig,  
Katja, Dr., 01705 Freital, DE; Kinski, Isabel, Dr.,  
07749 Jena, DE**

(74) Vertreter:  
**Pfenning, Meinig & Partner mbB Patentanwälte,  
01067 Dresden, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**US 2005 / 0 255 236 A1**  
**WO 2007/ 082 663 A1**

(54) Bezeichnung: **Elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich des UV-Lichts emittierender Körper, Verfahren zur Bestrahlung mit einem Körper sowie Verwendungen des Körpers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich des UV-Lichts emittierenden Körper, ein Verfahren zur Bestrahlung mit einem solchen Körper sowie Verwendungen eines solchen Körpers. Bei dem Körper sind in einem oberflächennahen Bereich innerhalb des Werkstoffs, aus dem der Körper gebildet ist oder einer Beschichtung auf dem Körper, Leuchtstoffpartikel eingebettet. Allein oder zusätzlich können auf der Oberfläche des Körpers oder der Beschichtung Leuchtstoffpartikel stoffschlüssig fixiert sein. Die Leuchtstoffpartikel sind aus einem Stoff gebildet, der bei Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung mit geringerer Energie und höherer Wellenlänge elektromagnetische Strahlung mit höherer Energie und kleinerer Wellenlänge aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts emittiert. Dabei sind Leuchtstoffpartikel lediglich in und/oder an bestimmten Bereichen des Körpers lokal definiert angeordnet, so dass von diesen Partikeln lokal definierte Bereiche mit emittierter elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts bestrahlbar sind. Außerdem sind am Körper an der Oberfläche und/oder in einem oberflächennahen Bereich keine diese elektromagnetische Strahlung emittierenden Bereiche vorhanden.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich des UV-Lichts emittierenden Körper, ein Verfahren zur Bestrahlung mit einem solchen Körper sowie Verwendungen eines solchen Körpers.

**[0002]** Zur Vermeidung von Verschmutzungen, die unerwünschte Ausbildung von Biofilmen und Fäulnis ist es bekannt, auf Oberflächen, für die dies kritisch sein kann, Beschichtungen beispielsweise aus  $\text{TiO}_2$  aufzubringen. Damit können aber nicht alle gewünschten Erfordernisse erfüllt werden. Insbesondere stellen sich dann Probleme dar, wenn eine antimikrobielle Wirkung erreicht werden soll. Diese Probleme treten verschärft in Bereichen auf, die von außen schwer zugänglich sind, wie dies z.B. im Bereich von Spalten, Poren, Hinterschneidungen, bei Dichtungen oder Fassungen der Fall ist.

**[0003]** Bei einem Einsatz von antimikrobiellen Maßnahmen an Lebewesen muss zusätzlich eine Gefährdung von lebendem Gewebe oder Zellen vermieden werden.

**[0004]** Es ist bekannt, UV-Strahlung in der Medizin oder in der Hygiene einzusetzen, um beispielsweise Wasser, Gase oder Oberflächen zu desinfizieren. So wird in der Trinkwasseraufbereitung seit Langem UV-Strahlung zur Reduzierung der Anzahl von krankheitserregenden Mikroorganismen und anderen Keimen im Wasser eingesetzt. Dabei wird vorzugsweise UV-C-Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 280 nm eingesetzt. Der Einsatz elektromagnetischer Strahlung mit unterschiedlichen Wellenlängen sollte die unterschiedliche Absorption der verschiedenen Proteine, den in Mikroorganismen, Geweben oder Zellen enthaltenden Amino-/Nukleinsäuren (z.B. DNA) sowie Peptidbindungen zwischen den einzelnen Säuren berücksichtigen. So absorbiert DNA elektromagnetische Strahlung innerhalb des Wellenlängenbereichs zwischen 200 nm und 300 nm gut und zwischen 250 nm und 280 nm besonders gut, so dass diese Strahlung gegen DNA besonders geeignet ist. Es können also krankheitserregende Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Hefen, Pilze u.a.) mit einer solchen Bestrahlung inaktiviert werden. Je nach Dauer und Intensität der Bestrahlung kann die Struktur von DNA zerstört werden. Somit sterben lebende Zellen ab und/oder deren Vermehrungsvermögen kann beseitigt werden.

**[0005]** Vorteilhaft ist bei der Bestrahlung mit UV-Licht die Tatsache, dass Mikroorganismen keine Resistenz dagegen entwickeln können.

**[0006]** Der Einsatz entsprechender Strahlungsquellen ist daher bei Mensch und Tier nur limitiert möglich und beim Menschen auf  $30 \text{ J/m}^2$  bei einer Bestrah-

lung über 8 h pro Tag durch gesetzliche Regelung für Bestrahlung von Auge und Haut begrenzt.

**[0007]** Daraus ergeben sich aber starke Einschränkungen bei Anwendungen an menschlichen oder tierischen Lebewesen.

**[0008]** Desweiteren ist es neben einer direkten Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts auch bekannt, den Effekt der so genannten up-conversion auszunutzen. Dabei werden Leuchtstoffpartikel eingesetzt, mit denen elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen oberhalb des UV-Lichts, insbesondere sichtbares Licht oder Infrarotlicht in elektromagnetische Strahlung mit geringerer Wellenlänge gewandelt werden kann, so dass die Emission von in gewünschter Form wirkender Strahlung von den einzelnen Leuchtstoffpartikeln erreicht werden kann. Geeignete Werkstoffe für solche Leuchtstoffpartikel sind beispielsweise aus WO 2007/082663 A2 bekannt.

**[0009]** Ein einfacher Einsatz solcher Leuchtstoffpartikel bereitet aber insbesondere in der Nähe von lebenden Zellen oder Gewebe Probleme, wegen der oben genannten möglichen negativen Einflüsse von UV-Strahlung.

**[0010]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Möglichkeiten für einen möglichst langen Schutz gegen Verschmutzung, die Ausbildung von Biofilmen, gegen Fäulnis an Oberflächen und ggf. eine Wirkung gegen mögliche Infektionen an lebendem Gewebe oder Zellen zu erreichen. Im letztgenannten Fall sollen keine Gefährdung bzw. eine Beeinträchtigung der Gesundheit auftreten. Außerdem soll der Schutz auch in schwer zugänglichen Bereichen möglich sein.

**[0011]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Körper, der die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Der Anspruch 6 betrifft ein Verfahren unter Einsatz eines Körpers und Verwendungen gehen aus dem Anspruch 10 hervor. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können mit in untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen realisiert werden.

**[0012]** Bei dem elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich des UV-Lichts emittierender Körper sind in einem oberflächennahen Bereich innerhalb des Werkstoffs aus dem der Körper gebildet ist oder einer Beschichtung auf dem Körper Leuchtstoffpartikel eingebettet. Allein oder zusätzlich dazu können auf der Oberfläche des Körpers oder der Beschichtung Leuchtstoffpartikel stoffschlüssig fixiert sein.

**[0013]** Die Leuchtstoffpartikel sind aus einem Stoff gebildet, der bei Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung mit geringerer Energie und höherer Wel-

Wellenlänge elektromagnetische Strahlung mit höherer Energie und kleinerer Wellenlänge aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts emittiert. Mit der von Leuchtstoffpartikeln emittierten UV-Strahlung werden dann bestimmte Bereiche lokal definiert (topisch) bestrahlt. Dazu sind Leuchtstoffpartikel lediglich in und/oder an bestimmten Bereichen des Körpers lokal definiert angeordnet, so dass von diesen Leuchtstoffpartikeln lokal definierte Bereiche mit emittierter elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts bestrahlbar sind. Am Körper sind auch an der Oberfläche und/oder in einem oberflächennahen Bereich keine diese elektromagnetische Strahlung emittierenden Bereiche vorhanden.

**[0014]** Mit den eingesetzten Leuchtstoffpartikeln kann der Effekt der so genannten Up-Conversion (UC) ausgenutzt werden, bei dem elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen oberhalb des UV-Lichts, insbesondere sichtbares und infrarotes Licht in elektromagnetische Strahlung mit geringerer Wellenlänge gewandelt werden kann, so dass die Emission von in gewünschter Form wirkender Strahlung von den einzelnen Leuchtstoffpartikeln erreicht werden kann.

**[0015]** Geeignete Stoffe für die Nutzung der Up-Conversion für eine Emission von elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts sind beispielsweise auch Yttrium-Aluminate oder Silikate mit Seltenerd-dotierung ( $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Pr}$  von C. Hu u.a. in Chemical Physics; 325(2006) S. 563–566 beschrieben oder  $\text{Er}_3+:\text{YAlO}_3$  oder  $\text{Er}_3+:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}$  wie aus CN 102311734 A1 bekannt).

**[0016]** Der Werkstoff aus dem der Körper oder die Beschichtung gebildet ist, sollte für die zur Bestrahlung eingesetzte elektromagnetische Strahlung und auch für die emittierte elektromagnetische Strahlung zumindest teilweise bevorzugt zu mindestens 30 %, besonders bevorzugt zu mindestens 50 % transparent sein.

**[0017]** Die Leuchtstoffpartikel sollten in möglichst definierter Anordnung in Bezug zu mit UV-Strahlung zu bestrahlenden Positionen im Körper-, im Beschichtungswerkstoff und/oder an der Oberfläche von Körper oder Beschichtung angeordnet sein. Dadurch kann erreicht werden, dass die emittierte UV-Strahlung nur Bereiche bestrahlt, die geschützt oder an denen Fäulnis, Infektionen bzw. die Entstehung und Ausbildung eines Biofilmes vermieden werden sollen. Leuchtstoffpartikel sollten in definierter Anordnung, in definierter Dichte pro Fläche, in definierter Tiefe an oder unterhalb der äußeren Oberfläche und/oder mit definierten Leuchtstoffpartikeldurchmessern in Bezug zu mindestens einer mit UV-Strahlung zu bestrahlenden Position oder mindestens eines zu bestrahlenden Bereichs in mindestens einem oberflächennahen Bereich des Körpers, des Beschichtungs-

werkstoffs und/oder Bereich an der Oberfläche des Körpers oder der Beschichtung angeordnet sein.

**[0018]** Besonders bevorzugt sollte die von Leuchtstoffpartikeln emittierte UV-Strahlung auf die adhäsionsseitige Oberfläche gerichtet sein, an der beispielsweise, Bakterien, ein Biofilm oder Fouling bzw. andere schädliche Komponenten anhaften.

**[0019]** Bei Einsatz der Erfindung an lebenden Zellen oder Gewebe, die/das mit der von Leuchtstoffpartikeln emittierten UV-Strahlung bestrahlt werden sollen, sollte ein räumlich-zeitlich, eine entsprechend fokussiert, dosiert geregelte oder gesteuerte Betriebsweise eingehalten werden, um eine unerwünschte Schädigung zu vermeiden. Eine Beeinflussung von Bereichen, die nicht beeinflusst werden sollen, sollte vermieden zumindest aber minimiert werden. Dabei ist die Dosis, mit der eine jeweilige Fläche bestrahlt wird, entscheidend. Die Dosis ist das Produkt aus Bestrahlungsstärke (Intensität) und der Expositionszeit. Die Bestrahlungsstärke ist als Strahlungsfluss pro Fläche definiert und dabei der Strahlungsfluss von der Strahlungsenergie pro Zeiteinheit abhängig. Es findet das Abstandsgesetz für Energiegrößen Anwendung, gemäß dem  $1/r^2$  gilt. Die Energie, die in einem dreidimensionalen Raum von einer konstant betriebenen Punktquelle, also auch von einem der Leuchtstoffpartikel ausgehend, emittiert wird, verteilt sich wie auf einer klassischen Kugeloberfläche und wird proportional mit dem Quadrat des Abstandes  $r$  von der Strahlungsquelle kleiner. Die Strahlungsintensität ist demnach die Leistung pro Kugeloberfläche und diese nimmt gemäß Abstandsgesetz mit  $1/r^2$  ab. Die Intensität wäre daher bei einer Verdoppelung des Abstandes  $r$  auf ein Viertel reduziert, was ca. 6 dB entspricht.

**[0020]** Es ist auch möglich, eine temporär am Körper anhaftende Beschichtung, in der Leuchtstoffpartikel enthalten sind, in mindestens einem lokal definierten Bereich aufzutragen. Eine solche Beschichtung muss lediglich solange an der Oberfläche des Körpers anhaften, wie eine Behandlung mit UV-Strahlung erfolgen soll bzw. muss bis der gewünschte Zweck erfüllt worden ist. Eine solche Beschichtung kann lediglich lokal definiert an der Oberfläche eines Körpers aufgebracht werden, so dass von dort eine lokal definierte Bestrahlung auf gewünschte Bereiche möglich ist. Dazu können beispielsweise Gele als Beschichtung eingesetzt werden, in denen Leuchtstoffpartikel enthalten sind.

**[0021]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts, mit einem erfindungsgemäßen Körper soll also die Dosis mit der mindestens eine Position oder ein Bereich mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts, die von Leuchtstoffpartikeln

emittiert wird, bestrahlt wird, mit mindestens einem der folgenden Parameter beeinflusst werden:

- a) durch den jeweiligen Leuchtstoffpartikelwerkstoff,
- b) die Anzahl von Leuchtstoffpartikeln pro Fläche und/oder pro Volumen,
- c) die Leuchtstoffpartikelgröße(n),
- d) die Transmission des die Leuchtstoffpartikel umgebenden Werkstoffs (für die elektromagnetische Strahlung, die zur Umwandlung auf Leuchtstoffpartikel gerichtet wird und die elektromagnetische Strahlung, die von Leuchtstoffpartikeln emittiert wird),
- e) dem Abstand der Leuchtstoffpartikeloberfläche, zwischen der die Strahlung emittierenden Oberfläche und der jeweils zu bestrahlenden Oberfläche,
- f) der Intensität der elektromagnetischen Strahlung, die zur Wandlung in UV-Strahlung, auf die Leuchtstoffpartikel gerichtet wird und/oder
- g) der Zeit mit der elektromagnetische Strahlung auf die Leuchtstoffpartikel gerichtet wird, mit der eine Umwandlung in elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts erreicht wird
- h) der jeweiligen Absorption und/oder Streuung der emittierten UV-Strahlung, die vom die Leuchtstoffpartikel umgebenden Werkstoff und dem darin zurück gelegten Weg abhängig ist (Extinktion / Opazität)

**[0022]** Bei der Anordnung sollte also der Abstand der jeweiligen Leuchtstoffpartikel zur zu bestrahlenden Oberfläche berücksichtigt werden. Dabei sollte auch der Transmissionsgrad, also der Anteil der transmittierten Strahlung und somit die Opazität bzw. Extinktion für die von Leuchtstoffpartikeln emittierte elektromagnetische Strahlung des Werkstoffs, aus dem der Körper oder die Beschichtung gebildet ist, in dem Leuchtstoffpartikel eingebettet sind, Berücksichtigung finden.

**[0023]** Ein weiterer Parameter mit dem dies beeinflusst werden kann, ist die Leuchtstoffpartikeldichte, also die Anzahl von elektromagnetische Strahlung emittierenden Leuchtstoffpartikeln pro Fläche und/oder Volumen. Je kleiner die Abstände zwischen benachbarten Leuchtstoffpartikeln sind, umso größer ist die erreichbare Bestrahlungsstärke.

**[0024]** Die letztendliche Bestrahlungsdosis kann mit einer geeignet wählbaren Expositionsdauer beeinflusst werden. Dabei kann die Zeit bei der elektromagnetische Strahlung niedrigerer Energie und größerer Wellenlänge auf Leuchtstoffpartikel gerichtet und dann in elektromagnetische Strahlung höherer Energie und kleinerer Wellenlänge gewandelt und dadurch von Leuchtstoffpartikeln emittiert wird, entsprechend gewählt werden.

**[0025]** Dabei kann es vorteilhaft sein, eine gepulst betreibbare Strahlungsquelle einzusetzen, mit der die elektromagnetische Strahlung mit kleinerer Energie und höherer Wellenlänge auf die Leuchtstoffpartikel gerichtet wird. Die Dosis kann so über die gesamte Zeit, in der eine solche Bestrahlung erfolgt, beeinflusst werden. Es kann eine über einen längeren Zeitraum gleichmäßigere Wirkung mit einem gepulsten Betrieb erreicht und trotzdem eine maximal zulässige Dosis nicht überschritten werden. Mit einer größeren Pulsweite kann die Bestrahlung der Leuchtstoffpartikel beispielsweise bei geringerer Leistung durchgeführt werden.

**[0026]** Die Leuchtstoffpartikel stellen jeweils Punktstrahlungsquellen dar, die durch ihre Anordnung optimal an die Bestrahlung eines gewünschten Flächenbereichs um eine Position angepasst werden können. Es können also nur Bereiche beeinflusst werden, für die dies auch tatsächlich gewünscht ist. Andere auch sehr nah daran angeordnete Bereiche werden durch die emittierte UV-Strahlung nicht oder nur unwesentlich beeinflusst. Dies ist bei medizinischer Anwendung oder bei der Körper- oder Mundhygiene von großer Bedeutung. Vorteilhaft kann dies aber auch auf anderen Gebieten, in der Technik sein, bei denen beispielsweise ein Bewuchs oder Fäulnis nur an bestimmten kritischen Oberflächenbereichen verhindert werden soll.

**[0027]** Mit der Erfindung kann also mit der von Leuchtstoffpartikeln emittierten elektromagnetischen Strahlung eine Absetzung von Keimen, insbesondere Bakterien und Viren, oder von Biofilmen an der lokal definiert bestrahlten Oberfläche ver- oder behindert werden. Es ist auch eine Verhinderung der Adhäsion oder eine Reduzierung von Adhäsionskräften davon möglich, die ein nachträgliches Ablösen, insbesondere mechanisches Ablösen erleichtern oder gar ermöglichen.

**[0028]** So können Adhäsionsmoleküle, Proteine, Keime, insbesondere von Bakterien und Viren, oder von anderen Biofilmen mittels mechanischer Ablation oder Abrasion, durch photodissoziative Spaltung der adhäsiven Biopolymere bzw. Biopolymerkomplexe entfernt werden. Durch photodissoziative Spaltung der adhäsiven Biopolymere bzw. Biopolymerkomplexe auf der Adhäsionsseite des Biofilms oder des Fouling kann die mechanische Ablation oder Abrasion, erleichtert werden. D.h., dass nach einer definiert langen Bestrahlung, die beispielsweise mit einem optischen aktiven Kieferschutzsystem erfolgen kann, würde der intensive Einsatz einer Zahnbürste zu einer effektiveren mechanischen Beseitigung von Biofilmen etc. führen, da die Adhäsion vorher geschwächt worden ist.

**[0029]** Eine Bestrahlung von Leuchtstoffpartikeln und dadurch eine Emission von elektromagnetischer

Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts auf lokal definierte Bereiche kann innerhalb vorgegebener Zeitintervalle erfolgen, wobei innerhalb eines Zeitintervalls bei dem eine Bestrahlung erfolgt, auch eine aktiv gepulste, pulsweitenmodulierte oder einfach getaktete Bestrahlung zur Umwandlung in elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts nutzbar ist.

**[0030]** Vorteilhaft besteht die Möglichkeit, dass während und/oder nach einer Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts die jeweils bestrahlte Oberfläche mechanisch gereinigt und/oder von einem Belag befreit wird. Dazu können beispielsweise bürstenförmige Elemente, Rakel aber auch ein Flüssigkeitsstrahl oder Ultraschall eingesetzt werden. Dabei kann ausgenutzt werden, dass mit der erfindungsgemäß erreichbaren Wirkung der elektromagnetischen Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts in lokal definierten Bereichen zumindest die Adhäsionskräfte von anhaftenden Belägen oder Filme bildenden Komponenten an der jeweils bestrahlten Oberfläche reduziert werden können, so dass Keime oder andere unerwünschte Beläge leichter entfernbar sind, als dies ohne den Einsatz der Erfindung der Fall ist.

**[0031]** Die aus oder mit für die gewünschte UC geeigneten Stoff gebildeten Leuchtstoffpartikel können in den Werkstoff eines Körpers oder eine darauf auszubildende Beschichtung direkt bei der Verarbeitung zugegeben werden. Dabei sollte der jeweilige Werkstoff eine geeignete Konsistenz bzw. Viskosität aufweisen, die eine Einbettung der Leuchtstoffpartikel ermöglicht. Leuchtstoffpartikel können aber auch auf eine Oberfläche, die mit einem Haftvermittler beschichtet ist oder haftvermittelnde Eigenschaften aufweist, aufgebracht werden, so dass die Leuchtstoffpartikel dann nach Aushärtung oder Vernetzung an der Oberfläche stoffschlüssig fixiert sind. Wie bereits angesprochen sollen die Leuchtstoffpartikel von Werkstoff des jeweiligen Körpers oder Beschichtungswerkstoff so umschlossen sein, dass sowohl elektromagnetische Strahlung mit höherer Wellenlänge auf die Leuchtstoffpartikeloberfläche auftreffen kann, wie auch die von den Leuchtstoffpartikeln emittierte elektromagnetische Strahlung mit kleinerer Wellenlänge auf den jeweils gewünschten Bereich, der mit UV-Strahlung bestrahlt werden soll, auftreffen kann. Der Werkstoff des Körpers oder einer Beschichtung sollte daher für diese elektromagnetischen Anregungsstrahlungen mit möglichst mehr als 30 % transparent sein.

**[0032]** So kann bei so genannten Verblendkeramiken, wie sie für die Herstellung von Zahnersatz üblich sind, bei einer Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung bei einer Wellenlänge von 488 nm eine Transparenz im Bereich 30 % bis 50 % ausgenutzt werden. Die dabei hervorgerufene thermische

Energie, die zu einer geringfügigen und tolerablen Erwärmung führt, liegt bei ca. 0,5 bis  $1 \cdot 10^3$  J/mm<sup>2</sup>/min. Verblendkeramiken sind in der Regel aus Zirkoniumoxidkeramik gebildet. Für die Bestrahlung der Leuchtstoffpartikel eingesetzte transparente (lichtdurchlässige) Zahnersatzwerkstoffe auf Basis von Kunststoff oder Glaskeramik sind ebenfalls bekannt und im Falle der Anwendung der Erfindung auch einsetzbar. Geeignete Leuchtstoffpartikel können darin eingebettet sein.

**[0033]** Leuchtstoffpartikel können auf die Oberfläche eines Körpers oder einer dort vorhandenen Beschichtung durch Tauchbeschichtung (Eintauchen in eine Suspension in der Leuchtstoffpartikel enthalten sind), Aufdrucken, Aufsprühen, Aufspritzen oder einem anderen geeigneten Beschichtungsverfahren aufgebracht werden. Sie können dabei selber gegen mechanische Abrasion /Ablation geschützt sein.

**[0034]** Bei der Anwendung in einem Zahnersatzelement oder in einem Körper, der beispielsweise aus einem faserverstärkten Verbundwerkstoff besteht, kann ein Pulvergemisch in dem Leuchtstoffpartikel enthalten sind, eingebracht werden. Bei Nutzung dieses Pulvergemischs kann auch eine gradierte Anzahl an Leuchtstoffpartikeln ausgehend von einer Oberfläche eines Körpers erreicht werden. So kann die Anzahl von Leuchtstoffpartikeln und/oder die Leuchtstoffpartikeldichte ausgehend von der Oberfläche bis in das Innere eines Körpers verringert werden.

**[0035]** Bei der Bestrahlung von Leuchtstoffpartikeln kann es ausreichend sein, wenn eine Bestrahlung aus zumindest einer Richtung erfolgen kann. Bei der Emission der gewandelten elektromagnetischen Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts kann dies ebenfalls der Fall sein, und eine mögliche Emission dieser Strahlung in lediglich eine Richtung ausreichend ggf. sogar vorteilhaft sein kann, wenn eine lokal definierte Bestrahlung gewünscht ist.

**[0036]** Für die Bestrahlung kann beispielsweise elektromagnetische Strahlung, die von einer Laserdiode oder Leuchtdiode (LED) gegebenenfalls unter Verwendung eines Lichtwellenleiters zur lokalen Dosierung emittiert wird, eingesetzt werden. Diese Strahlung kann aus dem sichtbaren Wellenlängenbereich bevorzugt blauem Licht gewählt werden.

**[0037]** Der Einsatz der Erfindung kann auf unterschiedlichsten technischen Gebieten erfolgen. So liegt eine mögliche Applikation auf dem Gebiet der Mundhygiene. Dabei können erfindungsgemäße Körper Zahnersatzelemente, wie z.B. Prothesen, Kronen, Brücken oder Implantate sein.

**[0038]** Es können aber auch Bauelemente an Schiffs- bzw. Bootsrümpfen erfindungsgemäß als

Körper verstanden werden. Ein Einsatz der Erfindung kann aber auch an verschiedensten Bauelementen erfolgen, die durch Mikroorganismen oder biologische Prozesse geschädigt werden können. Dies betrifft insbesondere auf Bereiche von Bauelementen, die von außen schwer zugänglich sind, was beispielsweise auf abgedeckte Bereiche, Nuten oder Vertiefungen in kleiner Dimensionierung zutrifft. Ein Körper kann beispielsweise auch ein Behältnis sein, dessen Innenwand mit Leuchtstoffpartikeln versehen ist. Körper können auch Schutzelemente, wie beispielsweise eine Abdeckung sein.

**[0039]** In einigen Anwendungsfällen kann die ohnehin vorhandene oder gebündelte Sonnenstrahlung als Strahlungsquelle für die Bestrahlung von Leuchtstoffpartikeln ausreichend sein.

**[0040]** Insbesondere wenn es auf die Einhaltung von Sicherheitsstandards und dabei die definierte Dosierung bei der Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts ankommt, wie dies bereits angesprochen worden ist, sollten aber steuer- und/oder regelbare Strahlungsquellen bevorzugt werden. Bei einer Steuerung oder Regelung kann die Energie mit der eine Strahlungsquelle betrieben wird, also die Intensität der von der Strahlungsquelle emittierten Strahlung, die Taktung bzw. Pulsfrequenz, die Pulsdauer und die Pulsintensität/-amplitude einer gepulst betriebenen Strahlungsquelle für die elektromagnetische Strahlung mit der größeren Wellenlänge auf Leuchtstoffpartikel gerichtet wird, gezielt beeinflusst werden.

**[0041]** So kann eine Strahlungsquelle mit einstellbarer Taktung bzw. Pulsrate eingesetzt werden, die beispielsweise elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im Bereich 447 nm bis 488 nm auf Leuchtstoffpartikel gerichtet wird. Diese Strahlung kann in einen Lichtwellenleiter oder ein für die Strahlung zumindest teilweise transparentes Substrat oder eine solche Beschichtung mit einer Totaltransmission im unteren sichtbaren Strahlungskopplungsbereich von > 25 % inklusive des gestreuten Strahlungsanteils, eingekoppelt werden.

**[0042]** Es kann aber auch mindestens ein Lichtwellenleiter, in den die elektromagnetische Strahlung mit niedrigerer Energie und höherer Wellenlänge von einer Strahlungsquelle einkoppelbar ist, innerhalb des Körpers zur Bestrahlung mindestens eines Leuchtstoffpartikels geführt sein. Es können auch mehrere Lichtwellenleiter genutzt werden, die die zur Bestrahlung genutzte elektromagnetische Strahlung auf Leuchtstoffpartikel richten können. Dabei können Leuchtstoffpartikel in unterschiedlichen voneinander lokal getrennten Bereichen angeordnet sein, zwischen denen Bereiche vorhanden sind, in denen keine Leuchtstoffpartikel vorhanden sind. Es besteht auch die Möglichkeit, mehrere Strahlungsquellen ein-

zusetzen, von denen elektromagnetische Strahlung höherer Wellenlänge lokal definiert auf ausgewählte Leuchtstoffpartikel gerichtet wird, so dass lediglich von den tatsächlich bestrahlten Leuchtstoffpartikeln UV-Strahlung emittiert und auf die jeweils zu diesen Leuchtstoffpartikeln zugeordnete lokal definierte Bereiche gerichtet wird. Diese so bestrahlten Bereiche können örtlich voneinander getrennt und beispielsweise an anderen Positionen eines Körpers angeordnet sein.

**[0043]** Mehrere Lichtwellenleiter können eine gemeinsame Strahlungsquelle, wie z.B. eine Laserdiode oder LED nutzen. Mit einem optischen Schalter oder Shutter kann dabei elektromagnetische Strahlung sukzessive auf einzelne Leuchtstoffpartikel oder Bereiche gerichtet werden, indem elektromagnetische Strahlung zu einem Zeitpunkt lediglich über einen oder eine begrenzte Anzahl von Lichtwellenleitern auf Leuchtstoffpartikel gerichtet wird und zum gleichen Zeitpunkt über mindestens einen weiteren Lichtwellenleiter keine Bestrahlung erfolgt.

**[0044]** In Bereichen, in denen keine Leuchtstoffpartikel an der Oberfläche oder einem oberflächennahen Bereich vorhanden sind, tritt auch keine Umwandlung der elektromagnetischen Strahlung auf, was ebenfalls für eine lokal definierte Bestrahlung mit UV-Strahlung förderlich ist, und bei der Erfindung ausgenutzt werden kann. Dies kann für die Umwelt, die Gesundheit und die Sicherheit vorteilhaft sein, da so eine wirkungsorientierte Dosierung der UV-Strahlung möglich ist. Vom Ort der Emission können Photonen gezielt auf einen gewünschten Bereich gerichtet werden. Dabei kann auch die jeweilige Dosis je nach Anforderung beeinflusst werden. Es kann aber auch elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts, z.B. zwischen 447 nm bis 488 nm auf Gewebe oder Zellen auftreffen und eine Stimulationswirkung hervorrufen.

**[0045]** An einer mit der Erfindung beeinflussten Oberfläche kann auch eine Einrichtung vorhanden sein, mit der eine Entfernung von Belägen, Filmen, Einlagerungen oder Schichten, die durch die Bestrahlung mit der von Leuchtstoffpartikeln emittierten UV-Strahlung geschädigt, insbesondere adhäsionsgeschädigt sind, möglich ist. Die Entfernung des damit gelockerten, unschädlich gemachten Biofilms kann beispielsweise mit einem Rake, einem büstenförmigen Element, durch Spülung mittels Wasserstrahl, Ultraschall oder anderer Reinigungsverfahren mit/ohne abrasiver Wirkung erreicht werden.

**[0046]** Soll die Erfindung in der Mundhygiene eingesetzt werden, ist zu beachten, dass die Oberfläche einer Zahnwurzel (Dentin) mit feinen Poren versehen ist. Dadurch kann beim Öffnen der bis dahin geschützten Zahnoberfläche bzw. deren Entfernung durch zurückweichendes Zahnfleisch, eine Vielzahl

von Bakterien in die offen gelegten Poren gelangen. Dies führt zu einer Verzögerung des Heilungsprozesses oder es kann zu einer Neuinfektion einer freigelegten Zahntasche führen. Durch die mit der Erfindung erreichbare lokal definierte Bestrahlung mit der von Leuchtstoffpartikeln emittierten UV-Strahlung kann ein solcher ggf. entzündeter Bereich antibakteriell behandelt und zumindest die Anzahl der dort angesiedelten Bakterien reduziert bzw. deren Vermehrungsvermögen verringert werden.

**[0047]** Durch das Aufbringen einer mit entsprechend geeigneten Leuchtstoffpartikeln versehenen Verblendkrone, die aus einem für die jeweilige UV-Strahlung nichttransparenten Werkstoff über einem solchen Keimherd angeordnet werden kann, ist keine direkte Bestrahlung des kritischen Bereichs möglich. Zumindest einige keramische Werkstoffe, die für solche Verblendzahnersatzelemente eingesetzt werden, sind aber für elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts zumindest teilweise transparent (transluzent). Ein Zahnersatzelement aus einem solchen keramischen Werkstoff kann an der Oberfläche, die in Richtung poröses Zahnmaterial oder einem kritischen an einem Zahn oder Zahnersatzelement vorhanden Bereich, wie beispielsweise einer Zahntasche, weist, mit elektromagnetische Strahlung konvertierenden Leuchtstoffpartikeln versehen bzw. dort solche Leuchtstoffpartikel im keramischen Werkstoff oberflächennah eingebettet sein. Von diesen Leuchtstoffpartikeln auf der Verblendkeramik kann mindestens ein kritischer Bereich, beispielsweise ein Poren aufweisender Bereich eines Zahnhalses, mit der durch Umwandlung erhaltenen UV-Strahlung bestrahlt werden. Die Leuchtstoffpartikel können dabei so angeordnet sein, dass ausschließlich dieser Bereich bestrahlt wird und daneben liegende Bereiche, die nicht bakteriell- oder keimgefährdet sind, davon unbeeinflusst, zumindest nahezu unbeeinflusst bleiben. Die Umwandlung der eingesetzten Ausgangsstrahlung mit Wellenlängen aus dem Wellenlängenbereich 450 nm bis 488 nm (blaues Licht) in UV-Strahlung mit den Leuchtstoffpartikeln, kann durch Bestrahlung der Oberfläche des Zahnersatzelements, als ein Beispiel für einen erfindungsgemäßen Körper erreicht werden.

**[0048]** In der Mundhygiene besteht auch die Möglichkeit, ein Zurückweichen von Zahnfleisch zu berücksichtigen, wodurch sich die Abstände zwischen den Leuchtstoffpartikeln und einer zu bestrahlenden Oberfläche temporär oder permanent verändern können. Ein sich verändernder Abstand kann beispielsweise durch eine angepasste Intensität der elektromagnetischen Strahlung höherer Wellenlänge, die auf Leuchtstoffpartikel gerichtet wird, und/oder eine Anpassung der Bestrahlungszeit berücksichtigt werden.

**[0049]** Wie bereits angesprochen, kann eine Überdosierung in den Bereichen Medizin und Hygiene vermieden werden. Dabei kann eine oder es können mehrere Quelle(n) von der/denen UV-Strahlung emittiert wird, unmittelbar zumindest aber sehr nah an einem kritischen zu bestrahlenden Bereich angeordnet sein. Durch eine entsprechende Anordnung von UV-Strahlung emittierenden Leuchtstoffpartikeln kann ausschließlich eine gewünschte Oberfläche bestrahlt werden und beispielsweise gesundes nicht geschädigtes Gewebe oder Zellen bleiben unbeeinflusst.

**[0050]** Mit eingebetteten oder stoffschlüssig an der Oberfläche fixierten Leuchtstoffpartikeln kann auch eine Oberflächenrauheit an einem erfindungsgemäßen Körper erreicht werden. Dies kann sich vorteilhaft bei dermatologischen/kosmetischen Anwendungen, insbesondere bei Falten-, Haar- oder anderen Sonderbereichen auswirken. Es kann zusätzlich ein „Peelingeffekt“ genutzt werden.

**[0051]** Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Beispielen näher erläutert werden.

**[0052]** Dabei zeigen:

**[0053]** Fig. 1 in schematischer Form ein Bauelement mit einem Verbindungsbereich, als ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Körpers;

**[0054]** Fig. 2 eine Schnittdarstellung durch ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemäßen Körpers;

**[0055]** Fig. 3 eine Schnittdarstellung durch ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemäßen Körpers;

**[0056]** Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Brücke, Krone oder eines Implantats in auf einem Zahnstumpf oder Stift aufgesetzter Position;

**[0057]** Fig. 5 einen Kieferschutz als ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemäßen Körpers in auf einen Zahn aufgesetztem Zustand und

**[0058]** Fig. 6 Möglichkeiten für eine Bestrahlung mit einer externen Strahlungsquelle innerhalb eines Mundraumes eines Lebewesens.

**[0059]** Fig. 7 Normierte Emissionsspektren von  $Y_{1,928}Pr_{0,024}Li_{0,144}SiO_5$  als Leuchtstoffpartikelwerkstoff nach Anregung mit  $\lambda = 450$  und  $490$  nm.

**[0060]** Fig. 8 Totaltransmissionskurve (inklusive Streuteil) in Abhängigkeit der Wellenlänge von 1 mm dicker  $ZrO_2$ -Zahnkeramik.

**[0061]** Fig. 9 Totaltransmissionskurve (inklusive Streuteil) in Abhängigkeit von der Wellenlänge von 2 mm dickem Glasfaserverstärktem Kunststoff.

**[0062]** Die Fig. 1 zeigt in vier Darstellungen ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Körpers **27**, der aus einem Verbundwerkstoff bestehend aus einer Polymerschicht **1**, die auf faserverstärktem Kunststoff **2** aufgebracht ist. In dem Körper ist eine Durchbrechung **3** ausgebildet, in die ein Ventil **4** oder ein Sensor eingesetzt ist. Das Ventil **4** ist außen mit einer Beschichtung **4.1** versehen, in der Leuchtstoffpartikel zur Umwandlung von elektromagnetischer Strahlung höherer Wellenlänge in elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts eingebettet sind. Im faserverstärkten Kunststoff **2** ist eine Strahlungsquelle **6** von der elektromagnetische Strahlung einer Wellenlänge aus dem sichtbaren Wellenlängenbereich beispielsweise des blauen Lichts auf die Beschichtung **4.1** gerichtet werden kann, angeordnet. Dies kann auch mittels eines Lichtwellenleiters, der von einer Strahlungsquelle durch den faserverstärkten Kunststoff **2** geführt ist, erreicht werden. Die von der Strahlungsquelle **6** emittierte Strahlung trifft auf die Beschichtung **4.1** und somit auch auf Leuchtstoffpartikel auf, die nach der Umwandlung der elektromagnetischen Strahlung UV-Licht emittieren. Diese ist auch auf eine Spaltzone **5** gerichtet, in der sich organische Stoffe und Mikroorganismen anlagern können. Dort kann es normalerweise zu Fäulnisprozessen oder einer Moos- oder Algenbildung kommen, die durch die Bestrahlung verhindert werden kann. (Bestrahlung der Adhäsionsseite des Foulings)

**[0063]** In nicht dargestellter Form können Leuchtstoffpartikel auch in der Polymerschicht **1** eingebettet und/oder an der nach außen weisenden Oberfläche stoffschlüssig befestigt sein. Diese können von außen mit einer geeigneten Strahlungsquelle oder auch von Sonnenstrahlung bestrahlt und dadurch die Umwandlung der elektromagnetischen Strahlung in UV-Strahlung erreicht werden, so dass eine Ausbildung eines Bewuchses verhindert werden kann. Dies ist insbesondere bei Boots- und Schiffskörpern vorteilhaft.

**[0064]** Die Fig. 2 zeigt ein Element, das bevorzugt für dermatologische oder kosmetische Anwendungen geeignet ist. Dabei sind in einem Gehäuse **11** ein Energiespeicher **9** eine Modulationseinheit **8** und eine Strahlungsquelle **6**, in diesem Fall eine Laserdiode, die elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 450 oder 488 nm emittiert, angeordnet. Die Strahlungsquelle **6** kann gepulst betrieben und von der Modulationseinheit so gesteuert, dass die Pulsung zu einer geeigneten Dosierung führt. Eine überhöhte Dosis, wie sie bei direkter frontaler Bestrahlung mit UV-Strahlung auftreten kann, kann somit vermieden werden. Im Gehäuse **11** ist auch ein Körper **7** aus für die von der Strahlungsquelle **6** emittierte elektromagnetische Strahlung transparenten, keramischen Werkstoff aufgenommen. An der nach außen weisenden Oberfläche des Körpers **7** sind in

einem oberflächennahen Bereich **10** Leuchtstoffpartikel, die zur Umwandlung der von der Strahlungsquelle **6** emittierten elektromagnetischen Strahlung in elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts geeignet sind, eingebettet. Die von der Strahlungsquelle **6** emittierte elektromagnetische Strahlung gelangt durch eine Transmissionszone **6a** durch den Körper **7** zu den Leuchtstoffpartikeln. Die von dieser Oberfläche emittierte UV-Strahlung kann dann genutzt werden.

**[0065]** Bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel ist ein Körper **7** von einem kreisringförmigen oder hülsenförmigen Gehäuse **11** umschlossen. Am Gehäuse **11** sind wieder Laserdioden als Strahlungsquellen **6** angeordnet, mit denen die emittierte elektromagnetische Strahlung auf Bereiche des Körpers **7** gerichtet ist. Der Körper **7** ist wieder aus einem für diese Strahlung transparenten keramischen Werkstoff gebildet. Die von den Strahlungsquellen **6** divergent emittierte elektromagnetische Strahlung durchdringt eine Transmissionszone **6a** und trifft auf Leuchtstoffpartikel auf, die im Werkstoff des Körpers **7** in einem Bereich **10** eingebettet sind. Von den Leuchtstoffpartikeln wird dann die elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge aus dem Bereich der UV-Strahlung emittiert und kann für den gewünschten Zweck genutzt werden.

**[0066]** Die Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Brücke, Krone oder eines Gerüsts **14** in auf einem Zahnstumpf oder Stift **13** aufgesetzter Position. Zwischen dem Zahnersatzelement **14** und dem Zahnfleisch **12** (Gingiva) ist ein Gewebespalt **15** vorhanden, der einen kritischen Bereich darstellt, der mittels der Erfindung mit UV-Strahlung lokal definiert und mit einstellbarer Dosierung, bei der eine Schädigung von Zahnfleischgewebe vermieden werden kann, bestrahlt werden sollte.

**[0067]** Dazu kann, wie in Fig. 5 gezeigt, ein Kieferschutz **17** eingesetzt werden. Dieser Kieferschutz **17** ist Träger für Strahlungsquellen **6** (Laser- oder Leuchtdioden). Von den Strahlungsquellen wird elektromagnetische Strahlung höherer Wellenlänge auf die Oberfläche des Zahnersatzelements **14**, als Körper gerichtet. Im Werkstoff des Zahnersatzelements **14** sind Leuchtstoffpartikel zur Umwandlung der elektromagnetischen Strahlung in elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts im oberflächennahen Bereich eingebettet. So sind in einem Bereich **6b** weniger bis gar keine Leuchtstoffpartikel pro Fläche/Volumen vorhanden, als in einem Bereich **6c**, so dass vom Bereich **6c** mehr UV-Strahlung emittiert wird. Von den Leuchtstoffpartikeln wird UV-Strahlung emittiert. Wie aus Fig. 5 ersichtlich, sind Leuchtstoffpartikel auch in unmittelbarer Nähe des Spaltes **15** zwischen Zahnfleisch **12** und dem Werkstoff des Zahnersatzelements (untere abschließende Präparationsgrenze)

**14** angeordnet, so dass der kritische Bereich im Spalt **15** definiert bestrahlt werden kann. Die Strahlungsquellen **6** können so betrieben werden, dass eine kritische Dosierung nicht überschritten wird.

**[0068]** Wie aus **Fig. 6** ersichtlich, kann auch ein Kieferschutz **17** über eine gesamte Gebissreihe eines Kiefers reichen und so sämtliche kritischen Bereiche an Zahnersatzelementen **14** und zumindest teilweise auch an natürlichen Zähnen durch emittierte UV-Strahlung in der gewünschten Form beeinflusst werden.

**[0069]** Die für die Umwandlung in UV-Strahlung erforderliche elektromagnetische Strahlung mit höherer Wellenlänge kann von einer außerhalb des Mundes angeordneten Strahlungsquelle **18** über mindestens einen Lichtwellenleiter **6d** dem Kieferschutz **17** zugeführt werden. Dieser kann aus einem für die elektromagnetische Strahlung mit höheren Wellenlängen transparenten Werkstoff gebildet sein. Es können aber auch Lichtwellenleiter **6d** innerhalb des Kieferschutzes **17** geführt sein, aus denen an mehreren Positionen die elektromagnetische Strahlung mit höherer Wellenlänge austreten und auf Leuchtstoffpartikel enthaltende Bereiche auftreffen kann. Die Stirnflächen von Lichtwellenleitern **6d** an denen diese elektromagnetische Strahlung austreten kann, ersetzen somit die einzelnen Strahlungsquellen **6**, die beim Beispiel nach **Fig. 5** vorhanden sind.

#### Beispiel 1

**[0070]** Durch nasschemische Synthese ausgehend von Yttrium-, Praseodymium- und Lithiumnitrat sowie Tetraethylorthosilikat (TEOS) wurde ein Leuchtstoffpartikelpulver der Zusammensetzung  $Y_{1,928}Pr_{0,024}Li_{0,144}SiO_5$  hergestellt. Dafür wurden die Nitrate in Wasser gelöst und TEOS unter Rühren bei einer Temperatur von 70 °C zugegeben. Das entstandene Gel wurde bei  $T = 100$  °C für 18 h getrocknet und anschließend bei  $T = 1200$  °C für 3 h an Luft kalziniert. Das Pulver wies nach der Kalzinierung eine spezifische Oberfläche von 0,7 m<sup>2</sup>/g auf. Die Up Conversion in zwei Banden bei  $\lambda = 275$  und 315 nm wurde durch Anregung elektromagnetischer Strahlung mit einer Wellenlänge von 450 nm und 490 nm mittels Fluoreszenzspektroskopie nachgewiesen. Gleichzeitig zeigt der Leuchtstoff Down-Conversion in den grünen ( $490 \text{ nm} \leq \lambda \leq 560 \text{ nm}$ ) und roten Spektralbereich ( $\lambda \geq 600 \text{ nm}$ ) (**Fig. 7**).

**[0071]** Dentale Restaurationen auf Basis von Yttrium stabilisiertem Zirkonoxid werden mittels Schlickerguss hergestellt. Nach erfolgter Trocknung wird bei 1450 °C gesintert und Sinterdichten > 99,5 % der theoretischen Dichte erzielt. Mittels UV-VIS Spektroskopie wurde die Transmission im Bereich  $300 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$  der 1 mm dicken Zahnkeramik aus Zirkonoxid bestimmt (**Fig. 8**). Die Zahnke-

ramik wies eine Transparenz (Lichtdurchlässigkeit) (inklusive Streuanteil) von 34 % (bei  $\lambda = 450 \text{ nm}$ ) bzw. 35 % ( $\lambda = 490 \text{ nm}$ ) auf. Die Leuchtstoffpartikel enthaltende Beschichtung an der Keramikoberfläche wird durch Lackieren der ZrO<sub>2</sub>-Keramik mit einem Leuchtstoffpartikel mit 60 Masse-% enthaltenden Lack aufgebracht. Erneute Trocknung und Sinterung, wie beschrieben, führen zu einem stoffschlüssigen Verbund von Leuchtstoffpartikeln und Keramikkörper. Die transmittierte Strahlung wird zur Anregung der Leuchtstoffpartikel enthaltenden Beschichtung eingesetzt, wobei unmittelbar an der Leuchtstoffpartikeloberfläche UV-Strahlung, wie beschrieben, infolge von UP-Conversion emittiert wird.

#### Beispiel 2

**[0072]** Das Leuchtstoffpartikelpulver wurde, wie in Beispiel 1 beschrieben, hergestellt.

**[0073]** Als Körper für die Anwendung mit Meerwassereinfluss kann ein Faserverbundwerkstoff basierend auf GFK, wie er für Bootrümpfe verwendet wird, betrachtet werden. Mittels UV-VIS Spektroskopie wurde die Transmission für den Wellenlängenbereich  $300 \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$  von 2 mm dickem GFK bestimmt (**Fig. 9**). Der GFK-Körper wies eine Transparenz (Lichtdurchlässigkeit inklusive Streuanteil) von 34 % (bei  $\lambda = 450 \text{ nm}$ ) bzw. 40 % (bei  $\lambda = 490 \text{ nm}$ ) auf. Die Leuchtstoffpartikel enthaltende Beschichtung wird durch Bestreichen der GFK-Körperkante mit einer Leuchtstoffpartikel mit einem Anteil von 80 Masse-% enthaltenden Suspension und Trocknung an Luft aufgebracht. Anschließendes kurzzeitiges Erhitzen auf eine Temperatur von 180 °C führt zum Erweichen des GFK und zum Einsinken der Leuchtstoffpartikel. Es entsteht ein stoffschlüssiger Verbund von Leuchtstoffpartikeln und Faserverbundwerkstoff. Die in Richtung der Leuchtstoffpartikel transmittierte Strahlung wird zu deren Anregung genutzt, wobei unmittelbar an der Leuchtstoffpartikeloberfläche UV-Strahlung, wie in Beispiel 1 beschrieben, emittiert wird.

#### Patentansprüche

1. Körper, bei dem in einem oberflächennahen Bereich innerhalb des Werkstoffs, aus dem der Körper (**7, 14, 27**) gebildet ist oder einer Beschichtung (**4.1**) auf dem Körper (**7, 14, 27**), Leuchtstoffpartikel eingebettet sind und/oder auf der Oberfläche des Körpers (**7, 14, 27**) oder der Beschichtung (**4.1**) Leuchtstoffpartikel stoffschlüssig fixiert sind, und dabei die Leuchtstoffpartikel aus einem Stoff gebildet sind, der bei Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung mit geringerer Energie und höherer Wellenlänge elektromagnetische Strahlung mit höherer Energie und kleinerer Wellenlänge aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts emittiert;

**dadurch gekennzeichnet**, dass

Leuchtstoffpartikel lediglich in und/oder an bestimmten Bereichen des Körpers lokal definiert angeordnet sind, so dass von diesen Partikeln lokal definierte Bereiche mit emittierter elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts bestrahlbar sind und am Körper an der Oberfläche und/oder in einem oberflächennahen Bereich keine diese elektromagnetische Strahlung emittierenden Bereiche vorhanden sind.

2. Körper nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werkstoff aus dem der Körper (7, 14, 27) oder die Beschichtung gebildet ist, für die zur Bestrahlung eingesetzte elektromagnetische Strahlung zumindest teilweise, bevorzugt zu mindestens 30 % transparent ist.

3. Körper nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass Leuchtstoffpartikel in definierter Anordnung, in definierter Dichte pro Fläche, in definierter Tiefe an oder unterhalb der äußeren Oberfläche und/oder mit definierten Partikeldurchmessern in Bezug zu mindestens einer mit UV-Strahlung zu bestrahlenden Position oder mindestens eines zu bestrahlenden Bereichs in mindestens einem oberflächennahen Bereich des Körpers (7, 14, 27), des Beschichtungswerkstoffes und/oder Bereich an der Oberfläche des Körpers (7, 14, 27) oder der Beschichtung (4.1) angeordnet sind.

4. Körper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb des oder in der Nähe des Körpers (7, 14, 27) mindestens eine Strahlungsquelle (6, 18) für die elektromagnetische Strahlung mit niedrigerer Energie und höherer Wellenlänge angeordnet und/oder mindestens ein Lichtwellenleiter, in den die elektromagnetische Strahlung mit niedrigerer Energie und höherer Wellenlänge von einer Strahlungsquelle einkoppelbar ist, innerhalb des Körpers (7, 14, 27) zur Bestrahlung mindestens eines Leuchtstoffpartikels und/oder mindestens eines Bereichs, in dem Leuchtstoffpartikel angeordnet sind, geführt ist.

5. Körper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsquelle (6, 18) gepulst, geregelt und/oder gesteuert betreibbar ist.

6. Körper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine temporär am Körper (7, 14, 27) anhaftende Beschichtung, in der Leuchtstoffpartikel enthalten sind, in mindestens einem lokal definierten Bereich aufgebracht ist.

7. Verfahren zur Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts, mit einem Körper nach einem der vorher-

gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die Dosis mit der mindestens eine Position oder ein Bereich mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts, die von Leuchtstoffpartikeln emittiert wird, bestrahlt wird, mit mindestens einem der folgenden Parameter beeinflusst wird:

- a) durch den jeweiligen Leuchtstoffpartikelwerkstoff,
- b) die Anzahl von Leuchtstoffpartikeln pro Fläche und/oder pro Volumen,
- c) die Partikelgröße(n),
- d) den Transmissionsgrad des die Leuchtstoffpartikel umgebenden Werkstoffes,
- e) dem Abstand der Leuchtstoffpartikel von der jeweils zu bestrahlenden Oberfläche,
- f) der Intensität der elektromagnetischen Strahlung, die zur Wandlung in die elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts auf die Leuchtstoffpartikel gerichtet wird,
- g) der Dauer mit der elektromagnetische Strahlung auf die Leuchtstoffpartikel gerichtet wird, mit der eine Umwandlung in elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts erreicht wird und/oder
- h) der jeweiligen Absorption und/oder Streuung der emittierten UV-Strahlung, die vom die Leuchtstoffpartikel umgebenden Werkstoff und dem darin zurück gelegten Weg abhängig ist.

8. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der von Leuchtstoffpartikeln emittierten elektromagnetischen Strahlung eine Absetzung von Adhäsionsmolekülen, Proteinen, Keimen, insbesondere von Bakterien und Viren, oder von anderen Biofilmen an der lokal definiert bestrahlten Oberfläche ver- oder behindert wird.

9. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Bestrahlung von Leuchtstoffpartikeln und dadurch eine Emission von elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts auf lokal definierte Bereiche innerhalb vorgegebener Zeitintervalle erfolgt, wobei innerhalb eines Zeitintervalls bei dem eine Bestrahlung erfolgt, auch eine gepulste Bestrahlung zur Umwandlung in elektromagnetische Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts nutzbar ist.

10. Verfahren nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erleichterung einer mechanischen Ablation oder Abrasion eine photodissoziative Spaltung darauf einer Oberfläche haftenden Biopolymere oder Biopolymerkomplexe auf der Adhäsionsseite eines Biofilms oder Fouling durchgeführt wird.

11. Verfahren nach den vier vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, dass während

und/oder nach einer Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Wellenlängenbereich des UV-Lichts die jeweils bestrahlte Oberfläche mechanisch gereinigt und/oder auf andere Weise von einem Belag befreit wird.

12. Verwendung eines Körpers nach einem der Ansprüche 1 bis 6, als ein Bauelement (**27**), ein Zahnersatzelement (**14**), ein Behältnis, Schutzelement oder sich selbst sterilisierender Container.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

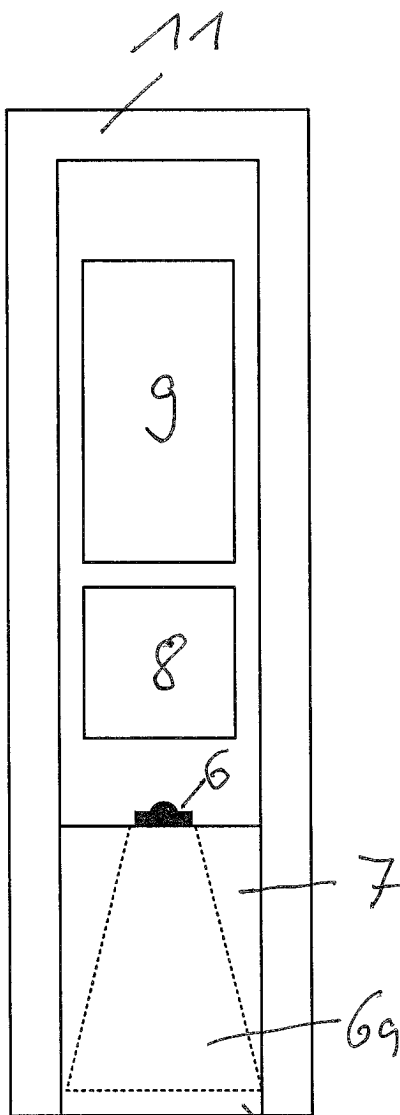
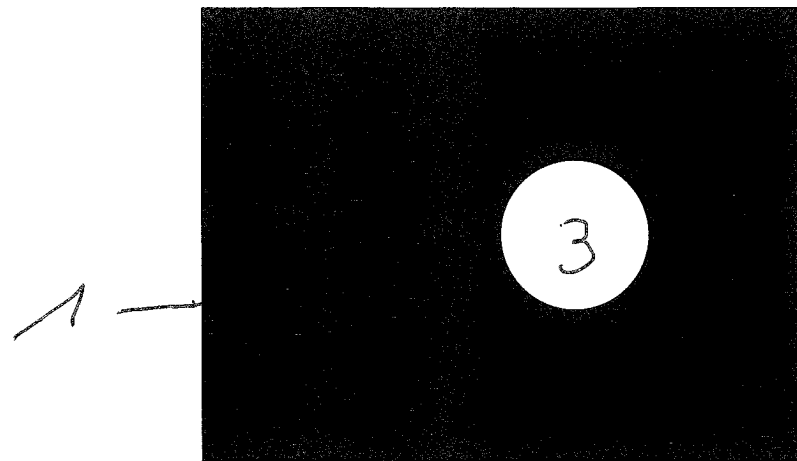


Fig. 2 10

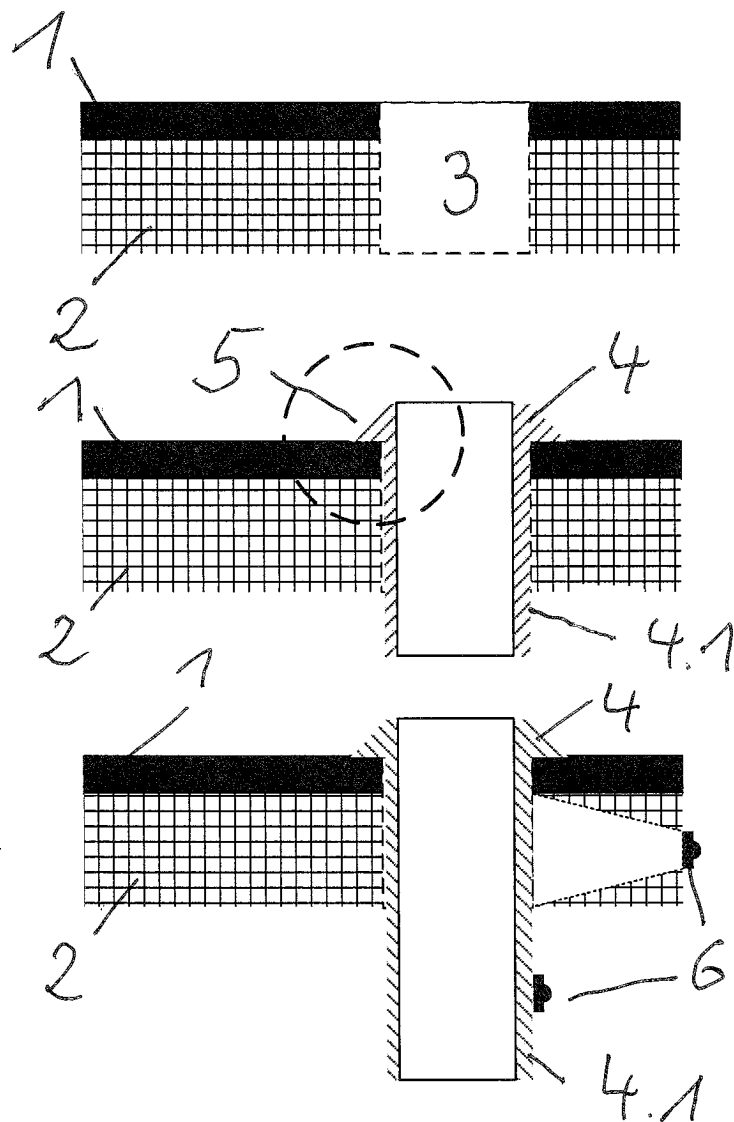


Fig. 1

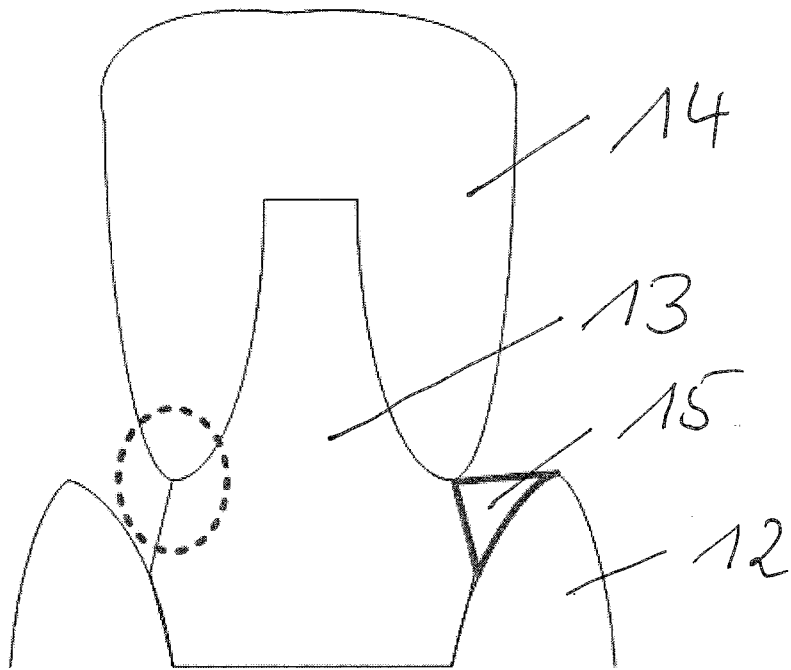


Fig. 4

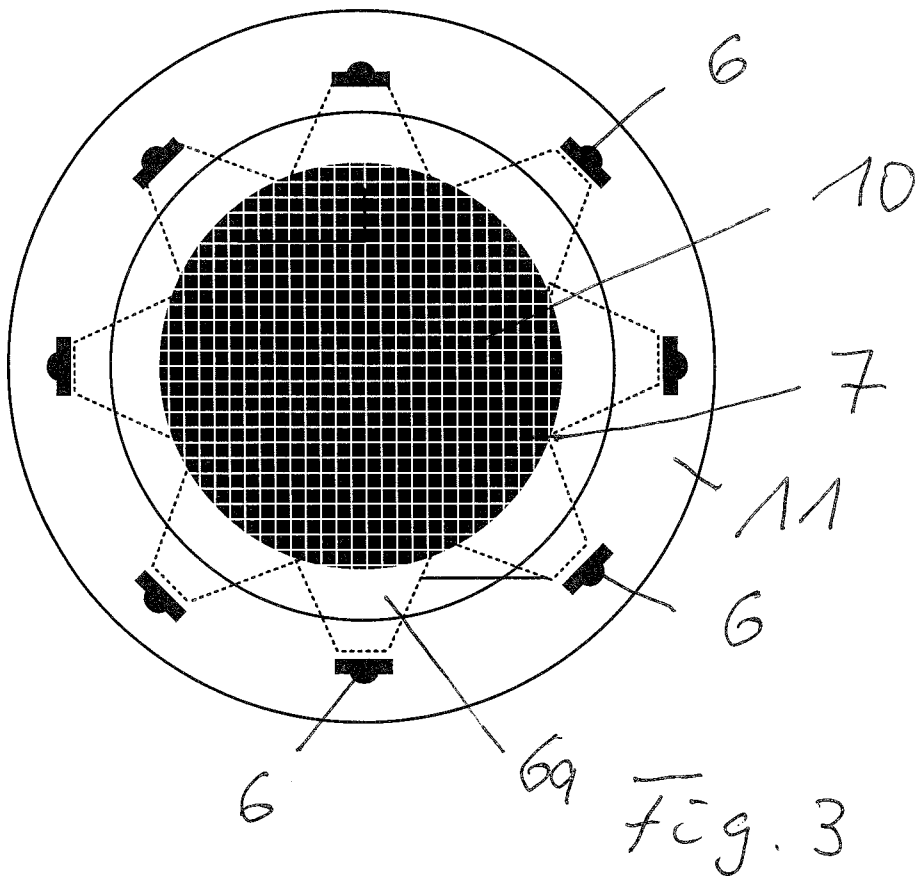


Fig. 3

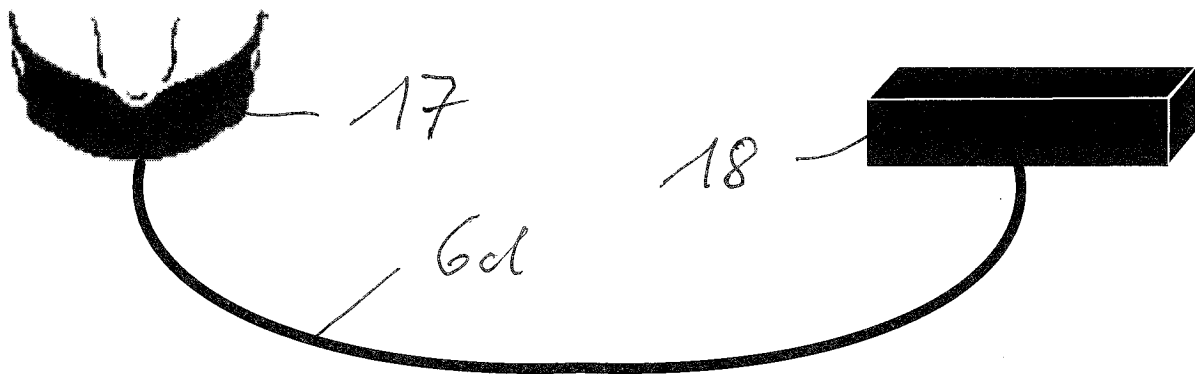


Fig. 6

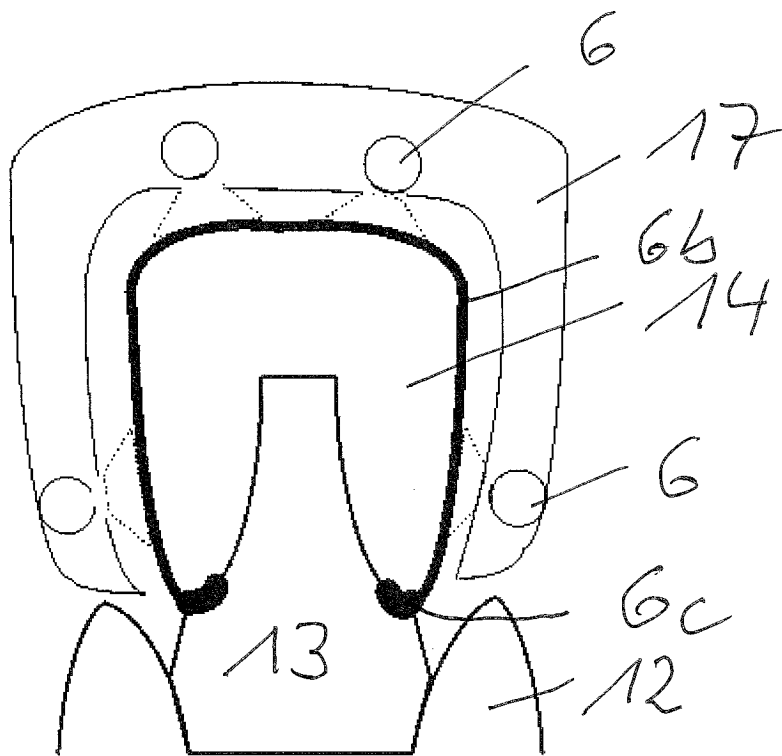


Fig. 5

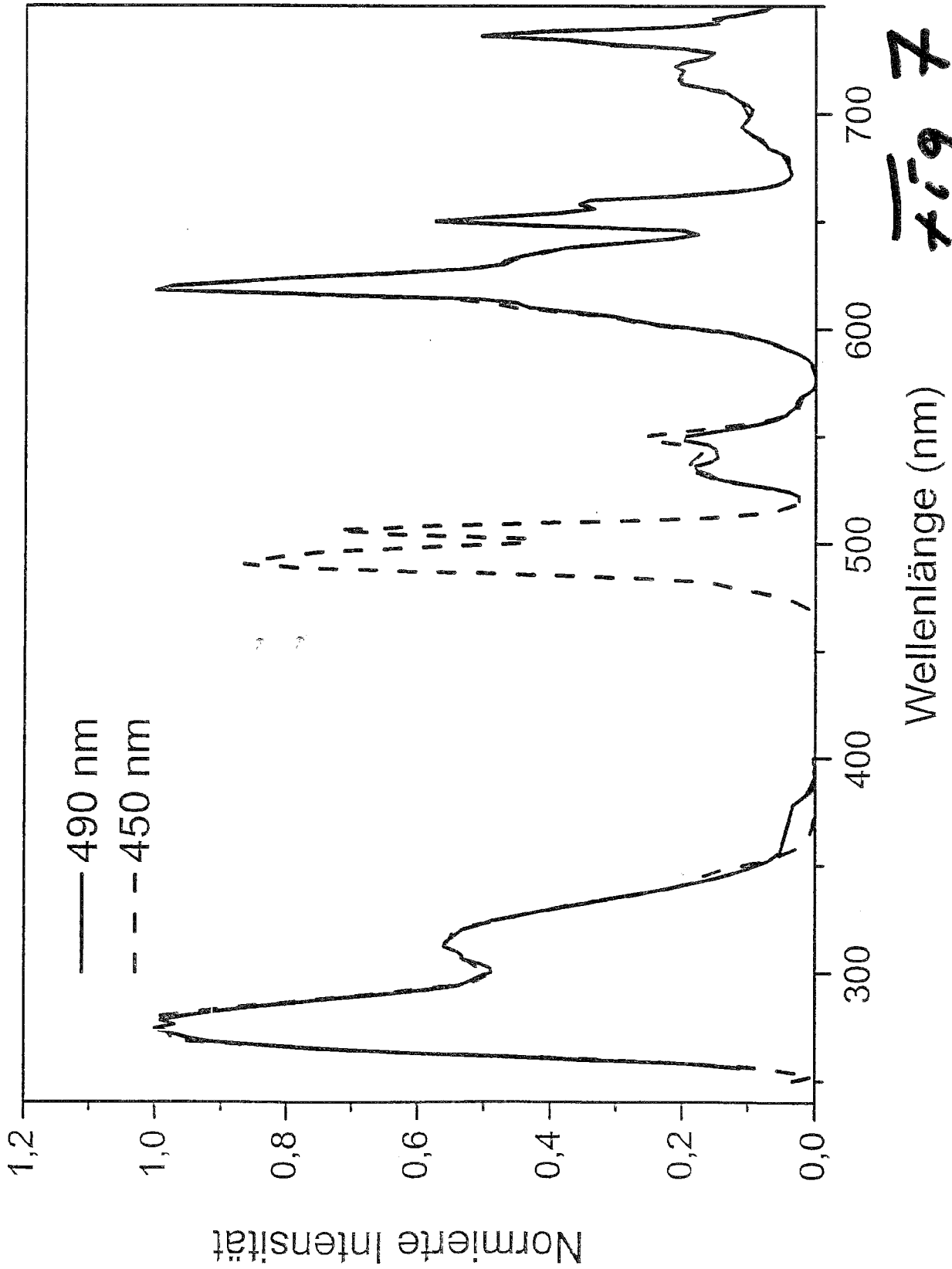
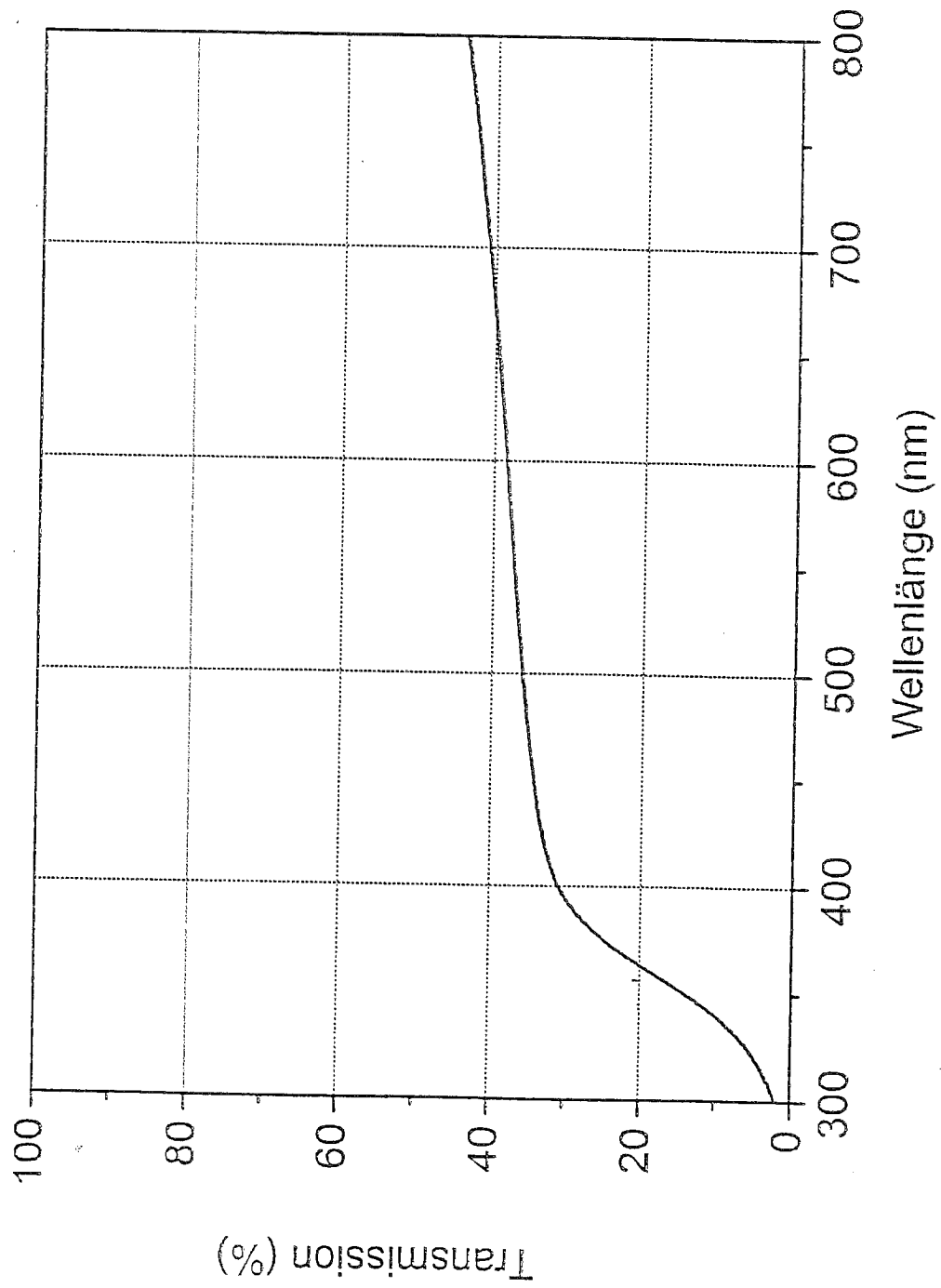
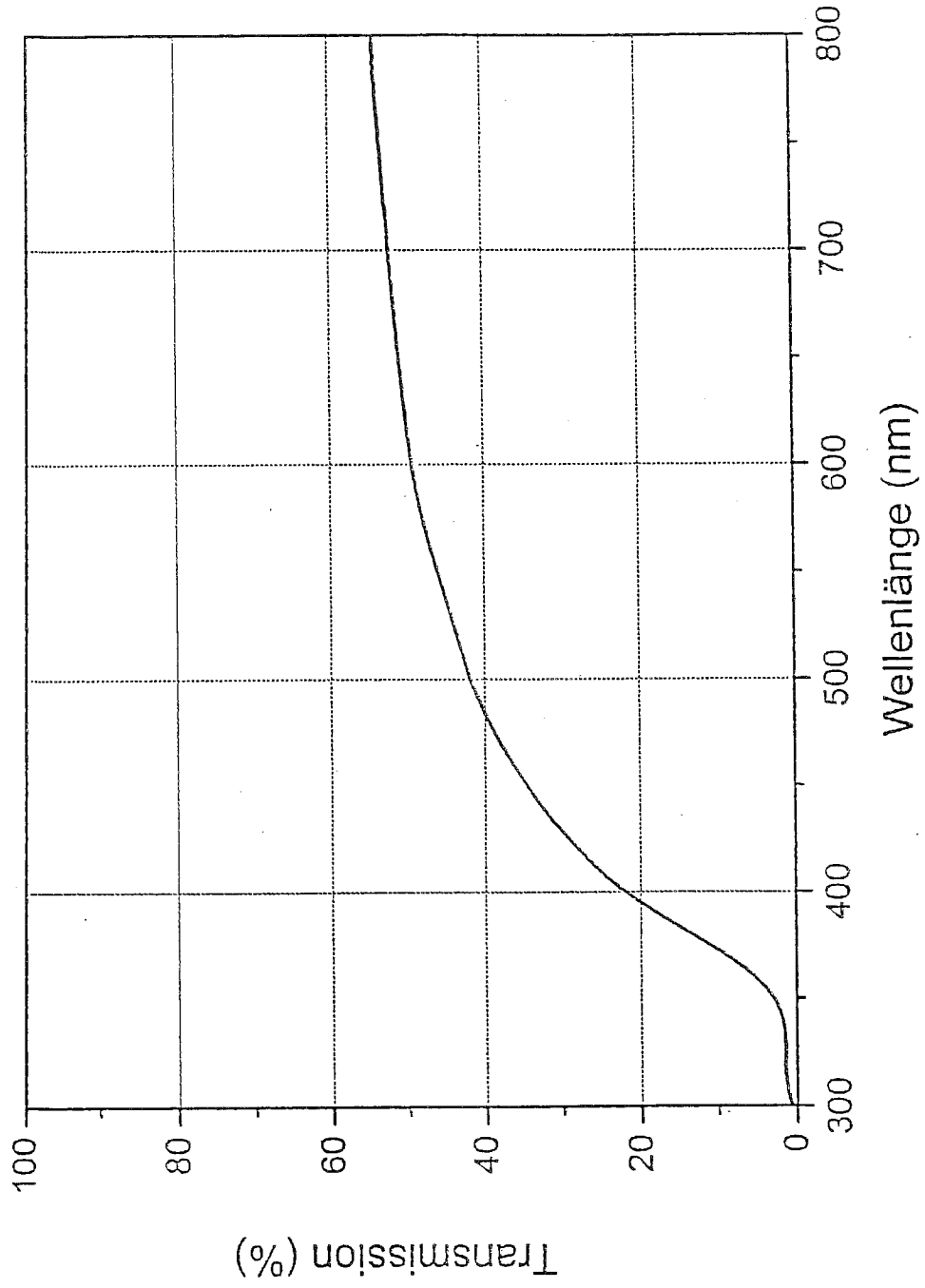


Fig. 7



Figur 8



Figur 9