

(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1529/2002 (51) Int. Cl.⁸: **G06T 5/30** (2006.01)
G06T 15/50 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2002-10-09
(43) Veröffentlicht am: 2008-05-15

(56) Entgegenhaltungen:

JP 8-185543A WO 97/34213A
US 2002/070935A JP 11-296694
EP 1223559A

(73) Patentanmelder:

VRVIS ZENTRUM FÜR VIRTUAL
REALITY UND VISUALISIERUNG
FORSCHUNGS- GMBH
A-1220 WIEN (AT)

(54) VERFAHREN ZUR RECHNERGESTÜTZTEN DARSTELLUNG VON OBJEKTEN

- (57) Zur rechnergestützten Darstellung von Objekten mit Spiegelung oder Transparenz, unter Anwendung der z-Puffer-Methode, wobei bei der Berechnung eines Bildes (26) des Objektes für jeden Bildpunkt die Entfernung von einer Fläche, der gesehenen Oberfläche, mit den Bilddaten gespeichert wird, wird zumindest ein gefiltertes Unschärfe-Teilbild (31, 32) berechnet, indem ein Teil der Bildszene rechnerisch einem an sich bekannten Filter unterworfen wird, und dieses gefilterte Unschärfe-Teilbild (31, 32) wird mit dem übrigen Bild (26) zusammengefügt, um eine unscharfe Spiegelung oder einen hinter einem unscharf transparenten Schirm erscheinenden Teil des jeweiligen Objektes darzustellen.

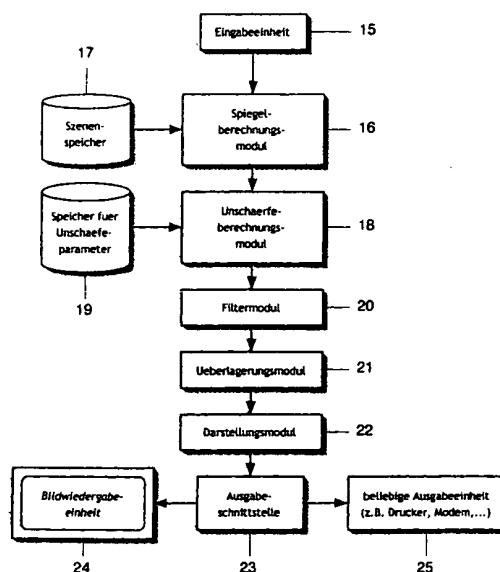


Fig. 3

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur rechnergestützten Darstellung von Objekten mit Spiegelung oder Transparenz, unter Anwendung der z-Puffer-Methode, wobei bei der Berechnung eines Bildes des Objektes für jeden Bildpunkt die Entfernung von einer Fläche, der gesehenen Oberfläche, mit den Bilddaten gespeichert wird.

5

Weiters betrifft die Erfindung ein System zur Durchführung eines solchen Verfahrens, mit einem Bildberechnungsmodul mit einer Eingabeeinheit, mit einem Szenenspeicher und mit einer Bildwiedergabeeinheit.

10

Um Objekte möglichst realistisch "dreidimensional" auf einem Bildschirm darzustellen bzw. entsprechend auszudrucken, ist es notwendig, verschiedene Lichteffekte, wie insbesondere Reflexionen an Oberflächen, nachzuahmen. Bisher bekannte Verfahren zur Darstellung von Spiegelungen bei derartigen dreidimensionalen Darstellungstechniken können in zwei Gruppen unterteilt werden, nämlich in die Bildraum-basierten Verfahren, wie z.B. das sog. "Raytracing",

15

und im Objektraum-basierte Verfahren, wie z.B. das "z-Puffer"-Verfahren.

20

Derzeit werden Spiegelungen bei dreidimensionalen Darstellungen hauptsächlich mit Hilfe des Raytracing-Verfahrens berechnet. Dabei wird für jeden Punkt eines Bildes ein Blickstrahl berechnet, und der Bildpunkt erhält die Farbe der vordersten Oberfläche in der Szene, die von diesem Blickstrahl getroffen wird. Spiegelungen werden bei dieser Technik dadurch simuliert, dass bei Auftreffen eines Blickstrahls auf eine spiegelnde Oberfläche ein eigener Strahl, nämlich ein gespiegelter Strahl, erzeugt wird; die Farbe der vom gespiegelten Strahl getroffenen Oberfläche wird dann für den Bildpunkt in der Spiegelung verwendet. Sofern bei diesem Verfahren unscharfe Spiegelungen berechnet werden sollen, müssten mehrere von einer unscharf spiegelnden Oberfläche gestreute gespiegelte Strahlen berechnet werden, und als Farbe für den Bildpunkt der Spiegelung ist der Durchschnitt der Farben der von diesen Spiegelstrahlen getroffenen Oberflächen zu nehmen. Da die Qualität der so berechneten Spiegelung von der Anzahl der Spiegelstrahlen abhängt, ist es notwendig, viele Spiegelstrahlen zu Grunde zu legen. Dadurch wird das Verfahren zur Darstellung der Objekte mit Spiegelungen sehr langsam, und die Zeitdauer für die Berechnung von qualitativ ausreichenden Simulationen kann in der Größenordnung von Stunden liegen.

30

35

Das z-Puffer-Verfahren (vgl. Ed Catmull, Dissertation "A Subdivision Algorithm for Computer Display of Curved Surfaces" 1974, University of Utah) ist für demgegenüber schnellere Berechnungen, insbesondere auch bei Spiegelungen, geeignet, und es beruht darauf, dass in einem Bildspeicher für jeden Bildpunkt die Entfernung von der gesehenen Oberfläche mitgespeichert wird. Wenn dann eine neue Oberfläche darzustellen ist, wird diese auf den Bildschirm projiziert, und für jeden Bildpunkt wird die Entfernung verglichen. Es müssen dann nur diejenigen Teile der Oberfläche dargestellt werden, die näher als alles bisher Dargestellte liegen. Bei der Berechnung von Spiegelungen wird für jede spiegelnde Oberfläche eine "virtuelle" gespiegelte Szene berechnet, die dann anstelle der spiegelnden Oberfläche dargestellt wird. Dabei ist es jedoch nicht möglich, unscharfe Spiegelungen zu berechnen und darzustellen.

40

45

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, hier Abhilfe zu schaffen und die Darstellung von unscharfen Spiegelungen und Transparenzen bei vergleichsweise kurzen Rechnerzeiten hierfür zu ermöglichen. Die vorliegende Technik geht dabei von dem vergleichsweise schnellen z-Puffer-Verfahren aus und entwickelt dieses weiter, um die gewünschten unscharfen Szenen, wie Spiegelungen, aber auch Transparenzen, für eine möglichst realistische, dreidimensionale Darstellung von Objekten zu berechnen.

50

55

Das erfindungsgemäße Verfahren der eingangs angeführten Art ist demgemäß dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein gefiltertes Unschärfe-Teilbild berechnet wird, indem ausgehend von zumindest einer Oberflächen-abhängigen Unschärfeschicht ein dieser Unschärfeschicht entsprechendes Teilbild der Bildszene rechnerisch einem an sich bekannten Filter unterworfen wird, und dass dieses gefilterte Unschärfe-Teilbild mit dem übrigen Bild, gegebenen-

falls weiteren Unschärfe-Teilbildern, zusammengefügt wird, um eine unscharfe Spiegelung oder einen hinter einem unscharf transparenten Schirm erscheinenden Teil des jeweiligen Objektes darzustellen.

5 Beim vorliegenden Verfahren werden zur Darstellung von realistischen unscharfen Spiegelungen oder unscharfen transparenten Bereichen bei der Darstellung von Objekten berechnete Bildteile durch Anwendung von einfachen Filtern, z.B. bi-kubischen-Filtern, unscharf gemacht, nachdem zuvor gegebenenfalls auch bereits die Helligkeit für die Darstellung dieser Bildteile geändert (verringert) wurde. Durch mehrmaliges Darstellen von gespiegelten Objekten mit
10 mehreren verschiedenen teiltransparenten Ebenen können dabei außerordentlich realistische Bilder mit Spiegelungen - im Fall von gespiegelten Szenen - in vergleichsweise kurzer Zeit berechnet werden. Dabei kann problemlos sowohl der Grad der Transparenz als auch der Abstand zur Spiegelebene gewählt werden. Bevorzugt werden mehrere gefilterte Unschärfe-Teilbilder, unter Anwendung von verschiedenen Filtern, ermittelt, wonach die berechneten
15 Spiegelbilder mit entsprechender Gewichtung "gemischt", d.h. zusammengefügt oder überlagert werden. Insgesamt kann dabei sowohl der Helligkeitsverlauf als auch der Schärfeverlauf abhängig vom Abstand zur Spiegelebene geändert werden. Im Fall, dass nicht eine Spiegelung, sondern eine unscharfe Transparenz, etwa der Darstellung einer Szene hinter einem unscharf transparenten Glasschirm, dargestellt werden soll, entfällt naturgemäß die Spiegelung der
20 Geometrie, und die Unschärfe-Teilbilder bzw. -Schichten werden direkt bei der Darstellung des jeweiligen Objekts eingesetzt.

Um insbesondere Spiegelungen besonders realistisch darzustellen, ist es von Vorteil, wenn das zumindest eine gefilterte Unschärfe-Teilbild in Kombination mit zumindest einem ungefilterten
25 Unschärfe-Teilbild, das mittels der z-Puffer-Methode berechnet wird, mit dem übrigen Bild überlagert wird; weiters ist es hierfür auch günstig, wenn wie erwähnt verschieden stark unscharfe gefilterte Unschärfe-Teilbilder berechnet werden.

Die Unschärfe-Teilbilder können auf einfache Weise rechnerisch dadurch erhalten werden, dass bei der Berechnung des gefilterten Unschärfe-Teilbildes das Objekt rechnerisch an einer
30 spiegelnden Oberfläche reflektiert und in der Darstellung beschränkt wird. Dabei ist es weiters für eine rationelle Berechnung günstig, wenn die Beschränkung entsprechend einer zur spiegelnden Oberfläche parallelen gedachten Ebene erfolgt, wobei nur die zwischen dieser Ebene und der spiegelnden Oberfläche bzw. einer dazwischen definierten Ebene gelegenen Bildpunkte
35 als Unschärfeschicht zur Darstellung herangezogen werden.

Bei der Berechnung des gefilterten Unschärfe-Teilbildes (bzw. der gefilterten Unschärfe-Teilbilder im Falle mehrerer solcher Unschärfe-Teilbilder) kann ein einfacher Gauß-Filter bei der
40 Berechnung angewendet werden.

Das erfindungsgemäße System zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Unschärferechnungsmodul, dem ein Speicher für Unschärfeparameter zugeordnet ist, und ein Filtermodul dem Bildberechnungsmodul nachgeordnet sind. Die
45 angegebenen Module können dabei sowohl Hardware-mäßig als auch bevorzugt Software-mäßig realisiert sein.

Im Speicher für die Unschärfeparameter können je nach Art und Beschaffenheit der spiegelnden Oberfläche verschiedene Parameter gespeichert gehalten werden, um so beispielsweise Spiegelungen an einer glänzenden Fußboden-Oberfläche oder aber an einem Spiegel oder
50 einer Glaswand mit dem entsprechenden Filter berechnen zu können. Vorzugsweise ist dem Filtermodul ein Überlagerungsmodul nachgeschaltet, um so die einzelnen Teile des gesamten Bildes zusammenzufügen und beispielsweise das jeweilige Objekt samt gespiegeltem Teil darzustellen. Die Darstellung kann dann endgültig in einem Darstellungsmodul erfolgen, das über eine Ausgabe-Schnittstelle mit der Bildwiedergabeeinheit bzw. mit einer beliebigen Ausga-
55 beeinheit, wie z.B. Drucker, aber auch gegebenenfalls einem Modem für Leitungs-gebundene

oder drahtlose Übertragung der Bilddaten verbunden ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert.
5 Im Einzelnen zeigen: Fig. 1 ein Flussdiagramm des z-Puffer-Verfahrens gemäß Stand der Technik; Fig. 2 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens auf Basis eines solchen z-Puffer-Verfahrens; Fig. 3 ein Blockschaltbild-ähnliches Schema der einzelnen Module des erfindungsgemäßen Systems; Fig. 4 eine Darstellung eines Objekts mit Spiegelung an einer Bodenfläche, mit insgesamt drei Unschärfeschichten im gespiegelten Bereich; und Fig. 5 in den
10 Teilbildern 5a, 5b, 5c ein Beispiel für das Zusammensetzen der Darstellung eines Objekts mit Spiegelung, wobei in Fig. 5a das Objekt, in Fig. 5b eine ungefilterte, gespiegelte Unschärfeschicht (ein Teilbild), in Fig. 5c eine gefilterte Unschärfeschicht mit größerem Abstand von der spiegelnden Oberfläche, und in Fig. 5d das gesamte Bild des Gegenstandes samt Spiegelung entsprechend einer Überlagerung der Darstellungen gemäß Fig. 5a bis 5c dargestellt ist.

15 In Fig. 1 ist der Ablauf bei einer Bilddarstellung mit Spiegelung mit Hilfe des z-Puffer-Verfahrens schematisch veranschaulicht, wobei charakteristisch für das z-Puffer-Verfahren ist, dass für jeden Bildpunkt dessen Abstand von der gesehenen Oberfläche mitgespeichert wird. Wenn dann eine neue Oberfläche darzustellen ist, wird diese auf den Bildschirm projiziert, und für
20 jeden Bildpunkt wird der Abstand verglichen, wobei nur diejenigen Teile der Oberfläche dargestellt werden, die näher liegen, d.h. deren Entfernung kleiner ist als die im jeweiligen Bildpunkt gespeicherte minimale Entfernung.

Gemäß dem Diagramm von Fig. 1 wird im Einzelnen gemäß einem Startschritt 1 für jede Oberfläche zunächst bei Feld 2 untersucht, ob eine spiegelnde Oberfläche vorliegt, und wenn nein,
25 wird die Oberfläche in herkömmlicher Weise dargestellt, s. Block 3 in Fig. 1, und zum Startschritt 1 für die Ermittlung der nächsten Oberfläche zurückgekehrt. Liegt jedoch bei der Abfrage gemäß Feld 2 eine spiegelnde Oberfläche vor, so wird danach in Block 4 die gespiegelte Szene berechnet, bei der es sich um eine "virtuelle" gespiegelte Szene handelt, und diese gespiegelte
30 Szene wird dann gemäß Block 5 anstatt der spiegelnden Oberfläche dargestellt.

Bei dieser Vorgangsweise ist es jedoch nicht möglich, unscharfe Spiegelungen zu berechnen.

35 In Fig. 2 ist nun der Ablauf mit der Ergänzung für die Berechnung von unscharfen Teilbildern, insbesondere von unscharfen Spiegelungen - s. den umrandeten Teil 6 - veranschaulicht. Die Blöcke 1 bis 5 entsprechen jenen gemäß Fig. 1, d.h. es wird für jede Oberfläche (Block 1) abgefragt, ob eine spiegelnde Oberfläche vorliegt (Block 2), und wenn nein, wird gemäß Block 3 die Oberfläche dargestellt; liegt jedoch eine spiegelnde Oberfläche vor, so wird gemäß Block 4 die gespiegelte Szene in der üblichen Weise durch Spiegelung der Geometrie oder des Blickpunkts
40 an der Spiegelebene erzeugt; Block 5 betrifft wieder die Darstellung der spiegelnden Oberfläche.

In den Schritten gemäß der Umrandung 6 werden sodann Unschärfe-Teilbilder in Schichtform berechnet, und es wird demgemäß nachfolgend einfach von "Unschärfeschichten" gesprochen.
45 Dabei werden bei der Berechnung der gespiegelten Darstellungen teiltransparente Ebenen in die gespiegelte Geometrie eingefügt; diese Ebenen sind parallel zur spiegelnden Ebene oder Oberfläche angeordnet, und mit Hilfe dieser eingefügten Ebenen wird die gespiegelte Szene in Schichten aufgeteilt. Dadurch wird im fertigen Bild samt Spiegelung eine gespiegelte Szene mit mehreren verschiedenen unscharfen Unschärfeschichten dargestellt, und zwar jeweils ein Teilbild
50 zwischen imaginären Ebenen, die die genannten Unschärfeschichten definieren, d.h. begrenzen, wie nachfolgend anhand der Fig. 4 und 5 noch näher erläutert wird. Dieser Vorgang ist in Fig. 2 mit den Blöcken 7 (Berechnung der Unschärfeschicht) veranschaulicht. Bei der Berechnung der Unschärfeschichten gemäß Block 7 wird auf in einem Speicher oder in einer Datenbank 10 abgelegte Daten betreffend die Oberflächen-abhängigen Unschärfeschichten, d.h. auf
55 entsprechende Unschärfeparameter, zugegriffen.

In Fig. 2 ist weiters mit einem Block 11 dargestellt, dass die einzelnen Darstellungen zur Unschärfeerzeugung gefiltert werden, wobei jede der erzeugten Unschärfeschichten unabhängig einem Filter unterworfen werden kann, um eine unscharfe Darstellung der jeweils gespiegelten Teil-Szene zu erzeugen. In einem abschließenden Schritt 12 werden die einzelnen unscharfen Darstellungen, mit jeweils verschiedener Schärfe, miteinander kombiniert, wobei so ein (gegebenenfalls mehrfacher) Übergang von schärferer zu immer mehr unscharfer Spiegelung simuliert wird.

Die Auswahl der notwendigen Unschärfeschichten und von deren Zahl, der jeweiligen Filter und der Koeffizienten für die Überlagerung der Darstellungen erfolgt automatisch, und zwar ebenfalls aufgrund der vorgegebenen Oberflächeneigenschaften der unscharf spiegelnden Oberfläche, d.h. gemäß in der Datenbank 10 gespeicherten, zuvor z.B. empirisch aufgefundenen und abgespeicherten Parametern.

Aufgrund der Verwendung des z-Puffer-Verfahrens als Basis-Darstellungsmethode wird eine schnelle Berechnung ermöglicht, wobei auch die Berechnung der Unschärfeschichten, das Filtern und das Überlagern zwecks Darstellung von abgestuft unscharfen Spiegelungs-Szenen schnell erfolgen kann, so dass es möglich ist, mehrere Bilder pro Sekunde zu berechnen, d.h. die vorliegende Technik ist um drei bis vier Größenordnungen schneller als andere Verfahren zur Berechnung von unscharfen Spiegelungen, wie insbesondere das einleitend erwähnte "Raytracing"-Verfahren.

Die vorliegende Technik kann auch dazu verwendet werden, eine unscharfe Transparenz in Bilddarstellungen zu berechnen, beispielsweise wenn ein Objekt teilweise oder ganz hinter einem unscharf transparenten Glas vorliegt. Auch hier können entsprechende Unschärfeschichten, mit zugehöriger Filterung, berechnet und durch Überlagern gemeinsam dargestellt werden, im Vergleich zur unscharfen Spiegelung wie vorstehend beschrieben entfällt bloß der Vorgang der Spiegelung der Szene.

In Fig. 3 ist in der Art eines Blockschaltbildes ein System zur schnellen Darstellung von unscharfen Spiegelungen von Objekten schematisch veranschaulicht. Dabei ist eine Eingabe von Daten betreffend das jeweilige Objekt mit Hilfe einer Eingabeeinheit 15 vorgesehen, an die ein an sich herkömmliches Spiegelberechnungsmodul 16 anschließt, das die Spiegelungen nach der z-Puffer-Methode und unter Zugriff auf einen Szenenspeicher 17 berechnet. Anders als bei bisherigen Techniken folgt sodann ein Unschärfe-Berechnungsmodul 18, um schichtweise - zumindest in einer Schicht - unscharfe Teilbilder, insbesondere nach Spiegelungen, zu berechnen. Dieses Unschärfe-Berechnungsmodul 18 greift auf eine Datenbank 19 zu, wo Unschärfe-Parameter je nach Art und Beschaffenheit der spiegelnden Ebene bzw. Oberfläche gespeichert sind, wobei beispielsweise eine Spiegelung an einem blanken Parkettboden hinsichtlich der Unschärfe anders zu berechnen ist als eine Spiegelung an einem Fliesenboden, an einer Glaswand usw.

Für die schichtweise Berechnung von Teilbildern zwischen teildurchsichtigen - gedachten - Ebenen mit verschiedenen Unschärfegraden ist sodann ein Filtermodul 20 vorgesehen, in dem nach der Darstellung mittels der z-Puffer-Methode das berechnete Bild einer Filterung, etwa mit einem Gauß-Filter, unterworfen wird, wobei beispielsweise jeder Farbwert durch ein gewichtetes Mittel der Farbwerte seiner 25 Nachbarwerte ersetzt wird; die Gewichtung entspricht dabei einer Gauß'schen Glockenkurve.

Im Anschluss daran werden in einem Überlagerungsmodul 21 die einzelnen Teilbilder, nämlich die gefilterten Unschärfeschichten und ungefilterte Unschärfeschichten, mit dem eigentlichen Bild überlagert, und im nachfolgenden Darstellungsmodul 22 wird das gesamte Bild samt Spiegelung mit den verschiedenen Unschärfegraden zusammengefügt und dargestellt. Über eine Ausgabe-Schnittstelle 23 wird sodann das erhaltene Bild auf einer Bildwiedergabeeinheit, einem Bildschirm 24, dargestellt bzw. einer beliebigen Ausgabeeinheit 25 zugeleitet, bei der es

sich beispielsweise um einen Drucker, insbesondere Farbdrucker, aber auch um ein Modem zum Übertragen des Bildes über Internet etc. handeln kann.

In Fig. 4 ist als Beispiel ein Objekt in Form eines Kastens 26 dargestellt. Dieser Kasten 26 steht auf einem spiegelnden Boden 27, der somit eine spiegelnde Oberfläche definiert. In dieser spiegelnden Oberfläche 27 sind gespiegelte Teilbilder des Objekts bzw. Kastens 26 zu erkennen, die unter Einfügen von zur spiegelnden Oberfläche 27 parallelen gedachten durchsichtigen Ebenen 28 und 29 begrenzt werden; dabei werden zwischen den einzelnen Ebenen 27 bis 29 Bildschichten erhalten, die gemäß der Darstellung in Fig. 4 von oben nach unten von scharf bis immer stärker unscharf werden. Diese Unschärfeschichten sind in Fig. 4 mit 30, 31 und 32 bezeichnet, wobei die oberste Unschärfeschicht 30 ungefiltert ist, wogegen die darunter befindlichen Unschärfeschichten 31 und 32 verschiedenen starken Filtern unterworfen worden sind. Diese Unschärfeschichten 30, 31, 32 werden einzeln, jede für sich, berechnet und schließlich mit der Abbildung des Gegenstandes 26 im oberen Teil des Bildes durch Überlagern kombiniert, so dass letztlich die Darstellung gemäß Fig. 4 erhalten wird.

Die vorstehend beschriebene Vorgangsweise wird aus Fig. 5 noch mehr im Detail ersichtlich, wobei in Fig. 5 die einzelnen Teilfiguren 5a bis 5d, von links nach rechts gehend, (a) das Bild ohne Spiegelung, (b) eine ungefilterte Unschärfeschicht nach Spiegelung, (c) eine gefilterte Unschärfeschicht und (d) das gesamte Bild auf Basis einer Überlagerung der Teilbilder gemäß Fig. 5a, 5b und 5c zeigt.

Im Einzelnen wird dabei das Bild ohne Spiegelung gemäß Fig. 5a in herkömmlicher Weise mit Hilfe des z-Puffer-Verfahrens berechnet. Hierbei wird für jeden Bildpunkt die Entfernung zu jenem Punkt in der Szene gespeichert, der dem Betrachter am nächsten ist. Der z-Puffer wird initialisiert, indem diese Entfernungs- oder z-Werte auf unendlich gesetzt werden. Mit jedem Polygon, das danach in den Bildspeicher geschrieben wird, werden die Entfernungs- oder z-Werte des jeweiligen Polygons innerhalb seines Umrisses berechnet. Diejenigen z-Werte des Polygons, die kleiner sind als z-Werte im z-Puffer, bedeuten, dass das Polygon an den jeweiligen Bildpunkten vor allen bisher dargestellten Polygonen liegt und damit sichtbar ist; größere z-Werte bedeuten, dass das Polygon nicht sichtbar ist. Durch einfaches Überschreiben der Farbwerte des Bildspeichers bei all den Bildpunkten, an denen das Polygon sichtbar ist, wird die Sichtbarkeit des Polygons exakt berechnet, und durch Eintragen der jeweils neuen z-Werte wird der z-Puffer aktualisiert. Durch Wiederholung dieses Vorgangs für alle Polygone entsteht die Darstellung der Szene im Bildspeicher mit korrekt berechneter Sichtbarkeit in an sich herkömmlicher Weise.

Die ungefilterte Unschärfeschicht gemäß Fig. 5b wird ebenfalls mittels der z-Puffer-Methode berechnet, wobei jedoch die Geometrie der Szene an der spiegelnden Oberfläche (s. die Oberfläche 27 in Fig. 4) reflektiert wurde. Des weiteren wurde die gespiegelte Szene mittels einer weiteren, zur spiegelnden Oberfläche (27 in Fig. 4) parallelen Ebene (28 in Fig. 4) eingeschränkt, so dass nur die Teile oberhalb hiervon, also zwischen den Ebenen 28 und 27, sichtbar sind.

In Fig. 5c ist eine gefilterte Unschärfeschicht dargestellt, die zwischen der vorgenannten Ebene 28 und einer weiteren eingefügten Ebene (29 in Fig. 4) vorliegt, wobei auch eine Abschwächung in der Helligkeit erfolgt. Im Prinzip wird zur Berechnung dieser Unschärfeschicht zunächst ähnlich vorgegangen wie vorstehend anhand der Fig. 5b erläutert, wobei diejenigen Teile sichtbar sind, die - bezogen auf die erste ungeführte Ebene 28 - weiter von der spiegelnden Oberfläche 27 entfernt sind. Es sei hier betont, dass mehrere teildurchsichtige Ebenen eingefügt werden können, wie die Ebene 28, die ebenfalls parallel zur spiegelnden Oberfläche 27 angeordnet sind, und durch die Darstellung dieser Ebenen entsteht ein Helligkeitsverlauf, der der Entfernung der Teilbilder von der spiegelnden Oberfläche 27 entspricht, d.h. von oben nach unten gehend wird Schicht für Schicht die Darstellung dunkler. Die eingeführten Ebenen 28 usw. werden so dicht angeordnet, dass sie nicht einzeln unterscheidbar sind, und es ist nur

der Helligkeitsverlauf (zu immer mehr dunkel) erkennbar. Nach der Darstellung mittels der z-Puffer-Methode wurde auf das berechnete Bild ein einfacher Gauß-Filter angewendet, d.h. jeder Farbwert eines Bildpunktes wurde durch ein gewichtetes Mittel der Farbwerte seiner 25 Nachbarwerte ersetzt, wobei die Gewichtung einer Gauß'schen Glockenkurve entspricht.

In Fig. 5d ist schließlich das gesamte Bild entsprechend einer Überlagerung der Teilbilder 5a bis 5c veranschaulicht, wobei das Teilbild Fig. 5a gewichtet mit den Teilbildern Fig. 5b und 5c kombiniert wurde. Die Gewichtung ergibt sich aus den Oberflächen-Parametern der spiegelnden Oberfläche 27.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur rechnergestützten Darstellung von Objekten mit Spiegelung oder Transparenz, unter Anwendung der z-Puffer-Methode, wobei bei der Berechnung eines Bildes des Objektes für jeden Bildpunkt die Entfernung von einer Fläche, der gesehenen Oberfläche, mit den Bilddaten gespeichert wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest ein gefiltertes Unschärfe-Teilbild berechnet wird, indem ausgehend von zumindest einer Oberflächen-abhängigen Unschärfeschicht ein dieser Unschärfeschicht entsprechendes Teilbild der Bildszene rechnerisch einem an sich bekannten Filter unterworfen wird, und dass dieses gefilterte Unschärfe-Teilbild mit dem übrigen Bild, gegebenenfalls weiteren Unschärfe-Teilbildern, zusammengefügt wird, um eine unscharfe Spiegelung oder einen hinter einem unscharf transparenten Schirm erscheinenden Teil des jeweiligen Objektes darzustellen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass das zumindest eine gefilterte Unschärfe-Teilbild in Kombination mit zumindest einem ungefilterten Unschärfe-Teilbild, das mittels der z-Puffer-Methode berechnet wird, mit dem übrigen Bild überlagert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass bei der Berechnung des gefilterten Unschärfe-Teilbildes das Objekt rechnerisch an einer spiegelnden Oberfläche reflektiert und in der Darstellung beschränkt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Beschränkung entsprechend zumindest einer zur spiegelnden Oberfläche parallelen gedachten Ebene erfolgt, wobei nur die zwischen dieser Ebene und der spiegelnden Oberfläche bzw. einer dazwischen definierten Ebene gelegenen Bildpunkte als Unschärfeschicht zur Darstellung herangezogen werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass verschieden stark unscharfe gefilterte Unschärfe-Teilbilder berechnet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass zur Berechnung des gefilterten Unschärfe-Teilbildes ein einfacher Gauß-Filter angewendet wird.
7. System zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einem Bildberechnungsmodul, mit einer Eingabeeinheit, mit einem Szenenspeicher und mit einer Bildwiedergabeeinheit, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Unschärferechnungsmodul (18), dem ein Speicher (19) für Unschärfeparameter zugeordnet ist, und ein Filtermodul (20) dem Bildberechnungsmodul (16) nachgeordnet sind.
8. System nach Anspruch 7, *gekennzeichnet durch* ein dem Filtermodul (20) nachgeschaltetes Überlagerungsmodul (21).

Hiezu 5 Blatt Zeichnungen

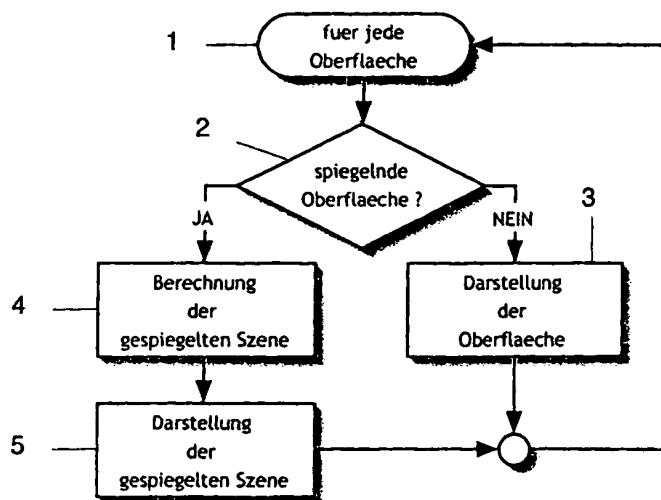


Fig. 1

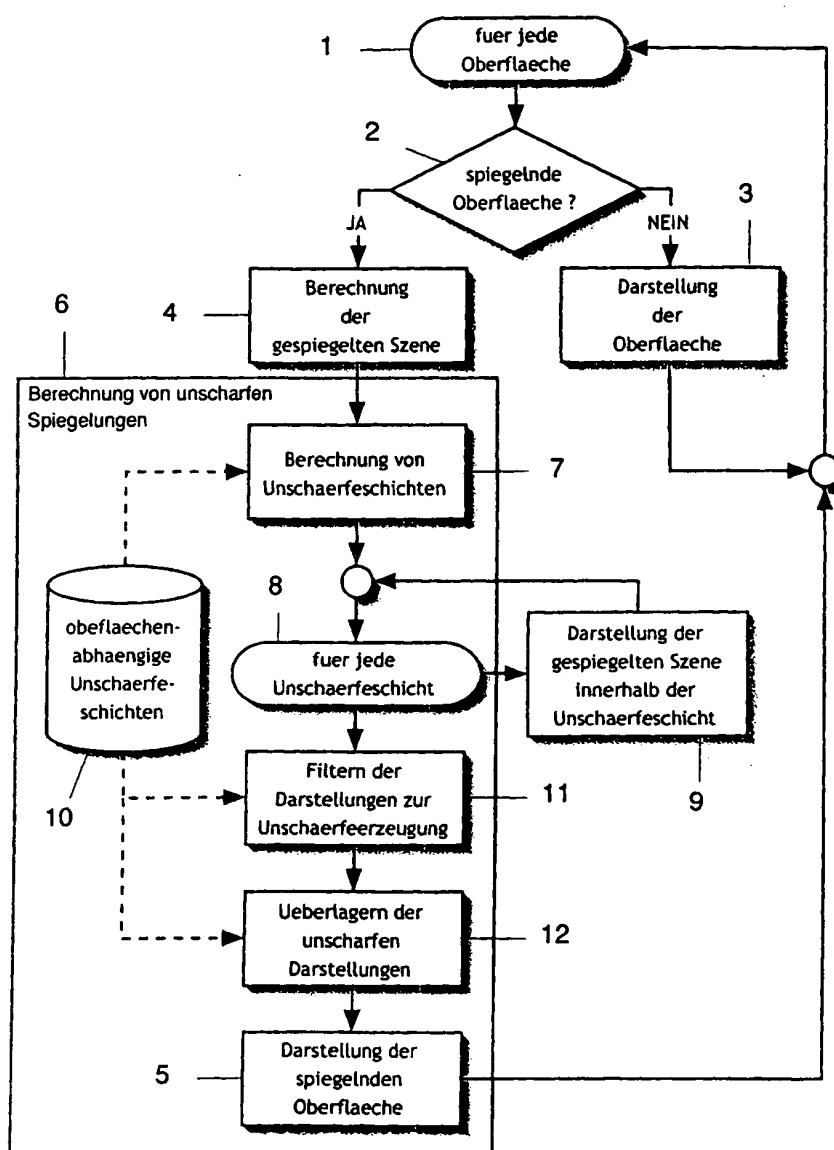


Fig. 2

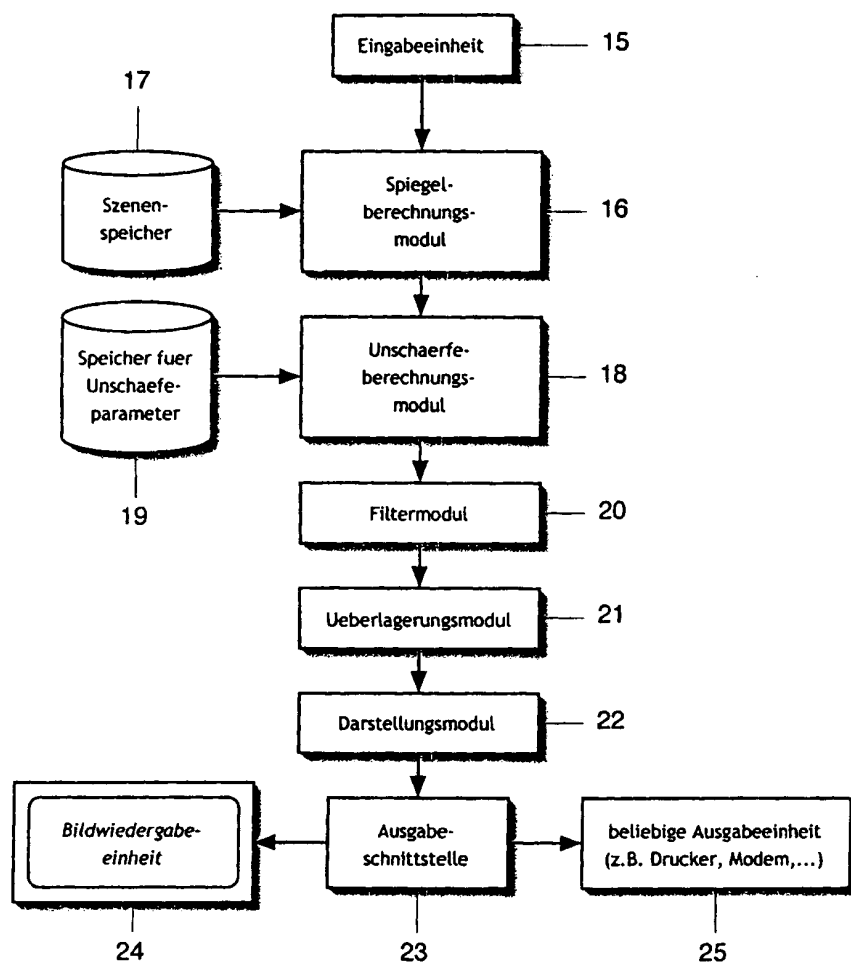


Fig. 3

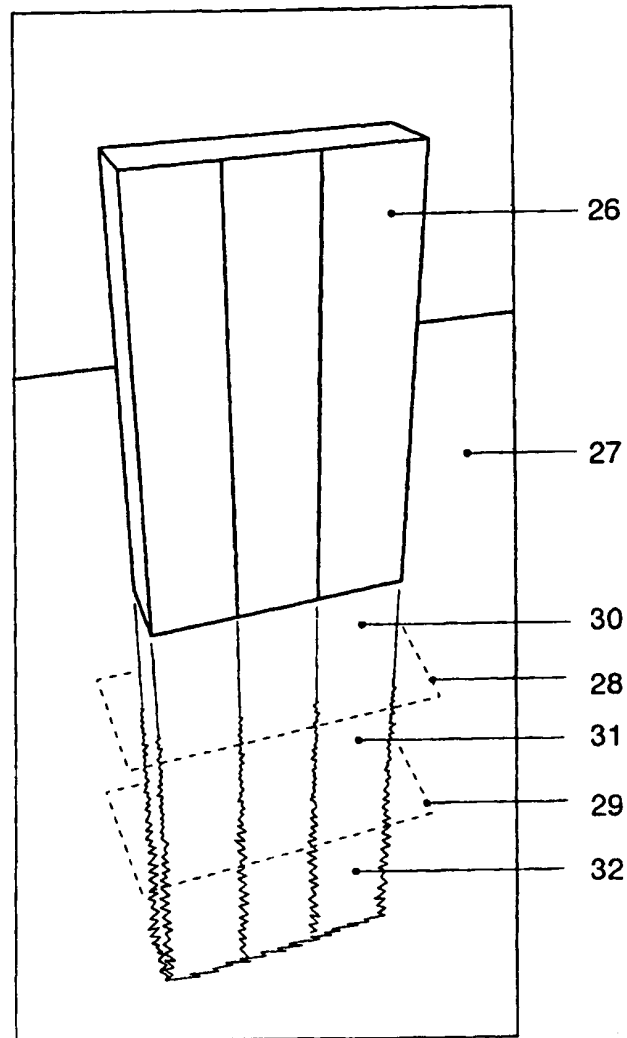


Fig. 4

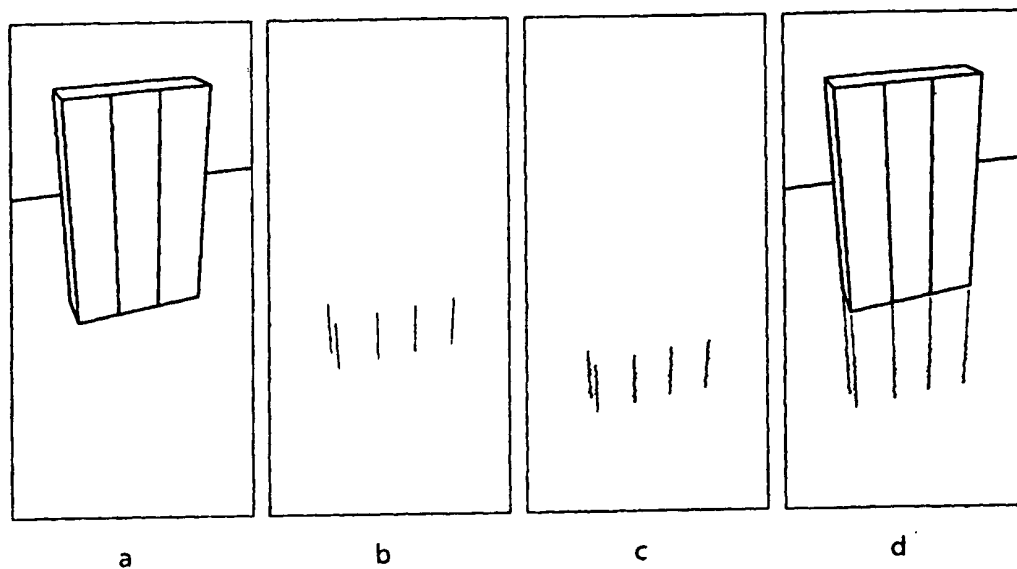


Fig. 5