

Grafikeffekte einfach erklärt

DirectX 11, Tessellation und globale Beleuchtung öffnen die Tür zur nächsten Spiele-Generation, doch was verbirgt sich hinter den kryptischen Bezeichnungen? Wir erklären die komplizierte Technik.



Das heute veraltete **Bump Mapping** (oberer Screenshot) erzeugt mittels Schattierungen nur die Illusion einer plastischen Oberfläche. Das modernere **Parallax Occlusion Mapping** (auch: Virtual Displacement Mapping) ruft zwar schon einen wesentlich realistischeren Tiefeneindruck (mittlerer Screenshot) hervor, mit DirectX 11 kommt dann aber **Tessellation** (unterer Screenshot) und damit wirklich plastische Oberflächen, die von der Grafikkarte sogar dynamisch verfeinert werden.

gebaut. Das heißt, Spiele-Engines können nun anfallende Aufgaben wie die Bearbeitung einer bestimmten Textur an mehrere Rechenkerne oder Programm-Threads vergeben. Vorher konnte nur jeweils ein Thread und damit auch nur ein CPU-Kern solche Aufgaben bearbeiten. Die in Spielen häufig unterbeschäftigten Rechenkerne moderner Multi-Core-Prozessoren sollen so spürbar besser ausgelastet werden. Die vorigen DirectX-Versionen erlaubten das aus Angst vor Abstürzen nicht. Laut Richard Huddy von AMD soll alleine das Multithreading-Feature im Schnitt etwa 20 Prozent mehr Frames bringen.

Compute Shader

Ein weiteres Feature von DirectX 11, das nicht ausschließlich auf entsprechenden Grafikkarten funktioniert, ist der so genannte »Compute Shader«. Damit vereinheitlicht Microsoft die Programmierschnittstelle für Berechnungen abseits der traditionellen 3D-Aufgaben eines Grafik-

DirectX 11

- > Was es bringt: mehr Performance und einige neue Effekte
- > Wer es kann: die kommende Radeon- und Geforce-Generation mit Windows 7 und Vista
- > Was es kostet: derzeit noch unbekannt

>>> **DirectX 11 soll deutlich schneller sein als DirectX 10 und bietet zudem einige neue Möglichkeiten für Grafik- und Physikeffekte.**

Im Herbst erscheint DirectX 11 als aktuelle Version von Microsofts Programmierschnittstellensammlung für Spiele, Grafik und Multimedia. Voraussetzungen dafür sind Windows Vista oder das bis dahin erschienene Windows 7. Um alle Funktionen nutzen zu können, fehlen aber noch passende DirectX-11-Grafikkarten. Zumindest AMD will zum Erscheinen von Windows 7 am 22. Oktober 2009 entsprechende 3D-Platinen auf dem Markt haben. Nvidia wird alles versuchen, diesen Termin ebenfalls zu halten. Ob das klappt, ist derzeit allerdings fraglich.

Multi-Threading

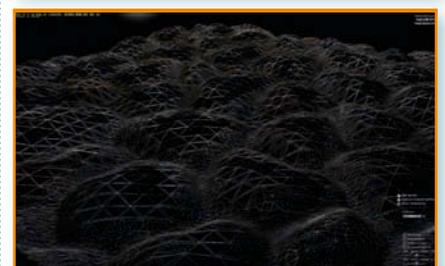
Die für Spieler interessantesten Neuerungen kommen aber größtenteils auch ohne DirectX-11-Hardware aus. So hat Microsoft zum einen den Multithreading-Support in DirectX 11 deutlich aus-

gebaut. Die Technik entspricht im Grunde dem, was Nvidia bereits mit CUDA für Geforce-Karten oder AMD mit ATI Stream für Radeons anbietet. Bislang nutzten Entwickler die Möglichkeiten aber höchst spärlich, da jede Technik nur entweder auf Geforce oder Radeon funktioniert. Wegen der mit DirectX 11 vereinheitlichten Standards rücken wesentlich realistischere Physikeffekte oder endlich schlauere künstliche Intelligenz, die auf dem Grafikchip berechnet werden, in greifbare Nähe. Außerdem vergisst Microsoft die Besitzer von DirectX-10- oder -10.1-Grafikkarten nicht – für beide gibt es entsprechend angepasste Compute-Shader-Funktionen. Die sind zwar nicht ganz so umfangreich wie die DirectX-11-Variante, sollten dafür aber zur schnelleren Akzeptanz bei den Spieleentwicklern beitragen.

Tessellation

Das auffälligste Feature von DirectX 11 wird »Tessellation« sein. Darunter versteht man die Fähigkeit der Grafikkarte, relativ simple gestaltete Objekte bei Bedarf in wesentlich komplexere Strukturen aufzuspalten. So erscheint beispielsweise ein aus der Ferne nur grob berechnetes und damit ressourcensparendes Gebirge bei naher Betrachtung zunehmend detaillierter und plastischer. Da das Drahtgittermodell des Gebirges nur in relativ einfacher Ausführung auf der Festplatte liegen muss, reduziert sich die über den PCI-Express-Bus fließende Datenmenge erheblich und Leistung wird für andere Aufgaben frei.

Umgekehrt können komplexe Modelle, etwa von Spielcharakteren, mit zunehmender Entfernung immer simpler dargestellt werden. Die einfachen Strukturen fallen bei hoher Entfernung nicht auf, kosten aber spürbar weniger Leistung. Die optische Qualität leidet dabei nicht, denn wenn Sie Objekte oder Charaktere erneut von Nahem betrachten, erhöht sich dank Tessellation der Detailgrad wieder. Obwohl ATI bereits seit der Radeon 8500 immer wieder verschiedene Tessellationsfähigkeiten in die hauseigenen Grafikchips integriert hat, benötigen Sie für die hier genannten Vorzüge eine DirectX-11-Karte, da Microsoft die Funktion in DirectX 11 deutlich erweitert hat.



Tessellation kann bei Bedarf **abhängig von der Entfernung des Betrachters eigenständig Polygone sparen** (im unteren Screenshot zu sehen) und so die Performance, trotz gleichbleibend hoher optischer Qualität, deutlich erhöhen.

Voxel-Grafik

- › Was es bringt: sehr detaillierte und plastische Strukturen
- › Wer es kann: jeder aktuelle Spiele-PC
- › Was es kostet: sehr viel Leistung, da extrem viel Speicher benötigt wird

››› Mit virtuellen Legosteinen statt Drahtgittermodellen plus Texturen erzeugt Voxel-Grafiker erstaunlich detaillierte 3D-Modelle und -Landschaften.

das starke Verpixeln der sowieso schon sehr detailarmen Objekte in der Nahansicht.

Im Unterschied zu herkömmlichen 3D-Welten aus tapezierten Polygonen sind Voxel dreidimensionale Objekte, die zusammengesetzt eine Spielszene bilden. Wie ein Legostein hat jedes Voxel eine bestimmte Farbe und Position im Raum, so dass Texturen zur Farbgebung und Drahtgittermodelle zur Positionsbestimmung überflüssig werden. Auch sehr detaillierte Oberflächenstrukturen, die bei herkömmlicher Polygongrafik mittels Bump oder Displacement Mapping simuliert werden, werden mit Voxeln ausmodelliert. Bei Bedarf lässt sich der Detailgrad durch Unterteilung der Voxel in mehrere Sub-Voxel erhöhen. So entstehen auch bei extremer Nahansicht noch sehr feine Oberflächenstrukturen.



Crysis nutzt Voxel als Basis zum Modellieren erstaunlich naturgetreuer Landschaften, allerdings rendert es sie dann mit Hilfe der gängigen Polygone.



Die experimentelle id-Tech-6-Engine zeigt, dass Voxel sich auch für komplexe und extrem detaillierte Charakter-Modelle eignen.

Spielveteranen erinnern sich vielleicht noch an Novalogics Militärsimulationen wie **Comanche** oder **Delta Force**. Die erzeugten das Terrain mittels so genannter Voxel und erreichten auf diese Weise eine vormals unbekannt hohe Sichtweite mit natürlich geschwungenen Landschaften statt eckiger Polygon-Gebirge. Nachteile waren allerdings

Nachteil einer Voxel-Engine ist allerdings die schiere Datenmenge, die bei der Berechnung der unzähligen Voxel einer komplexen Szene anfällt. Selbst kommende PC-Generationen sollen dafür nicht genug Arbeitsspeicher haben. Mittels effizienter Kompressionsverfahren kommt möglicherweise aber eine Auslagerung auf die Festplatte oder optische Speichermedien in Frage. Reine Voxel-

Engines sind in naher Zukunft aber unwahrscheinlich, besonders bewegte Objekte wie etwa Gegner müssten ständig neu berechnet werden und belasten so den PC stark. Für plastische, natürlich wirkende Landschaften eignen sich Voxel aber besonders gut, wie das Beispiel **Crysis** zeigt – die Inselgebirge samt natürlich wirkenden Felsen und Überhängen werden mit Voxeln erstellt.

Physik

- › Was es bringt: glaubwürdigere Spielwelten und neue Gameplay-Elemente
- › Wer es kann: alle PCs, je nach Titel abhängig von der Grafikkarte
- › Was es kostet: meist viel Leistung

››› Realistische Grafik alleine schafft keine überzeugenden 3D-Welten. Erst in Kombination mit physikalisch korrektem Verhalten gelingt die Illusion.

Wenn Computerspiele eine wirklich überzeugende Welt präsentieren wollen, so muss neben einer möglichst stimmungsvollen Grafik auch eine konsequente Physiks simulation den Spieler in ihren Bann ziehen. Denn was nützt ein fotorealistisches Objekt, wenn es sich nicht annähernd so verhält, wie wir das aus dem Alltag gewohnt sind. Bewegt sich ein Gegenstand nicht einen Millimeter, obwohl direkt daneben eine Granate explodiert, entzaubert sich die Spielwelt ganz schnell. Realistische Physik

kostet aber unheimlich viel Rechenleistung, und trotz der zunehmenden Verbreitung von Multi-Core-CPUs hat sich die Physikdarstellung in den letzten Jahren nur wenig weiterentwickelt.

Die größten Fortschritte kann Nvidia mit seiner PhysX-Technologie (ehemals Ageia) verzeichnen. Diese Physik-Engine kommt in vielen Titeln zum Einsatz und profitiert bei entsprechender Programmierung auch von der Rechenleistung der 3D-Karte. Grafichips eignen sich nämlich wesentlich besser für Physikberechnungen als selbst modernste Quad-Core-CPUs. Da PhysX aber nur mit einer Geforce funktioniert und die Radeons von AMD außen vor bleiben, hüten sich die Entwickler davor, Physik-Features einzubauen, die wirklichen Einfluss



Hier sehen Sie einen mit Hilfe des in DirectX 11 kommenden Compute Shader auf der Grafikkarte simulierten Ozean.

In Cryostasis wird mittels PhysX sogar ein möglichst realistisches Verhalten von Wasser simuliert. Einfluss auf das Gameplay hat das aber nicht.

auf das Gameplay haben – kein Wunder, würden sie sonst alle Spieler mit einer Radeon ausschließen. So bietet PhysX bisher zwar nett anzusehende Effekte, aber keine tiefgehende Physik, die mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Rechenleistung moderner Grafikkarten durchaus zu realisieren wäre. Abhilfe könnte da aber der Compute Shader

von DirectX 11 (siehe »DirectX 11«) bringen, der eine flexible Programmierung von Physik sowohl für kommende Geforce- als auch Radeon-Generationen bringt. Die einheitliche Schnittstelle sollte die Entwickler davon überzeugen können, aufwändige, realistische und atmosphärische Physikspielereien in ihre kommenden Titel einzubauen.

Globale Beleuchtung

- > Was es bringt: lebensnahe Beleuchtung
- > Wer es kann: alle PCs
- > Was es kostet: sehr viel Leistung

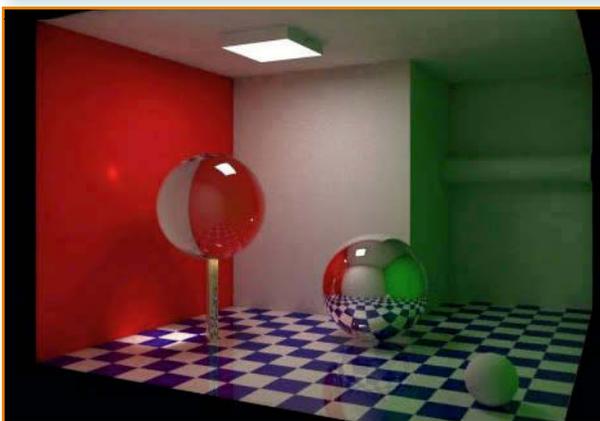
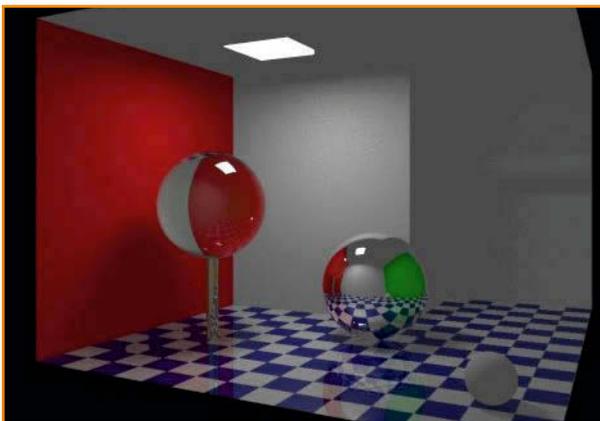
>>> Globale Beleuchtung bezeichnet eine Technik, die in einer 3D-Szene nicht nur den direkten Lichteinfall, sondern auch Reflektionen und Brechungen des Lichts berücksichtigt.

Eigentlich gehören zur globalen Beleuchtung alle Verfahren, die eine realistische Lichtsimulation schaffen. Die also nicht nur die direkte Beleuchtung simulieren, sondern auch Reflexionen, Lichtbrechungen und Schattenwurf. Auch die Ambient-Occlusion-Technik (siehe Kasten) gehört somit eigentlich dazu.

Bei der Computergrafik beschränkt sich der Begriff aber auf die Simulation von diffusen Reflektionen und Brechungen oder Bündelungen, wenn Licht etwa durch ein Glas scheint. Auf den Bildern erkennen Sie sehr gut, wie viel Realismus die Szene durch globale Beleuchtung gewinnt. Während das obere Bild

auf den ersten Blick bereits durchaus lebensnah beleuchtet wirkt, steigert die globale Beleuchtung im unteren Bild den realistischen Eindruck enorm. Vor allem die Spiegelung, Brechung und Bündelung des Lichts durch die Glas-kugeln erzeugt eine fast fotorealistisch anmutende Beleuchtung.

Allerdings kostet die Simulation all dieser Beleuchtungseffekte in Echtzeit enorm viel Rechenleistung. Daher berechnen die Entwickler die entsprechenden Informationen für eine bestimmte Szenerie häufig im Voraus, wodurch sich der Performance-Einbruch stark verringert. Allerdings geht dadurch die Dynamik verloren, denn die Beleuchtung ändert sich dann nicht entsprechend den Bewegungen des Spielers. Einige Engines wie die Cry Engine 3 beherrschen aber globale Beleuchtung in Echtzeit. Allerdings wird die nicht für jeden Pixel einzeln berechnet, sondern für sinnvolle Bereiche zusammengefasst.



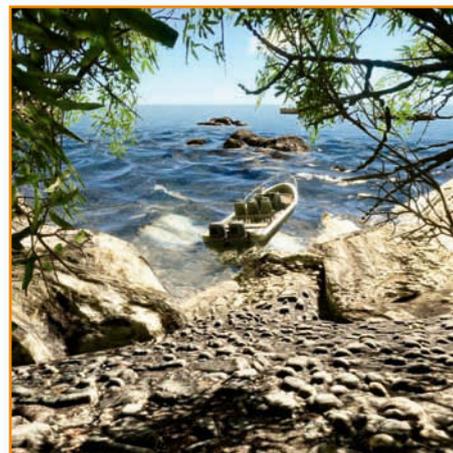
Obwohl die Szene oben auf den ersten Blick durchaus realistisch beleuchtet wirkt, steigert die Globale Beleuchtung im unteren Bild den lebensnahen Eindruck nochmals deutlich.

Feuer, Rauch & Wasser

- > Was es bringt: eindrucksvolle, realistische Grafikeffekte
- > Wer es kann: jeder PC, fortgeschrittene Effekte ab DX 10
- > Was es kostet: spürbar Leistung



World in Conflict beeindruckt mit realistischen Explosionen und Rauch, der sogar auf Umwelteinflüsse wie Wind oder Regen reagiert.



Schon mit DirectX 10 eines der schönsten Meere der Spielgeschichte: der Ozean in Crysis. Mit DirectX 11 lassen sich derart eindrucksvolle Illusionen noch effizienter zeichnen.

>>> Kaum eine Effektkategorie sorgt für mehr Aha-Erlebnisse. Dynamisches Feuer, auf Spieler reagierender Nebel sowie Wasser, das realistisch um Felsen schwappt, verleihen jedem Spiel den letzten Schliff.

Viel Nachholbedarf haben Spiele noch bei den Elementen. Feuer, Wasser, Dampf, Nebel und Rauch verhalten sich nur selten auch nur annähernd realistisch. Allerdings gibt es vielversprechende Ansätze. So breitet sich das Feuer in **Far Cry 2** entsprechend der Windrichtung aus und erlaubt damit taktische Manöver, um Gegner aus der Deckung zu treiben. In **World of Conflict** beeindruckt der volumetrische Rauch, der anders als früher nicht zweidimensional und kantig wirkt, sondern sich ausdehnt und sogar auf Witterungsbedingungen wie Wind und Regen reagiert. Daran mangelt es aber meist noch. Kaum eine

Nebelschwade oder Rauchwand breitet sich aus oder wirbelt lebensecht um hindurchstreuende Spielfiguren. Ebenso ergeht es dem virtuellen Wasser, das bisher noch nicht wirklich fließen darf. Stattdessen wird mit Hilfe von mehr oder weniger geschickt platzierten Effekten versucht, genau diesen Eindruck zu erwecken.

Das Problem liegt bisher in den sehr aufwändigen Berechnungen, die nötig sind, um zum Beispiel Flüssigkeiten darzustellen. Auch hier liegen die Hoffnungen auf DirectX 11: Zum einen soll es die für Rauch und Nebel wichtigen Partikeleffekte effizienter berechnen und so mehr Performance aus der Hardware holen. Zum anderen lockt der Compute Shader (siehe »DirectX 11«) mit dem Versprechen, aufwändige Physiksimulationen in nie gekannter Geschwindigkeit auf der Grafikkarte berechnen zu lassen. Besonders Rauch und Wasser würden ungemein davon profitieren.

Deferred Shading

- › Was es bringt: effiziente Darstellung zahlreicher Lichtquellen
- › Wer es kann: Kantenglättung funktioniert nur mit DirectX-10-Hardware
- › Was es kostet: wenig Leistung



››› Deferred Shading erlaubt spektakuläre Beleuchtung ohne großen Performance-Verlust.

Von 2000 bis 2002 erregten die Kyro-Grafikkarten von ST Microelectronics mit viel Leistung für wenig Geld einiges Auf-

sehen. Dem überragenden Preis-Leistungs-Verhältnis lag eine Technik zu Grunde, die erst seit kurzem wieder in Spielen eingesetzt wird – das Deferred Rendering (zu Deutsch: verzögertes Rechnen). Dabei wird das zu berechnende Bild in kleine Teile zerschnitten, einzeln berechnet und

wieder zusammengefügt. Das spart viel Leistung, weil frühzeitig alle Polygone weggeschmissen werden, die in der jeweiligen Szene gar nicht zu sehen sind. Nur was übrig bleibt, wird überhaupt beleuchtet. Das erlaubt eine große Zahl an dynamischen Lichtquellen. Auf dem PC benutzen

Stalker, Dead Space, Tabula Rasa und GTA 4 das Deferred Shading. Ein Aushängeschild dieser Technik gibt es allerdings nur auf der Playstation 3. Killzone 2 schafft mit Deferred Shading eine auf der Konsole bisher nicht für möglich gehaltene, dynamische Optik (siehe Bilderstrecke).

Ambient Occlusion

- › Was es bringt: realistischere Oberflächenbeleuchtung und Schatten
- › Wer es kann: alle Grafikkarten mit Pixel Shadern
- › Was es kostet: viel Leistung

››› Ambient Occlusion lässt Oberflächen realistischer erscheinen, indem es deren Umgebung in die Beleuchtungsberechnung mit einbezieht.

In der Realität wird das Licht nicht nur von reflektierenden, sondern auch von auf den ersten Blick nicht reflektierenden Oberflächen zurückschleudert. So erscheinen etwa Ecken und Falten von Objekten häufig dunkler, da die umgebenden Oberflächen diffuse Reflexionen abgeben und so die Engstellen abdunkeln. Ambient Occlusion bezieht solche Reflexionen mit in die Farbberechnung der

Oberflächen ein und erreicht so eine realistischer wirkende Beleuchtung der 3D-Objekte. Meist werden dazu virtuelle Strahlen von der zu berechnenden Oberfläche ausgesandt. Erreicht ein Strahl den Himmel oder Hintergrund der Spielszene, wird die Oberfläche heller dargestellt, blockieren Objekte in der Umgebung einen Strahl, verdunkelt sich die entsprechende Stelle.

Derzeit verwenden die meisten Spiele das so genannte »Screen Space Ambient Occlusion«, ein auf Performance getrimmtes Verfahren, wobei die Pixel Shader der Grafikkarte nur einige Pixel in der Umgebung der zu berechnenden Oberfläche mit in die

Kalkulation einbeziehen. Mit DirectX 11 kommt aber »High Definition Ambient Occlusion« dazu. Die nötigen Berechnungen finden dann komplett im Compute Shader (siehe »DirectX 11«) statt, bisher war dafür der Pixel Shader zuständig. Der flexiblere Compute Shader soll wesentlich komplexere Berechnungen mit besserer Bildqualität ermöglichen, ohne dass die Performance entsprechend sinkt. Das bislang übliche »Screen Space Ambient Occlusion«, das sich auf Geforce-Karten ab der Treiber-Version 185.66 auch in vielen älteren Spielen aktivieren lässt, kostet nämlich je nach Titel bis zu satte 40 Prozent Leistung.



Hier sehen Sie eine von AMD programmierte Technik-Demo des mit DirectX 11 kommenden »High Definition Ambient Occlusion«. Die mit HDAO an den Kanten und Rändern des unteren Bildes erzeugten Schattierungen erhöhen den Eindruck realistischer Beleuchtung subtil, aber spürbar.

Spielen in echtem 3D

- › Was es bringt: dreidimensionaler Eindruck in Spielen
- › Wer es kann: stereoskopische 3D-Brillen und Monitore
- › Was es kostet: je nach Technik bis zu 50 Prozent Leistung

››› Stereoskopische Darstellungstechniken sollen Spiele für das menschliche Auge dreidimensional erscheinen lassen.

Während die meisten Grafiktricks der Entwickler möglichst fotorealistische Spielszenen auf konventionellen Monitoren zum Ziel haben, täuschen 3D-Brillen und -Monitore unsere Augen und erzeugen ein scheinbar dreidimensionales Abbild. Alle entsprechenden Techniken zur dreidimensionalen Darstellung basieren auf der Stereoskopie. Dabei wird unseren beiden Augen jeweils ein leicht verschobenes Bild derselben Szene untergeschoben. Da unser Gehirn Tiefeninformationen aus den Unterschieden zwischen den vom linken und vom rechten Auge ge-

lieferten Informationen ermittelt, lässt es sich täuschen. In der Realität liefert aber auch die sich ständig ändernde Krümmung der Augenlinse beim Fokussieren auf weitere oder nähere Objekte zusätzliche Tiefeninformationen. Ebenso versucht das Auge bei den gängigen 3D-Darstellungsverfahren, wie vom alltäglichen Sehen gewohnt, die momentan betrachteten Gegenstände »scharf zu stellen«. Da die Objekte oder Figuren trotz der vorgegaukelten Räumlichkeit aber alle in derselben Entfernung auf dem zweidimensionalen Monitor dargestellt werden, scheitert der Fokussierungsversuch des Auges, was sich in Schwindel oder Übelkeit ausdrücken kann.

Derzeit buhlen zwei Techniken um die Gunst der Käufer: Nvidias 3D-Vision-Kit mit Shutter-Brille



Für den dreidimensionalen Eindruck auf einem 3D-Fernseher ist eine passende 3D-Brille nötig – sonst stören die versetzten Doppelbilder.

für 130 Euro, das einen der noch seltenen 120-Hz-TFTs voraussetzt. Der ist nötig, um jedem Auge annähernd flimmerfreie 60 Bilder pro Sekunde liefern zu können. Teurer sind spezielle 3D-Monitore, die per facettierter Oberfläche zwei Bilder gleichzeitig darstellen, wovon jedes Auge mittels einer polarisierten Brille nur das



Spezielle 3D-Kameras mit zwei Linsen erstellen stereoskopisches Bildmaterial bereits bei der Aufnahme.

jeweils passende wahrnimmt. Eine der ersten 3D-Techniken lebt ebenfalls wieder auf: Nvidia will in Kürze jeder Grafikkarte eine der bekannten Rot-Grün-Brillen beilegen, um jedem Käufer mit Hilfe der passenden Treibereinstellung ein rudimentäres 3D-Erlebnis unabhängig vom verwendeten Monitor zu ermöglichen.

Kantenglättung und Texturfilter

- › Was es bringt: vermeidet pixelige Kanten und matschige Texturen
- › Wer es kann: alle Grafikkarten
- › Was es kostet: je nach Einstellung wenig bis viel Leistung

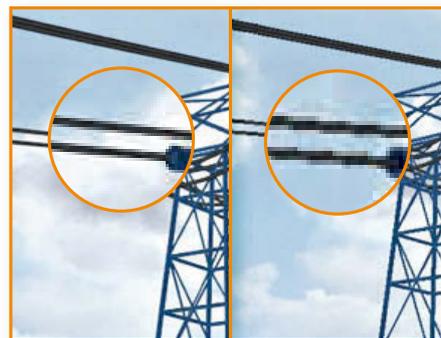
››› Geglättete Pixeltreppen und stets scharfe Texturen steigern die Atmosphäre und Glaubwürdigkeit.

Kantenglättung oder Anti Aliasing (kurz: AA) erhöht die optische Qualität in den meisten Spielen deutlich. Denn alle auf Ihrem Monitor gezeigten Objektkanten oder Linien bestehen aus einzelnen, aneinander gereihten Pixeln. Solange die Pixelketten exakt horizontal oder vertikal zur Kamera verlaufen, stellt das kein Problem dar, da die Linien homogen und glatt wirken. Meist verlaufen Kanten im Spiel aber schräg und wirken bei genauer Betrachtung wie unrealistische Pixeltreppen. Genau diese Treppenbildung wird durch Kantenglättung gemindert. Dazu analysiert die Technik die umliegenden

Pixel und schafft einen farblichen Übergang zwischen Pixeltreppe und Hintergrund. Je höher die Anti-Aliasing-Stufe, umso mehr Pixel werden in diese Berechnung mit einbezogen und umso glatter wirken die schrägen Kanten danach. In der niedrigsten Einstellung 2x AA bleibt der Performance-Hunger moderat, allerdings gelingt auch die Kantenglättung nur mittelmäßig. Ab 4x AA verschwinden die hässlichen Pixeltreppen fast vollständig, die Einstellung kostet aber selbst auf High-End-Grafikkarten spürbar Leistung. Eine Unterart der Kantenglättung ist Transparenz-AA, das auch die Kanten von durchsichtigen Texturen wie Zäunen oder Drahtgittern glättet.

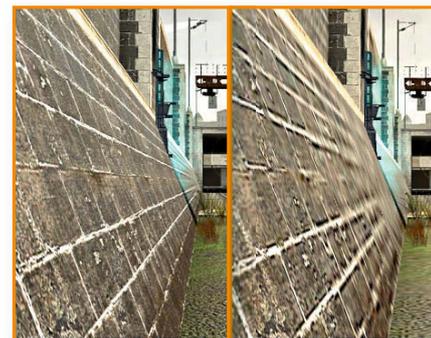
Die anisotrope Texturfilterung (kurz: AF) verschönert dagegen die Texturen im Spiel. Ohne AF

Ohne Kantenglättung haben Schrägen hässliche Kanten (rechts).



verschwimmen die Polygontapeten in der Ferne sowie bei flachem Blickwinkel. Vor allem in Titeln mit sich häufig wiederholenden Texturen wie etwa die Strecken in einem Rennspiel gewinnt die Optik durch die anisotrope Texturfilterung enorm. Anders als Antialiasing können Sie AF heute bei fast allen Titeln aktivieren, da der Leistungseinbruch auf modernen Grafikkarten meist nur sehr gering ausfällt.

Scharfe Texturen auch bei flachem Blickwinkel dank anisotroper Filterung (links).



Echtzeit-Raytracing

- › Was es bringt: physikalisch korrekte Darstellung
- › Wer es kann: theoretisch jede Hardware
- › Was es kostet: auf aktueller Hardware viel zu viel Leistung

››› Mit Raytracing entstehen in den Hollywood-Studios beeindruckende Spezialeffekte. 2010 will Intel Raytracing mit der Larrabee-Grafikkarte auch in Spielen etablieren.

Wenn Sie durch die Hochhausschluchten von New York flanieren, sehen Sie in den Glasfassaden Spiegelungen der umliegenden Gebäude. Laufen Sie als Niko Bellic durch Liberty City, sind die Fenster nicht mehr als mausgraue Texturen. Mit heutiger 3D-Technik lassen sich Spiegelungen nämlich nur höchst unsauber darstellen. Raytracing (zu Deutsch: Strahlenverfolgung) funktioniert ganz anders als die etablierten Verfahren: Grob zusammengefasst schickt eine Raytracing-Engine von der Position des Betrachters für jeden Bildpunkt einen Strahl in die Szene. Trifft der auf ein festes Objekt, zum Beispiel eine Betonwand, wird ein Shader-Programm aufgerufen und die endgültige Farbe des Bildpunktes berechnet. Falls sich der Strahl aber mit einer spiegelnden Fensterscheibe schneidet, lenkt das Material unseren Strahl im korrekten Winkel ab. Irgendwann trifft er wieder auf ein Objekt – etwa ein gegenüberliegendes Hochhaus – und dann wird dort ein Shader-Programm



Bei lichtdurchlässigen Materialien wie Glas kann Raytracing seine konzeptionellen Vorteile voll auspielen.

aufgerufen, das aus den bisher gesammelten Informationen die Farbe des Pixels bestimmt.

Wenn man die gleiche Szene auf konventionelle Art berechnen möchte, setzt man eine Kamera in das Fenster, macht einen Screenshot aus diesem Blickwinkel und speichert ihn als Textur. Die wird dann auf das Fenster geklebt. Dummerweise brauchen Texturen viel Speicher und Spiegelungen haben die Eigenart, sich auch ineinander zu spiegeln. Dazu wird wechselseitig ein Screenshot nach dem anderen geschossen, und der Speicherbedarf schnell in exorbitante Höhen.

Dass Raytracing in Spielen bisher nicht zum Einsatz kam, liegt in erster Linie an den hohen Hardware-Anforderungen. Bisher ist es unmöglich, Echtzeit-Raytracing in einer so hohen Qualität darzustellen, dass es mit Spielen wie **Crysis** mithalten kann. Möglicherweise ändert sich das aber bald: Intel arbeitet seit geraumer Zeit an einem eigenen Grafikprozessor. Die bisher Larrabee genannte Hardware soll Echtzeit-Raytracing möglich machen. Noch in diesem Jahr bekommen ausge-



Wasser einmal mit Raytracing (unten) und einmal ohne. Auch wenn das obere Bild auf den ersten Blick etwas spektakulärer wirkt: Nur mit Raytracing gelingen derart realitätsnahe Objektspiegelungen.



wählte Entwickler die ersten Karten, und Ende 2010 will Intel mit dem Verkauf beginnen. Wir sind gespannt, ob es gelingt, einerseits Raytracing in Echtzeit zu berechnen und andererseits auch Spiele der letzten Jahre flüssig

darzustellen. Ohnehin bezweifeln wir, dass anfangs Spiele erscheinen, die ausschließlich Raytracing benutzen. Die Kombination aus herkömmlicher 3D-Grafik und Raytracing-Effekten halten wir für wahrscheinlicher.

FK



In einem Report der Ausgabe 07/2004 haben wir erstmals über Raytracing berichtet. Damals fertigte uns der Student Daniel Pohl von seiner Diplomarbeit **Quake 3 Raytraced** diesen Screenshot an. Heute arbeitet er bei Intel an der Software für die kommende Larrabee-Grafikkarte.