

(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  
15. Dezember 2016 (15.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/198678 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
**G02B 27/01** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/063406
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Juni 2016 (10.06.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
15171628.9 11. Juni 2015 (11.06.2015) EP
- (71) Anmelder: **SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE**  
[FR/FR]; 18, avenue d'Alsace, 92400 Courbevoie (FR).
- (72) Erfinder: **KREMERS, Stephan**; Pfarrer Henckenstraße 7, 52525 Heinsberg (DE). **ARNDT, Martin**; Beverstr. 6, 52066 Aachen (DE). **GOSEN, Stefan**; Kühlwetterstraße 8, 52072 Aachen (DE).
- (74) **Anwalt: GEBAUER, Dieter**; Splanemann Patentanwälte, Rumfördstraße 7, 80469 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) **Title:** PROJECTION ASSEMBLY FOR AN AUGMENTED REALITY HEAD-UP DISPLAY (HUD)

(54) **Bezeichnung :** PROJEKTIONSANORDNUNG FÜR EIN KONTAKTANALOGES HEAD-UP-DISPLAY (HUD)

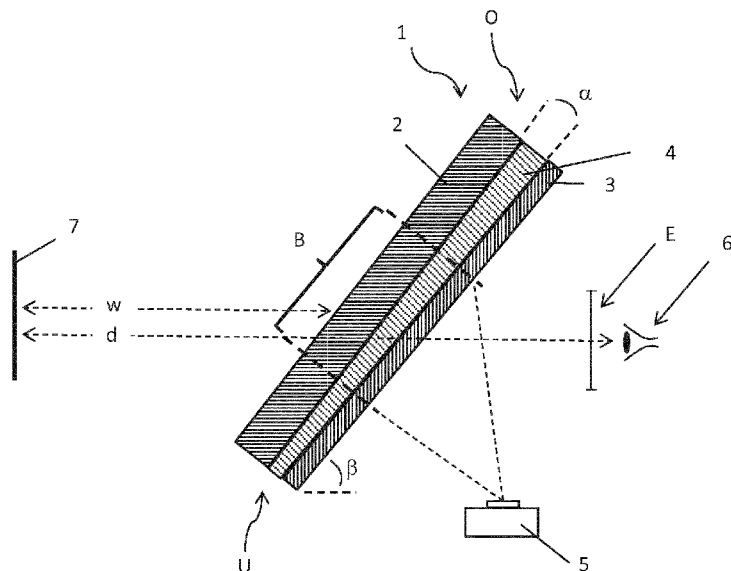


Fig. 2

(57) **Abstract:** The present invention relates to a projection assembly for a head-up display (HUD), the assembly at least comprising: - a vehicle windshield (1) comprising an outer pane (2) and an inner pane (3) interconnected by means of a thermoplastic intermediate layer (4), and an upper edge (O), a lower edge (U) and an HUD region (B), wherein the thickness of the thermoplastic intermediate layer (4) in its vertical extension between the upper edge (O) and the lower edge (U) is variable, at least in the HUD region (B) and has a wedge angle ( $\alpha$ ), and wherein the vehicle windshield (1) has an installation angle ranging between  $55^\circ$  and  $75^\circ$  and both the outer pane (2) and the inner pane (3) have a maximum thickness of 5 mm; and - a projector (5) that is oriented towards the HUD region (B) and generates a virtual image (7), which can be viewed by an observer (6), at a projection distance (d) of at least 5 m. The windshield (1) in the HUD region (B) has a vertical radius of curvature (R) of at least 6 m and the maximum wedge angle ( $\alpha$ ) is less than or equal to 0.3 mrad.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/198678 A1



---

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display (HUD), mindestens umfassend - eine Fahrzeug-Windschutzscheibe (1), umfassend eine Außenscheibe (2) und eine Innenscheibe (3), die über eine thermoplastische Zwischenschicht (4) miteinander verbunden sind, mit einer Oberkante (O) und einer Unterkante (U) und einem HUD-Bereich (B), wobei die Dicke der thermoplastischen Zwischenschicht (4) im vertikalen Verlauf zwischen der Oberkante (O) und der Unterkante (U) zumindest im HUD-Bereich (B) veränderlich ist mit einem Keilwinkel ( $\alpha$ ), wobei die Fahrzeug-Windschutzscheibe (1) einen Einbauwinkel im Bereich von  $55^\circ$  bis  $75^\circ$  aufweist, und wobei die Außenscheibe (2) und die Innenscheibe (3) jeweils eine Dicke von maximal 5 mm aufweisen; und - einen Projektor (5), der auf den HUD-Bereich (B) gerichtet ist und ein virtuelles Bild (7) erzeugt, das ein Betrachter (6) wahrnehmen kann, mit einer Projektionsdistanz (d) von mindestens 5 m, wobei die Windschutzscheibe (1) im HUD-Bereich (B) einen vertikalen Krümmungsradius (R) von mindestens 6 m aufweist und wobei der maximale Keilwinkel ( $\alpha$ ) kleiner oder gleich  $0,3$  mrad beträgt.

## Projektionsanordnung für ein kontaktanalogen Head-Up-Display (HUD)

Die Erfindung betrifft eine Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display (HUD), ein Verfahren zu deren Herstellung sowie die Verwendung einer Windschutzscheibe in einer solchen Projektionsanordnung.

Moderne Automobile werden in zunehmendem Maße mit sogenannten Head-Up-Displays (HUDs) ausgestattet. Mit einem Projektor, beispielsweise im Bereich des Armaturenbretts oder im Dachbereich, werden Bilder auf die Windschutzscheibe projiziert, dort reflektiert und vom Fahrer als virtuelles Bild (von ihm aus gesehen) hinter der Windschutzscheibe wahrgenommen. So können wichtige Informationen in das Blickfeld des Fahrers projiziert werden, beispielsweise die aktuelle Fahrtgeschwindigkeit, Navigations- oder Warnhinweise, die der Fahrer wahrnehmen kann, ohne seinen Blick von der Fahrbahn wenden zu müssen. Head-Up-Displays können so wesentlich zur Steigerung der Verkehrssicherheit beitragen.

Die Projektionsdistanz (Abstand zwischen virtuellem Bild und Fahrer) eines klassischen HUD zur Anzeige statischer Informationen beträgt typischerweise etwa 2 m.

Eine neuere Variante des HUD wird als kontaktanalogen HUD oder *Augmented Reality* HUD bezeichnet. Diese HUDs zeichnen sich durch einen größeren HUD-Bereich (Projektionsfläche auf der Scheibe) und eine deutlich größere Projektionsdistanz aus von mindestens 5 m, typischerweise sogar über 7 m. Kontaktanalogen HUDs eröffnen die Möglichkeit, nicht mehr nur abzulesende Informationen statisch auf die Scheibe zu projizieren, sondern die optische Information zur Kennzeichnung von Elementen der realen Fahrzeugumgebung zu verwenden – beispielhafte Anwendungen sind die optische Markierung von Fahrbahnbegrenzungen, das optische Hervorheben von Fußgängern am Straßenrand, Navigationshinweise direkt auf der Fahrbahn oder die Markierung von Fahrzeugen, die vom Fahrassistenzsystem erkannt worden sind. Die größere Projektionsdistanz wird durch eine größere optische Weglänge der Strahlen innerhalb des Projektors erzeugt, etwa durch zusätzliche Spiegel und ein größeres Volumen.

Kontaktanalogen HUDs sind beispielsweise bekannt aus DE102014001710A1, WO2014079567A1, US2013249942A1, US2014354692A1, US2014375816A1 und WO2013136374A1.

Bei HUDs tritt das grundsätzliche Problem auf, dass das Projektorbild an beiden Oberflächen der Windschutzscheibe reflektiert wird. Dadurch nimmt der Fahrer nicht nur das gewünschte Hauptbild wahr, sondern auch ein leicht versetztes, in der Regel intensitätsschwächeres Nebenbild. Letzteres wird gemeinhin auch als Geisterbild

bezeichnet. Dieses Problem wird im Allgemeinen dadurch gelöst, dass die reflektierenden Oberflächen mit einem bewusst gewählten Winkel zueinander angeordnet werden, so dass Hauptbild und Geisterbild überlagert werden, wodurch das Geisterbild nicht mehr störend auffällt. Der Keilwinkel beträgt bei herkömmlichen Verbundgläsern für Head-Up-Displays typischerweise etwa 0,5 mrad.

Windschutzscheiben bestehen aus zwei Glasscheiben, welche über eine thermoplastische Folie miteinander laminiert sind. Sollen die Oberflächen der Glasscheiben wie beschrieben in einem Winkel angeordnet werden, so ist es üblich, eine thermoplastische Folie mit nicht-konstanter Dicke zu verwenden. Man spricht auch von einer keilförmigen Folie oder Keilfolie. Der Winkel zwischen den beiden Oberflächen der Folie wird als Keilwinkel bezeichnet. Der Keilwinkel kann über die gesamte Folie konstant (lineare Dickenänderung) sein oder sich positionsabhängig ändern (nichtlineare Dickenänderung). Verbundgläser mit Keilfolien sind beispielsweise aus WO2009/071135A1, EP1800855B1 oder EP1880243A2 bekannt.

Keilfolien werden typischerweise mittels Extrusion hergestellt, wobei eine keilförmige Extrusionsdüse verwendet wird. Die Herstellung einer Keilfolie mit einem gewünschten Keilwinkel, welcher unter anderem von der konkreten Scheibengeometrie und der Projektionsanordnung des Head-Up-Displays abhängig ist, ist sehr teuer und aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display (HUD) mit einer verbesserten Windschutzscheibe bereitzustellen, welche kostengünstiger und einfacher herzustellen ist und durch welche die Problematik der Geisterbilder wirksam minimiert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Projektionsanordnung gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die erfindungsgemäße Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display (HUD) umfasst mindestens eine Fahrzeug-Windschutzscheibe (insbesondere eines Kraftfahrzeugs, beispielsweise eines Personenkraftwagens) und einen Projektor. Wie bei HUDs üblich bestrahlt der Projektor einen Bereich der Windschutzscheibe, wo die Strahlung in Richtung des Betrachters (Fahrers) reflektiert wird, wodurch ein virtuelles Bild erzeugt wird, welches der im Fahrzeug befindliche Betrachter von ihm aus gesehen hinter der Windschutzscheibe wahrnimmt. Der durch den Projektor bestrahlbare Bereich der Windschutzscheibe wird als HUD-Bereich bezeichnet. Der Projektor ist auf den HUD-Bereich gerichtet. Die Strahlrichtung des Projektors kann typischerweise durch Spiegel variiert werden,

insbesondere vertikal, um die Projektion an die Körpergröße des Betrachters anzupassen. Der Bereich, in dem sich die Augen des Betrachters bei gegebener Spiegelstellung befinden müssen, wird als Eyeboxfenster bezeichnet. Dieses Eyeboxfenster kann durch Verstellung der Spiegel vertikal verschoben werden, wobei der gesamte dadurch zugängliche Bereich  
5 (das heißt die Überlagerung aller möglichen Eyeboxfenster) als Eyebox bezeichnet wird. Ein innerhalb der Eyebox befindlicher Betrachter kann das virtuelle Bild wahrnehmen. Damit ist natürlich gemeint, dass sich die Augen des Betrachters innerhalb der Eyebox befinden müssen, nicht etwa der gesamte Körper. Der Strahl, der zwischen dem Projektor und der Mitte der Eyebox verläuft, wird gemeinhin als Mittenstrahl bezeichnet. Er ist ein  
10 charakteristischer Bezugsstrahl für die Konzeption einer HUD-Projektionsanordnung.

Die hier verwendeten Fachbegriffe aus dem Bereich der HUDs sind dem Fachmann allgemein bekannt. Für eine ausführliche Darstellung sei auf die Dissertation „Simulationsbasierte Messtechnik zur Prüfung von Head-Up Displays“ von Alexander  
15 Neumann am Institut für Informatik der Technischen Universität München (München: Universitätsbibliothek der TU München, 2012) verwiesen, insbesondere auf Kapitel 2 „Das Head-Up Display“.

Die Windschutzscheibe umfasst eine Außenscheibe und eine Innenscheibe, die über eine thermoplastische Zwischenschicht miteinander verbunden sind. Die Windschutzscheibe ist dafür vorgesehen, in einer Fensteröffnung eines Fahrzeugs den Innenraum gegenüber der  
20 äußeren Umgebung abzutrennen. Mit Innenscheibe wird im Sinne der Erfindung die dem Innenraum (Fahrzeuginnenraum) zugewandte Scheibe der Verbundscheibe bezeichnet. Mit Außenscheibe wird die der äußeren Umgebung zugewandte Scheibe bezeichnet.

25 Die Dicke der Zwischenschicht ist im vertikalen Verlauf zwischen der Oberkante und der Unterkante der Windschutzscheibe zumindest abschnittsweise veränderlich. Mit „abschnittsweise“ ist hier gemeint, dass der vertikale Verlauf zwischen Oberkante und Unterkante zumindest einen Abschnitt aufweist, in dem sich die Dicke der Zwischenschicht  
30 ortsabhängig ändert, die Zwischenschicht also einen Keilwinkel aufweist. Die Dicke der Zwischenschicht ist zumindest im HUD-Bereich veränderlich. Die Dicke kann sich aber auch in mehreren Abschnitten ändern oder im gesamten vertikalen Verlauf, beispielsweise von der Unterkante zur Oberkante im Wesentlichen stetig zunehmen. Mit vertikalem Verlauf ist der Verlauf zwischen Oberkante und Unterkante mit Verlaufsrichtung im Wesentlichen  
35 senkrecht zur Oberkante bezeichnet. Da die Oberkante bei Windschutzscheiben stark von einer Geraden abweichen kann, ist der vertikale Verlauf im Sinne der Erfindung präziser ausgedrückt senkrecht zu einer (geraden) Verbindungslinie zwischen den Ecken der

Oberkante ausgerichtet. Die Zwischenschicht weist zumindest abschnittsweise einen endlichen Keilwinkel auf, also einen Keilwinkel größer  $0^\circ$ , nämlich in dem Abschnitt, in dem die Dicke veränderlich ist. Mit Keilwinkel wird der Winkel zwischen den beiden Oberflächen der Zwischenschicht bezeichnet. Ist der Keilwinkel nicht konstant, so sind zu seiner  
5 Messung an einem Punkt die Tangenten an die Oberflächen heranzuziehen.

Das erfindungsgemäße Head-Up-Display ist ein sogenanntes kontaktanaloges HUD oder *Augmented Reality* HUD. Bei einem kontaktanalogen HUD wird nicht lediglich eine Information auf einen begrenzten Bereich der Windschutzscheibe projiziert, sondern  
10 Elemente der äußeren Umgebung in die Darstellung einbezogen. Beispiele hierfür sind die Markierung eines Fußgängers, die Anzeige des Abstands zu einem vorausfahrenden Fahrzeug oder die Projektion einer Navigationsangabe direkt auf die Fahrbahn, beispielsweise zur Markierung der zu wählenden Fahrspur. Das kontaktanaloge HUD wird dadurch von einem klassischen, statischen HUD unterschieden, dass die Projektionsdistanz  
15 mindestens 5 m beträgt. Bei einem statischen HUD ist die Projektionsdistanz deutlich geringer, typischerweise etwa 2 m. Mit Projektionsdistanz wird im Sinne der Erfindung der Abstand zwischen dem virtuellen Bild und dem Betrachter, also in der Regel der Kopf des Fahrers, bezeichnet. Die Projektionsdistanz beträgt bevorzugt mindestens 7 m. Die Projektionsdistanz beträgt bevorzugt höchstens 15 m.

20

Bei einer Projektionsanordnung eines kontaktanalogen HUDs ist die Projektionsdistanz für alle projizierten Bilder im Wesentlichen konstant. Auch Projektionen, die der Betrachter subjektiv mit unterschiedlichem Abstand wahrnehmen soll, haben in der Realität im Wesentlichen die gleiche Projektionsdistanz. Der subjektive Eindruck eines  
25 unterschiedlichen Abstands wird durch geometrische optische Effekte erreicht.

Der Abstand zwischen Windschutzscheibe und virtuellem Bild wird üblicherweise als Bildweite bezeichnet. Da typischerweise der Kopf des Fahrers einen Abstand von etwa einem Meter zur Windschutzscheibe aufweist, ist die Bildweite näherungsweise um 1 m  
30 geringer als die Projektionsdistanz. Alternativ zur Projektionsdistanz kann daher mit hinreichender Genauigkeit auch die Bildweite als Kriterium herangezogen werden. Die Bildweite beträgt demnach bevorzugt mindestens 4 m, besonders bevorzugt mindestens 6 m, und bevorzugt höchstens 14 m.

35 Der maximale Keilwinkel beträgt kleiner oder gleich  $0,3$  mrad. Dies ist erheblich kleiner als der typische Keilwinkel in herkömmlichen statischen HUDs (etwa  $0,5$  mrad). Mit dem

maximalen Keilwinkel wird der größte Keilwinkel bezeichnet, der in der Zwischenschicht auftritt, wobei eventuelle Extremwerte an den Kanten zu vernachlässigen sind.

Die erfindungsgemäße Windschutzscheibe weist im HUD-Bereich einen vertikalen Krümmungsradius von mindestens 6 m auf. Damit ist gemeint, dass im HUD-Bereich nur vertikale Krümmungsradien auftreten, welche größer oder gleich 6 m sind. Der vertikale Krümmungsradius bezieht sich dabei auf die Krümmung in der vertikalen Dimension der Scheibe zwischen Oberkante und Unterkante. Vertikal heißt senkrecht zur Oberkante in Richtung zur Unterkante, wobei die Oberkante, wenn sie von einer Geraden abweicht, als eine gerade Verbindungslinie zwischen den Ecken der Oberkante zu denken ist. Große Krümmungsradien entsprechen einer schwachen Krümmung, kleine Krümmungsradien einer starken Krümmung der Scheibe.

Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass die vergrößerte Projektionsdistanz des kontaktanalogen HUDs im Vergleich zum statischen HUD in Verbindung mit einer nicht zu starken Krümmung der Scheibe im HUD-Bereich gewährleistet, dass bei einem geringen Keilwinkel Hauptbild und Geisterbild wirksam überlagert werden. Bei Projektionsdistanzen ab 5 m und Krümmungsradien von mindestens 6 m sind Keilwinkeln von lediglich höchstens 0,3 mrad erforderlich. Die Erfindung ermöglicht also die Verwendung von thermoplastischen Folien mit nur geringen Keilwinkeln, welche kostengünstiger und einfacher herzustellen sind als Folien mit größeren Keilwinkeln. Solche Folien können nämlich durch Recken einer Folie mit konstanter Dicke gewonnen werden statt durch Extrusion.

Durch Brechung und Reflexion an den verschiedenen Oberflächen des Verbundglases können in Transmission Doppelbilder auftreten – Objekte, welche durch das Verbundglas betrachtet werden, erscheinen dabei doppelt. Dieser Effekt kann durch auf das HUD optimierte Keilfolien mit großen Keilwinkeln sogar verstärkt werden. Die Erfindung ermöglicht die Verwendung sehr geringer Keilwinkel, wodurch die Doppelbildproblematik in Transmission vermindert wird. Dies ist ein weiterer wichtiger Vorteil der Erfindung.

Neben der Projektionsdistanz und der Scheibenkrümmung haben weitere Faktoren Einfluss auf den erforderlichen Keilwinkel, darunter die Scheibendicke sowie der Einbauwinkel der Windschutzscheibe. Bei geeigneter Konzeption des HUDs können noch deutlich geringere Keilwinkel ausreichend sein. In einer bevorzugten Ausgestaltung beträgt der maximale Keilwinkel kleiner oder gleich 0,2 mrad, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 0,15 mrad, ganz besonders bevorzugt kleiner oder gleich 0,1 mrad. Je kleiner der Keilwinkel, desto

einfacher ist die Zwischenschicht herzustellen, und desto weniger stark ausgeprägt ist die Problematik der Doppelbilder in Transmission.

5 Der vertikale Krümmungsradius im HUD-Bereich beträgt bevorzugt von 6 m bis 10 m. Damit ist gemeint, dass im HUD-Bereich nur vertikale Krümmungsradien auftreten von 6 m bis 10 m. Damit werden gute Ergebnisse erzielt, ohne dass die Scheibe im HUD-Bereich zu flach ausgebildet werden muss, was in der Regel nicht erwünscht ist, beispielsweise aus Gründen der Ästhetik oder der Aerodynamik.

10 In einer bevorzugten Ausgestaltung beträgt der vertikale Krümmungsradius im HUD-Bereich mindestens 7 m, bevorzugt von 7 m bis 9 m, besonders bevorzugt von 7 m bis 8 m. Damit werden besonders gute Ergebnisse erzielt.

15 Die vertikalen Krümmungsradien der gesamten Windschutzscheibe liegen bevorzugt im Bereich von 1 m bis 20 m, besonders bevorzugt 2 m bis 15 m, insbesondere 3 m bis 13 m.

20 Der Keilwinkel kann im vertikalen Verlauf konstant sein, was zu einer linearen Dickenänderung der Zwischenschicht führt, wobei die Dicke typischerweise und bevorzugt von unten nach oben größer wird. Die Richtungsangabe „von unten nach oben“ bezeichnet die Richtung von Unterkante zu Oberkante. Es können aber auch komplexere Dickenprofile vorliegen, bei denen der Keilwinkel von unten nach oben veränderlich (das heißt im vertikalen Verlauf ortsabhängig) ist, linear oder nicht-linear.

25 Die Dicke der Zwischenschicht kann in horizontalen Schnitten (das heißt Schnitte etwa parallel zu Oberkante und Unterkante) konstant sein. Dann ist das Dickenprofil über die Breite des Verbundglases konstant. Die Dicke kann aber auch in horizontalen Schnitten veränderlich sein. Dann ist die Dicke nicht nur im vertikalen, sondern auch im horizontalen Verlauf veränderlich.

30 Die Zwischenschicht ist durch mindestens eine thermoplastische Folie ausgebildet. In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Keilwinkel durch Recken in der Folie erzeugt. Die keilförmige Folie ist nicht extrudiert, sondern ursprünglich als herkömmliche Folie mit im Wesentlichen konstanter Dicke bereitgestellt und durch Recken so umgeformt, dass sie den gewünschten Keilwinkel aufweist. Dies ist einfacher und kostengünstiger als die Herstellung  
35 durch Extrusion. Der Fachmann erkennt nachträglich, ob ein Keilwinkel durch Recken oder durch Extrusion ausgebildet ist, insbesondere am typischen Dickenverlauf in der Nähe der Unterkante und/oder Oberkante.

Der HUD-Bereich ist bei einem kontaktanalogen HUD typischerweise größer als bei einem klassischen statischen HUD. In einer bevorzugten Ausgestaltung beträgt die Fläche des erfindungsgemäßen HUD-Bereichs mindestens 7 % der Fläche der Windschutzscheibe, besonders bevorzugt mindestens 8 %. Die Fläche des HUD-Bereichs eines statischen HUDs beträgt typischerweise höchstens 4-5 % der Fläche der Windschutzscheibe. Beispielsweise beträgt die Fläche des HUD-Bereichs von 40 000 mm<sup>2</sup> bis 125 000 mm<sup>2</sup>.

Der Einbauwinkel der Windschutzscheibe liegt typischerweise im Bereich von 55° bis 75° zur Horizontalen, insbesondere von 58° bis 72°. Bei diesen Einbauwinkeln sind die erfindungsgemäßen Keilwinkel ohne Probleme realisierbar. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung beträgt der Einbauwinkel von 60° bis 68° zur Horizontalen, bevorzugt 63° bis 67°. Damit können besonders kleine Keilwinkel der Zwischenschicht erreicht werden.

Der Einstrahlwinkel des Mittenstrahls an der Windschutzscheibe liegt vorzugsweise im Bereich von 50° bis 75°, besonders bevorzugt im Bereich von 60° bis 70° und beträgt beispielsweise 65°. Der Einstrahlwinkel bemisst sich zur Richtung der Normalen auf die Windschutzscheibe.

Die Dicken der Außenscheibe und der Innenscheibe können grundsätzlich im Rahmen der fachüblichen Werte frei gewählt werden. Für herkömmliche Windschutzscheiben sind Dicken der Einzelscheiben im Bereich 1 mm bis 5 mm, insbesondere 1,2 mm bis 3 mm üblich. Damit sind die erfindungsgemäßen Keilwinkel problemlos realisierbar. Vorteilhaft haben die Einzelscheiben jeweils eine Dicke, die maximal 5 mm, vorzugsweise maximal 3 mm beträgt. Standardscheibendicken sind beispielsweise 2,1 mm oder 1,6 mm. Bevorzugte Dicken für die Außenscheibe und die Innenscheibe liegen im Bereich von 1,2 mm bis 2,6 mm, besonders bevorzugt von 1,4 mm bis 2,1 mm. Die Dicke der Außenscheibe und der Innenscheibe betragen in einer bevorzugten Ausgestaltung höchstens 2,6 mm, besonders bevorzugt höchstens 2,1 mm, weil dadurch vorteilhaft kleine Keilwinkel erforderlich sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist zumindest eine der Einzelscheiben der Windschutzscheibe eine geringere Dicke auf. Neben der Gewichtsersparnis hat dies den Vorteil, dass zur Kompensation des Geisterbilds ein noch geringerer Keilwinkel erforderlich ist, weil die reflektierenden Oberflächen näher beieinander liegen. Dadurch sind Hauptbild und Geisterbild weniger stark zueinander verschoben, so dass sie mit einem geringeren Keilwinkel in Deckung gebracht werden können.

Bevorzugt weist die Innenscheibe eine Dicke von kleiner als 1,2 mm auf. Die Außenscheibe ist dabei bevorzugt dicker als die Innenscheibe, wodurch trotz der geringeren Materialstärke eine ausreichende Stabilität der Windschutzscheibe erreicht wird. Die Dicke der Innenscheibe beträgt besonders bevorzugt von 0,3 mm bis 1,1 mm, ganz besonders  
5 bevorzugt von 0,5 mm bis 0,9 mm und insbesondere von 0,6 mm bis 0,8 mm.

Die Außenscheibe kann eine Dicke im herkömmlichen Bereich für Verbundgläser aufweisen, insbesondere im Bereich von 2,1 mm bis 3,0 mm, beispielsweise 2,1 mm oder 2,6 mm. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist auch die Außenscheibe eine dünnere  
10 Scheibe und weist eine Dicke von kleiner als 2,1 mm auf. Dadurch treten die vorstehend genannten Vorteile verstärkt auf.

Die Dicke der Außenscheibe beträgt bevorzugt von 1,2 mm bis 2,0 mm, besonders bevorzugt von 1,4 mm bis 1,8 mm, ganz besonders bevorzugt von 1,5 mm bis 1,7 mm. Mit diesen Dicken sind die Verbundgläser ausreichend stabil, um als Fahrzeugverglasung  
15 verwendet zu werden. Eine asymmetrische Kombination aus dickerer Außenscheibe und dünnerer Innenscheibe hat sich zur Steigerung von Steinschlagfestigkeit und Bruchfestigkeit bewährt.

Die Außenscheibe und die Innenscheibe können nicht-vorgespannte Scheiben sein. Alternativ kann aber die dünne Innenscheibe eine chemisch vorgespannte Scheibe sein. Beim chemischen Vorspannen wird durch Ionenaustausch die chemische  
20 Zusammensetzung des Glases im Bereich der Oberfläche verändert. Insbesondere ist die dickere Außenscheibe eine nicht-vorgespannte Scheibe und die dünnere Innenscheibe eine chemisch vorgespannte Scheibe.  
25

Die Innenscheibe und die Außenscheibe bestehen bevorzugt aus Glas, besonders bevorzugt aus Kalk-Natron-Glas, was sich für Fenstergläser bewährt hat. Die Scheiben können aber auch aus anderen Glassorten bestehen, beispielsweise Borosilikatglas oder  
30 Aluminosilikatglas. Die Scheiben können grundsätzlich alternativ aus Kunststoff gefertigt sein, insbesondere Polycarbonat oder PMMA.

Die Außenscheibe enthält bevorzugt Kalk-Natron-Glas, die Innenscheibe Kalk-Natron-Glas oder Aluminosilikatglas. Besonders bevorzugt besteht die Außenscheibe aus nicht-  
35 vorgespanntem Kalk-Natron-Glas und die Innenscheibe entweder ebenfalls aus nicht-vorgespanntem Kalk-Natron-Glas oder aus chemisch vorgespanntem Aluminosilikatglas. Aluminosilikat lässt sich effektiver chemisch vorspannen als Kalk-Natron-Glas.

Die Außenscheibe, die Innenscheibe und die thermoplastische Zwischenschicht können klar und farblos, aber auch getönt oder gefärbt sein. Die Gesamttransmission durch das Verbundglas beträgt in einer bevorzugten Ausgestaltung größer 70%, insbesondere wenn  
5 das Verbundglas eine Windschutzscheibe ist. Der Begriff Gesamttransmission bezieht sich auf das durch ECE-R 43, Anhang 3, § 9.1 festgelegte Verfahren zur Prüfung der Lichtdurchlässigkeit von Kraftfahrzeugscheiben.

Neben der vertikalen Krümmung zeichnet sich die Windschutzscheibe auch durch eine  
10 horizontale Krümmung aus. Diese hat jedoch einen untergeordneten Einfluss auf die Geisterbild-Problematik und ist daher nicht erfindungswesentlich. Sie kann fachüblich gewählt werden. Die Windschutzscheibe kann prinzipiell auch plan sein (das heißt einen unendlichen vertikalen und horizontalen Krümmungsradius aufweisen), beispielsweise wenn sie als Scheibe für Busse, Züge oder Traktoren vorgesehen ist.

Die Zwischenschicht weist bevorzugt eine Mindestdicke von 0,2 mm bis 2 mm auf, besonders bevorzugt von 0,3 mm bis 1 mm, ganz besonders bevorzugt von 0,5 mm bis 0,9 mm. Mit Mindestdicke wird die Dicke an der dünnsten Stelle der Zwischenschicht bezeichnet. Verbundgläser mit dünneren Zwischenschichten weisen häufig eine zu geringe  
20 Stabilität auf, um als Fahrzeugscheibe verwendet werden zu können. Thermoplastische Folien, insbesondere PVB-Folien werden in der Standarddicke 0,76 mm vertrieben. Aus diesen Folien lassen sich durch Recken vorteilhaft erfindungsgemäße Keilwinkel einbringen. Da die erfindungsgemäßen Keilwinkel sehr klein sind, wird die Folie lokal nicht so stark verdünnt, dass Probleme mit der Stabilität des Verbundglases auftreten.

Die Zwischenschicht enthält bevorzugt zumindest Polyvinylbutyral (PVB), Ethylvinylacetat (EVA), Polyurethan (PU) oder Gemische oder Copolymere oder Derivate davon enthält, besonders bevorzugt PVB. Die Zwischenschicht ist in einer bevorzugten Ausgestaltung aus einer PVB-Folie ausgebildet.

Die Zwischenschicht kann durch eine einzelne Folie ausgebildet sein oder auch durch mehr als eine Folie. In letzterem Fall muss mindestens eine der Folien mit dem Keilwinkel ausgebildet sein. Die Zwischenschicht kann auch aus einer sogenannten akustischen Folie ausgebildet sein, welche eine geräuschkämpfende Wirkung hat. Solche Folien bestehen  
35 typischerweise aus mindestens drei Lagen, wobei die mittlere Lage eine höhere Plastizität oder Elastizität aufweist als die sie umgebenden äußeren Lagen, beispielsweise infolge eines höheren Anteils an Weichmachern. Die Verwendung einer solchen

geräuschkämpfenden, mehrlagigen Folie dient bevorzugt der Verbesserung des akustischen Komforts. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Außen- und/oder Innenscheibe mit geringer Dicke ausgebildet sind und infolgedessen Geräusche weniger gut abschirmen können.

5

Die erfindungsgemäße Windschutzscheibe kann eine funktionelle Beschichtung aufweisen, beispielweise eine IR-reflektierende oder absorbierende Beschichtung, eine UV-reflektierende oder absorbierende Beschichtung, eine farbgebende Beschichtung, eine Beschichtung niedriger Emissivität, eine heizbare Beschichtung, eine Beschichtung mit Antennenfunktion, eine splitterbindende Beschichtung oder eine Beschichtung zur Abschirmung von elektromagnetischer Strahlung. Die funktionelle Beschichtung kann auf einer Oberfläche der Außenscheibe oder der Innenscheibe angeordnet sein, oder auch auf einer Einlagefolie in der Zwischenschicht, die beispielsweise aus Polyethylenterephthalat (PET) besteht.

15

Die Erfindung umfasst außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer Projektionsanordnung für ein HUD, welche insbesondere wie oben beschrieben ausgebildet ist, wobei die Projektionsanordnung umfasst:

- 20 - eine Fahrzeug-Windschutzscheibe, enthaltend eine Außenscheibe und eine Innenscheibe, die über eine thermoplastische Zwischenschicht miteinander verbunden sind, mit einer Oberkante und einer Unterkante und einem HUD-Bereich, wobei die Dicke der thermoplastischen Zwischenschicht im vertikalen Verlauf zwischen der Oberkante und der Unterkante zumindest im HUD-Bereich veränderlich ist mit einem Keilwinkel kleiner oder gleich  $0,3 \text{ mrad}$ ; und
- 25 - einen Projektor, der auf den HUD-Bereich gerichtet ist und ein virtuelles Bild erzeugt mit einer Projektionsdistanz von mindestens 5 m.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst mindestens die folgenden Verfahrensschritte:

- (a) Ermittlung des HUD-Bereichs der Windschutzscheibe;
- 30 (b) Erstellung eines Profils des vertikalen Krümmungsradius, wobei der vertikale Krümmungsradius im HUD-Bereich mindestens 6 m beträgt;
- (c) Herstellen der Windschutzscheibe mit dem Keilwinkel und dem ermittelten vertikalen Krümmungsradius;
- (d) relatives Anordnen von Windschutzscheibe und Projektor, wobei die
- 35 Projektionsanordnung entsteht.

Der besondere Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass bei der Konzeption der Projektionsanordnung das Krümmungsprofil der Windschutzscheibe einbezogen wird. Die vorstehend mit Bezug auf das Verbundglas beschriebenen bevorzugten Ausführungen gelten entsprechend für das erfindungsgemäße Verfahren.

5

Die Dicken der Scheiben sowie die Einbaulage stehen typischerweise bei der Konzeption des HUDs bereits fest. Auf dieser Grundlage kann auch theoretisch ein Keilwinkel bestimmt werden, so dass Geisterbilder optimal minimiert werden. Die Ermittlung des Keilwinkelverlaufs erfolgt durch fachübliche Simulationen. Ferner muss die relative Anordnung zwischen Windschutzscheibe und Projektor festgelegt sein. Da das Krümmungsprofil auch Auswirkungen auf das Geisterbild haben kann, kann zu diesem Zeitpunkt eine Anpassung des Keilwinkels nötig sein. Die endgültige Bestimmung der Scheibengeometrie mit Keilwinkel und Krümmungsprofil kann iterativ erfolgen, bis die Geisterproblematik minimiert ist. Die bislang beschriebenen Schritte erfolgen typischerweise in der Konzeptionsphase, typischerweise anhand der CAD-Daten der Fahrzeugs. Nachdem die endgültige Scheibengeometrie festgelegt wurde, kann die Scheibe hergestellt werden.

Die thermoplastische Zwischenschicht wird als mindestens eine Folie bereitgestellt. In einer bevorzugten Ausführung ist dies eine herkömmliche thermoplastische Folie, insbesondere PVB-Folie, mit (im Ausgangszustand) im Wesentlichen konstanter Dicke. Die veränderliche Dicke mit dem erfindungsgemäßen Keilwinkel wird bevorzugt durch Recken der Folie, das heißt mechanische Krafteinwirkung durch geeignetes Ziehen, eingebracht. Die erfindungsgemäßen geringen Keilwinkel können durch Recken erreicht werden, was deutlich kostengünstiger ist als eine Herstellung der Keilfolie durch Extrusion. Alternativ kann die thermoplastische Zwischenschicht auch durch Extrusion mittels einer keilförmigen Extrusionsdüse hergestellt werden.

Die Außenscheibe und die Innenscheibe werden vor der Lamination einem Biegeprozess unterzogen entsprechend dem ermittelten Krümmungsprofil. Bevorzugt werden die Außenscheibe und die Innenscheibe gemeinsam (d.h. zeitgleich und durch dasselbe Werkzeug) kongruent gebogen, weil dadurch die Form der Scheiben für die später erfolgende Laminierung optimal aufeinander abgestimmt sind. Typische Temperaturen für Glasbiegeprozesse betragen beispielsweise 500°C bis 700°C.

Soll die Innenscheibe mit einer chemischen Vorspannung versehen werden, so wird die Scheibe nach dem Biegen vorteilhafterweise langsam abgekühlt, bevorzugt bis zur Abkühlung auf eine Temperatur von 400 °C mit einer Abkühlrate von 0,05 °C/sec bis

0,5 °C/sec, um thermische Spannungen zu vermeiden. Es kann danach weiter abgekühlt werden, auch mit höheren Abkühlraten, weil unterhalb von 400 °C die Gefahr der Erzeugung thermischer Spannungen gering ist. Das chemische Vorspannen erfolgt bevorzugt bei einer Temperatur von 300 °C bis 600 °C, besonders bevorzugt von 400 °C bis 500 °C. Die Scheibe wird dabei mit einer Salzschnmelze behandelt, beispielsweise in die Salzschnmelze eingetaucht. Während der Behandlung werden insbesondere Natrium-Ionen des Glases durch größere Ionen, insbesondere größere Alkali-Ionen ausgetauscht, wobei die gewünschten Oberflächen-Druckspannungen entstehen. Die Salzschnmelze ist bevorzugt die Schnmelze eines Kaliumsalzes, besonders bevorzugt Kaliumnitrat (KNO<sub>3</sub>) oder Kaliumsulfat (KSO<sub>4</sub>), ganz besonders bevorzugt Kaliumnitrat (KNO<sub>3</sub>). Übliche Zeiten für die Dauer der Behandlung betragen von 2 Stunden bis 48 Stunden. Nach der Behandlung mit der Salzschnmelze wird die Scheibe auf Raumtemperatur abgekühlt. Anschließend wird die Scheibe gereinigt, bevorzugt mit Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Die Herstellung des Verbundglases durch Lamination erfolgt mit üblichen, dem Fachmann an sich bekannten Methoden, beispielsweise Autoklavverfahren, Vakuumsackverfahren, Vakuumringverfahren, Kalanderverfahren, Vakuumlaminatoren oder Kombinationen davon. Die Verbindung von Außenscheibe und Innenscheibe erfolgt dabei üblicherweise unter Einwirkung von Hitze, Vakuum und/oder Druck.

20

Anschließend werden Windschutzscheibe und Projektor relativ zueinander angeordnet, typischerweise durch Einbau von Windschutzscheibe und Projektor in die Fahrzeugkarosserie. So entsteht die erfindungsgemäße Projektionsanordnung.

Die erfindungsgemäße Projektionsanordnung wird bevorzugt in einem Fahrzeug als Head-Up-Display (HUD) verwendet, besonders bevorzugt in einem Kraftfahrzeug, ganz besonders bevorzugt in einem Personenkraftwagen.

Die Erfindung umfasst außerdem die Verwendung einer Fahrzeug-Windschutzscheibe, umfassend eine Außenscheibe und eine Innenscheibe, die über eine thermoplastische Zwischenschicht miteinander verbunden sind, wobei die Dicke der thermoplastischen Zwischenschicht im vertikalen Verlauf veränderlich ist mit einem Keilwinkel von kleiner oder gleich 0,3 mrad, die einen Bereich aufweist, in dem der vertikale Krümmungsradius mindestens 6 m beträgt, in einer Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display mit einer Projektionsdistanz von mindestens 5 m, wobei der HUD-Bereich der Windschutzscheibe vollständig innerhalb des besagten Bereichs mit dem vertikalen Krümmungsradius von mindestens 6 m angeordnet ist.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Zeichnung und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnung ist eine schematische Darstellung und nicht maßstabsgetreu. Die Zeichnung schränkt die Erfindung in keiner Weise ein.

5

Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf die Windschutzscheibe einer erfindungsgemäßen Projektionsanordnung,

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Projektionsanordnung und

10 

Fig. 3 ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

15 

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf eine Windschutzscheibe 1 einer erfindungsgemäßen Projektionsanordnung. Die Windschutzscheibe 1 hat eine Oberkante O, eine Unterkante U und zwei diese verbindende Seitenkanten. Die Oberkante O weist in Einbaulage nach oben zum Fahrzeugdach (Dachkante), die Unterkante U nach unten zum Motorraum (Motorkante). Die Windschutzscheibe 1 weist einen HUD-Bereich B auf, welcher in Einbaulage vom HUD-Projektor bestrahlbar ist und im Betrieb bestrahlt wird.

20 

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Projektionsanordnung, umfassend die Windschutzscheibe 1 aus Fig. 1 sowie einen HUD-Projektor 5. Die Windschutzscheibe 1 ist durch die Schnittlinie A-A' geschnitten. Die Windschutzscheibe 1 besteht aus einer Außenscheibe 2 und einer Innenscheibe 3, die über eine thermoplastische Zwischenschicht 4 miteinander verbunden sind. Die Windschutzscheibe 1 trennt den Fahrzeuginnenraum von der äußeren Umgebung, wobei die Außenscheibe 2 in Einbaulage der äußeren Umgebung zugewandt ist, die Innenscheibe 3 dem Fahrzeuginnenraum. Der Einbauwinkel  $\beta$  zur Horizontalen beträgt beispielsweise  $65^\circ$ .

30 

Die Außenscheibe 2 und die Innenscheibe 3 bestehen beispielsweise aus nicht-vorgespanntem Kalk-Natron-Glas. Die Außenscheibe 2 weist beispielsweise eine Dicke von 2,1 mm auf und die Innenscheibe 3 eine Dicke von 1,6 mm. Diese Scheiben sind für Windschutzscheiben gebräuchlich. Die Dicke der Zwischenschicht 4 nimmt im vertikalen Verlauf von der Unterkante U zur Oberkante O stetig zu mit einem im Wesentlichen konstanten Keilwinkel  $\alpha$  zwischen den beiden Oberflächen. Die Zwischenschicht 4 ist aus einer einzelnen Folie aus PVB ausgebildet. Die Dicke der Zwischenschicht 4 an der Oberkante O beträgt beispielsweise 1,0 mm und an der Unterkante U beispielsweise 0,76 mm. Durch die keilförmige Ausbildung der Zwischenschicht 4 werden die beiden Bilder, die

35

durch Reflexion des Projektorbildes an den beiden von der Zwischenschicht 4 abgewandten Oberflächen der Außenscheibe 2 und der Innenscheibe 3 erzeugt werden, miteinander überlagert. Störende Geisterbilder treten daher in geringerem Maße auf.

5 Der Projektor 5 ist auf den HUD-Bereich B gerichtet. In diesem Bereich sollen Bilder durch den Projektor 5 erzeugt werden. Das Projektorbild wird von der Windschutzscheibe 1 in Richtung des Betrachters 6 (Fahrzeugfahrer) reflektiert. Dadurch entsteht das virtuelle Bild 7, welches der im Fahrzeug befindliche Betrachter 6 von ihm aus gesehen hinter der Windschutzscheibe 1 wahrnimmt. Der Abstand zwischen dem Betrachter 6 und dem  
10 virtuellen Bild 7 wird als Projektionsdistanz  $d$  bezeichnet. Der Abstand zwischen der Windschutzscheibe 1 und dem virtuellen Bild 7 wird als Bildweite  $w$  bezeichnet.

Die erfindungsgemäße Projektionsanordnung ist ein sogenanntes kontaktanaloges HUD oder *Augmented Reality*-HUD, welches sich durch eine große Projektionsdistanz  $d$  von  
15 beispielsweise 10 m auszeichnet. Dies ermöglicht die Einbeziehung der Umgebung in die optische Darstellung, wodurch beispielsweise die zu wählende Fahrspur als Navigationshinweis für den Betrachter 6 scheinbar direkt auf die Fahrbahn projiziert werden kann. Neben der größeren Projektionsdistanz  $d$  unterscheidet sich das kontaktanaloge HUD vom klassischen HUD auch durch einen größeren HUD-Bereich B, dessen Fläche  
20 beispielsweise 9 % der Fläche der Windschutzscheibe 1 beträgt.

Der Bereich, innerhalb dessen sich die Augen des Betrachters 6 befinden müssen, um das virtuelle Bild wahrzunehmen, wird als Eyeboxfenster bezeichnet. Das Eyeboxfenster ist durch Spiegel im Projektor 5 vertikal verstellbar, um das HUD an Betrachter 6  
25 unterschiedlicher Körpergröße und Sitzposition anpassen zu können. Der gesamte zugängliche Bereich, innerhalb dessen das Eyebox-Fenster verschoben werden kann, wird als Eyebox E bezeichnet.

Die Windschutzscheibe 1 weist innerhalb des HUD-Bereichs B vertikale Krümmungsradien  
30  $R$  von mindestens 6 m auf, beispielsweise im Bereich von 8 m bis 9 m. Die Erfinder haben erkannt, dass die große Projektionsdistanz  $d$  in Verbindung mit den großen Krümmungsradien  $R$  im HUD-Bereich B nur einen sehr geringen Keilwinkel  $\alpha$  erforderlich macht, um Geisterbilder zu vermeiden. Der Keilwinkel  $\alpha$  beträgt beispielsweise 0,27 mrad. Ein solche geringer Keilwinkel  $\alpha$  kann durch Recken in einer herkömmlichen PVB-Folie mit  
35 im Wesentlichen konstanter Dicke von beispielweise 0,76 mm erzeugt werden. Die

Herstellung der Windschutzscheibe 1 wird dadurch wesentlich vereinfacht und kostengünstiger gestaltet als bei Verwendung einer durch Extrusion hergestellten Keilfolie.

Noch kleiner Keilwinkel  $\alpha$  können erreicht werden beispielsweise durch eine noch größere Projektionsdistanz  $d$  oder durch die Verwendung dünnerer Gläser für die Außenscheibe 2 und/oder die Innenscheibe 3. In einer alternativen Ausgestaltung sind die Außenscheibe 2 und die Innenscheibe 3 aus Dünnglas ausgebildet und weisen beispielsweise Dicken von 1,6 mm für die Außenscheibe 2 und 0,7 mm für die Innenscheibe 3 auf.

Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display. Aus den Konzeptionsdaten (CAD) des Fahrzeugs werden die Dicken der Außenscheibe 2, der Innenscheibe 3 und der Zwischenschicht 4 sowie die relative Anordnung von Windschutzscheibe 1 und Projektor 5 ermittelt. Aus der relativen Anordnung ergibt sich neben dem Einstrahlwinkel auch der HUD-Bereich B der Windschutzscheibe 1, welcher dem bestrahlten beziehungsweise bestrahlbaren Bereich entspricht. Ist der HUD-Bereich B ermittelt, so wird das Krümmungsprofil der Scheibe bestimmt. Erfindungsgemäß dürfen dabei im HUD-Bereich B nur vertikale Krümmungsradien  $R$  von mindestens 6 m auftreten. Die vertikalen Krümmungsradien  $R$  der übrigen Scheibe sowie die horizontalen Krümmungsradien können frei gewählt werden und sind in der Regel von Fahrzeughersteller vorgegeben (Fahrzeugdesign). Nun wird das theoretisch zu erwartende Geisterbild berechnet und der Keilwinkel  $\alpha$  der Zwischenschicht 4 so bestimmt, dass Hauptbild und Geisterbild überlagert werden. Die Gestaltung der Windschutzscheibe 1 ist damit festgelegt und sie wird mit den ermittelten Werten für die vertikalen Krümmungsradien  $R$  sowie dem Keilwinkel  $\alpha$  hergestellt mit fachüblichen Methoden. Der erfindungsgemäßen geringen Keilwinkel  $\alpha$  können besonders vorteilhaft durch Recken einer Standardfolie erreicht werden. Anschließend werden Windschutzscheibe 1 und Projektor 5 relativ zueinander angeordnet, wobei die Projektionsanordnung entsteht. Dies geschieht typischerweise durch Einbau von Windschutzscheibe 1 und Projektor 5 in die Fahrzeugkarosserie.

Beispiele

Die folgende Tabelle enthält Ergebnisse von Simulationen. Für unterschiedliche Dicken der Außenscheibe 2 und der Innenscheibe 3, unterschiedliche Projektionsdistanzen d und unterschiedliche minimale vertikale Krümmungsradien R im HUD-Bereich B wurden die Keilwinkel  $\alpha$  ermittelt, welche für eine Vermeidung von Geisterbildern erforderlich sind. Die relative Anordnung von Windschutzscheibe 1 und Projektor 5 wurde in allen Beispielen als konstant angenommen.

Dicke (2):(3) /mm	d /m	minimaler R /m	Einbauwinkel $\beta$ /°	Keilwinkel $\alpha$ /mrad
2,1:2,1	10	6	62,44	0,30
2,1:1,6	10	6	62,44	0,27
1,8:1,4	10	6	62,44	0,24
1,6:1,2	10	6	62,44	0,21
1,6:0,7	10	6	62,44	0,18
2,1:2,1	10	9,6	62,2	0,19
2,1:1,6	10	9,6	62,2	0,17
1,8:1,4	10	9,6	62,2	0,15
1,6:1,2	10	9,6	62,2	0,13
1,6:0,7	10	9,6	62,2	0,11
2,1:2,1	13	6	62,44	0,23
1,8:1,4	13	6	62,44	0,17
Vergleichsbeispiele				
2,1:2,1	4	6	62,44	0,43
1,8:1,4	4	6	62,44	0,35
2,1:2,1	4	9,6	62,2	0,45
1,8:1,4	4	9,6	62,2	0,36

10

In den erfindungsgemäßen Beispielen der ersten zwölf Zeilen (mit den erfindungsgemäßen Krümmungsradien R und den erfindungsgemäßen Projektionsdistanzen d) treten erfindungsgemäße Keilwinkel  $\alpha$  kleiner 0,3 mrad auf. Dass bei kontaktanalogen HUDs durch die geeignete Einstellung der Krümmungsradien der Windschutzscheibe 1 so geringe Keilwinkel  $\alpha$  erreicht werden können, war für den Fachmann unerwartet und überraschend.

15

Die letzten vier Zeilen beschreiben Vergleichsbeispiele, bei denen die Projektionsdistanz auf unter 5 m verkürzt ist. Dort treten Keilwinkel größer 0,3 mrad.

## Bezugszeichenliste:

- (1) Windschutzscheibe
- 5 (2) Außenscheibe
- (3) Innenscheibe
- (4) thermoplastische Zwischenschicht
- (5) Projektor
- 10 (6) Betrachter / Fahrzeugfahrer
- (7) virtuelles Bild
- (O) Oberkante der Windschutzscheibe 1
- (U) Unterkante der Windschutzscheibe 1
- 15 (B) HUD-Bereich der Windschutzscheibe 1
- $\alpha$  Keilwinkel der Zwischenschicht 4
- $\beta$  Einbauwinkel von 1 zur Horizontalen
- 20 R vertikaler Krümmungsradius der Windschutzscheibe 1
- d Projektionsdistanz / Abstand von 6 und 7
- w Bildweite / Abstand von 1 und 7
- (E) Eyebox
- 25 A-A' vertikale Schnittlinie

## Patentansprüche

1. Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display (HUD), mindestens umfassend
  - eine Fahrzeug-Windschutzscheibe (1), umfassend eine Außenscheibe (2) und eine Innenscheibe (3), die über eine thermoplastische Zwischenschicht (4) miteinander verbunden sind, mit einer Oberkante (O) und einer Unterkante (U) und einem HUD-Bereich (B), wobei die Dicke der thermoplastischen Zwischenschicht (4) im vertikalen Verlauf zwischen der Oberkante (O) und der Unterkante (U) zumindest im HUD-Bereich (B) veränderlich ist mit einem Keilwinkel ( $\alpha$ ), wobei die Fahrzeug-Windschutzscheibe (1) einen Einbauwinkel im Bereich von  $55^\circ$  bis  $75^\circ$  aufweist, und wobei die Außenscheibe (2) und die Innenscheibe (3) jeweils eine Dicke von maximal 5 mm aufweisen; und
  - einen Projektor (5), der auf den HUD-Bereich (B) gerichtet ist und ein virtuelles Bild (7) erzeugt, das ein Betrachter (6) wahrnehmen kann, mit einer Projektionsdistanz (d) von mindestens 5 m,wobei die Windschutzscheibe (1) im HUD-Bereich (B) einen vertikalen Krümmungsradius (R) von mindestens 6 m aufweist und wobei der maximale Keilwinkel ( $\alpha$ ) kleiner oder gleich 0,3 mrad beträgt.
2. Projektionsanordnung nach Anspruch 1, wobei der maximale Keilwinkel ( $\alpha$ ) kleiner oder gleich 0,2 mrad beträgt, bevorzugt kleiner oder gleich 0,15 mrad, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 0,1 mrad.
3. Projektionsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zwischenschicht (4) durch mindestens eine thermoplastische Folie ausgebildet ist, in welcher der Keilwinkel ( $\alpha$ ) durch Recken erzeugt ist.
4. Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der vertikale Krümmungsradius (R) im HUD-Bereich (B) von 6 m bis 10 m beträgt.
5. Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der vertikale Krümmungsradius (R) im HUD-Bereich (B) mindestens 7 m beträgt, bevorzugt von 7 m bis 9 m.

6. Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Außenscheibe (2) und die Innenscheibe (3) eine Dicke von höchstens 2,6 mm aufweisen, bevorzugt höchstens 2,1 mm.
- 5 7. Projektionsanordnung nach Anspruch 6, wobei die Innenscheibe (3) eine Dicke kleiner als 1,2 mm aufweist und die Außenscheibe (2) eine Dicke kleiner als 2,1 mm aufweist und wobei die Dicke der Innenscheibe (3) bevorzugt von 0,3 mm bis 1,1 mm beträgt, bevorzugt von 0,5 mm bis 0,9 mm, besonders bevorzugt von 0,6 mm bis 0,8 mm und  
10 wobei die Dicke der Außenscheibe (2) bevorzugt von 1,2 mm bis 2,0 mm beträgt, besonders bevorzugt von 1,4 mm bis 1,8 mm.
8. Projektionsanordnung nach Anspruch 7, wobei die Innenscheibe (3) eine chemisch vorgespannte Scheibe ist.
- 15 9. Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Zwischenschicht (4) eine Mindestdicke von 0,2 mm bis 2 mm, bevorzugt 0,3 mm bis 1 mm, besonders bevorzugt von 0,5 mm bis 0,9 mm aufweist.
- 20 10. Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Zwischenschicht (4) zumindest Polyvinylbutyral (PVB), Ethylenvinylacetat (EVA), Polyurethan (PU) oder Gemische oder Copolymere oder Derivate davon enthält.
- 25 11. Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Außenscheibe (2) Kalk-Natron-Glas enthält und wobei die Innenscheibe (3) Kalk-Natron-Glas oder Aluminosilikatglas enthält.
12. Projektionsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Zwischenschicht (4) als geräuschkämpfende, mehrlagige Folie ausgebildet ist.
- 30 13. Verfahren zur Herstellung einer Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display (HUD) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend  
- eine Fahrzeug-Windschutzscheibe (1), enthaltend eine Außenscheibe (2) und eine Innenscheibe (3), die über eine thermoplastische Zwischenschicht (4) miteinander verbunden sind, mit einer Oberkante (O) und einer Unterkante (U) und einem HUD-Bereich (B), wobei die Dicke der thermoplastischen Zwischenschicht (4) im vertikalen  
35

Verlauf zwischen der Oberkante (O) und der Unterkante (U) zumindest im HUD-Bereich (B) veränderlich ist mit einem Keilwinkel ( $\alpha$ ) kleiner oder gleich 0,3 mrad; und  
- einen Projektor (5), der auf den HUD-Bereich (B) gerichtet ist und ein virtuelles Bild (7) erzeugt mit einer Projektionsdistanz (d) von mindestens 5 m;

5 wobei das Verfahren mindestens die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

(a) Ermittlung des HUD-Bereichs (B) der Windschutzscheibe (1);

(b) Erstellung eines Profils des vertikalen Krümmungsradius (R), wobei der vertikale Krümmungsradius (R) im HUD-Bereich (B) mindestens 6 m beträgt;

10 (c) Herstellen der Windschutzscheibe (1) mit dem Keilwinkel ( $\alpha$ ) und dem ermittelten vertikalen Krümmungsradius (R);

(d) relatives Anordnen von Windschutzscheibe (1) und Projektor (5), wobei die Projektionsanordnung entsteht.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Keilwinkel ( $\alpha$ ) durch Recken in eine  
15 thermoplastische Folie konstanter Dicke eingebracht wird.

15. Verwendung einer Fahrzeug-Windschutzscheibe (1), umfassend eine Außenscheibe (2) und eine Innenscheibe (3), die über eine thermoplastische Zwischenschicht (4) miteinander verbunden sind, wobei die Dicke der thermoplastischen Zwischenschicht (4) im vertikalen Verlauf veränderlich ist mit einem Keilwinkel ( $\alpha$ ) von kleiner oder  
20 gleich 0,3 mrad, die einen Bereich aufweist, in dem der vertikale Krümmungsradius (R) mindestens 6 m beträgt, in einer Projektionsanordnung für ein Head-Up-Display mit einer Projektionsdistanz (d) von mindestens 5 m, wobei der HUD-Bereich (B) der Windschutzscheibe (1) vollständig innerhalb des besagten Bereichs mit dem vertikalen  
25 Krümmungsradius (R) von mindestens 6 m angeordnet ist.

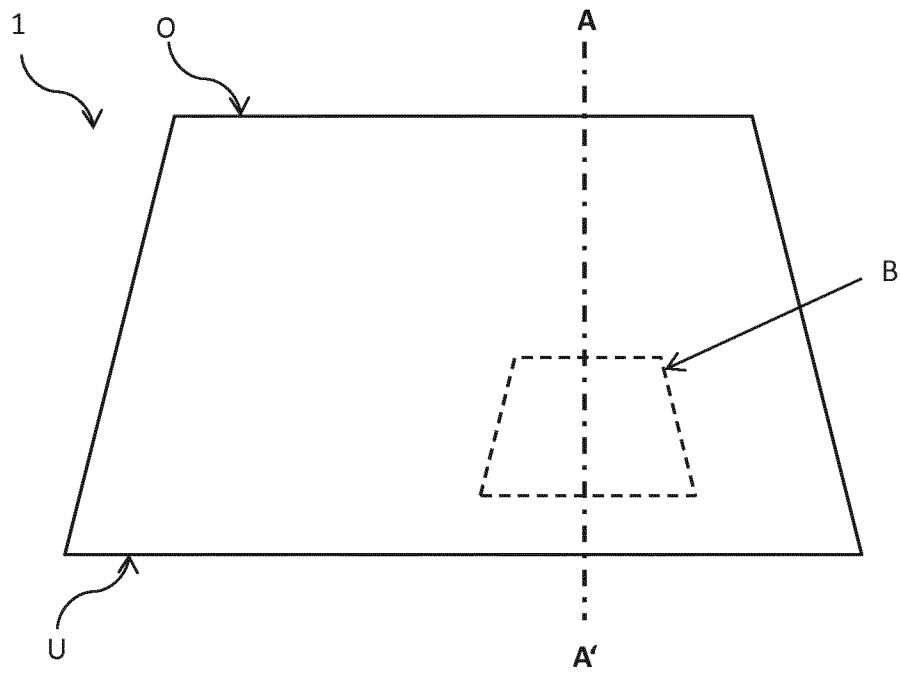
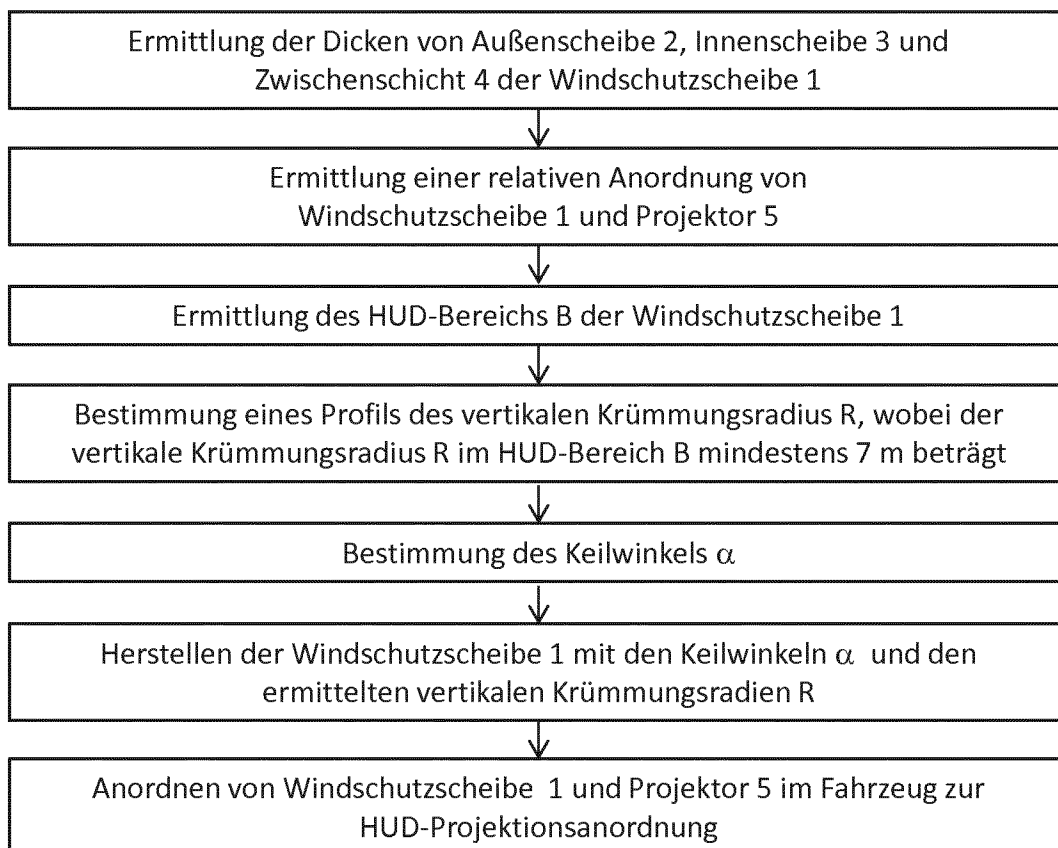


Fig. 1



**Fig. 3**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/063406

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G02B27/01  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G02B  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009/071135 A1 (SAINT GOBAIN [FR]; LABROT MICHAEL [DE]; OFFERMANN VOLKMAR [DE]; DE SAL) 11 June 2009 (2009-06-11) cited in the application	1,13,15
Y	pages 2,3,4,9 - page 15; figures 1,5,6	2-12,14
Y	US 2005/142332 A1 (SAUER GERD [DE]) 30 June 2005 (2005-06-30) paragraph [0016] - paragraph [0026]; figures 2,3	3,10,14
Y	US 2007/009714 A1 (LEE DAVID J [US] ET AL) 11 January 2007 (2007-01-11) paragraphs [0008], [0073] - paragraphs [0083], [0090], [0142], [0155]; figures 1,2	2,6,7,9
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search <b>13 September 2016</b>	Date of mailing of the international search report <b>21/09/2016</b>
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Feeney, Orla</b>
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/063406

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011 207645 A (NIPPON SHEET GLASS CO LTD) 20 October 2011 (2011-10-20) paragraphs [0031], [0042]; figures 1,4,10 -----	4,5
Y	US 2012/094084 A1 (FISHER WILLIAM KEITH [US] ET AL) 19 April 2012 (2012-04-19) paragraphs [0002], [0028] - paragraphs [0030], [0040] -----	8,11,12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2016/063406

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2009071135	A1	11-06-2009	CN 101888927 A	17-11-2010
			EP 2217438 A1	18-08-2010
			JP 5315358 B2	16-10-2013
			JP 5793539 B2	14-10-2015
			JP 2011505330 A	24-02-2011
			JP 2014024752 A	06-02-2014
			KR 20100094987 A	27-08-2010
			US 2010314900 A1	16-12-2010
			WO 2009071135 A1	11-06-2009
			-----	
US 2005142332	A1	30-06-2005	AT 254293 T	15-11-2003
			BR 9802589 A	19-12-2000
			CZ 9802350 A3	17-02-1999
			EP 0893726 A1	27-01-1999
			ES 2210686 T3	01-07-2004
			JP 4890667 B2	07-03-2012
			JP H11130481 A	18-05-1999
			PL 327622 A1	01-02-1999
			PT 893726 E	30-04-2004
			US 2002086141 A1	04-07-2002
			US 2002172804 A1	21-11-2002
			US 2005142332 A1	30-06-2005
			-----	
US 2007009714	A1	11-01-2007	EP 1880243 A2	23-01-2008
			JP 2008544878 A	11-12-2008
			KR 20080021011 A	06-03-2008
			US 2007009714 A1	11-01-2007
			WO 2006122305 A2	16-11-2006
-----				
JP 2011207645	A	20-10-2011	NONE	
-----				
US 2012094084	A1	19-04-2012	CN 103153607 A	12-06-2013
			EP 2627506 A1	21-08-2013
			JP 5981925 B2	31-08-2016
			JP 2013540621 A	07-11-2013
			KR 20130121109 A	05-11-2013
			TW 201231264 A	01-08-2012
			US 2012094084 A1	19-04-2012
			WO 2012051038 A1	19-04-2012
-----				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G02B27/01 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) G02B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/071135 A1 (SAINT GOBAIN [FR]; LABROT MICHAEL [DE]; OFFERMANN VOLKMAR [DE]; DE SAL) 11. Juni 2009 (2009-06-11) in der Anmeldung erwähnt	1,13,15
Y	Seiten 2,3,4,9 - Seite 15; Abbildungen 1,5,6	2-12,14
Y	----- US 2005/142332 A1 (SAUER GERD [DE]) 30. Juni 2005 (2005-06-30) Absatz [0016] - Absatz [0026]; Abbildungen 2,3	3,10,14
Y	----- US 2007/009714 A1 (LEE DAVID J [US] ET AL) 11. Januar 2007 (2007-01-11) Absätze [0008], [0073] - Absätze [0083], [0090], [0142], [0155]; Abbildungen 1,2 ----- -/--	2,6,7,9
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
13. September 2016		21/09/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Feeney, Orla

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	JP 2011 207645 A (NIPPON SHEET GLASS CO LTD) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) Absätze [0031], [0042]; Abbildungen 1,4,10	4,5
Y	----- US 2012/094084 A1 (FISHER WILLIAM KEITH [US] ET AL) 19. April 2012 (2012-04-19) Absätze [0002], [0028] - Absätze [0030], [0040] -----	8,11,12

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/063406

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009071135 A1	11-06-2009	CN 101888927 A	17-11-2010
		EP 2217438 A1	18-08-2010
		JP 5315358 B2	16-10-2013
		JP 5793539 B2	14-10-2015
		JP 2011505330 A	24-02-2011
		JP 2014024752 A	06-02-2014
		KR 20100094987 A	27-08-2010
		US 2010314900 A1	16-12-2010
		WO 2009071135 A1	11-06-2009
		US 2005142332 A1	30-06-2005
BR 9802589 A	19-12-2000		
CZ 9802350 A3	17-02-1999		
EP 0893726 A1	27-01-1999		
ES 2210686 T3	01-07-2004		
JP 4890667 B2	07-03-2012		
JP H11130481 A	18-05-1999		
PL 327622 A1	01-02-1999		
PT 893726 E	30-04-2004		
US 2002086141 A1	04-07-2002		
US 2002172804 A1	21-11-2002		
US 2005142332 A1	30-06-2005		
US 2007009714 A1	11-01-2007		
		JP 2008544878 A	11-12-2008
		KR 20080021011 A	06-03-2008
		US 2007009714 A1	11-01-2007
		WO 2006122305 A2	16-11-2006
JP 2011207645 A	20-10-2011	KEINE	
US 2012094084 A1	19-04-2012	CN 103153607 A	12-06-2013
		EP 2627506 A1	21-08-2013
		JP 5981925 B2	31-08-2016
		JP 2013540621 A	07-11-2013
		KR 20130121109 A	05-11-2013
		TW 201231264 A	01-08-2012
		US 2012094084 A1	19-04-2012
		WO 2012051038 A1	19-04-2012