



Von Bump Mapping bis Vertex Shader

3D-Effekte

Wie entsteht grandiose Spielgrafik? Wir analysieren die populärsten Effekte und zeigen Ihnen, welche Titel und 3D-Karten sie am besten zur Geltung bringen.

Wann sieht ein PC-Spiel gut aus? Die Antwort auf diese Frage hat sich im Lauf der Jahre nur auf den ersten Blick geändert. Anfang der 90er lautete eine mögliche Antwort etwa: »Wenn es die 256 Farben einer VGA-Karte ausnutzt«. Das klingt

zehn Jahre später natürlich etwas seltsam, obwohl die Parallele zu heute klar erkennbar ist: Denn die beste Optik hat stets dasjenige Spiel, das die Möglichkeiten der gerade aktuellen Grafikhardware optimal umsetzt.

Fotorealismus als Ziel

Errungenschaften wie hohe Auflösungen und Farbtiefen gehören seit geraumer Zeit zum Standardrepertoire der PC-Titel. Alle waren mitentscheidende Schritte, um den Traum von fotorealistischer Grafik seiner Erfüllung ein Stück näher zu bringen. Seit rund zwei Jahren bewegt sich die Industrie besonders zügig auf dieses Ziel zu. Titel wie **Max Payne** kommen der Vorstellung zu-

mindest in einigen Aspekten schon sehr nahe. Entscheidende Schrittmacher sind beeindruckende Effekte und Techniken, die moderne 3D-Karten inzwischen im Dutzend beherrschen. Setzt sie der Grafiker passend ein, sorgen die Tricks selbst bei Spiele-Veteranen für das ein oder andere »Boah«-Erlebnis. Bestes Beispiel der jüngeren Zeit: die Nature-Szene im **3DMark 2001**, die reihenweise die Münder offen stehen ließ.

Der Effekt-Veteran

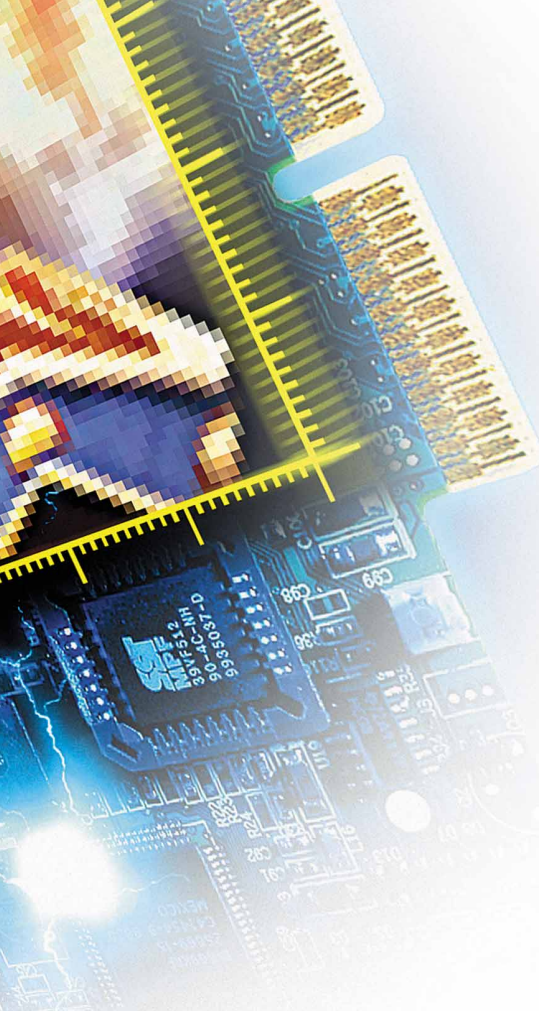
Das Aufkommen der Effektorgien steht in enger Verbindung zur Einführung der 3D-Karten Ende 1995. Erste darauf angepasste Hits wie **Tomb Raider** oder das Ur-**Quake**

Schwerpunkt

So funktionieren
moderne 3D-Tricks160

Praxis-Check:
Bildqualität 3D-Chips165

Übersicht:
Die prächtigsten Spiele166



entfachen spontane Begeisterung unter den Spielern und verhalfen Firmen wie 3Dfx oder Rendition zum Durchbruch. Dabei war es vordergründig ein einzelner Effekt, der damalige Titel in einer völlig neuen Qualität erstrahlen ließ: Bilineares Filtering setzte den üblichen grobpixeligen Szenarien ein Ende und war der Aufbruch in eine neue Ära der PC-Spiele-Grafik. Im Zuge der raschen Verbreitung der neuen Hardware avancierte Super-VGA schnell zum Standard. Bis dahin liefen die meisten 3D-Titel aufgrund der enormen Hardwareanforderungen nur unter Standard-VGA mit 320 mal 240 Punkten annehmbar schnell.

Spielpartner Direct3D

Nach Einführung des bilinearen Filtering stieg die Fortschrittskurve erst einmal wieder etwas flacher. Zwar etablierten sich verfeinerte Lichteffekte, Alpha-Blending (für vorher nicht gekannte Transparenzeffekte) und verbesserte Filtermethoden, doch die Konzentration galt zunächst höheren Auflösungen und Farbtiefen bis hin zum True-color-Modus (32 Bit, 16 Millionen Farben). Mit ein Grund dafür liegt in Microsofts Direct 3D. Rund 90 Prozent aller Titel der letzten Jahre basieren auf dieser Grafikschnittstelle. Um nun einen bestimmten Effekt

verwenden zu können, muss er in der Regel in Direct 3D integriert sein. Erst mit der Version 6.0, die Ende 1998 verfügbar war, tat sich wieder Entscheidendes. Seitdem wurden mit jeder neuen Version Weichen für die Zukunft gestellt. DirectX 7 (Ende 1999) enthielt erstmals T&L-Funktionalität; Version 8 vom November 2000 addierte die viel versprechenden Shader, mit denen Nvidia und ATI der 3D-Grafik zu weiteren Höhenflügen verhelfen wollen. Open GL kennt das Upgraden im Jahresrhythmus übrigens nicht: Es unterstützt seit Jahren alle aktuell wichtigen Techniken.

Erfolgsfaktor Top-Grafik

Im Laufe der Zeit stieg die Bedeutung von 3D-Effekten für die ganze Branche in ungeahnte Höhen. Längst haben die Hersteller entdeckt, dass eine beeindruckende Optik manchmal selbst dann für gute Absatzzahlen sorgen kann, wenn das eigentliche Spiel dahinter bestenfalls durchschnittlich ausfällt. Umgekehrt gilt das noch deutlicher: Selbst für den besten Titel ist ohne attraktive 3D-Grafik ein kommerzieller Erfolg inzwischen nur schwer zu erzielen.

Ähnlich sieht es bei den Grafikkarten-Herstellern aus: Obwohl nicht einmal die Hälfte aller PCs überwiegend oder ausschließlich zum Spielen benutzt wird, preisen die Chipentwickler bei frischen Produkten fast ausschließlich deren 3D-Potenz sowie die Vielzahl neu unterstützter Techniken und Effekte an. Hin und wieder versuchen sie zwar, die Existenz der Features mit CAD- oder 3D-Internet-Anwendungen zu rechtfertigen, doch letztendlich bleibt es dabei: Es ist die hochglanzpolierte Spielwelt, die hier die Entwicklung vorantreibt.

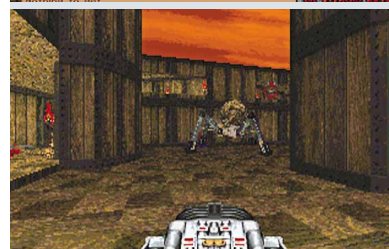
Effekt-Wegweiser

Die meisten 3D-Effekte sind nicht nur wenig einprägsam benannt, sondern auch in ihrer Funktionsweise schwer zu durchblicken. Wir haben uns deshalb die wichtigsten herausgepickt und stellen sie Ihnen auf fünf Seiten genau und verständlich vor. Zu den Erklärungen gesellen sich viele erläuternde Bilder, auf denen die Auswirkungen eines Effekts deutlich zu sehen sind. Falls Sie die Angaben lieber selbst überprüfen möchten, geben wir Ihnen einen Überblick über die grafisch prächtigsten 3D-Spiele. Hier erfahren Sie, bei welchem Titel die Entwickler den jeweiligen Effekt besonders gut in Szene gesetzt haben. Und damit es nicht an der passenden Hardware scheitert, nehmen wir schließlich die aktuellen 3D-Chips in Bezug auf ihre Effektkualität genauer unter die Lupe. Schließlich hilft die längste Optionsliste wenig, wenn davon in der Praxis wenig zu sehen ist. **MC**

3D-Historie 1992 - 2001



1992:
Ultima Underworld



1994:
Doom



1996:
Quake



1998:
Wing Commander 5



2000:
Fark 2



2001:
Aquanox

Komplexe Technik einfach erklärt

So funktionieren moderne 3D-Tricks

Ob Antialiasing oder Curved Surfaces: Wir sagen Ihnen, wie die wichtigsten 3D-Effekte entstehen und welche Auswirkungen sie auf die Bildqualität haben.

Ein knappes Dutzend moderner Techniken mit zungenbrecherischen Bezeichnungen bestimmt derzeit den Stand der 3D-Grafik. Wer als Spieleprogrammierer mit seinem Titel optisch vorne mitmischen will, kommt um einen Großteil der Effekte nicht mehr herum. Wir bringen Ihnen die komplexen technischen Zusammenhänge anschaulich näher. Da ein Bild mehr sagt als tausend Worte, zeigen eine ganze Reihe von Screenshots plastisch den Einfluss des jeweiligen Effekts auf die Bildqualität.

Grundlagen

Vorab wollen wir einen Sachverhalt erläutern, der für das Verständnis mancher Ef-

fekte von Vorteil ist: den wichtigen Unterschied zwischen einem Pixel und einem Texel. Pixel bedeutet »Picture element«, also Bildelement. Er steht für einen Bildpunkt: die kleinste Einheit, die Sie am Monitor physikalisch sehen. Die maximal mögliche Anzahl der Pixel bezeichnet man als Auflösung. 1024 mal 768 Punkte heißt beispielsweise, dass der Monitor horizontal 1024 und vertikal 768 Pixel darstellt. Jeder einzelne Pixel hat in diesem Raster eine feste x- (in unserem Beispiel zwischen 1 und 1024) und y-Position (zwischen 1 und 768).

Texel wiederum bedeutet »Texture Element«, also die kleinste Einheit einer Textur. Während ein Pixel eine feste Größe hat (näm-

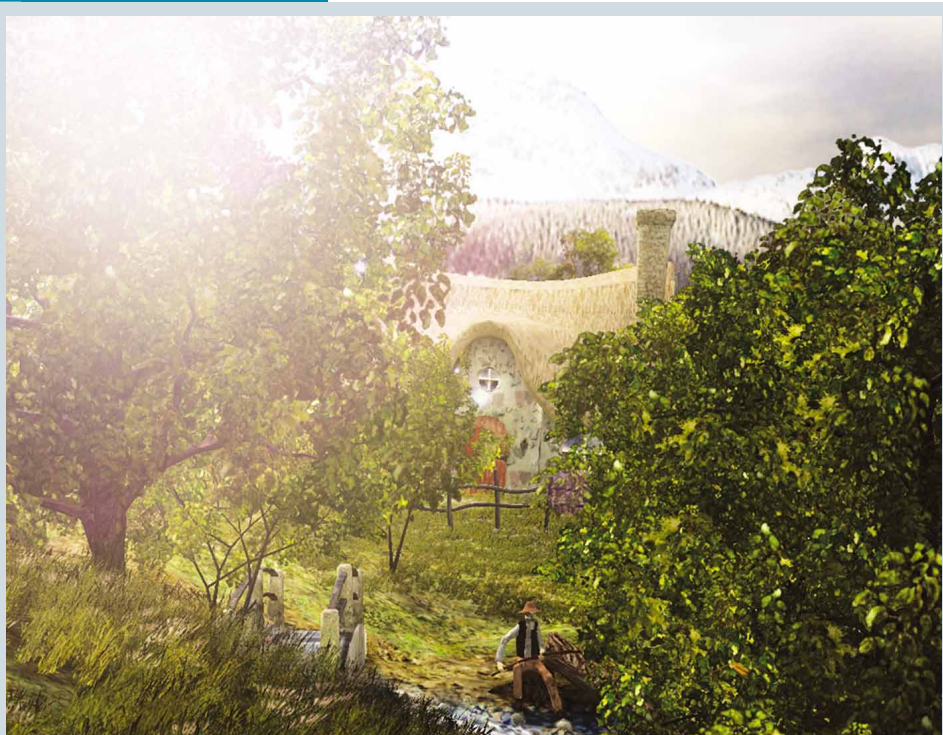
lich 1/x der gewählten Auflösung), kann ein Texel auch aus mehreren oder nur dem Bruchteil eines Pixels bestehen. Ein 3D-Chip arbeitet während des gesamten Rendervorgangs intern mit Texeln, die er im lokalen Videospeicher zwischenlagert. So lange können sie theoretisch auch Positionsinformationen enthalten, die (noch) nicht fest zum oben beschriebenen Pixelraster passen müssen.

1. Pixel-/Vertex-Shader

Glaubt man den Prophezeiungen, dann sollen Shader im Bereich der 3D-Grafik die nächsten Jahre das große Ding werden. Die Chip-Hersteller versprechen Quantensprünge bei der Grafik, was die Spiele-Entwickler freudig erregt vernahmen. Viel Vorschusslorbeeren also, dabei handelt es sich um eine Technologie, die an sich wenig Neues bietet. Shader sind prinzipiell eine der größten Funktionseinheiten des 3D-Chips. Dabei unterscheidet man zwischen Vertex- und Pixel-Shader. Ersterer kümmert sich um Polygonoperationen und wird alternativ zur bisher üblichen T&L-Einheit angesprochen. Der Pixel-Shader ersetzt wiederum die bekannte Renderengine und hilft den Texturen auf die Sprünge.

Wie erwähnt, bieten beide rein effekttechnisch relativ wenig Neues, sind jedoch sehr leistungsstark und zudem von den Spiele-Programmierern vergleichsweise leicht ansprechbar. Deshalb erlauben sie eine bisher nicht gekannte Anzahl an Effekten (auch in bis dato nicht realisierbaren Kombinationen) ohne große Leistungseinbußen. Alternativ können Entwickler sie auch ausschließlich zur Framerate-Optimierung verwenden. So läuft die Shader-Variante von **Aquanox** zwar nicht schöner, aber um einiges schneller. Tendenziell geht die Marschrichtung dahin, jedem einzelnen Pixel individuell eine nach oben offene Anzahl an 3D-Effekten zu verpassen. Dahin ist es zwar noch ein langer, mühsamer Weg,

1. Pixel/Vertex Shader



Die **Shader** aktueller Grafikkarten ermöglichen ganz neue Level an Effektdichte und -qualität.

Schon bald sollen aber effizient ausgenutzte Shader einen Riesensprung zur aktuell üblichen Bildqualität ermöglichen.

2. Antialiasing

In den letzten zwölf Monaten avancierte Antialiasing zu einem der meistbeachteten 3D-Effekte. Er eliminiert unschöne Pixeltreppen bei schrägen Kanten und Linien und sorgt dadurch für einen klareren Bildeindruck. Bei bewegten Bildern unterdrückt er außerdem weitestgehend das berühmte berührte Pixelflackern. Dass Antialiasing trotz seiner altbekannten Funktionsweise erst vor kurzem verstärkt ins Rampenlicht rückte, hat diverse Gründe. So war etwa die Hardware lange Zeit überfordert, bedarfes doch eines enormen Pixeldurchsatzes seitens der 3D-Karte. Außerdem stellte sich heraus, dass der Trend zu höheren Auflösungen entgegen ersten Vermutungen die Technik nicht überflüssig machte. Selbst bei 1024er oder gar 1280er Auflösung sieht ein antialiastes Bild noch deutlich besser aus.

Grundprinzip des Antialiasing ist die Vermischung der beiden Farbwerte entlang einer Pixelkante. Verläuft diese etwa grün-weiß (siehe Bild), muss der 3D-Chip für jeden physikalischen Pixel entlang dieser Linie prüfen, ob er mehr im weißen oder grünen Bereich liegt. Dementsprechend zeichnet er ihn auf den Bildschirm – je niedriger die Auflösung, desto auffälliger ist der Treppeneffekt. Ein einfacher Blur-Effekt etwa würde nun zwar das Bild matschig machen, die störenden Treppen aber nicht großartig mildern. Deshalb verwendet man fürs Antialiasing gemeinhin das Prinzip des Supersamplings. Dabei rechnet der 3D-Chip mit einer höheren Auflösung, um an mehr Pixelinformationen heranzukommen. Gehen wir mal von 640 mal 480 Bildpunkten aus: Intern nutzt die Karte nun 1280 mal 960 Punkte und erhält damit insgesamt viermal so viele Pixel. Pro Ursprungspixel gilt es also nun, für vier supergesampelte Pixel zu entscheiden, auf welcher Seite der Linie sie vorwiegend liegen und deshalb Grün oder Weiß als Farbe verpasst bekommen. Die vier Farbwerte interpoliert der Chip und überträgt das Ergebnis auf den Ursprungspixel der 640er Auflösung. Möglich sind dabei fünf Werte: Zwischen 0 und 100% Grün mit jeweils 25-Prozent-Abstufungen.

Das modernere, vom Geforce 3 eingesetzte Multisampling verfährt ähnlich, arbeitet jedoch wesentlich leistungssparender. Auch hier folgt zunächst ein Upsampling; die entstehenden Subpixel (also nach oben genanntem Beispiel vier Stück) bekommen aber automatisch dieselben Farbwerte wie der Ursprungspixel verpasst. Der 3D-Chip gleicht lediglich an den Polygonkanten ab,

ob einer der neu entstandenen Subpixel nun außerhalb des Texturbereichs liegt und lässt ihn bei positiven Befund wegfallen. Das ergibt wesentlich feiner aufgelöste Dreiecksübergänge, die nun durch die übliche Interpolation wieder auf die Ursprungsauflösung heruntergerechnet werden. Damit ist Multisampling quasi ein reines Edge-Anti-

aliasing. Im Gegensatz zum Supersampling bleiben die Pixel innerhalb einer Textur unangetastet, was enorm Bandbreite spart.

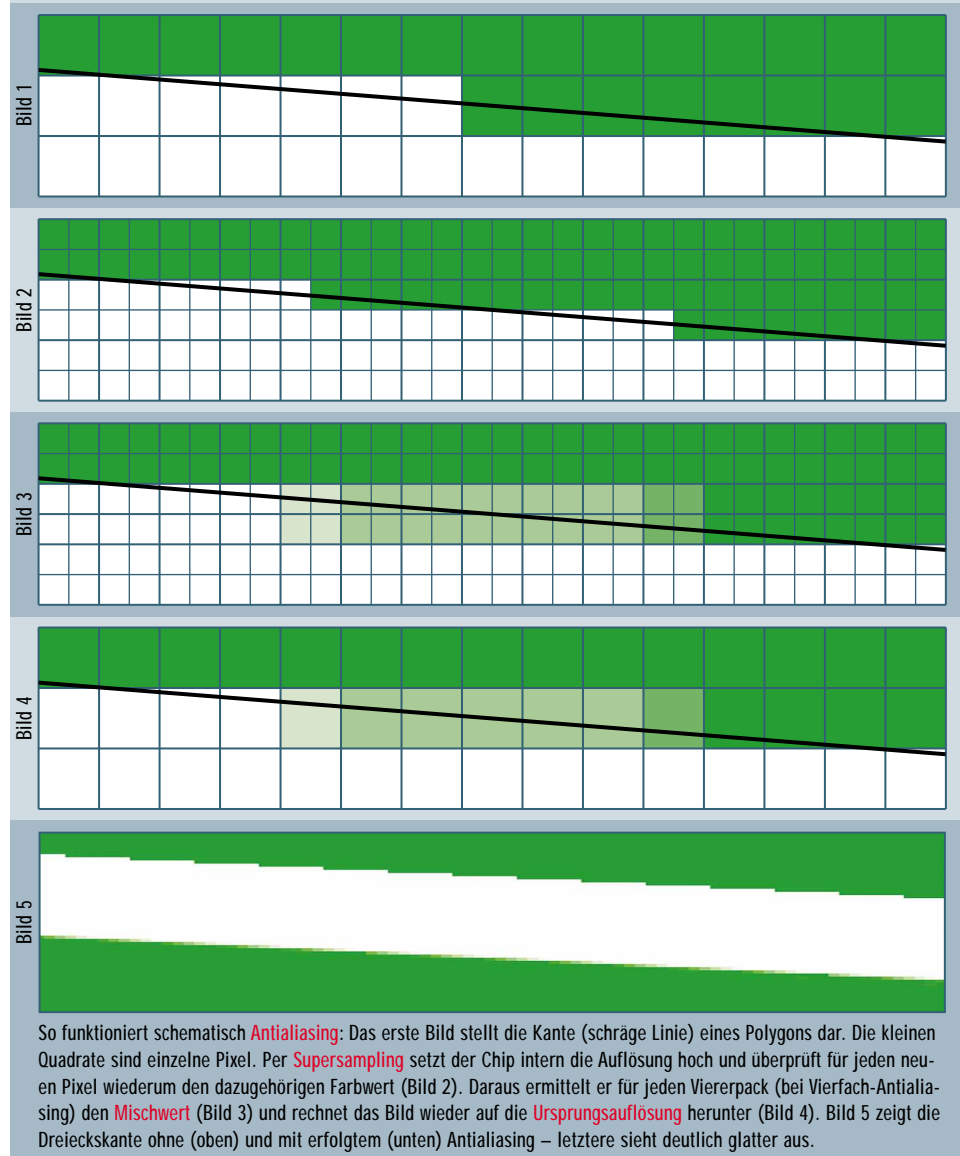
3. Bilineares Filtering

Den Klassiker unter den 3D-Effekten stellt eindeutig das bilineare Filtering dar. Bereits Nvidias NV1-Chip von Ende 1995 be-

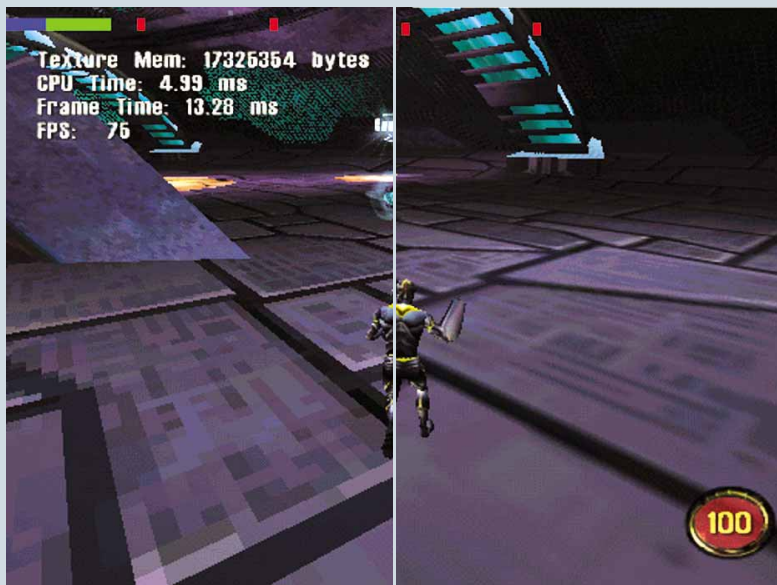
2. Antialiasing



Zweimal der gleiche Ausschnitt aus *Serious Sam*: links ohne, rechts mit vierfachem Antialiasing.



3. Bilineares Filtering



Bilineares Filtering (rechte Bildhälfte) gehört zu den absoluten Klassikern der 3D-Effekte. Die ungefilterte linke Bildhälfte verdeutlicht, warum er auch heute noch unentbehrlich ist.

herrschte theoretisch diese Technik, ging aber dabei, ebenso wie die folgenden Chips von S3 (Virge) und ATI (Rage), mangels Power stark in die Knie. Dennoch bedeutete bilineares Filtering für 3D-Karten den Durchbruch, zeigte es doch für jedermann sofort sichtbar den möglichen Qualitätssprung. Anstatt hässlicher Pixelblöcke wirken Texturen selbst bei näherer Betrachtung weich und damit deutlich realistischer.

Die Funktionsweise des Effekts gestaltet sich vergleichsweise einfach. Bevor die Grafikkarte den endgültigen Pixel auf den Bild-

schirm zeichnet, »sieht« sie sich die vier umliegenden Texel (jeweils zwei in x- und y-Richtung, deshalb »bilinear«) genauer an. Danach mischt sie – gewichtet nach dem Abstand des jeweiligen Texels zum betreffenden Pixel – deren vier Farbwerte, das heißt, sie »interpoliert«. Das gewährleistet nicht nur ein höhere Bildqualität, sondern verhindert auch zum Teil das lästige Pixelflackern. Ein Nachteil hat bilineares Filtering allerdings: Je stärker sich die Farbwerte der vier zur Berechnung herangezogenen Texel unterscheiden, um so weniger hat der schließlich berechnete End-

Pixel mit dem Ausgangsquartett zu tun. Abhängig von ihrer Gestaltung erscheint die Textur dadurch leicht verschwommen. Dank der ständig verbesserten Algorithmen sind moderne 3D-Karten vom gefürchteten Matsch-Look etwa einer ehrwürdigen **Voodoo 1** aber inzwischen weit entfernt.

4. MIP Mapping

Zusammen mit dem bilinearen Filtering bildet das MIP Mapping die gebräuchlichste Methode zur allgemeinen Verbesserung der Bild- und Texturqualität. Denken Sie sich folgende Situation: Ein Spiel verwendet eine Wandtextur, die in der Realität etwa fünf mal fünf Metern entspricht und in einer vom Grafiker gezeichneten Auflösung von 150 mal 150 Pixeln vorliegt. Mit Ihrer imaginären Spielfigur nehmen Sie nun zu dieser Textur nacheinander einen Abstand von 2, 20 und 200 Metern ein. Sie würden feststellen, dass Sie lediglich bei den 20 Metern Abstand mit der Qualität der Textur zufrieden sind. Bei näherem Herangehen wird sie sehr grob, auf weiterer Entfernung fängt sie an zu flimmern und zu flackern. Im ersten Fall ist einfach die Auflösung zu niedrig; sie reicht nicht für feinere Details. Im zweiten Fall tritt der so genannte Shimmering-Effekt auf: Statt ihrer Originalgröße von 150 mal 150 Pixel misst sie dann beispielsweise nur noch 50 mal 50 Pixel. Das heißt, aus jeweils neun Pixeln der Originaltextur muss sich der 3D-Chip diejenigen aussuchen, den er überhaupt noch darstellt. Da sich das je nach Lage und Nähe des Betrachters zum Objekt ständig ändern kann, kommt es zum unangenehmen Pixelflackern.

MIP Mapping (MIP steht für das lateinische »Multum in Parvo«, zu Deutsch »Viele unter Gleichen«) verhindert das Flackern, indem es von ein und derselben Textur mehrere Größenvarianten in der jeweils idealen Qualität speichert (mit der halben Kantenlänge). Im Spiel vergleicht die 3D-Karte ständig die momentan verwendete Größe der Textur mit den verfügbaren MIP Maps und errechnet so den »Level of Detail« (LOD). Je nach erreichtem Quotienten lädt sie dann automatisch die ideale Detailstufe in den Bildspeicher. Üblich sind je nach Spiel zwischen drei und zwölf MIP-Map-Stufen. Diese liefert der Spieledesigner normalerweise gleich mit; es gibt jedoch auch 3D-Chips (etwa aktuelle Nvidia-Bausteine), die auf Anweisung automatisch MIP-Levels erzeugen können.

5. Trilineares Filtering

MIP Maps haben im Prinzip nur einen Nachteil: Je nach Aussehen der Textur können Sie den Wechsel von einem LOD zum nächsten deutlich erkennen. Wird die gleiche Textur mehrfach hintereinander, also

4./5. MIP Mapping/Trilineares Filtering



MIP Mapping ohne (rechts) und mit (links) **trilinearem Filtering**: Rechts sind die Qualitätsabstufungen der einzelnen Maps zu erkennen. In Bewegung tritt dieser Effekt viel deutlicher hervor.

kachelartig verwendet (etwa bei einer langen Straße), kommen unschöne Übergänge zwischen den einzelnen Maps hinzu. Trilineares Filtering eliminiert diese Effekte, indem es auch »in die Tiefe« filtert. Das heißt, zusätzlich zum normalen bilinearen Filtering bezieht es für den zu zeichnenden Pixel die Farb- und Positionswerte der entsprechenden Texel auf dem nächsten, bereits bilinear gefilterten MIP Map mit ein. Unterscheiden sich die beiden Werte, werden sie miteinander vermischt, wodurch der Übergang nun stufenlos und unmerkbar erfolgt.

6. Anisotropisches Filtering

Ob anisotropisches Filtering wegen seines komplizierten Namens ein Schattendasein unter den Grafikeffekten führt? Die geringe Beachtung seitens der Spielehersteller und Chipentwickler entspricht jedenfalls nicht der damit möglichen Verbesserung der Bildqualität. Gut eingesetztes anisotropisches Filtering bereinigt ein Problem herkömmlicher bi- und trilinearer Filtermethoden. Diese interpolieren nämlich in x- und y-Richtung immer gleich stark. Das funktioniert zwar bei frontal zum Betrachter stehenden Texturen wunderbar. Je flacher oder schräger sie jedoch relativ zum Betrachterauge liegen, desto mehr verschwimmen sie und machen unter Umständen Schriftzeichen und Zahlen unleserlich. Anisotropisches Filtering nimmt auf diesen Umstand Rücksicht, indem es in (pro Textur) definierbare Richtungen unterschiedlich stark interpoliert. Ein Mittelstreifen einer Straße »verläuft« dann nicht mehr wie geschmolzenes Eis in die Fahrbahn, sondern bleibt klar umrissen.

6. Anisotropisches Filtering



Das **anisotropische Filtering** der Geforce 3 in Aktion (rechtes Bild). Flach liegende Texturen wirken besonders zu größeren Entfernungen hin deutlich schärfer und weniger verschwommen.

7. Bump Mapping

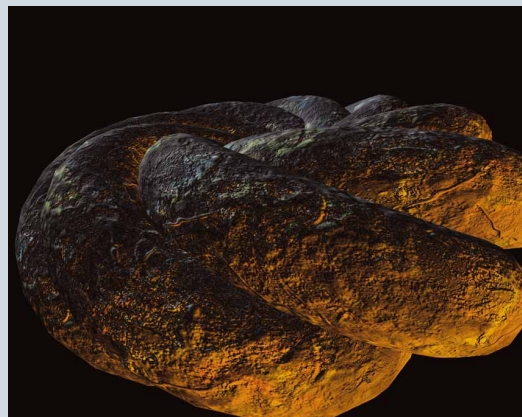
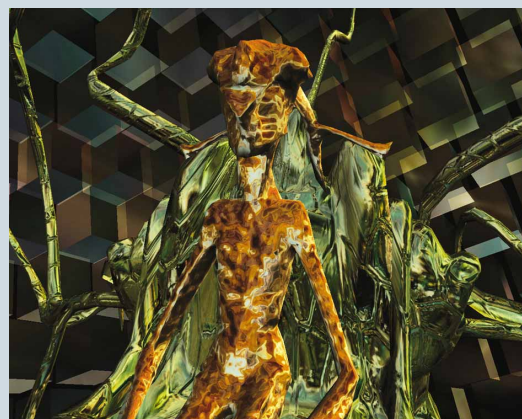
Mitte 1999 überraschte Matrox bei seinem neuen G400-Chip mit dem ersten spektakulären Bump-Mapping-Effekt, den es bei Spielen zu sehen gab. Zwar handelte es sich nur um eine speziell für die Kanadier programmierte Demo-Version von Rages **Expendable**. Die darin realistisch glitzernde und schimmernde Wasseroberfläche ließ aber bei ihrem Anblick dermaßen viele Kinnladen herunterklappen, dass Bump Mapping schlagartig zu einem der heißesten Themen der 3D-Szene aufstieg.

Der Sinn dieses 3D-Effekts ist die Illusion dynamisch beleuchteter, sehr plastisch anmutender Oberflächen. Dazu sind drei Ansätze möglich: das simple, ohne großen Aufwand zu bewerkstelligende Embossed Bump Mapping stellt eigentlich keine »echte« Variante dar. Der erzielte Effekt ist deshalb auch mit Abstand der schlechteste. Der Entwickler verschiebt hier lediglich eine »Kopie« der Bump Map dynamisch in Richtung der Lichtquelle, was eine Art Hologramm-Effekt erzeugt. Auch das von 3Dfx angesichts der **Voodoo 2**-Einführung angepriesene Bump Mapping (man erinnere sich an die Donut-Demo) beruhte nur auf dieser Fake-Variante. Daraufhin flog Trick prompt für die nächsten Chips wieder von der Feature-Liste.

Die zwei anderen Versionen, Environmental Bump Mapping (EMBM) und Dot 3 Bump Mapping, funktionieren ungleich komplizierter, sehen aber auch um einiges schöner aus. Beide arbeiten prinzipiell nach demselben Schema: Je nach Position der

Lichtquelle reflektiert jeder einzelne Pixel das Licht dynamisch in verschiedene Richtungen. Damit werden quasi echte Höhenstufen simuliert, während auf Bump-losen Texturen jeder Pixel das einfallende Licht gleich behandelt und die Oberfläche dadurch flach und leblos wirkt. Als erster Chip beherrschte ATIs Radeon alle drei Arten.

7. Bump Mappings



Obige Beispiele aus dem 3D Mark 2001 zeigen deutlich den idealen Verwendungszweck der Bump-Mapping-Arten: **Environmental Bump Mapping** (oben) eignet sich besonders gut für reflektierende Oberflächen, **Dot3 Bump Mapping** (unten) simuliert auch bei komplexen Körpern hervorragend realistisch wirkende Oberflächenstrukturen.



In der Spielerealität bringt Bump Mapping derzeit noch nicht allzu viel: Bei **Giants** sind die Unterschiede zwar sichtbar (hier mit aktiviertem Bump Mapping), aber nicht gewaltig.

8. Cubic Mapping



Nicht zuletzt dank **Cubic Mapping** sah noch nie ein Rennwagen besser aus als in Colin McRae Rally 2.0.

Für alle künftigen 3D-Bausteine gehört der vollständige Bump-Mapping-Support zu den Pflichtaufgaben. Immerhin setzen Spiele zur Verbesserung der Optik vermehrt auf eine der drei erwähnten Arten.

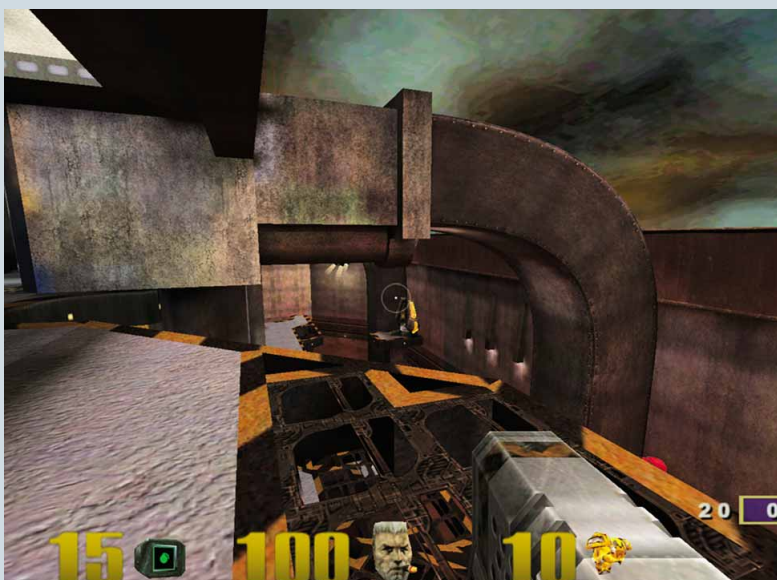
8. Cubic Mapping

Environmental Mapping, also das Abbilden der Umwelt auf ein Objekt, gehört seit Jahren zum Standardrepertoire guter 3D-Grafik. Als klassisches Beispiel dient etwa ein Rallyewagen, bei dem sich der Wald scheinbar in der Heckscheibe spiegelt. Scheinbar deshalb, weil es keine echte Spiegelung ist, sondern lediglich eine animierte Textur fest auf die Heckscheibe gelegt wurde. Nachteil:

Fährt das Auto durch einen Tunnel oder ein Dorf, sieht der Betrachter dummerweise immer noch den Wald auf der Scheibe.

Grund für diese Vereinfachung ist der immense Rechenaufwand für die bis dato überforderten Grafikkarten. Langsam dringen sie aber in einen Leistungsbereich vor, in dem aufwändigere Techniken des Environment Mapping machbar sind. Die qualitativ hochwertigste nennt sich Cubic Mapping. Ausgehend vom Objekt, auf dem die Reflexionen beziehungsweise Spiegelungen zu sehen sein sollen, teilt man die Umgebung in sechs Flächen wie bei einem Würfel ein (links, rechts, vorne, hinten, oben, unten) und »klappt« diese

9. Curved Surfaces



Quake 3 war eines der ersten Spiele mit vereinzelt **Curved Surfaces**.

anschließend perspektivisch passend auf das Ausgangsobjekt. Das gewährleistet auch bei etwaigen Positionsänderungen – sei es vom Betrachter oder des Objekts – jederzeit korrekte Reflexionen.

9. Curved Surfaces

Dass viele 3D-Spiele zu einem guten Teil aus flachen Decken, Wänden und Böden bestehen, hat einen guten Grund. Eine der größten Herausforderungen für die Grafiker ist trotz der weit fortgeschrittenen 3D-Technik nämlich immer noch die Darstellung runder oder gekrümmter Oberflächen. Diese zu realisieren gestaltet sich sehr schwierig. Gebräuchlich sind zwei Methoden: Zum einen auf Pixelebene – vor allem gut gemachtes Bump Mapping kann geschickt organische Formen vortäuschen. Zum anderen auf Polygonebene, wobei hier wiederum zwei Optionen offen stehen. Als naheliegendste Möglichkeit verwendet der Spieleentwickler einfach so viele Dreiecke, bis das Objekt seinen Vorstellungen entspricht. Klingt gut, bringt aber sowohl den Programmierer als auch die 3D-Hardware schnell ans Leistungslimit.

Die zweite Variante ist unter 2D/3D-Grafikern seit vielen Jahren als Curved Surfaces (oder auch High Order Surfaces) bekannt. Hierbei kann es der Entwickler bei vergleichsweise undetaillierten Polygonmodellen belassen. Stattdessen schickt er an die Grafikkarte nur zu jeder Fläche zusätzliche Kontrollpunkte als Information. Diese bestimmen zusammen mit den Polygon-Eckpunkten nach dem Prinzip der Bézier-Kurven die spätere Form der gekrümmten Fläche. Da »echte« Krümmungen mit heutiger Hardware noch nicht möglich sind, muss der 3D-Chip das flache Ausgangspolygon in viele kleine Dreiecke unterteilen. Diesen Vorgang nennt man Tessellation. Das ermöglicht eine vergleichsweise genaue Anpassung an die durch die Bézier-Kurve vorgegebene, gewünschte Krümmung. Die Technik ist seit einiger Zeit in Open GL integriert. Auch Direct X bietet seit der aktuellen Version 8 entsprechenden Support.

Die 3D-Gurus von id Software verwendeten bereits Ende 1999 erstmals ein paar gekrümmte Oberflächen im indizierten **Quake 3**. Chefprogrammierer John Carmack vertraute dabei aber nicht auf Open GL, sondern bastelte an einem eigenen, hocheffizienten Code. Dadurch war spezielle, sowieso nicht verfügbare Hardware überflüssig. Als erster Chiphersteller gab vor kurzem ATI bekannt, ab dem im Herbst erscheinenden Radeon 2 Curved Surfaces in Hardware und ohne großen Performanceverlust zu ermöglichen. **MG**

Gute Grafik garantiert

Praxis-Check: 3D-Chips

Die tollsten Effekte bringen nichts, wenn sie in der Praxis nicht dargestellt werden. Wir haben die wichtigsten aktuellen Chips auf ihre 3D-Fähigkeiten hin analysiert.

Die vorangegangenen Seiten haben es gezeigt: Was Spiele mit Effekten theoretisch alles anstellen können, klingt faszinierend. Voraussetzung ist allerdings, dass die Hardware die Techniken auch tatsächlich zur Verfügung stellen kann. Unser Check der wichtigsten 3D-Chips förderte ein beruhigendes Ergebnis zutage: Alle ermöglichen durch die Bank hervorragende Grafik.

Nvidia Geforce 3

Eindeutig fällt das Urteil über den **Geforce 3** aus: Sowohl bei den grundsätzlich unterstützten Effekten als auch der tatsächlichen 3D-Bildqualität repräsentiert dieser Baustein den aktuellen Stand der Technik. Als erster nutzt er beim Antialiasing das Multisampling, das bei gleicher Qualität weniger Performance-Einbußen nach sich zieht. Etwas seltsam erscheint uns nur das Treiberhandling: Zwar beherrscht der Chip exzellent anisotropisches Filtering, das Sie aber lediglich in Open GL und auch da nur über die Registry anständig aktivieren können. Von solchen kleinen Patzern abgesehen liegt der **Geforce 3** im Bereich 3D-Effekte aber ganz vorne. Mit dem Shader-Effekt hat er zudem noch einen Pfeil im Köcher, den er aber mangels Software erst in den nächsten zwölf Monaten verschießen kann.

ATI Radeon

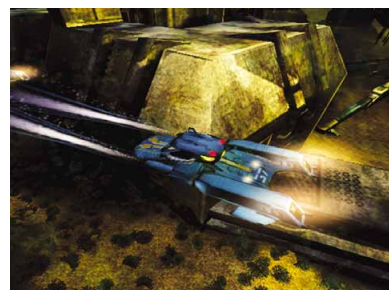
Zur Generation der DirectX-7-Chips gehört ATIs **Radeon**. Den Funktionsumfang von Microsofts Grafik-API nutzen die Kanadier denn auch komplett: Vom anisotropischem Filtering über sämtliche Bump-Mapping- und Environmental-Mapping-Arten (inklusive Cubic Mapping) bis hin zu komprimierten Texturen fehlt kaum etwas. Die praktische Umsetzung der Optionsfülle gelingt dem **Radeon** ohne Tadel. Per Treiber lässt sich der Effekt-Support zudem ausreichend genau einstellen. Lediglich beim Antialiasing sind die Wahlmöglichkeiten nicht so umfangreich wie bei der Konkurrenz.

Nvidia Geforce 2

Obwohl inzwischen weit über ein Jahr alt, schlägt sich der **Geforce 2** wacker. Gegenüber dem neueren Bruder fehlen ihm hauptsächlich die beiden Shader sowie der Support für Environmental Bump Mapping. Ansonsten präsentiert sich die Featureliste weitestgehend komplett. Obwohl das Potenzial über die Treiber, genau wie beim Nachfolgermodell **Geforce 3**, nicht hundertprozentig direkt abrufbar ist.

ST Kyro 2

Mehr als zufrieden stellend bewältigt der **Kyro 2** den Bildqualitäts-Testparcours. Zwar zeichnet er Texturen nicht ganz so scharf umrissen wie ein **Geforce 3**, aber immer noch auf hohem Niveau. Der Chip beherrscht alle wichtigen Effekte, wenngleich sich die Liste nicht so umwerfend liest wie bei einer **Geforce 3** oder **Radeon**. Dafür sind die Features keine Papiertiger, sondern funktionieren auch in der Praxis tadellos. Besonders hervorheben müssen wir die exzellente Antialiasing-Qualität: Das sieht nicht nur toll aus: selbst bei vierfachem AA hält sich der Performance-Verlust meist in noch gut spielbaren Grenzen.



Das Antialiasing des **Kyro 2** gehört mit zum Besten am Markt.

Checkliste: Unterstützte 3D-Features

	Geforce 3	Radeon	Geforce 2	Kyro 2
Anisotropisches Filtering	Eingeschränkt	Ja	Eingeschränkt	Ja
Antialiasing	Ja	Ja, teilweise eingeschränkt	Ja	Ja
Bump Mapping	Embossed, Environmental, Dot 3	Embossed, Environmental, Dot 3	Embossed, Dot 3	Embossed, Environmental, Dot 3
Cubic Mapping	Ja	Ja	Ja	Nein
Curved Surfaces	Nein	Nein	Nein	Nein
Komprimierte Texturen	Ja	Ja	Ja	Ja
T&L-Einheit	Ja	Ja	Ja	Nein
Trilineares Filtering	Ja	Ja	Ja	Ja
Shader	Ja	Nein	Nein	Nein
Wertung				
Unterstützte 3D-Effekte	Sehr gut	Gut	Gut	Gut
Praxistest	Sehr gut	Gut	Gut	Gut
Treiberhandling	Befriedigend	Gut	Befriedigend	Gut
Gesamturteil	Sehr gut	Gut	Gut	Gut

Fazit

Alle Chips bieten weitaus mehr an 3D-Technik, als aktuelle Spitzenspiele in der Regel nutzen. Damit bleibt Ihre Bildqualität noch für einige Zeit konkurrenzfähig. Ältere Chips wie **TNT 2** oder **Voodoo 3** fallen in ihrer Optionsfülle deutlich ab. Wer zu einem aktuellen 3D-Chip greift, liegt deshalb nicht nur bei der Performance richtig. **MG**



Die Gesamtbildqualität des **Geforce 3** ist schlicht hervorragend.

Tummelplatz für Effekte

Die prächtigsten Spiele

Neben Technik und Hardware bildet die Software selbst den dritten Baustein für schöne Programme. Wir stellen Ihnen grafisch besonders imposante Titel vor.

Geschmäcker sind nun mal verschieden. Wo dem einen beim Anblick einer Spielgrafik die Kinnlade herunterklappt, kann der andere nur gelangweilt abwinken. Immer wieder tauchen jedoch Titel auf, bei denen sich alle über die optischen Vorzüge einig sind: Dann haben wir es entweder mit einem potenziellen Klassiker zu tun, oder ein spektakulärer Effekt kommt das erste Mal zum Einsatz. Auf den folgenden zwei Seiten nennen wir Ihnen die Schrittmacher gelungenen Designs und empfehlen aktuelle, besonders brillant aussehende Programme.

Ahnengalerie

Als erstes echtes Grafik-Highlight der PC-Branche gilt für die meisten Kenner Chris Roberts' **Wing Commander** von 1990. Das nutzte als erstes Programm die damals neuen VGA-Karten und ihre 256 Farben voll aus. Pionierarbeit leistete der Origin-Titel auch in der Hinsicht, dass zum vollen Genuss die seinerzeit beste und teuerste Hardware gerade gut genug war. Von der gleichen Firma folgte zwei Jahre darauf der nächste technische Knaller: **Ultima Underworld** verückte als eines der ersten Spiele mit flüssig scrollender 3D-Grafik, die nicht ausschließlich auf rechte Winkel baute und schon Feinheiten wie schräge Böden und schiefe Wände kannte. 1994 wanderte die Krone zum damals vergleichsweise unbekannten Team von id Software. Deren **Doom** zeigte den nächsten Schritt Richtung echtes 3D und faszinierte



Das farbenprächtige **Alice** basiert auf der Quake-3-Engine und bietet mit die schönsten Texturen und Levels aktueller Computerspiele.



Das von Legend programmierte **Unreal 2** will im Frühjahr 2002 neue Grafikstandards setzen.

mit technischer Brillanz und dichter Atmosphäre. **Quake** markierte schließlich Mitte 1996 den ersten Höhepunkt bei einem von **Terminator: Future Shock** begonnenen Trend: Die Designer von id Software setzten die Möglichkeiten echten 3Ds dermaßen gekonnt in Szene, dass die Levelarchitektur noch heute zu den Besten überhaupt zählt.

Die Beschleuniger kommen

Zusammen mit **Tomb Raider** war **Quake** auch der erste kommerzielle Knaller, der für die damals brandneuen 3D-Beschleuniger optimiert wurde. Zwar konnten bereits ein halbes Jahr zuvor **Terminal Velocity**, **Monster Truck Madness** und **Battle Race** mit gefilterten Texturen glänzen, doch mangels Qualität verschwand das Trio alsbald wieder in der Versenkung. Allgemein kann man das Jahr 1996 als wahren Paukenschlag für die PC-Spiele bezeichnen: Dank der 3D-Karten stieß die Optik in sprichwörtlich neue Dimensionen vor. Seitdem verbesserte sich die Grafik zwar kontinuierlich, plötzliche Quantensprünge blieben aber aus. Immerhin sind wir inzwischen auf einem Niveau angelangt, bei dem manche Spiele erst auf den zweiten Blick deut-

lich von der Realität unterschieden werden können. Besonders der üppige Einsatz von 3D-Effekten hat daran großen Anteil. Wir nennen Ihnen die optisch spektakulärsten Titel und sagen Ihnen, wo Sie welche Technik besonders gut umgesetzt finden.



F1 Racing Championship gehört zu den derzeit grafisch schönsten und realistischsten Rennspielen.

Alice

EAs ungewöhnlicher Duster-Märchen-Shooter zählt zu den grafisch schönsten Spielen überhaupt. Allerdings ist **Alice** eindeutig einer jener Titel, deren optische Pracht hauptsächlich auf begabte Programmierer und Designer zurückzuführen ist: Wundervolle Texturen, schön gestaltete Gegner und teil-

weise fantastische Levelarchitektur sind die Hauptgaranten für den Genuss. Ansonsten basiert **Alice** auf der **Quake 3**-Engine, die von ihren technischen Möglichkeiten und der reinen Effekt-Menge her nicht mehr unbedingt die erste Wahl darstellt. Das hat als Vorteil wiederum zur Folge, dass selbst schwächere Systeme noch gut mit dem kämpferischen Mädchen zurechtkommen.

→ Test in GS 1/01, Wertung 81%

Black & White

Effekttechnisch zur Oberklasse gehört Peter Molyneuxs Götterspiel. Viele fortgeschrittene Funktionen moderner Grafikkarten (detaillierte Texturen, Reflexionen, allerlei Lichteffekte) nutzt **Black & White** zwar weidlich aus, die überzeugende Optik beruht aber auch hier vornehmlich auf dem Können der Designer. Immerhin gehört es zu den absoluten Vorzeigee exemplaren, was den Nutzen einer T&L-Engine angeht: Höchste Detailfülle stellen Grafikkarten mit aktiviertem Transform und Lighting um einiges flüssiger dar.

→ Test in GS 5/01, Wertung 85%

Colin McRae Rally 2.0

Insgesamt gilt **Colin McRae Rally 2.0** nicht unbedingt als Grafik-Prunkstück. Erwähnung hat es vor allem dadurch verdient, dass es als erster Titel Cubic Mapping einsetzte. Und das gleich in einer solch überzeugenden Form, dass die Autos in **Colin** immer noch als absolute Referenz gelten. Daneben zählt es zu den Spielen mit Bump-Mapping-Support (kaum bemerkbar) und hält für Besitzer älterer Karten eines der qualitativ besten Environment Mappings bereit.

→ Test in GS 1/01, Wertung 90%

F1 Racing Championship

Seit jeher hat Ubi Soft (etwa mit **Rayman 2**) bewiesen, dass ihre Entwickler technisch einiges auf dem Kasten haben. Die Tradition führte das im März erschienene **F1 Racing Championship** fort. Dessen Optik liegt nicht nur in der Spitzengruppe im Rennspiel-Genre, auch die Palette unterstützter Features befindet sich auf neuestem Stand: Cubic Mapping (im Optionsmenü schlicht Environment Mapping genannt), Anisotropic Filtering, massive T&L-Unterstützung – alles können Sie zudem einzeln aktivieren.

→ Test in GS 4/01, Wertung 83%

Giants

Spiele mit Bump-Mapping-Support gibt es inzwischen viele, aber **Giants** ist einer der prominentesten Vertreter. Doch nicht nur das, es nutzt dieses viel versprechende Feature mit am besten aus. Besonders auf Kabutos Rumpf sind bei entsprechender Sonneneinstrahlung die optischen Vorteile des

dynamischen Schattenwurfs sofort zu erkennen. Eher seltsam wirkt hingegen die extra zu aktivierende Unterstützung für Bump Mapping auf den Bergen: Die Entwickler haben sie lediglich an manchen Stellen aktiviert, der Qualitätslevel steigt dadurch nur unwesentlich.

→ Test in GS 2/01, Wertung 83%

Max Payne

Unsere diesmalige Titelstory zeigt wieder mal, wie wichtig überzeugende Technik für den Spielspaß eines geradlinigen Actiontitels ist. Die Grafikengine von **Max Payne** (treffend MaxFX genannt) kann man getrost als mit die fortschrittlichste der Branche bezeichnen. Von diversen Mapping- und Reflexionsarten bis hin zu umfassenden T&L-Support unterstützt sie fast alles, was derzeit en vogue ist. Ein Hingucker!

→ Test in GS 9/01, Wertung 87%

Serious Sam

Rein geschmacklich gehen die Meinungen über die **Serious Sam**-Grafik durchaus auseinander. Technisch zählt der Titel von Croteam aber unbestritten zur Referenzklasse. Seien es nun einfachere Effekte wie trilineares Filtering oder fortgeschrittene Features wie Bump Mapping – in der so genannten Serious-Engine steckt so gut wie alles drin. Das schließt komprimierte, hochdetaillierte Texturen, extensiven T&L-Support und komplexe Schattenmodelle mit ein.

→ Test in GS 5/01, Wertung 80%

Das bringt die Zukunft

Sieht man sich die aktuellen Spiele genauer an, hat sich in den letzten zwölf Monaten vergleichsweise wenig getan. Auch Titel wie **Star Trek Voyager**, die bereits etliche Mona-

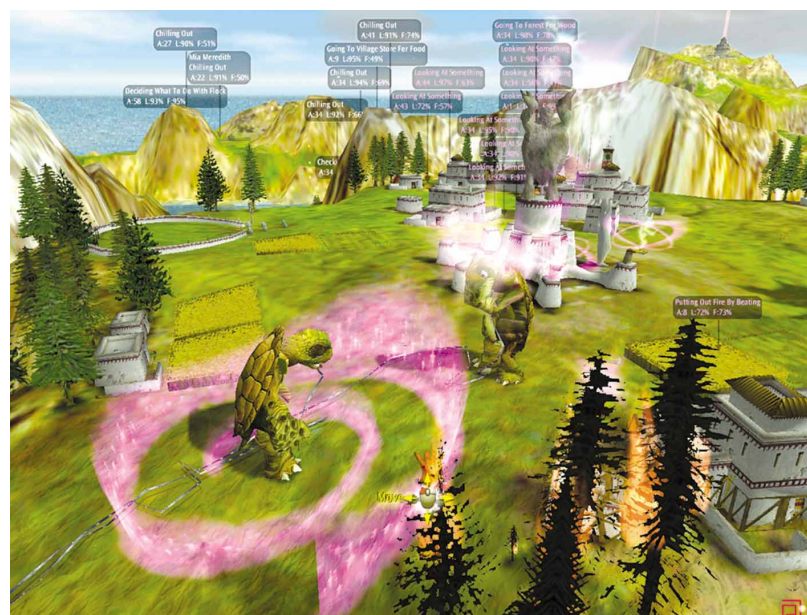
te auf dem Buckel haben, können nach wie vor in der ersten Grafik-Liga mitspielen. Die derzeitige kleine Flaute ist aber nur die Ruhe vor dem Sturm: Schon **Max Payne** setzt in manchen Aspekten neue Richtwerte, an denen sich die kommende Spielgeneration messen lassen muss. In den nächsten zwölf bis achtzehn Monaten dürften hochkarätige Titel wie **Aquanox**, **Unreal 2**, **Halo**, **Duke Nukem Forever** und **Doom 3** ganz neue Qualitätsstandards aufstellen.

Der Trend ist dabei eindeutig: Mit Effekten wie Bump Mapping, Cubic Mapping oder auch Curved Surfaces machen moderne Grafikkarten ziemlich viel möglich. T&L-Support sowie die neuen Shader sorgen dafür, dass selbst das größte Effektfeuerwerk noch flüssig läuft. Am Zuge sind deshalb



Kaum ein anderes Spiel unterstützt so viele Effekte wie **Serious Sam**.

vor allem die Entwicklerteams. Wenn sie die Möglichkeiten der Hardware noch konsequenter als bislang ausnutzen, erwarten uns bei der Entwicklung der Spielegrafik nicht nur mehrere Schritte, sondern gleich riesige Sprünge nach vorne. **MG**



3D-Karten mit leistungsfähiger T&L-Engine kommen bei **Black & White** voll auf ihre Kosten.