



(10) **DE 10 2008 025 458 B4** 2020.03.12

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 025 458.4**
 (22) Anmeldetag: **28.05.2008**
 (43) Offenlegungstag: **03.12.2009**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **12.03.2020**

(51) Int Cl.: **B60Q 1/14 (2006.01)**
G06K 9/62 (2006.01)
B60Q 1/08 (2006.01)
F21S 41/65 (2018.01)
G01M 11/06 (2006.01)
F21W 102/155 (2018.01)

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

(73) Patentinhaber:
HELLA GmbH & Co. KGaA, 59557 Lippstadt, DE

(74) Vertreter:
**Schaumburg und Partner Patentanwälte mbB,
 81679 München, DE**

(72) Erfinder:
Staffen, René, 13089 Berlin, DE

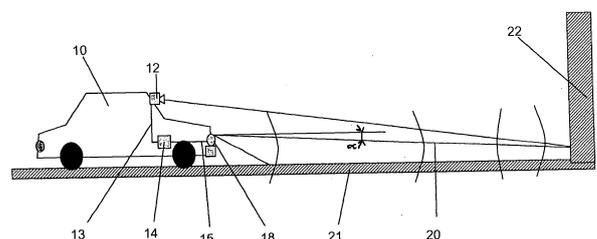
(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	41 22 531	C2
DE	43 41 409	C2
DE	38 26 813	A1
DE	195 27 349	A1

DE	196 02 005	A1
DE	197 04 427	A1
DE	198 60 676	A1
DE	199 62 997	A1
DE	10 2004 052 434	A1
GB	2 299 163	A
EP	1 437 259	B1
EP	0 867 336	A1
EP	0 949 118	A2
EP	1 201 498	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung einer durch einen Frontscheinwerfer eines Fahrzeugs erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Kalibrierung mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer eines Fahrzeugs erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze, bei dem mindestens ein Bild mit einer Abbildung eines Bereichs vor dem Fahrzeug (10) erfasst wird, bei der Verarbeitung der Bilddaten des erfassten Bildes mindestens eine Position mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer (18) des Fahrzeugs (10) erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) als Ist-Position ermittelt wird, bei dem bei einer Abweichung der Ist-Position von einer voreingestellten Soll-Position mindestens ein Korrekturwert gebildet wird, bei dem der vertikale Helligkeitsverlauf in einem mit Hilfe einer Bilderfassungseinheit (12) vom Bereich vor dem Fahrzeug (10) erfassten Bildes ermittelt wird, und bei dem zum Ermitteln des Helligkeitsverlaufs nur Helligkeitswerte der Bilderfassungselemente berücksichtigt werden, die voreingestellten Detektionsspalten zugeordnet sind, und dass die mit Hilfe dieser Bilderfassungselemente ermittelte Helligkeitswerte zeilenweise summiert werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer eines Fahrzeugs erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze. Es sind Frontscheinwerfer bekannt, die eine voreinstellbare horizontale Hell-Dunkel-Grenze erzeugen können. Die horizontale Hell-Dunkel-Grenze kann bei solchen Frontscheinwerfern beispielsweise durch ein System zur Leuchtweitenregulierung gezielt verändert und eingestellt werden. Dazu ist es erforderlich, dass die durch den Frontscheinwerfer des Fahrzeugs erzeugbare horizontale Hell-Dunkel-Grenze exakt positioniert werden kann, um eine Blendung anderer Verkehrsteilnehmer zu vermeiden und eine optimale Ausleuchtung des Bereichs vor dem Fahrzeug zu erreichen. Zum exakten Positionieren muss die horizontale Hell-Dunkel-Grenze exakt kalibriert sein, vorzugsweise in Bezug auf ein Fahrzeugkoordinatensystem und/oder auf ein Bilderfassungssystem exakt kalibriert sein.

[0002] Aus dem Dokument EP 1 437 259 B1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Einstellung der Neigung eines Frontscheinwerfers bekannt um die Höhenausrichtung eines Kraftfahrzeugscheinwerfers mit Hilfe eines beweglichen Reflektors einzustellen. Dabei wird mit Hilfe einer Einrichtung ein spezifischer Lichtpunkt ausgesendet, der mit Hilfe einer am Fahrzeug angebrachten Kamera erfasst wird.

[0003] Dabei ist es vorteilhaft, die horizontale Hell-Dunkel-Grenze anzuheben, dass der Bereich vor dem Fahrzeug optimal ausgeleuchtet ist und dabei andere Verkehrsteilnehmer nicht behindert werden. Beispielsweise wird die horizontale Hell-Dunkel-Grenze auf die Rücklichter eines vorausfahrenden oder auf die Frontscheinwerfer eines entgegenkommenden Fahrzeugs positioniert, sodass der Bereich unterhalb der Rücklichter bzw. Frontscheinwerfer dieser Fahrzeuge ausgeleuchtet wird, wenn sich diese Fahrzeuge in einem Blendbereich befinden.

[0004] Aus dem Dokument DE 199 62 997 A1 ist ein Verfahren zur Kalibrierung eines Sensorsystems bekannt, bei dem charakteristische Daten eines Objekts erfasst werden und unter Berücksichtigung der Eigenbewegung des Fahrzeugs überprüft wird, ob diese Objekte ruhende bzw. quasi ruhende Objekte sind. Aufgrund einer ermittelten Bewegung der als ruhende Objekte erkannten Objekt unter Berücksichtigung der Eigenbewegung des Fahrzeugs wird ein Fehlervektor ermittelt, der zur Korrektur von Modelldaten herangezogen wird, um eine Minimierung der Abweichungen zu bewirken.

[0005] Aus dem Dokument DE 198 60 676 A1 ist eine Visualisierungseinrichtung mit einer Simulierung der durch wenigstens einen Scheinwerfer in einem

Bereich vor einem Fahrzeug bewirkten Beleuchtung in einem Videobild bekannt.

[0006] Aus dem Dokument DE 195 27 349 A1 ist eine Vorrichtung zum Justieren eines Scheinwerfers eines Kraftfahrzeugs bekannt, durch die der Scheinwerfer auf eine vorgegebene Nulllage mittels einer kraftfahrzeugsexternen Messvorrichtung zur Erfassung der Ist-Stellung und zur Vorgabe einer Soll-Stellung des Scheinwerfers justiert wird.

[0007] Aus dem Dokument DE 197 04 427 A1 ist eine Leuchtweitenregulierungseinrichtung für ein Fahrzeug bekannt. Die Leuchtweitenregulierung erfolgt somit durch das Aussenden und Erfassen spezieller Lichtspots.

[0008] Aus dem Dokument DE 38 26 813 A1 ist ein Darstellungsverfahren zur Lichtverteilung eines zu prüfenden Scheinwerfers bekannt, bei dem eine Szene mit einer Beleuchtung durch den zu prüfenden Scheinwerfer und mit einem Vergleichsscheinwerfer aufgenommen wird.

[0009] Aus dem Dokument DE 196 02 005 A1 ist eine Vorrichtung zur automatischen Korrektur der Ausrichtung wenigstens eines Scheinwerfers eines Kraftfahrzeugs bekannt, bei dem ein Beleuchtungsstärkesensor einen durch einen Strahler auf dem Boden vor dem Fahrzeug erzeugten Lichtfleck erfasst. Durch eine Lageänderung des Fahrzeugs erfolgt eine Verschiebung des Lichtflecks. Abhängig von der Lage des Lichtflecks wird die Ausrichtung des Scheinwerfers korrigiert.

[0010] Aus dem Dokument EP 1 201 498 A1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Einstellung der Neigung eines Fahrzeugscheinwerfers bekannt. Zur Leuchtweitenkorrektur wird ein von einer Einrichtung ausgesendeter spezifischer Lichtpunkt erfasst und der Scheinwerfer solange verstellt, bis die Position des erfassten Lichtpunktes mit einer vorgegebenen Position übereinstimmt.

[0011] Dokument DE 10 2004 052 434 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Leuchtweitenregulierung von Fahrzeugscheinwerfern, wobei mit Hilfe eines optischen Abstandssensors ein Bereich vor dem Fahrzeug erfasst wird. Davon ausgehend erzeugt ein Steuergerät Einstellsignale für die Steuerung der Leuchtweite der Fahrzeugscheinwerfer.

[0012] Dokument GB 2 299 163 A offenbart ein Verfahren zum Einstellen der optischen Achse der Frontscheinwerfer eines Fahrzeugs, bei dem eine außerhalb des Fahrzeugs unabhängig von diesem angeordnete Messeinrichtung vorgesehen ist, die mit Hilfe einer Kamera das abgestrahlte Beleuchtungslicht erfasst und eine Abbildung des erfassten Beleuchtungslichts mit einem Beleuchtungsmuster vergleicht.

[0013] Dokument EP 0 867 336 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Einstellen der Leuchtweite des Frontscheinwerfers eines Fahrzeugs in Abhängigkeit von der Beladung des Fahrzeugs.

[0014] Dokument EP 0 949 118 A2 offenbart eine Einrichtung zur Einstellung der Richtung eines von einem Scheinwerfer eines Fahrzeugs ausgesandten Lichtbündels, wobei mit Hilfe einer Sensoreinrichtung eine Beleuchtungssituation durch das im Bereich vor dem Fahrzeug von der Fahrbahn reflektierte Licht erfasst wird. Die ermittelte aktuelle Beleuchtungssituation wird mit einer vorgegebenen Soll-Beleuchtungssituation verglichen. Bei einer Abweichung wird durch eine Verstelleinheit die Neigung des Scheinwerfers verstellt, bis die korrekte Leuchtweite eingestellt ist.

[0015] Dokument DE 41 22 531 C2 offenbart einen Vergleich einer mit Hilfe einer Sensoreinheit erfassten Hell-Dunkel-Grenze mit einer Soll-Hell-Dunkel-Grenze. Hierzu haben die Sensoren eine Abbildungsoptik, durch die das einfallende Licht auf ein oder mehrere lichtempfindliche Elemente abgebildet wird. Jeder Bereich der Abbildungsoptik mit dem dazugehörigen lichtempfindlichen Element ist einem bestimmten Bereich der Fahrbahn zugeordnet. Ausgehend von dem Vergleich der erfassten Ausleuchtung mit einer Soll-Ausleuchtung wird eine Verstelleinrichtung der Scheinwerfer zur Minimierung der Abweichung angesteuert.

[0016] Dokument DE 43 41 409 C2 offenbart eine Einrichtung zur Regelung der Leuchtweite von Scheinwerfern von Kraftfahrzeugen. Hierzu wird zusätzlich zum Licht der Scheinwerfer ein Bereich vor dem Fahrzeug mit Hilfe eines von einem Sender ausgesandter Strahlung bestrahlt und geprüft, ob der Abstand des vom Scheinwerfer abgestrahlten Lichtbündels in einem vorgegebenen Abstand von Kraftfahrzeug angeordnet ist.

[0017] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kalibrieren mindestens eines Frontscheinwerfers eines Fahrzeugs anzugeben, bei dem eine durch den Frontscheinwerfer erzeugte horizontale Hell-Dunkel-Grenze auf einfache Art und Weise eingestellt werden kann.

[0018] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Kalibrierung mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer eines Fahrzeugs erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des nebengeordneten Vorrichtungsanspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0019] Durch ein Verfahren und durch eine Vorrichtung zur Kalibrierung mindestens einer durch min-

destens einen Frontscheinwerfer eines Fahrzeugs erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze wird erreicht, dass Abweichungen einer Ist-Position der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze von einer Soll-Position auf einfache Art und Weise ermittelt und korrigiert werden können. Dadurch werden Fehler durch nicht korrekte Kalibrierung der Frontscheinwerfer des Fahrzeugs vermieden. Ferner kann dadurch die Lichtabgabe durch die Frontscheinwerfer so erfolgen, dass die horizontale Hell-Dunkel-Grenze relativ nah an detektierte relevante Objekte, wie z. B. vorausfahrende und/oder entgegenkommende Fahrzeuge, positioniert werden kann, ohne dass die Fahrzeugführer dieser Fahrzeuge durch das von den Frontscheinwerfern abgestrahlte Licht beeinträchtigt werden. Behinderungen dieser Fahrzeugführer können somit vermieden und die Verkehrssicherheit sowohl durch die optimierte Ausleuchtung als auch durch das Vermeiden der Blendung anderer Verkehrsteilnehmer erhöht werden.

[0020] Durch das Verfahren und die Vorrichtung der unabhängigen Patentansprüche wird jeweils sichergestellt, dass die Frontscheinwerfer des Fahrzeugs und das die Frontscheinwerfer ansteuernden Fahrerassistenzsysteme optimal aufeinander abgestimmt werden können und eine nicht korrekte Einstellung der Frontscheinwerfer erkannt und durch ein Lichtassistenzsystem berücksichtigt werden können. Ferner ist es vorteilhaft, den mindestens einen Korrekturwert wiederholt zu erfassen und eine Nachverfolgung, ein sogenanntes Tracking, des Korrekturwertes durchzuführen.

[0021] Vorteilhaft ist es, das mindestens eine Bild mit Hilfe einer Bilderfassungseinheit zu erfassen und die durch die Bilderfassungseinheit erzeugten Bilddaten des Bildes eines Bereichs vor dem Fahrzeug durch eine Verarbeitungseinheit zum Ermitteln der Ist-Position der mindestens einen horizontalen Hell-Dunkel-Grenze zu verarbeiten. Als Bilderfassungseinheit eignet sich insbesondere eine bekannte Fahrzeugkamera. Die Bilderfassungseinheit kann insbesondere eine monokulare Kamera, mehrere monokulare Kameras, ein Stereokamerasystem oder mehrere Stereokamerasysteme umfassen, wobei die einzelnen Kameras Bilddaten von Graustufenbildern oder Farbbildern erzeugen. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung einer Kamera mit mindestens einem CMOS-Bilderfassungssensor, der vorzugsweise Graustufenbilder erzeugt. Beispielsweise hat die Bilderfassungseinheit einen Active-Pixel-Sensor als Bilderfassungssensor.

[0022] Weiterhin ist es vorteilhaft, den mindestens einen ermittelten Korrekturwert zu speichern. Dadurch kann der Korrekturwert bei einer weiteren Ansteuerung der Frontscheinwerfer berücksichtigt werden. Ferner ist es vorteilhaft, zum Kalibrieren den vertikalen Helligkeitsverlauf in einem mit Hilfe einer Bil-

derfassungseinheit erfassten Bildes mit einer Abbildung eines Bereichs vor dem Fahrzeug zu ermitteln. Mit Hilfe des Helligkeitsverlaufs können Anstiege und die Überschreitung von voreingestellten Grenzwerten ermittelt werden. Abhängig von den ermittelten absoluten Helligkeitswerten und/oder den Anstiegen der Helligkeitswerte in bestimmten Bereichen des Helligkeitsverlaufs kann auf einfache Art und Weise mindestens eine horizontale Hell-Dunkel-Grenze ermittelt werden.

[0023] Dabei ist es vorteilhaft, zum Ermitteln des Helligkeitsverlaufs nur Helligkeitswerte der Bilderfassungselemente zu berücksichtigen, die voreingestellten Detektionsspalten zugeordnet sind. Hierdurch wird der Rechenaufwand reduziert, wodurch eine schnellere Reaktion des Systems auf sich ändernde Bedingungen erfolgen kann. Die mit Hilfe dieser Bilderfassungselemente ermittelten Helligkeitswerte werden zeilenweise summiert bzw. aufintegriert.

[0024] Ferner ist es dabei vorteilhaft, zusätzlich Detektionszeilen vorzusehen. Dann werden vorzugsweise nur die Helligkeitswerte der Bilderfassungselemente zeilenweise summiert, die sowohl einer Detektionsspalte als auch einer Detektionszeile zugeordnet sind. Hierdurch kann der Rechenaufwand noch weiter reduziert werden.

[0025] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird eine Veränderung bzw. Korrektur der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze mit Hilfe einer Veränderung der Leuchtweitenregulierungseinstellung der Frontscheinwerfer des Fahrzeugs durchgeführt. Alternativ oder zusätzlich kann eine Verstellung der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze durch Zu- und/oder Abschalten einer oder mehrerer Lichtquellen mindestens eines Frontscheinwerfers des Fahrzeugs durchgeführt werden.

[0026] Ferner ist es bei einer Weiterbildung der Erfindung vorteilhaft, den Abstrahlwinkel der durch den mindestens einen Frontscheinwerfer des Fahrzeugs abgestrahlten Lichtstrahlen zu bestimmen, durch die die horizontale Hell-Dunkel-Grenze erzeugt werden. Dazu kann die Entfernung zwischen dem Fahrzeug und der auf die Fahrbahn vor dem Fahrzeug projizierten Hell-Dunkel-Grenze ermittelt werden. Die Entfernung der auf die Fahrbahn projizierten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze wird vorzugsweise mit Hilfe der Entfernungsmessfunktion eines Stereokamerasystems bestimmt.

[0027] Bei einer alternativen Weiterbildung treffen zumindest ein Teil der von dem mindestens einen Frontscheinwerfer des Fahrzeugs abgestrahlten Lichtstrahlen auf eine orthogonal zur Fahrbahn angeordnete Reflektionsebene. Die Reflektionsebene ist vorzugsweise eine Wand. Die Ist-Position der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze wird mit Hilfe des verti-

kalen Helligkeitsverlaufs in einem Bild mit einer Abbildung der Wand ermittelt. Die Entfernung zwischen dem Fahrzeug und der Reflektionsebene wird ermittelt. Die Höhe der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze wird in der Reflektionsebene ermittelt. Die Entfernung zwischen dem Fahrzeug und der Reflektionsebene kann mit Hilfe der Entfernungsmessfunktion eines Stereokamerasystems, eines Radarentfernungsmesssystem, eines Lidarentfernungsmesssystem und/oder eines Ultraschallentfernungsmesssystem ermittelt werden. Der Neigungswinkel der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze kann mit Hilfe der Entfernung zwischen Fahrzeug und der Reflektionsebene, der Höhe der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze in der Reflektionsebene und der Höhe der Frontscheinwerfer über der Fahrbahn als Ist-Position der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze ermittelt werden.

[0028] Das Verfahren und die Vorrichtung können besonders vorteilhaft bei Straßenfahrzeugen eingesetzt werden.

[0029] Die durch den unabhängigen Vorrichtungsanspruch spezifizierte Vorrichtung kann in gleicher Weise weitergebildet werden, wie das Verfahren nach Anspruch 1. Insbesondere kann die Vorrichtung mit den in den abhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen bzw. durch entsprechende Vorrichtungsmerkmale weitergebildet werden.

[0030] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, welche in Verbindung mit den beigefügten Figuren die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0031] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Verkehrssituation mit zwei Fahrzeugen, wobei das hinter dem ersten Fahrzeug fahrende zweite Fahrzeug ein System zur veränderlichen Einstellung der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze hat;

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht des zweiten Fahrzeugs nach **Fig. 1** während eines Kalibriervorgangs; und

Fig. 3 eine Draufsicht auf das in **Fig. 2** dargestellte Fahrzeug während des Kalibriervorgangs.

[0032] In **Fig. 1** ist eine schematische Seitenansicht einer Verkehrssituation mit zwei Fahrzeugen dargestellt, wobei das hinter dem ersten Fahrzeug **16** fahrende zweite Fahrzeug **10** ein System zur veränderlichen Einstellung der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze hat. Das zweite Fahrzeug **10** umfasst eine Frontkamera **12**, die Bilddaten von Bildern mit Abbildungen eines Bereichs vor dem Fahrzeug **10** erzeugt. Die Kamera **12** ist über eine Datenleitung **13** mit einer Steuereinheit **14** verbunden. Die von der Kamera **12** erzeugten Bilddaten werden mit Hilfe eines durch die

Steuereinheit **14** bereitgestellten Bildverarbeitungsverfahrens verarbeitet, wobei mit Hilfe des Bildverarbeitungsverfahrens relevante Objekte detektiert werden. Solche relevante Objekte sind insbesondere andere Fahrzeuge, deren Fahrzeugführer durch das vom Fahrzeug **10** ausgestrahlte Licht geblendet und somit gefährdet werden könnten. Im Ausführungsbeispiel ist als ein solches relevantes Objekt das auf der gleichen Fahrspur vorausfahrende erste Fahrzeug **16** dargestellt. Weitere relevante Objekte können beispielsweise entgegenkommende Fahrzeuge sein.

[0033] Die Steuereinheit **14** ist weiterhin über eine zweite Datenleitung **15** mit den Lichtsteuermodulen **17** verbunden, wobei den Frontscheinwerfern **18** des Fahrzeugs **10** im Ausführungsbeispiel nach **Fig. 1** jeweils ein Lichtsteuermodul **17** zugeordnet ist. Die Steuereinheit **14** gibt den Lichtsteuermodulen **17** eine gewünschte Lichtverteilung für den dem jeweiligen Lichtsteuermodul **17** zugeordneten Frontscheinwerfer **18** vor. Die Lichtsteuereinheiten **17** steuern den ihnen zugeordneten Frontscheinwerfer **18** oder die ihnen zugeordneten Frontscheinwerfer derart an, dass von ihm bzw. von ihnen abgestrahlte Licht der Frontscheinwerfer **18** die gewünschte vorgegebene Lichtverteilung erzeugt. Dazu aktivieren die Lichtsteuereinheiten **17** die erforderlichen Lichtquellen und/oder Aktoren zum Einstellen des Abstrahlwinkels des durch die Frontscheinwerfer **18** abgestrahlten Lichts. Dadurch wird die Lichtabgabe der Frontscheinwerfer **18** des Fahrzeugs **10** so gesteuert, dass der Fahrer des vorausfahrenden Fahrzeugs **16** nicht geblendet wird. Hierzu wird die horizontale Hell-Dunkel-Grenze **20** so weit in Richtung einer Fahrbahn **21** abgesenkt, dass der Fahrer des vorherfahrenden Fahrzeugs **16** nicht geblendet wird. Die horizontale Hell-Dunkel-Grenze ist im Ausführungsbeispiel schematisch durch die Linie **20** dargestellt und gibt die horizontale Grenze des vom Scheinwerfer **18** ausgestrahlten Lichtes an. Ein Anheben der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze **20** bewirkt eine Vergrößerung der Reichweite des Abblendlichts. Ein Absenken der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze **20** bewirkt eine Reduzierung der Reichweite des Abblendlichts.

[0034] Eine gewünschte Verschiebung der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze **20** kann je nach Modell des Fahrzeugs **10** und je nach der verwendeten Technik der Frontscheinwerfer **18** unterschiedlich erfolgen. Insbesondere kann die horizontale Hell-Dunkel-Grenze **20** durch das Drehen einer vor einer Lichtquelle angeordneten Blendenwelle, durch das Absenken eines Schutters, durch die Aktivierung einer Leuchtweitenregulierung, durch eine Leistungsänderung einer oder mehrerer Lichtquelle und/oder das Zu- bzw. Abschalten einer oder mehrerer Lichtquellen geändert bzw. verschoben werden. Mit Hilfe der Blendenwelle können verschiedene Lichtfiguren erzeugt werden, die sowohl die unterschiedlichen Formen der Lichtverteilung als auch verschiedene hori-

zontale Hell-Dunkel-Grenze **20** repräsentieren. Solche Lichtfiguren sind beispielsweise aus der Schrift EP 0935728 B1 bekannt. Dabei kann zur Erzeugung von Lichtfiguren insbesondere die VARIOX® Technologie der Anmelderin verwendet werden.

[0035] Die Kamera **12** und die Frontscheinwerfer **18** müssen exakt auf ein nicht dargestelltes Fahrzeugkoordinatensystem und damit exakt relativ zueinander kalibriert sein, um die horizontale Hell-Dunkel-Grenze **20** korrekt einstellen zu können. Das Fahrzeugkoordinatensystem ist nach DIN 70 000 als ein dreidimensionales, rechtshändiges Koordinatensystem definiert, bei dem die x-Achse in Fahrtrichtung zeigt, die y-Achse in Fahrtrichtung gesehen nach links zeigt und die z-Achse orthogonal auf den anderen beiden Achsen steht und nach oben gerichtet ist. Sind die Kamera **12** und die Frontscheinwerfer **18** nicht exakt aufeinander kalibriert, ist eine Blendung anderer Verkehrsteilnehmer, wie im Ausführungsbeispiel des Fahrers der vorherfahrenden Fahrzeugs **16**, möglich. Dadurch kann dieser Fahrer behindert und Verkehrsteilnehmer können gefährdet werden. Die Kamera **12** und die Frontscheinwerfer **18** werden in den vorliegenden Ausführungsbeispielen regelmäßig aufeinander kalibriert, um eine korrekte Positionierung einer vorgegebenen horizontalen Hell-Dunkel-Grenze **20** sicherzustellen.

[0036] **Fig. 2** zeigt eine schematische Seitenansicht des Fahrzeugs **10** während eines Kalibriervorgangs zum Kalibrieren der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze **20** auf das Fahrzeug- bzw. Kamerakoordinatensystem. Elemente mit gleichem Aufbau oder gleicher Funktion haben dieselben Bezugszeichen. Bei einem solchen Kalibriervorgang wird die horizontale Hell-Dunkel-Grenze **20** in dem von der Kamera **12** aufgenommenen Bild mittels eines durch die Steuereinheit **14** bereitgestellten Bildverarbeitungsverfahrens detektiert und mit einer Sollposition verglichen. Liegen Abweichungen vor, werden Korrekturwerte ermittelt, die bei folgenden Scheinwerfereinstellungen berücksichtigt werden.

[0037] Zusätzlich kann eine Speicherung der Korrekturwerte als Korrekturdaten erfolgen. Die gespeicherten Korrekturdaten können dann in einer Fachwerkstatt ausgelesen werden. Bei dauerhafter Abweichung kann die Ausrichtung der Scheinwerfer abhängig von den gespeicherten Korrekturdaten dauerhaft geändert werden.

[0038] Die Güte, mit der die horizontale Hell-Dunkel-Grenze **20** im Bild detektiert werden kann hängt von den Umgebungsbedingungen ab. Der Kalibriervorgang erfolgt vorzugsweise in einem speziellen Kalibriermodus. Eine optimale Kalibrierumgebung liegt vor, wenn sich das Fahrzeug **10**, wie im Ausführungsbeispiel gezeigt, auf einer ebenen Fahrbahn **21** be-

findet und bei geringer Umgebungshelligkeit vor dem Fahrzeug **10** im Abstand von 5 bis 10 Metern eine Wand **22** orthogonal zur Fahrzeugachse des Fahrzeugs **10** angeordnet ist. Reflektiert die Umgebung ausreichend ist auch eine automatische Kalibrierung der Frontscheinwerfer **18** des Fahrzeugs **10** während der Fahrt des Fahrzeugs **10** möglich.

[0039] Der Abstand zwischen der Wand **22** und dem Fahrzeug kann mit einem im Fahrzeug **10** integrierten System aus vorteilhafterweise mehreren, zumindest jedoch einem Sensor erfolgen. Als Sensoren können Radar-, Lidar- oder eine Einparkhilfesysteme des Fahrzeugs **10** genutzt werden. Mittels der Kamera **12** und einem entsprechenden Bildverarbeitungsverfahren können die Wand **22** und die horizontale Hell-Dunkel-Grenze **20** erkannt werden.

[0040] Die Steuereinheit **14** kann regelmäßig überprüfen, ob aktuell günstige Umgebungsbedingungen für einen solchen Kalibriervorgang vorliegen. Zum Überprüfen der Umgebungsbedingungen kann die Steuereinheit **14** zusätzlich Informationen eines Abstandssensors auswerten. Erkennt die Steuereinheit **14**, dass aktuell günstige Umgebungsbedingungen für den Kalibriervorgang vorhanden sind, kann der Kalibriervorgang ohne Mitwirken des Fahrers und völlig unbemerkt von diesem erfolgen. Gelingt es der Steuereinheit über eine gewisse Zeit hinweg nicht solche günstigen Umgebungsbedingungen für den Kalibriervorgang zu detektieren, so kann die Steuereinheit **14** über eine geeignete Mensch-Maschine-Schnittstelle den Fahrer auffordern, einen Ort mit für den Kalibriervorgang günstigen Umgebungsbedingungen aufsuchen. Solche Orte können beispielsweise ein dunkles Parkhaus oder eine Garagenzufahrt sein. Günstige Umgebungsbedingungen für den Kalibriervorgang können beispielsweise auch beim Ein- bzw. Ausparken vor einer Wand auf einem Parkplatz vorliegen.

[0041] Befindet sich das Fahrzeug **10** in einer solchen günstigen Situation wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel mittels eines Radars **24** der Abstand vom Fahrzeug **10** zur Wand **22** gemessen. Mit Hilfe mindestens eines durch die Kamera **12** aufgenommen Bildes des Bereiches vor dem Fahrzeug **10** wird an der Wand **22** der Abstand der horizontale Hell-Dunkel-Grenze **20** auf der Wand **22** zur Fahrbahn **21** bestimmt. Aus diesen Abständen und der bekannten Höhe der Scheinwerfer **18** über der Fahrbahn **21** wird der Winkel α zwischen der Horizontalen und der Hell-Dunkel-Grenze **20** berechnet und mit dem eingestellten Soll-Wert verglichen. Liegt eine Abweichung vor, werden Korrekturwerte ermittelt und als Korrekturdaten gespeichert.

[0042] In Fig. 3 ist eine Draufsicht des Fahrzeugs **10** während dieses Kalibriervorgangs nach Fig. 2 dargestellt.

[0043] Das beschriebene Verfahren zur Kalibrierung der Frontscheinwerfer **18** eines Fahrzeugs **10** kann auch für jeden Frontscheinwerfer **18** separat durchgeführt werden. Hierzu wird vorzugsweise der jeweils andere Frontscheinwerfer temporär deaktiviert. Hierdurch wird erreicht, dass der Einfluss des temporär deaktivierten Frontscheinwerfers auf die Lichtverteilung unterdrückt wird und somit eine genauere Kalibrierung des aktivierten Frontscheinwerfers möglich ist. Ein solches separates Kalibrieren der Frontscheinwerfer **18** des Fahrzeugs **10** ist aus Sicherheitsgründen nur im Stillstand des Fahrzeugs **10** möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer eines Fahrzeugs erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze, bei dem mindestens ein Bild mit einer Abbildung eines Bereichs vor dem Fahrzeug (10) erfasst wird, bei der Verarbeitung der Bilddaten des erfassten Bildes mindestens eine Position mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer (18) des Fahrzeugs (10) erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) als Ist-Position ermittelt wird, bei dem bei einer Abweichung der Ist-Position von einer voreingestellten Soll-Position mindestens ein Korrekturwert gebildet wird, bei dem der vertikale Helligkeitsverlauf in einem mit Hilfe einer Bilderfassungseinheit (12) vom Bereich vor dem Fahrzeug (10) erfassten Bildes ermittelt wird, und bei dem zum Ermitteln des Helligkeitsverlaufs nur Helligkeitswerte der Bilderfassungselemente berücksichtigt werden, die voreingestellten Detektionsspalten zugeordnet sind, und dass die mit Hilfe dieser Bilderfassungselemente ermittelte Helligkeitswerte zeilenweise summiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die durch eine Bilderfassungseinheit erzeugten Bilddaten eines Bildes eines Bereichs vor dem Fahrzeug durch eine Verarbeitungseinheit zum Ermitteln der Ist-Position der mindestens einen horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) verarbeitet werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine ermittelte Korrekturwert gespeichert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass voreingestellte Detektionszeilen vorgesehen sind, und dass nur die Helligkeitswerte der Bilderfassungselemente zeilenweise summiert werden, die sowohl einer De-

tektionsspalte als auch einer Detektionszeile zugeordnet sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Veränderung der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) mit Hilfe einer Veränderung der Leuchtweitenregulierung der Frontscheinwerfer (18) des Fahrzeugs (10) durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Verstellung der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) durch Zu- und/oder Abschalten einer oder mehrerer Lichtquellen mindestens eines Frontscheinwerfers (18) des Fahrzeugs (10) durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstrahlwinkel der durch den Frontscheinwerfer (18) des Fahrzeugs (10) abgestrahlten Lichtstrahlen, die die horizontale Hell-Dunkel-Grenze (20) erzeugen, bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entfernung zwischen dem Fahrzeug (10) und der auf die Fahrbahn vor dem Fahrzeug projizierten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entfernung mit Hilfe eines Stereokamerasystems ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil der von dem Frontscheinwerfer (18) des Fahrzeugs (10) abgestrahlten Lichtstrahlen auf eine orthogonal zur Fahrbahn angeordneten Reflektionsebene, vorzugsweise auf eine Wand (22), auftreffen und die Ist-Position der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) mit Hilfe des Helligkeitsverlaufs der Reflektionsebene (22) ermittelt wird, wobei die Entfernung zwischen dem Fahrzeug (10) und der Reflektionsebene (22) ermittelt wird, und wobei die Höhe der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze in der Reflektionsebene (22) ermittelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Neigungswinkel (α) der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) mit Hilfe der Entfernung zwischen Fahrzeug (10) und Reflektionsebene (22), der Höhe der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) in der Reflektionsebene (22) und der Höhe der Frontscheinwerfer (18) über der Fahrbahn (21) als Ist-Position der horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entfernung zwischen dem Fahrzeug (10) und der Reflektionsebene (22) mit

Hilfe der Entfernungsmessfunktion eines Kamerasystems, eines Radarentfernungsmesssystem, eines Lidarentfernungsmesssystem und/oder eines Ultraschallentfernungsmesssystem ermittelt werden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass regelmäßig überprüft wird, ob günstige Umgebungsbedingungen für den Kalibriervorgang vorliegen.

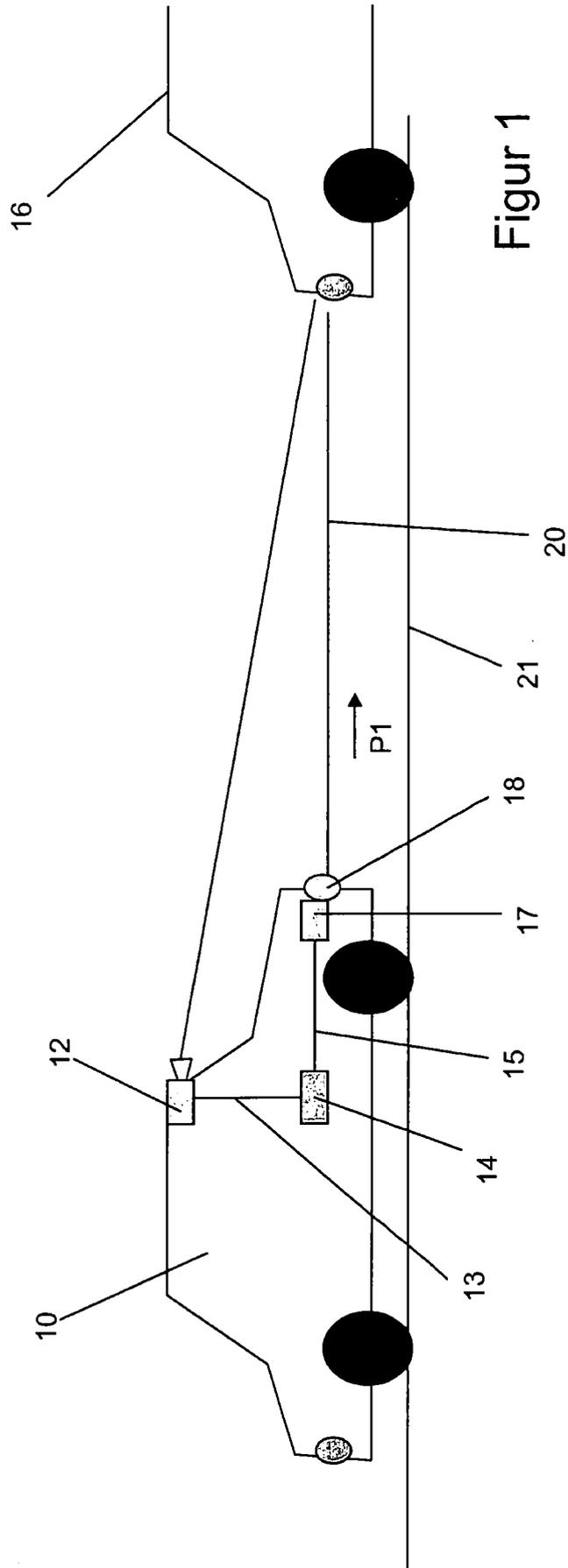
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der automatische Kalibriervorgang während der Fahrt durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Fahrer des Fahrzeugs (10) durch eine geeignete Mensch-Maschine-Schnittstelle dazu aufgefordert wird, einen Ort mit günstigen Umgebungsbedingungen für den Kalibriervorgang aufzusuchen, sofern innerhalb eines voreingestellten Zeitraums keine Situation mit günstigen Umgebungsbedingungen ermittelt worden ist.

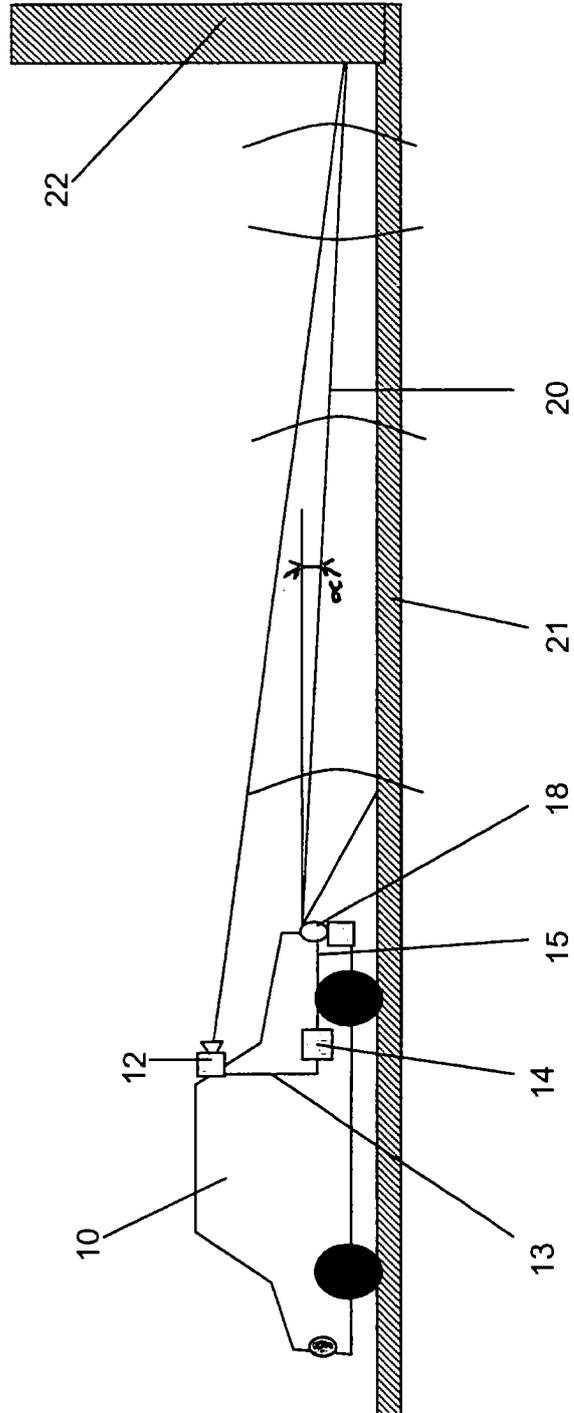
16. Vorrichtung zur Kalibrierung mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer (18) eines Fahrzeugs (10) erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20), mit einer Bilderfassungseinheit (12), die Bilddaten mindestens eines Bildes einer Abbildung eines Bereichs vor dem Fahrzeug (10) erzeugt, und mit einer Verarbeitungseinheit (14), die die mit Hilfe der Bilderfassungseinheit (12) erzeugten Bilddaten verarbeitet, wobei die Verarbeitungseinheit (14) mindestens eine Position mindestens einer durch mindestens einen Frontscheinwerfer (18) des Fahrzeugs (10) erzeugten horizontalen Hell-Dunkel-Grenze (20) als Ist-Position ermittelt, wobei die Verarbeitungseinheit (14) bei einer Abweichung der Ist-Position von einer voreingestellten Soll-Position ein Korrekturwert bildet, wobei die Verarbeitungseinheit (14) den vertikalen Helligkeitsverlauf in einem mit Hilfe der Bilderfassungseinheit (12) vom Bereich vor dem Fahrzeug (10) erfassten Bildes ermittelt, und wobei die Verarbeitungseinheit (14) zum Ermitteln des Helligkeitsverlaufs nur Helligkeitswerte der Bilderfassungselemente berücksichtigt, die voreingestellten Detektionsspalten zugeordnet sind, und dass die Verarbeitungseinheit die mit Hilfe dieser Bilderfassungselemente ermittelte Helligkeitswerte zeilenweise summiert.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2

