

Graphische Datenverarbeitung II

Geometrische Modelle

Prof. Dr. Elke Hergenröther

Geometrische Modelle

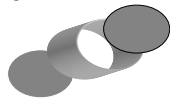
- definiert durch die geometrische und topologische Eigenschaft des Körpers.
- beinhaltet keine Information zur Darstellung des Körpers.
- Beschreibung 3D-Modelle ohne Darstellungstechniken, wie die Beleuchtung, oder Graphikverfahren, wie Verdeckungs-berechnung ist nicht ganz einfach.

Dr. Elke Hergenröther 2

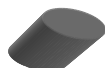
3D-Modelle



- Drahtmodell



- Flächenmodell



- Volumenmodell

Dr. Elke Hergenröther 3

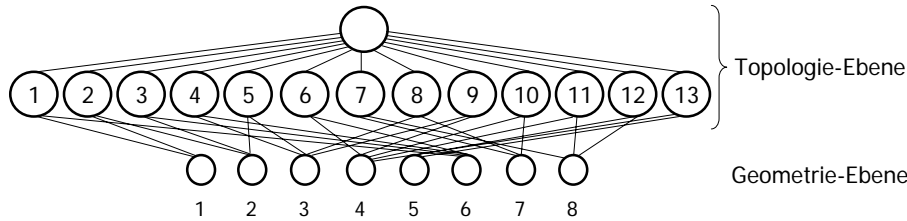
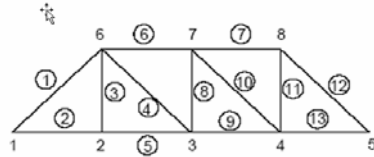
Drahtmodell

- einfachste Variante, die dem Prinzip des Skizzierens folgt
- geometrische Information wird anhand der Ecken und Kanten des Körpers beschrieben.
- **Eckpunkte:**
definieren die Ecken des Körpers
3D-Ortsvektoren zur Position der Ecke zeigen
- **Kanten:**
ungerichtete Verbindungen von zwei Eckpunkten

Dr. Elke Hergenröther 4

3D-Kantenmodell (Drahtmodell, wire frame model)

Rechner interne Darstellung (RID)



3D-Kantenmodell (Drahtmodell, wire frame model)

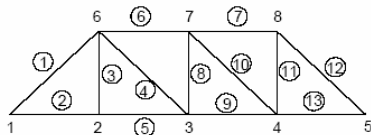
Rechnerinterne Repräsentation des Drahtmodells auf Programmebene

- Kantenliste (indizierte Liste)
- Adjazenzliste (via Zeiger)

3D-Kantenmodell (Drahtmodell, wire frame model)

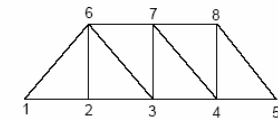
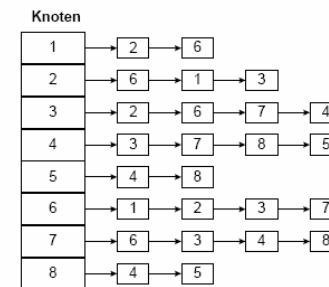
Kantenliste

Kante	von	nach
1	1	6
2	1	2
3	2	6
4	3	6
5	2	3
6	6	7
7	7	8
8	3	7
9	3	4
10	4	7
11	4	8
12	5	8
13	4	5



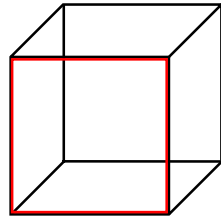
3D-Kantenmodell (Drahtmodell, wire frame model)

Adjazenzliste



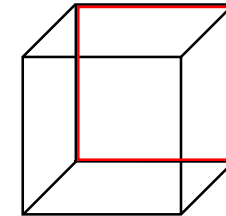
Einschränkungen des Drahtmodells

- es können keine Flächen beschrieben werden:
Man weiß nicht welche Seite des Quaders offen und welche geschlossen ist.
- es kann kein Volumen beschrieben werden:
Ist der Quader hohl oder gefüllt?
- Durch die perspektivische Interpretation kann man bestimmen welche Kanten vorne und welche hinten liegen.



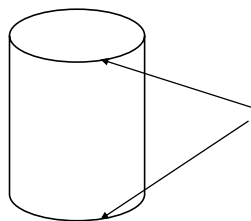
Einschränkungen des Drahtmodells

- es können keine Flächen beschrieben werden:
Man weiß nicht welche Seite des Quaders offen und welche geschlossen ist.
- es kann kein Volumen beschrieben werden:
Ist der Quader hohl oder gefüllt?
- Durch die perspektivische Interpretation kann man bestimmen welche Kanten vorne und welche hinten liegen.



Einschränkungen des Drahtmodells

Mit diesem Modell können keine Kreiszylinder beschrieben werden.



Diese Flächen besitzen keine Ecken.
Darstellung im Drahtmodell nur durch Approximation möglich.

Drahtmodell

Fazit:

Flächen und Volumen lassen sich mit Hilfe von Drahtmodellen nur unvollständig (nicht eindeutig) beschreiben.

Verwendung der Drahtmodelle:

- Geringe Renderingzeit
- Visualisierung sonst verdeckter Teile
- Ausgabe auf vektoriiellen Ausgabegeräten (Plottern)

3D-Modelle



- Drahtmodell



- Flächenmodell

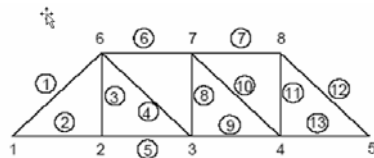


- Volumenmodell

Flächenmodelle

- zusätzlich zu den Elementen, die das Drahtmodell beschreiben, werden Flächen definiert.
- Kanten bilden die Begrenzung der Fläche
- Flächen besitzen eine Orientierung (Außenseite und Innenseite)
- Orientierung wird durch die Reihenfolge der Kanten bestimmt: Gegen den Uhrzeigersinn = außen

Wie würde die RID dieses Objekts als Flächenmodell aussehen?



} Topologie-Ebene
 Geometrie-Ebene

3D-Modelle



- Drahtmodell



- Flächenmodell

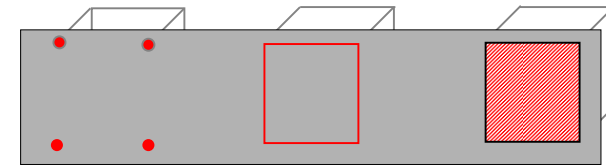


- Volumenmodell

Definition des Volumenmodells

Für jeden Punkt im Raum soll **eindeutig** entscheidbar sein ob er innerhalb oder außerhalb des Körpers liegt.

3D-Modelle im Vergleich



Drahtmodell

Flächenmodell

Volumenmodell

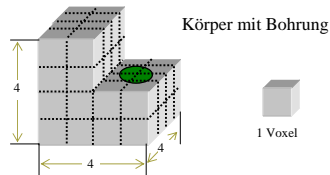
Volumenmodelle

- Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")
- Zellzerlegung ("cell decomposition")
- Parametrisierung ("primitive instancing")
- Sweeping
- Flächenbegrenzungsdarstellung
("boundary representation" = *BREP*)
- Festkörperdarstellung ("constructive solid geometry" = *CSG*)

Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")

- **Der Raum** wird in gleich geformte und gleich große Zellen unterteilt. (Volumenelemente = Voxel)
- Das Objekt wird beschrieben in dem angegeben wird, welche Zellen belegt sind.

Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")



Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")

Anwendungsbeispiele:

- Haptischen Rendering

Haptisches Rendering: Voxmap Pointshell



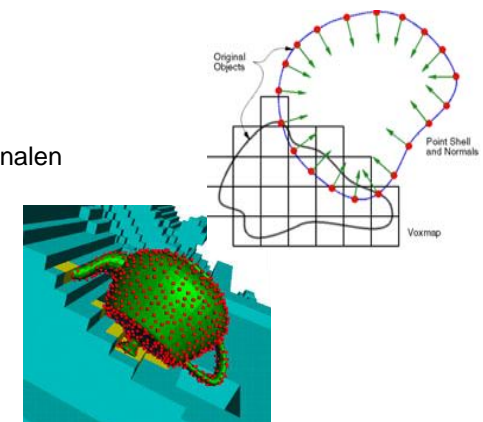
Haptisches Rendering: Voxmap Pointshell

Voxmap Pointshell (VPS™)

Dieses Verfahren nutzt die Federkupplungs-Methode:

Der VPS arbeitet nicht auf polygonalen Modellen:

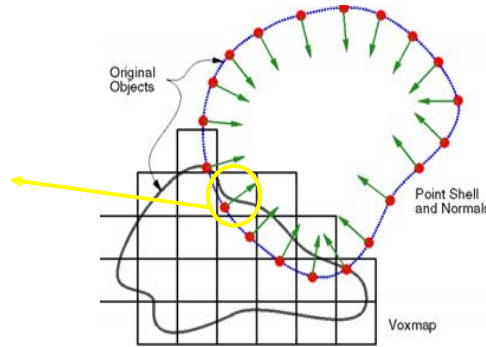
- Statische Szene repräsentiert als Volumenmodell (**Voxels**)
- Oberfläche des dynamischen (bewegten) Objektes wird als Punktwolke mit Flächennormalen repräsentiert (**Points**)



Haptisches Rendering: Voxmap Pointshell

Kräfte für alle eingedrungenen Punkte bestimmen:

- Berechnen aller einzelnen Kontaktkräfte der Pointshellpunkte, die in die Kollision verwickelt sind.



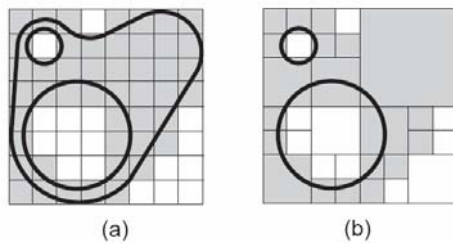
Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")

Nachteil des Verfahrens:

- Körper können beliebig fein approximiert werden.
- Je feiner die Unterteilung, desto höher der Speicherbedarf.
- Optimierungsmöglichkeiten: Octree (2D Variante: Quadtree)

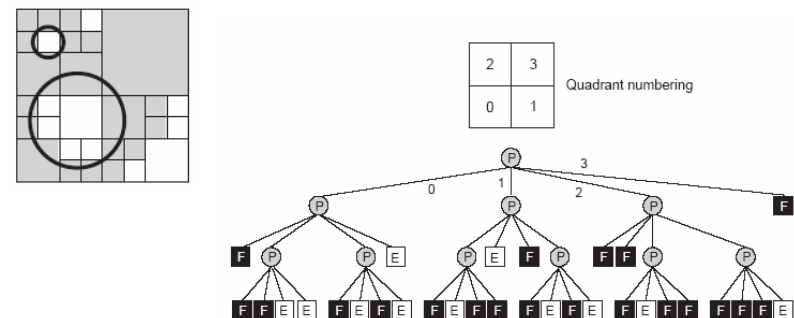
Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")

Optimierung durch Quadrees



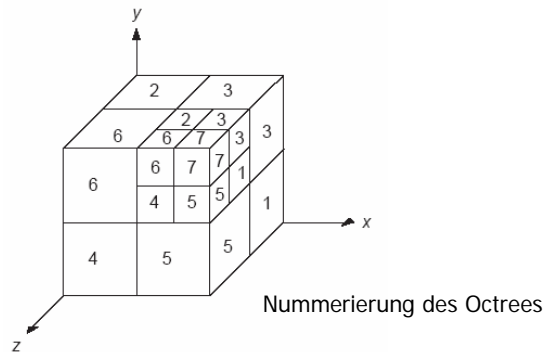
Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")

Optimierung durch Quadrees



Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")

Optimierung durch Octrees



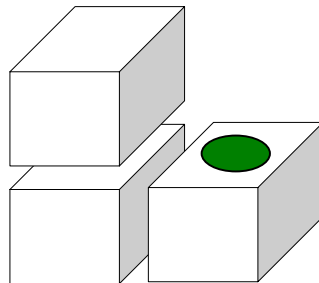
Volumenmodelle

- Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")
- Zellzerlegung ("cell decomposition")
- Parametrisierung ("primitive instancing")
- Sweeping
- Flächenbegrenzungsdarstellung
("boundary representation" = *BREP*)
- Festkörperdarstellung ("constructive solid geometry" = *CSG*)

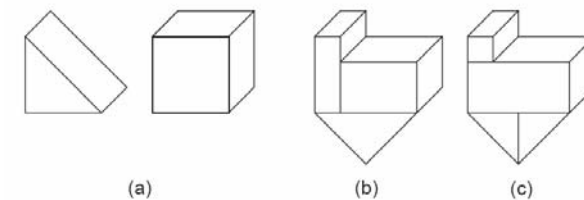
Zellzerlegung ("cell decomposition")

Körper wird aus einfachen Bausteinen zusammengesetzt:
Quader, Pyramiden, etc.

Anwendung: Finite Element Methode (FEM)



Zellzerlegung ("cell decomposition")



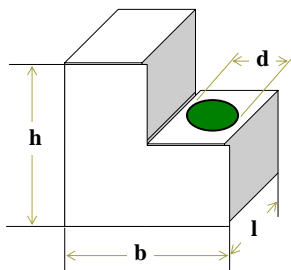
Volumenmodelle

- Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")
- Zellzerlegung ("cell decomposition")
- **Parametrisierung ("primitive instancing")**
- Sweeping
- Flächenbegrenzungsdarstellung
("boundary representation" = *BREP*)
- Festkörperdarstellung ("constructive solid geometry" = *CSG*)

Parametrisierung ("primitive instancing")

- zur Modellierung werden vordefinierte Grundkörper verwendet.
- Die Grundkörper können durch Änderung bestimmter vorgegebener Parameter variiert werden.
- Mögliche Variationen: Skalierung, Scherung
- Die Menge aller Körper, die aus einem Grundkörper erzeugt werden können nennt man Teilefamilie (Varianten)

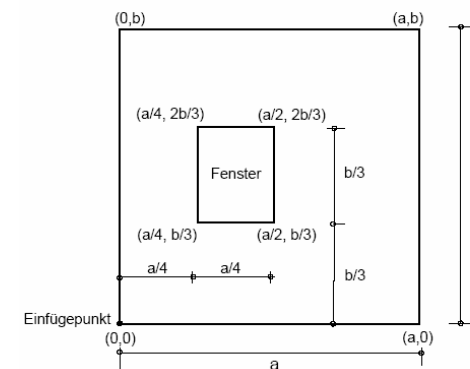
Parametrisierung ("primitive instancing")



	l	b	h	d
Variante 1	100	80	80	20
Variante 2	100	100	100	20
Variante 3			

Parametrisierung ("primitive instancing")

Variantenkonstruktion



Parametrisierung ("primitive instancing")

Einsatzgebiet: CAD

- Stahlbau,
- Maschinenbau,
- etc.

Volumenmodelle

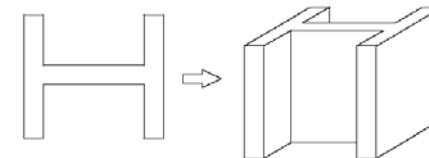
- Enumerationsverfahren ("spatial occupancy matrix")
- Zellzerlegung ("cell decomposition")
- Parametrisierung ("primitive instancing")
- **Sweeping**
- Flächenbegrenzungsdarstellung ("boundary representation" = *BREP*)
- Festkörperdarstellung ("constructive solid geometry" = *CSG*)

Sweeping

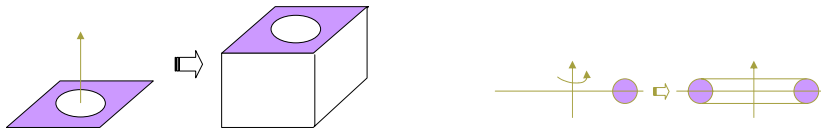
- Wesentlicher Unterschied zu den vorherigen Modellen: Körper wird durch seine Entstehungsgeschichte beschrieben.
- Prinzip: Fläche oder Volumen wird im Raum entlang einer Leitkurve bewegt. Der überstrichene Bereich gehört zum Inneren des Körpers.
- **Profilkörper:** Leitkurve = Gerade Strecke (eine zusätzliche Dimension: Extrusionsmodell; 2,5D)
- **Rotationskörper:** Leitkurve = Drehung
- Einsatzgebiet: vor allem Modellierung

Sweeping

Sweep - Modell

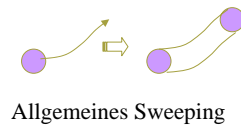


Sweeping



Profilkörper

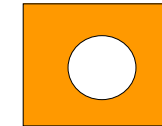
Rotationskörper



Allgemeines Sweeping

Flächenbegrenzungsdarstellung ("boundary representation" = *BREP*)

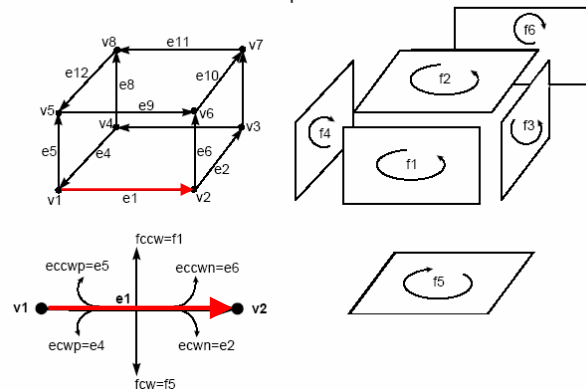
- Körperhülle wird durch Flächen beschrieben.
- Flächen haben eine Orientierung, die durch die Flächennormale bestimmt wird.
- Flächen können Öffnungen haben, die durch weitere Flächen definiert werden.



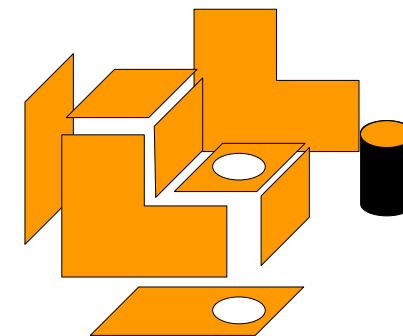
- Es gilt: Eine Kante darf nur zwei benachbarte Flächen haben.

Flächenbegrenzungsdarstellung ("boundary representation" = *BREP*)

B - Rep - Modell



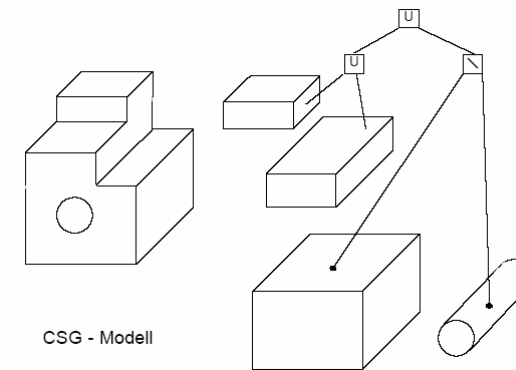
Flächenbegrenzungsdarstellung ("boundary representation" = *BREP*)



Festkörperdarstellung (“constructive solid geometry” = *CSG*)

- Körper werden aus einfachen Grundobjekten aufgebaut.
- Diese Grundobjekte werden durch Mengenoperationen miteinander verknüpft
- Einsatzgebiet: vor allem Modellierung

Festkörperdarstellung (“constructive solid geometry” = *CSG*)

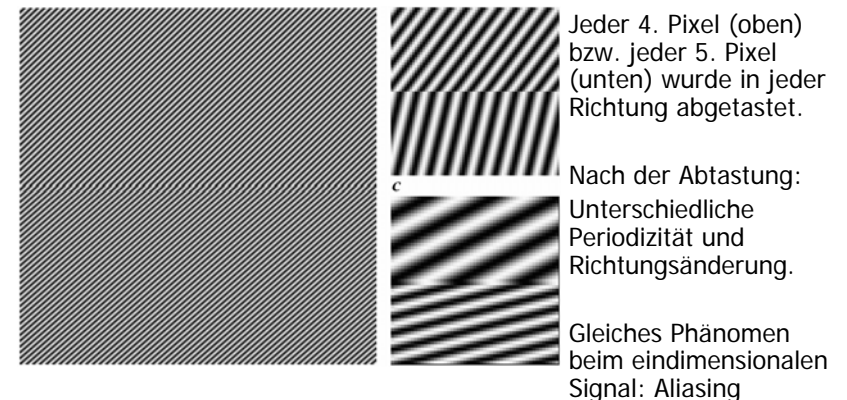


Wirkung der Digitalisierung

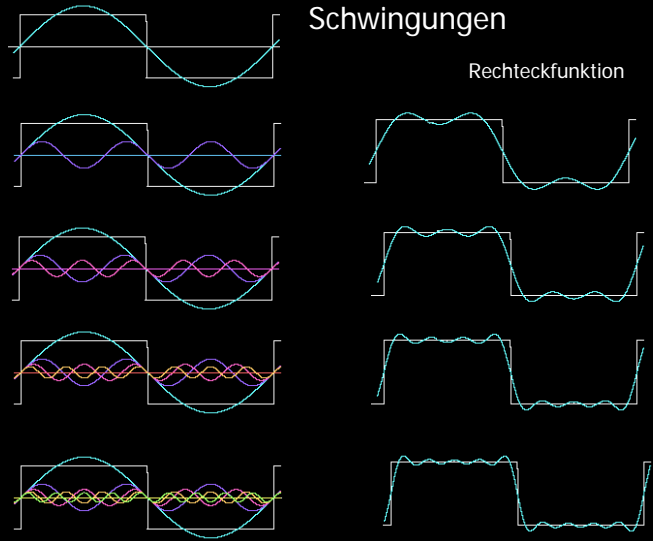
- Die Digitalisierung eines kontinuierlichen Bildes bedeutet einen enormen Datenverlust.
- Kontinuierliche Information wird auf ein Raster von Punkten reduziert.

Ziel: Ein kontinuierliches Bild realitätsgetreu, also ohne Informationsverlust wiederzugeben.

Moiré-Effekt

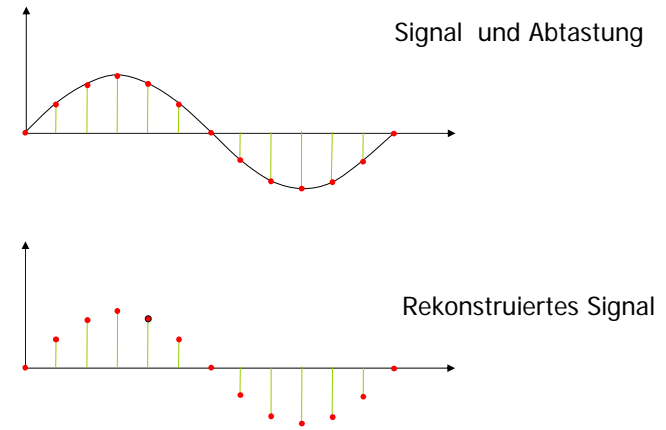


Zerlegen in harmonische Schwingungen



Rechteckfunktion

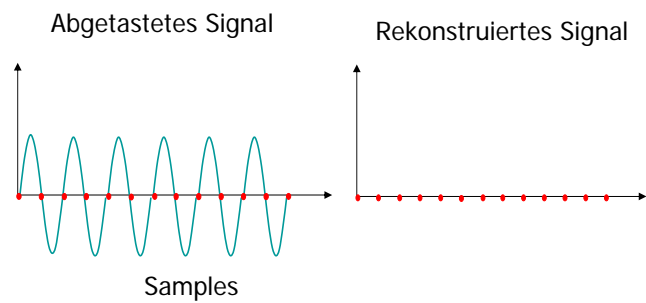
Abtastrate 12 mal höher als die Signalfrequenz:



Signal und Abtastung

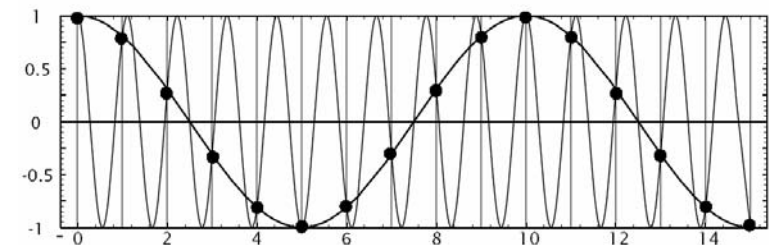
Rekonstruiertes Signal

Grenzfall: Abtastung mit doppelter Signalfrequenz



Samples

Abtastung mit 9/10 der Wellenlänge



Wellenlänge des Rekonstruierten Signals beträgt das 10fache des original Signals

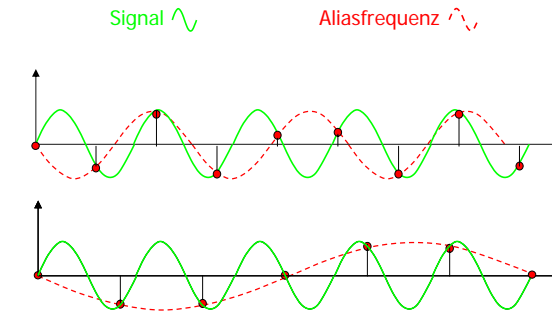
Das Abtasttheorem

Zum Erhalt eines korrekten periodische Rekonstruktion des Signals benötigt man mindestens 2 Abtastpunkte pro Wellenlänge.

Anders ausgedrückt:

Abtastung muss häufiger als mit der doppelten Signalfrequenz erfolgen.

Weitere Beispiele für Aliasing

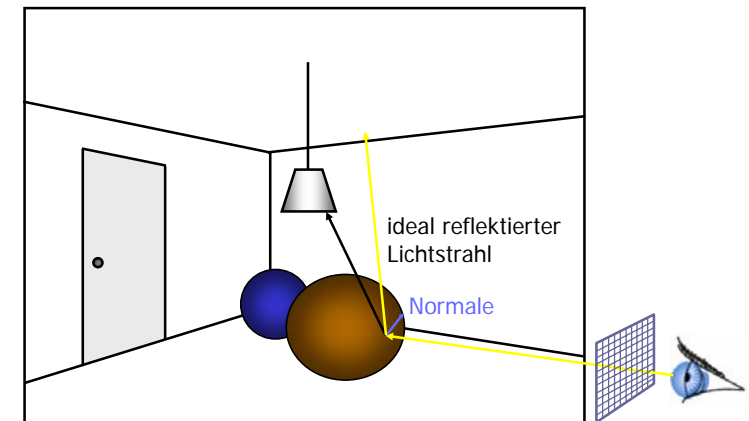


Antialiasing

Supersampling: Erhöhte Abtastrate
Beispiel hierfür ist Ray Tracing

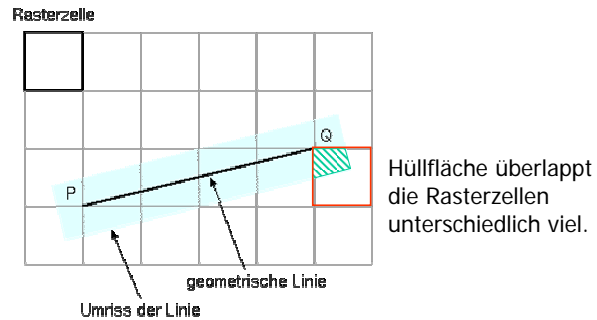
Tiefpassfilterung vor der Abtastung

Rekursives Ray Tracing



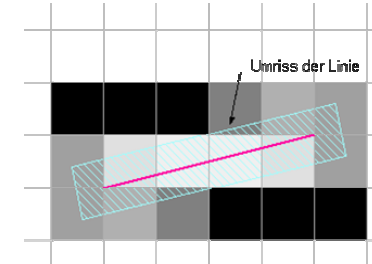
Area Sampling

Die Darstellung einer Linie muss mindestens ein Pixel breit sein.
Deshalb wird die Linie mit einer ein Pixel breiten Hülle eingeschlossen.



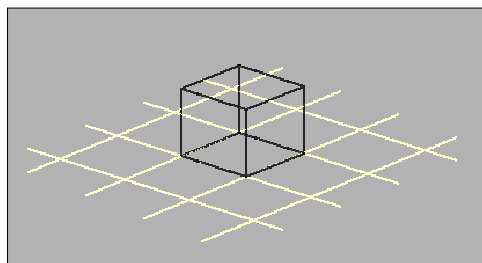
Area Sampling

Idee: **Pixelhelligkeit** *proportional zum Anteil der Überdeckung*



Weighted Area Sampling

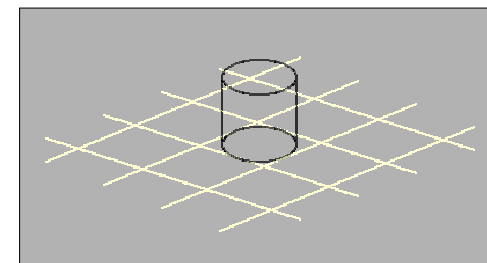
Berechnung des Helligkeitsbeitrags („Lichtvolumen“) eines Pixels in Bezug zur Rasterzelle.



gleichmäßig ausgeleuchtete Rasterzelle

Weighted Area Sampling

Die Pixel sind aber nicht viereckig sondern rund.



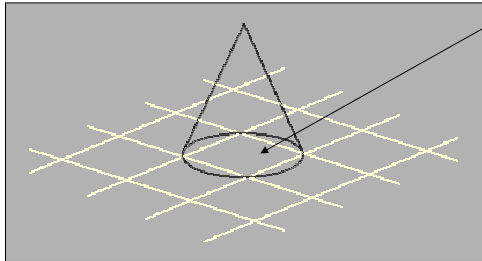
Ecken der Rasterzelle sind schwarz

Weighted Area Sampling

Pixel ist aber nicht gleichmäßig ausgeleuchtet.

Die Helligkeit fällt zum Rand hin ab.

Radius der Grundfläche = 1 Pixel

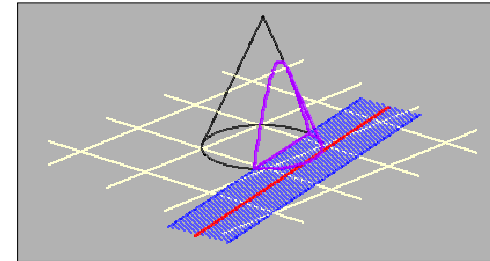


Helligkeitsanteil der Fläche wird anhand der 3. Dimension dargestellt.

Volumen des Kegels entspricht den Helligkeitsbeitrag des Pixels.

Weighted Area Sampling

Weighted Area Sampling beruht auf kegelförmigem Lichtvolumen.



Pixelhelligkeit abhängig vom abgeschnittenen
Volumenanteil des Gesamtvolumens