

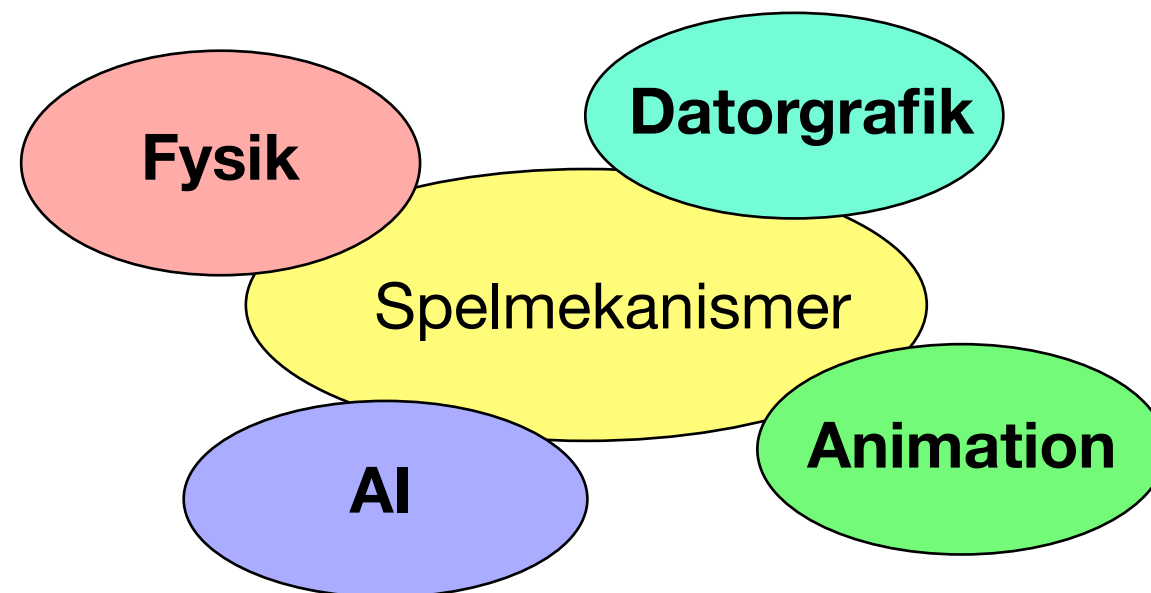


Information Coding / Computer Graphics, ISY, LiTH

TSBK 03

Teknik för avancerade datorspel

Ingemar Ragnemalm, ISY





Information Coding / Computer Graphics, ISY, LiTH





Föreläsning 3

"Konventionell" skugggenerering

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



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!

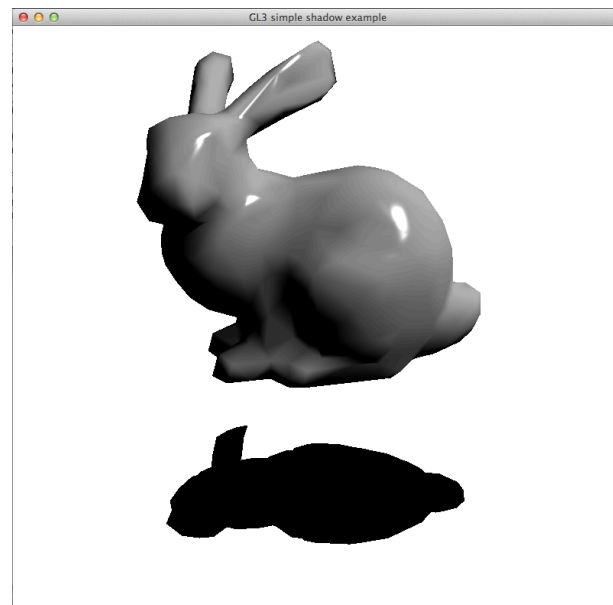
- RTX eller billigare GTX? RTX verkar ha tagit över helt!
 - Low-end (telefoner mm)?
 - Andra prioriteringar kräver beräkningskraften?
 - Hybridsystem, utnyttjar RT för delar av scenen.



En billig metod:

Rita tillplattad modell på ytan.

Hyfsat på "oändlig" yta eller med stencilbuffer.

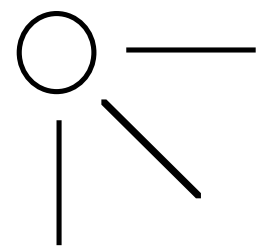




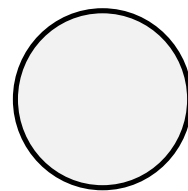
Definitioner

Occluder
Receiver
Attached shadow
Self-shadow

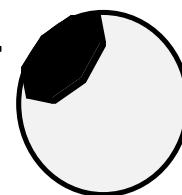
Light source



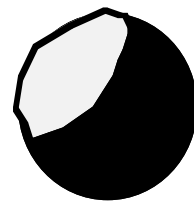
Occluder



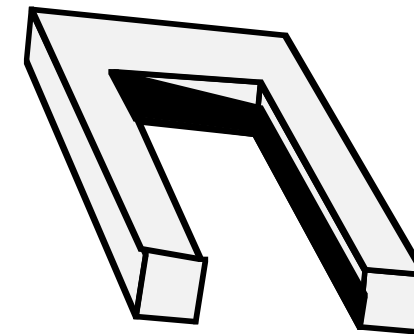
Cast shadow



Receiver



Attached shadow

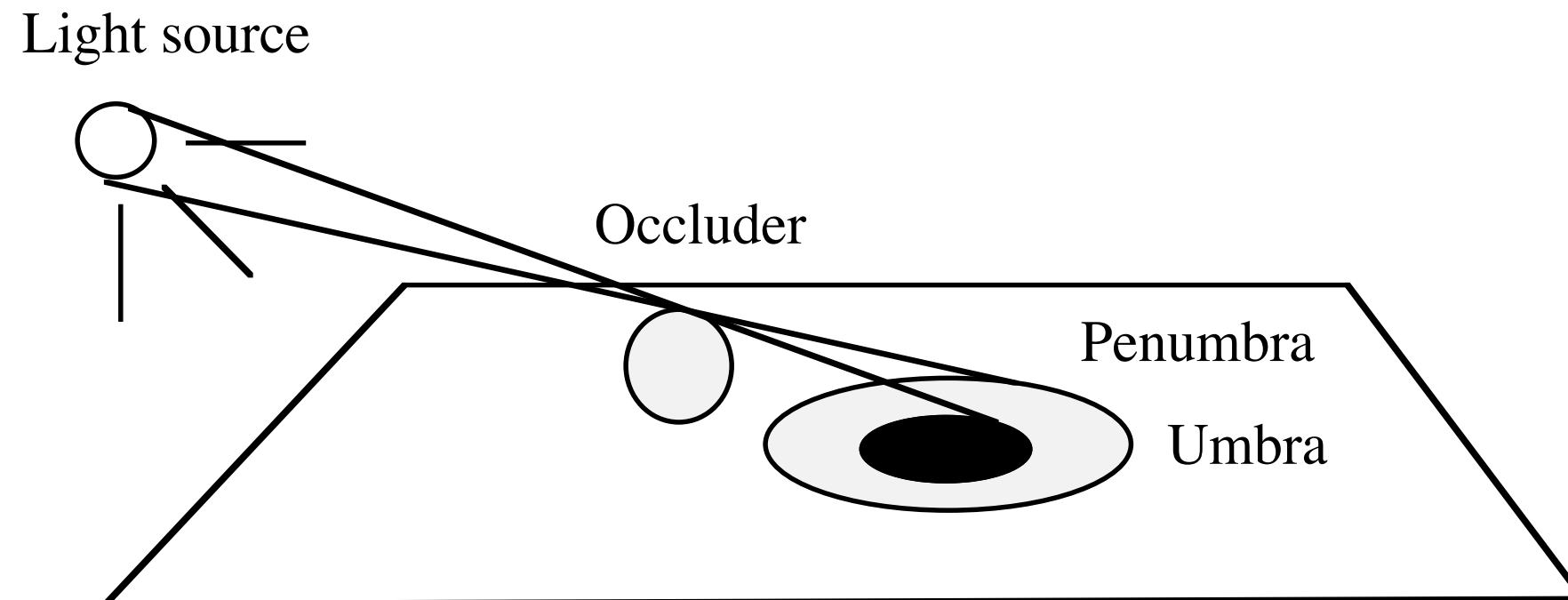


Self-shadow



Definitioner

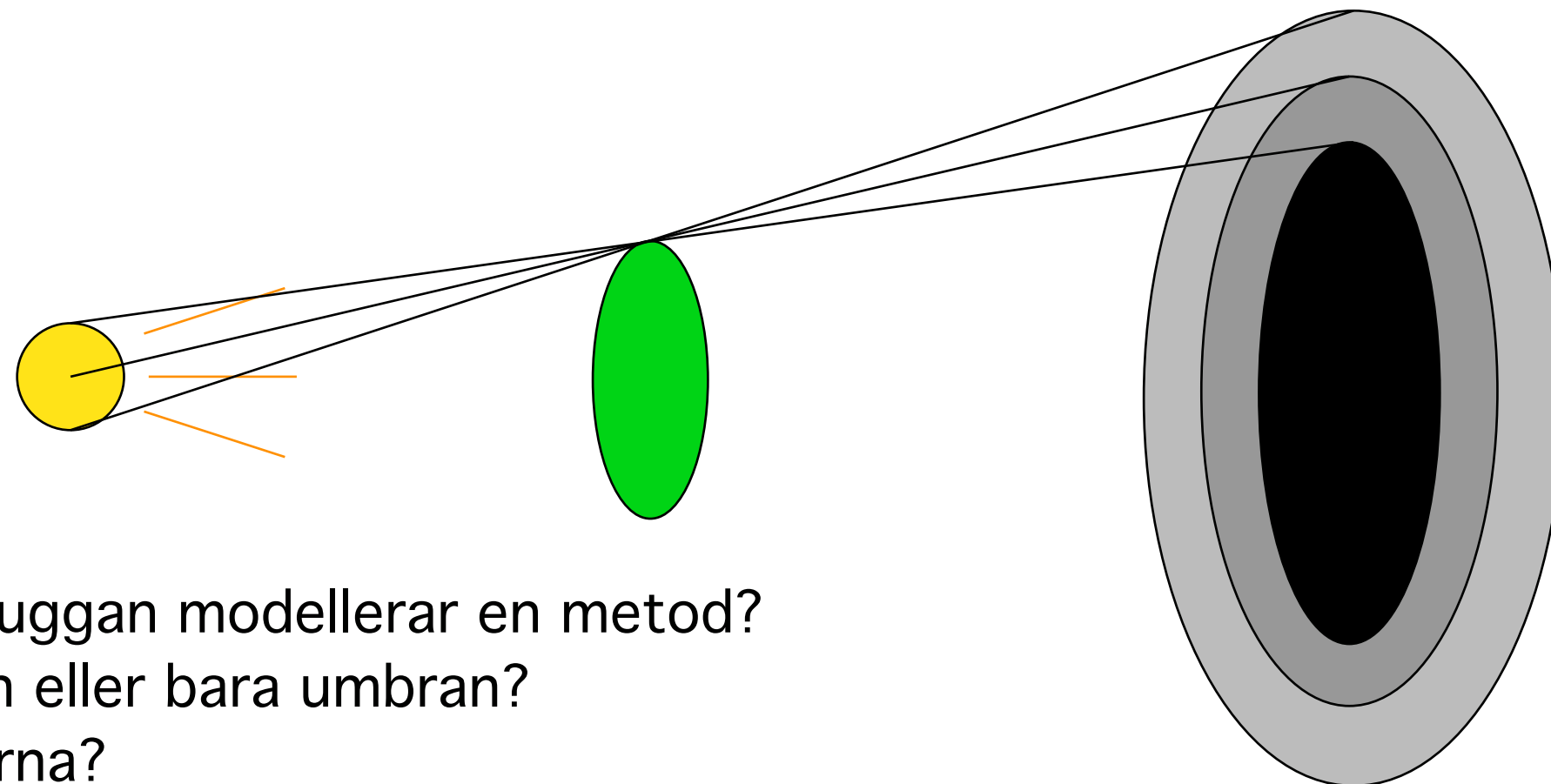
Umbra
Penumbra (yttre & inre)





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?



Problemet

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

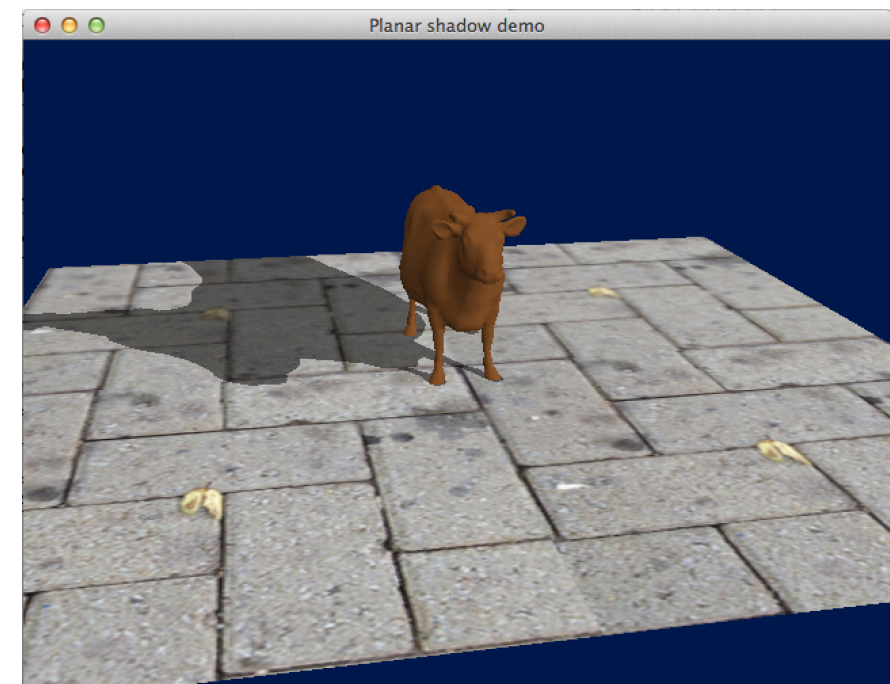


Projektion på plan yta

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
 - Maskera ritandet till denna yta med stencilbuffern
- Rita objektet på ytan med transparens



Projektionsmatrisen

Enkla projektionsmatriser längs Z:

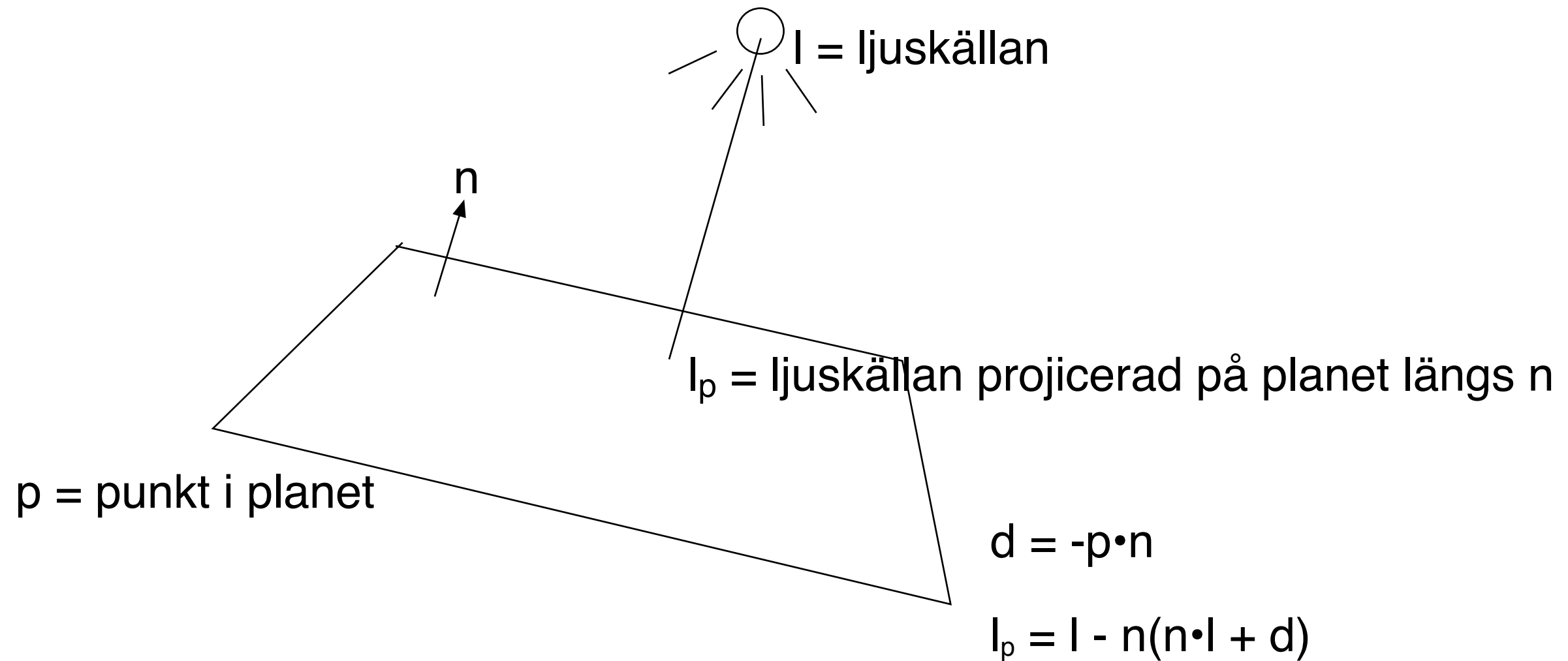
$$\begin{array}{cccc} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{array} \quad \begin{array}{cccc} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & f \end{array}$$

Rotera och translatera så det stämmer med önskat plan.

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



Variabler i projektionen





Projektionstransform

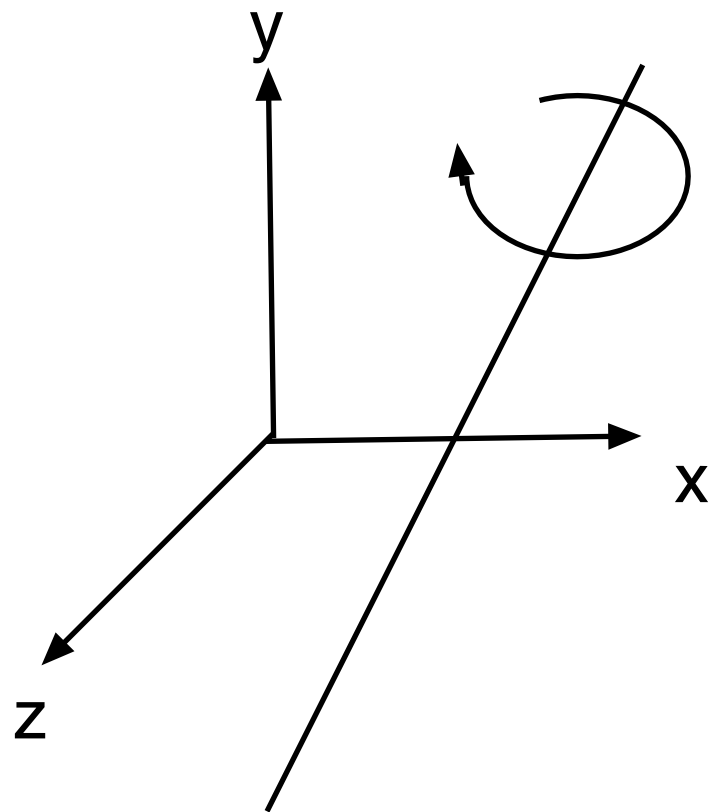
Samma princip som många liknande fall i grundkursen.

Låt l_p vara ljuskällan projicerad på planet.

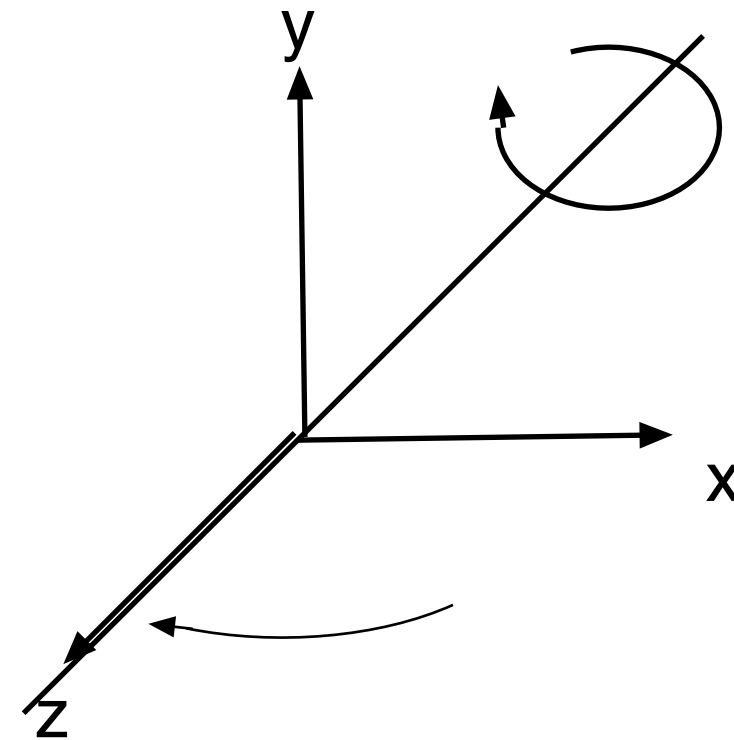
- Translatera l_p till origo
- Roter normalvektorn längs Z
 - Projicera
 - Roter tillbaka
- Translaterar tillbaka



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:

$$\text{Proj} = T(\text{lp}) * R^T * P * R * T(-\text{lp})$$



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};

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);
```

Inlinegeometri laddas upp
(till "model" i LittleOBJLoader.c)

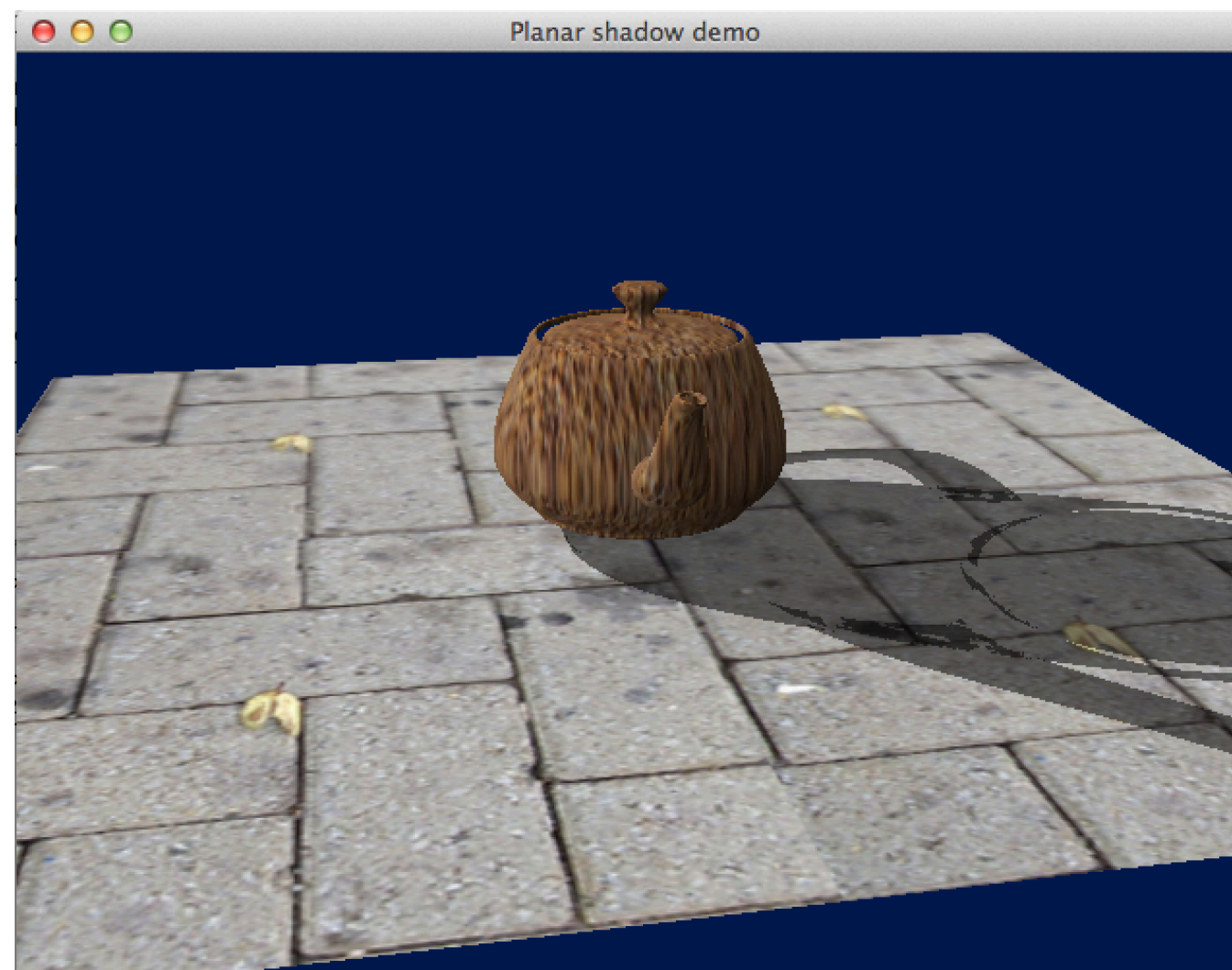
Skriv 1 om pass!
Annars keep!
Vi vill inte rita i skymd yta!

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);
```

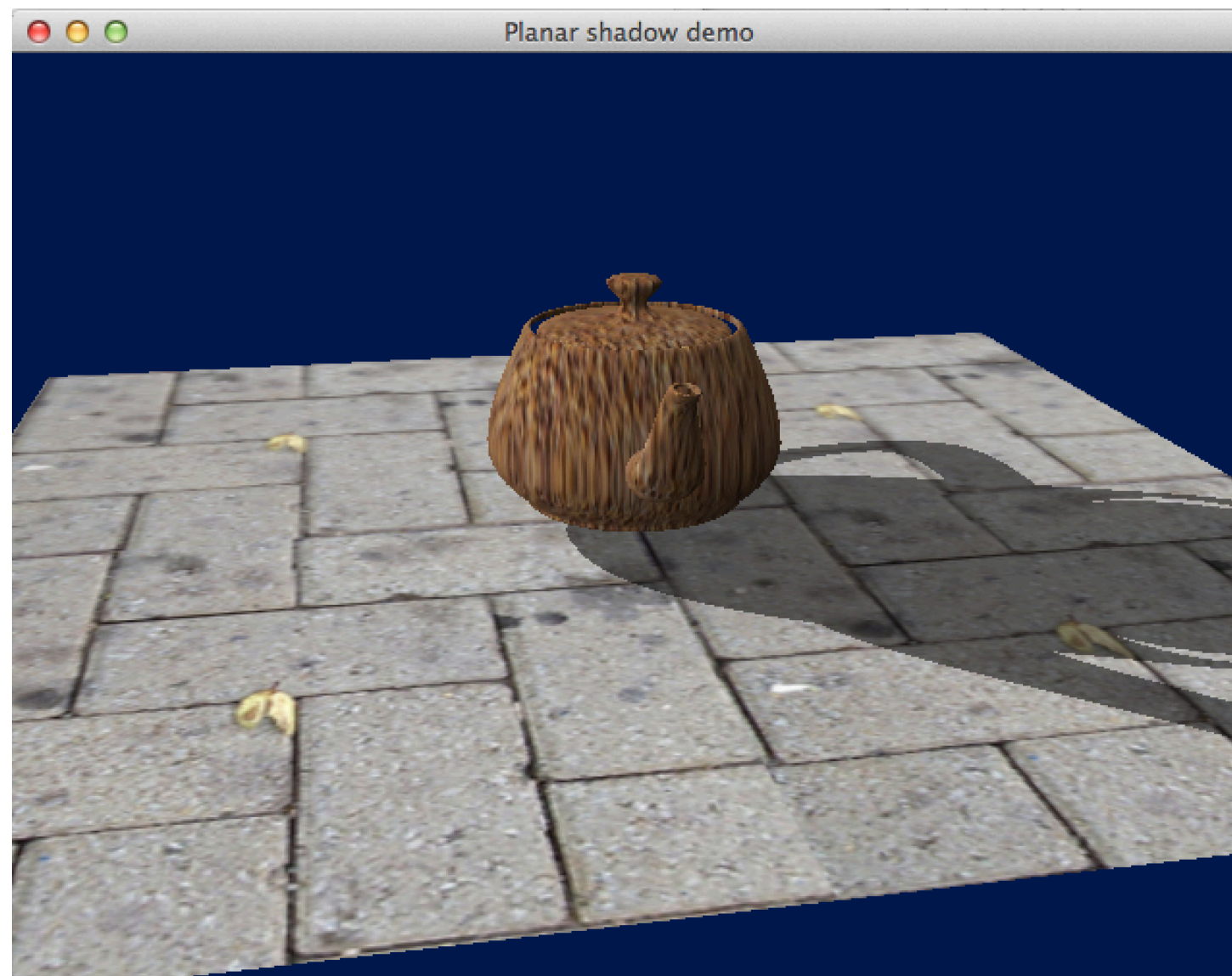
men vad sägs om denna?

```
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!