



ITWissen

Das große Online-Lexikon
für Informationstechnologie

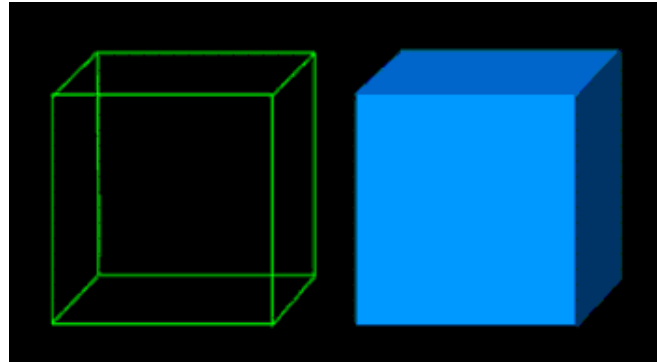
Glossar

Computergrafik

- **3D-Grafik**
- **Aliasing**
- **Alphablending**
- **Antialiasing**
- **Banding**
- **Beleuchtungsmodell**
- **Bewegungsunschärfe**
- **Bildbearbeitung**
- **Bildverarbeitung**
- **Bitonal**
- **Computergrafik**
- **Dithering**
- **Drahtmodell**
- **Environment-Mapping**
- **Explosionsgrafik explosion graphics**
- **Flat-Shading**
- **Flächenmodell**
- **Fogging**
- **Geometrisches Objekt**
- **Glätten**
- **Gouraud-Schattierung**
- **Gradation**
- **Graustufe**
- **Interpolation**
- **Isometrie**
- **Mach-Effekt**
- **Morphing**
- **Phong-Schattierung**
- **Pixel-Cropping**
- **Pixel-Shader**
- **Pixelgrafik**
- **Polygon**
- **Präsentationsgrafik**
- **Radiosity**
- **Rastergrafik**
- **Raytracing**
- **Rendering**
- **Schattierung**
- **Specular Highlight**
- **Spline**
- **Texture**
- **Texture-Mapping**
- **Tweening**
- **Vektorgrafik**
- **Volumenmodell**
- **Impressum**

3D-Grafik

3D graphics



Draht- und Flächenmodell eines Würfels

eines 3D-Modells zwischen dem *Drahtmodell*, dem *Flächenmodell* und dem *Volumenmodell*. Diese drei Modelle erleichtern das Modellieren, da der Rechenaufwand für die verschiedenen Modelle extrem unterschiedlich ist. Von der Darstellung her können 3D-Modelle *isometrisch* oder *perspektivisch* dargestellt sein.

Die Erstellung von 3D-Computergrafiken wird von speziellen 3D-Grafikprozessoren beschleunigt und von den 3D-Standards, einer vorhandenen 3D-Grafikbibliotheken, den so genannten 3D-Kernels, unterstützt.

3D-Grafiken sind in dreidimensionaler Geometrie dargestellte Grafiken. Bei diesen Grafiken kann das Koordinatensystem oder aber das 3D-Modell in dem Koordinatensystem gedreht werden. Dadurch kann das Modell von allen Seiten und aus allen Perspektiven betrachtet werden. Da der Rechenaufwand für eine komplexe dreidimensionale *Computergrafik* sehr hoch sein kann, unterscheidet man bei der Modellierung

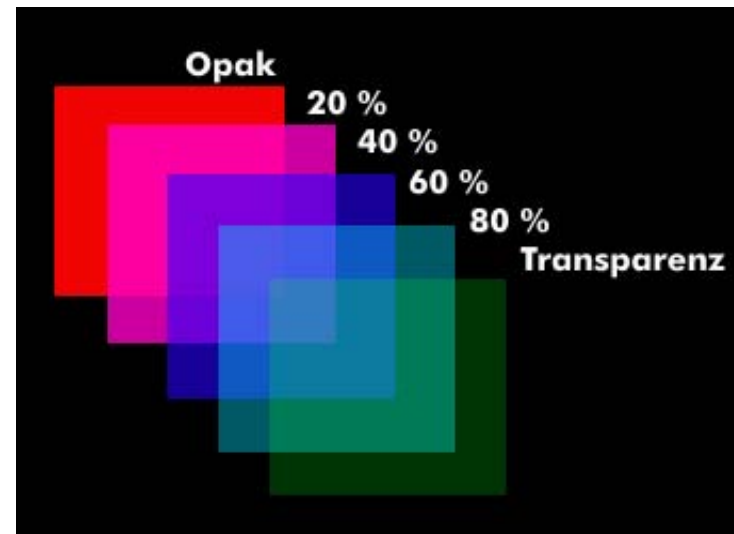
Aliasing

In der *Computergrafik* und bei Video versteht man unter Aliasing unerwünschte Effekte bei computergenerierten Grafiken, die aufgrund unzulänglicher Samplingtechnik entstehen. Diese Effekte erkennt man an dem Treppenverlauf bei Farbübergängen von Bitmap-Grafiken und an den gezackten Rundungen bei Schriften, Kurven, Kreisen usw. Das Aliasing tritt besonders bei schrägen oder gebogenen Linien auf und ist umso störender, je niedriger die Abtastrate ist. Alle Maßnahmen zur Verhinderung dieser Effekte nennt man *Antialiasing*. Dabei handelt es sich um eine Software die Farbverläufe, Hintergrundfarben und Kanten berechnet und so

glättet, dass Farbübergänge kontinuierlich und die Ränder von Schriften, Kanten und Rundungen wieder fließend erscheinen.

Alpha-Blending

Das Alphablending ist eine Technik für die *Bildbearbeitung* bei der die Darstellung oder Teile daraus transparent dargestellt werden können. Bei dieser Art der Grafikdarstellung werden durchsichtig erscheinende Objekte simuliert. Zur Erzeugung des Alphablending wird zusätzlich zu den drei Primärfarben eine vierte Farbinformation für die Transparenz übertragen. Für diese zusätzliche Farbinformation, die in additiver Farbmischung hinzugefügt wird, steht ein separater Kanal, der Alphakanal, zur Verfügung. Über den Alphakanal werden Alpha-Werte jedes einzelnen Pixels übertragen. Die Höhe des Wertes gibt an, wie transparent oder opak die Darstellung erfolgt. Hohe Alpha-Werte repräsentieren eine hohe Transparenz, niedrige eine geringe.

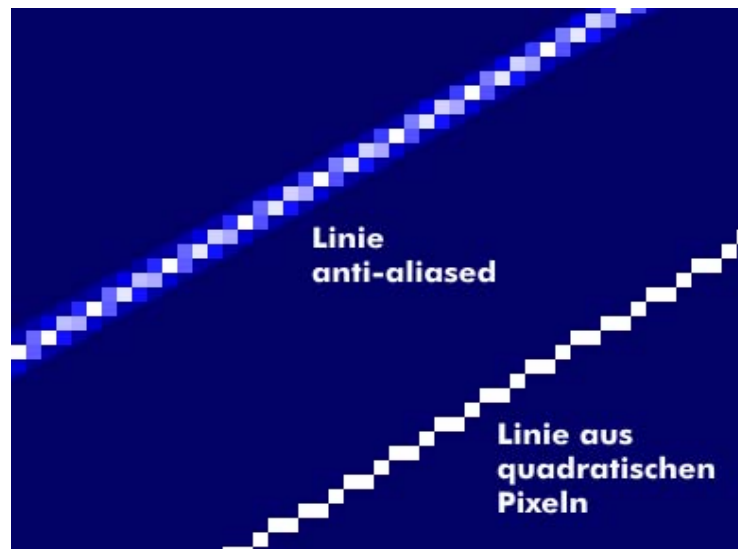


Beispiel für Alpha-Blending mit verschiedenen Transparenzstufen

Bei einer Farbdarstellung in True Color mit 24 Bit für Rot, Grün, Blau (RGB) werden zusätzlich 8 Bit für die Transparenzinformation übertragen. Diese Information wird beim Alphablending aus den einzelnen Farbauszügen und den *Textures* im Farb-Chip generiert. Mit dem Alphablending können Darstellungen transparent und Objekte durchscheinend gestaltet werden. Beispiele sind Nebel, Rauch, Glas, Milchglas, Flüssigkeiten.

Antialiasing

Die Kompensation von Störungen durch *Aliasing* nennt man Antialiasing. Da Aliasing durch Interferenzen und Verzerrungen von hohen Frequenzanteilen hervorgerufen wird, werden beim Antialiasing diese Frequenzanteile durch Prefiltering ausgefiltert. Die Eingangssignale werden daher vor der Signalverarbeitung in ihrer Bandbreite begrenzt. In der elektronischen Signalverarbeitung geschieht dies durch sind Antialiasing-Filter (AAF), das sind Tiefpässe, die den Frequenzbereich des Signals dem Abtasttheorem entsprechend begrenzen. In der optischen Bilderfassung geschieht dies durch Unschärfefilter und in der *Bildbearbeitung* durch Software, die Farbverläufe, Hintergrundfarben und Kanten berechnet und so glättet, dass Farbübergänge kontinuierlich und die Ränder von Schriften, Kanten und Rundungen fließend erscheinen.



Linie aus quadratischen Pixeln in Aliased- und Anti-aliased-Darstellung

Bei der *Bildverarbeitung* unterscheidet man zwischen dem temporalen und dem spatialen Antialiasing, also dem räumlichen. Bei diesem Verfahren werden die Farbwerte von den Kanten der *Polygone* berechnet und diese mit den Farbwerten der Umgebung interpoliert, wodurch eine Glättung stattfindet. Ein anderes Verfahren berechnet die Grafiken intern mit einer höheren *Auflösung*, rendert die Grafiken und rechnet die Auflösung wieder runter. Dieser Vorgang kann durchaus mehrmals durchgeführt werden.

Beim Antialiasing von Kanten und Konturen,

dem Edge-Aliasing, werden die Kantenformen durch Polygone und Linien dargestellt. Um einen weichen Übergang der Kante mit der Grafik zu erreichen, können die Polygonwerte interpoliert werden.

Banding

Banding ist ein Effekt bei der Erfassung und Darstellung von Farben. Wird mit einer geringen Farbauflösung gearbeitet, dann werden die Farbverläufe nicht ansatzlos dargestellt, sondern haben Farbabstufungen, die sich unangenehm bemerkbar machen. Bei der Farbdarstellung hängt das ursächlich mit der Farbtiefe zusammen. Werden die Farbe beispielsweise mit 4 Bit je Farbe aufgelöst, dann können $16 \times 16 \times 16$, also 4.096 Farbnuancen dargestellt werden. Je nach dem Farbbereich können bei einer so geringen Farbtiefe die einzelnen Abstufungen sichtbar sein. Dieser Effekt der abgestuften Farbverläufe kann bei HiColor mit 16 Bit Farbtiefe, Direct Color 21 Bit Farbtiefe und auch bei True Color auftreten.

Bei Deep Color mit der enormen Farbauflösung von bis zu 48 Bit tritt das Banding nicht mehr auf. In der *Bildverarbeitung* kann es ebenso durch *Dithering* reduziert oder vermieden werden.

Beleuchtungsmodell *illumination model*

Die fotorealistische Darstellung von Körpern und Modellen geht weit über die Flächendarstellung hinaus, die für technisch-wissenschaftliche Anwendungen vollkommen ausreichend ist. Die fotorealistische *Computergrafik* arbeitet mit Oberflächenstrukturen und mit Beleuchtung und den damit in Verbindung stehenden Effekten der Lichtreflexion, -spiegelung, Brechung und *Schattierung*.

Licht wird an der Oberfläche von Körpern gebeugt, gebrochen und reflektiert. Diese physikalischen Gesetzmäßigkeiten sind oberflächen- und materialabhängig und können durch indirekte, diffuse, punktuelle oder gerichtete Beleuchtung hervorgehoben werden.

Die indirekte Beleuchtung, das Ambient Lighting, bildet das einfachste Beleuchtungsmodell.

Bei diesem Beleuchtungsmodell wird das Licht von der Umgebung so zerstreut, dass es gleichmäßig aus allen Seiten auf das Objekt strahlt. Man kann nicht sagen, aus welcher Richtung es kommt. Die Lichtreflexionen auf den Körperoberflächen streut gleichmäßig in alle Richtungen.

Bei der diffusen Beleuchtung, dem Diffuse Lighting, wird das Licht vom Körper in alle Richtungen reflektiert, es gibt keinen Punkt mit erhöhter Helligkeit, alle Flächen erscheinen gleich hell.

Bei der punktuellen Beleuchtung erscheint auf dem Körper eine Stelle mit höherer Helligkeit. Die Helligkeit dieses Punktes ist stark abhängig von der Entfernung der punktuellen Lichtquelle vom Körper und von der Stärke der indirekten Beleuchtung.

Durch die gerichtete Beleuchtung, dem Specular Lighting, werden gerichtete Reflexionen erzeugt. Das Licht kommt aus einer bestimmten Richtung und wird in von der Körperoberfläche in eine bestimmte Richtung reflektiert. Der Betrachter sieht die Reflexion nur in einem bestimmten Winkel. Weicht der Betrachter von dem Winkel der idealen Reflexion ab, nimmt die Intensität des reflektierten Lichtes relativ schnell ab. Dieser Specular-Wert ist stark abhängig von der Oberflächen- und Materialbeschaffenheit des Körpers. Man denke nur an einen Körper aus Gummi, der eine andere Reflexion hat als einer aus Metall. Befindet sich der Betrachter in Richtung der Reflexion, erscheint bei hohen Specular-Werten ein helles Glanzlicht.

Bewegungsunschärfe *motion blur*

Die Bezeichnung Motion Blur wird sowohl für Bewegungsunschärfe benutzt, als auch für Kantenunschärfe.

Bewegungsunschärfe ist ein fotografischer Effekt bei dem Teile des Fotos unscharf erscheinen und dadurch die Illusion einer Dynamik erzeugen.

Bei der partiellen Unschärfe kann es sich um die Unschärfe eines sich bewegenden Objektes handeln, es kann aber ebenso der Hintergrund unscharf sein, wenn die Kameraführung dem sich bewegenden Objekt folgt. Die Bewegungsunschärfe ist immer partiell und bezieht sich nicht auf das ganze Foto, wie es sich beim Verwackeln eines Fotos zeigt. Der Effekt der



Partielle Bewegungsunschärfe

Bewegungsunschärfe kann durch größere oder kürzere Verschlusszeiten stärker oder schwächer ausgeprägt sein. Er ist abhängig von der Relativbewegung zwischen Kamera und Objekt. In der *Bildbearbeitung* gehört die Bewegungsunschärfe zu den Spezialeffekten und kann in der Bewegungsrichtung festgelegt werden. Bei der Kantenunschärfe geht es um die Darstellung von bewegten Szenen auf Displays. An harten Helligkeits- und Farbübergängen können bei LCD-Displays Kantenunschärfen auftreten. Diese sind auf die Schaltzeiten und das Abklingverhalten der einzelnen Flüssigkeitskristalle zurückzuführen, aber auch an dem Erhaltungszustand der Darstellung, die sich erst dann ändert, wenn ein neues Bild geladen wird. Der Effekt der Kantenunschärfe ist auch durch das Sehverhalten der Menschen. Die auf der Netzhaut umgesetzte Darstellung unterliegt einem gewissen Beharrungsvermögen.

Bildbearbeitung *image editing*

Die Bildbearbeitung ist Teil der *Bildverarbeitung*. Sie befasst sich mit der Manipulation und Veränderung von Grafiken, Fotos und Bildern. Ziel der Bildbearbeitung ist die Verbesserung der Bildqualität, die Erhöhung von Kontrast und Bildschärfe, die Reduzierung von Bildrauschen und die Kompensation von Bildverzerrungen und -verformungen. Es geht auch um realitätsnahe Bildeindrücke von *2D-* und *3D-Grafiken*. Dazu kommt die Bildretusche mit der Veränderung von Farbentiefen, Farbtönen und Farbsättigungen.

Die Bildbearbeitung umfasst alle grafischen Techniken mit denen Vektor- und *Pixelgrafiken* technisch manipuliert werden können wie die Skalierung der Darstellung, die Transformation der Größe, der Darstellungsachsen und der Perspektive. Hinzu kommen Verfahren für die Verbesserung der Bildqualität durch das *Aliasing* und *Antialiasing*, das *Shading* und *Rendering*, die Gammakorrektur und das *Alphablending*, die Veränderung von Farben und Farbtiefen, die



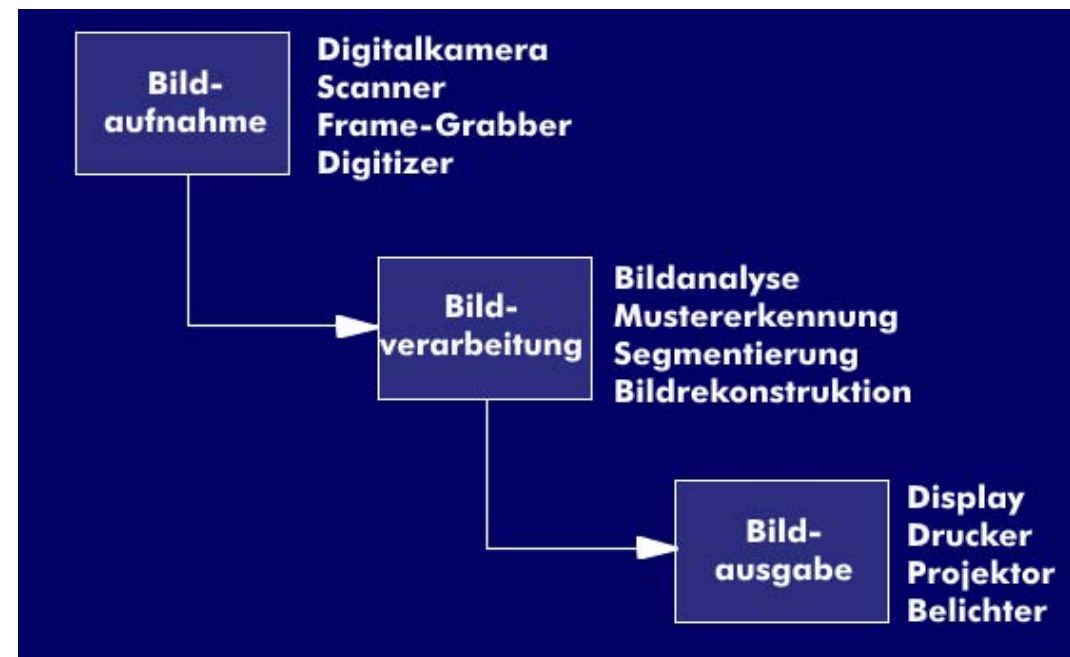
Funktionen der Bildbearbeitung

Erzeugung von Schärfe und Unschärfe. Man kann Materialien und das Reflexionsverhalten ihrer Oberflächen definieren, mit *Fogging* Körper transparent oder im Nebel erscheinen lassen, mit *Texture-Mapping* Texturen auf Körperoberflächen projizieren, mit *Raytracing* und *Environment-Mapping* die Umgebung auf beliebig geformte Objektflächen simulieren, mit *Specular Highlights* Glanzlicht- oder mit dem Environment-Mapping Spiegelungseffekte erzeugen.

Außer den angesprochenen Effekten und Transformationen kann man mit der Bildbearbeitung Grafikdateien kopieren und Grafikdateiformate konvertieren. Man kann Texte und Texturen einblenden und die Bilddateien mit Fotos und Grafiken komprimieren. Wichtige Instrumente der Bildbearbeitung sind Farbmodelle und die Farbmischung.

Bildverarbeitung *image processing*

Die Bildverarbeitung umfasst das Erfassen, Erkennen, die Analyse, Speicherung, *Bildbearbeitung*, Aufbereitung und Ausgabe von Bildern, Fotos und anderen grafischen Dokumenten mittels Computer. Die Bildverarbeitung besteht aus der Bildaufnahme, der



Stufen der Bildverarbeitung

eigentlichen Bildverarbeitung und der Bildausgabe. Bei der Bildaufnahme werden die Bildvorlagen mit Scannern, Digitalkameras, Digitalisierern oder Frame-Grabbern erfasst. In der nachfolgenden Bildverarbeitung werden sie komprimiert, analysiert und rekonstruiert, bevor sie über die Bildausgabe auf Monitoren dargestellt

oder über Farbdrucker und Belichter ausgegeben werden.

Durch die Bildverarbeitung kann die Qualität von Bildern und Fotos verbessert, ihr Datenumfang komprimiert, der Bildinhalt analysiert und für die Mustererkennung aufbereitet werden. Die Bildverarbeitung kann überall dort eingesetzt werden, wo Grafiken, Bilder, Diagramme und Fotos erstellt, geändert, manipuliert und datentechnisch aufbereitet werden müssen.

Zu den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Bildverarbeitung gehören die grafische Industrie, die Druckindustrie mit der Druckvorbereitung, das Verlagswesen, die Bildauswertung, die grafische Gestaltung in Form von Entwurf, Layout und Umbruch sowie die Videotechnik, da die Bildverarbeitung sowohl den Bereich der Festbilder als auch den der Bewegtbilder umfasst.

Im industriellen Umfeld gibt es die maschinelle und industrielle Bildverarbeitung (IBV), die in vielen industriellen Anwendungen aber auch in der Automotive-Technik, der Verkehrs- und Medizintechnik eingesetzt wird.

Bitonal

Eine bitonale Grafik oder ein bitonales Bild besteht nur aus zwei Elementen: schwarzen und weißen Bildpunkten. *Graustufen* werden durch Rasterung nachgebildet. Dabei ändern sich die Größe und die Dichte der einzelnen *Bildpunkte* in Abhängigkeit von der Graustufe. Bei dem Eckwert Weiß werden nur weiße Pixel dargestellt, bei Schwarz nur schwarze und bei einem Grauwert von 50 % entspricht die Anzahl der schwarzen Pixel, denen der weißen.

Computergrafik

CG, computer graphics

Die Computergrafik hat sich in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts im Schatten der rasant steigenden Leistungsfähigkeit moderner Computer entwickelt. Der Facettenreichtum der Computergrafik reicht von der computerunterstützten Darstellung und

Interaktion, über die Modellierung geometrischer Objekte, die fotorealistische Synthese in der *Bildbearbeitung*, bis hin zu technisch-wissenschaftlichen Anwendungen.

Leistungsstarke Grafikkarten waren Ende des letzten Jahrhundert maßgeblich am Durchbruch der Computergrafik beteiligt und haben ihr völlig neue Anwendungsbereiche erschlossen: *Animationen*, 3D-Spiele, Multimedia-Anwendungen und virtuelle Realität sind nur einige Stichworte, die die rasante Entwicklung der Computergrafik unterstreichen.

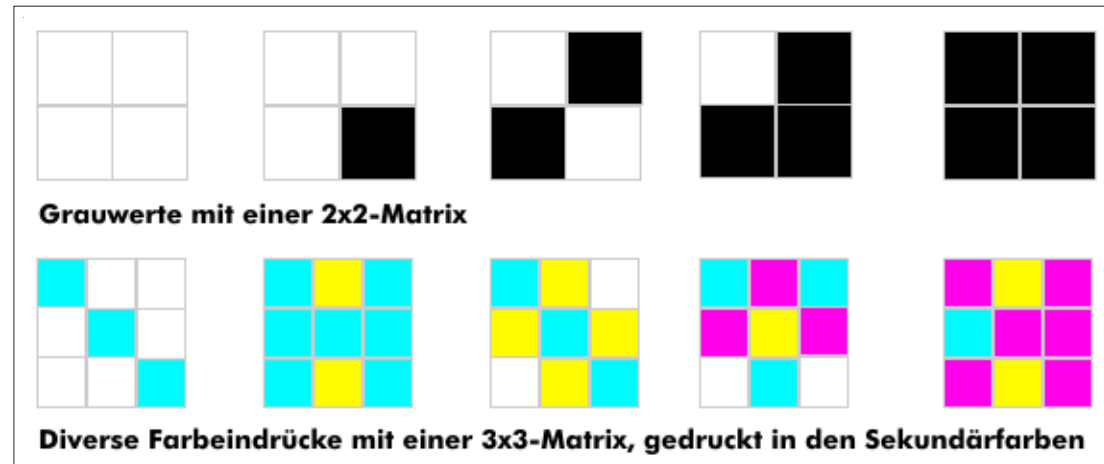
Hinter dem Begriff Computergrafik verbergen sich alle Verfahren der Informatik zur Erfassung, Erstellung, Modellierung, Verarbeitung, Speicherung, Darstellung und Ausgabe von grafischen Daten.

Die Computergrafik wird in allen Bereichen von leistungsfähigen Software-Instrumenten und peripheren Hardware-Geräten unterstützt. So kann die Erfassung über Grafiktablets, Digitalkameras und Scanner erfolgen, die Erstellung über Maus oder Joystick.

Bei der Verarbeitung greifen Software-Instrumente ein, die je nach Darstellungsart die erfassten Daten in die entsprechenden Computergrafiken - *Vektorgrafik*, *Rastergrafik*, *Pixelgrafik*, *Präsentationsgrafik*, *Explosionsgrafik* - umsetzen. Für die Darstellung werden die *Auflösung* und die Größe der Monitore an die Anforderungen angepasst. Darüber hinaus können Präsentationstechniken eingesetzt werden. Für die Ausgabe von Computergrafiken stehen Drucker, Plotter und Belichter zur Verfügung.

Dithering

Dithering ist eine Technik, bei der die Helligkeit und der Farbeindruck durch Rastertechniken emuliert werden. Die Dithering-Technik, die in Farbdruckern eingesetzt wird, nutzt die begrenzte *Auflösung* des menschlichen Auges, das einzelne, eng beieinander liegende Helligkeits- oder Farbpunkte zu einem Mittelwert integriert. Beim Dithering entsteht der kontinuierliche Farbeindruck dadurch, dass ein Grau- oder Farbwert in ein kleines Raster von



Beispiele für das Dithering mit einer 2x2-Graumatrix und einer 3x3-Farbmatrix

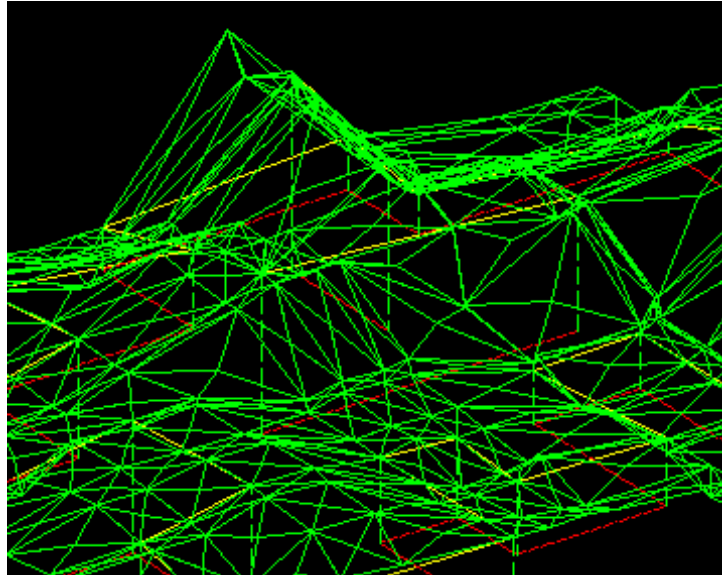
Bildpunkten unterteilt wird. Je feiner das Raster ist, desto detaillierter sind die Farbunterschiede. Besteht ein solches Raster aus 2x2 Bildpunkten, dann können fünf verschiedene Helligkeitsstufen

gedruckt werden, bei einer 3x3-Matrix sind es zehn. Werden in einer solchen 3x3-Matrix drei Bildpunkte in Cyan und drei in Magenta gedruckt, integriert das Auge dieses Farbgemisch zum Farbeindruck blau. Bei diesem Verfahren der subtraktiven Farbmischung bleibt die Größe der vom Drucker erzeugten Punkte immer gleich. Anders ist es beim Halbtonverfahren. Die nachbildbare Farbpalette hängt von der Farbmischung und dem verwendeten Farbmodell ab, wobei Farbdrucker mit dem CMYK-Farbmodell arbeiten. Gleiches gilt für Schwarz-Weiß-Darstellungen, bei denen die Graustufung durch eine geringere oder höhere Anzahl an schwarzen Bildpunkten erzielt wird.

Drahtmodell *wireframe model*

Das Drahtmodell, auch als Drahtgittermodell bezeichnet, ist ein Modell zur Visualisierung von 3D-Modellen, zur Modellierung von *3D-Grafiken* und zur konstruktiven Umsetzung von 3D-Körpern.

Das Drahtmodell wird auch als Kantenmodell bezeichnet, weil die Kantenpunkte eines Modells



Ausschnitt aus einem komplexen Drahtmodell,
Foto: Baucad

durch Drähte oder Linien miteinander verbunden sind. Als Beispiel für ein Drahtmodell soll ein Würfel herangezogen werden, dessen Ecken im Außenbereich durch Drähte verbunden sind und der durch die Kantenlinien gebildet wird. Der Würfel ist eindeutig durch die Vektoren der Kanten beschrieben. Im Drahtmodell erkennt man auch eventuell verdeckte *Polygone*. Das Drahtmodell ist ein konstruktives Hilfsmittel für die *Computergrafik*. Es schafft eine hohe Transparenz und benötigt eine wesentlich geringere Rechenzeit als die für die weitere Modellierung erforderlichen

Flächenmodelle oder das nach dem *Rendering* gewonnene *Volumenmodell*.

Environment-Mapping

Environment Mapping ist eine Technik der grafischen *Bildbearbeitung* von *3D-Grafiken*. Beim Environment Mapping, das unter der Bezeichnung Reflexionsmapping bekannt wurde, wird die Umgebung auf reflektierende Körperoberflächen gespiegelt. Es ist eine weniger rechen- und zeitintensive Methode als das *Raytracing*, die sich auch für Echtzeitverarbeitung eignet. Im Gegensatz zum Raytracing ist sie mit geringen Ungenauigkeiten behaftet.

Vom Prinzip her handelt es sich beim Environment-Mapping um eine Art *Texture-Mapping*, bei der die Objektumgebung als *Texture* gespeichert und auf die Oberfläche des Objektes projiziert wird. Das Objekt wird quasi von der Umgebungs-Texture eingewickelt. Die



Environment-Mapping mit Cube, Screenshot: zanir.wz.cz

Umgebungs-Texture wird vom Mittelpunkt des Objektes, auf das sie projiziert werden soll, erstellt. Bei allen Environment Mapping-Verfahren - es gibt das sphärische und das kubische Mapping - hängt die Genauigkeit von der Positionierung des Objektes und von den Entfernungen der Umgebungsobjekte ab. Ist das Objekt groß in Relation zu den Umgebungsobjekten oder deren Entfernung, dann werden die geometrischen Verzerrungen größer.

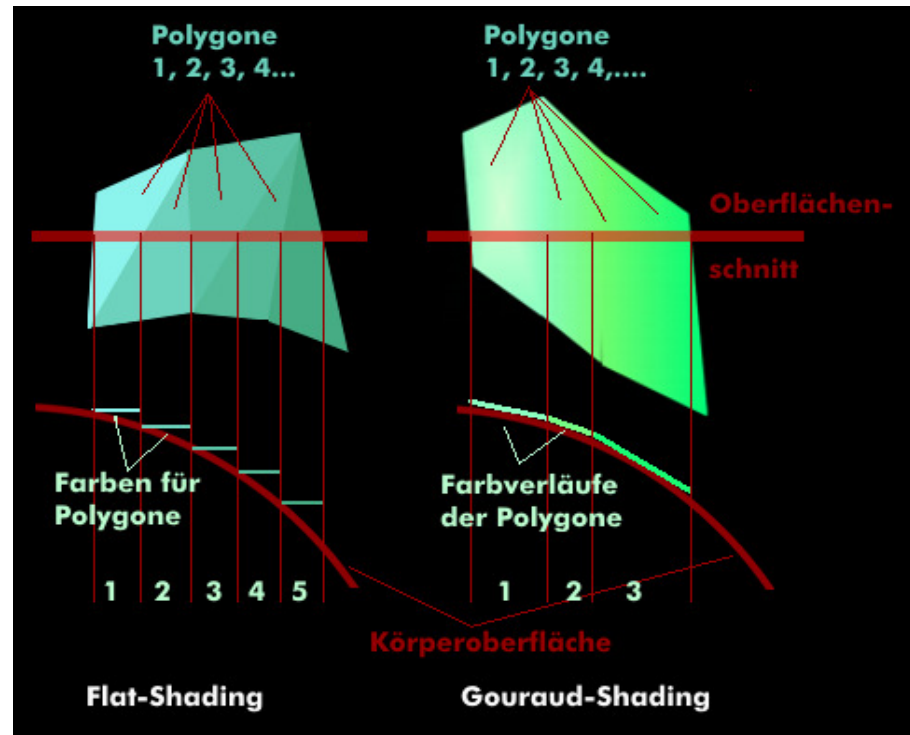
Explosionsgrafik *explosion graphics*

Die Explosionsgrafik ist eine von mehreren Grafikdarstellungen, die in Konstruktions- und Zeichenprogrammen eingesetzt wird. Andere sind die *Präsentationsgrafik*, *Vektorgrafik*, *Rastergrafik* und *Pixelgrafik*.

Bei der Explosionsgrafik werden die einzelnen Elemente einer technischen Zeichnung in Art einer Explosion, gleichsam voneinander wegstrebend, dargestellt. Die Explosionsgrafik berücksichtigt bei der Darstellung die Zuordnung der einzelnen Komponenten im gesamten Objekt. Diese Art der grafischen Darstellung wird in verschiedenen CAD-Systemen von Anwendungsprogrammen unterstützt.

Flat-Shading

Flat-Shading ist ein einfaches Schattierungsverfahren für *Computergrafiken* zur Darstellung dreidimensionaler Körper mit gekrümmten Oberflächen. Das Flat-Shading wird praktisch von



Darstellung der Shading-Verfahren mit Oberflächenchnitt

Würfel haben dementsprechend pro Würfelseite ein Polygon, es sind also im Falle des Würfels maximal drei Würfelseiten in drei Farbnuancen sichtbar.

Das Flat-Shading-Verfahren ist ein relativ einfaches aber umso leistungsfähigeres Verfahren, das zur schnellen Berechnung von Entwurfsarbeiten und Modellierungen benutzt wird.

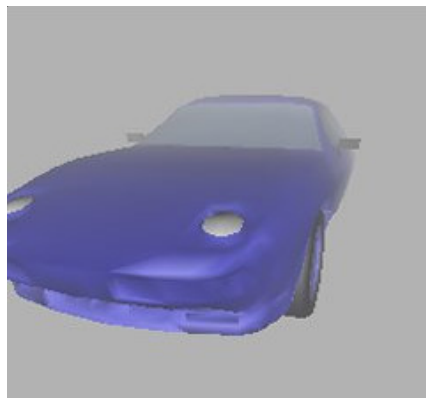
Ein Flächenmodell ist eine *3D-Grafik*, bei der die sichtbaren Flächen als farbige *Polygone* dargestellt werden, die miteinander verbunden sind. Voraussetzung für ein Flächenmodell ist

jeder Grafikkarte unterstützt. Beim Flat-Shading wird die Beleuchtung eines polygonalen Körpers an einem Oberflächenpunkt ausgewertet und die Farbfacetten mit der ermittelten Farbe dargestellt. Jedes einzelne *Polygon* wird mit einer Farbe dargestellt. Da die aneinander stoßenden Polygone unterschiedlichen Farben haben, sind die Kanten in den Polygonnetzen deutlich zu erkennen. Die Polygone selbst haben in sich keinen Farbverlauf. Einfache 3D-Körper mit nicht gekrümmten Oberflächen wie ein



Flächenmodell eines Würfels

bleiben. Diese Farbabstufungen können nur mit Schattierungstechniken verbessert werden. Das Flächenmodell ist neben dem Drahtmodell ein Hilfsmittel für die Gestaltung und Konstruktion von 3D-Objekten. Es ist die Basis für das *Volumenmodell*.



Fogging, Grafik aus
fogginggraphics.cs.uni-sb.de

ein Kantenmodell oder *Drahtmodell*, bei dem jedes einzelne Polygon eine bestimmte Farbe hat. Ein solches Polygon wird durch seine Eckpunkte, die durch Kanten verbunden sind, beschrieben. Am Beispiel eines Würfels wird dies verdeutlicht. Durch die Flächendarstellung zeigt ein Flächenmodell ausschließlich die sichtbare Körperoberfläche.

Konstruktionsmerkmale, verdeckte Kanten und Polygonkanten sind nicht sichtbar, wodurch die Darstellung sehr realistisch erscheint, allerdings mit der Einschränkung, dass die Farbübergänge zwischen den eingefärbten Flächen sichtbar

bleiben. Das Flächenmodell zeigt den Rohentwurf, hat gegenüber dem Drahtmodell aber den Nachteil der längeren Rechenzeit.

Anders als beim *Alphablending* wird beim Fogging, das einen Nebel-effekt hervorrufen soll, die Tiefeninformation in die Berechnung einbezogen, wodurch die Tiefenwirkung erhöht wird. Eine Fogging-Grafik berücksichtigt wie weit ein Objekt im Raum steht. Je weiter es in der Betrachtung nach hinten gestellt ist, desto stärker ist der Fogging-Effekt. Er vermittelt einen verstärkten Tiefeneindruck. *Pixel*, die keine Raumtiefe haben, sind daher ungetrübt, wohingegen *Pixel*, die tief im

Raum stehen, eine starke Trübung haben.

Beim Fogging, dargestellt durch eine graue Nebelfarbe, steigt das Alphablending kontinuierlich an. Weiter vom Betrachter entfernte Pixel sind grauer, Pixel, die näher zum Betrachter liegen sind weniger grau.

Das Depth Cueing ist eine dem Fogging vergleichbare Technik mit dem Unterschied, dass beim Depth Cueing die Überblendung zu Schwarz erfolgt und nicht wie beim Fogging zu Weiß.

Geometrisches Objekt *geometrical object*

Ein Aspekt der facettenreichen *Computergrafik* ist die Erzeugung von geometrischen Objekten. Entsprechende Objekte werden durch Modellierung gebildet. Die kreierte Modelle sollten einfach beschrieben sein, interaktiv bearbeitet und durch möglichst wenige Daten dargestellt werden können. Außerdem sollten die Modelldaten mit entsprechenden Algorithmen transformiert werden können.

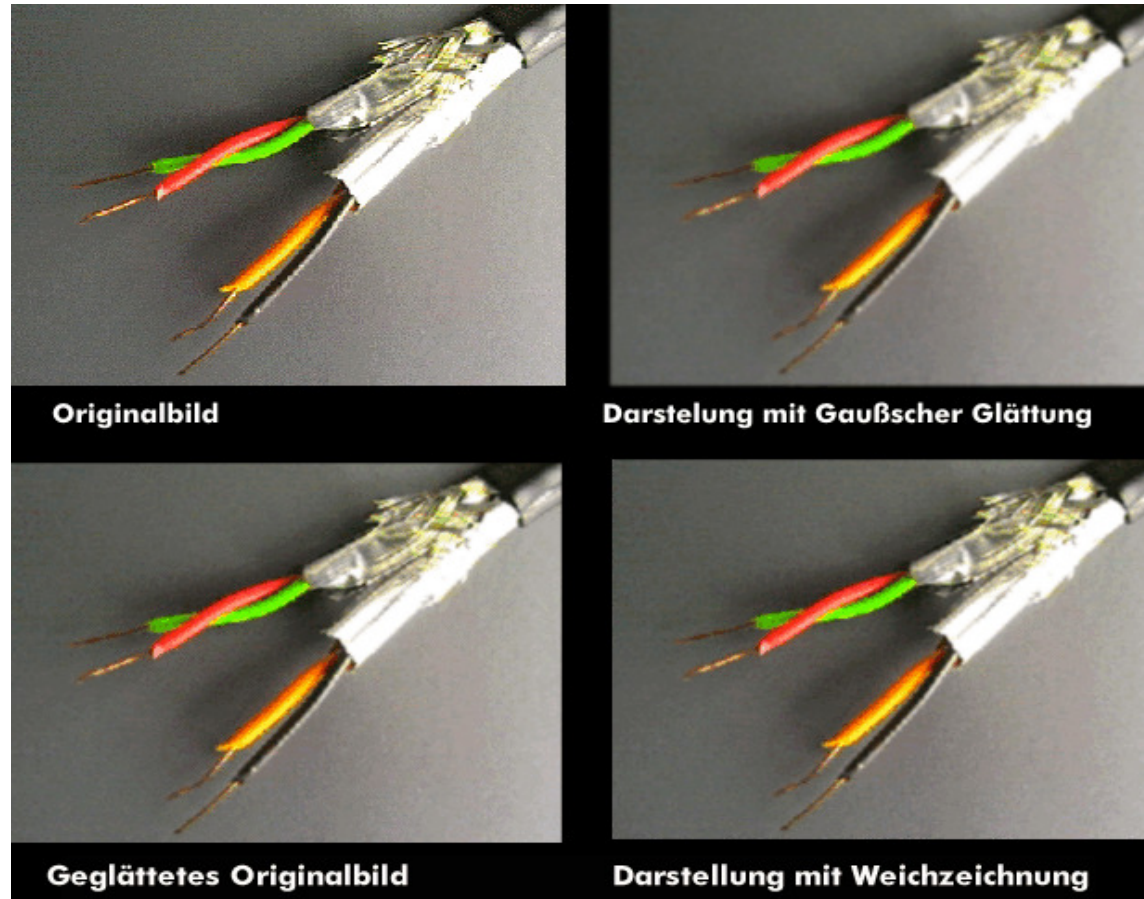
Die Modellierung von Datenmodellen basiert auf Linien, Kurven, Flächen und Körpern. Linien und Kurven können technisch durch *Splines* und *Bézier-Kurven* definiert werden, Flächen durch *Polygone* und fraktale Modelle und Körper durch Flächen- und Kantenmodelle, durch Rotation, Translation und durch das Zusammensetzen aus Teilkörpern. Bei der Rotation werden Flächen um eine Drehachse bewegt, bei der Translation werden die Körper entlang einer geradlinigen Achse oder einer Kurve bewegt.

Glätten *smoothing*

Das Glätten ist eine Technik, die vorwiegend in der *Computergrafik* angewendet wird und unerwünschte und sichtbare Übergänge zwischen Farbtönen und Grauwerten vermindert. Das Glätten basiert auf einer Filterung von bestimmten Frequenz- und Rauschanteilen, die eine Verminderung der Bildschärfe zur Folge hat.

In *Grafikprogrammen* gibt es verschiedene Glättungsverfahren wie die Fourier-Transformation,

Gouraud-Schattierung



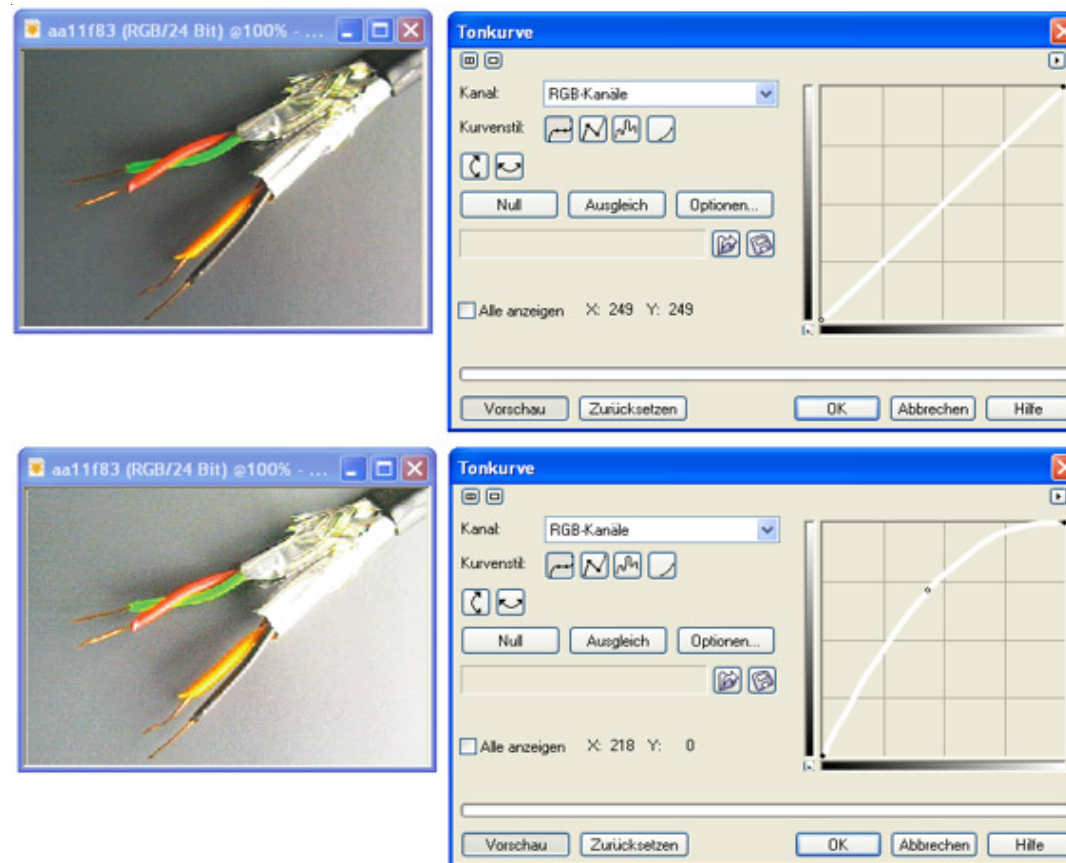
Verschiedene Glättungsverfahren

beim *Flat-Shading* sichtbar sind, so stark geglättet, dass sie nicht mehr sichtbar sind. Zu diesem Zweck werden beim Gouraud-Shading die Farben der Eckpunkte jedes einzelnen Polygons interpoliert und über diese lineare *Interpolation* der Polygonkanten und Scanlines wird die Schattierung errechnet. Jedes einzelne *Polygon* hat in sich einen Farbverlauf, der

die Gaußsche Glättung oder die Weichzeichnung, die unterschiedliche Auswirkungen auf die Detail- und Kantendarstellung haben.

Das Gouraud-*Shading* ist ein Schattierungsverfahren für die Darstellung dreidimensionaler Körper mit gekrümmten Oberflächen. Bei diesem Verfahren werden die Polygonkanten, die

durch die Kantenwerte der angrenzenden Polygone bestimmt wird. Das Gouraud-Shading eignet sich für die Darstellung von komplexen Körpern mit gekrümmten Oberflächen und zeigt realistische, kantenfreie Farbverläufe. Dabei wird der Farbverlauf auf der polygonalen Fläche der gekrümmten Oberfläche angenähert.



Gradation

Veränderung der Tonwertkurve (Gradation)

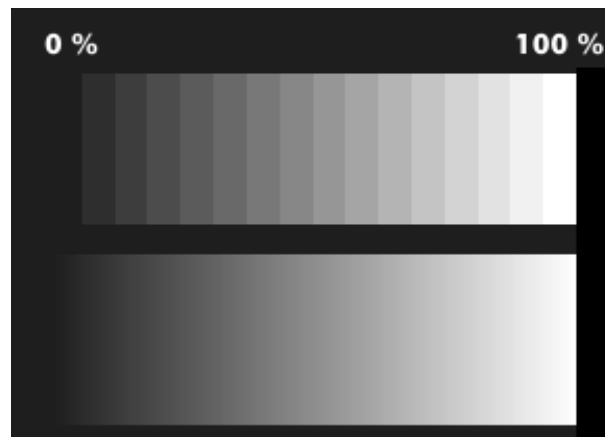
Nachteilig ist bei diesem Schattierungsverfahren, dass der Farbverlauf Oberflächen die unregelmäßig stark gekrümmt sind, nur dann hinreichend konturieren kann, wenn die Polygone kleiner gemacht werden. Das Gouraud-Shading ist das Standardverfahren von Grafikkarten.

Gradation ist eine Abstufung. In der *Bildbearbeitung* und -darstellung versteht man unter der Gradation das Wiedergabeverhalten von Grafiken und Fotos mit

unterschiedlichem Tonwertumfang. Dies hängt damit zusammen, dass die Peripheriegeräte wie Displays, Projektoren, Belichter, Drucker und selbst die Druckerpapiere verschiedenste Tonwertabstufungen haben. Die Farbdarstellungen und die Helligkeits- und Kontrastabstufungen sind bei den genannten Geräten unterschiedlich. Da der Eindruck der Tonwertwiedergabe und der Tonwertänderung abhängig von dem Display, Projektor oder Drucker sind, kann dieser Parameter durch Gradationskurven verändert werden. Gradationskurven geben den Dichtebereich des Bildes wider und werden zur Tonwertänderung benutzt. Mit ihnen kann die Helligkeit, der Kontrast und der Farbkontrast der einzelnen Farben beeinflusst werden. Durch Verändern der Kurvensteilheit und der Kurvenform verändert sich die Verteilung der Tonwerte. Damit können bei der *Bildverarbeitung* Bildwerte an die Ausgabewerte angepasst werden.

Graustufe grayscale

In *Grafikprogrammen* und in der Videotechnik spielt die monochromatische Linearität eine

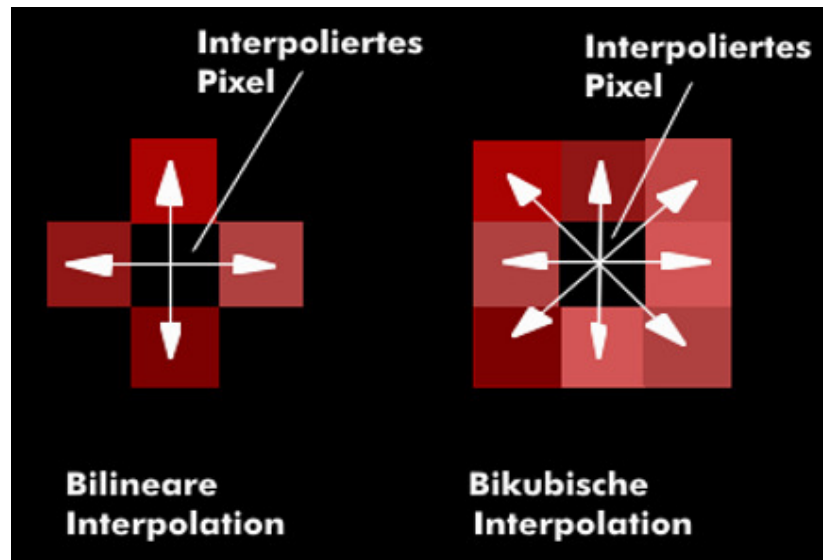


Graustufung mit 16 und 265 Stufen

wesentliche Rolle. Diese Darstellungsform umfasst Schwarz-Weiß-Darstellungen bei denen der Grauwert verschiedene Helligkeitsstufen annehmen kann. Je nach *Auflösung* kann die Graustufung, die Grayscale, kontinuierlich zwischen Schwarz und Weiß erfolgen. Die Skala für die Grauwerte wird nach dem Munsell-System in zehn Stufen eingeteilt mit Schwarz als „0“ und Weiß als „10“. Die Graustufen werden allgemein in Prozent angegeben, wobei Schwarz einem Helligkeitswert von 0 % und Weiß einem solchen von 100 % entspricht.

Interpolation

Interpolationen sind mathematische Verfahren mit denen fehlende Informationen zwischen zwei Punkten einer Linie errechnet werden. Bei Displays und Projektoren handelt es sich um die Anpassung eines darzustellenden Bildformats an die native Bildschirmauflösung des Bildschirms oder Projektors. So wird beispielsweise das CCIR-Format 720 x 576, wenn es auf einem LCD-Display mit einer *Auflösung* von 1.024 x 768 dargestellt werden soll, interpoliert. Bei der Interpolation von Darstellungen werden auf mathematischem Weg zusätzliche *Bildpunkte* errechnet, die sich zwischen anderen Bildpunkten befinden. Die Interpolationsverfahren dienen der Erhöhung der scheinbaren Auflösung von Grafiken, Bildern und Fotos. Die Auflösung selbst kann durch Interpolation nicht verändert werden, da keine zusätzlichen Details erzeugt werden.



Bilineare und bikubische Interpolation

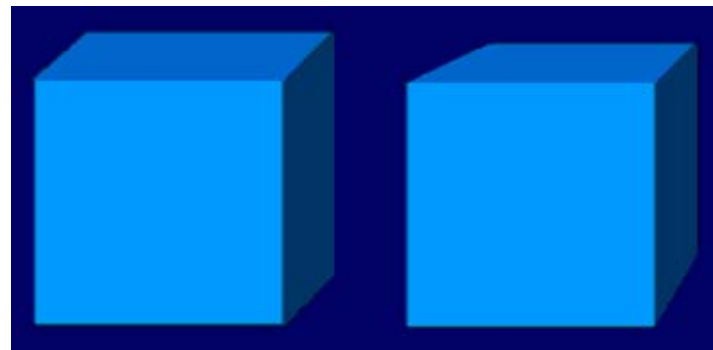
An mathematischen Interpolationsverfahren gibt es das Verfahren der Pixelwiederholung, der linearen Interpolation, der höhergradigen Interpolation und der *Spline*-Interpolation. Bei dem einfachsten Verfahren der Pixelwiederholung wird kein neuer Pixelwert errechnet, sondern das vorherige Pixel unverändert übernommen. Bei der linearen Interpolation wird eine gerade Linie zwischen zwei Bezugspunkten bestimmt und alle darauf liegenden

Punkte einzeln berechnet. Bei der höhergradigen Interpolation wird mit höhergradigen *Polygonen* gearbeitet und bei der Spline-Interpolation erfolgt die Interpolation durch die Benutzung von *Bezier-Kurven*.

Erfolgt die Interpolation zweidimensional, können diese Verfahren in beiden Bildachsen angewendet werden. Hierbei unterscheidet man zwischen der bilinearen und der bikubischen Interpolation.

Bei der bilinearen Interpolation wird der Wert für das interpolierte Pixel aus den vier benachbarten Pixeln errechnet. Das bikubische Verfahren benutzt die Werte der acht benachbarten Pixel und errechnet daraus den interpolierten Wert.

Unter Isometrie versteht man eine grafische Darstellung mit Längengleichheiten. Diese Technik wird bei *3D-Grafiken* zur Vereinfachung der dreidimensionalen Darstellung eingesetzt. Die isometrische Grafik kennt keine perspektivische Projektion der Fluchtlinien, sondern arbeitet mit Parallelprojektion. Die Flächeneinheiten sind bei dieser grafischen Darstellung



Isometrische (links) und perspektivische Darstellung eines Würfels

immer gleich, unabhängig von der Winkelung. Das bedeutet, dass die in Parallelprojektion dargestellten Flächen weder skaliert noch verzerrt werden müssen. Komplizierte mathematische Algorithmen werden dabei auf ein Minimum reduziert.

Die isometrische Darstellung wird bei Computerspielen benutzt um die Entwicklungskosten und die Rechenzeiten so gering als möglich zu halten.

Isometrie *isometry*

Mach-Effekt *Mach effect*

Der Mach-Effekt, benannt nach dem tschechischen Physiker Ernst Mach (1838 bis 1916), ist ein sinnespsychologischer Seheindruck, der dazu führt, dass der Betrachter Helligkeitsübergänge mit einem höheren Kontrast wahrnimmt, als er tatsächlich vorhanden ist. Durch die Kontrastverstärkung werden die Kanten zwischen Helligkeitsunterschieden vom Betrachter deutlicher wahrgenommen.

Beim Mach-Effekt geht es darum, dass der Übergang zwischen zwei monotonen Farbflächen dahingehend

interpretiert wird, dass das dunkle Farbfeld eine noch dunklere Kante und im Farbfeld mit höherer Helligkeit eine hellere Kante wahrgenommen wird. Dadurch wird die Grenzlinie zwischen zwei Farbflächen deutlicher wahrgenommen wird.



Morphing, Screenshot: <http://i.d.com.com>

Morphing

Morphing ist eine Technik, mit der eine *Computergrafik* in mehreren Phasen in eine andere Grafik umgewandelt werden

kann. Bei dieser Bildverarbeitungstechnik können ein oder mehrere Motive miteinander verflochten und durch Veränderung von Betrachtungsparametern in ein anderes Motiv verwandelt werden. Das Morphing wird u.a. in der Computeranimation in Werbespots eingesetzt, wenn beispielsweise aus einem Kopf schrittweise ein Produkt entsteht, darüber hinaus in Unterhaltungsvideos, Filmen, der Wissenschaft und im Produktdesign. Morphing kann auf 2D- und 3D-Grafiken aufsetzen und ein kontinuierliches Überblenden von einer Grafik auf eine andere erzeugen.

Verfahrensmäßig werden beim Morphing die Attribute zweier Objekte aufeinander abgestimmt. So beispielsweise bestimmte *geometrische Objekte* und Punkte, die in beiden Objekten, dem Ausgangsobjekt und dem Zielobjekt, korrespondieren. Eingesetzte Algorithmen bestimmen die Zwischenobjekte über die mittels *Interpolation* das Zielobjekt erstellt wird.

Phong-Schattierung

Bei den in *Computergrafiken* eingesetzten Schattierungstechniken werden gekrümmte



Phong-Shading, Grafik: TU-Wien

Oberflächen durch einzelne *Polygone* dargestellt. Beim *Flat-Shading*, bei dem die Polygone selbst keinen Farbverlauf haben, erkennt man deutlich die Kantenstruktur der aneinander stoßenden Polygone. Um dies zu vermeiden und eine geglättete Oberfläche mit kontinuierlichem Farbverlauf zu erhalten, gibt es neben dem Gourraud-*Shading* noch das Phong-*Shading*.

Beim Phong-*Shading* werden die Farbwerte

an den Polygonecken für den Farbverlauf ermittelt und daraus Normale für jedes einzelne *Pixel* berechnet. Das Verfahren, das sehr rechenaufwendig ist, interpoliert die Normalen und passt dadurch die Farbverläufe den gekrümmten Objektoberflächen an.

Neben dem Phong Shading gibt es Grafikverfahren für realistische und fotorealistische 3D-Darstellungen mit Licht-Schatten-Effekten das *Raytracing* und das *Radiosity*.

Pixel-Cropping

Als *Pixel-Cropping* oder *Cropping* bezeichnet man die Beschneidung von Bildern oder Filmen beim Scannen. Beim *Cropping* werden Bilder an einer oder mehreren Bildseiten beschnitten oder es wird der Bildrahmen weggeschnitten. Das *Pixel-Cropping* hat historische Gründe, die mit dem Overscan und mit der mangelhaften Bildqualität an den Außenrändern eines Bildes zusammenhängen. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn auf dem Übertragungsweg durch fehlerhafte Bearbeitung Farbsäume auftreten. Diese werden dann durch *Pixel-Cropping* oder *Zooming* beseitigt. Bei digitalen Bildern führt allerdings das digitale Zoom zu unschönen Artefakten durch die Interpolationen der Zoom-Algorithmen.

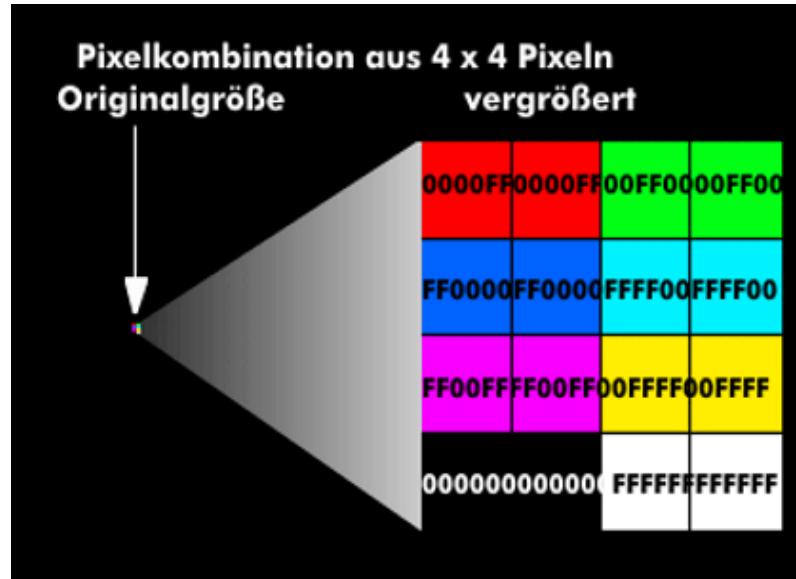
Pixel-Shader

Ein *Pixel-Shader* ist ein Programm zur Verbesserung von Grafikoberflächen und *Texturen*. Es wird von Grafikprozessoren ausgeführt und sorgt für realistische Darstellungen in dem es einzelne *Pixel* von Oberflächen und deren Materialeigenschaften detailreicher verarbeitet. In die Berechnung werden Fragmente ebenso einbezogen wie kleinste Farbunterschiede und Oberflächenelemente.

Pixel-Shader werden u.a. beim *Phong-Shading* und beim *Rendering* eingesetzt.

Pixelgrafik *pixel graphics*

Pixelgrafiken sind aus einzelnen *Pixeln* aufgebaut, wobei jedes *Pixel* einen digitalen Wert repräsentiert. Dieser hängt von dem verwendeten Farbmodell und der Quantisierung ab.



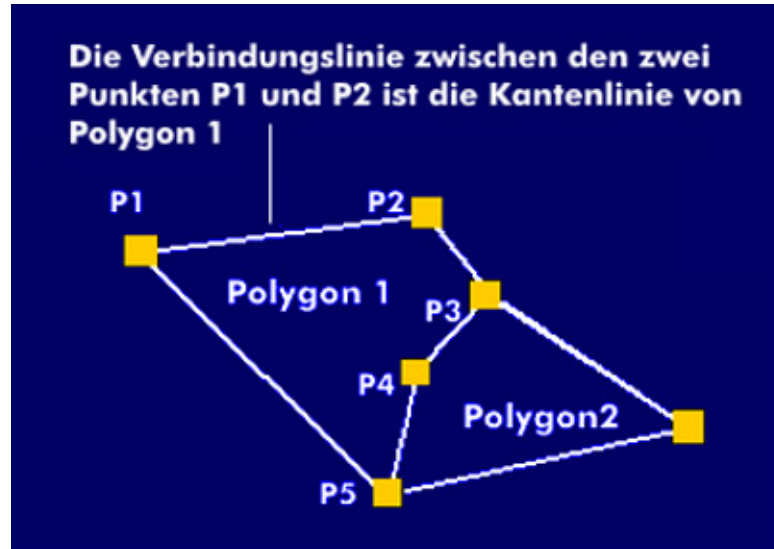
Pixeldarstellung einer 4x4-Pixelgrafik in Originalgröße und vergrößert

Der Datenumfang einer solchen Grafik errechnet sich aus der vertikalen und der horizontalen *Auflösung* multipliziert mit der Quantisierung. So hat eine Schwarz-Weiß-Grafik mit einer Auflösung von 640 x 480 Bildpunkten bei VGA und einer Farbtiefe von 1 Bit („0“ entspricht Schwarz, „1“ entspricht Weiß) eine Dateigröße von 38 KB. Bei einer angenommenen Auflösung von 2.048 x 1.536 bei QXGA und einer Farbtiefe von 24 Bit, respektive 3 Byte, beträgt die unkomprimierte Dateigröße allerdings 9,5 MB.

Wesentliche Unterscheidungsmerkmale zwischen den diversen Pixelformaten wie JPEG, Photoshop, TIFF, Bitmap, dem GIF-Dateiformat, dem PICT-Dateiformat, Portable Network Graphics (PNG), dem TGA-Dateiformat und einigen mehr, sind die Art der Kompression, die benutzten Farbmodelle und die Farbtiefe.

Typische Pixelgrafiken sind die Darstellung von Bildern, Fotos oder von Präsentationsgrafiken; sie werden fast immer als *Rastergrafiken* dargestellt.

Polygone sind Vielecke. Sie werden in der *Computergrafik* für die Darstellung von Flächen und Körpern eingesetzt und sind durch die beliebig viele Punkte definiert. Bei einem Polygon sind benachbarte Punkte mit Linien verbunden und bilden die Kanten des Polygons. Ein Polygon



Bestimmung von Polygonen

Präsentationsgrafik *presentation graphic*

kommerziellen Bereichen eingesetzt wird. Es dient dazu umfangreiche Zahlenkolonnen anschaulich und übersichtlich darzustellen. Das können Produktions- und Absatzzahlen sein, Trendzahlen und Umsätze, Vergleichszahlen und Kosten.

Die Präsentationsgrafik kennt drei unterschiedliche Darstellungsformen: Linien-, Balken- (Histogramm) und Kreisdiagramme (Pie Chart) in unterschiedlichsten Varianten, so u.a. in zweidimensionaler Darstellung oder als *3D-Grafik*.

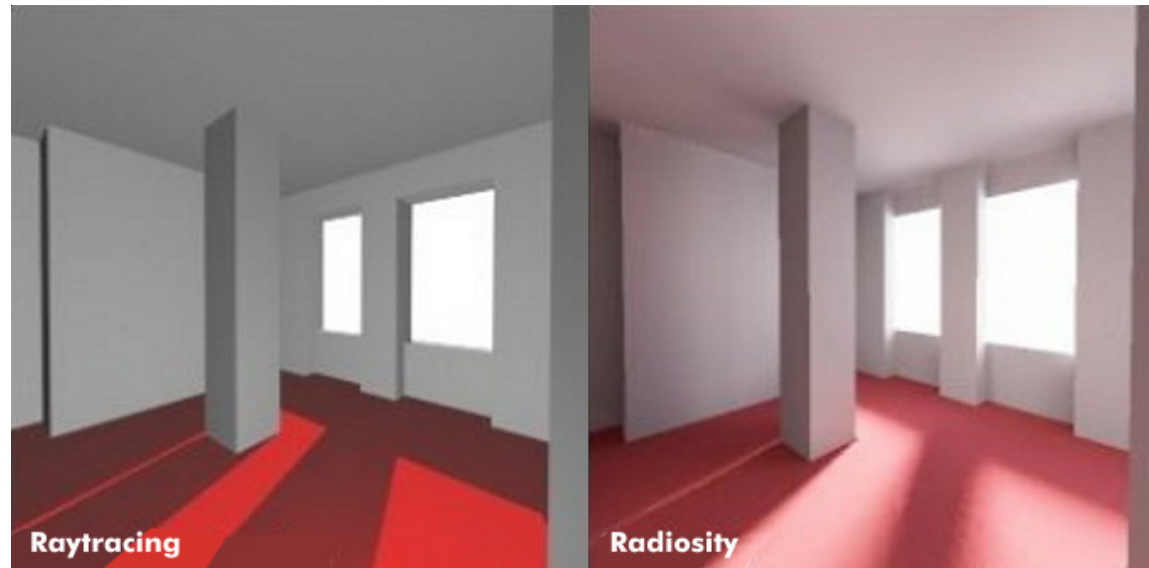
Präsentationsgrafiken werden von entsprechenden Programmen direkt aus Zahlenreihen und Tabellen erstellt. Ausdrucke auf Papier oder Folien oder die Präsentation mit Displays oder Projektoren bilden eine wichtige Grundlage für Präsentationen, Gespräche, Messen, Tagungen und Konferenzen.

bildet immer eine in sich geschlossene Fläche, die in einer Ebene liegt. Bei gekrümmten Körpern wird die Fläche durch mehrere kleinere Polygone angenähert. Das Polygon mit den wenigsten Punkten und Kantenlinien ist das Dreieck. Werden mehrere Polygone miteinander verbunden, dann muss mindestens eine Kantenlinie gleichzeitig zu zwei Polygonen gehören. Man spricht dann von Polygonnetzen.

Eine Präsentationsgrafik ist ein grafisches Anwendungsprogramm, das in

Radiosity

Für 3D-Darstellung von Objekten mit realistischen Licht-Schatten-Effekten, mit Lichtreflexionen und -brechungen gibt es mehrere Grafikverfahren. *Raytracing* ist eines *Phong Shading* ein weiteres. Was Raytracing betrifft, so zeichnet sich dieses dadurch aus, dass es alle sichtbaren und nicht sichtbaren Lichtreflexe und Oberflächenschattierungen detailliert mit äußerst hohem Rechenaufwand darstellt. Allerdings sind die Darstellungsmöglichkeiten für fotorealistische Darstellungen insofern eingeschränkt, als dass Raytracing das Umgebungslicht nicht berücksichtigt und außerdem die Reflektion matter Oberflächen wie die von Wänden nicht hinreichend berücksichtigt. Ersteres wirkt sich auf eine realistische Kontrastminderung zwischen beleuchteten und schattigen Bereichen aus. Diese beiden Nachteile behebt das Verfahren Radiosity.



Raytracing und Radiosity, Screenshot: budda165.wordpress

Radiosity teilt die Szene in mehrere Teilbereiche und berechnet wie das abgestrahlte Licht der Objekte eines Teilbereichs die Objekte in einem anderen beeinflusst. Wenn die einzelnen Teilbereiche berechnet sind, werden sie

verkleinert und erneut berechnet, und zwar solange bis die Berechnung auf Pixelgröße basiert. In die Berechnung werden sowohl die sichtbaren als auch die nichtsichtbaren Bildteile einbezogen. Dadurch werden die Schattenkanten weicher und Bildteile, die nicht unmittelbar von Licht beleuchtet werden, werden sichtbar.

Die Radiosity-Technik hat zudem den Vorteil, dass die Berechnungswerte bei der Bewegung durch die Objektwelt weiter benutzt werden können, solange sich die Beleuchtungsquellen nicht ändern. Das macht die Radiosity-Technik vorallem für Architekturdarstellungen interessant bei der sich der Betrachter durch die Gebäude bewegen kann.

Nachteilig ist allerdings, dass der Rechenaufwand noch wesentlich höher ist, als der von Raytracing.

Rastergrafik

raster graphics

Der Begriff Rastergrafik besagt etwas über die Art der Darstellung. Rastergrafiken haben ein festes Raster, das in identische vertikale und horizontale Linien eingeteilt ist, wodurch sich quadratische Felder ausbilden. Jedes quadratische Feld entspricht einem *Bildpunkt*, der entsprechend einer *Pixelgrafik* einen digitalen Wert repräsentiert.

Bei der Rastergrafik erfolgt die Darstellung zeilenweise von links nach rechts und bildweise von oben nach unten, immer fortlaufend. Diese Darstellungsform hat den Vorteil, dass die Wiederholrate unabhängig ist vom Bildinhalt und man durch eine geeignete Bildwiederholrate eine stabile, flimmerfreie Bilddarstellung erhält. Die Rasterdarstellung ist die häufigste Form der Darstellung auf Monitoren oder anderen Displays. Sie kann für alle *Computergrafiken* verwendet werden. Rastergrafiken enthalten nur Rasterinformationen und keine Vektordaten. Jeder Bildpunkt kann in Schwarz-Weiß, in *Graustufen* oder in Farbe dargestellt werden. Rastergrafiken sind speicherintensiv und können durch verschiedene Kompressionsverfahren einer Datenreduktion unterzogen werden.

Raytracing

Raytracing ist ein computergrafisches Verfahren für die realistische Darstellung von virtuellen, dreidimensionalen Szenen auf einem zweidimensionalen Bildschirm. Weitere sind das *Phong Shading* und *Radiosity*. Beim Raytracing, einem äußerst rechenintensiven Verfahren, wird die Wirkung der Beleuchtung auf die *Textures* der Objektoberflächen berechnet, ebenso wie die entstehenden Licht-Schatten-Effekte unter Berücksichtigung des Betrachtungswinkels. Die Lichtreflexion der verschiedenen Oberflächenmaterialien spielt dabei eine entscheidende



Raytracing, Grafik: Databasen.de

Rolle, da die Oberflächenbeschaffenheit, deren Form und Farbe die Brechung, Beugung, Absorption und Reflexion der auftreffenden Lichtstrahlen bestimmt. Was die Oberflächentexturen betrifft, so reflektieren diese auftreffendes Licht je nach Materialbeschaffenheit punktförmig, gleichmäßig oder diffus. Metalle erzeugen beispielsweise eine andere Lichtreflexion als Gummi oder Kunststoffe. Die Licht-

Schatten-Effekte werden von der Anzahl der Lichtquellen, deren Lichtstärke, Farbton und Anordnung bestimmt und was den Betrachtungswinkel betrifft, so können je nach Betrachtungswinkel Objekte von einem anderen Objekt verdeckt sein. Dieses Sichtbarkeitsproblem wird im Raytracing so behandelt, wie die Ausbreitung von Lichtstrahlen. Dem Verfahren nach wird dabei von einem virtuellen Betrachter aus, ein Sehstrahl in die 3D-Szene geschickt, der jeden einzelnen *Bildpunkt* berechnet. Die Bildpunkte, von denen der Sehstrahl zuerst reflektiert wird, sind sichtbar. Die weitergehende Berechnung berücksichtigt die Lichtreflexion von dem ersten Objekt in den Raum und auf andere Objekte, deren Oberflächenstruktur durch das reflektierte Licht weitere Lichteffekte hervorruft.

Raytracing arbeitet bei der Berechnung mit unendlich vielen kleinen Dreiecken. Die komplette Szene mit allen Objekten, Lichtreflexionen und Schatten setzt sich aus kleinen Dreiecken zusammen, die jedes für sich separat für jeden einzelnen Lichtstrahl und den Schnittpunkten der Lichtstrahlen berechnet wird. Um den enormen Rechenaufwand, dieser wird für eine normale Darstellgröße auf 1 Billion Rechenoperationen geschätzt, zu reduzieren, werden beim Raytracing nur die Objekte und Lichteffekte berechnet, die der Betrachter auch sieht. Nicht sichtbare Lichteffekte und Lichtreflexionen, die vom Betrachter weg in den nicht sichtbaren Raum erfolgen, bleiben dagegen unberücksichtigt.

Der Rechenvorgang entspricht damit der Betrachtungsweise des Anwenders. Eine kostengünstige Alternative zum Raytracing ist das *Environment-Mapping*, das weniger rechen- und zeitaufwendig ist.

Mit dem Raytracing können 3D-Szenen physikalisch korrekt dargestellt werden. Das betrifft die Oberflächen, die Distanzen der Objekte untereinander und deren Perspektiven und die vielen Licht-Schatten-Effekte.

Rendering

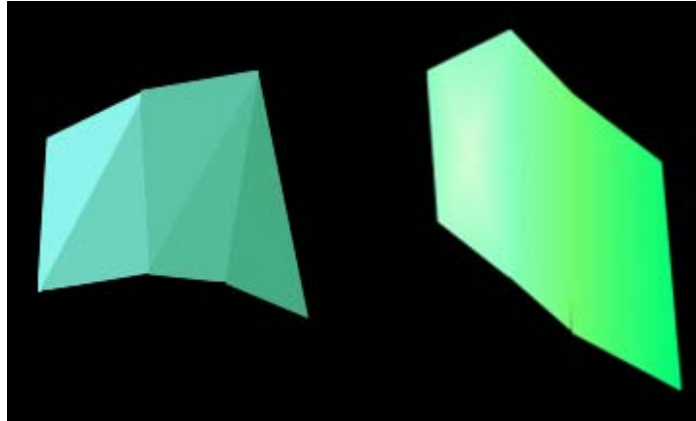
Das Rendering ist eine detaillierte Modellberechnung, um aus einem Rechnermodell ein realitätsnahes grafisches *Volumenmodell*, eine *Animation* oder eine Videosequenz zu erzeugen. Es handelt sich dabei um einen Arbeitsschritt bei der Erstellung eines grafischen Objektes oder einer multimedialen Sequenz.

Nutzt man bei der Erstellung von komplexen grafischen Objekten, bei Animationen oder Videosequenzen in der Erstellungsphase einfache Modelle, wie beispielsweise *Drahtmodelle* oder *Vorschauformate*, oder komprimierte Datenformate, um die Rechenzeit so gering wie möglich zu halten, müssen bei der Fertigstellung des Objektes oder der Animation Detailberechnungen durchgeführt werden. Dazu gehören nicht nur realitätsnahe sondern teilweise auch fotorealistische Darstellungen. Das Rendering berücksichtigt u.a. die Oberflächenstruktur und Schattenbildung, die Materialbeschaffenheit, Farbverläufe, Materialtransparenz, Lichtquellen, den Hintergrund, den Bewegungsablauf usw. Diese Berechnungen werden durch das rechenaufwändige Rendering vor der endgültigen Fertigstellung durchgeführt.

Es gibt verschiedene Renderverfahren wie das *Gouraud*, *Raytracing*, das *Radiosity* oder *Scanline*, die sich in der Qualität und den Einsatzmöglichkeiten in ihrer Einfachheit und Komplexität unterscheiden. Einige bieten Vorteile bei der Positionierung von Lichtquellen und der Schattenbildung, andere bei der Berechnung der Oberflächenbeschaffenheit und der Flächenglättung. Je nach Verfahren kann der Rechenaufwand für das Rendering mehrere Stunden und auch Tage in Anspruch nehmen.

Schattierung *shading*

Unter Shading versteht man Schattierungsverfahren, mit denen die Darstellung von Flächen und Körpern in *3D-Grafiken* realistischer dargestellt werden. Die Schattierung setzt die Beleuchtung eines Körpers voraus. Durch sie werden Körperformen und Körperkonturen,



Darstellung der Polygone beim Flat-Shading und beim Gouraud-Shading

Objektbeleuchtung benutzt werden, diffus strahlendes Tages- und Kunstlicht und viele andere Beleuchtungsvarianten.

Darüber hinaus kann man über Schattierungsverfahren die Lichtreflexion auf der Objektoberfläche bestimmen. Zu ihnen gehören das *Flat Shading*, *Gouraud-Shading*, *Phong-Shading*, der *Vertex-Shader* und der *Pixel-Shader*.

Als *Specular Highlight* werden in der *Bildbearbeitung* spiegelnde Glanzlichter bezeichnet. Die Technik der *Specular Highlights* wird in *3D-Grafiken* eingesetzt um das Augenmerk des Betrachters auf ein bestimmtes Bilddetail zu richten und dadurch szenischen Details oder Objektformen hervorzuheben.

Solche spiegelnden Lichtpunkte erhöhen die Aufmerksamkeit, verbessern die realitätsnahe 3D-Darstellung und führen den Betrachter zu dem gewünschten erhellten Objektdetail, beispielsweise einer lackierten Fahrzeugkarosserie. Die Technik der Glanzlichter wird von den

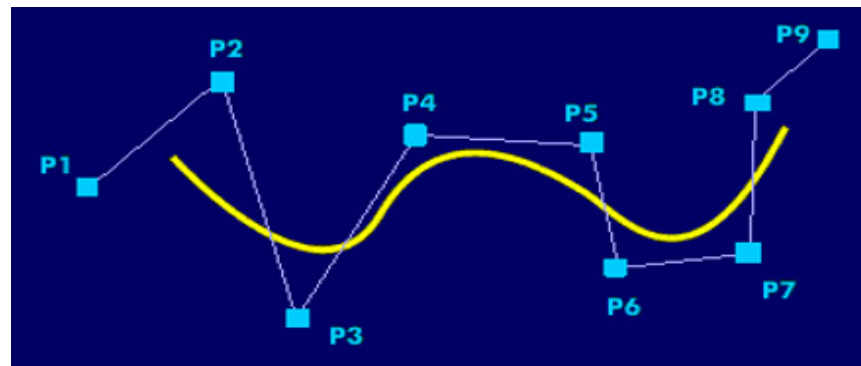
ebenso wie Unebenheiten und Krümmungen von Flächen plastisch hervorgehoben. Die in den *Grafikprogrammen* vorhandenen Beleuchtungsmöglichkeiten berücksichtigen alle realistischen Varianten. Dabei kann es sich um Kunstlicht mit einer oder mehreren Lichtquellen handeln bei denen man den Winkel für die Lichtabstrahlung ebenso definieren kann wie deren Helligkeit und Abstand vom Objekt. Ebenso kann jahreszeit- und tageszeitabhängiges Tageslicht für die

Specular Highlight Spiegelndes Glanzlicht

meisten *Grafikprogrammen* unterstützt.

Specular Highlights sind abhängig vom Oberflächenmaterial und dessen Lichtreflexion, Streuung und Brechung. Je nach Oberflächenbeschaffenheit ist der simulierte Glanzpunkt punktförmiger oder breiter und im Reflexionsverhalten spitzer oder diffuser.

Spline



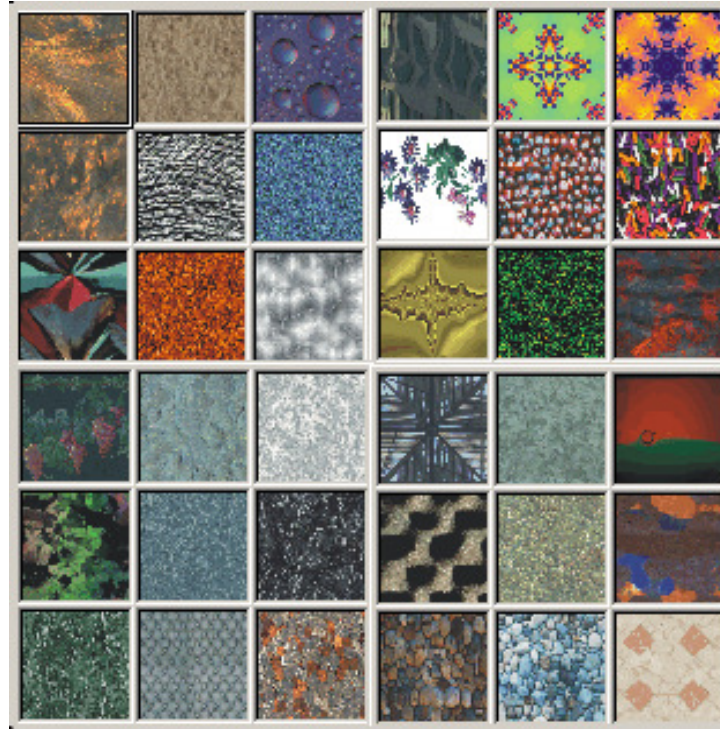
B-Spline mit neun Kontrollpunkten

die Linie oder Fläche weich verformt. Das Ergebnis ist eine Linie, die keinerlei Kanten oder Ecken aufweist.

Bei der Spline-Technik unterscheidet man zwischen kubischen Splines und Basis-Splines, so genannten B-Splines. Bei den kubischen Splines werden jeweils zwei Kontrollpunkte mit einer Kurve dritter Ordnung verbunden, wodurch bei einer beliebigen Anzahl an Punkten (n), $n-1$ *Polygone* dritten Grades gebildet werden müssen. Die kubischen Splines werden so berechnet, dass die einzelnen Kurvenzüge durch alle Kontrollpunkte gehen. Bei den B-Splines hingegen wird die Kurve durch $p+1$ Kontrollpunkte bestimmt und besteht aus „ p “ Kurvenstücken. Die Spline-Technik ist sehr effizient und kann auch auf 3D-Modelle übertragen werden. Eine der bekannteren Spline-Techniken sind die *Bézier-Kurven*.

Spline ist eine Technik, die bei der Bearbeitung von Grafiken zur Krümmung und Modellierung von Linien, Flächen und Objekten angewendet wird. Bei dieser Technik wird die Linienkonstruktion mit mehreren im Raum verteilten Kontrollpunkten versehen. Durch Bewegen dieser Kontrollpunkte wird

Texture



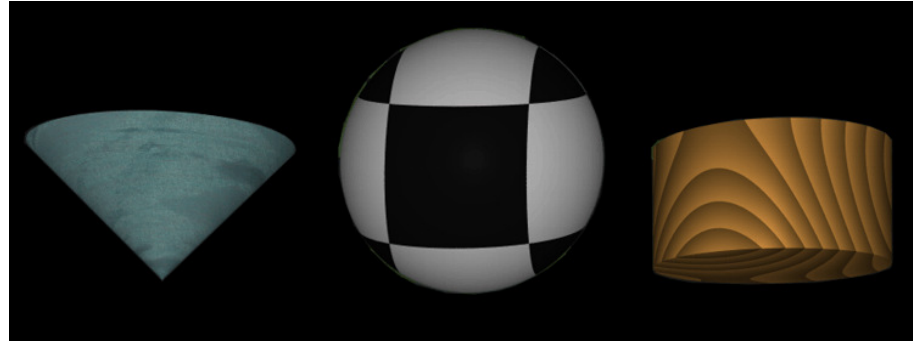
Beispiele für Texturen

Diagramme. Die Kreativität hinsichtlich der Strukturmuster ist schier unbegrenzt und kann durch anwendungsspezifische Texturen, die der Anwender selbst anlegt, noch erhöht werden. Die Texture-Technik wird in Grafikprogrammen benutzt um Flächen und Körper mit vorgefertigten Mustern, Materialnachbildungen oder Strukturen zu versehen. So können Körper mittels *Texture-Mapping* ebene und beliebig gekrümmte Körper mit verschiedenen Holzmaserungen, Stein- oder Metallstrukturen belegt werden.

Unter einer Texture versteht man ein-, zwei- und sogar dreidimensionale Muster, Bilder oder Strukturen. Diese Muster, die man in vielen Parametern verändern kann, findet man in *Grafikprogrammen* als Füllmusterbibliotheken.

Sie beinhalten Muster von natürlichen Materialien wie Mineralien, Steinen und Metallen, Wolle und Leder, ebenso wie von natürlichen Ereignissen wie der Wolken- und Blasenbildung, von Flammen, Regenbogen und kosmischer Energie. Texturen können aus der Technik sein und das technische Rauschen oder die Struktur von verschiedenen Papieren darstellen. Schriften und Firmenlogos können ebenso als Texturen erhalten wie Fotos, Grafiken oder

Texture-Mapping



Texture-Mapping bei verschiedenen Körpern, Grafiken: University Waterloo

Texture-Mapping ist eine Technik der *Computergrafik* mit der man Texturen auf ebene und beliebig gekrümmte Körper projiziert. Beim Texture-Mapping kann der Körper eine beliebige Winkelung hinsichtlich seiner Lage und Position einnehmen. Außerdem kann auch das Mapping aus einer

beliebigen Perspektive erfolgen. Technisch betrachtet ähnelt das Texture-Mapping dem *Gouraud-Shading*, da auch beim Texture-Mapping die Eckpunkte der einzelnen *Polygone* als Koordinatenpunkte dienen und über jedes einzelne Polygon eine lineare *Interpolation* der Texture erfolgt.

Durch das Texture-Mapping kann auf jede Fläche oder jeden beliebig geformten Körper eine statische oder dynamische Texture, beispielsweise eine *Animation*, projiziert werden. Der Körper kann dadurch aus gewünschten Materialien mit spezieller Oberflächenstruktur dargestellt werden. Dieses Verfahren wird in der Computergrafik eingesetzt und dient der schnellen Darstellung von Oberflächenstrukturen, unter Berücksichtigung der Objektentfernung.

Tweening

Die Wortschöpfung Tweening ist abgeleitet von „in between“, was dazwischen bedeutet. Unter Tweening versteht man in der *Computergrafik* die Berechnung von einzelnen Zwischenbildern in einer *Animation* oder beim *Morphing*. Bei dieser Technik werden ein oder mehrere Zwischenbilder zwischen das Ausgangs- und das Endbild eingefügt und sorgen so für eine

kontinuierliche Annäherung an das Endbild.

Das Tweening dient dazu einen graduellen Übergang zwischen zwei Einzelbildern zu schaffen, um den Eindruck einer sprunghaften Veränderung zu vermeiden.

Vektorgrafik *vector graphics*

Vektorgrafiken basieren auf grafischen Primitiven wie Linien, Rechtecken, Kreisen, Ellipsen, Polylinien und *Polygonen*, die von Koordinatenpunkten ausgehend gespeichert und dargestellt werden. In einer Vektorgrafik werden also alle in der Grafik vorkommenden geometrischen Figuren in ihrer mathematischen Beschreibung gespeichert. Bezugspunkt der einzelnen grafischen Elemente ist ein festgelegtes Koordinatensystem auf dem Bildschirm. Basierend auf diesem Koordinatensystem wird beispielsweise eine Linie durch die Anfangs- und Endkoordinaten bestimmt. Parameter wie die Linienstärke, die Farbe oder die Art der Linie werden zur eindeutigen Wiedergabe zusätzlich gespeichert.

Ein Kreis wird durch die Koordinaten des Kreismittelpunktes, des Radius, der Füllung und weiterer Parameter eindeutig festgelegt. Jedes weitere grafische Element ist in gleicher Weise über grafische Primitive definierbar. Bei der Darstellung einer Vektorgrafik wird der Elektronenstrahl des Bildschirms unmittelbar den gespeicherten Koordinaten folgen. Er springt u.U. häufig und unkoordiniert zwischen beliebigen Punkten auf dem Bildschirm. Damit bei steigender Komplexität der Vektorgrafik das Bild nicht flimmert, nutzt man Bildschirme mit Rasterdarstellung.

Die vektorielle Darstellungsart hat den Vorteil, dass sie verlustfrei rekonstruiert und kompakt gespeichert werden kann.

Vektorgrafiken werden für konstruktive Darstellungen in *Zeichenprogrammen* genutzt und u.a. im CAD-Bereich verwendet. Typische Dateiformate für Vektorgrafiken sind Corel-Draw-Dateien, und die skalierbaren Vektorformate Precision Graphics Markup Language (PGML) und Scalable

Vector Graphics (SVG), sowie die webgerechten Vektorformate Vector Markup Language (VML), Drawing Web Format (DWF) und Virtual Reality Modelling Language (VRML).

Volumenmodell *volume model*

Das Volumen- oder Körpermodell dient der Modellierung von 3D-Modellen mit einer realitätsnahen Anpassung, eine möglichst genaue Approximation der Realität. Das Volumenmodell entsteht durch *Rendering* des *Flächenmodells* und berücksichtigt bei der Berechnung die Strukturen, die Transparenz und die Reflexionseigenschaften des Oberflächenmaterials, des Weiteren den Hintergrund mit die aus der Beleuchtung resultierenden Schatten. Die *Polygone* des Flächenmodells werden zu kontinuierlichen Übergängen berechnet, verdeckte Flächen können nur durch die Drehung des Koordinatensystems oder des 3D-Modells sichtbar gemacht werden. Der Rechenaufwand für das Volumenmodell ist relativ hoch, deswegen ist eine vorherige genaue Modellierung mittels *Drahtmodell* oder Flächenmodell erforderlich.

Es gibt mehrere Volumenmodelle: das Boundary Representation Modell, bekannt als Brep-Modell oder auch Flächenbegrenzungsmodell, das Constructive Solids Geometry Modell, kurz CSG-Modell und das Swept Area Solid Modell, auch als Translations- und Rotationsmodell bekannt.

Urheber und Herausgeber

Klaus Lipinski
Datacom-Buchverlag GmbH
84378 Dietersburg

ISBN: 978-3-89238-228-7

Computergrafik

E-Book, Copyright 2011

Trotz sorgfältiger Recherche wird für die angegebenen Informationen keine Haftung übernommen.



Dieses Werk ist unter einem Creative Commons Namensnennung-Keine kommerzielle Nutzung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenzvertrag lizenziert.

Erlaubt ist die nichtkommerzielle Verbreitung und Vervielfältigung ohne das Werk zu verändern und unter Nennung des Herausgebers. Sie dürfen dieses E-Book auf Ihrer Website einbinden, wenn ein Backlink auf www.itwissen.info gesetzt ist.

Layout & Gestaltung: Sebastian Schreiber

Titel: © NiDerLander? - Fotolia.com

Produktion: www.media-schmid.de

Weitere Informationen unter www.itwissen.info