

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

**(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum**  
Internationales Büro



**(43) Internationales Veröffentlichungsdatum**  
31. Oktober 2002 (31.10.2002)

PCT

**(10) Internationale Veröffentlichungsnummer**  
**WO 02/085807 A2**

<b>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:</b>	<b>C03C</b>	[DE/DE]; Dohlenweg 7 b, 06110 Halle/Saale (DE). <b>BERG, Klaus-Jürgen</b> [DE/DE]; Feldrain 36, 06130 Halle/Saale (DE). <b>RAINER, Thomas</b> [DE/DE]; Nöschenröder Str. 81, 38855 Wernigerode (DE).
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b>	PCT/EP02/04284	
<b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b>	18. April 2002 (18.04.2002)	<b>(74) Anwalt:</b> <b>KÖHLER, Tobias</b> ; Könneritzstrasse 114, 04229 Leipzig (DE).
<b>(25) Einreichungssprache:</b>	Deutsch	<b>(81) Bestimmungsstaaten (national):</b> AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
<b>(26) Veröffentlichungssprache:</b>	Deutsch	
<b>(30) Angaben zur Priorität:</b>	101 19 302.5 19. April 2001 (19.04.2001) DE	<b>(84) Bestimmungsstaaten (regional):</b> ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
<b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):</b> <b>BORA GLAS GMBH</b> [DE/DE]; Fachbereich Physik, Fachgruppe Exp. Physik 1, Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Friedemann-Bach-Platz 6, 06108 Halle/Saale (DE).		
<b>(72) Erfinder; und</b>		
<b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> <b>BOREK, Reinhard</b>		

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

**(54) Title:** METHOD FOR LASER BEAM-ASSISTED APPLICATION OF METAL IONS IN GLASS FOR PRODUCING COLORLESS AND COLOR PIXELS

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM LASERSTRAHLGESTÜTZTEN EINTRAG VON METALLIONEN IN GLAS ZUR ERZEUGUNG VON FARBLOSEN UND FARBIGEN PIXELN

**(57) Abstract:** The invention relates to a method for laser-assisted charging of metal ions by ion exchange and diffusion and for inner engraving of glass with color. Colorless pixels with a modified refractive index in relation to the surroundings and color pixels, for instance silver yellow and copper ruby, can be produced with the aid of the inventive method. The processes required for producing the metal particles that provoke glass coloring such as ion exchange and diffusion of metal ions in the glass, their reduction to atoms and the aggregation of atoms into metal particles are carried out in a locally limited manner by performing locally limited heating. To this end, the glass to be colored is covered with a film printed with flat, printable diffusion colors and the covered surface of the glass is locally heated with a focused laser beam. Metal particles appear in the heated areas and, hence, color pixels appear on the glass without damaging or melting the latter. Laser radiation can also be controlled in such a way that only ion exchange and diffusion of the exchanged ions takes place in the glass in a locally limited manner and colorless pixels appear. The pixels can be used for glass markings, engravings and decoration but also for producing passive optical elements, for example, transmission grids.

**WO 02/085807 A2**

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum lasergestützten Eintrag von Metallionen durch Ionen austausch und Diffusion und zum farbigen Innenbeschriften von Glas. Mit Hilfe dieses Verfahrens lassen sich in Glas sowohl farblose Pixel mit gegenüber der Umgebung veränderter Brechzahl als auch farbige Pixel beispielsweise in Silbergelb beziehungsweise Kupfer-rubin, erzeugen. Die zur Erzeugung der die Glasfärbung hervorragenden Metallpartikel notwendigen Prozesse Ionenaustausch und Diffusion von Metallionen in das Glas, deren Reduktion zu Atomen und die Aggregation der Atome zu Metallpartikeln finden lokal begrenzt durch lokal begrenzte Erwärmung statt. Dazu wird beispielsweise das farbig zu strukturierende Glas mit einer Folie beklebt, die flächig mit druckfähiger Difusionsfarbe bedruckt ist und die beklebte glasoberfläche mit fokussierter Laserstrahlung lokal erwärmt. In den erwärmten Bereichen entstehen Metallpartikel und damit farbige Pixel im Glas, ohne dass Schädigungen und Aufschmelzungen des Glases auftreten. Die Laserbestrahlung kann auch so gesteuert werden, dass lokal begrenzt nur der Ionenaustausch und die Diffusion der eingetauschten Ionen in das Glas stattfindet und farblose Pixel entstehen. Die Pixel können zur Markierung, Beschriftung und Dekoration von Gels, aber auch zur Herstellung passiver optischer Elemente, um Beispiel Transmissionsgitter, verwendet werden.



**Veröffentlicht:**

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

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

**Verfahren zum laserstrahlgestützten Eintrag von Metallionen in Glas zur Erzeugung von farblosen und farbigen Pixeln**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum lasergestützten Eintrag von Metallionen durch

- 5 Ionenaustausch und Diffusion und zum Färben von Glas (siehe z. B. /1/, /2/).

Mit Hilfe dieses Verfahrens lassen sich in Glas sowohl farblose Pixel mit gegenüber der Umgebung veränderten Brechzahl als auch farbige Pixel, beispielsweise in Silbergelb beziehungsweise Kupferrubin, erzeugen.

- 10 Bisher wird Glas für Kennzeichnungs- oder Werbezwecke meistens äußerlich beschriftet. Bekannterweise geschieht dies durch Beschriftung auf die Oberfläche des Glases beziehungsweise durch Bearbeitung der Glasoberfläche.

- Üblicherweise werden dabei Kunststofffolien, welche vorgeschnitten wurden, auf die 15 Glasoberfläche aufgeklebt; eine weitere Methode zum äußerlichen Aufbringen von Beschriftungen auf Glasoberflächen wird durch Siebdruck realisiert. Die aufgeklebten Folien wie auch der aufgebrachte Siebdruck unterliegen allen Witterungseinflüssen sowie mechanischen Einflüssen von außen.

- 20 Die bekannten Verfahren zur Beschriftung von Glasoberflächen durch Bearbeitung der Glasoberfläche beschreiben Verfahren wie Ätzung beziehungsweise Gravur der Glasoberflächen.

Nachteilig bei diesen Verfahren ist die Beschädigung der Glasoberflächen.

25

Es wird deshalb seit geraumer Zeit an lasergestützten Verfahren zur Innenbeschriftung von Glas gearbeitet.

Mit diesen bekannten Innenbeschriftungsverfahren lassen sich in Glas farbige Markierungen, z. B. in Silbergelb bzw. Kupferrubin, erzeugen.

Ein solches Verfahren wurde beispielsweise beschrieben in der DD 215 776,  
„Verfahren zur Herstellung farbiger Bilder auf Glas“.

Gemäß diesem Verfahren wird die mit einer Diffusionsfarbe bestrichene Glasoberfläche  
5 mittels infraroter Laserstrahlung lokal aufgeschmolzen und dabei die Diffusionsfarbe  
konvektiv in die aufgeschmolzenen Glasbereiche eingemischt. So lange das Glas  
genügend warm ist, diffundieren Farbionen aus der eingemischten Diffusionsfarbe in  
das umgebende Glas „...so dass sie eine für normalsichtige Augen gleichmäßige und  
dauerhafte Farbspur ...“ hinterlassen.

10

Nachteilig sind dabei die nach dem lokalen Aufschmelzen stets in Glas verbleibenden  
Spannungen im Bereich der Farbspuren und insbesondere die auch mit dem  
Oberflächenaufschmelzen stets verbundene Aufwölbung der Glasoberfläche im Bereich  
der Laserspur, welche den Einsatzzweck des Glases entscheidend einschränken.

15

Gemäß weiterer bekannter Verfahren werden immer zwei Verfahrensschritte  
nacheinander ausgeführt.  
In einem ersten Verfahrensschritt werden durch Ionenaustausch zwischen einer  
Salzschmelze und der Glasoberfläche  $\text{Ag}^+$  - bzw.  $\text{Cu}^+$ -Ionen in das Glas eingebracht.

20 Der Ionenaustausch allein bewirkt dabei noch keine Färbung des Glases.

Im zweiten Schritt dieses Verfahrens erfolgt eine Erwärmung des Glases oder  
bestimmter Teilflächen davon durch Absorption der auf die Glasoberfläche fokussierten  
Laserstrahlung und somit eine Reduktion der  $\text{Ag}^+$  - bzw.  $\text{Cu}^+$ -Ionen zu Atomen durch  
glaseigene Reduktionsmittel und Aggregation zu Metallpartikeln, welche die

25 Glasfärbung verursachen.

Aufgrund der für das Materialbearbeitungswerkzeug Laser typischen vorteilhaften  
Eigenschaften wie vielseitiger Einsetzbarkeit und Schnelligkeit ist der zweite

Prozessschritt gemäß den den Stand der Technik darstellenden Lösungen mit geringem Aufwand durchzuführen und sehr gut in Produktionsprozesse zu integrieren.

Dagegen ist der erste Verfahrensschritt des Ionenaustausches aufgrund der komplizierten Technologie und der im Vergleich zum zweiten Prozessschritt wesentlich

5 längeren Prozesszeiten wesentlich aufwändiger zu realisieren.

Dieser zweite Verfahrensschritt kann zudem nur schwer in Produktionsprozesse integriert werden.

Der technologische Aufwand bei großtechnischen Ionenaustauschanlagen ist sehr hoch, da hinsichtlich der Homogenität der Salzschmelze und des Temperaturfeldes hohe

10 Qualitätsanforderungen bestehen.

Außerdem ist es mit dieser Art des Ionenaustausches nicht möglich, die erforderlichen Metallionen nur in die Teilbereiche einzuführen, die gefärbt werden sollen. Da diese Teilbereiche in typischen Anwendungsfällen klein gegenüber der Gesamtfläche der

15 Gläser sind, stellt diese Einschränkung oft einen erheblichen wirtschaftlichen Nachteil dar.

Ein weiteres Verfahren der Erzeugung von Markierungen, Beschriftungen und Dekorationen unmittelbar unter der Glasoberfläche mittels Diffusionsfarben ist die

20 Verwendung von Folien, die in Form von Schriften, Symbolen oder Bildern mit Diffusionsfarbe bedruckt sind, und wie Abziehbilder auf das zu beschriftende Glas geklebt werden.

Die so bedruckten Folien werden deshalb auch als Abziehbilder bezeichnet.

25 In der technischen Information /3/ werden Diffusionsfarben und Abziehbilder beschrieben: „Diffusionsfarben - auch Gelb- oder Silberätzten genannt - sind silberhaltige Präparate, die dem dekorierten Glas eine gelbe bis dunkelbraune transparente Färbung verleihen. ... Diffusionsfarben können ... mittels Abziehbild auf den zu dekorierenden Gegenstand übertragen werden.“ Ein weiteres Produktbeispiel

sind die TRANSCOLOR Abziehbilder der H. Albert OHG /4/.

Nach dem Aufkleben der werden die Gläser auf Temperaturen bis zur

Transformationstemperatur  $T_g$  des Glases erwärmt, um die Diffusion der Metallionen in

das Glas, deren anschließender Reduktion zu Atomen und schließlich die Aggregation

- 5 der Atome zu färbenden Metallpartikeln und damit die Bildung der Markierungen bzw. Dekorationen im Glas zu bewirken.

Zur Erzeugung kräftiger Farben muss der Temperprozess über mehrere Stunden geführt werden.

- 10 Sehr nachteilig ist bei diesem Temperprozess neben den langen Prozesszeiten, dass das gesamte Glas auf Temperaturen erhitzt wird, bei dem es so weich werden kann, dass es seine Form verliert.

Um dies zu verhindern, wird der Temperprozess oft in mehrere kürzere aufeinanderfolgende Temperschritte mit dazwischen liegender Abkühlung des Glases

- 15 unterteilt.
- Bedingt durch Diffusionsprozesse während der Temperung und technologischer Grenzen des Druckprozesses können mit diesem Beschriftungsverfahren nur geringere Auflösungen der Beschriftungen bzw. Dekorationen im Vergleich zu dem mit der lasergestützten Innenbeschriftung erzielbaren Auflösungen erreicht werden.

20

Ein weiterer Nachteil der bekannten Verfahren unter Verwendung von aufzuklebenden Folien besteht darin, dass die Form und Größe der Folie das zu erzeugende Bild vorgibt und es auch nicht möglich ist, unterschiedliche Farbintensitäten zu erzeugen.

- 25 Das Verfahren der lasergestützten farbigen Innenbeschriftung und das Verfahren der Temperung von mit Abziehbildern beklebten Gläsern unterscheiden sich in den grundlegenden Verfahrensschritten Ionenaustausch, Reduktion der Metallionen und Bildung der Metallpartikel, einschließlich der notwendigen Erwärmung des Glases in der Lokalität.

Bei ersterem Verfahren findet in einem ersten globalen Erwärmungsschritt auf Temperaturen weit unterhalb der Transformationstemperatur  $T_g$  des Glases ein

sogenannter Tieftemperatur-Ionenaustausch global statt, in einem zweiten lokal begrenzten Erwärmungsschritt finden ebenfalls lokal begrenzt Reduktion der

- 5 Metallionen und Bildung der Metallpartikel statt.

Bei dem Verfahren der Temperung von mit Abziehbildern beklebten Gläsern findet innerhalb eines globalen Erwärmungsschrittes auf Temperaturen bis zur

Transformationstemperatur  $T_g$  des Glases Ionenaustausch, Reduktion der Metallionen

- 10 und Bildung der Metallpartikel in Abhängigkeit von Form und Größe der aufgeklebten Folie lokal begrenzt statt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum lasergestützten Eintrag von Metallionen und zum farbigen Innenbeschriften von Glas zu entwickeln, welches

- 15 die Nachteile des Standes der Technik behebt.

Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gemäß der Patentansprüche 1 bis 14 gelöst, indem in einem einzigen lokalen Erwärmungsschritt Ionenaustausch, Diffusion beziehungsweise Ionenaustausch und Diffusion, Reduktion der Metallionen und

- 20 Bildung der Metallpartikel lokal begrenzt im Fokus eines Laserstrahls innerhalb technologisch relevanter, kurzer Zeiten stattfinden, wodurch ein farbloser beziehungsweise farbiger Pixel erzeugt wird.

Dies kann vorteilhafterweise durch die Verwendung von Folien, die flächig mit

- 25 Diffusionsfarbe bedruckt sind, und wie Abziehbilder auf das zu beschriftende Glas geklebt werden dadurch realisiert werden, dass durch lokal begrenzte Erwärmung der Oberfläche eines mit einem Abziehbild beklebten Glases mittels fokussierter Laserstrahlung Pixel in sehr kurzen Zeiten und ohne Schädigungen und

Aufschmelzungen des Glases zu erzeugen sind.

Eine besondere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die lokale Erwärmung des Glases durch mittels auf die Glasoberfläche fokussierter

- 5 Laserstrahlung so geführt wird, dass nur Ionenaustausch und Diffusion ohne anschließende Reduktion der Metallionen und deren Aggregation zu Metallpartikeln erfolgt.

Dies ermöglicht die Herstellung von Gläsern mit farblosen Pixeln, die einen gegenüber der Umgebung erhöhten Gehalt an zum Beispiel  $\text{Ag}^+$ - bzw.  $\text{Cu}^+$ -Ionen enthalten. Die

- 10 eingebrachten Metallionen verleihen dem Pixel eine erhöhte Brechzahl. Diese Brechzahländerung kann nur mit Hilfe optischer Hilfsmittel, zum Beispiel eines Phasenkontrastmikroskops, sichtbar gemacht werden. Diese Möglichkeit zur unsichtbaren Beschriftung beziehungsweise Markierung von Glas ist nur unter Verwendung der erfindungsgemäßen Verfahrens zu realisieren.

- 15 Darüber hinaus ist es durch Änderung des Intensitätsprofils des Laserstrahles möglich, Einfluss auf den radialen Konzentrationsverlauf der eingetauschten Metallionen und damit den radialen Brechzahlverlauf im bestrahlten Glasbereich zu nehmen. Ein ganz spezieller radialer Brechzahlverlauf muss beispielsweise vorliegen, wenn ein Glasbereich als Gradientenindex- Linse, eine sogenannte Grin- Linse, wirken soll.

20

Dass Ionenaustausch, Reduktion der Metallionen und deren Aggregation zu Metallpartikeln in ungewöhnlich kurzen Zeiten in den lokal erwärmten Bereichen stattfinden, ist umso bemerkenswerter, wenn man die langen Prozesszeiten bei den bekannten üblichen Anwendung der Abziehbilder betrachtet.

25

Das erfindungsgemäße Beschriftungsverfahren vermeidet zudem die nachteilige globale Erwärmung des Glases. Durch die Vermeidung jeglicher globaler Erwärmungsprozesse wird mit dem neuem Verfahren eine erhebliche Energieeinsparung gegenüber den beiden anderen Beschriftungsverfahren erzielt.

Das neue Verfahren zeichnet sich durch einfache technologische Realisierbarkeit und sehr gute Integrierbarkeit in Produktionsprozesse aus. Seine hohe Flexibilität ist dadurch gekennzeichnet, dass bedingt durch die Computersteuerung des Laserstrahls

- 5 beliebige, sich oft ändernde, elektronische Schrift- und Bildvorlagen reproduziert werden können.

Die Oberfläche des mit einer farbigen Innenbeschriftung zu versehenden Glases kann alternativ ohne Verwendung von Abziehbildern mit üblichen Verfahren wie Streichen

- 10 oder Spritzen mit Beizpasten beziehungsweise Diffusionsfarben beauftragt werden.

Eine weitere Variante des Beschriftungsverfahrens besteht darin, dass mehrere aufeinanderfolgende Beschriftungen erfolgen, bei denen die Glasoberfläche mit Abziehbildern beklebt sind, die flächig mit verschiedenen Metallionen enthaltenden

- 15 Beizpasten bzw. Diffusionsfarben bedruckt sind. So lassen sich mehrfarbige Beschriftungen bzw. Dekorationen erzeugen.

Das neue Beschriftungsverfahren lässt sich vorteilhaft mit CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung

realisieren. Bei Verwendung der aufgeführten CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung können die Pixel

- 20 einen minimalen Durchmesser um 100 µm und eine Tiefenausdehnung von weniger als 1 µm unmittelbar unter der Glasoberfläche haben. Elektronische Schrift- und Bildvorlagen können mit hohen Auflösungen im Glas reproduziert werden. Da sich die Pixel im Glas befinden, sind auf diese Weise hergestellte Beschriftungen beziehungsweise Markierungen absolut kratzfest, chemisch so beständig wie das Glas
- 25 selbst und temperaturbeständig bis dicht unterhalb der Transformationstemperatur T<sub>g</sub> des Glases. Die Beschriftung beziehungsweise Markierungen sind zudem beständig gegenüber UV-Strahlung.

Vorteilhafterweise treten bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens keine Schädigungen oder Aufschmelzungen des Glases auf.

Nachfolgend soll die erfindungsgemäße Lösung anhand eines Ausführungsbeispiels

5 näher erläutert werden.

Handelsübliches Floatglas wird mit einer nicht die Form und/oder Größe der Abbildung bestimmenden Folie beklebt, die flächig mit der Diffusionsfarbe TRANSCOLOR RUBIN AMBER 2000 bedruckt ist. Diese Diffusionsfarbe bewirkt  
10 eine von Silberpartikeln verursachte Färbung des .

Die so mit der Folie beklebte Glasoberfläche wird mit einem fokussierten  $\text{CO}_2^-$ -Laserstrahl punktweise erhitzt.

Die laserstrahlinduzierte Erwärmung erfolgt dabei nach Vorgabe eines Motivs, das als  
15 schwarz-weiße Bitmap-Datei in einer Auflösung von 600 dpi vorliegt.

Die Erzeugung des Motivs in der Glasoberfläche erfolgt linienweise durch computergesteuerte Führung des Laserstrahls mittels eines handelsüblichen Laserscanners über die Glasoberfläche, indem jeweils an den schwarz gekennzeichneten Punkten des Motivs eine lokale Erwärmung der Glasoberfläche stattfindet.

20

Zum Eintrag vom Metallionen wird dabei die lasergestützte lokale Erwärmung dieser Punkte so durchgeführt, dass nur die Diffusion von Silberionen in das Glas induziert wird und dort im Glas farblose Pixel erzeugt werden.

Nach der Laserbestrahlung werden die Folienrückstände von der Glasoberfläche  
25 entfernt. Als Ergebnis der Behandlung enthält nun das Glas in seiner Oberfläche das Motiv in einer Auflösung von 600 dpi, welches nur mit optischen Hilfsmitteln sichtbar ist.

Erfolgreich konnten unsichtbare Markierungen erzeugt werden mit Laserleistungen kleiner 10 Watt.

Um eine farbige Innenbeschriftung zu realisieren, wird die lokale Erwärmung der schwarz gekennzeichneten Punkte des Motivs auf der Folie so durchgeführt, dass die Bildung von Silberpartikeln im Glas induziert und das Glas an diesen Stellen gelb bis braun gefärbt.

- 5 Als Ergebnis der Behandlung enthält nun das Glas in seiner Oberfläche das Motiv in einer Auflösung von 600 dpi.  
Erfolgreich konnten Färbungen erzeugt werden mit Laserleistungen kleiner 20 Watt.

/1/ T. Rainer, K.-J. Berg, G. Berg. „Farbige Innenbeschriftung von Floatglas durch

- 10  $\text{CO}_2$ -Laserbestrahlung Kurzreferate (Vorträge) der 73. Glastechnischen Tagung Halle (Saale), Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG), S. 127 - 130

/2/ T. Rainer. „Wird Fensterglas zum High-Tech-Material? Kleine Teilchen, große Wirkung“, Glaswelt 6/2000, S. 46 - 51

/3/ Technische Info - Nr. 3.22/Rev.2/11.03.1998, Heraeus, [www.heraeus.de](http://www.heraeus.de)

- 15 /4/ z. B. TRANSCOLOR Abziehbilder der Firma H. Alberth OHG, Transfertechnik, Elpersheim

**PATENTANSPRÜCHE****Anspruch 1:**

- 5 Verfahren zum lasergestützten Eintrag von Metallionen in und zur Erzeugung farbiger Pixel im Glas ohne Aufschmelzen und Beschädigen des Glases, dadurch gekennzeichnet, dass zum lasergestützten Eintrag von Metallionen der Ionenaustausch zwischen einem Spendermedium für geeignete Metallionen und einer mit diesem kontaktierten Glasoberfläche sowie die Diffusion von geeigneten Ionen in das Glas
- 10 lokal begrenzt auf den Fokusbereich der auf die Glasoberfläche fokussierten Laserstrahlung bei Temperaturen unterhalb der Erweichungstemperatur des Glases in weniger als einer Sekunde durchgeführt werden und dass zur Herstellung farbiger Pixel im Glas die zur Erzeugung der die Färbung verursachenden Metallpartikel zusätzlich zu Ionenaustausch und Diffusion erforderlichen Prozesse Reduktion der eindiffundierten
- 15 Ionen zu -atomen und Aggregation der Atome zu Metallpartikeln gleichzeitig zu diesen bei Temperaturen, die höher als die für Ionenaustausch und die Diffusion benötigten sind und unterhalb der Erweichungstemperatur des Glases liegen, in weniger als einer Sekunde ablaufen.

**20 Anspruch 2:**

- Verfahren nach Anspruch 1 , dadurch gekennzeichnet, dass die mit einem Spendermedium für geeignete Metallionen kontaktierte Glasoberfläche mit einem fokussierten und mit definierter Geschwindigkeit relativ zur Glasoberfläche bewegten
- 25 Laserstrahl punktweise erhitzt wird und dabei die laserstrahlinduzierte Erwärmung nach Vorgabe eines Motivs erfolgt, welches als Datei in einer definierten Auflösung als Steuerdatei für die Lasersteuerung vorliegt und dabei die Erzeugung des Motivs in der Glasoberfläche durch computergesteuerte Führung des Laserstrahls gemäß der vorgegebenen Steuerdatei über die Glasoberfläche stattfindet.