



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 012 011 A1** 2006.09.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 012 011.3**

(22) Anmeldetag: **16.03.2005**

(43) Offenlegungstag: **28.09.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 27/01 (2006.01)**
B60K 35/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:
Dobschal, Hans-Jürgen, 99510 Kleinromstedt, DE;
Jahn, Dirk, 07743 Jena, DE

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

DE 103 46 884 A1

DE 690 09 569 T2

US 65 74 048 B2

US 58 05 119 A

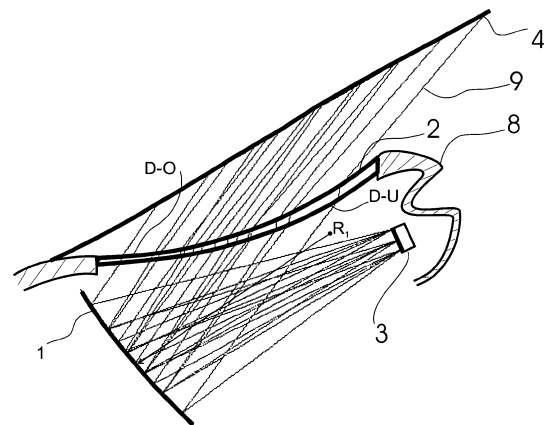
US 49 61 625

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Projektionseinheit für ein Head-Up-Display**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Projektionseinheit für ein Head-Up-Display, bestehend aus einem Bildgeber (3) sowie einem Spiegel (1) und einer refraktiven Linse (2), welche in Lichtausbreitungsrichtung nacheinander in einem Gehäuse angeordnet sind, wobei der Strahlengang (9) auf eine Windschutzscheibe (4) gerichtet ist. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Spiegel (1) eine konkave Reflexionsfläche hat und die Linse (2) zumindest auf einer der optisch wirksamen Flächen (D-U und/oder D-O) eine Freiformfläche aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Projektionseinheit für ein Head-Up-Display, bestehend aus einem Bildgeber sowie einem Spiegel und einer refraktiven Linse, welche in Lichtausbreitungsrichtung nacheinander in einem Gehäuse angeordnet sind, wobei der Strahlengang auf eine Windschutzscheibe gerichtet ist. Anwendung findet eine solche Anordnung vornehmlich im Automobilbau, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein.

Stand der Technik

[0002] In der EP 0 377 773 B1 wird eine Anzeigeeinrichtung für ein Head-Up-Display gezeigt, welche einen Bildgeber, ein Spiegelement und eine transparente Abdeckung enthält. Über die abbildenden Eigenschaften sind keine Ausführungen gemacht. Jedoch ist den Figuren zu entnehmen, daß das Spiegelement plan ist sowie die Abdeckung planparallel und zur Windschutzscheibe hin konvex gewölbt ist.

[0003] In der DE 695 06 174 T2 wird eine Head-Up-Display beschrieben, welches einen Bildgeber und einen asphärischen Spiegel verwendet. Hier sind über die abbildenden Eigenschaften sind keine Ausführungen gemacht.

[0004] In der EP 0 643 315 B1 wird ein Head-Up-Display beschrieben. Welches aus einem Bildgeber einem planen Umlenkspiegel und einer Linse besteht, wobei die Linse die Hutze eines KFZ abdeckt. Auch hier sind über die abbildenden Eigenschaften sind keine Ausführungen gemacht.

[0005] Des Weiteren sind in DE 69120575T2, EP 0486165A1 und EP 1291701A1 weitere Anordnungen für ein Head-Up-Display beschrieben, welche mit zwei oder mehr Spiegeln realisierbar sind. In der Praxis zeigt sich dabei, daß die Verwendung von mehreren Spiegeln einen erheblichen Bauraum erfordert, so daß die Anforderungen insbesondere für Anwendungen im PKW nur mit großen Schwierigkeiten erfüllt werden können.

[0006] Die Hauptfunktion von optischen Elementen in einem Head-Up-Display ist es, daß die Größe des Bildgebers über eine optische Abbildung in die Größe des gewünschten Bildes transformiert wird und/oder eine Faltung des Strahlenganges erfolgt.

[0007] Das von einem bildgebenden Element ausgehende Licht gelangt über mindestens zwei Spiegel und den Reflex an der Windschutzscheibe des Autos zu den Augen des Fahrers und erzeugt in ca. 2–3m Abstand vor dem Fahrer ein Bild, das leicht unterhalb der eigentlichen während der Fahrt benutzten Blickrichtung liegt. Dadurch ist ein entspanntes gleichzeitiges Betrachten der Umwelt und der zusätzlich eingespielten Informationen möglich.

[0008] Wesentliche Qualitätsmerkmale einer solchen Abbildung sind:

- Bildfeldgröße
- Eyeboxgröße (hiermit ist das Gebiet in Augenhöhe gemeint, von dem aus der Fahrer auch während einer Bewegung des Kopfes das Bild noch sehen kann)
- Verzeichnungsfreiheit
- Auflösung
- Helligkeit

[0009] Da die Windschutzscheibe (WSS) keine klassisch reguläre Oberflächenform besitzt, für die Abbildung aber mit verwendet wird, ist es notwendig, die Abbildungsfehler der WSS mit zu korrigieren. Dies läßt sich im Falle der Verwendung von maximal 4 Spiegeln nur dadurch bewerkstelligen, daß einige Spiegel als Freiformspiegel ausgeführt werden müssen. Die einfachsten Systeme dieser Art bestehen daher aus mindestens zwei Freiformspiegeln. Freiformspiegel sind aber sehr kostenintensiv in der Herstellung und da es sich um Reflexionen handelt auch besonders toleranzempfindlich bezüglich Oberflächenform und Einbaugenauigkeit.

Aufgabenstellung

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine vergleichsweise besonders einfache optische Anordnung für ein Head-Up-Display zu schaffen, bei dem der Bauraum minimiert wird. Dabei sollen der Aufbau toleranzunempfindlich sein und die Freiheitsgrade zur Dimensionierung des Head-Up-Displays möglichst wenig eingeschränkt werden. Die Bildqualität soll dabei optimiert werden.

[0011] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Spiegel eine konkave Reflexionsfläche

hat und zumindest eine der optisch wirksamen Flächen der Linse eine Freiformfläche ist.

[0012] Im Zusammenhang mit dieser Erfindung wird als Freiformfläche eine transparente, optisch wirksame Fläche bezeichnet, zu deren geometrischer Definition mehr als eine Radienangabe erforderlich ist.

[0013] Die Unteransprüche sind vorteilhafte Ausgestaltungen des Hauptanspruches 1. Vorzugsweise hat die Linse einen Zylinderform-Anteil, der sich quer zur Fahrtrichtung des Fahrzeuges erstreckt. Die zweckmäßigste Ausführung der Erfindung wird darin gesehen, daß die Linse eine konkav-konvexe Linse ist, die einen Zylinderform-Anteil hat. Die der Windschutzscheibe zugewandte Oberfläche D-O der zylinderförmigen Linse ist konkav und die Zylinderfläche hat einen Radius R_2 , wobei der Zylinder in X-Richtung vom Fahrer zum Beifahrer hin verläuft. Weiterhin ist nur die dem Spiegel zugewandte Oberfläche D-U der zylinderförmigen Linse eine Freiformfläche, welche durch einen Koeffizientensatz beschrieben ist.

[0014] Falls erforderlich können zwischen dem Spiegel mit dem Radius R_1 und dem Bildgeber weitere sphärische oder plane Spiegel zur Strahlfaltung und Strahlformung angeordnet werden.

[0015] In der Erfindung wird ein Aufbau vorgestellt, der mit vergleichsweise einfachen Mitteln die oben beschriebenen Nachteile des Standes der Technik deutlich mindert.

[0016] Die Kernidee der Erfindung besteht darin, die Funktion der Freiformfläche nicht mehr auf die Spiegel sondern auf das transmittive Deckglas zu legen und alle weiteren reflektiven Bauelemente nur als normale einfache sphärische Spiegel auszuführen. Ein Deckglas zum Abdichten der optischen Öffnung in der Hutze ist auch bei allen bisherig bekannten Systemen bereits enthalten und wird dort meist bezüglich Oberflächenform und Einbaulage so ausgestaltet, daß möglichst kein Reflexlicht in das menschliche Auge gelangen kann. Eine vorteilhaft klassische Ausführungsform ist zum Beispiel ein konzentrischer zylindrischer Meniskus mit einer 15grd-Verkipfung gegenüber dem Hauptstrahl mit Meniskenradien von ca. 300 mm. Um die vorteilhafte Reflexunterdrückung weiterhin benutzen zu können, läßt man die Einbaulage und Krümmungsradien weiterhin etwa wie bisher und addiert zumindest auf die untere Seite des Abdeckglases eine Freiformflächenfunktion, welche die erforderliche Abbildungsleistung zusammen mit den weiteren sphärischen Bauelementen erbringt. Diese Anordnung hat mehrere wesentliche Vorteile:

1. geringerer Bauraum im Amaturenbrett
2. toleranzunempfindlicher, da die Freiformfläche in Transmission verwendet wird und außerdem insgesamt weniger Bauelemente notwendig sind
3. es ist kein reflektives Freiformelement notwendig
4. gleichzeitige Ermöglichung von sehr großen Bild- und Eyeboxgrößen bei sehr guter Verzeichniskorrektur über dem gesamten Eyeboxgebiet

[0017] Insbesondere ist es mittels der Erfindung möglich, neben dem Deckglas mit nur einem optischen Abbildungselement in Form eines sphärischen Spiegels auszukommen wodurch ein enormer Bauraum- und Kostengewinn entsteht. Die geringeren hierbei notwendigen Ablenkwinkel am sphärischen Spiegel wirken sich sehr positiv auf die Gesamtabbildungsleistung aus, welche deutlich besser als bei den bisher bekannten klassischen Mehrspiegelsystemen ist.

Ausführungsbeispiel

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von Figuren beschrieben.

[0019] Es zeigen:

[0020] [Fig. 1](#): Optisches System für ein Head-Up-Display mit einem Spiegel und zylinderförmiger Linse in der Hutze

[0021] [Fig. 2](#): Strahlengang im optischen System nach [Fig. 1](#)

[0022] [Fig. 3](#): Optisches System für ein Head-Up-Display mit zwei Spiegeln und zylinderförmiger Linse in der Hutze.

[0023] Die [Fig. 1](#) zeigt den Aufbau eines optischen Systems für ein Head-Up-Display schematisch. Ein Bildgeber **3** ist in einem Abstand vor einem sphärischen Spiegel **1** angeordnet, welcher eine konkave Krümmung mit einem Radius R_1 hat. Dieser Spiegel **1** faltet den Strahlengang und hat eine abbildende Wirkung. Der Spie-

gel **1** lenkt den Strahlengang **9** in Richtung Windschutzscheibe **4** durch eine zylinderförmige Linse **2** hindurch. Die zylinderförmige Linse **2** hat gleichzeitig die Funktion als Abdeckung, welche die Öffnung in der Hutze **8** abschließt.

[0024] Der Bildgeber **3** kann beispielsweise eine Lampe, einen Laser oder LED als Lichtquelle enthalten und beispielsweise vom DLP, LCOS oder LCD-Typ sein. Der Bildgeber kann aber auch selbst Licht erzeugen und beispielsweise ein Plasma-Panel sein.

[0025] Die Koordinaten der Bauelemente sind im nachfolgenden auf ein globales Koordinatensystem bezogen. Der Ursprung dieses Koordinatensystem befindet sich in der vorderen Fahrzeugachse. Die positive Z-Achse zeigt entgegen der Fahrtrichtung, die positive X-Achse zeigt vom Fahrer zum Beifahrer und die positive Y-Achse vertikal nach oben.

[0026] Im Beispiel hat das generierte Bild eine Größe von 258 × 107 mm in einem Abstand von 2400mm zur Eyebox.

[0027] Die Eyeboxgröße beträgt 160 × 120 mm und die Bildgebergröße beträgt 44,5 × 18,5 mm. Die Koordinaten der Bauelemente bezüglich des globalen Koordinatensystems sind wie folgend bestimmt:

| | X | Y | Z | α | β | γ |
|--------|------------|-----------|------------|-----------|---------|----------|
| Bild | -356,44463 | 557,58814 | 1768,36577 | 7,046 | 0,89 | 0,0 |
| Eyebox | -394,5 | 858,084 | 4199,57 | 7,046 | 0,0 | 0,0 |
| WSS | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| D-O | -364,48 | 660,844 | 3356,77 | -75,0 | 0,0 | 0,0 |
| D-U | -409,11063 | 655,844 | 3361,0459 | -75,0 | 0,0 | 0,0 |
| S | -312,19744 | 570,13337 | 3295,502 | -140,2064 | -3,9591 | -1,4515 |
| TFT | -325,94383 | 663,81838 | 3509,69942 | -160,9170 | -2.9841 | -4,7356 |

[0028] Die Abkürzungen bedeuten:

- WSS: Windschutzscheibe **4**
- D-O: die der Windschutzscheibe **4** zugewandte Fläche der zylinderförmigen Linse **2**
- D-U: die dem Spiegel **1** zugewandten Fläche der zylinderförmigen Linse **2**
- S: Spiegel **1**
- TFT: Bildgeber **3**
- X, Y, Z: globale Koordinaten
- α , β , γ : Drehung um X-, Y-, Z-Achse im globalen Koordinatensystem

[0029] Die Aperturbereiche bezüglich des jeweiligen flächeneigenen Koordinatensystems sind:

| | X | Y | delta-X | delta-y |
|-----|-----|-----|---------|---------|
| WSS | 194 | 153 | -381,3 | 764,3 |
| D-O | 197 | 230 | -3,9 | 26,2 |
| D-U | 197 | 230 | 41,3 | 20,8 |
| S | 195 | 137 | -43,7 | -1,9 |

[0030] Der Koeffizientensatz der Freiformflächenapproximation, der die Oberflächenform der Windschutzscheibe beschreibt ist beispielsweise:

X: 1,1835E+00 Y: 1,3870E+01 X₂: 4,7153E-03
 XY: 5,8758E-04 Y₂: -2,4067E-02 X₃: 3,3032E-06
 X₂Y: -6,6339E-06 XY₂: -5,0403E-06 Y₃: 1,9688E-05
 X₄: 2,1657E-09 X₃Y: -3,0617E-10 X₂Y₂: 3,8752E-09
 XY₃: 3,7403E-09 Y₄: -5,6020E-09

[0031] Der Spiegel **1** hat einen sphärischen Radius $R_1 = 616,5$ mm (CC) konkav Die zylinderförmige Linse **2** ist aus dem Material BK7. Deren der Windschutzscheibe **4** zugewandte Oberfläche D-O ist eine Zylinderfläche mit dem Radius $R_2 = 350$ mm konkav

[0032] Die dem Spiegel zugewandte Oberfläche D-U der zylinderförmigen Linse **2** ist eine Freiformfläche, die durch nachfolgenden Koeffizientensatz beschrieben ist:

X: 5,7331E-03 Y: 1,3933E-02
 X₂: -5,5924E-05 XY: 1,4698E-04 Y₂: -1,3483E-03
 X₃: -1,0048E-06 X₂Y: -5,9218E-07 XY₂: -4,4575E-07
 Y₃: -8,5050E-07 X₄: 2,2939E-09 X₃Y: 2,1946E-09
 X₂Y₂: 5,2100E-09 XY₃: -2,3643E-10 Y₄: -2,3503E-09
 X₄Y: -5,3211E-12 X₃Y₂: -2,6807E-12 X₂Y₃: -3,5541E-11
 XY₄: -8,4157E-12

[0033] Die Freiformfläche ist durch folgendes Polynom gekennzeichnet:

$$z := \sum_{i=0}^N c_{i,j} \cdot x^i \cdot y^j$$

[0034] Die oben angegeben Koeffizientenwerte sind nach folgendem Schema angegeben:

$X^m Y^n$ bezeichnet den c-Koeffizient, der vor dem Polynomglied mit der m-ten Potenz von x und n-ten Potenz von y steht.

[0035] [Fig. 2](#) stellt den Strahlenverlauf der Anordnung gemäß [Fig. 1](#) vergrößert graphisch dar.

[0036] Es wird nun ein weiteres Beispiel beschrieben, bei dem die beiden optischen Flächen D-O und D-U der zylinderförmigen Linse **2**, die auch der Abdeckung der Öffnung in der Hutze **8** dient, als Freiformflächen ausgebildet sind.

[0037] Das generierte Bild hat eine Größe von 258×107 mm in einem Abstand von 2400 mm zur Eyebox. Die Größe der Eyebox beträgt 160×120 mm, die Größe des Bildgebers $44,5 \times 18,5$ mm.

[0038] Die Koordinaten der Bauelemente bezüglich des globalen Koordinatensystems sind wie folgend bestimmt:

| | X | Y | Z | α | β | γ |
|--|---|---|---|----------|---------|----------|
|--|---|---|---|----------|---------|----------|

| | | | | | | |
|--------|------------|-----------|------------|-----------|---------|----------|
| Bild | -356,44463 | 557,58814 | 1768,36577 | 7,046 | 0,89 | 0,0 |
| Eyebox | -394,5 | 858,084 | 4199,57 | 7,046 | 0,0 | 0,0 |
| WSS | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| D-O | -364,48 | 660,844 | 3356,77 | -75,0 | 0,0 | 0,0 |
| D-U | -474,93183 | 655,844 | 3406,4646 | -75,0 | 0,0 | 0,0 |
| S | -312,19744 | 570,13337 | 3295,502 | -142,7219 | -5,1801 | -1,7188 |
| TFT | -346,99208 | 661,62592 | 3544,1176 | -155,8945 | -0,8317 | -12,8622 |

[0039] Die Abkürzungen bedeuten:

WSS: Windschutzscheibe 4
D-O: die der Windschutzscheibe 4 zugewandte Fläche der zylinderförmigen Linse 2
D-U: die dem Spiegel 1 zugewandten Fläche der zylinderförmigen Linse 2
S: Spiegel 1
TFT: Bildgeber 3

[0040] Die Aperturbereiche bezüglich des jeweiligen flächeneigenen Koordinatensystems sind:

| | X | Y | delta-X | delta-y |
|-----|-----|-----|---------|---------|
| WSS | 194 | 153 | -381,3 | 764,3 |
| D-O | 197 | 200 | -5,4 | 6,2 |
| D-U | 197 | 200 | 105,6 | -43,7 |
| S | 195 | 133 | -45,2 | -2,3 |

[0041] Der Spiegel 1 (S) hat einen sphärischen Radius $R_1 = 720,88$ mm (CC) konkav. Die Windschutzscheibe 4 (WSS) wird durch den Koeffizientensatz der Freiformflächenapproximation beschrieben:

| | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| X: 1,1835E+00 | Y: 1,3870E+01 | X ₂ : 4,7153E-03 |
| XY: 5,8758E-04 | Y ₂ : -2,4067E-02 | X ₃ : 3,3032E-06 |
| X ₂ Y: -6,6339E-06 | XY ₂ : -5,0403E-06 | Y ₃ : 1,9688E-05 |
| X ₄ : 2,1657E-09 | X ₃ Y: -3,0617E-10 | X ₂ Y ₂ : 3,8752E-09 |
| XY ₃ : 3,7403E-09 | Y ₄ : -5,6020E-09 | |

[0042] Die zylinderförmige Linse 2 ist aus dem Material BK7. Die obere, der Windschutzscheibe zugewandte Seite D-O ist eine Freiformfläche, die durch folgenden Koeffizientensatz beschrieben ist:

| | | |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| K: 0,0000E+00 | X: -2,0366E-01 | Y: -4,1825E-02 |
| X ₂ : -7,4214E-04 | XY: -3,9811E-04 | Y ₂ : -4,4366E-04 |
| X ₃ : 1,4287E-06 | X ₂ Y: -4,1742E-07 | XY ₂ : 4,6812E-06 |
| Y ₃ : 7,7970E-07 | X ₄ : 3,5271E-09 | X ₃ Y: -6,8491E-09 |
| X ₂ Y ₂ : -1,4704E-08 | XY ₃ : -2,2426E-08 | Y ₄ : -3,5412E-09 |
| X ₄ Y: -3,0562E-11 | X ₃ Y ₂ : -4,4745E-11 | X ₂ Y ₃ : 8,5034E-12 |
| XY ₄ : 1,1319E-10 | NTERMS: 2,6000E+01 | |

[0043] Die untere, dem Spiegel zugewandte Seite D-U ist ebenfalls eine Freiformfläche mit dem Koeffizientensatz:

K: 0,0000E+00 X: -3,4122E-02 Y: -6,5419E-02
 X₂: -8,5937E-04 XY: 3,3845E-04 Y₂: -7,0149E-04
 X₃: -1,4186E-06 X₂Y: -8,1136E-07 XY₂: 3,9958E-06
 Y₃: -7,4945E-07 X₄: 5,3753E-09 X₃Y: -1,1800E-09
 X₂Y₂: 1,1432E-08 XY₃: 9,0711E-10 Y₄: -1,6782E-08
 X₄Y: -2,7840E-11 X₃Y₂: -7,1394E-11 X₂Y₃: 4,2042E-12
 XY₄: 1,0180E-10.

[0044] Die Freiformfläche ist durch folgendes Polynom gekennzeichnet:

$$z := \sum_{i=0}^N c_{i,j} \cdot x^i \cdot y^j$$

[0045] Die oben angegebenen Koeffizientenwerte sind nach folgendem Schema angegeben:

X^mYⁿ bezeichnet den c-Koeffizient, der vor dem Polynomglied mit der m-ten Potenz von x und n-ten Potenz von y steht.

[0046] **Fig. 3** zeigt ein Head-Up-Display in einem Kraftfahrzeug, bei dem ein weiterer Spiegel als Umlenkspiegel **10** eingesetzt wird, um den Strahlengang zu falten. Auch hier sind Freiformflächen nur für die optischen Flächen der zylinderförmigen Linse **2** vorgesehen. Der Umlenkspiegel **10** hat einen Radius ∞, ist im Beispiel ein Planspiegel. Er kann jedoch auch konkav oder konvex gewölbt oder asphärisch sein. In diesem Beispiel ist die Freiformfläche auf der der Windschutzscheibe **4** zugewandten optischen Fläche D-O ausgebildet. Die dem Spiegel **1** zugewandte Fläche D-U der zylinderförmigen Linse **2** hat den Radius R₃.

Bezugszeichenliste

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| 1 | Spiegel (S) |
| 2 | zylinderförmige Linse (D-O; D-U) |
| 3 | Bildgeber (TFT) |
| 4 | Windschutzscheibe (WSS) |
| 5 | Fahrer |
| 6 | Eyebox |
| 7 | virtuelles Bild |
| 8 | Hutze |
| 9 | Projektionsstrahlen |
| 10 | Umlenkspiegel |
| X, Y, Z | Koordinatensystem |
| α, β, γ | Drehung um X-, Y-, Z-Achse |
| R₁ | konkaver Radius des Spiegels |
| R₂ | konkaver Radius der Linse |
| R₃ | konvexer Radius der Linse |

Patentansprüche

1. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display, bestehend aus einem Bildgeber (**3**) sowie einem Spiegel (**1**) und einer refraktiven Linse (**2**), welche in Lichtausbreitungsrichtung nacheinander in einem Gehäuse angeordnet sind, wobei der Strahlengang (**9**) auf eine Windschutzscheibe (**4**) gerichtet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spiegel (**1**) eine lichtbündelnde Reflexionsfläche hat und die Linse (**2**) zumindest auf einer der optisch wirksamen Flächen (D-U und/oder D-O) eine Freiformfläche aufweist.

2. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine der optischen Flächen der Linse **(2)** einen Zylinderform-Anteil hat, welcher in Richtung (X) vom Fahrer zum Beifahrer verläuft.

3. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse **(2)** einen plan-konvexen bis konkav-konvexen Zylinderform-Anteil hat.

4. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die der Windschutzscheibe **(4)** zugewandte Oberfläche (D-O) der Linse **(2)** einen konstanten konkaven Radius (R_2) hat.

5. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Spiegel **(1)** zugewandte Oberfläche (D-U) der Linse **(2)** einen konstanten konvexen Radius (R_3) hat.

6. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die der Windschutzscheibe **(4)** zugewandte Oberfläche (D-O) der Linse **(2)** eine konkave Freiformfläche ist und die dem Spiegel **(1)** zugewandte Oberfläche (D-U) der Linse **(2)** eine konvexe Freiformfläche ist.

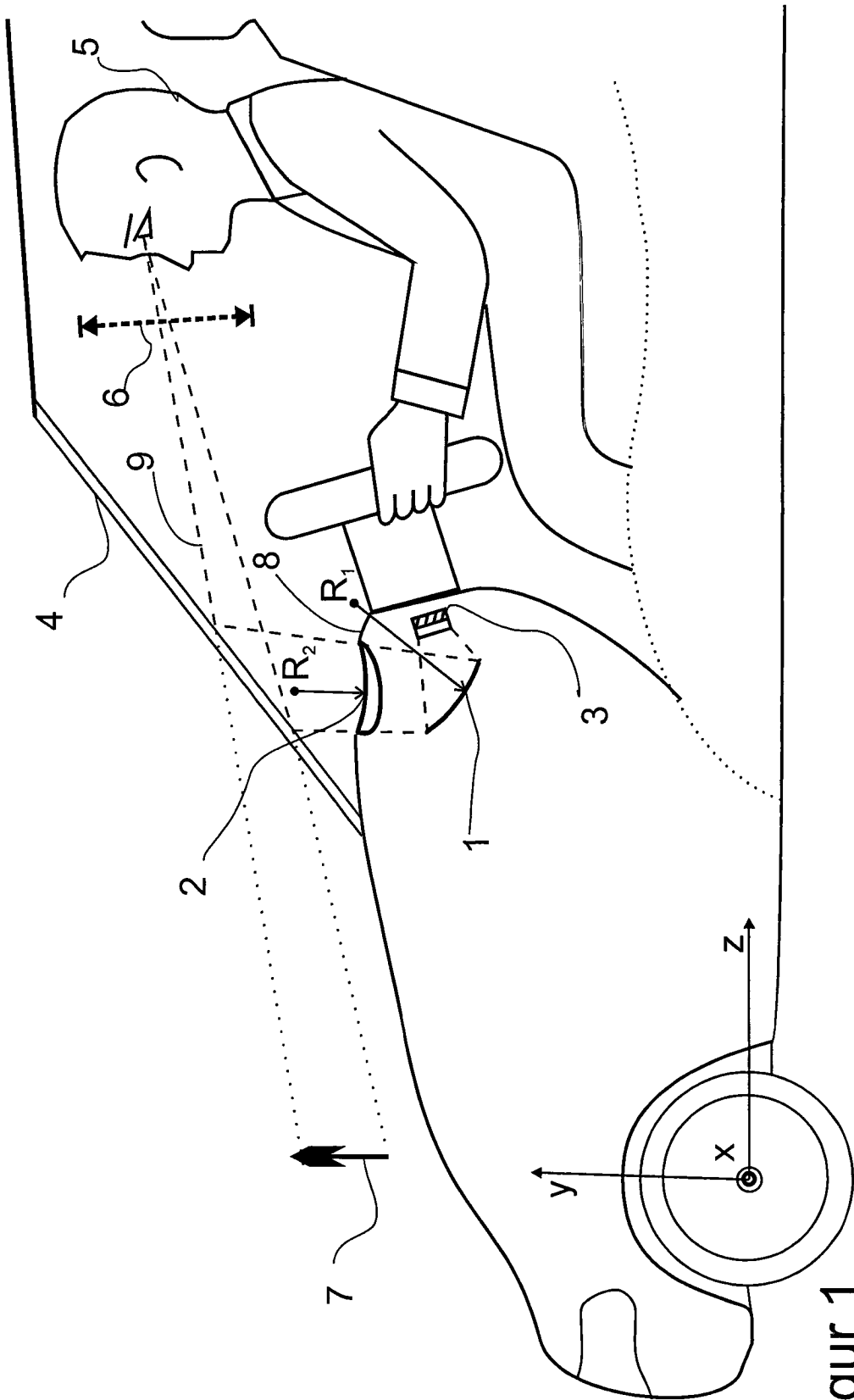
7. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Spiegel **1** und dem Bildgeber **3** zur Strahlfaltung und Strahlformung weitere sphärische oder plane Spiegel angeordnet sind.

8. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse **(2)** gleichzeitig als Abdeckung der Öffnung in der Hutze **(8)** dient.

9. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die konkave Reflexionsfläche des Spiegels **(1)** einen sphärischen Radius (R_1) hat.

10. Projektionseinheit für ein Head-Up-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die konkave Reflexionsfläche des Spiegels **(1)** asphärisch ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



Figur 1

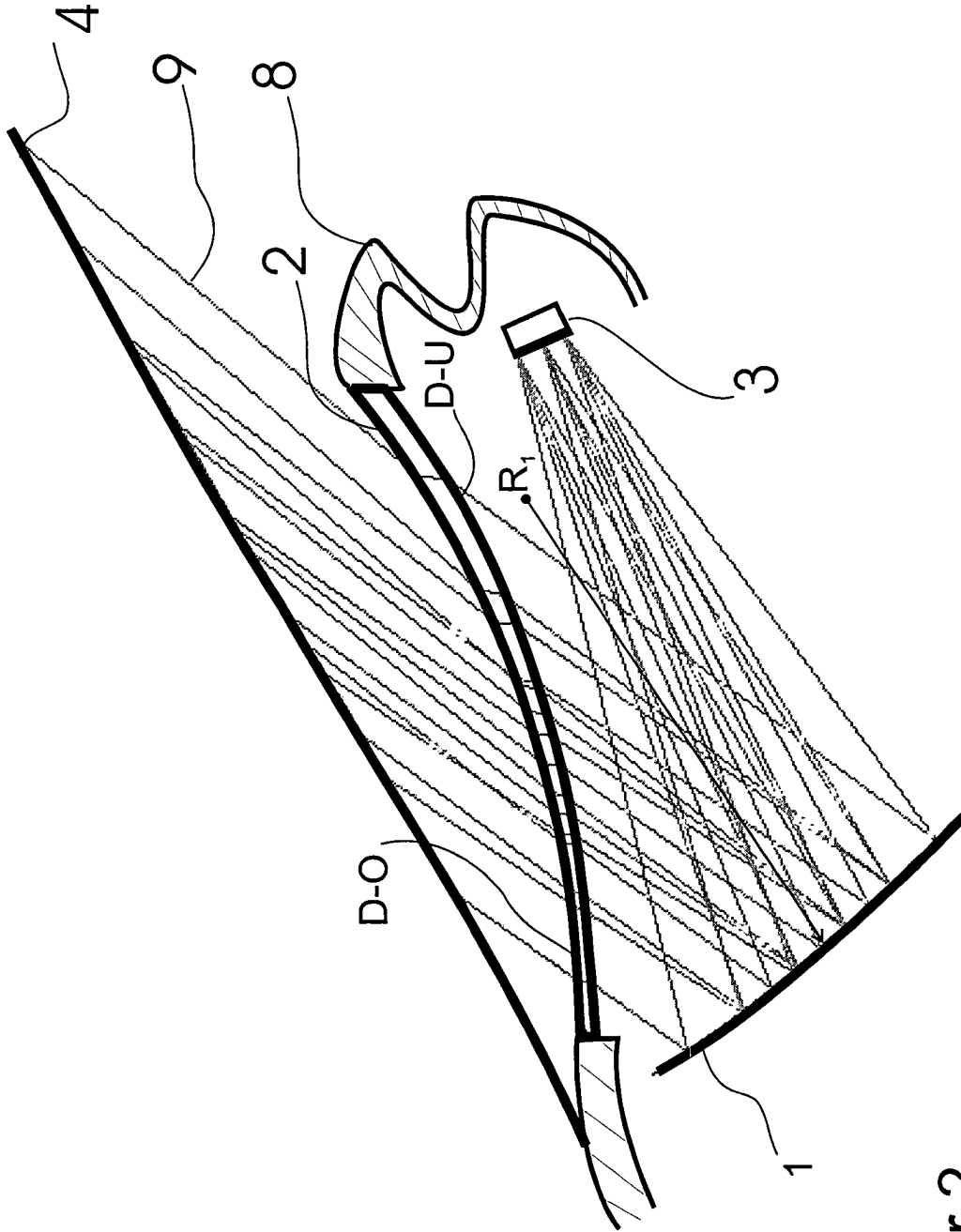
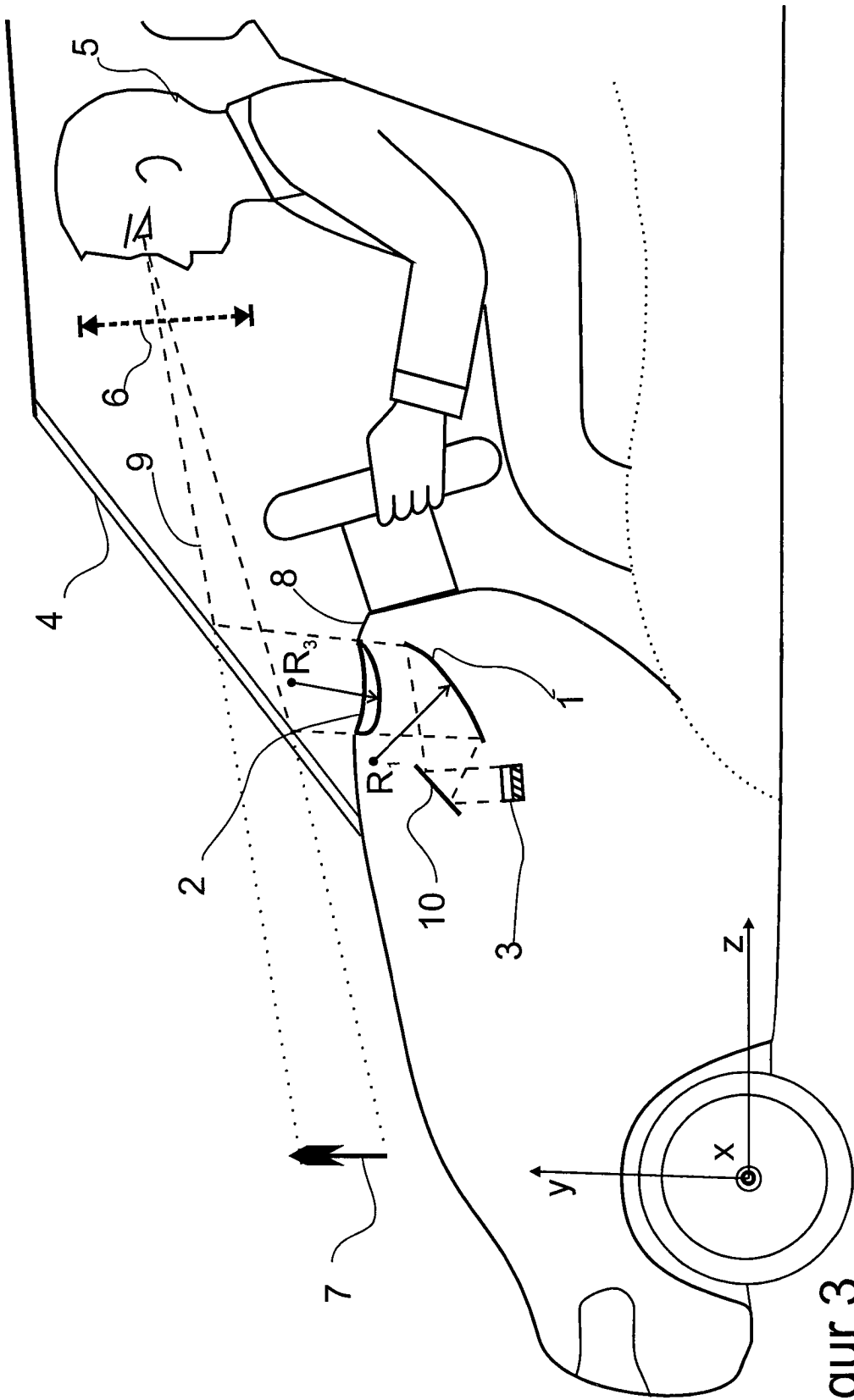


Figure 2



Figur 3