



# Technische Übersicht

## CineFX 4.0

Modernste Grafikeffekte in  
atemberaubender  
Geschwindigkeit



# Mehr Performance und Grafikqualität

Die vierte Generation der NVIDIA® CineFX™ Engine ermöglicht modernste Grafikeffekte in atemberaubender Geschwindigkeit. Dank der neuen CineFX 4.0 Engine eröffnen sich Entwicklern vollkommen neue Effektmöglichkeiten für neue PC-Spiele und andere innovative Grafikanwendungen (Abb. 1).

Bisher musste man sich bei der 3D-Visualisierung entscheiden – entweder hohe Geschwindigkeit oder hohe Grafikqualität. Daher war das Ziel bei Neuentwicklungen, mehr Rechenschritte in kürzerer Zeit durchzuführen, und trotzdem die höchstmögliche Grafikqualität zu liefern.

Zahlreiche Architekturverbesserungen an den neuen NVIDIA GeForce 7800 Grafikprozessoren mit CineFX 4.0-Engine sorgen jetzt dafür, dass die häufigsten Rechenvorgänge für 3D-Visualisierungen noch schneller ablaufen. Dadurch sind noch komplexere Shadereffekte möglich, ohne dass Zugeständnisse bei der hohen Bildqualität gemacht werden müssen. Das neue Design führt auf jeder Stufe der Grafikpipeline Innovationen ein:

- Eine neu gestaltete Vertexshader-Engine garantiert noch kürzere Setup- und Berechnungszeiten für komplexe Geometriedaten.
- Eine neu entwickelte Pixelshader-Engine mit der doppelten Gleitkommaleistung im Vergleich zur Vorgängergeneration sorgt für höheren Durchsatz und beschleunigt auch andere mathematische Berechnungen deutlich.
- Eine verbesserte Textur-Engine mit neuen Hardware-Algorithmen und verbessertem Caching beschleunigt Texturfilterung und Blending.



©2005 NVIDIA Corporation.

Abb. 1: NVIDIA Technologiedemo Luna, gerendert mit GeForce 7800

Die CineFX 4.0 Engine lässt den Anwender in jedem Frame mehr Realismus erleben, indem jeder Komponente bei der 3D-Visualisierung neue Performance - und Qualitätsdimensionen eröffnet werden. Bestehende Anwendungen profitieren von deutlich besserer Bildqualität und noch höherer Performance. Die erweiterten Verarbeitungsfähigkeiten ermöglichen es Spieleprogrammierern, neue Effekte zu kreieren, aktuelle Visualisierungen komplexer zu gestalten und das Gesamterlebnis für den Anwender zu steigern – neueste Grafikeffekte in rasender Geschwindigkeit.

---

## Vertexshader

### Das Rückgrat der 3D-Grafik

Der Vertexshader ist eine der wichtigsten Komponenten bei der Erstellung von 3D-Grafiken. 3D-Welten bestehen aus Modellen, und das wichtigste Grafikelement in Modellen ist das Dreieck (eng. Triangle, siehe Abb. 2). Jeder Eckpunkt eines Triangles (auch „Vertex“ genannt) wird durch eine Position in der 3D-Welt bestimmt und mit verschiedenen Eigenschaften näher beschrieben.



© 2005 NVIDIA Corporation.

Abb. 2: Drahtgittermodell einer Szene in der NVIDIA Technologiedemo Luna

Im ersten Schritt verarbeitet die Vertexshader-Pipeline die einzelnen Vertices der Triangles. Bei der Verarbeitung eines Vertex wird zunächst dessen Position in der 3D-Welt, die Position der Kamera und die Position der Lichtquellen untersucht. Dann wird der Vertex mithilfe von 3D-Matrix-Transformationsberechnungen in den 3D-Raum der Kamera transformiert.

## Schnelleres Triangle-Setup

Die neu transformierten Vertices werden nun von der Triangle Setup-Engine zu Triangles gruppiert, um sie für den nächsten Renderingschritt vorzubereiten – der auf Pixelbasis ausgeführt wird (Abb. 3).

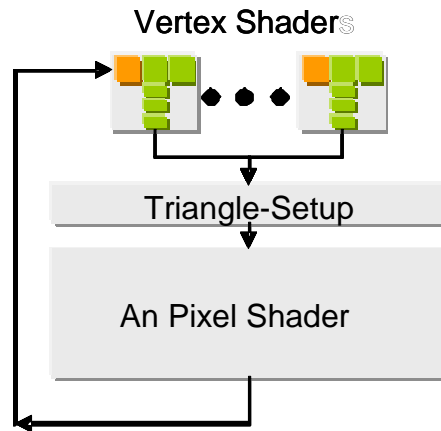


Abb. 3: Vertexshader übergibt Daten an die Triangle Setup-Engine

**Hinweis:** Die GeForce 7800 Grafikprozessoren haben bis zu acht Vertexshader.

Basierend auf den drei Vertices des Triangles bestimmt die Triangle Setup-Engine mathematisch das „Durchschreiten“ oder *Raster* des Vertex. In diesem Prozess wird das Triangle in mehrere Rasterlinien aufgeteilt, und die Farbfragmente werden mit Schatten versehen. Dieser Algorithmus ruft fortlaufend Daten ab, bis schließlich das gesamte Triangle mit schattierten Fragmentwerten gefüllt ist (Abb. 4).

**Hinweis:** Bei einem Fragment kann es sich um ein Pixel handeln. Tatsächlich können diese zwei Begriffe meist gegeneinander ausgetauscht werden.

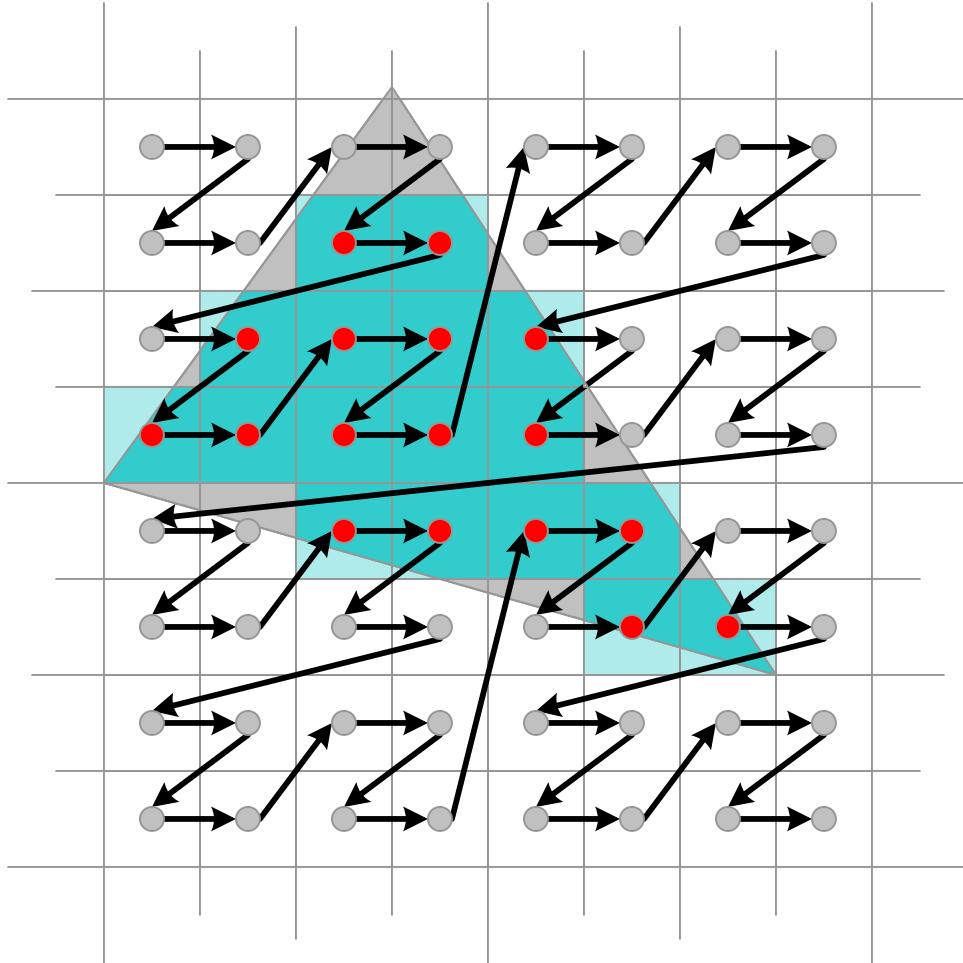


Abb. 4: Ein Triangle während des Rasterns

**Hinweis:** Das Rasterungsmuster in Abb. 4 dient lediglich zur Anschauung und stellt nicht das tatsächliche Rasterungsmuster der GeForce 7800 Grafikkprozessoren dar.

Durch beschleunigtes Setup der Triangles wird der Gesamtdurchsatz der 3D-Pipeline verbessert.

Dies gilt insbesondere für Geometrie- oder Vertex-gebundene Anwendungen wie das Shadow-Rendering.

---

## Pixelshader

Pixel Shading ist eine sehr rechenintensive Funktion, denn Grafikgleichungen, beispielsweise für Lichteffekte, sind äußerst kompliziert. Effekte wie Lichtbrechungen, Spiegelungen, Normalisierung und Reliefs verlangen nach zahlreichen unterschiedlichen mathematischen Formeln.

Und nicht zuletzt erfordert auch das Simulieren komplexer Materialien in Echtzeit enorme Rechenleistung.

## Beschleunigen der MADD-Berechnungen

Das Erstellen von 3D-Grafiken erfordert eine Vielzahl von mathematischen Funktionen. *Multiplikationen* und *Additionen* werden dabei am häufigsten verwendet. Sie werden auch als *multiply-add*-Operationen (MADD) bezeichnet und tauchen in Berechnungen von Transformationen, Lichteffekten, Normalen-Maps und vielen anderen Vorgängen auf.

Die CineFX 4.0 Engine beschleunigt MADD-Operationen und erhöht so den Durchsatz für die Pixelshader-Engine. Tatsächlich berechnet der GeForce 7800 Grafikprozessor MADD-Operationen doppelt so schnell wie die Vorgängergeneration.

Das Relief Mapping-Beispiel verdeutlicht die Wichtigkeit der MADD-Funktion. Weitere Performanceverbesserungen, die auf dieser und anderen Innovationen der neuesten NVIDIA Grafikprozessorgeneration beruhen, sind in den folgenden Abschnitten beschreiben.

## Beispiel: Relief Mapping

Beim Relief Mapping kann eine Normalen-Map mit Höhendaten zum Erstellen einer Illusion von Tiefe und Höhe verwendet werden. Achten Sie in Abb. 5 auf die Furchen in der Teekanne und auf die Objekte, die aus dem Holztablett hervortreten. Beide Effekte wurden mit einer speziellen Technik, dem *Relief Mapping* erzeugt.



Abb. 5: Relief Maps werden zum Erstellen von Furchen in einer Teekanne und von Formen verwendet, die aus einem Holztablett hervortreten.

Das tatsächliche Modell in Abb. 5 enthält keine Geometrie, um die Bumps auf dem Holz oder der Teekanne zu erstellen. Die Reliefinformationen werden in vollständig separaten Texturen gespeichert, die auf die Triangles gelegt werden können, um die gewünschte Oberfläche zu schaffen (Abb. 6 und Abb. 7). Tiefe und Höhe werden als Funktion von der Basistextur, der Relief Map und den Lichteffekten der Szene abgeleitet.



Abb. 6: Stein- und Holztexturen

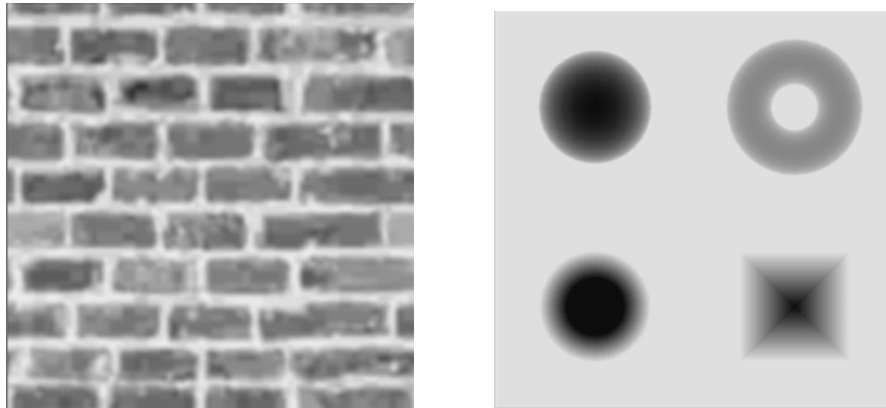


Abb. 7: Relief Maps erzeugen den optischen Eindruck von Tiefe, wenn sie mit einer Basistextur kombiniert werden

Um die Auswirkungen von beschleunigten mathematischen Funktionen zu verstehen, muss man sich zunächst mit den notwendigen mathematischen Operationen vertraut machen. Zur Berechnung der in Abb. 5 dargestellten 3D-Effekte enthalten die wichtigsten Pixelshader-Gleichungen ähnlichen Code wie den in (Abb. 8) dargestellten:

```
float4 main_rm()
{
    A = pixel position in global space (passed in to shader
in texcoord0)
    Viewdir = normalize( A - camera_pos );
    size = relief_depth / dot( -relief_normal, Viewdir);
    B = A + Viewdir * size;
    V = B - A;
    d1 = ray_intersect_rm(A, V);
    P = A + d1 * V;
    Lightdir = normalize( P - light_pos );
    size = relief_depth / dot( -relief_normal, Lightdir);
    C = P - d1 * size * Lightdir;
    D = C + Lightdir * size;
    V = D - C;
    d2 = ray_intersect_rm( C, V );
    if (d2<d1)
        // pixel in shadow
        color = shadow_color();
    else
        // apply lighting
        color = phong_lighting();
    return color;
}
```

Abb. 8: Beispiel-Shadercode (Hochsprache)

Der von dieser Art von Shadern erstellte Assemblercode wird in Abb. 9 gezeigt.

**Hinweis:** Das Codebeispiel in Abb. 8 stellt nur einen kleinen Teil des Relief Map Shader-Programms dar. Ein vollständiges Listing finden Sie auf der NVIDIA Developer Website unter <http://developer.nvidia.com>.

```

texld r0, r0, s1
texld r1, r1, s1
add r0.z, -r1.w, c8.z
cmp r0.y, r0.z, c8.z, r3.w
add r0.z, -r3.w, c6.x
cmp r1.w, r0.z, r3.w, r0.y
add r0.w, -r0.w, c8.w
cmp r0.z, r0.w, c8.w, r1.w
add r0.w, -r1.w, c6.x
cmp r3.w, r0.w, r1.w, r0.z
mul r0, r2.xyxy, c9.xxyy
mad r1.xy, t0, c0.x, r0
mad r0.xy, t0, c0.x, r0.zwzw
mad r1.xyz, r4.x, t2, -r1
dp2add r0.w, r4, -r4, c5.w
add r2.xyz, r2, -t5
rsq r0.w, r0.w
dp3 r1.w, r2, r2
rcp r0.w, r0.w
rsq r1.w, r1.w

```

Abb. 9: Relief Map Shader Code-Snippet

Die GeForce 7800 Grafikprozessoren können verschiedene mathematische Funktionen schneller durchführen. Das bedeutet, dass die Performance bestimmter Programme, die zahlreiche MADD-Operationen enthalten (wie das Beispiel in Abb. 9) deutlich angehoben wird. Geschwindigkeit und Flexibilität der modernen NVIDIA-Architektur bieten Entwicklern den notwendigen Spielraum für komplexere Effekte, die mit höchster Geschwindigkeit gerendert werden.

## Textur-Engine

CineFX 4.0 wartet mit einer überarbeiteten Textur Processing-Engine auf. Das Auslesen und der Zugriff auf Texturen erfolgt schneller und Entwickler profitieren von verschiedenen Texel Sample-Größen. Diese Verbesserungen sind vor allem für Anwendungen mit extrem präziser Textur wie z. B. dem HDR-Rendering (High Dynamic-Range) von Vorteil. Auch die anisotrope Filterung profitiert vom verbesserten Cache-Design der neuesten Textur-Engine. Beachten Sie die High Dynamic Range-Effekte in der Unreal Engine 3-Grafik in Abb. 10.



Bild mit freundlicher Genehmigung von Epic Games.

**Abb. 10:** High Dynamic Range-Effekte – die dynamischen hellen und dunklen Bereiche – sind nur mit den 64-Bit-HDR-Fähigkeiten des GeForce 7800 möglich

Zusammen mit beschleunigten mathematischen Funktionen können wunderschöne HDR-Effekte mit extrem hoher Performance und Genauigkeit gerendert werden.

---

## Weitere Vorteile

### Neue Antialiasing-Modi

Unsere Ingenieure haben zwei neue Antialiasing-Modi entwickelt – Transparenz-adaptives Supersampling und Transparenz-adaptives Multisampling. Beide Modi verbessern die Antialiasing-Qualität und -Performance.

#### Transparenz-adaptives Supersampling

Transparenz-adaptives Supersampling und Multisampling nehmen zusätzliche Texel-Samples und führen weitere Antialiasing-Durchgänge aus, um die Qualität von besonders feinen Objekten zu verbessern. Dies zeigt sich besonders stark bei Außenszenen – etwa an Zäunen, Bäumen und Pflanzen.

Im Allgemeinen werden diese Objekte auf sehr einfachen Polygonmodellen (oder sogar auf nur einem Polygon) gerendert. Die Komplexität der endgültigen Grafik (Zweige oder andere Pflanzen) beruht auf der Textur, die auf dem Polygon abgebildet ist. Herkömmliches Antialiasing hilft hier nicht weiter, da sich die Ränder der Pflanzen bzw. der Zweige im Inneren der projizierten Textur befinden. Die aktuellen Antialiasing-Methoden lassen sich jedoch nicht auf Pixel innerhalb eines Polygons anwenden.

Das Transparenz-adaptive Supersampling löst dieses Problem, indem es die in den Alphakanal der Textur eingebetteten Informationen entschlüsselt. Somit kann das Antialiasing für Bereiche mit Key durchgeführt werden, auch wenn sie sich nicht am Rand eines Triangles befinden. Das Ergebnis ist eine weichere, schönere Grafik.

Abb. 11 bis Abb. 13 demonstrieren den Vorteile dieser Methode.

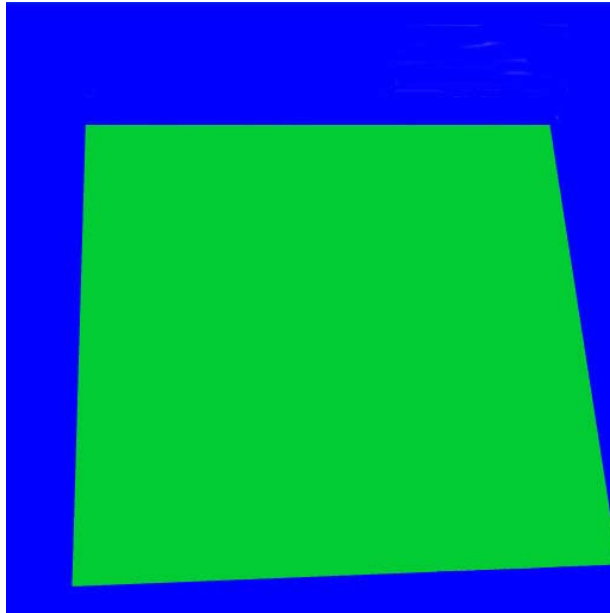


Abb. 11: Einzelnes Polygon mit einer darauf gerenderten, einfachen leeren Textur

In Abb. 12 sind die Treppeneffekte und Ausreißer an den Kanten deutlich sichtbar. Normales Antialiasing würde die Qualität der dargestellten Grafik mit dieser Textur nicht verbessern.

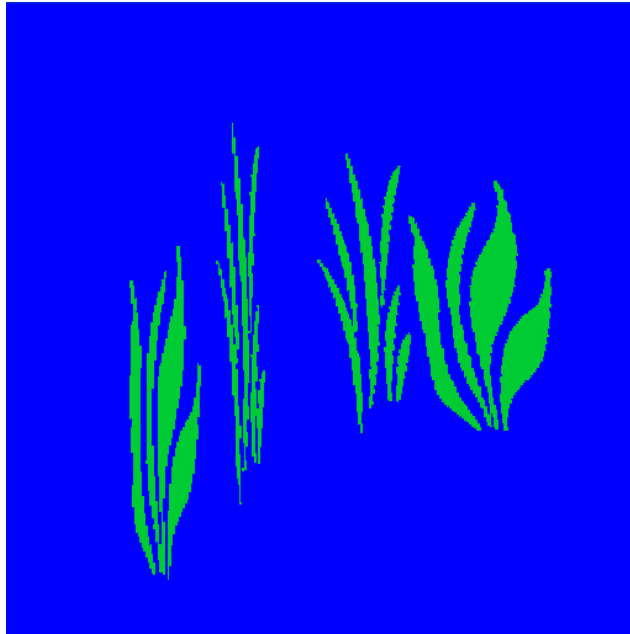


Abb. 12: Das gleiche einzelne Polygon mit einer darauf gerenderten einfachen Textur mit Pflanzen

Im Beispiel in Abb. 13 wurde Transparenz-Sampling an der Grafik durchgeführt. Jetzt erscheinen die Blätter der Pflanzen schön glatt und ansprechend.

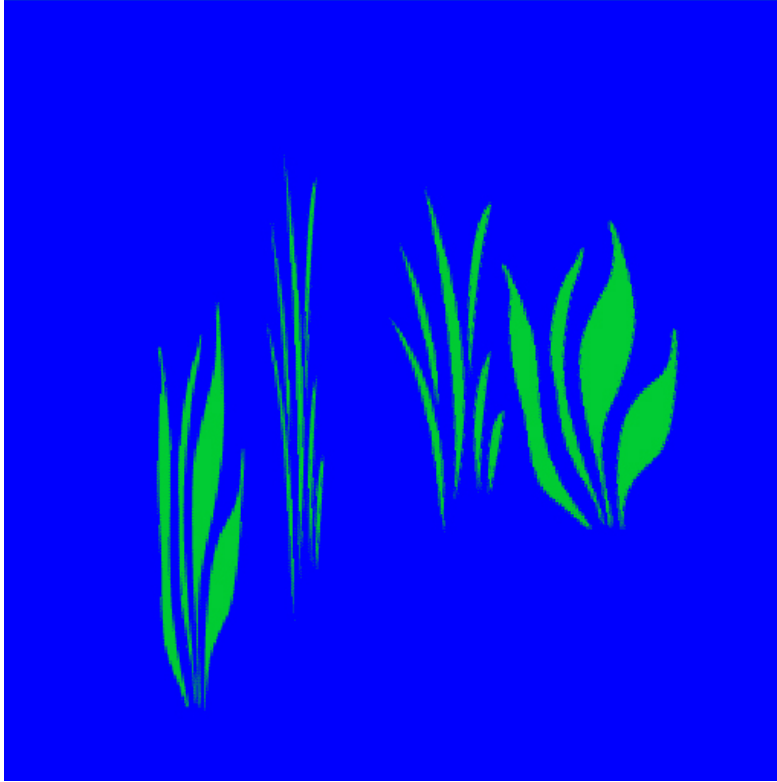


Abb. 13: Die gleiche Textur, in das einzelne Polygon gerendert

Der Nachteil ist, dass das Supersampling im Allgemeinen unerhört viel Rechenzeit erfordert. Durch den innovativen Einsatz der adaptiven Algorithmen in der NVIDIA CineFX 4.0 Engine wird das Supersampling jedoch nur an ausgewählten Teilen der Grafik durchgeführt. Das Ergebnis ist eine bessere Grafikqualität bei weiterhin guter Performance.

## Transparenz-adaptives Multisampling

Auch das Transparenz-adaptive Multisampling sorgt für höhere Antialiasing-Qualität – mit noch höherer Performance, da ein Texel-Sample zur Berechnung aller umgebenden Subpixel-Werte herangezogen wird. Obwohl das Transparenz-adaptive Multisampling qualitativ nicht an das Supersampling heranreicht, erreicht es dank seiner höheren Effizienz eine gute Balance aus Grafikqualität und hoher Performance.

Der Vorteil dieses Ansatzes wird aus Abb. 14 ersichtlich. Die Verbesserungen durch das adaptive Supersampling werden umso deutlicher, wenn sie mit generischen Supersampling/Multisampling-Ansätzen verglichen werden. Achten Sie insbesondere auf das Detail mit den Zweigen und Grashalmen.



Abb. 14: Normales Antialiasing (links) im Vergleich mit Transparenz-adaptivem Antialiasing mit deutlichen, realistischen kleinen Zweigen und Grashalmen (rechts)

Beide neuen Antialiasing-Modi – das Transparenz-adaptive Supersampling und das Transparenz-adaptive Multisampling – eignen sich hervorragend für Außenszenen, etwas mit Pflanzen und Zäunen, und für sonstigen Szenen, bei denen Modelle von der Seite betrachtet sehr dünn werden.

## Unterstützung für die nächste Generation des Microsoft-Betriebssystems

Die NVIDIA CineFX 4.0 Engine unterstützt das in Kürze verfügbare Betriebssystem Microsoft® Longhorn und den Standard Microsoft Windows® Graphics Foundation 1.0. Mit der Leistung der Composited Desktop Hardware-Engine werden viele Fortschritte im Grafikbereich den Desktop erreichen.

Dazu gehören unter anderem:

- Video Post-Processing
- Desktop-Compositing in Echtzeit
- Nahtlose Ausführung mehrerer 3D-Anwendungen
- Beschleunigte Textdarstellung mit Kantenglättung
- Spezialeffekte und Animation

Alle diese Funktionen steigern das allgemeine Benutzererlebnis noch weiter. Und durch die Composited Desktop Hardware-Engine kommt es nur zu minimalem Kontext-Switching und keinen Auswirkungen auf die Performance der CPU.

---

## Zusammenfassung

NVIDIA CineFX 4.0 ist wie eine Frischzellenkur für die Vertexshader-, Pixelshader- und Texture-Engines – bahnbrechende Grafikleistung für mehr Spielvergnügen.

Durch beschleunigtes Setup der Triangles, wichtigen mathematischen Elementen für den Pixelshader, und Texturänderungen können Entwickler von 3D-Grafikanwendungen jetzt noch mehr Performance und höhere Grafikqualität erreichen.

---

## Referenzen

Oliveira, Manuel M., Gary Bishop, David McAllister. *Relief Texture Mapping. Proceedings of SIGGRAPH 2000* (New Orleans, LA), July 23-28, 2000.

Policarpo, Fábio, Oliveira, Manuel M., Comba, João L. D. „Real-Time Relief Mapping on Arbitrary Polygonal Surfaces.“ *Proceedings of the 2005 Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, S. 155 - 162.

<http://www.inf.ufrgs.br/~oliveira/RTM.html>

## Hinweis

ALLE NVIDIA-DESIGNSPEZIFIKATIONEN, REFERENZPLATINEN, DATEIEN, ZEICHNUNGEN, DIAGNOSEPROGRAMME, LISTEN UND SONSTIGEN DOKUMENTE (EINZELN ODER IM GANZEN ALS „MATERIALIEN“ BEZEICHNET) WERDEN „AS IS“ („WIE BESEHEN“) BEREITGESTELLT. NVIDIA GIBT HINSICHTLICH DER MATERIALIEN KEINERLEI GARANTIE, UNABHÄNGIG DAVON, OB DIESE AUSDRÜCKLICH, KONKLUDENT, GESETZLICH ODER ANDERWEITIG BEGRÜNDET SIND. INSBESONDERE WERDEN AUSDRÜCKLICH KEINERLEI GARANTIE HINSICHTLICH DER NICHTVERLETZUNG VON URHEBERRECHTEN, DER MARKTGÄNGIGKEIT SOWIE DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ÜBERNOMMEN.

Die in diesem Artikel genannten Informationen sind nach bestem Wissen und Gewissen zutreffend und verlässlich. Die NVIDIA Corporation übernimmt jedoch keinerlei Verantwortung für Konsequenzen, die aus der Nutzung dieser Informationen entstehen, bzw. für Patentrechtsverletzungen oder andere Verstöße gegen die Rechte Dritter, die aus einer solchen Nutzung entstehen. Es wird weder konkludent noch anderweitig eine Lizenz im Rahmen eines Patents oder eines Patentanspruchs der NVIDIA Corporation gewährt. Die in diesem Artikel genannten Spezifikationen können sich jederzeit ohne weitere Ankündigung ändern. Dieser Artikel löst alle eventuell vorab bereitgestellten Informationen ab und ersetzt diese. Ohne die ausdrückliche vorherige schriftliche Genehmigung der NVIDIA Corporation dürfen Produkte der NVIDIA Corporation nicht als missionskritische Komponenten in lebenserhaltenden Geräten oder Systemen eingesetzt werden.

## Warenzeichen/Marken

NVIDIA, das NVIDIA Logo, CineFX und GeForce sind Warenzeichen und/oder eingetragene Marken der NVIDIA Corporation.

Bei anderen Firmen- und Produktbezeichnungen kann es sich um Marken der jeweiligen Eigentümer handeln, die hiermit anerkannt werden.

## Copyright

© NVIDIA Corporation 2005. Alle Rechte vorbehalten.



**NVIDIA.**  
NVIDIA Corporation  
[www.nvidia.de](http://www.nvidia.de)