(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 197 09 220 B4** 2004.12.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **197 09 220.9**
(22) Anmeldetag: **06.03.1997**
(43) Offenlegungstag: **29.01.1998**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **02.12.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G06T 15/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
690433 26.07.1996 US

(71) Patentinhaber:
Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

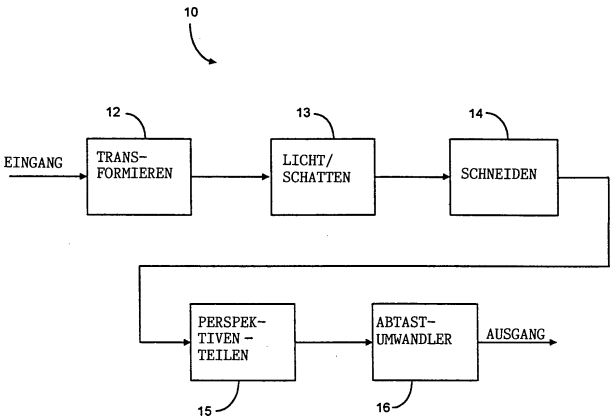
(74) Vertreter:
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

(72) Erfinder:
Olsen, Daniel M., Fort Collins, Col., US; Scott, Noel D., Fort Collins, Col., US; Casey, Robert J., Fort Collins, Col., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
EP 06 06 685 A1
EP 2 55 544 A1
FOLEY, J.D. u.a.: Computer Graphics, Principles and Practice, Addison-Wesley, 1990, S. 660-663;

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren für eine beschleunigte Verdeckungsauslese**

(57) Hauptanspruch: Verdeckungsausleseschaltung (30) zur Verwendung bei einem Graphikcomputer (20), mit folgenden Merkmalen:
einem Zentralprozessor (22), der ein Begrenzungsvolumen bestimmt und Graphikgrundelemente mit dem Begrenzungsvolumen sendet;
einer Tiefenvergleichsschaltung (33) zum Empfangen der Graphikgrundelemente von dem Zentralprozessor (22) und zum Vergleichen eines ankommenden Tiefenwerts (z) für jede Adresse in den Graphikgrundelementen mit einem gegenwärtigen Tiefenwert für ein aufbereitetes Pixel bei einer entsprechenden Adresse, wobei die Tiefenvergleichsschaltung (33) ein Ergebnissignal mit einem ersten logischen Wert, wenn der ankommende Tiefenwert eine Tiefenvergleichsfunktion besteht, und mit einem zweiten logischen Wert erzeugt, wenn der ankommende Tiefenwert die Tiefenvergleichsfunktion nicht besteht;
einer Logikschaltung (34) zum Empfangen des Ergebnissignals der Tiefenvergleichsschaltung (33) und zum Erzeugen eines Tiefenvergleichssignals, wobei die Logikschaltung (34) das Tiefenvergleichssignal bei dem ersten logischen Wert beim Empfang des Ergebnissignals mit dem ersten logischen Wert zwischenspeichert;
einem Tiefenpuffer (39) zum Speichern von Tiefenwerten jedes Graphikgrundelements;
einem Farbpuffer (38) zum Speichern von Farbwerten...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein System und ein Verfahren zur Verdeckungsauslese (auch "Occlusion Culling" genannt) und insbesondere auf ein System und ein Verfahren zum Beschleunigen der Verdeckungsauslese bei einem Graphikcomputer.

[0002] Ein Graphikcomputer wird üblicherweise verwendet, um dreidimensionale Darstellungen eines Objekts auf einem zweidimensionalen Anzeigebildschirm darzustellen. Bei einem typischen Graphikcomputer wird ein aufzubereitendes Objekt in eine Vielzahl von Graphikgrundelementen aufgeteilt. Die Graphikgrundelemente sind Grundkomponenten eines Graphikbildes und können durch Geometrien eines Punktes, einer Linie, eines Vektors oder eines Polygons, wie z. B. eines Dreiecks, definiert sein. Die Graphikgrundelemente werden durch eine Graphikpipeline gespeist, wo verschiedene Verarbeitungstypen auftreten, wonach sie auf einer Anzeige aufbereitet werden.

[0003] Ein Beispiel einer typischen Graphikpipeline **10** ist in **Fig.** 1 gezeigt und umfaßt eine Transformationseinheit **12** zum Umwandeln von Eingabegrundelementdaten von einem Koordinatenraum zu einem anderen Koordinatenraum. Eine Licht/Schatten-Einheit **13** legt eine Beleuchtung und eine flache oder weiche Schattierung an die transformierten Graphikgrundelemente an, und dieselbe kann zusätzlich eine Texturabbildungsfähigkeit für den Graphikcomputer schaffen. Eine Abschneideeinheit schneidet Grundelemente auf ein Betrachtungsvolumen zu und kann ferner die Grundelemente bezüglich einer oder mehrerer beliebiger Abschneideebenen zuschneiden. An der Abschneideeinheit **14** werden die Grundelementdaten derart modifiziert, daß nur der Abschnitt des Grundelements, welcher innerhalb des Betrachtungsvolumens liegt, sichtbar wird. Eine Perspektiventeilungseinheit **15** teilt alle Koordinaten durch w, um die Daten von homogenen zu dreidimensionalen Koordinaten zu transformieren. Um eine perspektivische Projektion zu schaffen, werden die Koordinaten ferner an der Perspektiventeilungseinheit **15** durch die Tiefenkomponente geteilt, derart, daß Objekte, die weiter weg sind, kleiner erscheinen. Bei einer Abtastumwandlungseinheit **15** werden Scheitel-Koordinaten und -Attribute in Pixelfarben und Tiefen umgewandelt. Die Datenausgabe aus der Graphikpipeline **10** umfaßt solche Dinge, wie Pixel-Koordinaten oder Adressen x und y, eine Pixeltiefe z und eine Farbe r, g, b und a oder einen Farbindex. Es sollte offensichtlich sein, daß die Graphikpipeline **10** lediglich beispielhaft die Operationen zeigt, die von einem typischen Graphikcomputer durchgeführt werden, und daß die Operationen eines speziellen Graphikcomputers von den beschriebenen abweichen können.

[0004] Die Ausgabe der Graphikpipeline **10** wird typischerweise zu einem Rahmenpuffer geleitet, welcher einen Farbpuffer und einen Tiefenpuffer aufweist. Eine Steuerung, die dem Rahmenpuffer zugeordnet ist, vergleicht die ankommenden Pixeldaten mit den angezeigten Pixeldaten und steuert die Speicherung der ankommenden Pixeldaten dementsprechend. Genauer gesagt wird die Tiefenkomponente z für jedes ankommende Pixel mit der Tiefenkomponente z für das gerade angezeigte Pixel bei der gleichen Adresse x und y verglichen. Wenn die ankommenden Pixeldaten an dieser Adresse den Tiefentest gegen die gegenwärtig angezeigten Pixeldaten bestehen, dann wird die Steuerung den Farbpuffer und den Tiefenpuffer freigeben, um die Daten für dieses ankommende Pixel zu speichern. Der Vergleich der gegenwärtigen Tiefe und der ankommenden Tiefe wird für jedes Pixel durchgeführt, derart, daß die Daten, die den verdeckten Pixeln zugeordnet sind, nicht in dem Farbe- und dem Tiefenpuffer gespeichert werden.

[0005] Die herkömmlichen Graphikcomputer haben den Nachteil, daß sie relativ langsam sind. In dem Rahmenpuffer oder Bildspeicher muß für jedes Pixel in einem Grundelement sein Tiefenwert z mit dem Tiefenwert für das gegenwärtig angezeigte Pixel verglichen werden. Da jedes Grundelement Tausende von Pixeln haben kann, wird eine relativ große Menge an Verarbeitungszeit aufgewendet, um die sichtbaren Pixel zu bestimmen, und um die Tiefen- und Farb-Daten, die diesen Pixeln zugeordnet sind, zu speichern. Es besteht in der Industrie daher ein Bedarf, die Geschwindigkeit eines Graphikcomputers zu erhöhen.

[0006] Die Geschwindigkeit eines Graphikcomputers wird ebenfalls sehr stark beeinträchtigt, da schließlich nicht alle Grundelemente aufbereitet werden. So kann bezüglich eines Beispiels eines Automobils das Automobil eine hierarchische Datenstruktur haben, mit unterschiedlichen Gruppen für Dinge, wie z. B. Körperplatten, den Motor, den Antriebszug, das Innere, die Elektrik, die Räder, usw. Bestimmte dieser Datenstrukturen, wie z. B. der Motor, können komplex sein und können potentiell aus Tausenden oder Millionen von Graphikgrundelementen bestehen, welche zusammengruppiert und aufbereitet werden. Wenn das Automobil von oben bei geschlossener Motorhaube angezeigt wird, könnte ein typischer Graphikcomputer eine große Menge an Zeit zum Verarbeiten der Vielzahl von Grundelementen für den Motor aufwenden, was schließlich darin resultiert, daß nicht ein einziges Grundelement für den Motor angezeigt wird. Auf ähnliche Weise können andere Abschnitte des Automobils, wie z. B. die Räder oder der Antriebszug, vollständig verdeckt sein. Die Menge an Zeit, die zum Verarbeiten aller dieser verdeckten Grundelemente aufgewendet wird, verringert die Geschwindigkeit und den Wirkungsgrad des

Graphikcomputers stark. Es besteht daher ein Bedarf nach einem Graphikcomputer, welcher schnell eine große Anzahl von Graphikgrundelementen aufbereiten kann.

Stand der Technik

[0007] Die EP 0606685 A beschreibt ein Computergraphiksystem, welches die Anzahl von Belichtungsberechnungen reduziert, die erforderlich sind, um eine Szene mit Objekten, die durch Lichtquellen beleuchtet sind, aufzubereiten. Hier wird jedes Graphikgrundelement individuell analysiert, wobei die individuelle Prüfung, ob ein Graphikgrundelement weiterverarbeitet werden soll, jeweils vor der Analyse eines weiteren Graphikgrundelements erfolgt.

[0008] Die EP 0255544 A beschreibt eine Figurverarbeitungsvorrichtung, die eine dreidimensionale Figur basierend auf dreidimensionalen Figurdaten auf einem Bildschirm darstellt, mit Ausnahme der verdeckten Abschnitte der Figur. Ein Fenster ist vorgesehen, um einen vorbestimmten Bereich auf dem Bildschirm festzulegen, wobei diejenigen dreidimensionalen Figurdaten abgeschnitten werden, die außerhalb des Fensters liegen.

[0009] Foley, u.a. beschreibt in "Computer Graphics Principles and Practice, Addison-Wesley, 1990, Seiten 660–663 die Bestimmung von sichtbaren Oberflächen bei Graphikelementen, wobei hier basierend auf Projektionen der Graphikelemente in eine gemeinsame Ebene eine Überdeckung festgestellt wird.

Aufgabenstellung

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Verdeckungsausleseschaltung zu schaffen, die bestimmt, ob ein Graphikgrundelement vollständig verdeckt ist, um so eine Verarbeitungszeit eines Graphikcomputers zu reduzieren.

[0011] Diese Aufgabe wird durch eine Verdeckungsausleseschaltung gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0012] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß sie ein System zur Verwendung in einem Graphikcomputer schafft, welcher schnell Graphikgrundelemente aufbereiten und anzeigen kann.

[0013] Zusätzliche Vorteile und neue Merkmale der Erfindung werden in der nachfolgenden Beschreibung dargelegt und werden Fachleuten beim Lesen dieser Beschreibung und beim Ausführen der Erfindung offensichtlich werden.

[0014] Um die vorhergehenden und weitere Ziele zu erreichen, umfaßt eine Verdeckungsausleseschaltung zur Verwendung bei einem Graphikcomputer und gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung einen Zentralprozessor, eine Tiefenvergleichsschaltung, eine Logikschaltung, einen Tiefenpuffer und einen Farbpuffer. Der Zentralprozessor liefert die Graphikgrundelemente, die aufbereitet werden sollen, und verwaltet bestimmte Operationen der Verdeckungsausleseschaltung. Die Tiefenvergleichsschaltung ist konfiguriert, um ein Graphikgrundelement von dem Zentralprozessor zu empfangen, und um einen ankommenden Tiefenwert für jede Adresse in dem Graphikgrundelement mit einem gegenwärtigen Tiefenwert für ein aufbereitetes Pixel bei einer entsprechenden Adresse zu vergleichen. Basierend auf dem Vergleich erzeugt die Tiefenvergleichsschaltung ein Ergebnissignal mit einem ersten logischen Wert, wenn der ankommende Tiefenwert sichtbar ist, und mit einem zweiten logischen Wert, wenn der ankommende Tiefenwert durch das aufbereitete Pixel verdeckt ist. Die Logikschaltung ist konfiguriert, um das Ergebnissignal der Tiefenvergleichsschaltung zu empfangen, und um ein Tiefenvergleichssignal zu erzeugen. Die Logikschaltung wird das Tiefenvergleichssignal auf dem ersten logischen Wert beim Empfang eines Ergebnissignals mit dem ersten logischen Wert zwischenspeichern. Wenn der erste logische Pegel von der Logikschaltung nach der Verarbeitung eines Satzes von Graphikgrundelementen nicht zwischengespeichert ist, dann zeigt dies an, daß alle Grundelemente dieser Gruppe durch vorher aufbereitete Grundelemente vollständig verdeckt sind. Schließlich ist der Tiefenpuffer vorgesehen, um Tiefenwerte der Graphikgrundelemente zu speichern, während der Farbpuffer vorgesehen ist, um Farbwerte der Graphikgrundelemente zu speichern.

[0015] Demgemäß speichert der Zentralprozessor Farbwerte und Tiefenwerte eines Pixel, wenn die Logikschaltung den ersten logischen Wert für das Pixel zwischenspeichert. Andererseits speichert der Zentralprozessor nicht die Tiefenwerte in dem Tiefenpuffer oder die Farbwerte in dem Farbpuffer, wenn die Logikschaltung den ersten logischen Wert für das Pixel nicht zwischenspeichert, da das Pixel in diesem Fall verdeckt ist.

Ausführungsbeispiel

[0016] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

[0017] **Fig.** 1 ein Blockdiagramm einer Graphikpipeline;

[0018] **Fig.** 2 ein Blockdiagramm eines Graphikcomputers;

[0019] **Fig.** 3 ein schematisches Diagramm einer Verdeckungsausleseschaltung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

[0020] **Fig.** 4 ein Flußdiagramm eines Verfahrens zum Verdeckungsauslesen gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0021] In **Fig.** 2 ist ein Graphikcomputer **20** gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gezeigt, wobei derselbe einen Hostcomputer **22** aufweist, der mit einer Graphikbeschleunigungsplatine **24** verbunden ist. Der Hauptcomputer **22** liefert der Graphikbeschleunigungsplatine **24** Graphikgrundelemente, und, wie es aus der nachfolgenden Beschreibung ersichtlich ist, steuert derselbe ferner bestimmte Operationen innerhalb der Graphikbeschleunigungsplatine **24**.

[0022] Die Graphikbeschleunigungsplatine **24** führt die Funktionen einer typischen Graphikpipeline, wie z. B. der Graphikpipeline **10** in **Fig.** 1, durch und umfaßt im allgemeinen eine Geometriebeschleunigungsplatine **26** und eine Rasterisierungsplatine **28**. Der Betrieb der Geometriebeschleunigungsplatine **26** bildet keinen Teil der vorliegenden Erfindung, und es kann jede geeignete Geometriebeschleunigungsplatine **26** verwendet werden. Die Rasterisierungsplatine **28** umfaßt einen Rahmenpuffer, welcher sowohl einen Farbpuffer als auch einen Tiefenpuffer aufweist. Die Rasterisierungsplatine **28** führt die Funktion des Umwandelns von Graphikgrundelementen in einzelne Pixel zur Anzeige auf einem Anzeigegerät durch. Dieser Prozeß ist in der Industrie als Abtastumwandlung oder Rasterisierung bekannt. Es sollte offensichtlich sein, daß der Graphikcomputer **20** nicht auf das in der Zeichnung gezeigte Beispiel begrenzt ist, sondern daß derselbe zusätzlich andere Elemente, wie z. B. eine Texturabbildungsplatine, enthalten kann.

[0023] Eine Verdeckungsausleseschaltung **30** gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in **Fig.** 3 gezeigt. Im allgemeinen empfängt die Verdeckungsausleseschaltung **30** Pixeldaten, die Pixelkoordinaten x und y, Tiefenwerte z und Farbdaten r, b, g und a oder einen Farbindex aufweisen, wobei dieselbe bei den Pixeln, die nicht vollständig verdeckt sind, die Tiefenwerte z in einem Tiefenpuffer **39** und die Farbdaten r, b, g und a oder einen Farbindex in einem Farbpuffer **38** speichert.

[0024] Insbesondere werden die Eingangsdaten zu einer Tiefenvergleichsschaltung **33** geleitet. Die Tiefenvergleichsschaltung **33** vergleicht den Wert z der ankommenden Pixeldaten mit dem Wert z des gegenwärtigen Pixels, der in dem Tiefenpuffer **39** gespeichert ist. Die Ausgabe der Tiefenvergleichsschaltung **33** ist ein logischer Wert von 1, wenn der ankommende Pixelwert z den Tiefenvergleich gegenüber dem Wert z des gegenwärtigen Pixels besteht, und derselbe ist sonst ein logischer Wert von 0. Die Ausgabe der Tiefenvergleichsschaltung **33** wird zu einem Eingang einer ODER-Schaltung **34** geleitet, wobei die Ausgabe der ODER-Schaltung **34** in einem Tiefenvergleichsergebnisregister **35** gespeichert wird. Der in dem Tiefenvergleichsergebnisregister **35** gespeicherte Wert wird zurück in einen zweiten Eingang der ODER-Schaltung **34** geleitet.

[0025] Die Eingangspixeldaten werden ebenfalls einer Farbmaske **36** und sowohl dem Tiefenpuffer **39** als auch dem Farbpuffer **38** zugeführt. Die Koordinaten x und y der ankommenden Pixeldaten werden einem Adreßeingang sowohl des Tiefenpuffers **39** als auch des Farbpuffers **38** zugeführt. Wenn ein Tiefenmaskenschalter **37** geschlossen ist, werden die Werte z für die ankommenden Pixeldaten dem Tiefenpuffer **39** zugeführt. Wenn die Farbmaskenschaltung **36** freigegeben ist, werden auf ähnliche Weise die Farbdaten einem Eingang des Farbpuffers **38** zugeführt. An dieser Stelle ist es der Anmerkung wert, daß die Farbmaskenschaltung **36** beliebige oder alle der Farbdaten r, g, b und a oder der Farbindexdaten unabhängig freigeben oder sperren kann, die als eine Eingabe in den Farbpuffer **38** zugeführt werden.

[0026] Eine Steuerleitung erstreckt sich von dem Ausgang der Tiefenvergleichsschaltung **33** zu den Schreiben-Freigabe-Eingängen des Tiefenpuffers **39** und des Farbpuffers **38**. Wenn das Ausgangssignal der Tiefenvergleichsschaltung **33** ein logischer Wert von 1 ist, wird die logische 1 den Schreiben-Freigabe-Eingängen des Tiefenpuffers **39** und des Farbpuffers **38** zugeführt, um ein Schreiben von Daten in den Tiefen- und den Farbpuffer **39**, **38** zu ermöglichen. Wenn das Ausgangssignal der Tiefenvergleichsschaltung **33** ein logischer Wert von 0 ist, bleiben die Schreiben-Freigabe-Eingänge des Tiefenpuffers **39** und des Farbpuffers **38** gesperrt.

[0027] Die Schaltung **33** kann beispielsweise in einer Schnittstelle OpenGL (OpenGL ist eine eingetragene Marke) betrieben werden, wodurch Softwarebefehle auf eine bekannte Art und Weise verwendet werden, um Hardwareschalter zu schließen oder zu öffnen, indem spezifische Bits gesetzt oder gelöscht werden. Wie es in **Fig.** 3 gezeigt ist, verwendet die Schaltung **30** einen Schnittstellenbefehl DepthMask, um die Position des Schalters **37** zu steuern, und um somit das Schreiben von Pixeldaten z in dem Tiefenpuffer **39** zu steuern, und dieselbe verwendet einen Schnittstellenbefehl ColorMask, um das Schreiben von Farbdaten in den Farbpuffer **38** zu steuern. Die Schaltung **30** umfaßt zusätzlich einen Schnittstellenbefehl DepthFunc, welcher den Betriebsmodus für die Tiefenvergleichsschaltung **33** steuert. Während die Schaltung **33** typischerweise die ankommenden Pixeldaten z mit den gegenwärtigen Pixeldaten z un-

ter Verwendung einer Funktion, die wahr ist, wenn die ankommenden Pixeldaten z vor den gegenwärtigen Pixeldaten z sind, vergleicht, kann der Befehl DepthFunc den Vergleich ändern, um Funktionen, wie z. B. "hinter", "gleich zu" "niemals bestehen" "immer bestehen" usw. durchzuführen. In der Tat existieren viel mehr Funktionen für DepthFunc, die zum Ausführen bei der vorliegenden Erfindung geeignet sein werden. Ferner sollte offensichtlich sein, daß die Erfindung nicht durch diese spezielle Softwareimplementation begrenzt ist, sondern daß sie, wie es für Fachleute offensichtlich ist, in anderer Software oder in Hardware implementiert sein kann.

[0028] Die Verdeckungsausleseschaltung **30** ist vorzugsweise in einer Kombination von Hardware und Software implementiert. Bestimmte Merkmale der Schaltung **30** sind andererseits vorzugsweise in Hardware implementiert. Die logische ODER-Schaltung **24** umfaßt beispielsweise eine Halbleiterschaltung, das Tiefenvergleichsergebnisregister **35** umfaßt ein Halbleiterregister, und der Tiefen- und der Farbpuffer **39** und **38** umfassen eine herkömmliche Tiefen- und eine Farbpufferspeicherschaltung. Es sollte offensichtlich sein, daß nicht alle der genannten Komponenten in Hardware, sondern alternativ ebenfalls in Software implementiert sein können.

[0029] Nachfolgend wird der Betrieb der Verdeckungsausleseschaltung **30** bezugnehmend auf ein Flußdiagramm **40**, das in **Fig.** 4 gezeigt ist, beschrieben. In einem Schritt **41** wird das Tiefenvergleichsergebnisregister **35** gelöscht, derart, daß es einen logischen Wert von 0 speichert. Der Hostcomputer **22** tastet in einem Schritt **42** die Graphikgrundelementdaten eines Objekts, das aufbereitet werden soll, ab und bestimmt ein Begrenzungsvolumen für das Objekt, das Graphikgrundelemente aufweist, die das Objekt umgeben. Die Art und Weise, auf die der Hostcomputer **22** das Begrenzungsvolumen bestimmt, bildet keinen Teil der vorliegenden Erfindung, weshalb jede beliebige Art und Weise verwendet werden kann. Der Hostcomputer **22** kann beispielsweise die Graphikgrundelementdaten für den maximalen und minimalen Wert entlang der x-Achse, den maximalen und minimalen Wert entlang der y-Achse und den maximalen und den minimalen Wert entlang der z-Achse abtasten. Diese sechs Werte können dann verwendet werden, um einen Würfel. zu bilden, welcher das Graphikgrundelement vollständig umgibt. da ein Würfel nicht das minimale Begrenzungsvolumen ist, kann der Hostcomputer **22** alternativ ein Begrenzungsvolumen mit einer anderen Form oder ein Begrenzungsvolumen, das durch mehr als eine Form definiert ist, verwenden.

[0030] Anschließend werden in einem Schritt **43** die Graphikgrundelementdaten der Grundelemente, die das begrenzte Volumen definieren, von dem Hostcomputer **22** in die Verdeckungsausleseschaltung **30** eingegeben. In einem Schritt **44** wird das Schreiben für sowohl den Farbpuffer **38** als auch den Tiefenpuffer **39** gesperrt, derart, daß keine Daten zu entweder dem Farbpuffer **38** oder dem Tiefenpuffer **39** geschrieben werden können, bis die Tiefenvergleichsschaltung **33** einen logischen Wert von 1 zu den Schreiben-Freigabe-Eingängen des Farbpuffers **38** oder des Tiefenpuffers **39** gemäß der vorliegenden Erfindung liefert.

[0031] Die Verdeckungsausleseschaltung **30** vergleicht in einem Schritt **45** die Tiefe jedes Pixels der Graphikgrundelemente, die das Begrenzungsvolumen definieren, mit den bereits aufbereiteten Grundelementen. In diesem Schritt ist der Tiefenmaskenschalter **37** offen, um das Speichern irgendwelcher z-Pixeldaten in dem Tiefenpuffer **39** zu sperren, wobei die Farbmaskenschaltung **36** deaktiviert ist, um das Speichern beliebiger Farbdaten in dem Farbpuffer **38** zu sperren. Die Werte z für die ankommenden Pixeldaten werden der Tiefenvergleichsschaltung **33** zugeführt, wobei ihre zugeordneten Koordinaten x und y dem Tiefenpuffer **39**, um die gegenwärtigen Pixeldaten zu adressieren, zugeführt werden. Der Wert z für jedes ankommende Pixel wird gegenüber dem gegenwärtigen Wert z an der gleichen Adresse x und y in dem Tiefenpuffer verglichen. Wenn die ankommenden Pixel nicht die gegenwärtige Tiefenvergleichsfunktion bestehen, dann wird die Tiefenvergleichsschaltung **33** eine logische 0 ausgeben, welche in die ODER-Schaltung **34** eingespeist wird. Wenn andererseits das ankommende Pixel die gegenwärtige Tiefenvergleichsfunktion besteht, dann wird die Tiefenvergleichs schaltung **33** eine logische 1 ausgeben, welche in die ODER-Schaltung **34** eingespeist wird. Aufgrund der Rückkopplung von dem Tiefenvergleichsergebnisregister **35** zu der ODER-Schaltung **34** wird der in dem Tiefenvergleichsergebnisregister **35** gespeicherte Wert ein logischer Wert von 1 bleiben, und zwar nach dem erstmaligen Auftreten eines Pixels, welches nicht verdeckt ist.

[0032] In einem Schritt **46** liest, nachdem die Pixelwerte z für die Graphikgrundelemente, die das gesamte Begrenzungsvolumen definieren, mit den gegenwärtigen Pixelwerten z verglichen worden sind, der Hostcomputer **22** als nächstes den Wert, der in dem Tiefenvergleichsergebnisregister **35** gespeichert ist. In einem Schritt **47** bestimmt der Hostcomputer **22**, ob der gespeicherte Wert ein logischer Wert von 1 ist.

[0033] Wenn der in dem Register **35** gespeicherte Wert einen logischen Wert von 1 aufweist, dann zeigt dies an, daß zumindest ein Pixel aus den Grundelementen, die das begrenzte Volumen bilden, die Tiefenvergleichsfunktion besteht. Somit werden in einem Schritt **48** alle Grundelemente, die von dem begrenzten Volumen umgeben werden, aufbereitet.

[0034] Der Schritt **48** stellt das herkömmliche Verfahren zum Vergleichen jedes Pixels in dem Grundelement mit dem gegenwärtigen Pixel bei der gleichen Adresse und zum Bestimmen, ob dieses Pixel sichtbar ist, dar. Während des Schritts **48** läßt die Farbmaskenschaltung **36** die Farbdaten zu dem Farbpuffer **38**, wobei der Tiefenschalter **37** geschlossen ist, derart, daß die Tiefenwerte z zu dem Tiefenpuffer **39** gelangen. Für jedes Pixel, das sichtbar ist, weist das Ausgangssignal der Tiefenvergleichsschaltung **33** einen logischen Wert von 1 auf, und dasselbe wird zu den Schreiben-Freigabe-Eingängen des Farb- und des Tiefenpuffers **38** und **39** geleitet, um das Schreiben der Farbdaten bzw. der Tiefendaten zu erlauben. Nachdem die Daten für jedes Pixel in dem ankommenden Graphikgrundelement durch die Verdeckungsausleseschaltung **30** verarbeitet worden ist, wiederholt das Verfahren **40** den Prozeß durch Rücksprung zu dem Schritt **41** und durch Löschen des Ergebnisregisters **35**, wie es gezeigt wurde. Nach dem Schritt **48** bereitet der Hostcomputer **22** in einem Schritt **49** die r-, g-, b- und a- oder die Index-Farbdaten und den Tiefenwert z für jedes sichtbare Pixel auf.

[0035] Wenn andererseits der in dem Register **35** gespeicherte Wert kein logischer Wert von 1 ist, sondern ein logischer Wert von 0 ist, dann bestimmt der Hostcomputer **22** in einem Schritt **47**, daß jedes Pixel von den Grundelementen, die das begrenzte Volumen definieren, verdeckt ist, und daß kein einziges Pixel des Objekts sichtbar sein wird. In einer solchen Situation können alle Grundelemente, die von dem Begrenzungsvolumen begrenzt (oder umgeben) sind, auf triviale Art und Weise zurückgewiesen werden, und es ist keine weitere Verarbeitung für dieselben erforderlich. Somit wird die Leistung des Graphikcomputers **20** gesteigert, da derselbe nicht die Grundelemente eines Objekts aufbereiten muß, das vollständig verdeckt ist, wie es durch die Verdeckungsausleseschaltung **30** bestimmt wird.

[0036] Somit kann die Geschwindigkeit des Graphikcomputers **20** mittels der vorliegenden Erfindung wesentlich erhöht werden. Während früher die Speicherung in dem Farb- und dem Tiefenpuffer **38** und **39** für jedes Pixel in jedem Graphikgrundelement freigegeben oder gesperrt worden ist, vermeidet die vorliegende Erfindung diese unnütze Verarbeitungszeit durch schnelles Bestimmen, ob eine ganze Gruppe von Graphikgrundelementen durch die gegenwärtig aufbereiteten Grundelemente verdeckt sein wird. Die Bestimmung eines Begrenzungsvolumens für ein ankommendes Graphikgrundelement und der Vergleich der Graphikgrundelemente, die das Begrenzungsvolumen definieren, mit den gegenwärtig aufbereiteten Grundelementen können viel schneller als das herkömmliche Verfahren des Aufbereitens jedes Pixels in den ankommenden Graphikgrundelementen durchgeführt werden. Der Wirkungsgrad und die Geschwindigkeit eines Graphikcomputers werden daher wesentlich verbessert.

[0037] Der Wirkungsgrad und die Geschwindigkeit eines Graphikcomputers werden ebenfalls verbessert, da die Verdeckungsausleseschaltung **30** bestimmen kann, ob eine gesamte Gruppierung von Graphikgrundelementen verdeckt ist. Bei dem Beispiel des Automobils können die Graphikgrundelemente derart gruppiert sein, daß die Körperplatten die erste anzuzeigende Gruppe ist. Da jedes Pixel in jedem der Vielzahl von Graphikgrundelementen für den Motor verarbeitet wird, kann der Hostcomputer **22** ein Begrenzungsvolumen für den Motor bestimmen und dieses Begrenzungsvolumen durch die Verdeckungsausleseschaltung **30** leiten. Wenn der in dem Ergebnisregister **35** gespeicherte Wert eine logische 0 ist, dann bestimmt der Hostcomputer **22**, daß der ganze Motor verdeckt ist, und daß der Motor nicht aufbereitet werden muß. Durch Vermeiden einer sehr komplexen Graphikgruppierung von möglicherweise Tausenden von Grundelementen kann der Graphikcomputer **20** gemäß der Erfindung die Menge an Verarbeitung wesentlich reduzieren und somit die Geschwindigkeit und den Wirkungsgrad des Graphikcomputers **20** wesentlich verbessern.

Patentansprüche

1. Verdeckungsausleseschaltung (**30**) zur Verwendung bei einem Graphikcomputer (**20**), mit folgenden Merkmalen:
einem Zentralprozessor (**22**), der ein Begrenzungsvolumen bestimmt und Graphikgrundelemente mit dem Begrenzungsvolumen sendet;
einer Tiefenvergleichsschaltung (**33**) zum Empfangen der Graphikgrundelemente von dem Zentralprozessor (**22**) und zum Vergleichen eines ankommenden Tiefenwerts (z) für jede Adresse in den Graphikgrundelementen mit einem gegenwärtigen Tiefenwert für ein aufbereitetes Pixel bei einer entsprechenden Adresse, wobei die Tiefenvergleichsschaltung (**33**) ein Ergebnissignal mit einem ersten logischen Wert, wenn der ankommende Tiefenwert eine Tiefenvergleichsfunktion besteht, und mit einem zweiten logischen Wert erzeugt, wenn der ankommende Tiefenwert die Tiefenvergleichsfunktion nicht besteht;
einer Logikschaltung (**34**) zum Empfangen des Ergebnissignals der Tiefenvergleichsschaltung (**33**) und zum Erzeugen eines Tiefenvergleichssignals, wobei die Logikschaltung (**34**) das Tiefenvergleichssignal bei dem ersten logischen Wert beim Empfang des Ergebnissignals mit dem ersten logischen Wert zwischenspeichert;
einem Tiefenpuffer (**39**) zum Speichern von Tiefenwerten jedes Graphikgrundelements;
einem Farbpuffer (**38**) zum Speichern von Farbwerten jedes Graphikgrundelements; und
wobei der Zentralprozessor (**22**) die Farbwerte in dem Farbpuffer und die Tiefenwerte in dem Tiefenpuffer (**39**) speichert, als Reaktion auf ein Zwischen-

speichern des Tiefenvergleichssignals mit dem ersten logischen Wert durch die Logikschaltung (**34**).

2. Verdeckungsausleseschaltung gemäß Anspruch 1, bei der die Logikschaltung (**34**) eine logische ODER-Funktion (**34**) mit einem Ausgang zu einem Tiefenvergleichsergebnisregister (**35**) aufweist, wobei dieselbe ferner Eingänge von der Tiefenvergleichsschaltung (**33**) und dem Tiefenvergleichsergebnisregister (**35**) aufweist.

3. Verdeckungsausleseschaltung gemäß Anspruch 1 oder 2, die ferner folgendes Merkmal aufweist:
eine Farbmaskenschaltung (**36**) zum Speichern der Farbwerte und zum Senden der Farbwerte zu dem Farbpuffer (**38**), wenn der erste logische Wert von der Logikschaltung zwischengespeichert wird.

4. Verdeckungsausleseschaltung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der jede Adresse der Graphikgrundelemente einem Pixel in den Graphikgrundelementen entspricht, und
bei der die Tiefenvergleichsfunktion eine Bestimmung umfaßt, ob das Pixel der Graphikgrundelemente vor dem aufbereiteten Pixel ist.

5. Verdeckungsausleseschaltung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei der jede Adresse der Graphikgrundelemente einem Pixel in den Graphikgrundelementen entspricht; und
bei der die Tiefenvergleichsfunktion eine Bestimmung aufweist, ob das Pixel der Graphikgrundelemente hinter dem aufbereiteten Pixel ist.

6. Verdeckungsausleseschaltung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei der jede Adresse der Graphikgrundelemente einem Pixel in den Graphikgrundelementen entspricht, und
bei der die Tiefenvergleichsfunktion eine Bestimmung umfaßt, ob das Pixel der Graphikgrundelemente gleich dem aufbereiteten Pixel ist.

7. Verdeckungsausleseschaltung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner eine Schalteinrichtung (**37**) zum Freigeben und Sperren einer Speicherung des ankommenden Tiefenwerts in dem Tiefenpuffer basierend darauf, ob der erste logische Wert von der Logikschaltung zwischengespeichert ist, aufweist.

8. Verdeckungsausleseschaltung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Tiefenvergleichsschaltung (**33**) den gegenwärtigen Tiefenwert von dem Tiefenpuffer (**39**) empfängt.

9. Verdeckungsausleseschaltung gemäß einem der Ansprüche 3 bis 8, bei der die Farbmaskenschaltung (**39**) Komponenten von Farbdaten, die dem Farbdatenpuffer (**38**) zugeführt werden, selektiv sperren kann.

10. Verdeckungsausleseschaltung gemäß Anspruch 1, bei dem die Logikschaltung (**34**) das Tiefenvergleichssignal nur dann löscht, nachdem die Tiefenvergleichsschaltung jedes der Graphikgrundelemente empfangen hat.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

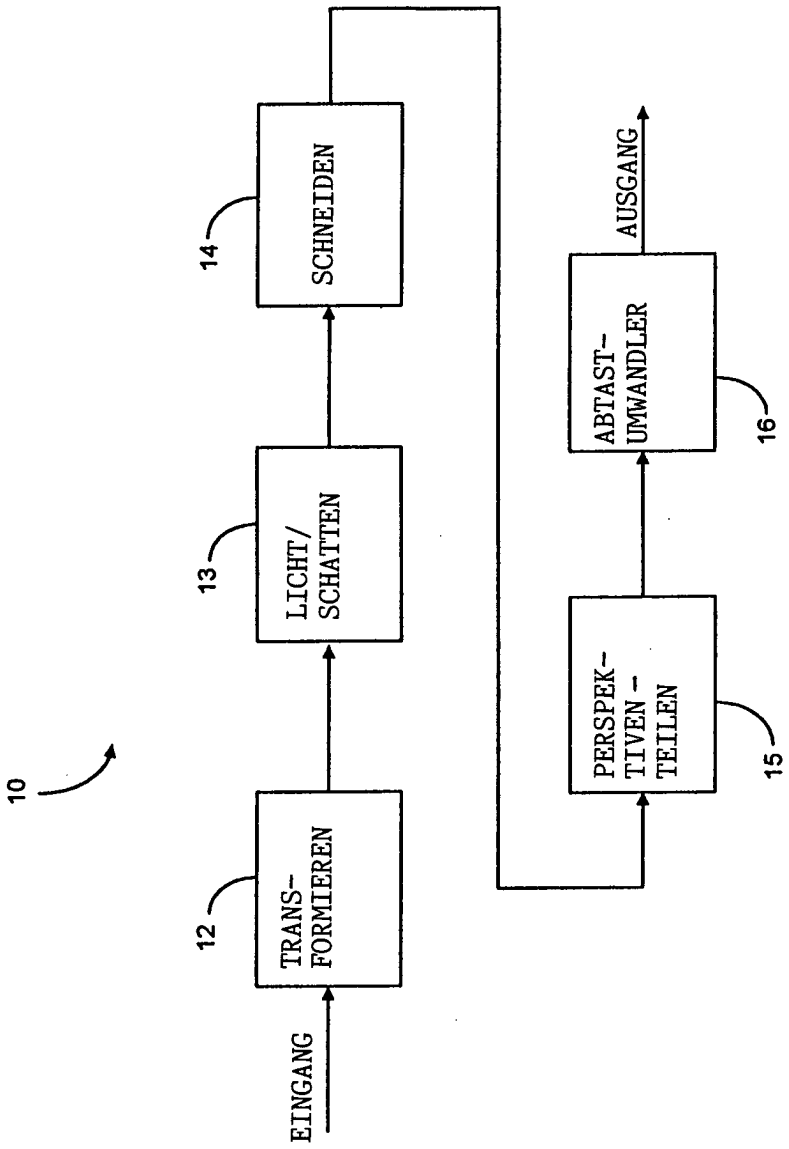


FIG. 1

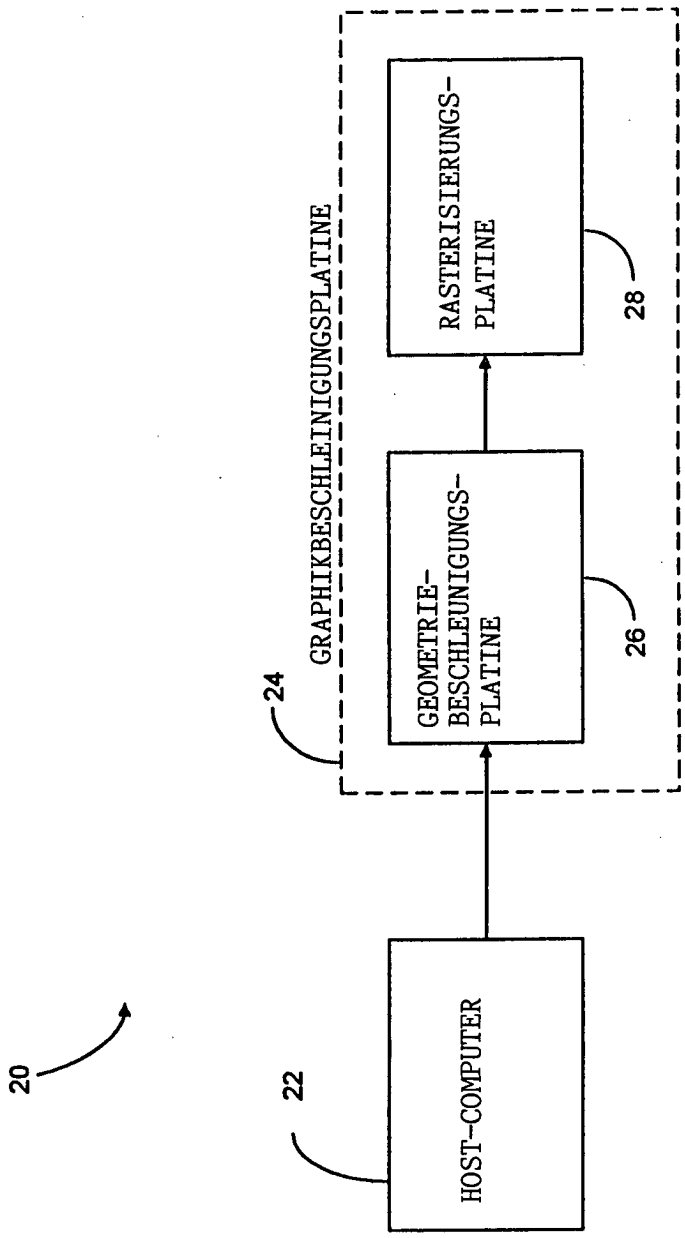

20
22
HOST-COMPUTER
24
GRAPHIKBESCHLEINIGUNGSPLATINE
26
GEOMETRIE-
BESCHLEUNIGUNGS-
PLATINE
28
RASTERISIERUNGS-
PLATINE

FIG. 2

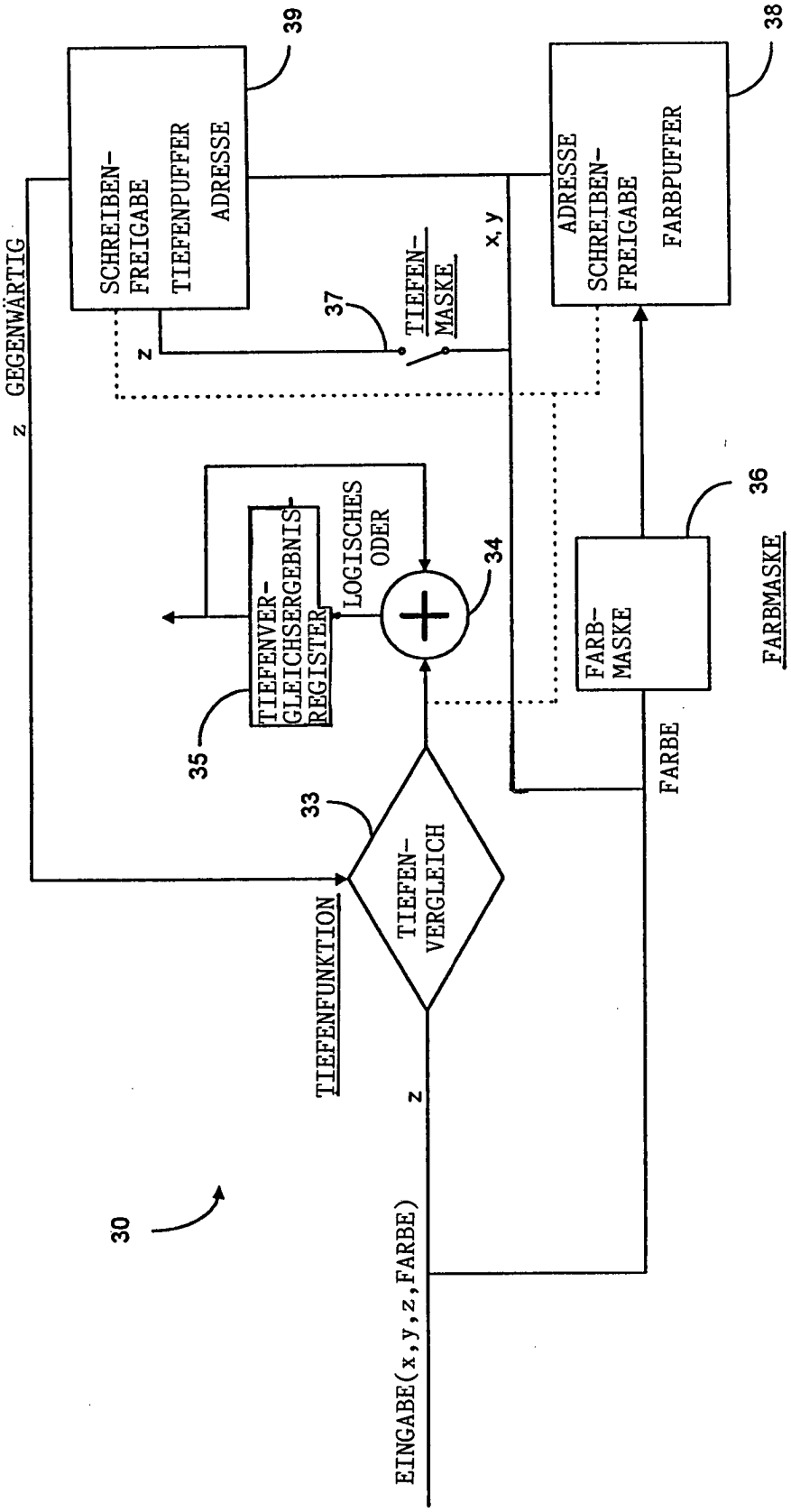

39
SCHREIBEN-
FREIGABE
TIEFENPUFFER
ADRESSE
38
ADRESSE
SCHREIBEN-
FREIGABE
FARBPUFFER
z GEGENWÄRTIG
37
TIEFEN-
MASKE
x, y
z
36
FARB-
MASKE
FARBMASKE
34
LOGISCHES
ODER
TIEFENVER-
GLEICHSERGEBNIS-
REGISTER
35
33
TIEFEN-
VERGLEICH
FARBE
TIEFENFUNKTION
z
30
EINGABE(x,y,z,FARBE)

FIG. 3

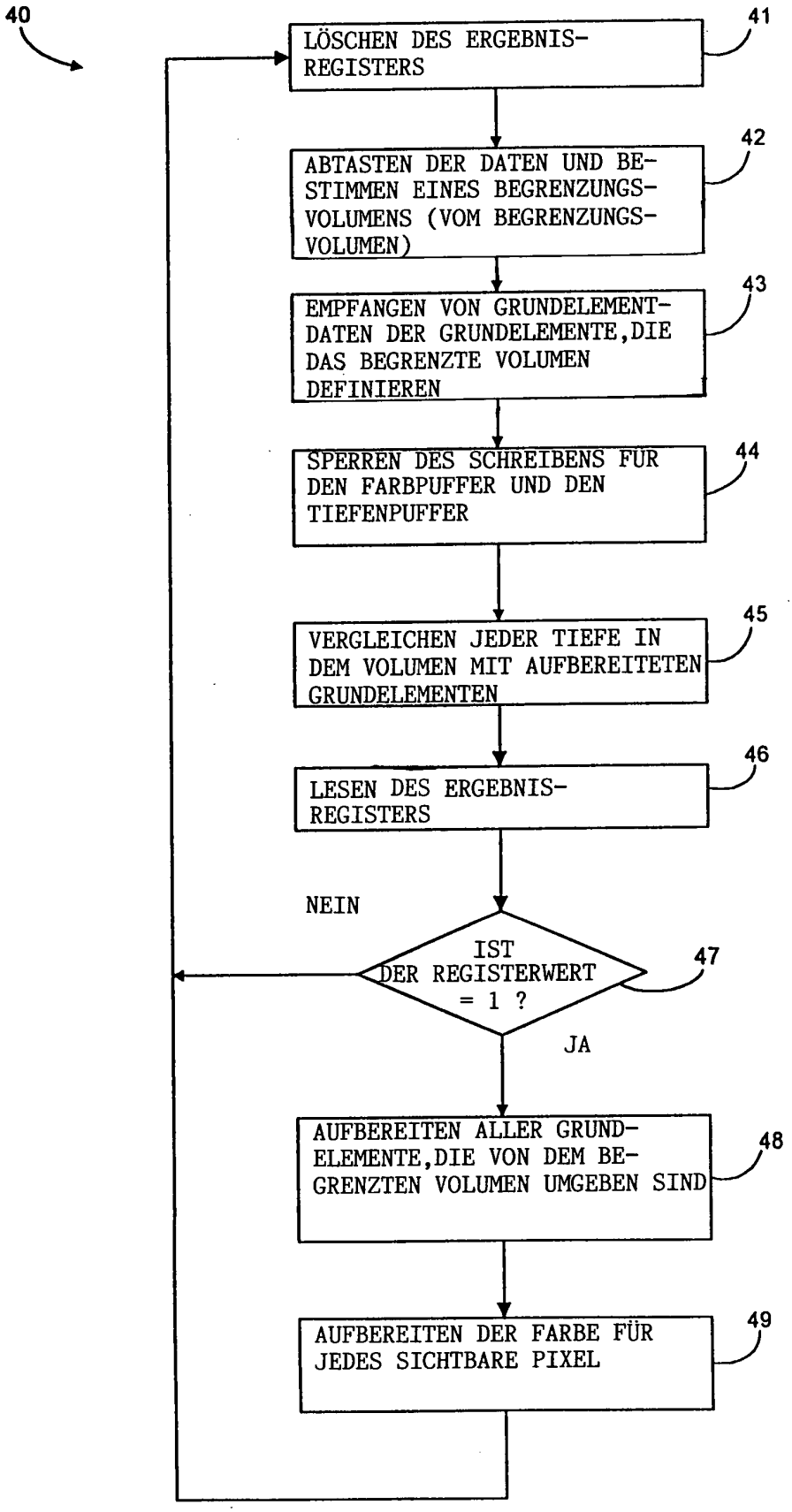

40
LÖSCHEN DES ERGEBNIS-REGISTERS
41
ABTASTEN DER DATEN UND BESTIMMEN EINES BEGRENZUNGS-VOLUMENS (VOM BEGRENZUNGS-VOLUMEN)
42
EMPFANGEN VON GRUNDELEMENT-DATEN DER GRUNDELEMENTE, DIE DAS BEGRENZTE VOLUMEN DEFINIEREN
43
SPERREN DES SCHREIBENS FÜR DEN FARBPUFFER UND DEN TIEFENPUFFER
44
VERGLEICHEN JEDER TIEFE IN DEM VOLUMEN MIT AUFBEREITETEN GRUNDELEMENTEN
45
LESEN DES ERGEBNIS-REGISTERS
46
NEIN
IST DER REGISTERWERT = 1 ?
47
JA
AUFBEREITEN ALLER GRUND-ELEMENTE, DIE VON DEM BEGRENZTEN VOLUMEN UMGEBEN SIND
48
AUFBEREITEN DER FARBE FÜR JEDES SICHTBARE PIXEL
49

FIG. 4