



(10) **DE 10 2006 028 763 B4** 2013.02.07

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 028 763.0**  
(22) Anmeldetag: **23.06.2006**  
(43) Offenlegungstag: **27.12.2007**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **07.02.2013**

(51) Int Cl.: **C03C 8/04** (2006.01)  
**C03C 3/066** (2006.01)  
**C03C 14/00** (2006.01)  
**C09D 17/00** (2006.01)  
**C09D 7/12** (2006.01)

Innerhalb von drei 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:  
**SCHOTT AG, 55122, Mainz, DE**

(74) Vertreter:  
**Sawodny, Michael, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 89073,  
Ulm, DE**

(72) Erfinder:  
**Storch, Alexander, 07747, Jena, DE; Kloss,  
Thomas, 07751, Jena, DE**

US	3 900 330	A
US	5 203 902	A
US	5 643 636	A
US	3 883 358	A
EP	0 558 942	B1
EP	0 723 941	B1
EP	0 895 969	B1
EP	0 728 710	A1
EP	0 987 227	A1
EP	1 298 099	A1
JP	2002/179435	A

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	195 12 847	C1
DE	42 41 411	A1
DE	693 16 165	T2
US	6 387 513	B1

(54) Bezeichnung: **Alkali- blei- und cadmiumfreie Glasfritte, Verfahren zu deren Herstellung und deren  
Verwendung, Verfahren zur Herstellung einer keramischen Farbe und daraus erhältliche keramische Farbe**

(57) Hauptanspruch: Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte, insbesondere zur Herstellung keramischer Farben, mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis 300°C von weniger als  $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und einer Transformationstemperatur  $T_g < 550^\circ\text{C}$ , welche die nachfolgende Glaszusammensetzung aufweist oder hieraus besteht:

35 bis 70 Mol-% ZnO  
20 bis 38 Mol-% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
6 bis 20 Mol-% SiO<sub>2</sub>  
0,1 bis 30 Mol-% RO (RO ist CuO und/oder MgO)  
0 bis 20 Mol-% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
0 bis 5 Mol-% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
0 bis 5 Mol-% CoO  
0 bis 5 Mol-% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
0 bis 10 Mol-% MnO  
0 bis 5 Mol-% TiO<sub>2</sub>  
0 bis 5 Mol-% ZrO<sub>2</sub>  
0 bis < 6 Mol-% F, vorzugsweise 0 bis 5 Mol-% F,  
wobei die Summe aus CoO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und MnO 15 Mol-% nicht  
übersteigt  
und CuO-freie Glasfritten einen Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt von 0,1 bis 20  
Mol-% aufweisen sowie...

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte, ein Verfahren zu deren Herstellung und deren Verwendung, ein Verfahren zur Herstellung einer keramischen Farbe und eine daraus erhältliche keramische Farbe.

**[0002]** Bekanntermaßen werden zur Dekoration von Glas- oder Glaskeramikartikeln keramische Farben verwendet, die eine oder mehrere Glasfritten und gegebenenfalls eine oder mehrere farbgebende Komponenten (Pigmente) enthalten. Weiterhin können Füllstoffe enthalten sein, die zur Verbesserung physikalischer und chemischer Eigenschaften der keramischen Farbe dienen.

**[0003]** Unter „Glasfritte“ versteht man üblicherweise ein Zwischenprodukt bei der Herstellung von Glasschmelzen. Die Glasfritte ist ein krümelig-poröses Glas, welches durch das Abschrecken eines bei hohen Temperaturen erschmolzenen Rohstoffgemenges entstanden ist. Die Glasfritte wird als Rohstoff für die Herstellung von Emails verwendet. Die Emailherstellung erfolgt durch das Aufschmelzen der Glasfritte und zugegebener Komponenten, wie Farbpigmente oder Füllstoffe, auf ein Werkstück aus Metall oder Glas. Keramische Farben werden deshalb auch oft als Emails oder Glasemails bezeichnet.

**[0004]** In der vorliegenden Erfindung wird eine Glasfritte durch das Erschmelzen und anschließende Abschrecken einer Glasmasse hergestellt. Die erhaltene Glasfritte wird auf Partikelgrößen bevorzugt  $< 40 \mu\text{m}$  gemahlen und gegebenenfalls mit den Zusatzstoffen (Pigmente, Füllstoffe) vermischt. Das Pulver wird in der Regel mit einem Suspendiermittel, z. B. Siebdrucköl, angepastet und bevorzugt mittels Siebdruck auf den zu dekorierenden Gegenstand aufgebracht. Anschließend erfolgt der Einbrennprozess, wobei die Glasfritte erweicht und einen Glasfluss auf der Trägersubstratoberfläche bildet, in dem die Zusatzstoffe eingebettet und auf dem Trägersubstrat fixiert werden. Eine ausreichende Haftung der keramischen Farbe muss damit unterhalb der Verformungstemperatur des Trägersubstrats stattfinden. Deshalb ist es insbesondere für die Dekoration beispielsweise von Borosilicatgläsern mit Transformationstemperaturen von ca.  $530^\circ\text{C}$  notwendig, niedrigschmelzende Glasfritten zu verwenden, die unterhalb von  $750^\circ\text{C}$  einbrennbar sind.

**[0005]** Bisher enthalten die auf Borosilicatgläsern eingebrannten Glasfritten einen hohen Bleigehalt, der zur Senkung der Einbrenntemperatur eingesetzt wird. Die toxischen Eigenschaften von bleihaltigen Glasfritten erfordern hinsichtlich des Umgangs und der Entsorgung der mit ihnen dekorierten Produkte jedoch eine gesonderte Behandlung. Somit besteht durch neue Richtlinien für die Verwendung von Blei in Gläsern ein steigender Bedarf an bleifreien Glasfritten.

**[0006]** Der Schmelzbereich und die thermische Ausdehnung einer Glasfritte sind über die Form der Potenzialenergiekurve der chemischen Bindungen im Glas miteinander verknüpft. Je höher die Energieschwelle ist, die überwunden werden muss, um chemische Bindungen in einer Substanz aufzubrechen, desto höher ist die Schmelztemperatur und niedriger die thermische Ausdehnung dieser Substanz. Deshalb führt eine niedrige thermische Ausdehnung zu einer hohen Erweichungstemperatur. Da die chemischen Bindungen niedrigschmelzender Glasfritten schwach sind, wird ein Ionenaustausch durch angreifende Substanzen erleichtert. Die chemische Beständigkeit nimmt dadurch ab. Diese Zusammenhänge führen dazu, dass die Senkung des Einbrennbereichs einer Glasfritte, durch die Änderung der chemischen Zusammensetzung der Glasfritte, die thermische Ausdehnung erhöht und die chemische Beständigkeit verringert. Als Einbrennbereich einer Glasfritte wird der Temperaturbereich verstanden, bei dem die aufschmelzende Glasfritte in der Regel Viskositäten von  $10^4 - 10^{7,6} \text{ dPa s}$  erreicht. Dieser Viskositätsbereich ermöglicht eine gute Benetzung des zu dekorierenden Trägermaterials, so dass eine gute Haftfestigkeit des Dekors gegeben ist. Niedrigere Viskositäten der keramischen Farbe würden zu unscharfen Dekoren führen und höhere zu einer unzureichenden Haftfestigkeit, so dass es vorteilhaft ist, wenn der beschriebene Viskositätsbereich eingestellt wird.

**[0007]** Aufgrund der geschilderten Zusammenhänge ist es demnach äußerst schwierig eine geeignete Zusammensetzung für eine Glasfritte mit den gewünschten Eigenschaften bereitzustellen.

**[0008]** Des Weiteren ist die Biegebruchfestigkeit eines dekorierten Substrats vorwiegend von den sich während der Abkühlung aufbauenden Spannungen zwischen keramischer Farbe und Trägersubstrat abhängig. Die Ursachen für die Spannungen sind in der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung und Elastizität von Trägersubstrat und keramischer Farbe begründet. Eine hohe Differenz der thermischen Ausdehnungen führt zur Bildung von Mikrorissen, die den Elastizitätsmodul und die Temperaturschockbeständigkeit des dekorierten Substrats senken.

**[0009]** Die Haftung der aufschmelzenden Glasfritte am Trägersubstrat wird durch Lösungs- und Diffusionsprozesse beim Einbrennen hervorgerufen. Dabei findet ein Ionenaustausch statt, dessen Ursache das Konzentrationsgefälle zwischen Glasfluss (aufgeschmolzene Glasfritte) und Trägersubstrat ist. Besonders Ionen mit kleinen Radien und schwacher Bindung im Glasnetzwerk, wie zum Beispiel  $\text{Li}^+$  oder  $\text{Na}^+$ , diffundieren sehr schnell und tief in das Trägersubstrat ein, während große Ionen, wie  $\text{Pb}^{2+}$  oder  $\text{Bi}^{3+}$ , nur sehr kurze Strecken zurücklegen. Insbesondere beeinflusst  $\text{Li}^+$  das Trägersubstrat sehr stark. Durch Verwendung von  $\text{Li}^+$ -Ionen lassen sich niedrigschmelzende Glasfritten mit relativ geringen thermischen Ausdehnungen herstellen. Jedoch diffundiert das mobile Ion beim Einbrennprozess in das Trägersubstrat, während  $\text{Na}^+$  aus dem Trägersubstrat in den Glasfluss wandert. Dadurch wird die thermische Ausdehnung im Trägersubstrat erniedrigt und im Email erhöht.

**[0010]** In der Literatur gibt es zahlreiche Vorschläge, eine bleifreie Glasfritte herzustellen. Dabei kann bevorzugt mit einer Glasfritte des  $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ -Systems eine niedrige thermische Ausdehnung erreicht werden. In dieses System werden Metalloxide als Flussmittel eingebracht, die eine Senkung der Einbrenntemperatur bei möglichst geringer Erhöhung der thermischen Ausdehnung erreichen sollen. Bei bisherigen keramischen Farben werden im Wesentlichen Alkalioxide, wie  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{Li}_2\text{O}$ , mit den Oxiden  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  oder  $\text{ZnO}$  kombiniert.

**[0011]** Zahlreiche Patente, wie die EP 0 895 969 B1, die US 5,203,902 A, die US 6,387,513 B1, die EP 0 987 227 A1 oder die US 5,643,636 A, beschreiben die Herstellung von Glasfritten im  $(\text{Li}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$ - $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ -System. Allerdings sind die notwendigen Flussmittelgehalte zur Herstellung von unter  $750^\circ\text{C}$  einbrennbaren Glasfritten so hoch, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient bei diesen Zusammensetzungen stets  $> 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  ist. Diese Glasfritten werden gewöhnlich zur Dekoration von Kalknatron-Silicatgläsern eingesetzt.

**[0012]** Im europäischen Patent EP 0 723 941 B1 ist eine Glaszusammensetzung beschrieben, die es ermöglicht, im  $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{TiO}_2$ - $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ -System eine homogene Fritte mit  $\text{TiO}_2$ -Konzentrationen von 15–30 Mol-% zu erschmelzen. Allerdings sind hierfür  $\text{K}_2\text{O}$ -Konzentrationen von 10 Mol-% notwendig, die wiederum eine starke Erhöhung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten erzeugen.

**[0013]** Bei der Verwendung von  $\text{ZnO}$  als Flussmittel benötigt man generell höhere Alkalioxidgehalte, da  $\text{ZnO}$  gegenüber  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  erst bei höheren Temperaturen als aktives Flussmittel wirkt.

**[0014]** Die Patente EP 0 728 710 A1, EP 0 987 227 A1, JP 2002-179435 A und DE 19 512 847 C1 beschreiben Glasfritten des  $(\text{Li}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$ - $\text{ZnO}$ - $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ -Systems, die bezüglich ihrer thermischen Ausdehnung an Kalknatron-Silicatgläser angepasst sind. Auch durch fluorhaltige Rohstoffe kann die Viskosität hoch  $\text{ZnO}$ -haltiger Gläser herabgesetzt werden. Deshalb sind diese Gläser in der Patentliteratur oft mit Fluorgehalten von bis zu 8 Mol-% beschrieben (siehe beispielsweise EP 1 298 099 A1 oder EP 0 558 942 B1). Allerdings muss berücksichtigt werden, dass beim Schmelzprozess das sehr korrosive Gas Fluorwasserstoff entsteht, welches das Feuerfestmaterial des Ofens angreift. Im Glas verbleibendes Fluorid kann während des Einbrennprozesses zudem zur Blasenbildung in der keramischen Farbe führen und ‚Nadelstiche‘ in der Farboberfläche hervorrufen.

**[0015]** Das  $\text{ZnO}$ - $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ -System ist für die Herstellung thermisch entglasbarer Glaslote bekannt. Der thermische Ausdehnungskoeffizient der Gläser beträgt  $(4 \text{ bis } 5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und wird durch die Kristallisation von Zinkborat oder Willemit verringert. Die Kristallisationen führen zu einer Verschlechterung der Benetzbarkeit der Unterlage, da die Kristalle die Viskosität der Schmelze so stark erhöhen, dass der Fließprozess zum Erliegen kommt. Ein Glas aus diesem System ist für die Herstellung einer keramischen Farbe durch die geringe Fließbarkeit im Grunde ungeeignet. Hierfür muss die Kristallisationsneigung des Glases herabgesetzt werden. Im Patent US 3,900,330 wird die Zugabe von 0,1–25 Gew.-%  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  beschrieben, die eine Senkung der Kristallisationstendenz bewirkt.  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  vergrößert den Glasbildungsbereich im Zinkborosilicatsystem und hat keinen erhöhenden Einfluss auf den thermischen Ausdehnungskoeffizienten und die Einbrenntemperatur. Allerdings sollte aufgrund der hohen Kosten auf  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  verzichtet werden.

**[0016]** Das deutsche Patent DE 69 316 165 T2 beschreibt Glasfritten des  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ - $\text{ZnO}$ - $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ -Systems. In diesem Patent wurde die Kristallisationsneigung im Zinkborosilicatsystem durch hohe  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ - und niedrige  $\text{SiO}_2$ -Gehalte verringert, was eine Erhöhung der thermischen Ausdehnung zur Folge hat. Somit sind diese Glaszusammensetzungen bevorzugt für Kalknatron-Silicatgläser geeignet.

**[0017]** Im Patent US 3,883,358 werden Kupferaluminoboratgläser mit  $\text{CuO}$ -Gehalten von 27–60 Gew.-% beschrieben, die sich durch niedrige thermische Ausdehnungen von  $(3,5 \text{ bis } 4,3) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und Erweichungstempe-

raturen von 570–665°C auszeichnen. Somit kann auch CuO als Flussmittel eingesetzt werden, wobei geringe thermische Ausdehnungen möglich sind. Allerdings ist die Fließbarkeit der Gläser unterhalb von 750°C für die Herstellung einer geeigneten Glasfritte für keramische Farben viel zu gering.

**[0018]** Die für eine Glasfritte geforderte niedrige Einbrenntemperatur von < 750°C führt zu einer höheren thermischen Ausdehnung der Glasfritte gegenüber dem Trägersubstrat. Kommerziell erhältliche bleifreie keramische Farben, insbesondere die für die Dekoration von Borosilicatgläsern angebotenen, haben bestenfalls minimale thermische Ausdehnungen von etwa  $6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Jedoch besitzen Borosilicatgläser in der Regel einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von ca.  $(3 \text{ bis } 4) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Durch die Differenz der thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der verwendeten Glasfritte und dem Trägersubstrat und auf Grund der auftretenden Diffusion während des Einbrennprozesses bilden sich in der keramischen Farbe während der Abkühlung Zugspannungen aus. Bei großen Zugspannungen in der keramischen Farbe kann es zur Bildung von Rissen kommen, die bis in das Trägersubstrat hinein reichen. Auch kann die keramische Farbe abplatzen, wobei große Bruchstücke an der Oberfläche des Trägersubstrats herausgerissen werden. Die Biegebruchfestigkeiten dieser dekorierten Glas- oder Glaskeramikartikel sind für die meisten Anwendungen demnach völlig unzureichend.

**[0019]** Die Aufgabenstellung der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, Glasfritten bereitzustellen, die zu bleifreien keramischen Farben weiterentwickelt werden können, welche die oben geschilderten Nachteile, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, nicht oder nur in sehr untergeordnetem Maße zeigen. Diese sollten durch ihre niedrigere thermische Ausdehnung und ihr niedrigeres Diffusionsvermögen im Vergleich mit bisher bekannten Glasfritten bzw. keramischen Farben zu einer deutlichen Verringerung auftretender Spannungen zwischen keramischer Farbe und Trägersubstrat führen.

**[0020]** Die zuvor geschilderte Aufgabe wird gelöst durch Bereitstellen einer alkali-, blei- und cadmiumfreien Glasfritte mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis 300°C von weniger als  $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und einer Transformationstemperatur  $T_g < 550^\circ\text{C}$ , welche die nachfolgende Glaszusammensetzung aufweist oder hieraus besteht:

35 bis 70 Mol-% ZnO

20 bis 38 Mol-%  $\text{B}_2\text{O}_3$

6 bis 20 Mol-%  $\text{SiO}_2$

0,1 bis 30 Mol-% RO (RO ist CuO und/oder MgO)

0 bis 20 Mol-%  $\text{Bi}_2\text{O}_3$

0 bis 5 Mol-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$

0 bis 5 Mol-% CoO

0 bis 5 Mol-%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

0 bis 10 Mol-% MnO

0 bis 5 Mol-%  $\text{TiO}_2$

0 bis 5 Mol-%  $\text{ZrO}_2$

0 bis < 6 Mol-% F, vorzugsweise 0 bis 5 Mol-% F,

wobei die Summe aus CoO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und MnO 15 Mol-% nicht übersteigt

und CuO-freie Glasfritten einen  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ -Gehalt von 0,1 bis 20 Mol-% aufweisen sowie gegebenenfalls Zusatzstoffe in geeigneten Mengen.

**[0021]** Die erfindungsgemäßen Glasfritten zeigen eine gewünscht niedrige thermische Ausdehnung und geringes Diffusionsvermögen im Vergleich mit bisher bekannten Glasfritten. Hierdurch werden die Spannungen zwischen einer hieraus zu erzeugenden keramischen Farbe und einem Trägersubstrat deutlich verringert. Somit können höhere Biegebruchfestigkeiten erreicht und ein Abplatzen der keramischen Farbe auf einem Trägersubstrat, beispielsweise von emaillierten Glas- oder Glaskeramikartikeln, vermieden werden. Somit wird eine wesentliche Verbesserung der geforderten Eigenschaften erreicht.

**[0022]** Demzufolge werden erfindungsgemäß alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritten der obigen Glaszusammensetzungen bereitgestellt, die thermische Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha < 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und Transformationstemperaturen  $T_g < 550^\circ\text{C}$  aufweisen und zur Herstellung von keramischen Farben für die vorzugsweise großflächige Dekoration von Glassubstraten, insbesondere solche auf Basis von Borosilicatglas und/oder Glaskeramiksubstraten, insbesondere solche auf Basis von Borosilicatglas, beispielsweise mit thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha < 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  geeignet sind.

**[0023]** Besonders bevorzugt werden das Material des Trägersubstrats und die Zusammensetzung der Glasfritte bzw. keramischen Farbe daher derart ausgewählt, dass eine möglichst geringe Differenz zwischen den

thermischen Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Glasfritte bzw. der keramischen Farbe und dem Trägersubstrat vorliegt. Erfindungsgemäß werden somit besonders bevorzugt niedrigausdehnende Glasfritte bzw. keramische Farbe (mit niedrigem thermischen Ausdehnungskoeffizienten) und niedrigausdehnendes Trägersubstrat (mit niedrigem thermischen Ausdehnungskoeffizienten) kombiniert.

**[0024]** Da die erfindungsgemäßen Glasfritten mit den hieraus erzeugten keramischen Farben der Erfindung in engem Zusammenhang stehen, kann man beide Ausführungsformen nicht ohne weiteres voneinander getrennt betrachten, so dass es sich von selbst versteht, dass die vorliegend beschriebenen Angaben und Aussagen in der Regel auf beide Ausführungen gleichermaßen zutreffen, auch wenn dies nicht in jedem Einzelfall erwähnt wird.

**[0025]** Durch Einbrennen der erfindungsgemäßen Glasfritten auf einem Trägersubstrat können damit keramische Farben mit den gewünschten Eigenschaften erhalten werden. Vorzugsweise weisen die thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  der Glasfritten bzw. der hieraus erzeugten alkali-, blei- und cadmiumfreien keramischen Farben einen Wert  $< 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  auf, bevorzugt  $< 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , noch bevorzugter  $< 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , insbesondere  $< 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und liegen ganz besonders bevorzugt im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

**[0026]** Wenn man eine keramische Farbe herstellt, die aus Glasfritte und Zusatzstoffen (Farbpigmente, Füllstoffe) besteht bzw. diese enthält, kann sich die thermische Ausdehnung der keramischen Farbe von der der Glasfritte entsprechend des verwendeten Zusatzstoffes unterscheiden. Wie in den Beispielen dargestellt, hat der Füllstoff entsprechend seiner thermischen Ausdehnung und zugegebenen Menge einen Einfluss auf den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der keramischen Farbe. Durch die Auswahl geeigneter Zusatzstoffe kann die thermische Ausdehnung von der Glasfritte zur keramischen Farbe weiter gesenkt werden.

**[0027]** Die Transformationstemperatur  $T_g$  ändert sich nicht oder nur gering durch die Zugabe von Zusatzstoffen. Allerdings wird das Glas ‚länger‘. Die Viskosität des reinen Glasflusses (geschmolzene Glasfritte) sinkt oberhalb der Transformationstemperatur  $T_g$  mit steigender Temperatur schneller als die der keramischen Farbe (Glasfritte + Zusatzstoffe). Dabei sollen unter den in der keramischen Farbe enthaltenen Zusatzstoffen stabile Komponenten verstanden werden, die während des Einbrennprozesses nicht oder nur gering in Wechselwirkung mit dem Glasfluss treten. Aus diesem Grund wird in der Regel die Einbrenntemperatur, die für eine gute Haftung der keramischen Farbe auf dem Trägersubstrat notwendig ist, mit zunehmendem Zusatzstoffgehalt in der keramischen Farbe erhöht.

**[0028]** Die Einbrenntemperaturen zur Herstellung der keramischen Farbe betragen  $< 750^\circ\text{C}$ , sind vorzugsweise  $< 700^\circ\text{C}$ , und noch bevorzugter, insbesondere bei längeren Einbrennzeiten von ca. 15 min, liegen die Einbrenntemperaturen  $650^\circ\text{C}$ .

**[0029]** Vorzugsweise besteht eine vorgefärbte Glasfritte aus der nachfolgenden Glaszusammensetzung:

39 bis 60 Mol-% ZnO

24 bis 28 Mol-%  $\text{B}_2\text{O}_3$

11 bis 15 Mol-%  $\text{SiO}_2$

10 bis 20 Mol-% CuO

0 bis 10 Mol-%  $\text{Bi}_2\text{O}_3$

0 bis 3 Mol-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$

0 bis 2 Mol-% CoO

0 bis 2 Mol-%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

0 bis 10 Mol-% MnO,

wobei die Summe aus CoO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und MnO 10 Mol-% nicht übersteigt.

**[0030]** Eine „vorgefärbte“ Glasfritte bedeutet im Rahmen der Erfindung, dass die verwendete Glasfritte bereits eine ausgewählte und definiert eingestellte Farbe aufweist. Der Begriff „Farbe“ soll hier möglichst weit verstanden werden und jede dem Fachmann bekannte Färbung einschließen. Auch weiß soll als Farbe verstanden werden. Die vorgefärbte Glasfritte kann undurchsichtig, durchscheinend oder transparent sein. Übergänge zwischen den geschilderten Zuständen sind ebenfalls möglich. Zudem können gegebenenfalls zusätzliche farbgebende Komponenten als Zusatzstoffe, wie beispielsweise Pigmente, in definierten geeigneten Mengen in der vorgefärbten Glasfritte enthalten sein.

**[0031]** Im Gegensatz zu einer vorgefärbten Glasfritte kann die Glasfritte auch farblos sein. Eine farblose Glasfritte weist bevorzugt die folgende Glaszusammensetzung auf oder besteht hieraus:

39 bis 60 Mol-% ZnO

24 bis 28 Mol-%  $B_2O_3$   
 11 bis 15 Mol-%  $SiO_2$   
 5 bis 10 Mol-%  $MgO$   
 0 bis 10 Mol-%  $Bi_2O_3$   
 0 bis 3 Mol-%  $Al_2O_3$ .

**[0032]** Die oben beschriebenen Glasfritten sind im Wesentlichen frei von unerwünschten Komponenten, wie  $Li_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $PbO$  und  $CdO$ , d. h. diese Verbindungen sind bis auf unvermeidbare Verunreinigungsgehalte nicht vorhanden. Vorzugsweise nicht enthalten sind weiterhin  $P_2O_5$ ,  $BaO$  und  $Ta_2O_5$ .

**[0033]** Als Glasrohstoffe werden zur Herstellung der Glasfritte bevorzugt Oxide verwendet. Die Komponenten  $B_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$  und  $F$  werden durch die Rohstoffe Borsäure ( $H_3BO_3$ ), Tonerdehydrat ( $Al(OH)_3$ ), Magnesiumhydroxid ( $Mg(OH)_2$ ) und Zinkfluorid ( $ZnF_2$ ) in den Glasansatz eingebracht. Der  $ZnO$ -Gehalt von 35–70 Mol-% in der Glaszusammensetzung ist erforderlich, da niedrigere  $ZnO$ -Gehalte zur Entmischung der Schmelze führen, so dass keine homogenen Gläser herstellbar sind.  $ZnO$ -Gehalte  $> 70$  Mol-% führen zu einer sehr schnellen Kristallisation während des Einbrennprozesses, was zu einer unzureichenden Benetzung des Trägersubstrats durch den Glasfluss führt.

**[0034]** Der  $B_2O_3$ -Gehalt beträgt mindestens 20 Mol-%, da Glaszusammensetzungen mit geringeren Gehalten zu hohe Einbrenntemperaturen erfordern und zur starken Kristallisation neigen. Glaszusammensetzungen mit  $B_2O_3$ -Gehalten  $> 38$  Mol-% sind durch den hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und die schlechte Säurebeständigkeit generell nicht für Glasfritten zur Herstellung niedrigausdehnender keramischer Farben geeignet.

**[0035]** Die Glaszusammensetzung enthält mindestens 6 Mol-%  $SiO_2$ , da niedrigere Gehalte eine schlechte hydrolytische Beständigkeit aufweisen.  $SiO_2$ -Gehalte  $> 20$  Mol-% führen zu einer starken Erhöhung der Einbrenntemperatur und der Kristallisationsneigung.

**[0036]**  $CuO$  wird zur Senkung der Kristallisationstendenz und der thermischen Ausdehnung eingesetzt und ruft in Zinkborosilicatgläsern eine Grünfärbung hervor.

**[0037]**  $MgO$  wird zur Senkung der Kristallisationsneigung eingesetzt. Da  $MgO$  den thermischen Ausdehnungskoeffizienten erhöht, ist der Gehalt in der Glaszusammensetzung vorzugsweise niedrig gewählt.

**[0038]** Durch  $Bi_2O_3$  wird die Einbrenntemperatur gesenkt. Die  $Bi_2O_3$ -Konzentration ist, aufgrund des steigenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten mit zunehmendem Gehalt im Glas, vorzugsweise auf höchstens 20 Mol-% begrenzt.

**[0039]**  $Al_2O_3$  senkt die Kristallisationsneigung, erhöht aber die Einbrenntemperatur bei Gehalten  $> 5$  Mol-% zu stark, so dass in der erfindungsgemäßen Glasfritte bevorzugt 5 Mol-% oder weniger vorhanden sind.

**[0040]** Die Oxide  $CoO$ ,  $Fe_2O_3$  und  $MnO$  können zur Färbung der Glasfritte eingesetzt werden. Besonders in den  $CuO$ -haltigen Glasfritten können durch die Zugabe der färbenden Oxide stark absorbierende Glasfritten hergestellt werden, die auch für schwarze Glasflüsse geeignet sind. Die Gehalte von  $CoO$ ,  $Fe_2O_3$  und  $MnO$  in der Glaszusammensetzung werden aufgrund einer zu großen Erhöhung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten auf maximal 15 Mol-% beschränkt.

**[0041]**  $TiO_2$  und  $ZrO_2$  erhöhen die chemische Beständigkeit und die Einbrenntemperatur der Glasfritte, so dass die Gehalte jeweils nicht höher als 5 Mol-% sein sollten.

**[0042]** Der Fluorgehalt in der Glasfritte sollte aus den bereits genannten Gründen unterhalb 6 Mol-% liegen, vorzugsweise nicht höher als 5 Mol-% sein. Bevorzugt wird Fluor in der Glaszusammensetzung jedoch gänzlich vermieden.

**[0043]** Vorteilhafterweise können erfindungsgemäß zur Erhöhung der Biegebruchfestigkeit der hergestellten festhaftenden keramischen Farben insbesondere für Trägersubstrate auf Basis von Borosilicatgläsern spezielle Zusatzstoffe in definierten geeigneten Mengen zugegeben werden:

Nach einer besonders bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform wird zur Senkung der thermischen Ausdehnung und Erhöhung der Biegebruchfestigkeit der pigmentierten oder unpigmentierten Glasfritten über 0

bis maximal 30 Gew.-% ein oder mehrere der nachfolgenden Zusatzstoffe, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Zinnoxid ( $\text{SnO}_2$ ), Spodumen ( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ), Petalit ( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ) und/oder Nioboxid ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ), zugegeben.

**[0044]** Besonders bevorzugt ist es ebenfalls, wenn zur Erhöhung der Biegebruchfestigkeit der keramischen Farben 0,1 bis 30 Gew.-% kristallisierbares Nioboxid ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) und 0 bis 30 Gew.-% Pigmente zur Herstellung der keramischen Farbe in die Glasfritte zugegeben werden.

**[0045]** Selbstverständlich können in den Glaszusammensetzungen der erfindungsgemäßen Glasfritten auch weitere übliche Zusatzstoffe enthalten sein. Die Zusatzstoffe sind im Rahmen der Erfindung nicht besonders beschränkt, sofern diese Zusatzstoffe vom Glasfluss nicht oder nur geringfügig angegriffen werden. Besonders bevorzugt werden Zusatzstoffe, besonders Füllstoffe (die Farbpigmente haben meistens thermische Ausdehnungen  $> 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ), ausgewählt, die niedrigausdehnend sind, d. h. einen niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Ein niedriger thermischer Ausdehnungskoeffizient liegt in der vorliegenden Erfindung bei einem Wert  $< 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

**[0046]** Beispielhafte Zusatzstoffe sind:

Füllstoffe, wie Petalit ( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ), Spodumen ( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ),  $\beta$ -Eukryptit ( $\text{LiAlSiO}_4$ ), Nioboxid ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ), Zinnoxid ( $\text{SnO}_2$ ), Cordierit ( $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ ), CERAN® (SCHOTT), Zirkon ( $\text{ZrSiO}_4$ ) und Quarzglas ( $\text{SiO}_2$ ). Bei CERAN® (Schott) handelt es sich um die in den Patentansprüchen erwähnte niedrigausdehnende Glaskeramik aus dem Dreiphasensystem  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , wie beispielsweise aus Physik Journal 3 (2004) Nr. 12, Seite 56, Physik im Alltag „Keramik mit Durchblick“ beschrieben. Mögliche Zusammensetzungen von CERAN® sind beispielsweise auch in der EP 220333A1 beschrieben.

**[0047]** Pigmente, insbesondere farbige anorganische oxidische Verbindungen, beispielsweise Titanoxid ( $\text{TiO}_2$ ), Spinelle (zum Beispiel Cu-Cr-Spinelle, wie  $\text{CuCr}_2\text{O}_4$ ), dotierter Zirkon ( $\text{ZrSiO}_4:\text{Pr}$ , V, Fe), Baddeleyit ( $\text{ZrO}_2$ ) und dotierter Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ ).

**[0048]** Diese werden in geeigneten vordefinierten Mengen zugesetzt; die Menge hängt vom beabsichtigten Anwendungsfall ab und ist dem Fachmann entweder bekannt oder durch einfache Optimierung leicht erhältlich.

**[0049]** Als Faustregel kann man angeben, dass etwa 5 bis etwa 40 Gew.-% Zusatzstoffe in der Glasfritte eingesetzt werden. Bevorzugt kommen etwa 10 bis etwa 20 Gew.-% Füllstoffe, etwa 1 bis etwa 20 Gew.-% Pigmente und etwa 0 bis etwa 10 Gew.-% andere Zusatzstoffe als Pigmente oder Füllstoffe zum Einsatz.

**[0050]** Die erfindungsgemäßen Glasfritten lassen sich überraschenderweise bereits bei Einbrenntemperaturen  $< 650^\circ\text{C}$  zu einer glatten Glasschicht aufschmelzen, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von  $< 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , vorzugsweise von  $< 6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , noch bevorzugter  $< 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , insbesondere bevorzugt  $< 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  aufweist, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  liegt. Durch die Vermeidung stark diffundierender Komponenten, wie  $\text{Li}_2\text{O}$  oder  $\text{Na}_2\text{O}$ , kann der Spannungsaufbau zwischen dem eingebrannten Glasfluss und dem Trägersubstrat kontrolliert werden. Die Rissbildung kann dadurch deutlich herabgesetzt und die Biegebruchfestigkeit wesentlich erhöht werden.

**[0051]** Durch eine geeignete Pigmentierung der vorgefärbten Glasfritten lassen sich bereits mit niedrigen Pigmentgehalten schwarze keramische Farben herstellen, die nach dem Einbrennprozess bei geringen Schichtdicken, zum Beispiel von 10–20  $\mu\text{m}$ , ein ausgezeichnetes Deckvermögen auf farblosem Borosilicatglas aufweisen. Der Pigmentgehalt liegt für die Herstellung einer schwarzen keramischen Farbe beispielsweise im Bereich von etwa 5 bis etwa 30 Gew.-%.

**[0052]** Die Zugabe von niedrigausdehnenden Füllstoffen, wie Petalit oder  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , in die erfindungsgemäßen Glasfritten ermöglicht die Herstellung gut haftender keramischer Farben, die eine hohe Biegebruchfestigkeit der dekorierten Trägersubstrate, wie Glas- und Glaskeramikartikel, gewährleisten, die vorzugsweise ebenfalls eine niedrige thermische Ausdehnung aufweisen.

**[0053]** Für eine gute Haftung der keramischen Farbe ist, wie in dem Patent DE 42 41 411 C2, auch die Zugabe von Glimmerplättchen als Füllstoff möglich, dessen Offenbarung in die vorliegende Beschreibung durch Bezugnahme vollumfänglich einbezogen wird. Dadurch wird die Elastizität der keramischen Farbe verbessert. Allerdings können Glimmerplättchen unerwünschte Farbeffekte durch starke Reflexionen hervorrufen und bilden aufgrund der eingesetzten Partikelgröße (Durchmesser 20–40  $\mu\text{m}$ ) raue Dekoroberflächen, so dass die Zugabe nur in Einzelfällen von Vorteil sein kann.

**[0054]** Die erfindungsgemäße Glasfritte kann als, gegebenenfalls vorgefärbte, Basisfritte zur Herstellung keramischer Farben, zum Beispiel schwarzer keramischer Farbe, für die Dekoration von Trägersubstraten Verwendung finden. Die erfindungsgemäßen Glaszusammensetzungen ermöglichen je nach Auswahl der Zusammensetzung, wie oben in Einzelheiten beschrieben, ebenfalls eine kristallisierbare Glasfritte bereitzustellen, die als Basisfritte für die Dekoration eines Trägersubstrats verwendet werden kann. Die Kristallisation der Glasfritte verhindert ein Ankleben der keramischen Farbe beim Ablösen der Form nach dem Formgebungsprozess („antistick effect“).

**[0055]** Der Begriff „Dekoration“ soll erfindungsgemäß möglichst weit ausgelegt werden und bedeutet jede Möglichkeit, ein Trägersubstrat mit einer keramischen Farbe zu versehen, zum Beispiel in Form einer Schicht, Teilschicht, (Teil-)Strukturierung, Abbildung, Musterung, Beschriftung oder dergleichen. Die Dekoration kann aus rein ästhetischen Aspekten zur Erzielung eines gewünschten Designs und/oder Färbung oder auch zur Unterstützung bestimmter technischer Funktionen, beispielsweise für Markierungen, vorhanden sein.

**[0056]** Das Trägersubstrat ist im Rahmen der Erfindung nicht besonders beschränkt. Es kann ein beliebiger Gegenstand nahezu beliebiger Form und Größe sein. Es kann auch ein zu biegendes oder bereits gebogenes Trägersubstrat verwendet werden. Bevorzugt wird ein Glas- und/oder Glaskeramiksubstrat eingesetzt. Ganz besonders bevorzugt ist das Glas oder die Glaskeramik auf Basis eines Borosilicatglases. Das Trägersubstrat kann vollständig oder teilweise aus Glas und/oder Glaskeramik aufgebaut sein. Es kann vollständig oder nur teilweise mit der aus der erfindungsgemäßen Glasfritte erzeugten keramischen Farbe versehen sein. Vorzugsweise wird für das Trägersubstrat ein Material mit niedrigem thermischen Ausdehnungskoeffizienten verwendet (hier bezeichnet als „niedrigausdehnend“). Bevorzugt liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient  $< 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , bevorzugter  $< 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , noch bevorzugter  $< 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , insbesondere bevorzugt  $< 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , ganz besonders bevorzugt im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

**[0057]** Bei einem Trägersubstrat in Form einer Glaskeramik kann das Einbrennen des Dekors üblicherweise während der Keramisierung durchgeführt werden. Die Glasfritte wird zusammen mit den gegebenenfalls vorhandenen Zusatzstoffen direkt auf das Grünglas aufgebracht und während des Keramisierungsverfahrens eingebrannt.

**[0058]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung einer Glasfritte, wobei die bereits beschriebene Glasfritte, die eine der erfindungsgemäßen Glaszusammensetzungen aufweist oder hieraus besteht, bei einer Temperatur im Bereich von 1000 bis 1300°C aufgeschmolzen wird, die Schmelze abgeschreckt und das erhaltene Material gemahlen wird. Nach einer bevorzugten Ausführungsform können die bereits beschriebenen Zusatzstoffe in den definierten Mengen vor, während oder nach dem Mahlen zugegeben werden. Besonders bevorzugt werden die Zusatzstoffe jedoch während dem Mahlen zugegeben.

**[0059]** Gegenstand der Erfindung ist auch die aus der Glasfritte erhältliche alkali-, blei- und cadmiumfreie keramische Farbe. „Keramische Farbe“ soll verstanden werden als vollflächiger oder teilflächiger Auftrag, der farbig sein kann, also eine oder mehrere Farben aufweist (oder auch weiß) oder farblos sein kann. Die keramische Farbe kann undurchsichtig, durchscheinend oder transparent sein. Übergänge zwischen den geschilderten Zuständen sind ebenfalls möglich. Es können ein oder mehrere Glasfritten bzw. keramische Farben zum Einsatz kommen. Demnach können die keramischen Farben als Glasuren oder Emails zum Einsatz kommen, wie dies im Einzelnen in der DE 195 12 847 C1 beschrieben wird, deren Offenbarungsgehalt durch Bezugnahme vollumfänglich in die vorliegende Offenbarung aufgenommen wird.

**[0060]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung einer keramischen Farbe aus einer Glasfritte, welche die oben beschriebene Zusammensetzung aufweist oder hieraus besteht, umfassend die Schritte:

- (a) Bereitstellen einer Glasfritte in Form eines Pulvers, das die oben beschriebene Glaszusammensetzung aufweist oder hieraus besteht, wobei gegebenenfalls die bereits beschriebenen Zusatzstoffe in geeigneter Menge zugemischt sind oder werden;
- (b) Herstellen einer Paste aus dem Pulver unter Verwendung eines Suspendiermittels;
- (c) Aufbringen der Paste auf ein Trägersubstrat und
- (d) Einbrennen der Paste auf dem Trägersubstrat.

**[0061]** Im Schritt (a) wird eine erfindungsgemäße Glasfritte durch das Erschmelzen und anschließende Abschrecken einer Glasmasse, wie bereits beschrieben, hergestellt. Die erhaltene Glasfritte wird auf Partikelgrößen bevorzugt  $< 40 \mu\text{m}$  gemahlen und gegebenenfalls mit den Zusatzstoffen (Pigmente, Füllstoffe) vermischt. Die Zusatzstoffe können vor, während oder nach dem Mahlen zur Zusammensetzung der Glasfritte zugegeben werden.



**[0062]** Das Pulver wird anschließend in Schritt (b) mit einem Suspensiermittel, z. B. Siebdrucköl angepastet. Die Anpassung des Pulvers erfolgt bevorzugt mit einem Verhältnis Pulver:Suspensiermittel von 5:1 bis 3:2, insbesondere 2:1. In Schritt (c) wird die Paste, bevorzugt im Siebdruck, auf den zu dekorierenden Gegenstand aufgebracht. Anschließend erfolgt der Einbrennprozess in Schritt (d), wobei die Glasfritte erweicht und einen Glasfluss auf der Trägersubstratoberfläche bildet, in dem die gegebenenfalls vorhandenen Zusatzstoffe eingebettet und auf dem Trägersubstrat fixiert werden.

**[0063]** Die Einbrenntemperatur beträgt bevorzugt  $< 750^{\circ}\text{C}$ , bevorzugter  $< 700^{\circ}\text{C}$ , noch bevorzugter  $< 650^{\circ}\text{C}$ , insbesondere  $< 600^{\circ}\text{C}$ . Die Einbrennzeit wird vorzugsweise im Bereich von 3 bis 30 min, bevorzugt von 5 bis 20 min, insbesondere von 10 bis 15 min eingestellt.

**[0064]** Besonders bevorzugt wird das Trägersubstrat ausgewählt aus Glas und/oder Glaskeramik, insbesondere auf Basis von Borosilicatgläsern. Ganz besonders bevorzugt weist das Trägersubstrat eine thermische Ausdehnung im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  auf.

**[0065]** Gleichzeitig mit dem Einbrennen der Glasfritten-Paste kann, wenn dies erwünscht ist, ein Biegen des Trägersubstrats oder eines Teils hiervon durchgeführt werden. Das Biegen kann aber auch vor oder nach dem Einbrennen der Paste durchgeführt werden. Dies ist jedoch weniger bevorzugt.

**[0066]** Die Vorteile der vorliegenden Erfindung sind außerordentlich vielschichtig: So gelingt es erfindungsgemäß Glasfritten bereitzustellen, welche es ermöglichen, alkali-, blei- und cadmiumfreie keramische Farben zur Verfügung zu stellen, welche die geschilderten Nachteile des Standes der Technik vermeiden. Diese weisen eine geringere thermische Ausdehnung und niedrigeres Diffusionsvermögen im Vergleich mit bisher bekannten Glasfritten bzw. keramischen Farben auf. Hieraus resultieren deutlich verringerte Spannungen zwischen keramischer Farbe und Trägersubstrat. Somit können höhere Biegebruchfestigkeiten erreicht und ein Abplatzen der keramischen Farbe von Trägersubstraten, wie emaillierten Glas- oder Glaskeramikartikeln, vermieden werden.

**[0067]** Durch die Vermeidung stark diffundierender Komponenten, wie  $\text{Li}_2\text{O}$  oder  $\text{Na}_2\text{O}$ , kann der Spannungsaufbau zwischen dem eingebrannten Glasfluss (der Glasfritte) und dem Trägersubstrat kontrolliert werden. Die Rissbildung kann dadurch deutlich herabgesetzt werden.

**[0068]** Von besonderem Vorteil ist, wenn sowohl die Zusammensetzung der Glasfritte bzw. keramischen Farbe als auch das Material des Trägersubstrats derart ausgewählt werden, dass beide einen möglichst ähnlichen, niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Hierdurch gelingt es, die geschilderten Probleme aus dem Stand der Technik völlig zu vermeiden.

**[0069]** Die erfindungsgemäßen Glasfritten sind alkali-, blei- und cadmiumfrei und daher nicht umweltbelastend und erfordern keine besondere Abfall-Entsorgung.

**[0070]** Durch eine geeignete Pigmentierung der vorgefärbten Glasfritten lassen sich bereits mit niedrigen Pigmentgehalten schwarze keramische Farben herstellen, die ein ausgezeichnetes Deckvermögen beispielsweise auf farblosem Borosilicatglas aufweisen. Die Zugabe spezieller Zusatzstoffe ermöglicht eine gezielte Modifikation bestimmter Eigenschaften: So kann durch Zusatz von niedrigausdehnenden Füllstoffen, wie Petalit oder  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , in die erfindungsgemäßen Glasfritten die Herstellung gut haftender keramischer Farben erreicht werden, die eine hohe Biegebruchfestigkeit der dekorierten Trägersubstrate gewährleisten.

**[0071]** Die Glasfritten bzw. die hieraus erzeugten keramischen Farben sind für Dekorationen aller Art, beispielsweise auch großflächige Dekorationen, von Trägersubstraten geeignet. Vorteilhafterweise werden die Trägersubstrate aus Gläsern und/oder Glaskeramiken auf Borosilicatglas-Basis ausgewählt.

**[0072]** Das Einbrennen der Glasfritte auf einem Trägersubstrat gelingt ohne Probleme überraschenderweise bereits mit Einbrenntemperaturen  $< 650^{\circ}\text{C}$ .

**[0073]** Erfindungsgemäß können auch vorgefärbte und/oder kristallisierbare Glasfritten eingesetzt werden, die als Basisfritten für die Dekoration eines Trägersubstrats dienen. Die Kristallisation der Glasfritte verhindert ein Ankleben der keramischen Farbe beim Ablösen der Form nach dem Formgebungsprozess („antistick effect“).

**[0074]** Nachfolgend soll die vorliegende Erfindung anhand von Beispielen im Einzelnen näher erläutert werden, welche jedoch nur zur Veranschaulichung und keinesfalls als Begrenzung des Schutzzumfangs verstanden werden sollen.

#### Beispiele

##### Beispiele 1 bis 23

**[0075]** Die Rohstoffgemenge, der erfindungsgemäßen Glaszusammensetzungen aus Tabelle 1 (in Mol-%), wurden eine Stunde bei 1050–1300°C erschmolzen. Die eingesetzten Rohstoffe waren Quarzmehl ( $\text{SiO}_2$ ), Borsäure ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), Zinkoxid ( $\text{ZnO}$ ), Zinkfluorid ( $\text{ZnF}_2$ ), Bismut(III)-oxid ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), Kupfer(II)-oxid ( $\text{CuO}$ ), Titan(IV)-oxid ( $\text{TiO}_2$ ), Baddeleyit ( $\text{ZrO}_2$ ) und Magnesiumhydroxid ( $\text{Mg(OH)}_2$ ). Zur Färbung des Glases wurden Kobalt(III)-oxid ( $\text{Co}_2\text{O}_3$ ), Mangan(IV)-oxid ( $\text{MnO}_2$ ) und Eisen(III)-oxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) verwendet. Anschließend wurde ein kleiner Glasblock gegossen und der Rest der Schmelze in destilliertem Wasser abgeschreckt.

**[0076]** In Tabelle 2 sind die bei den erfindungsgemäßen Glaszusammensetzungen bestimmten Eigenschaften zusammengefasst. Dabei ist  $T_g$  die mittels Differentialthermoanalyse ermittelte Transformationstemperatur,  $\alpha_{20-300}$  der an massiven Proben mittels Dilatometer bestimmte thermische Ausdehnungskoeffizient im Temperaturbereich von 20–300°C,  $T_K$  die an gepulverten Proben mittels Differentialthermoanalyse gemessene maximale Kristallisationstemperatur der Glasfritte bis ca. 800°C.

**[0077]** Bei den angegebenen Kristallphasen bedeutet:

- ZB – Zinkborat ( $\text{Zn}_3\text{B}_2\text{O}_6$ ),
- ZS – Zinksilicat/Willemit ( $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ),
- ZT – Zinktitanat ( $\text{Zn}_2\text{Ti}_3\text{O}_8$ ),
- BB – Bismutborat ( $\text{Bi}_2\text{B}_8\text{O}_{15}$ ) sowie
- S – Suanit ( $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5$ ).

Tabelle 1

Beispiel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ZnO	59,2	64,5	59,1	53,4	48,8	55,4	49,1	44,2	39,5	44,3	44,0	44,5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,8	20,8	26,6	26,4	26,3	26,6	26,5	26,6	26,5	26,4	26,6	26,5
SiO <sub>2</sub>	17,9	12,7	13,1	13,9	14,2	12,6	12,8	12,8	12,7	15,3	12,8	12,6
CuO	--	--	--	--	--	4,0	10,1	15,0	19,8	9,2	10,0	8,6
MgO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	--	--	--	5,0	10,0	--	--	--	--	4,8	5,0	5,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,1	2,0	1,2	1,3	0,7	1,4	1,5	1,4	1,5	--	1,6	1,0
CoO	-	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MnO	--	-	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
TiO <sub>2</sub>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ZrO <sub>2</sub>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Beispiel	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ZnO	42,2	39,4	39,3	39,8	42,4	48,4	43,1	50,8	49,2	45,4	42,3
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,4	24,8	26,6	26,5	24,8	25,8	24,6	25,9	26,0	26,0	25,4
SiO <sub>2</sub>	13,3	12,7	13,1	12,6	12,3	13,0	12,0	13,9	13,2	13,4	18,7
CuO	9,0	9,0	10,0	10,1	9,1	9,5	--	--	--	--	--
MgO	--	--	--	--	--	--	3,4	4,3	6,4	9,8	9,3
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,0	4,7	5,0	5,2	4,6	--	9,1	4,7	4,8	4,8	4,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,3	1,9	2,1	2,3	1,1	0,6	1,1	0,4	0,4	0,6	--
CoO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,8	-	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MnO	--	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
TiO <sub>2</sub>	--	--	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--
ZrO <sub>2</sub>	--	--	--	3,5	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	5,7	2,7	6,7	--	--	--	--

Tabelle 2

Beispiel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T_g$ [°C]	563	550	553	494	466	543	530	507	498	490	489	488
$\alpha_{20-300}$ [ $10^{-6} K^{-1}$ ]	4,23	4,51	4,93	5,49	5,88	4,58	4,49	4,41	4,55	5,57	5,32	5,28
$T_K$ [°C]	738	678	734, 775	710	695	753	--	--	--	--	--	--
Kristallphase	ZB, ZS	ZS, ZB	ZB, ZS	ZS, ZB	ZB, ZS	ZS, ZB	--	--	--	--	--	--

Beispiel	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$T_g$ [°C]	473	478	492	484	467	523	460	498	507	511	524
$\alpha_{20-300}$ [ $10^{-6} K^{-1}$ ]	5,71	6,06	5,59	5,63	5,80	4,41	6,70	5,83	5,93	6,00	5,44
$T_K$ [°C]	--	841	689, 803	--	715	741	732	727	737	770	810
Kristallphase	--	ZS	ZT, ZS	--	ZS	ZS	ZS	ZB, BB	ZS, S	ZS, S	ZS, S

Beispiele 1 bis 3 und 19 sind Vergleichsbeispiele:

[0078] In den Beispielen 1 bis 3 liegt weder CuO noch  $Bi_2O_3$  vor, so dass die Transformationstemperatur  $T_g$  außerhalb des beanspruchten Bereichs von  $T_g < 550^\circ C$  liegt. Dies belegt, dass reine ZnO- $B_2O_3$ - $SiO_2$ -Systeme ungeeignet sind. Da die Einbrenntemperatur zu hoch ist, tritt eine unerwünschte Verformung des Trägerglases auf.

[0079] In Vergleichsbeispiel 19 liegt der Fluorgehalt mit 6,7 Mol-% außerhalb des beanspruchten Bereichs, so dass die Voraussetzungen für den thermischen Ausdehnungskoeffizienten nicht erfüllt werden. Die Zugabe von Fluor fördert die Kristallisationstendenz, so dass der Fluorgehalt auf  $< 6$  Mol-%, vorzugsweise nicht mehr als 5 Mol-%, beschränkt wurde.

[0080] Die Beispiele 3 bis 5 zeigen, dass mit steigendem  $Bi_2O_3$ -Gehalt der  $T_g$ -Wert sinkt während die thermische Ausdehnung steigt. Ein steigender CuO-Gehalt in den Beispielen 6 bis 9 senkt die Kristallisationstendenz sowie den  $T_g$ -Wert bei nahezu gleichbleibendem thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Durch die Kombination von  $Bi_2O_3$  und CuO in den Beispielen 10 und 11 erhält man gut aufschmelzende Glasflüsse mit niedrigen thermischen Ausdehnungen. Die Zugabe von färbenden Oxiden in den Beispielen 12 bis 14 ermöglicht die Herstellung von vorgefärbten Basisfritten für bevorzugt schwarze keramische Farben. Die Kombination von  $Bi_2O_3$  und MgO in den Beispielen 19 bis 23 erlaubt die Herstellung von farblosen Glasfritten für keramische Farben. Mit steigendem MgO-Gehalt in der Glasfritte wird die Temperaturdifferenz zwischen  $T_K$  und  $T_g$  größer, so dass die Glasfritten in den Beispielen 22 und 23 ein ausgezeichnetes Aufschmelzverhalten aufweisen.

[0081] Die Kristallisation in den Glasfritten lässt sich somit über den MgO- bzw. CuO-Gehalt steuern während die Einbrenntemperatur über den  $Bi_2O_3$ -Gehalt in der Glaszusammensetzung regulierbar ist. Allerdings ist der MgO- und  $Bi_2O_3$ -Gehalt in der Glaszusammensetzung zu begrenzen, da die thermische Ausdehnung mit steigenden Gehalten erhöht wird. In den Beispielen 17 bis 19 führt der Fluorgehalt in der Glaszusammensetzung zu einer Erhöhung der Kristallisationsneigung in den Glasfritten.

Beispiele 24 bis 34

[0082] Herstellung von auf BOROFLOAT® 33 eingebrannten keramischen Farben aus den Beispielen 10 und 23:

Das in destilliertem Wasser abgeschreckte Material der Beispiele 10 und 23 wurde auf mittlere Partikelgrößen von 2–5 µm gemahlen. Dem Glasfrittepulver wurden gemäß Tabelle 3 verschiedene niedrigausdehnende Füllstoffe, wie Spodumen (LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, d<sub>50</sub> = 4 µm, OTAVI MINERALS), Petalit (LiAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub>, d<sub>50</sub> = 4 µm, ANKER-POORT N V), Nioboxid (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, d<sub>50</sub> = 4 µm, COMETALS) und Zinnoxid (SnO<sub>2</sub>, d<sub>50</sub> = 0,7 µm, LOMBERG) sowie Pigmente, wie Titanoxid (TiO<sub>2</sub>, d<sub>50</sub> = 0,7 µm, KRONOS® 1001) und Cu-Cr-Spinell (CuCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, d<sub>50</sub> = 1,7 µm, FERRO 247960), in Gew.-%, zugegeben. Anschließend erfolgte in einem Rührwerk die Anpassung des Pulvergemisches mit einem Verhältnis Pulver:Siebdruckmedium von 2:1.

**[0083]** Als Siebdruckmedium wurde das Medium 80599 von FERRO verwendet. Die Paste wurde auf einem Dreiwalzwerk homogenisiert. Die siebdruckfähige Paste wurde mit einer halbautomatischen Siebdruckmaschine mit einem 120T-Polyestergewebe auf 3,3 mm Glasplatten aufgetragen. Die Glasplatten hatten eine Größe von 100 mm × 100 mm, in deren Mitte ein Testfeld mit 50 mm × 50 mm vollflächig bedruckt wurde. Die Proben wurden in einem Umluftofen mit einer Aufheizrate von 5 K/min, einer 15 minütigen Haltezeit bei 620°C und einer Abkühlrate von 1 K/min eingebrannt. Die eingebrannten keramischen Farben wiesen Schichtdicken von 7–13 µm auf.

Tabelle 3

Beispiel	Glasfritte		Zusatzstoff					
	Beispiel 10	Beispiel 23	TiO <sub>2</sub>	CuCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	SnO <sub>2</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	LiAlSi <sub>4</sub> O <sub>10</sub>
24	100							
25		100						
26	90		10					
27	80			20				
28	70			10	20			
29		80	20					
30		80		20				
31		70	10		20			
32		80				20		
33		80					20	
34		70	10					20

**[0084]** In Tabelle 4 sind die an den Beispielen 24 bis 34 ermittelten Parameter dargestellt. Dabei wurde der thermische Ausdehnungskoeffizient  $\alpha_{20-300}$  an Stäbchen, die nach der ASTM C824-91 (aus dem Jahr 2000, reapproved) aus den Pulvern der Beispiele 24 bis 34 hergestellt wurden, mittels Dilatometer bestimmt.

**[0085]** Die Biegebruchfestigkeit  $\sigma$  wurde an jeweils 15 Proben eines Beispiels mittels Doppelringverfahren nach der DIN EN 1288-5 (aus Juni 2000) ermittelt. Die Prüfkraft wurde mit einer Geschwindigkeit von 2 N mm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> auf die Probe aufgebracht.

**[0086]** Die Auswertung erfolgte nach der Normalverteilung. An undekoriertem BOROFLOAT® 33 wurde eine Biegebruchfestigkeit von (115 ± 29) MPa bestimmt.

**[0087]** Die Helligkeit L\* wurde mit einem Kugelspektrofotometer im CIELAB-Farbraum bestimmt. Die Messungen erfolgten mit der Normlichtart D65 für den 10° Normalbeobachter, wobei die Lichtquelle gegenüber dem Empfänger um 8° geneigt war (d/8°). Der Glanz wurde mittels einer „Glanzfall“ ausgeblendet. Die Messungen erfolgten auf der eingebrannten Farbe. Die erste Zahl gibt den Helligkeitswert der Farbe unter Verwendung eines schwarzen Hintergrundes (L\* = 26) und die zweite eines weißen Hintergrundes (L\* = 94) an.

**[0088]** Zur Ermittlung des Deckvermögens wurde die Differenz der Helligkeitswerte der Hintergründe (weiß, schwarz) 100% gesetzt. Anschließend wurde aus der Differenz, die aus den Helligkeitswerten der erfindungsgemäßen Beispiele 24 bis 34 unter Verwendung des weißen und schwarzen Hintergrundes ermittelt wurde, das Deckvermögen des jeweiligen Beispiels bezogen auf die verwendeten Hintergründe bestimmt.

[0089] Die Farbe und die Oberfläche der eingebraunten Beispiele 24 bis 34 wurden visuell beurteilt.

Tabelle 4

Beispiel	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
$\alpha_{20-300}$ [ $\cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ]	5,57	5,44	5,83	6,74	6,32	5,95	6,76	6,06	5,26	5,23	5,43
$\sigma$ [MPa]	30,3 $\pm 1,6$	26,7 $\pm 1,2$	30,1 $\pm 1,0$	28,8 $\pm 1,8$	31,1 $\pm 1,6$	29,1 $\pm 2,1$	32,0 $\pm 2,6$	40,3 $\pm 1,2$	30,7 $\pm 1,8$	59,7 $\pm 2,9$	50,0 $\pm 2,5$
L*	29/70	36/72	50/62	15/21	33/41	68/75	23/27	65/74	46/73	63/75	67/76
Deckvermögen [%]	60	53	18	10	12	11	6	14	39	17	13
Farbe	transparentes grün	transluzentes weiß	hellgrün	schwarz	grau	weiß	schwarz	weiß	transluzentes weiß	weiß	weiß
Oberfläche	glänzend	glänzend	glänzend	glänzend	schwach glänzend	schwach glänzend	glänzend	matt	schwach glänzend	matt	matt

[0090] Als geeignete Füllstoffe für die Senkung der thermischen Ausdehnung erweisen sich  $\text{SnO}_2$  und  $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ . Durch  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  wurde neben der Ausdehnungssenkung ein hohes Deckvermögen erzielt, so dass sich weiße Farben herstellen lassen.

[0091] Trotz niedriger Schichtdicken  $< 15 \mu\text{m}$  konnten gut deckende und haftende, schwarze, grüne sowie weiße keramische Farben hergestellt werden.

[0092] Die Biegebruchfestigkeit der erfindungsgemäßen keramischen Farben wurde gegenüber bisherigen keramischen Farben für Borosilicatgläser von ca. 20–30 MPa auf etwa 40–60 MPa in den Beispielen 31, 33 und 34 erhöht. Somit beträgt die Festigkeit des mit den erfindungsgemäßen keramischen Farben dekorierten Borosilicatglases noch bis zu 50% des unemaillierten Glases.

### Patentansprüche

1. Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte, insbesondere zur Herstellung keramischer Farben, mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis  $300^\circ\text{C}$  von weniger als  $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und einer Transformationstemperatur  $T_g < 550^\circ\text{C}$ , welche die nachfolgende Glaszusammensetzung aufweist oder hieraus besteht:

35 bis 70 Mol-% ZnO

20 bis 38 Mol-%  $\text{B}_2\text{O}_3$

6 bis 20 Mol-%  $\text{SiO}_2$

0,1 bis 30 Mol-% RO (RO ist CuO und/oder MgO)

0 bis 20 Mol-%  $\text{Bi}_2\text{O}_3$

0 bis 5 Mol-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$

0 bis 5 Mol-% CoO

0 bis 5 Mol-%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

0 bis 10 Mol-% MnO

0 bis 5 Mol-%  $\text{TiO}_2$

0 bis 5 Mol-%  $\text{ZrO}_2$

0 bis  $< 6$  Mol-% F, vorzugsweise 0 bis 5 Mol-% F,

wobei die Summe aus CoO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und MnO 15 Mol-% nicht übersteigt

und CuO-freie Glasfritten einen  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ -Gehalt von 0,1 bis 20 Mol-% aufweisen sowie gegebenenfalls Zusatzstoffe in geeigneter Menge.

2. Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass diese die nachfolgende Glaszusammensetzung aufweist oder hieraus besteht:

39 bis 60 Mol-% ZnO

24 bis 28 Mol-%  $\text{B}_2\text{O}_3$

11 bis 15 Mol-%  $\text{SiO}_2$

10 bis 20 Mol-% CuO  
 0 bis 10 Mol-% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 0 bis 3 Mol-% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 0 bis 2 Mol-% CoO  
 0 bis 2 Mol-% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 0 bis 10 Mol-% MnO,

wobei die Summe aus CoO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und MnO 10 Mol-% nicht übersteigt sowie gegebenenfalls Zusatzstoffe in geeigneter Menge.

3. Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass diese die nachfolgende Glaszusammensetzung aufweist oder hieraus besteht:

39 bis 60 Mol-% ZnO  
 24 bis 28 Mol-% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 11 bis 15 Mol-% SiO<sub>2</sub>  
 5 bis 10 Mol-% MgO  
 4 bis 10 Mol-% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 0 bis 3 Mol-% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

sowie gegebenenfalls Zusatzstoffe in geeigneter Menge.

4. Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Glasfritte einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis 300°C von weniger als  $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , bevorzugt  $< 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , insbesondere  $< 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , ganz besonders bevorzugt im Bereich von  $3$  bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  aufweist.

5. Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Glasfritte Zusatzstoffe in geeigneten Mengen enthält, ausgewählt aus Füllstoffen, wie Zinnoxid (SnO<sub>2</sub>), Spodumen (LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>), Petalit (LiAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub>),  $\beta$ -Eukryptit (LiAlSiO<sub>4</sub>), Cordierit (Mg<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>Si<sub>5</sub>O<sub>18</sub>), Zirkon (ZrSiO<sub>4</sub>), Quarzglas (SiO<sub>2</sub>), Nioboxid (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) und/oder niedrigausdehnenden Glaskeramiken aus dem Dreiphasensystem Li<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, Pigmenten, wie Titanoxid (TiO<sub>2</sub>), Spinellen, dotiertem Zirkon (ZrSiO<sub>4</sub>:Pr, V, Fe), Baddeleyit (ZrO<sub>2</sub>) und dotiertem Hämatit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Cr).

6. Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Senkung der thermischen Ausdehnung und Erhöhung der Biegebruchfestigkeit der Glasfritte über 0 und bis 30 Gew.-% eine oder mehrere der folgenden Zusatzstoffe, ausgewählt aus Füllstoffen, bestehend aus der Gruppe aus Zinnoxid (SnO<sub>2</sub>), Spodumen (LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>), Petalit (LiAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub>) und/oder Nioboxid (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), enthalten sind.

7. Alkali-, blei- und cadmiumfreie Glasfritte nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erhöhung der Biegebruchfestigkeit in der Glasfritte 0,1 bis 30 Gew.-% kristallisierbares Nioboxid (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) und 0 bis 30 Gew.-% Pigmente enthalten sind.

8. Verfahren zur Herstellung einer Glasfritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Glaszusammensetzung aus einem der Ansprüche 1 bis 7 bei einer Temperatur im Bereich von 1000 bis 1300°C aufgeschmolzen wird, die Schmelze abgeschreckt und das erhaltene Material gemahlen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass vor, während oder nach dem Mahlen Zusatzstoffe zugegeben werden.

10. Verwendung einer Glasfritte nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in Form einer Basisfritte zur Herstellung einer keramischen Farbe für die Dekoration eines Trägersubstrats.

11. Verwendung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine vorgefärbte Basisfritte eingesetzt wird.

12. Verwendung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine schwarze keramische Farbe durch Zugabe von Pigmenten zur Glasfritte in einer Menge von 5 bis 30 Gew.-% hergestellt wird.

13. Verwendung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine kristallisierbare Basisfritte eingesetzt wird.

14. Verwendung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Trägersubstrat Glas und/oder Glaskeramik, insbesondere auf Basis von Borosilicatglas, eingesetzt wird.

15. Verwendung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Trägersubstrats derart ausgewählt wird, dass eine möglichst geringe Differenz zwischen den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Glasfritte und dem Material des Trägersubstrats vorliegt.

16. Verwendung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung der Glasfritte und die keramische Farbe jeweils einen niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis 300°C von  $\alpha < 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , bevorzugt  $< 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , insbesondere bevorzugt  $< 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , ganz besonders bevorzugt im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  aufweisen.

17. Verwendung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Trägersubstrats einen niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis 300°C von  $\alpha < 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , bevorzugter  $< 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , noch bevorzugter  $< 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , insbesondere bevorzugt  $< 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , ganz besonders bevorzugt im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  aufweist.

18. Verwendung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass als Trägersubstrat ein gebogenes oder zu biegendes Trägersubstrat eingesetzt wird.

19. Verfahren zur Herstellung einer keramischen Farbe aus einer Glasfritte nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend die Schritte:

- (a) Bereitstellen einer Glasfritte in Form eines Pulvers, das eine Glaszusammensetzung aus einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist oder hieraus besteht;
- (b) Herstellen einer Paste aus dem Pulver unter Verwendung eines Suspendiermittels;
- (c) Aufbringen der Paste auf ein Trägersubstrat und
- (d) Einbrennen der Paste auf dem Trägersubstrat.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Suspendiermittel ausgewählt wird aus Siebdrucköl, Siebdruckwachs oder anderen thixotropen Medien.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpassung des Puffvers mit einem Verhältnis Pulver:Suspendiermittel von 5:1 bis 3:2, bevorzugt 2:1 durchgeführt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufbringen der Paste im Siebdruck durchgeführt wird.

23. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzstoffe ausgewählt sind aus Füllstoffen, wie Zinnoxid ( $\text{SnO}_2$ ), Spodumen ( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ), Petalit ( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ),  $\beta$ -Eukryptit ( $\text{LiAlSiO}_4$ ), Cordierit ( $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ ), Nioboxid ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ), Zirkon ( $\text{ZrSiO}_4$ ), Quarzglas ( $\text{SiO}_2$ ) und/oder niedrigausdehnenden Glaskeramiken aus dem Dreiphasensystem  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , Pigmenten, wie Titanoxid ( $\text{TiO}_2$ ), Spinellen, dotiertem Zirkon ( $\text{ZrSiO}_4:\text{Pr, V, Fe}$ ), Baddeleyit ( $\text{ZrO}_2$ ) und dotiertem Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ ).

24. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägersubstrat ausgewählt wird aus Glas und/oder Glaskeramik, insbesondere auf Basis von Borosilicatglas.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass ein Trägersubstrat aus Glas und/oder Glaskeramik mit einem niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis 300°C von  $\alpha < 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , bevorzugter  $< 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , noch bevorzugter  $< 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , insbesondere bevorzugt  $< 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , ganz besonders bevorzugt im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  ausgewählt wird.

26. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Trägersubstrats derart ausgewählt wird, dass eine möglichst geringe Differenz zwischen



den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Glasfritte und dem Material des Trägersubstrats vorliegt.

27. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einbrenntemperatur  $< 750^{\circ}\text{C}$ , bevorzugt  $700^{\circ}\text{C}$ , noch bevorzugter  $< 650^{\circ}\text{C}$ , insbesondere  $< 600^{\circ}\text{C}$  ausgewählt wird.

28. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbrennzeit im Bereich von 3 bis 30 min, bevorzugt von 5 bis 20 min, insbesondere von 10 bis 15 min eingestellt wird.

29. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass während des Einbrennens die Paste zu einer glatten Glasschicht aufgeschmolzen wird.

30. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass gleichzeitig mit dem Einbrennen der Glasfritte ein Biegen des Trägersubstrats oder eines Teils hiervon durchgeführt wird.

31. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Biegebruchfestigkeit des mit der keramischen Farbe versehenen Trägersubstrats, mindestens 20% und bis zu 50% der Bruchfestigkeit des Trägersubstrats ohne keramische Farbe beträgt.

32. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 19 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke der keramischen Farbe im Bereich von 5 bis  $30\ \mu\text{m}$ , bevorzugt von 5 bis  $20\ \mu\text{m}$  liegt. 33 Alkali-, blei- und cadmiumfreie keramische Farbe, erhältlich durch ein Verfahren mit den Schritten:

- (a) Bereitstellen einer Glasfritte in Form eines Pulvers, das eine Glaszusammensetzung aus einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist oder hieraus besteht;
- (b) Herstellen einer Paste aus dem Pulver unter Verwendung eines Suspendiermittels;
- (c) Aufbringen der Paste auf ein Trägersubstrat und
- (d) Einbrennen der Paste auf dem Trägersubstrat.

33. Alkali-, blei- und cadmiumfreie keramische Farbe, nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass das Suspendiermittel ausgewählt wird aus Siebdrucköl, Siebdruckwachs oder anderen thixotropen Medien.

34. Alkali-, blei- und cadmiumfreie keramische Farbe nach Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpassung des Pulvers mit einem Verhältnis Pulver: Suspendiermittel von 5:1 bis 3:2, bevorzugt 2:1 durchgeführt wird.

35. Alkali-, blei- und cadmiumfreie keramische Farbe nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die keramische Farbe einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis  $300^{\circ}\text{C}$  von weniger als  $6,5 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$  und eine Transformationstemperatur  $T_g$  von weniger als  $550^{\circ}\text{C}$  aufweist.

36. Alkali-, blei- und cadmiumfreie keramische Farbe nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche 33 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die keramische Farbe einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich von 20 bis  $300^{\circ}\text{C}$  von weniger als  $6,0 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$ , bevorzugt  $< 5,5 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$ , insbesondere bevorzugt  $< 5,0 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$ , ganz besonders bevorzugt im Bereich von 3 bis  $4,5 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$  aufweist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen