



Schwerpunkt-Inhalt

Die Grafiktricks der Spieleentwickler	158
Grafikeffekte entschlüsselt.....	162

Das Leben stinkt, hat aber 'ne geile Grafik«. Diese Internet-Weisheit bringt es auf den Punkt: Unsere optische Wahrnehmung ist der Berechnung von virtuellen Welten in heutigen Computern noch immer um Lichtjahre voraus – die Pracht der realen Welt ist bisher mit keiner Technologie erreichbar. Lediglich komplett vorgeordnete Umgebungen wie in modernen Filmen können annähernd »echt« wirkende Eindrücke erzeugen. Um auch in interaktiven, also in Echtzeit berechneten Welten zumindest eine Illusion von Realität schaffen zu können, bedienen sich Programmierer und Grafikkartenhersteller einer Reihe von Tricks. »High Dyna-

mic Range Rendering« erzeugt in Spielen spektakuläre Blendeffekte sowie Helligkeits- und Kontrastverhältnisse. Extrem plastische, zum Anfassen animierende Oberflächenstrukturen gaukelt uns »Parallax Occlusion Mapping« vor. Und um Spezialeffekte oder sich verändernde Substanzen wie Wasser kümmern sich die Shader, während Rauch, Feuer und Trümmerteile über Partikel ihren Weg ins Spiel finden.

Auf den ersten Blick lassen sich Spiele bereits heute oft kaum von Filmen unterscheiden, aus einigen Metern Entfernung können

sie sogar mit realen Umgebungen konkurrieren. Beispiel: **Colin McRae: Dirt** sieht der TV-Übertragung eines Rallyerennens zum Verwechseln ähnlich. Bei genauerem Hinsehen fällt die Illusion wegen kantiger Felgen und gezackter Spiegelungen aber in sich zusammen.

In diesem Schwerpunkt nehmen wir Sie mit auf eine Reise durch die Geschichte der 3D-Grafik, erklären gegenwärtige Effekte im Detail und geben einen Ausblick auf die Zukunft: Was ist möglich mit DirectX 10, der zunehmenden Einbindung von Physik, und was können Technologien wie Raytracing für bessere, glaubwürdigere oder einfach nur komplexere Spielwelten leisten?

Ab in die 3. Dimension

Der Traum, dem flachen, zweidimensionalen Bildschirm eine dritte (wenn auch virtuelle) Dimension zu verpassen, wurde Anfang der 80er-Jahre Realität. Zunächst auf Home Computern wie dem C64 oder dem VIC-20 nahmen Spiele wie **Battlezone** (1983) oder **Elite** (1985) erstmals Abstand von der reinen 2D-Darstellung und setzten die Spielwelt teilweise aus Dreiecken zusammen. Bis heute hat sich daran nichts verändert – alle 3D-Welten in Computerspielen bestehen aus Vielecken, den Polygonen. In der Praxis nutzen die Spieleentwickler primär Dreiecke, und nicht Vier- oder Fünfecke – Dreiecke kosten eben am wenigsten Rechenzeit. Doch was ist ein Polygon überhaupt? Ein Polygon, in unserem Fall also ein Dreieck, hat seinen Ursprung in drei Punkten im dreidimensionalen mathe-

Drei Jahrzehnte 3D-Grafik



Elite

1987 betritt auch der PC die dritte Dimension: Infogrames erschafft mit einer Handvoll Polygone ein 3D-Universum. Ausgefüllte Flächen gab's zuerst auf dem PC, der C64 war zu langsam.



Alone in the Dark

Trotz statischer Kameraposition legt Alone in the Dark (1992) die Messlatte höher. Erstmals sind alle beweglichen Objekte aus Polygonen modelliert, und zum Teil sogar behutsam texturiert.



Descent

1995 fliegen wir in Descent mit 720-Grad-Bewegungsfreiheit zum ersten Mal völlig frei durch dreidimensionale Strukturen. Der First-Person-Shooter macht auch spielerisch eine gute Figur.

Die Grafiktricks der Spieleentwickler

Mit DirectX 10 verringern PC-Spiele den Abstand zur Staun-Optik von Kinofilmen wie Shrek oder Herr der Ringe. Wir entschlüsseln die Tricks, mit denen Programmierer eine immer glaubwürdigere 3D-Illusion schaffen.

matischen Koordinatensystem. Diese Eckpunkte heißen in der Fachsprache Vertices. Verbindet man sie, entsteht ein nacktes Dreieck. Für ein Quadrat in einem PC-Spiel benötigt man zwei Dreiecke, für einen Würfel mit seinen sechs Seiten zwölf Dreiecke. Um organische oder runde Formen wie beispielsweise eine Kugel darzustellen, nähert man die Form durch möglichst viele Dreiecke an und erzeugt so den Eindruck einer Kugel – keine Hardware ist schnell genug, komplexere geometrische Formen wie eine Kugel direkt über deren mathematische Formel in Echtzeit zu berechnen.

Mit der über die Jahre steigenden Rechenleistung konnten Spieleentwickler die Dreiecke später auch mit farbigen Flächen füllen, wie die PC-Version von **Eli-te** (1987) zeigt. Seitdem steigt die Polygonzahl mit jeder Generation

weiter an, sodass mittlerweile viel mehr Details ausmodelliert werden können als zur Geburtsstunde der 3D-Spielegrafik (Beispiele: Gesichter, Hände, Bäume). Einen großen Schritt bedeutete hierbei die Einführung von »Transform and Lighting« mit DirectX 7 und der ersten Geforce, der Geforce 256 (Ende 1999). Um die Menge der dargestellten Objekte – seien es Einheiten, Pflanzen oder schlicht die Sichtweite über eine Stadt – ohne Leistungsverlust deutlich zu erhöhen, gibt es seit DirectX 9.0c das »Geometry Instancing« (siehe Artikel »Grafikeffekte entschlüsselt«). Runde Autoreifen sehen wir aber auch 2007 immer noch nicht.

Schönere Oberflächen

Auf Dauer sind einfarbige Polygone mit ein paar Schattierungen zu öde. Deshalb klebten findige

Programmierer in den frühen 90er-Jahren Texturen auf die nackten Polygon-Drahtgittermodelle. Eins der ersten Spiele dieser Art war **Alone in the Dark** von Infogrames (1992). Texturen können Sie sich als Fototapeten vorstellen, die passgenau verlegt werden. Über die Jahre wurde die Technologie verfeinert und erweitert, sodass ein durchschnittliches Polygon heutzutage gleich mehrere Texturen trägt: eine für die Beleuchtung, eine für eventuelle Höheninformationen und eine für die eigentliche Oberflächenstruktur.

Der letzte Schrei heißt »Parallax Mapping«, eine Weiterentwicklung des »Bump Mappings«, erstmals bekannt geworden durch die Einführung der Voodoo-2-Grafikkarte der Firma 3dfx. Parallax Maps erzeugen über einen cleveren Algorithmus den Eindruck, Backsteinwände oder ähn-

liche Strukturen wären aus Polygonen modelliert. **Splinter Cell: Chaos Theory** beeindruckte uns damit schon 2005. Mittlerweile können sich die »einzelnen« Backsteine sogar gegenseitig verdecken und Schatten werfen – obwohl sie nur aus einer 2D-Oberfläche bestehen. Epic nennt das bei der Unreal Engine 3 »Virtual Displacement Mapping«.

Weil derartige Texturen aber weiterhin eben sind, entlarven Sie den Trick schnell, indem Sie in einem möglichst flachen Winkel auf solche Flächen schauen. Echtes »Displacement Mapping« löst dieses Problem dadurch, dass es unserer Backsteinmauer einige »echte« Polygone hinzufügt, Fugen und Backsteine also in der Tat dreidimensional werden. Theoretisch erlaubt Displacement Mapping auch spektakuläre Effekte wie Gebirge, die der Spieler dynamisch erschafft oder vernichtet. Wirklich praxistauglich ist dieses Verfahren jedoch erst seit der Flexibilität von DirectX 10 und dem Shader Model 4.0. Wir sind gespannt, wann die ersten Titel diese (ursprünglich von DirectX 9.0c eingeführte) Technik nutzen.

Viel Licht, viel Schatten

Eins ist sicher: Die Entwickler der ersten 3D-Spiele würden schon allein angesichts der Design-Möglichkeiten, die das Frickeln mit Hunderttausenden von Polygonen und schicken Texturen erschließt, vor Freude geweint haben. Doch eine ausschließlich aus diesen Komponenten bestehende Spielwelt wirkt leblos, speziell im Vergleich zu Kinofilmen. Was fehlt, sind zunächst Licht und Schatten. Eine glaubhafte Beleuchtung gibt Objekten Halt im Raum, von der Bedeutung für die



Quake

1996 bebte der PC: Id Softwares Quake ist komplett in 3D und hat eine **dynamische Beleuchtung**. Den Code für die (spätere) 3Dfx-Version schrieb John Carmack an einem Wochenende.



Red Faction

Spielerisch geht Red Faction 2001 zwar unter, die **Geomod-Engine** erlaubte aber erstmals das Zerlegen kompletter Level-Strukturen. Bis heute immer noch ein Unikat.



Morrowind

Mit DirectX 8 und der Geforce 3 kommen die **Shader** ins Spiel. Morrowind begeistert 2002 mit bisher einmaligen Reflexionen auf der Wasseroberfläche – schön, aber physikalisch falsch.



Epics Unreal Tournament 3 und die dazugehörige Engine unterstützen nicht nur eine ganze Latte spektakulärer Effekte, sondern außer DirectX auch den plattformübergreifenden Konkurrenten **OpenGL** (nutzen etwa Linux, Mac OS X oder die PlayStation 3).

Atmosphäre ganz zu schweigen. Wo noch vor kurzem bestenfalls statische Lichtquellen oder runde schwarze Flecken, die Schatten darstellen sollten, schüchtern die Zukunft andeuteten, setzte **Doom 3** (2004) mit seinen (noch scharfkantigen) Echtzeit-Schatten neue Maßstäbe. Mit DirectX 9 führte unter anderem **F.E.A.R.** (2005) weiche Schattenkanten ein. **Far Cry** vom deutschen Entwickler Crytek wiederum zeigte schon 2004 als erstes Spiel die Vorteile der Lichtsimulation High Dynamic Range Rendering (mehr zu den einzelnen Effekten im Artikel »Grafikeffekte entschlüsselt«). Mit DirectX 10 und passender Hardware lassen sich die leistungzehrenden Verfahren nun endlich auch bei spielbaren Frameraten berechnen. So kann die neue 3D-Generation das Spiel mit Licht und Schatten auf die Spitze treiben – **Bioshock** (Test in dieser Ausgabe) macht's vor.

Unmittelbar mit Licht verknüpft sind Spiegelungen und

Brechungen auf Oberflächen wie Wasser, Glas oder Autolack. Obwohl es durch DirectX 9 und 10 hier große Fortschritte gab, würde jede Hardware vor perfekten Spiegelungen kapitulieren. Deshalb bleiben alle Darstellungen dieser Art Annäherungen, die lediglich eine Idee der tatsächlichen Optik vermitteln können. Physikalisch akkurate Spiegelungen sind langfristig aber unerlässlich, wenn man dieses Element ins Spieldesign einbauen möchte. Beispiel Spiegelpalast: Mit heutiger Technik ist es unmöglich, einen Gegner in dem Labyrinth aus Lichtreflexionen ausfindig zu machen – beziehungsweise, soviel sich gegenseitig beeinflussende Spiegel überhaupt darzustellen. Die Grafiktechnologie Raytracing kann diesen Job einfach und akkurat erledigen, arbeitet auf aktueller Hardware aber noch viel zu langsam. Irgendwann ab 2008 dürfte auf diesem Gebiet endlich einiges vorangehen, zumal Intel riesige Sum-

men in die Entwicklung investiert (Grafikprojekt »Larrabee«).

Shader mit Kinoformat

Viele der bereits genannten Effekte realisieren Spieleentwickler über Shader, kleine Programme, die direkt auf den Grafikchips laufen. Seit den Anfängen der programmierbaren Grafikchips mit DirectX 8 (2000) haben ATI, Nvidia und Microsoft diese Technik rasend schnell vorangetrieben. So wurden die Shader-Einheiten in den Grafikchips mit DirectX 9, DirectX 9.0c und schließlich DirectX 10 so flexibel, dass zumindest theoretisch jeder erdenkliche Effekt auch umsetzbar ist. Glänzende Oberflächen, Raumkrümmungseffekte – alles nur eine Frage der Programmierung und der Rechenleistung. Kinoreif werden Spiele auch bei exzessivem Shader-Einsatz jedoch erst mit den sogenannten Post-Processing-Effekten, bei denen jedes Einzelbild noch einmal nachbearbeitet wird. Dazu gehören neuer-

dings häufig Bewegungs- und Tiefenunschärfe (»Motion Blur« beziehungsweise »Depth of Field«), die das Fokushverhalten des menschlichen Auges simulieren. Screenshots von einigen neuen Spielen wie beispielsweise **Lost Planet** oder **Crysis** wirken daher teilweise unscharf, im Spiel können diese Effekte aber durchaus mehr Dynamik bringen.

Physical Correctness

Obgleich eigentlich kein reines Grafikthema, beschränkt sich Physik in Spielen bisher meist auf optische Spielereien. Selbst **World in Conflict** (Test in diesem Heft) setzt physikalische Konstellationen ausschließlich als Grafikeffekte um. Eines der wenigen Beispiele für ein bisschen spielrelevante Physik war Valves **Half-Life 2** (2004). Viel mehr als Verschieben und Stapeln von Kästen und Fässern war allerdings nicht drin. Und viel weiter gehen **Crysis** und **Bioshock** auch nicht – trotz toller Pflanzen beziehungsweise Wasserphysik. Bis wir im Spiel den gesamten Level kippen können, vom Spieler gestaute Flüsse zu Wasserfällen werden, die dann ganze Gegnerhorden physikalisch korrekt wegschleppen, vergehen wahrscheinlich noch Jahre. DV



Immer wieder aufs Neue versuchen Hersteller, **3D-Brillen** an den Mann zu bringen. Vergeblich – wer will so rumlaufen?

Drei Jahrzehnte 3D-Grafik



Doom 3

Im Remake des ersten Doom-Teils (2004) werfen alle Objekte im Spiel **realitätsnahe Schatten**, wenn auch noch mit scharfen Kanten. Viele Rechner gingen vor dieser Aufgabe in die Knie.



Far Cry

Das Technik-Highlight aus Deutschland sorgt 2004 für Aufsehen: Mit dem Patch 1.3 rüstete Crytek die ohnehin schon geniale Karibik-Optik mit **High Dynamic Range Rendering** auf.



Half-Life 2

Trotz einem Jahr Verspätung geht Valve 2004 mit ausdrucksstarker **Charaktermimik** und lippensynchroner Sprachausgabe einen neuen Weg bei der Gesichtsdarstellung.