



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 56 978 B8 2008.05.29**

(12)

Berichtigung der Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 56 978.1**

(22) Anmeldetag: **17.11.2000**

(43) Offenlegungstag: **09.08.2001**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.12.2007**

(15) Korrekturinformation:
Berichtigung zu INID-Code (72)

(48) Veröffentlichungstag der Berichtigung: **29.05.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H04N 13/02 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
1999-51079 17.11.1999 KR

(73) Patentinhaber:
**Korea Advanced Institute of Science and
Technology, Taejon, KR**

(74) Vertreter:
**Kinzebach, W., Dipl.-Chem. Dr.phil., Pat.-Anw.,
67059 Ludwigshafen**

(72) Erfinder:
**Han, Soon Hung, Taejon, KR; Yoo, Byoung Hyun,
Taejon, KR**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
WO 97/23 097 A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erzeugung eines stereographischen Bildes**

Die oben angegebenen bibliographischen Daten entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Berichtigung. Die Zusammenfassung bzw. der Hauptanspruch sowie die Titelseitenzeichnung werden aus technischen Gründen hier nicht erneut veröffentlicht. Diese Informationen können der Originalveröffentlichung entnommen werden.



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 56 978 B4 2007.12.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 56 978.1**
 (22) Anmeldetag: **17.11.2000**
 (43) Offenlegungstag: **09.08.2001**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H04N 13/02 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität:
1999-51079 17.11.1999 KR

(73) Patentinhaber:
**Korea Advanced Institute of Science and
 Technology, Taejon, KR**

(74) Vertreter:
**Kinzebach, W., Dipl.-Chem. Dr.phil., Pat.-Anw.,
 67059 Ludwigshafen**

(72) Erfinder:
**Han, Soon Hung, Taejon, KR; Yoo, Boyoung Hyun,
 Taejon, KR**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
WO 97/23 097 A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erzeugung eines stereographischen Bildes**

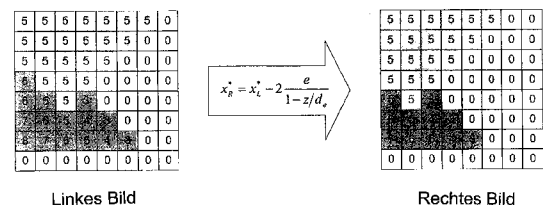
(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Erzeugung stereographischer Bilder unter Verwendung eines Z-Puffers, mit folgenden Schritten:

a) Erzeugen eines ersten zweidimensionalen Bildes für ein Auge eines Betrachters durch Rendering eines dreidimensionalen Modells und Speicherung der Farbinformation und der Tiefeninformation des ersten zweidimensionalen Bildes in einem Einzelbild-Puffer bzw. einem Z-Puffer;

b) Erzeugen eines zweiten zweidimensionalen Bildes für das andere Auge des Betrachters auf der Grundlage des ersten zweidimensionalen Bildes, der in dem Einzelbild-Puffer gespeicherten Farbinformation und der in dem Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation; wobei man b-1) das erste zweidimensionale Bild nach Pixeln durchsucht, die jeweils Pixeln des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechen, indem man die Disparität (e) der Fehlanpassung zwischen linkem und rechtem Bild, die dem halben Augenabstand des Betrachters entspricht, die Entfernung (d_e) vom Beobachtungspunkt zu der Projektionsebene und jede Pixelkoordinate x_L^* des ersten zweidimensionalen Bildes in folgende Gleichung einsetzt:

$$x_L^* = x_R^* + 2 \frac{e \times d_e}{d_e - z},$$

wobei x_R^* die Pixelkoordinate des zweiten zweidimensionalen Bildes und z die Tiefeninformation sind;...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines dreidimensionalen stereographischen Bildes unter Verwendung eines Computers und insbesondere ein Verfahren zur Erzeugung eines dreidimensionalen stereographischen Bildes auf der Grundlage eines ersten zweidimensionalen ebenen Bildes, welches für ein einzelnes Auge eines Betrachters ermittelt wurde, und der in einem Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation dieses ersten Bildes.

[0002] Im allgemeinen kann ein Betrachter eine dreidimensionale Tiefeninformation des Gegenstandes eines Bildes visuell mit einer von zwei Methoden wahrnehmen, wobei sich diese Methoden darin unterscheiden, daß eine Methode auf der Betrachtung mit einem Auge und die andere Methode auf der Betrachtung mit zwei Augen basiert.

[0003] Bei der Methode mit einem Auge kann ein Betrachter Phänomene wie Ferne oder Nähe, Parallelverschiebung, relative Objektgröße, Überlappungen, Helligkeit und Schatten, Focusadaption usw. mit einem Auge wahrnehmen. Der perspektivische Eindruck von Ferne und Nähe beruht darauf, daß parallele Linien in einem sogenannten Fluchtpunkt zusammenlaufen. Das Phänomen der Parallelverschiebung beruht auf der Tatsache, daß bei einer Bewegung des Kopfes des Betrachters ein in der Nähe des Beobachtungspunktes befindlicher Gegenstand eine größere scheinbare Bewegung erfährt, als ein Gegenstand, der weit von der Projektionsebene entfernt ist. Das Überlappungsphänomen beruht auf der Tatsache, daß ein in der Nähe befindlicher Gegenstand einen weiter entfernt befindlichen Gegenstand überdeckt. Die Focusadaption beruht darauf, daß die Augenmuskulatur bei Betrachtung von unterschiedlich weit entfernten Gegenständen unterschiedlich stark angespannt wird.

[0004] Bei der Methode mit zwei Augen kann der Betrachter zusätzlich zu den oben erwähnten Phänomenen ein weiteres Phänomen wahrnehmen: Dieses weitere Phänomen basiert auf der Tatsache, daß die Position der Projektion eines Gegenstandes auf die Retina des jeweiligen Auges unterschiedlich ist und von dem Konvergenzwinkel der beiden Augen abhängt, d.h. von der Entfernung zwischen dem Betrachter und dem betrachteten Gegenstand.

[0005] Die Wahrnehmung mit einem Auge erzeugt nur einen schwachen Eindruck der dreidimensionalen Entfernungen. Demgegenüber erzeugt die Betrachtung mit beiden Augen einen sehr starken Eindruck der dreidimensionalen Entfernungen, da beim Menschen das System Auge/Gehirn die beiden unterschiedlichen, vom jeweiligen Auge wahrgenommenen Bilder kombiniert und entsprechende dreidimensionale Informationen daraus ableitet.

[0006] Die oben erläuterten charakteristischen Eigenschaften der auf der Betrachtung mit zwei Augen basierenden Wahrnehmung werden im Bereich der Stereographie angewandt, wo bereits unterschiedlichste technische Ansätze zur Erzeugung von stereographischen Bildern vorgeschlagen worden sind.

[0007] Gemäß einem herkömmlichen Verfahren zur Erzeugung eines stereographischen Bildes werden zwei zweidimensionale Bilder eines Gegenstandes erzeugt, nämlich ein Bild für das linke Auge und ein anderes Bild für das rechte Auge. Dieses herkömmliche Verfahren zur Erzeugung stereographischer Bilder erzeugt demnach zwei Bilder, die, basierend auf zwei unterschiedlichen Projektionszentren, auf eine zweidimensionale Ebene projiziert werden (ein Zentrum für das linke Auge und das andere Zentrum für das rechte Auge). Zu diesem Zweck wird bei dem herkömmlichen Bildgebungsverfahren ein Graphikpipeline-Schema verwendet, wie es in der beigefügten [Fig. 1](#) angedeutet ist.

[0008] [Fig. 1](#) zeigt ein funktionales Blockdiagramm des Graphikpipeline-Schemas, das bei herkömmlichen stereographischen Bildgebungsverfahren verwendet wird. Ein Computer, der unter Verwendung eines Graphikprogrammes für dreidimensionale Graphiken (3-D Graphikprogramm) das gewünschte Bild auf dem Bildschirm erzeugen und visualisieren soll, muß dabei die folgenden Operationen durchführen: Zu dem 3D-Graphikprogramm gehört eine applikationsspezifische Verarbeitung **110**, eine Szenenverarbeitung **111**, eine Polygonverarbeitung **112**, eine Pixelverarbeitung **113**, eine Szenenverarbeitung **121**, eine Polygonverarbeitung **122** und eine Pixelverarbeitung **123**. Die Szenenverarbeitung **111**, die Polygonverarbeitung **112** und die Pixelverarbeitung **113** bilden eine Prozedur zur Erzeugung eines ersten Bildes, das für ein Auge (beispielsweise das linke Auge) auf eine zweidimensionale Ebene projiziert wird. Die Szenenverarbeitung **121**, die Polygonverarbeitung **122** und die Pixelverarbeitung **123** bilden eine Prozedur zur Erzeugung eines zweiten Bildes, das für das jeweils andere Auge (im vorliegenden Beispiel also für das rechte Auge) auf die zweidimensionale Ebene projiziert wird. Da die beiden Prozeduren einander entsprechen, wird bei der folgenden Be-

schreibung hauptsächlich auf die Prozedur zur Erzeugung des zweidimensionalen Bildes für das linke Auge Bezug genommen.

[0009] In der applikationsspezifischen Verarbeitung **110** betätigt oder bewegt der Benutzer ein dreidimensionales Modell entsprechend einem Anwendungsprogramm. Die Szene verändert sich entsprechend den von dem Benutzer ausgewählten Änderungen des Modells, der Beleuchtung oder des Hintergrundes. Die Veränderungen der Szene werden in einem sogenannten Szenengraphen **117** gespeichert. Der Szenengraph **117** ist im wesentlichen eine graphenartige Datenbank zur Speicherung von Detailinformationen einzelner Szenen und insbesondere aller Informationen, die zur Definition einer Szene benötigt werden, wie beispielsweise Modell, Beleuchtung, Geräusche usw.

[0010] Die Szenenverarbeitung **111** hat die Aufgabe, eine tatsächliche dreidimensionale Szene auf dem Bildschirm darzustellen. Das Verarbeitungsmodul **111** liest dazu Informationen aus dem Szenengraphen **117** und erzeugt, basierend auf dem Szenengraphen **117** dreidimensionale Polygone, die mit einem sogenannten Rendering-Verfahren bearbeitet werden können. Bei der dreidimensionalen Bildverarbeitung sind Gegenstände, die auf einem Bildschirm dargestellt werden, im wesentlichen aus dreidimensionalen Polygonen aufgebaut. In einem Verfahren, das man auch als „culling“ oder „level of detail (LOD)“ bezeichnet, entfernt die Szenenverarbeitung **111** aus dem vom Szenengraphen **117** gelieferten Daten alle unnötigen Polygone und liefert letztlich einen Satz von tatsächlich am Bildschirm sichtbaren dreidimensionalen Polygonen.

[0011] Die Polygonverarbeitung **112** dient dann dazu, diesen Polygonensatz auf einem zweidimensionalen Bildschirm darzustellen. Zu diesem Zweck transformiert die Polygonverarbeitung **112** dreidimensionale Polygone in zweidimensionale Polygone durch Projektion der dreidimensionalen Polygone auf eine Ebene. Dabei berechnet die Polygonverarbeitung **112** Helligkeiten basierend auf Beleuchtung, Textur des Gegenstandes und anderen Rendering-Informationen oder -Daten.

[0012] Die Pixelverarbeitung **113** erzeugt schließlich Farbinformationen für jedes Pixel eines Bildes, das schließlich auf dem Bildschirm dargestellt wird. Die Pixelverarbeitung **113** führt auf der Basis von zweidimensionalen Polygon- und Texturinformationen Maßnahmen zur Texturgebung, zum sogenannten "blending" und zum Anti-Aliasing durch. Dann speichert die Pixelverarbeitung **113** die resultierenden Farbinformationen für jedes Pixel des zweidimensionalen Bildes für das linke Auge in dem Einzelbild-Puffer **115**, der auch als "frame-buffer" bezeichnet wird. Die Pixelverarbeitung **113** speichert außerdem Tiefeninformation für jedes Pixel in dem Tiefenpuffer oder Z-Puffer **116**, welcher für die perspektivischen Effekte (Ferne-/Nähe-Wirkung) eines Gegenstandes sorgt und auch als "Z-buffer" bezeichnet wird.

[0013] Entsprechend erzeugt die Szenenverarbeitung **121** dreidimensionale Polygone für das rechte Auge, die dann durch die Polygonverarbeitung **122** in zweidimensionale Polygone transformiert werden. Die Pixelverarbeitung **123** speichert Farbinformation und Tiefeninformation für jedes Pixel des Bildes für das rechte Auge in dem Einzelbild-Puffer **125** bzw. dem Z-Puffer **126**.

[0014] Üblicherweise muß die gesamte Graphikpipeline der [Fig. 1](#) mit den oben erläuterten vier Verfahrensabschnitten zur Darstellung eines Gegenstandes auf dem Bildschirm abgearbeitet werden. Für die Darstellung eines stereographischen Bildes auf einem Bildschirm müssen darüber hinaus beide, für die beiden Augen erforderlichen Bilder mittels zweier Graphikpipelines in der oben dargestellten Weise erzeugt werden. Damit man die beiden, für das jeweilige Auge benötigten Bilder erhält, müssen sowohl der Schritt der stereographischen Projektion, als auch der abschließende Schritt der Bilddarstellung auf dem Bildschirm oder Display des Computers zweimal durchgeführt werden, nämlich einmal für jedes Bild.

[0015] Die Projektionsmatrizen für den Projektionsschritt können durch die folgenden Gleichungen 1 und 2 ausgedrückt werden:

[Gleichung 1]

$$[S_L] = [Tr_x][P_z] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ e & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1/d_e \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1/d_e \\ e & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[Gleichung 2]

$$[S_R] = [Tr_x][P_z] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1/d_e \\ -e & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0016] In den obigen Gleichungen 1 und 2 ist S_L die zweidimensionale Bildprojektionsmatrix für das linke Auge und S_R die zweidimensionale Bildprojektionsmatrix für das rechte Auge.

[0017] Zur Erzeugung eines stereographischen Bildes auf einem Computerbildschirm müssen, wie oben erwähnt, zwei Bilder eines dreidimensionalen Gegenstandes erzeugt werden, nämlich ein Bild für das linke Auge und das andere Bild für das rechte Auge. Zu diesem Zweck müssen sowohl das Verfahren zur Darstellung eines Bildes auf dem Computerbildschirm, wie auch das stereographische Projektionsverfahren zweimal durchgeführt werden. Alle herkömmlichen dreidimensionalen stereographischen Bildgebungsverfahren laufen in der dargestellten Weise ab, so daß Rechenzeiten erforderlich sind, die doppelt so hoch wie die Rechenzeit zur Erzeugung eines nichtstereographischen einzelnen Bildes sind. Daraus resultieren beträchtliche Einschränkungen bei der Nutzung von stereographischen Bildern bei dreidimensionalen Simulationen oder Animationen.

[0018] Aus der Internationalen Patentanmeldung WO 97/23097 A2 ist ein Verfahren zur Erzeugung eines Ausgangsbildes, durch parallaktische Transformation eines Eingangsbildes bekannt, wobei das Eingangs- und das Ausgangsbild ein Bildpaar einer stereoskopischen dreidimensionalen Darstellung bilden können. Gemäß WO 97/23097 wird das Ausgangsbild auf der Grundlage des zweidimensionalen Eingangsbildes und einer jedem Pixel des Eingangsbildes zugeordneten Pixelverschiebung erzeugt, die aus den Tiefeninformationen errechnet werden muss. Auch dieses Verfahren ist mit großer Rechenzeit verbunden.

[0019] Der vorliegenden Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, ein Verfahren zur Erzeugung eines stereographischen Bildes bereitzustellen, das weniger Rechenzeit als herkömmliche stereographische Bildgebungsverfahren erfordert.

[0020] Gelöst wird diese Aufgabe durch das Verfahren gemäß beigefügtem Hauptanspruch. Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist Gegenstand des abhängigen Anspruchs.

[0021] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist demnach ein Verfahren zur Erzeugung eines stereographischen Bildes unter Verwendung des Z-Puffers, wobei die beiden ebenen Bilder, die zur Erzeugung des stereographischen Bildes erforderlich sind, generiert werden durch Erzeugen eines ersten Bildes auf herkömmliche Weise und anschließende Erzeugung des zweiten Bildes durch einfache Additionsschritte, die auf dem erzeugten zweidimensionalen ersten Bild, der zugehörigen Farbinformation und im Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation basieren.

[0022] Im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein erstes zweidimensionales Bild für ein einzelnes Auge des Betrachters durch Rendering eines dreidimensionalen Modells erzeugt und die Farbinformation und die Tiefeninformation des ersten zweidimensionalen Bildes in dem Einzelbild-Puffer bzw. dem Z-Puffer gespeichert. Der zweite Schritt, bei dem das zweite zweidimensionale Bild für das andere Auge des Betrachters erzeugt wird, erfolgt auf der Grundlage des ersten zweidimensionalen Bildes, der in dem Einzelbild-Puffer gespeicherten entsprechenden Farbinformation und der in dem Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation. Der dritte Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem schließlich das gewünschte stereographische Bild erzeugt wird, erfolgt auf der Grundlage des erzeugten ersten zweidimensionalen Bild und des aus dem ersten Bild errechneten zweiten zweidimensionalen Bild.

[0023] Im zweiten Schritt wird das erste zweidimensionale Bild nach Pixeln durchsucht, die jeweils Pixeln des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechen. Farbwerte der gesuchten Pixel des ersten zweidimensionalen Bildes werden interpoliert, um Farbwerte des zweiten zweidimensionalen Bildes zu erhalten.

[0024] Dabei wird in dem oben erwähnten zweiten Schritt das erste zweidimensionale Bild nach Pixeln durchsucht, welche jeweils Pixeln des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechen, indem man die Disparität (e)

zwischen dem linken und rechten Auge des Betrachters, den Abstand d_e vom Beobachtungspunkt zu der Projektionsebene und jeden Pixelkoordinate (x_L^*) des ersten zweidimensionalen Bildes in folgende Gleichung einsetzt:

$$x_L^* = x_R^* + 2 \frac{e \times d_e}{d_e - z}$$

[0025] Anschließend liefert der oben genannte zweite Schritt die Farbwerte des zweiten zweidimensionalen Bildes durch Einsetzen der Farbwerte des ersten zweidimensionalen Bildes in die folgende Gleichung:

$$C_{x_R} = (1-a)C_{x_L} + aC_{x_{L+1}}$$

$$a = x_L^* - \text{int}(x_L^*)$$

wobei C_{x_R} der Farbwert an der Pixelkoordinate x_R^* des zweiten zweidimensionalen Bildes, C_{x_L} der Farbwert an der Pixelkoordinate x_L^* des ersten zweidimensionalen Bildes und $C_{x_{L+1}}$ der Farbwert der folgenden Pixelkoordinate x_{L+1}^* des ersten zweidimensionalen Bildes sind.

[0026] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist außerdem ein Computerprogrammprodukt, insbesondere ein computerlesbares Speichermedium bzw. ein Prozessor mit einem Programm, welches das oben beschriebene Verfahren zur Erzeugung stereographischer Bilder unter Verwendung des Z-Puffers ausführen kann.

[0027] Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf beigefügte Zeichnungen näher erläutert.

[0028] In den Zeichnungen zeigt:

[0029] Fig. 1 ein Funktionsblockdiagramm des Graphikpipeline-Schemas, welches bei herkömmlichen Verfahren zur Erzeugung stereographischer Bilder verwendet wird;

[0030] Fig. 2a den Zustand einer Bildprojektion eines Punktes $P(x, y, z)$, basierend auf den Projektionszentren des Beobachtungspunktes $E_L(-e, 0, d_e)$ des linken Auges und des Beobachtungspunktes $E_R(e, 0, d_e)$ des rechten Auges;

[0031] Fig. 2b die Darstellung einer Verschiebung der Projektionszentren, so daß der Beobachtungspunkt des linken Auges auf der z-Achse liegt;

[0032] Fig. 2c eine Darstellung einer Verschiebung der Projektionszentren, so daß der Beobachtungspunkt des rechten Auges auf der z-Achse liegt;

[0033] Fig. 3 eine Illustration der Suche nach Pixeln des linken Bildes, welche den jeweiligen Pixeln des rechten Bildes entsprechen, um das rechte Bild auf der Grundlage der Daten des linken Bildes zu erzeugen; und

[0034] Fig. 4 eine Illustration der Suche nach Pixeln des linken Bildes, welche den jeweiligen Pixeln des rechten Bildes entsprechen in einer Pixel-Reihe der Darstellung der Fig. 3.

[0035] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung eines stereographischen Bildes unter Verwendung des Z-Puffers den Schritt, ein zweidimensionales Bild für ein Auge zu erzeugen, indem man eine allgemeine Graphikpipeline auf ein dreidimensionales Modell anwendet. Bei diesem Schritt wird die Farbinformation jedes Pixels des erzeugten zweidimensionalen Bildes in dem Einzelbild-Puffer und die entsprechende Tiefeninformation in dem Z-Puffer gespeichert. Anschließend wird ein weiteres zweidimensionales Bild auf der Grundlage der in dem Einzelbild-Puffer gespeicherten Farbinformation und der in dem Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation erzeugt. Schließlich erhält man das stereographische Bild durch Kombination der beiden erzeugten zweidimensionalen Bilder, wie dies oben bereits detaillierter erläutert wurde.

[0036] Der oben erwähnte Schritt der Erzeugung des ersten zweidimensionalen Bildes für ein einzelnes Auge wird in an sich bekannter Weise durchgeführt. Dabei wird das zweidimensionale Bild durch ausgehend vom gegebenen dreidimensionalen Gegenstand durch sequentielle Durchführung der applikationsspezifischen Verarbeitung, der Szenenverarbeitung, der Polygonverarbeitung und der Pixelverarbeitung erzeugt. Jeder Verarbeitungsschritt wird in der eingangs erläuterten Art und Weise durchgeführt, so daß hierauf nicht mehr speziell eingegangen werden muß. Durch diese Verarbeitungsschritte werden schließlich für jedes Pixel Farbinforma-

tionen in dem Einzelbild-Puffer und Tiefeninformation in dem Z-Puffer gespeichert.

[0037] Anschließend wird das zweite zweidimensionale Bild auf der Grundlage der in dem Einzelbild-Puffer gespeicherten Farbinformation und der in dem Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation erzeugt, wie im folgenden detaillierter erläutert wird:

Zunächst wird das folgende Projektionsverfahren zur Erzeugung eines zweidimensionalen ebenen Bildes betrachtet, um einen Ausdruck für die Korrelation zwischen den beiden Bildern für das jeweilige Auge abzuleiten. In **Fig. 2a** ist eine Projektion eines Punktes $P(x, y, z)$ in Abhängigkeit von dem Beobachtungspunkte $E_L(-e, 0, d_e)$ für das linke Auge und von dem Beobachtungspunkt $E_R(e, 0, d_e)$ des rechten Auges dargestellt. **Fig. 2b** ist eine Darstellung, bei der die Projektionszentren so verschoben worden sind, daß der Beobachtungspunkt des linken Auges auf der z-Achse liegt. Unter Verwendung von trigonometrischen Relationen kann man die folgenden Zusammenhänge ableiten:

[Gleichung 3]

$$\frac{x_L^*}{d_e} = \frac{x'}{d_e - z}$$

[Gleichung 4]

$$x_L^* = \frac{x'}{1 - z/d_e} = \frac{x'}{1 + rz} \quad \text{mit}$$

$$r = -1/d_e$$

[0038] In der in **Fig. 2c** gezeigten Darstellung sind die Projektionszentren so verschoben worden, daß der Beobachtungspunkt des rechten Auges auf der z-Achse liegt. Wiederum lassen sich trigonometrische Relationen nutzen und man gelangt zu folgenden Ergebnissen:

[Gleichung 5]

$$\frac{x_L^*}{d_e} = \frac{x''}{d_e - z}$$

[Gleichung 6]

$$x_R^* = \frac{x''}{1 - z/d_e} = \frac{x''}{1 + rz} \quad \text{mit}$$

$$r = -1/d_e$$

[0039] Da die y-Koordinaten für beide Augen identisch sind, kann als Ausdruck für die y-Achse die in der folgenden Gleichung 7 dargestellte Beziehung herangezogen werden:

[Gleichung 7]

$$y^* = \frac{y}{1 - z/d_e} = \frac{y}{1 + rz}$$

[0040] Mit obigen Ausgangsgleichungen erhält man für die Koordinaten eines Gegenstandes, der auf das linke bzw. das rechte Auge projiziert wird, die in den folgenden Gleichungen 8 und 9 angegebenen Relationen. Dabei sind die y-Koordinaten des Gegenstandes für das rechte und linke Bild identisch und können durch die in der folgenden Gleichung 10 definierte Beziehung berechnet werden.

[Gleichung 8]

$$x_L^* = \frac{x + e}{1 - z/d_e}$$

[Gleichung 9]

$$x_R^* = \frac{x - e}{1 - z/d_e}$$

[Gleichung 10]

$$y^* = \frac{y}{1 - z/d_e}$$

[0041] Durch Umformen der beiden Gleichungen 8 und 9 erhält man die im folgenden angegebenen Gleichungen 11 und 12 für x_L^* und x_R^* .

[Gleichung 11]

$$x_R^* = \frac{x - e}{1 - z/d_e} = \frac{x + e}{1 - z/d_e} - 2 \frac{e}{1 - z/d_e} = x_L^* - 2 \frac{e}{1 - z/d_e}$$

[Gleichung 12]

$$x_L^* = \frac{x + e}{1 - z/d_e} = \frac{x - e}{1 - z/d_e} + 2 \frac{e}{1 - z/d_e} = x_R^* + 2 \frac{e}{1 - z/d_e}$$

[0042] Erfindungsgemäß erhält man demnach zunächst ein zweidimensionales Bild für ein Auge (beispielsweise das linke Auge) auf der Grundlage der Transformationsmatrix gemäß Gleichung 1. Anschließend kann dann ein zweidimensionales Bild für das rechte Auge einfach aus den Daten des zweidimensionalen Bildes für das linke Auge berechnet werden.

[0043] Wie insbesondere aus Gleichung 11 hervorgeht, können die Bildkoordinaten für das rechte Auge einfach aus den Bildkoordinaten für das linke Auge auf der Grundlage des Parameters (e) berechnet werden, der den Grad der Disparität zwischen dem linken und rechten Bild des stereographischen Bildes angibt. Der Parameter (e) entspricht dem halben Abstand zwischen den beiden Augen des Beobachters. Außerdem wird ein Parameter (d_e) verwendet, der dem Abstand des Beobachtungspunktes zur Projektionsebene entspricht.

[0044] Das dreidimensionale Bild kann dann entsprechend der oben erläuterten allgemeinen Prozedur auf einem zweidimensionalen Bildschirm eines Computers dargestellt werden. In diesem Fall basiert die oben erwähnte Projektionstransformation auf dem Satz zweidimensionaler Koordinaten und der Tiefeninformation entlang der z-Achse für jede Koordinate.

[0045] Die Daten, die benötigt werden, um die zweidimensionalen Koordinaten auf dem Computerbildschirm anzuzeigen, werden in dem Einzelbild-Puffer des Computers gespeichert, während die Tiefeninformation entlang der z-Achse in dem Z-Puffer (den man auch als „Tiefenpuffer“ bezeichnet) gespeichert wird.

[0046] Demnach wird nur das Bild für das linke Auge entsprechend der allgemeinen an sich bekannten Graphikpipeline erzeugt, während das Bild für das rechte Auge in der in [Fig. 3](#) detaillierter dargestellten Weise berechnet wird. Die Tiefeninformation z für jedes Pixel aus dem Z-Puffer des Computers, die Bilddisparität (e), welches zur Erzeugung des linken Bildes verwendet wurde, und der Abstand (d_e) des Beobachtungspunktes von der Projektionsebene werden in Gleichung 11 eingesetzt.

[0047] [Fig. 3](#) illustriert die Erzeugung des rechten Bildes aus dem linken Bild unter Verwendung der Richtschnur der Gleichung 11. In [Fig. 3](#) entsprechen die Gitterpunkte den Pixeln eines Computerbildschirms und die jedem Gitterpunkt zugeordnete Zahl entspricht der Tiefeninformation entlang der z-Achse, die im Z-Puffer gespeichert ist. Das rechte Bild der [Fig. 3](#) erhält man aus dem linken Bild entsprechend einem spezifischen Algorithmus der im folgenden detaillierter beschrieben wird.

[0048] Wie bereits oben im Zusammenhang mit **Fig. 2** erläutert, tritt ein Unterschied zwischen den beiden Bildern wegen des Abstandes der beiden Augen nur in Richtung der x-Achse auf. Daher kann die Transformation gemäß Gleichung 11 jeweils für eine Pixelreihe eines Bildes berechnet und für jede Reihe entsprechend wiederholt werden. Wenn erfindungsgemäß beispielsweise das rechte Bild aus dem linken Bild berechnet wird, so bedeutet dies, daß die Farbinformation für jedes Pixel des rechten Bildes aus dem linken Bild gewonnen wird, indem die Farbinformation des linken Bildes auf das rechte Bild abgebildet (gemappt) wird. Die Farbinformation für das rechte Bild erhält man dabei in folgender Weise: Wenn man Gleichung 11 nach x_L^* auflöst, so erhält man

[Gleichung 13]

$$x_L^* = x_R^* + 2 \frac{e \times d_e}{d_e - z}$$

[0049] Um nun die Farbinformation für die Koordinaten x_R^* für jedes Pixel des rechten Bildes zu erhalten, werden die Koordinaten x_L^* des Originalbildes auf der Grundlage der Gleichung 13 berechnet.

[0050] Die Farbinformation von x_R^* wird dann aus dem berechneten Ergebnis von x_L^* berechnet. Obwohl die Koordinate jedes Pixels eine ganze Zahl ist, muß das berechnete Ergebnis nicht notwendigerweise ganzzahlig sein. Diesbezüglich kann die Bildqualität verbessert werden, wenn man ein Interpolationsverfahren verwendet, wie dies beispielsweise in der folgenden Gleichung 14 angegeben ist. Dabei ist C_{x_R} die Farbinformation bei der Pixelkoordinate x_R^* des rechten Bildes, C_{x_L} die Farbinformation bei der Koordinate, die man erhält, wenn man das berechnete (nicht ganzzahlige) Ergebnis x_L^* in eine ganze Zahl umwandelt, und $C_{x_{L+1}}$ ist die Farbinformation der folgenden Pixelkoordinate des linken Bildes.

[Gleichung 14]

$$C_{x_R} = (1 - a)C_{x_L} + aC_{x_{L+1}}$$

$$a = x_L^* - \text{int}(x_L^*)$$

[0051] Mit anderen Worten folgt aus den beiden oben dargestellten Schritten, daß man den Farbwert für jedes Pixel des rechten Bildes aus dem linken Bild erhält, um schließlich das rechte Bild aus dem linken Bild (dem Originalbild) aufzubauen. Demnach wird das Originalbild nach Pixeln durchsucht, die Pixeln des rechten Bildes entsprechen, die auf der Grundlage der Relation gemäß Gleichung 13 erzeugt werden. Anschließend werden die Farbwerte der entsprechenden Pixel des Originalbildes gemäß der Relation von Gleichung 14 interpoliert und die interpolierten Ergebnisse werden als Farbwerte für das rechte Bild verwendet.

[0052] Die dargestellte Prozedur wird für jedes Pixel des rechten Bildes in der Weise wiederholt, daß nach Beendigung der Berechnung für eine Bildreihe (Pixel für Pixel) die Berechnung für die nächste Reihe fortgesetzt wird.

[0053] Wie aus obiger Beschreibung hervorgeht, wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren lediglich ein zweidimensionales Bild gemäß an sich bekannter Bildgebungsmethoden aus einem dreidimensionalen Modell erzeugt, während das andere zweidimensionale Bild nach dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen spezifischen Algorithmus aus dem ersten erzeugten zweidimensionalen Bild berechnet wird. Durch Kombination der beiden zweidimensionalen Bilder wird schließlich ein stereographisches Bild erzeugt. Verglichen mit herkömmlichen Verfahren zur Erzeugung stereographischer 3-D-Bilder, welche die doppelte Rechenzeit eines herkömmlichen Verfahrens zur Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes benötigen, ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einfach und schnell möglich, stereographische Bilder durch Anwendung eines simplen Algorithmus zu erzeugen, ohne daß der Rechenaufwand des Computers verdoppelt wird.

[0054] Das erfindungsgemäße Verfahren wurde anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels detaillierter dargestellt. Es versteht sich jedoch, daß der Fachmann ausgehend von der vorliegenden Offenbarung ohne weiteres Abwandlungen des erfindungsgemäßen Verfahrens finden kann, die hier nicht näher erläutert wurden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung stereographischer Bilder unter Verwendung eines Z-Puffers, mit folgenden

Schritten:

- a) Erzeugen eines ersten zweidimensionalen Bildes für ein Auge eines Betrachters durch Rendering eines dreidimensionalen Modells und Speicherung der Farbinformation und der Tiefeninformation des ersten zweidimensionalen Bildes in einem Einzelbild-Puffer bzw. einem Z-Puffer;
- b) Erzeugen eines zweiten zweidimensionalen Bildes für das andere Auge des Betrachters auf der Grundlage des ersten zweidimensionalen Bildes, der in dem Einzelbild-Puffer gespeicherten Farbinformation und der in dem Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation; wobei man
- b-1) das erste zweidimensionale Bild nach Pixeln durchsucht, die jeweils Pixeln des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechen, indem man die Disparität (e) der Fehlanpassung zwischen linkem und rechtem Bild, die dem halben Augenabstand des Betrachters entspricht, die Entfernung (d_e) vom Beobachtungspunkt zu der Projektionsebene und jede Pixelkoordinate x_L^* des ersten zweidimensionalen Bildes in folgende Gleichung einsetzt:

$$x_L^* = x_R^* + 2 \frac{e \times d_e}{d_e - z} ,$$

wobei x_R^* die Pixelkoordinate des zweiten zweidimensionalen Bildes und z die Tiefeninformation sind;

- b-2) Farbwerte der gesuchten Pixel des ersten zweidimensionalen Bildes interpoliert und Farbwerte des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechend der interpolierten Ergebnisse gewinnt; und
- c) Erzeugen des stereographischen Bildes auf der Grundlage des ersten zweidimensionalen Bildes und des zweiten zweidimensionalen Bildes.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man in dem Schritt b-2) die Farbwerte des zweiten zweidimensionalen Bildes gewinnt, indem man die Farbwerte des ersten zweidimensionalen Bildes in die folgende Gleichung einsetzt:

$$C_{x_R} = (1 - a)C_{x_L} + aC_{x_{L+1}}$$

$$a = x_L^* - \text{int}(x_L^*)$$

wobei C_{x_R} die Farbinformation bei jeder Pixelkoordinate x_R^* des zweiten zweidimensionalen Bildes, C_{x_L} die Farbinformation bei jeder Pixelkoordinate x_L^* des ersten zweidimensionalen Bildes und $C_{x_{L+1}}$ die Farbinformation bei der folgenden Pixelkoordinate x_{L+1}^* des ersten zweidimensionalen Bildes sind.

3. Programmspeicher, in Form eines computerlesbaren Speichermediums oder eines Prozessors, zur Speicherung eines Programms, welcher so konfiguriert ist, daß die folgenden Schritte ausführbar sind:

- a) Erzeugen eines ersten zweidimensionalen Bildes für ein Auge eines Benutzers durch Rendering eines dreidimensionalen Modells und Speichern von Farbinformation und Tiefeninformation des ersten zweidimensionalen Bildes in einem Einzelbild-Puffer bzw. in einem Z-Puffer;
- b) Durchsuchen des ersten zweidimensionalen Bildes nach Pixeln, die jeweils Pixeln des zweiten zweidimensionalen Bildes für das andere Auge des Betrachters entsprechen, auf der Grundlage des ersten zweidimensionalen Bildes und der in dem Z-Puffer gespeicherten Tiefeninformation, wobei man
- b-1) das erste zweidimensionale Bild nach Pixeln durchsucht, die jeweils Pixeln des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechen, indem man die Disparität (e) der Fehlanpassung zwischen linkem und rechtem Bild, die dem halben Augenabstand des Betrachters entspricht, die Entfernung (d_e) vom Beobachtungspunkt zu der Projektionsebene und jede Pixelkoordinate x_L^* des ersten zweidimensionalen Bildes in folgende Gleichung einsetzt:

$$x_L^* = x_R^* + 2 \frac{e \times d_e}{d_e - z} ,$$

wobei x_R^* die Pixelkoordinate des zweiten zweidimensionalen Bildes und z die Tiefeninformation sind;

- b-2) Farbwerte der gesuchten Pixel des ersten zweidimensionalen Bildes interpoliert und Farbwerte des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechend der interpolierten Ergebnisse gewinnt;
- c) Interpolieren von Farbwerten der gesuchten Pixel des ersten zweidimensionalen Bildes und Gewinnung von Farbwerten des zweiten zweidimensionalen Bildes entsprechend der interpolierten Ergebnisse; und
- d) Erzeugen eines stereographischen Bildes auf der Grundlage des ersten zweidimensionalen Bildes und des zweiten zweidimensionalen Bildes.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

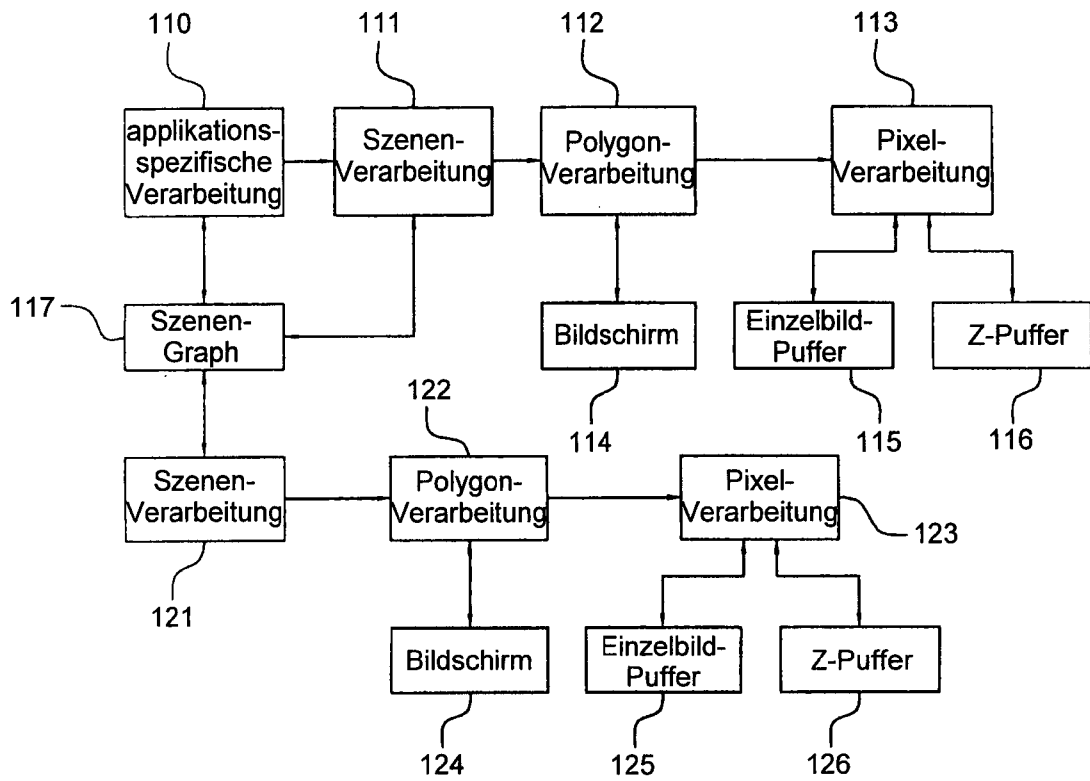


FIG. 2a

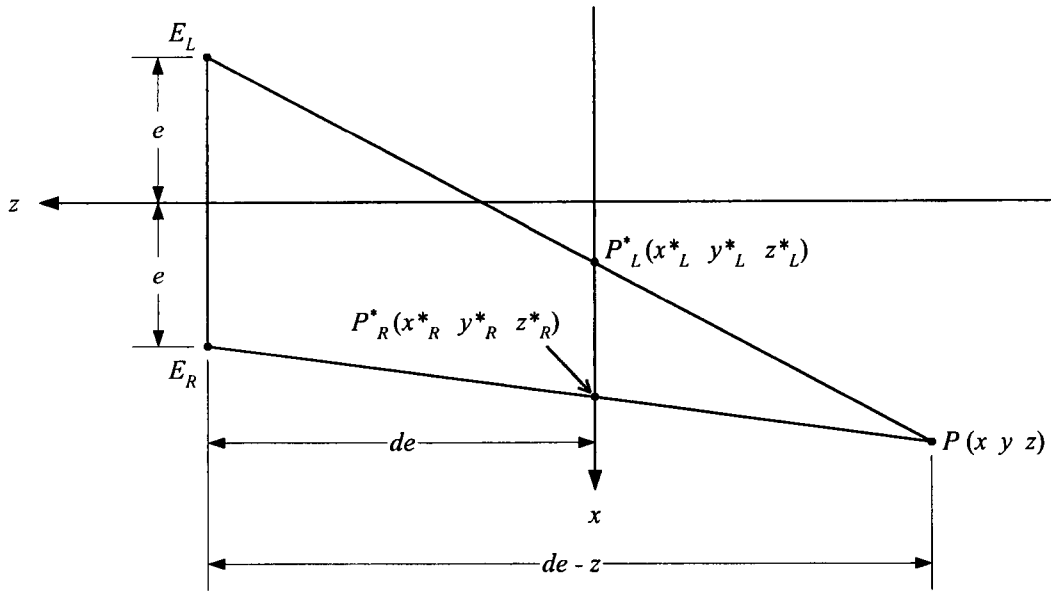


FIG. 2b

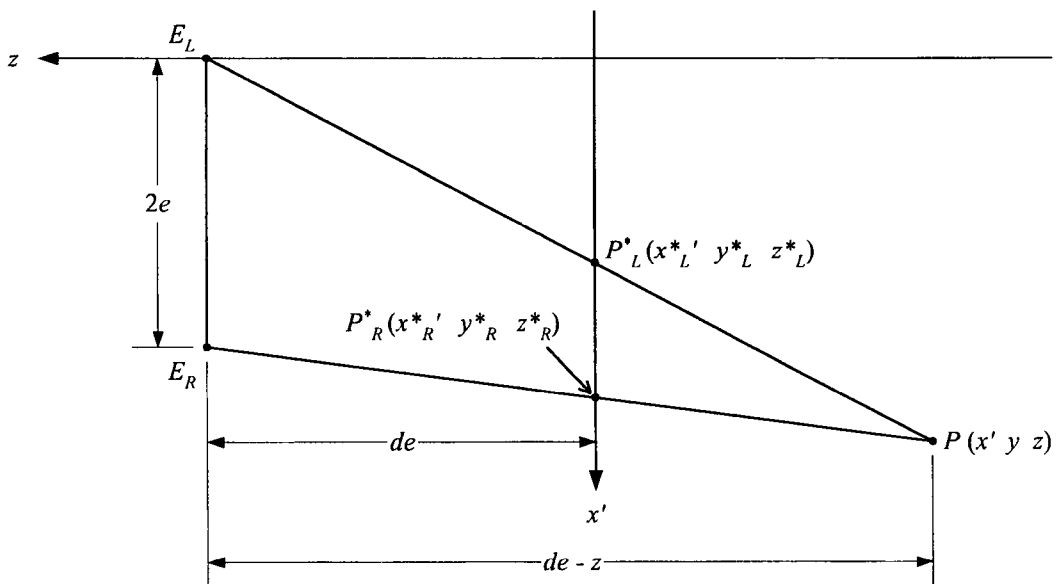


FIG. 2c

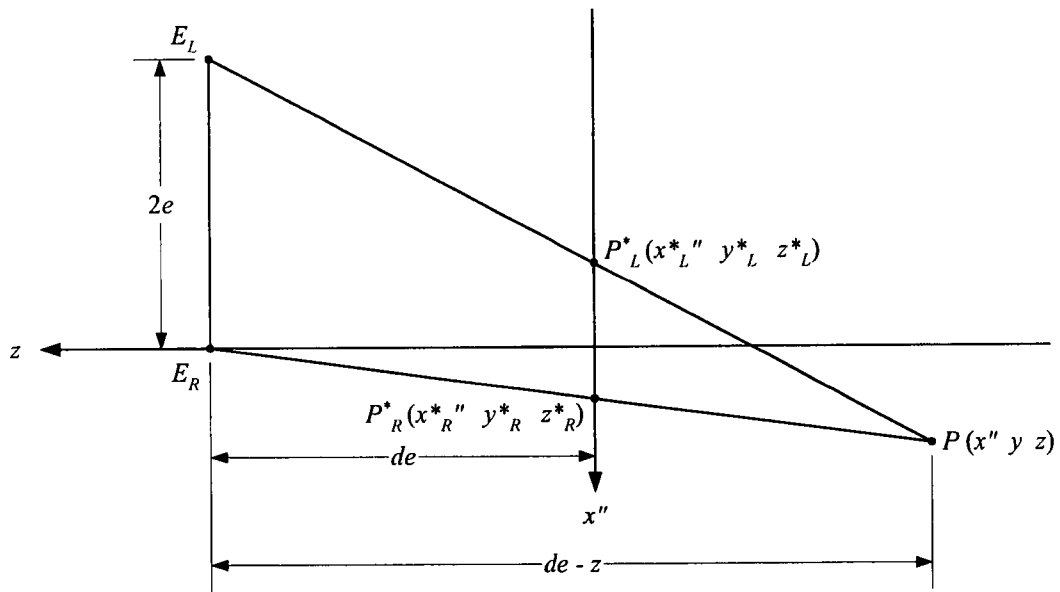


FIG. 3

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 5 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Linkes Bild

$$x_R^* = x_L^* - 2 \frac{e}{1 - z/d_e}$$

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Rechtes Bild

FIG. 4

