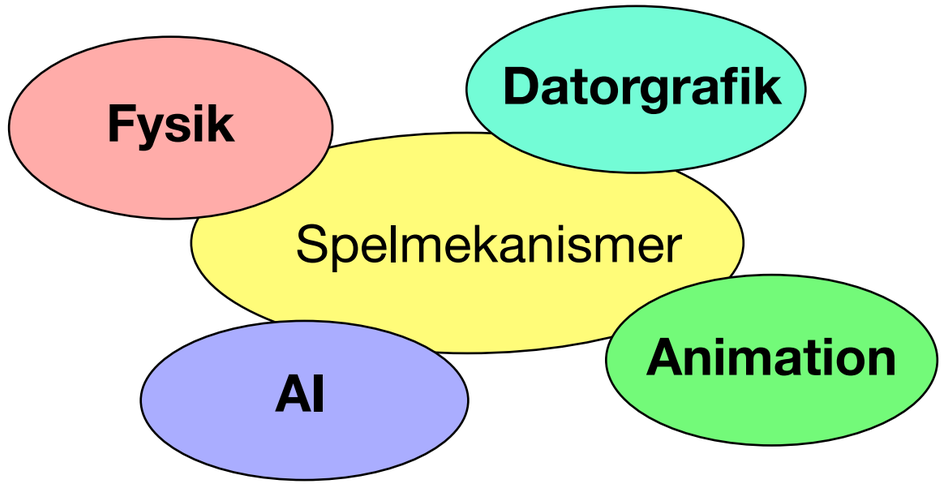
TSBK 03
Teknik för avancerade datorspel

Ingemar Ragnemalm, ISY



Föreläsning 3

"Konventionell" skuggenerering

- Skuggor, definitioner
  - Plana skuggor
  - Skuggmappning
  - Skuggvolymer
  - Mjuka skuggor
- Ambient occlusion

Viktiga verktyg från föreläsning 2

Texturmatris / projektionsmatris

Stencilbuffer

Rendera till textur

Z-buffern som textur

Skuggor är viktiga eftersom:

- bidrar med realism
- viktiga “depth cues” som gör det lättare att förstå scenen (speciellt för flygande föremål)

men 3D-API’erna löser inte problemet åt oss automatiskt!

Skuggor

Vi vet redan att vi kan göra skuggor på flera sätt:

- Strålföljning
- Radiosity
- Light mapping baserad på dessa

men ingen av dem ger dynamiska skuggor!

(Oräknat strålföljning i realtid - helst med RTX.)

Tar strålföljningsbaserade metoder över helt?

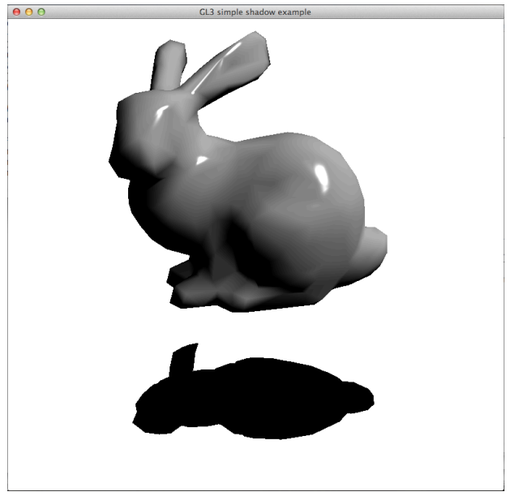
100% skifte? Inte än!

- RTX eller billigare GTX? RTX verkar ha tagit över helt!
- Low-end (telefoner mm)?
- Andra prioriteringar kräver beräkningskraften?
- Hybridsystem, utnyttjar RT för delar av scenen.

En billig metod:

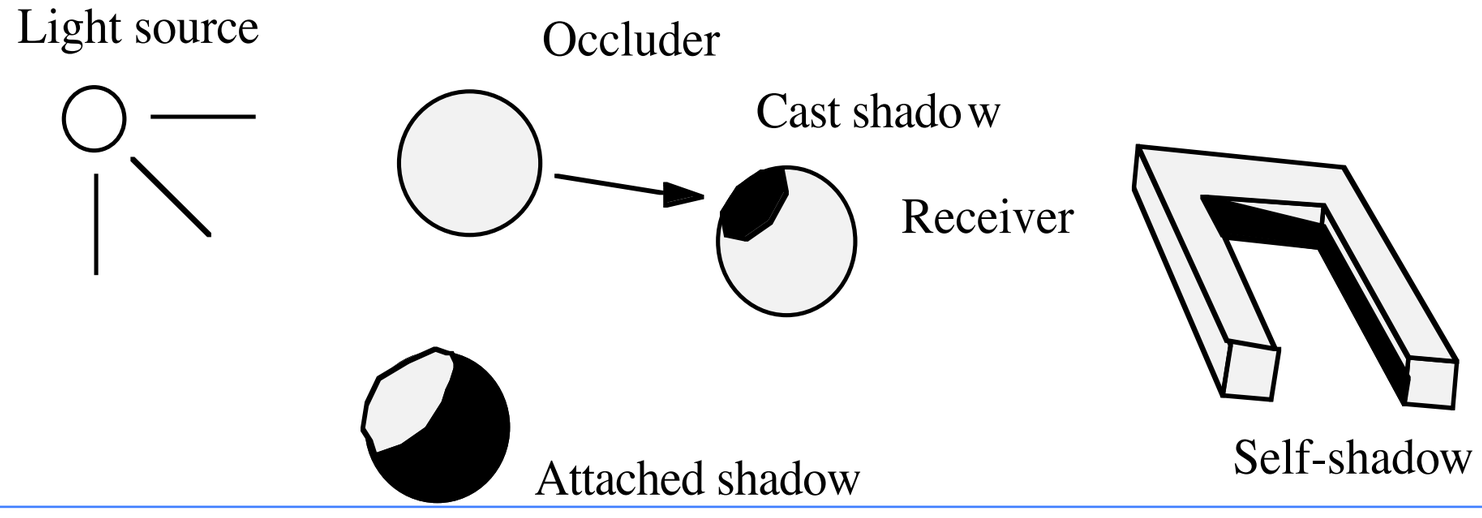
Rita tillplattad modell på ytan.

Hyfsat på ”oändlig” yta eller med stencilbuffer.



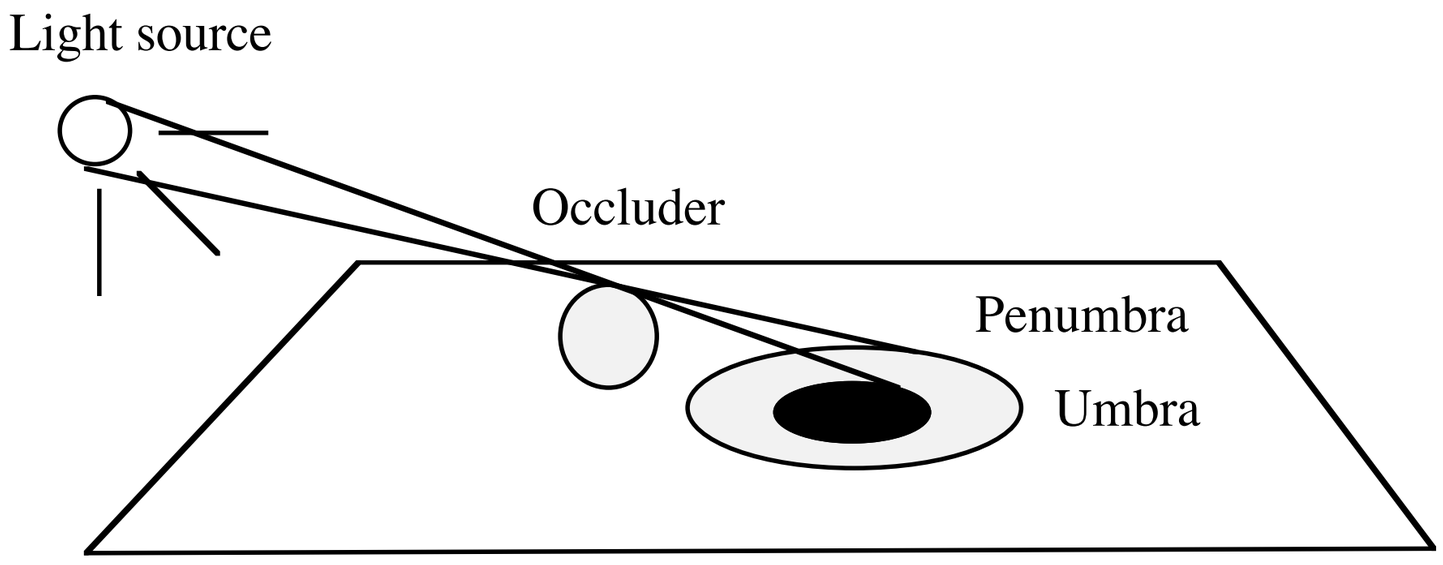
Definitioner

Occluder
Receiver
Attached shadow
Self-shadow



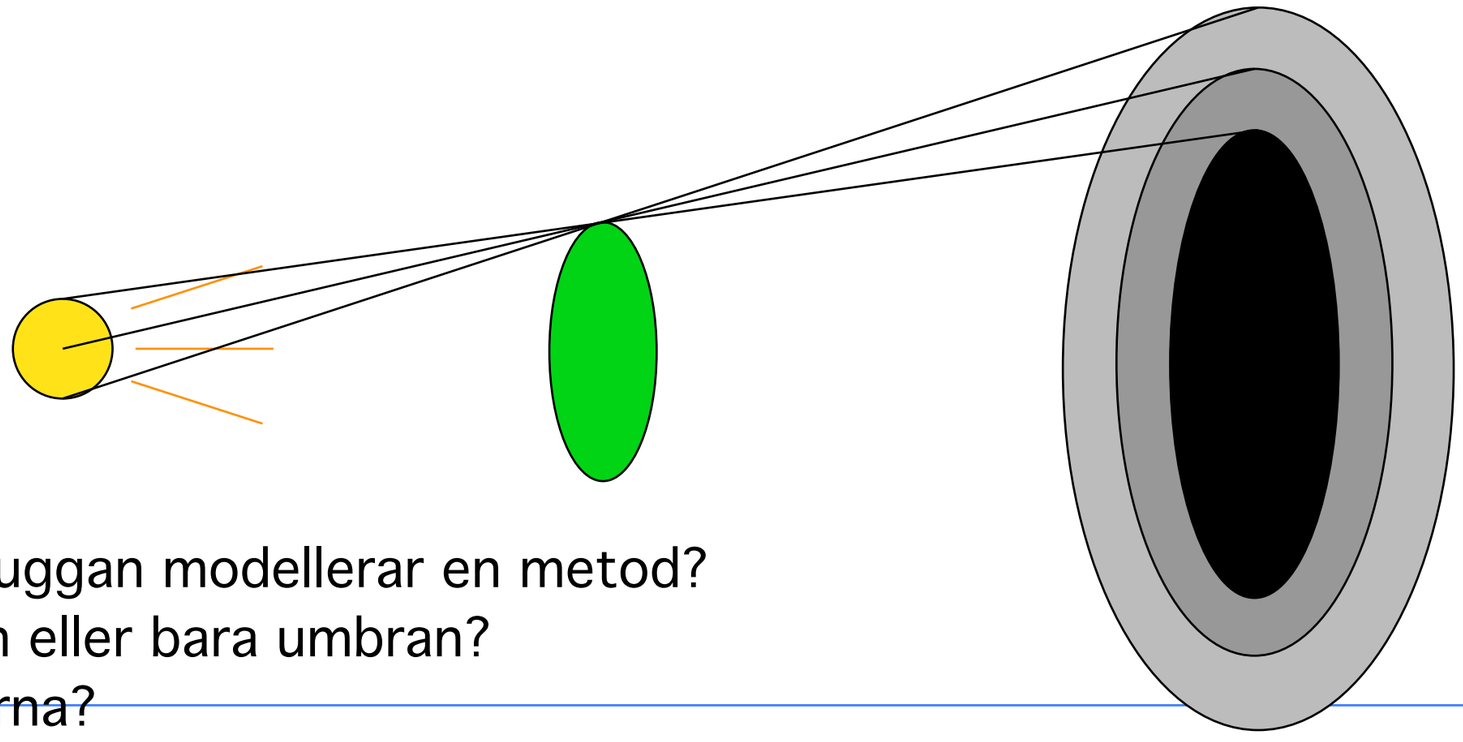
Definitioner

Umbra
Penumbra (yttre & inre)



Penumbran

Inre penumbra - skugga om punktkälla
Yttre penumbra - belyst om punktkälla



Vilka delar av skuggan modellerar en metod?
Finns penumbran eller bara umbran?
Finns båda zonerna?

Tre huvudsakliga sorters skuggor:

• Attached shadow. Detta klarar vi redan med den vanligaste belysningsmodellen.

Men det gäller inte för:

• Cast shadow, skugga från objekt till objekt.

• Self-shadowing.

Vi behöver effektiva metoder (dvs realtid) för detta som ger bra resultat.

Dynamiska skuggor

Skuggmetoder med låga prestandakrav.

Metoder för dynamiska skuggor:

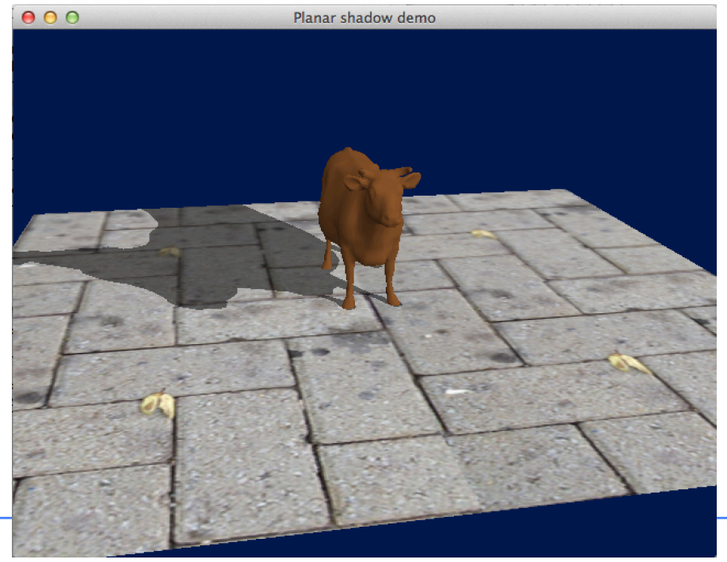
- Projektion på plana ytor
  - Shadow maps
  - Shadow volumes

Projektion på plan yta

Projicera objektet på en yta!

Projektionsmatris multipliceras in i stil med rotation runt godtycklig axel.

Objektet renderas utan textur, i önskad skuggas färg, blendas med bakgrunden.



Projektion på plan yta

Delproblem att lösa:

- Utför projektionen av objektet till vald yta
  - Maska ritandet till denna yta med stencilbuffern
- Rita objektet på ytan med transparens

Projektionsmatrisen

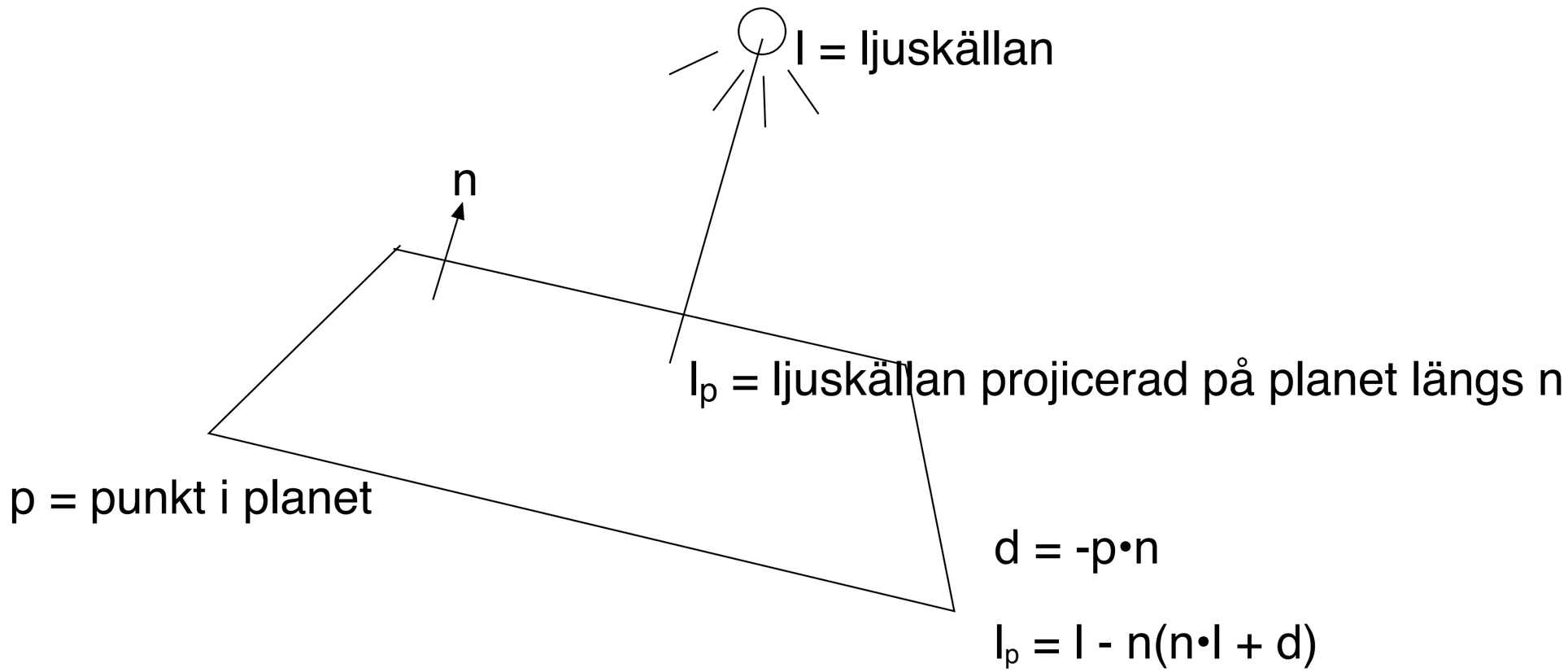
Enkla projektionmatriser längs Z:

$$\begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & f \end{bmatrix}$$

Rotera och translatera så det stämmer med önskat plan.

Höger matris projicerar på Z=0.
Vänster har ljuskällan i origo.

Variabler i projektionen



$d = -p \cdot n$

$l_p = l - n(n \cdot l + d)$

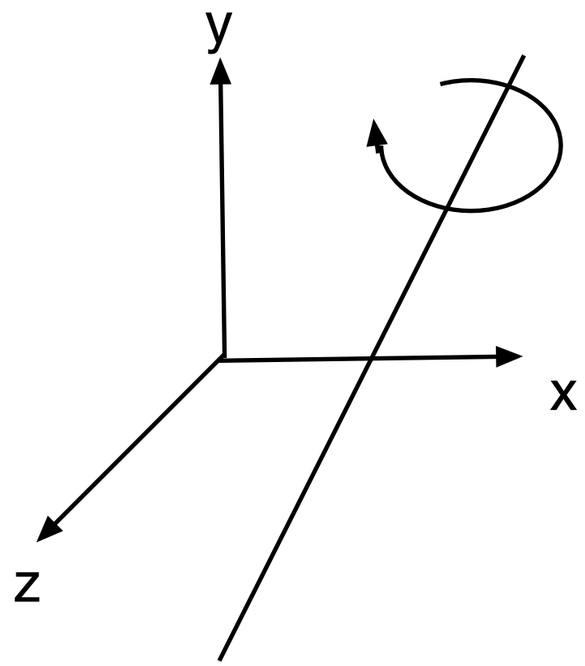
Projektionstransform

Samma princip som många liknande fall i grundkursen.

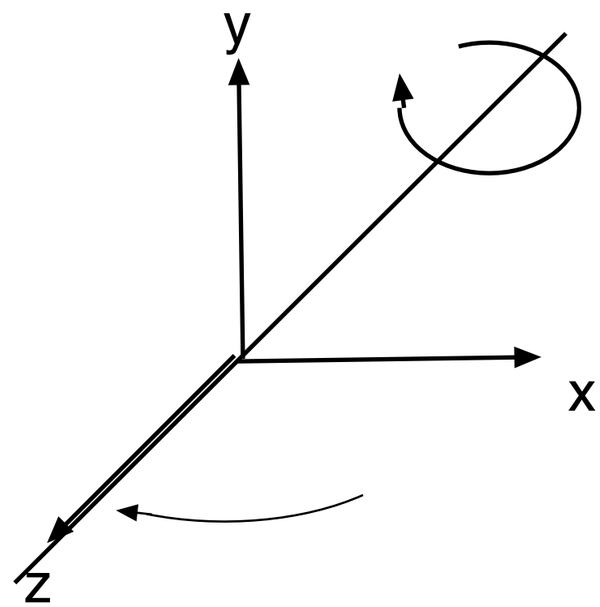
Låt l_p vara ljuskällan projicerad på planet.

- Translatera l_p till origo
- Rotera normalvektorn längs Z
- Projicera
- Rotera tillbaka
- Translatera tillbaka

Rotation runt godtycklig axel



Transform to align axis with the Z axis, rotate, and transform back.



Total transformation:

$$R(\theta) = T(p_1) * R^T * R_z(\theta) * R * T(-p_1)$$

Kod för projektion

```
float d = - p * n;
float f = n * l + d; // Distance light source to plane = focal distance
vec3 lp = l - n * (n * l + d); // lp = l - n(n dot l + d)

mat4 toz = AxisToZ(n);
mat4 fromz = Transpose(toz);
mat4 shadowProjectionMatrix = CreateShadowProjectionMatrix(f);

mat4 sm = T(lp) * fromz * shadowProjectionMatrix * toz * T(-lp);
```

Total transformation:

$$Proj = T(lp) * R^T * P * R * T(-lp)$$

Rita golvet i stencil, framebuffern och Z-buffer

```
// Inline geometry
GLfloat floorVertices[] =
     {100.0f, 0,-100.0f,
     -100.0f, 0,-100.0f,
     -100.0f, 0,100.0f,
      100.0f, 0,100.0f};
GLfloat floorTex[] = { 4.0f, 4.0f, 0.0f, 4.0f,
                       0.0f, 0.0f, 4.0f, 0.0f};
GLuint floorIndices[] = {0, 1, 2, 0, 2, 3};
```

Inlinegeometri laddas upp
(till ”model” i LittleOBJLoader)

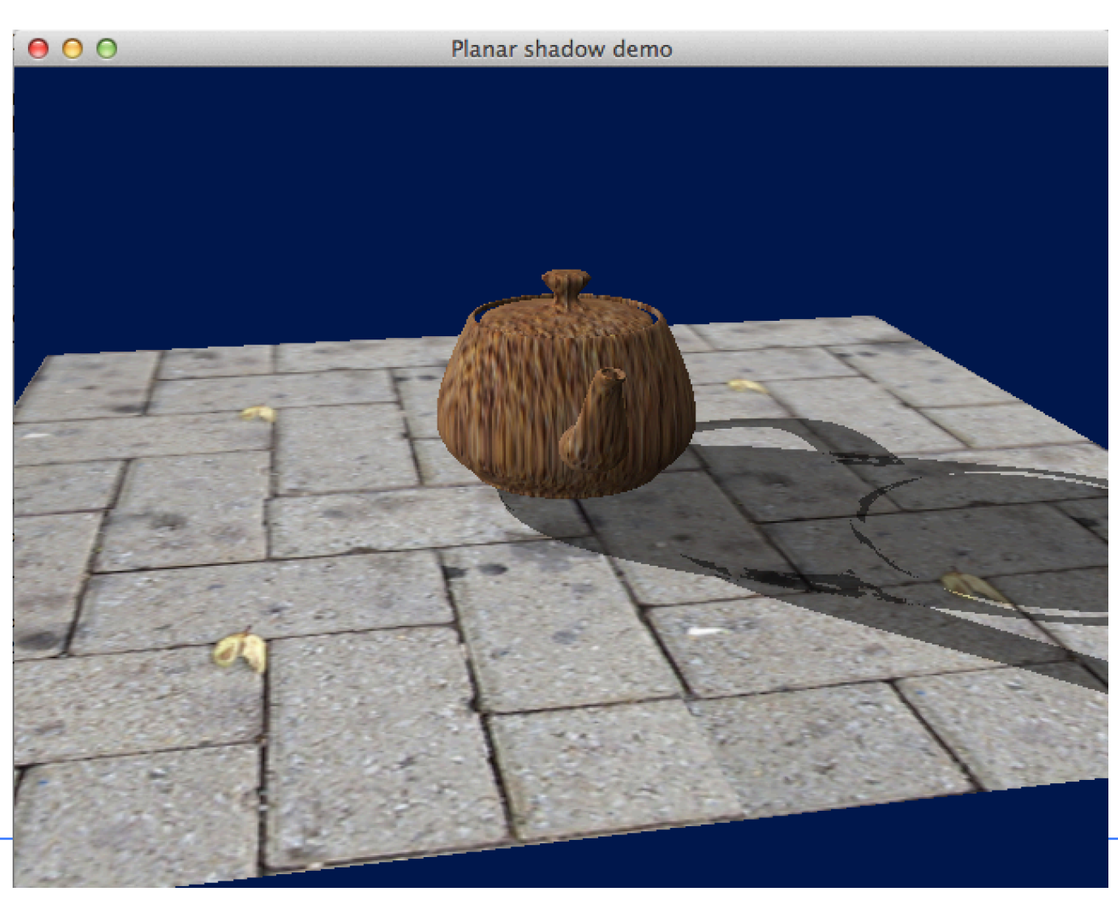
Skriv 1 om pass!
Annars keep!
Vi vill inte rita i skymd yta!

```
glStencilFunc(GL_ALWAYS, 1, 0xFFFFFFFF);
glStencilOp(GL_KEEP, GL_KEEP, GL_REPLACE); // 1 if pass
// Draw the floor
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, TextureArray[0]);
// Upload any shader variables here
DrawModel(floorModel);
```

Rita på vanligt sätt

Multipel blending

Ett fall för stencilbuffern!



Multipel blending

Vi använde bara stencilbuffern som binär mask. Den anger om vi skrivit en bakgrund i den eller ej. Men vi vill ju helst testa om vi skrivit skugga också!

Och detta visar sig vara ganska lätt!

Vi hade

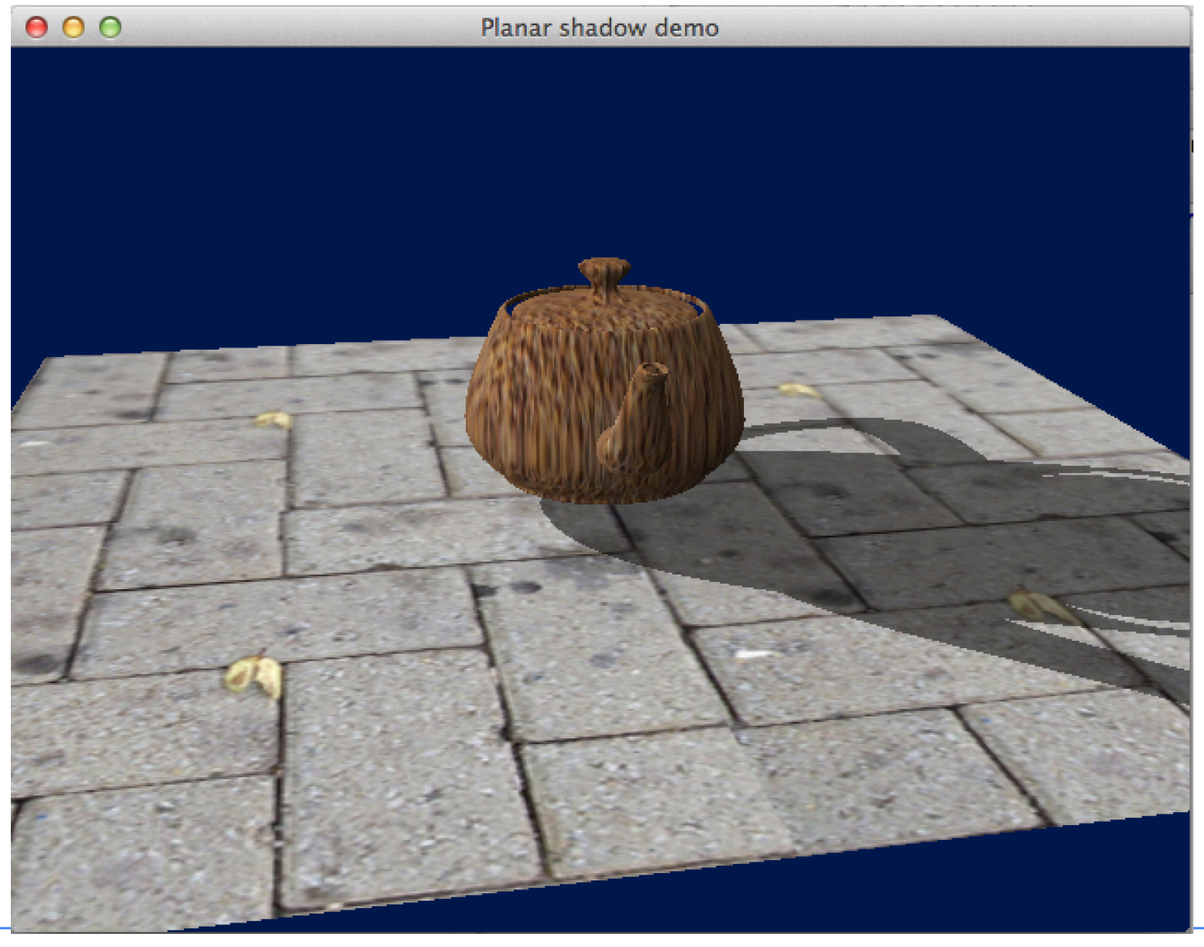
```
glStencilOp(GL_KEEP, GL_KEEP, GL_KEEP);
```

men vad sägs om denna?

```
glStencilOp(GL_KEEP, GL_KEEP, GL_INCR);
```

Dvs rita om stencil = 1 (enl glStencilOp) men öka med 1 om det går igenom!

Multipel blending korrigerat, resultat



Projektion på plana ytor

- Enkelt att göra med projektionsmatris och stencilbuffern

- Bara plana ytor! Bökigt och långsamt för flera ytor, kräver att stencilbuffern raderas och ritas om för varje yta!

- Problem vid blendning av komplexa objekt

Bättre kan vi! Shadow maps och shadow volumes ger bättre resultat!