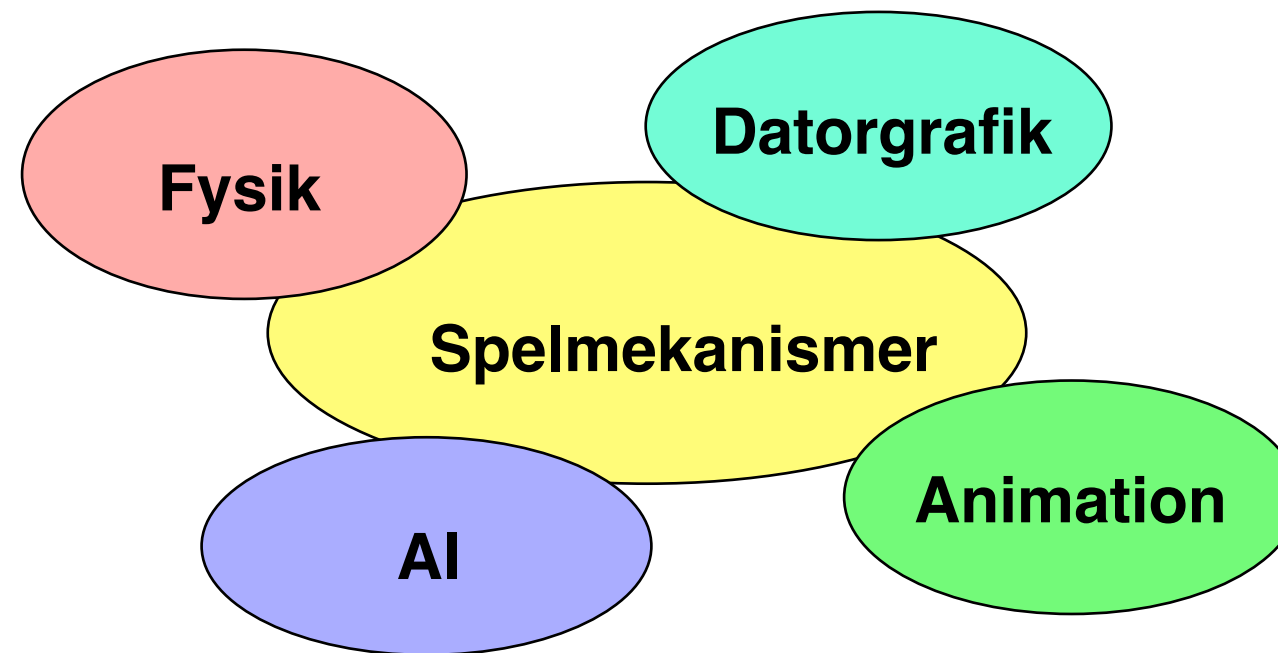




TSBK 03

Teknik för avancerade datorspel

Ingemar Ragnemalm, ISY





Föreläsning 4

Avancerade shaders

- **Multipass-shaders**
 - **Filter, faltning**
 - **Flyttalsbuffrar**
- **High dynamic range**
- **Bump mapping med utvidgningar**



Information Coding / Computer Graphics, ISY, LiTH

Labbar och duggor

Labbar redovisas på plats

Labbfrågor besvaras innan redovisning

Duggor före varje labb, ca 15 minuter

En omdugga med *alla* på andra reservlabben

Exempeldugga:



Multipass-shaders

Enkla shaders kan göras i ett pass.

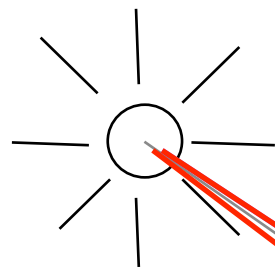
De flesta avancerade behöver flera pass.

**Rendera till textur, sedan från denna
textur till ännu en...**



Shadow maps - princip

Ljuskälla



Bildplan för
djupbilden

Kamera



Bildplan

**Två pass från
olika håll!**

Via projicerad textur kan
djupbilden avläsas
för varje bildpunkt.

Jämförs med avstånd!



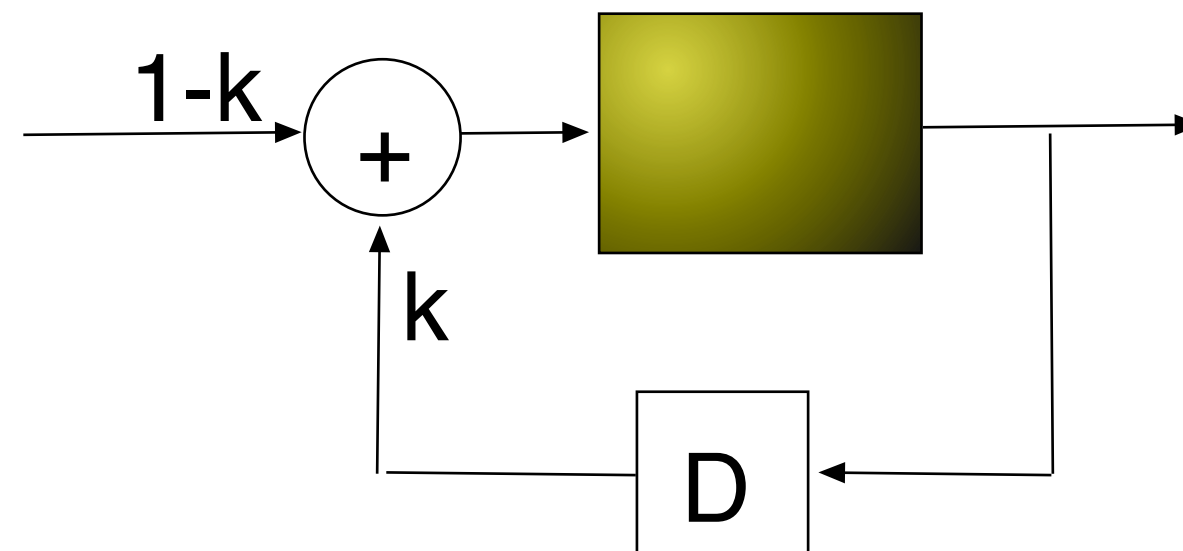
Rekursiv temporalfiltrering

Ger en "eftersläpning"

Bilden sammanvägs med en tidigare

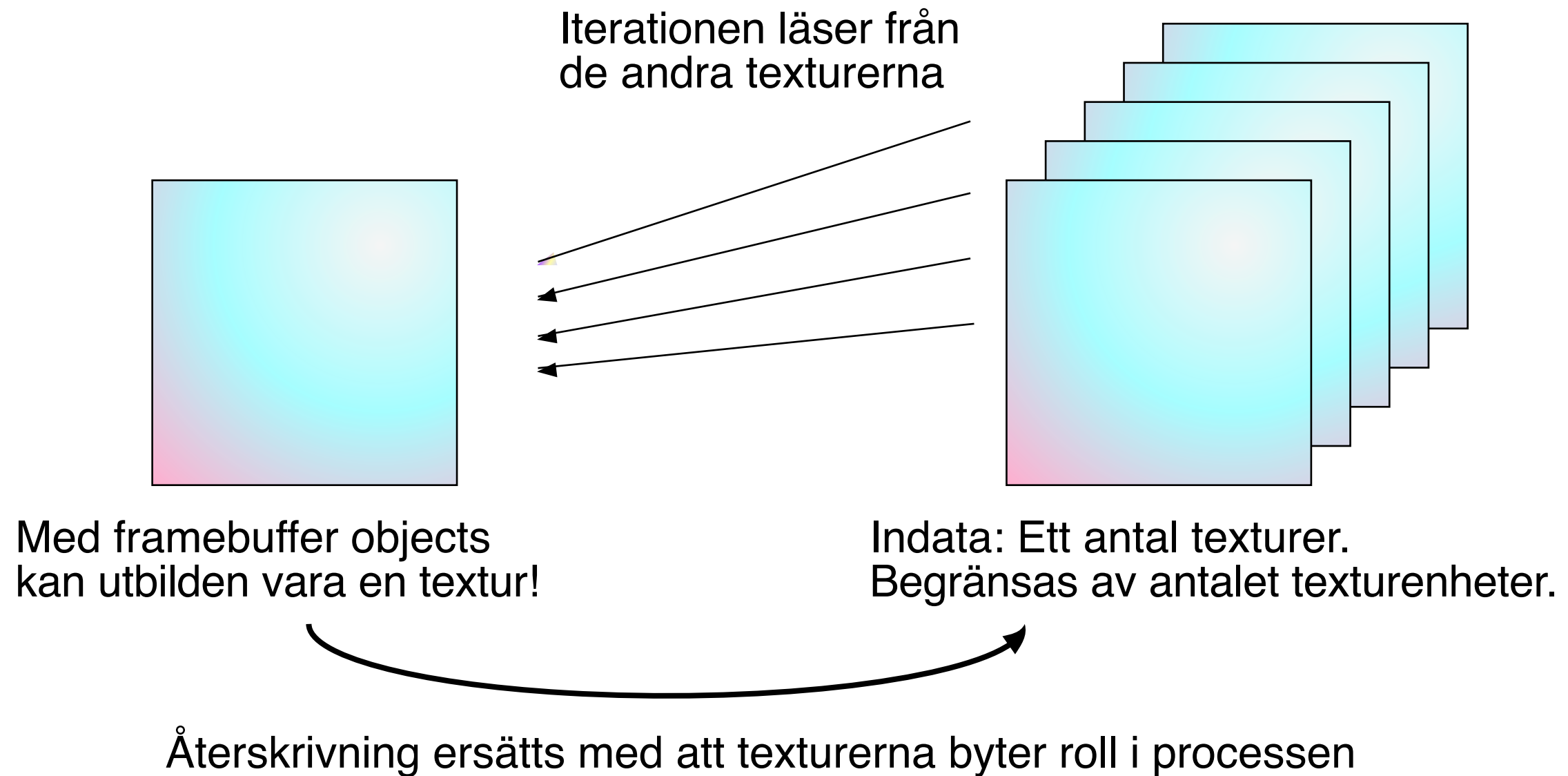
Kräver bara att en enda äldre bild sparas!

Obegränsat
antal pass!





“Ping-pong”-ing

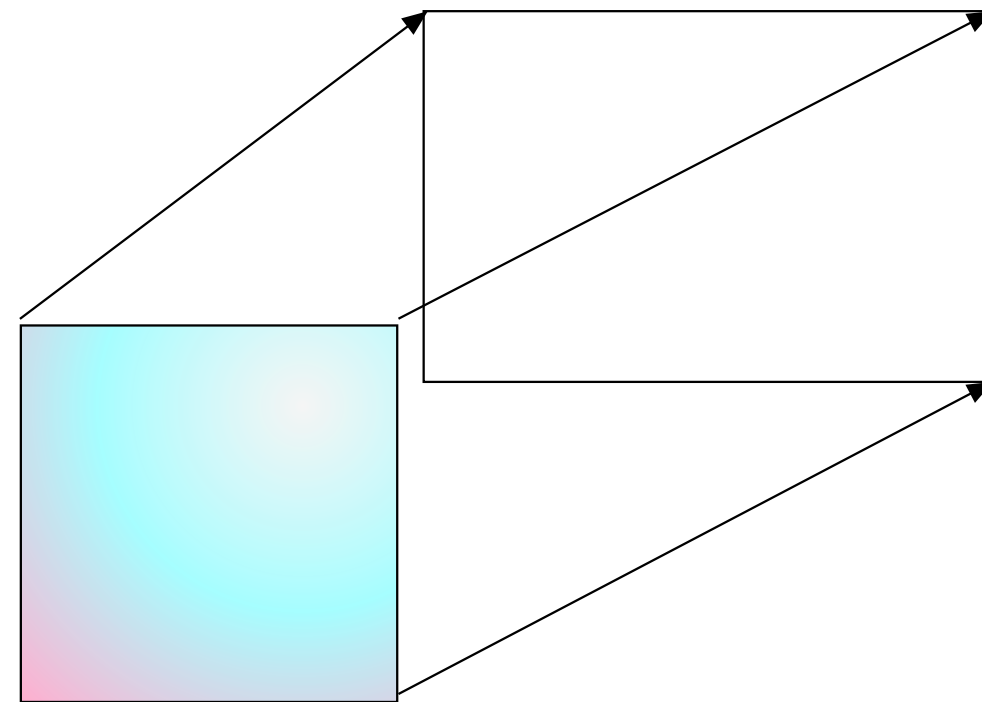




Geometri

**Oftast bara en enkel rektangel tvärs
över viewporten!**

```
GLfloat quadVertices[] =  
    {-1.0f, -1.0f, 0.0f,  
     -1.0f, 1.0f, 0.0f,  
     1.0f, 1.0f, 0.0f,  
     1.0f, -1.0f, 0.0f};  
GLfloat quadTex[] =  
    {0.0f, 0.0f,  
     0.0f, 1.0f,  
     1.0f, 1.0f,  
     1.0f, 0.0f};
```



```
GLuint quadIndices[] = {0, 1, 2, 0, 2, 3};
```

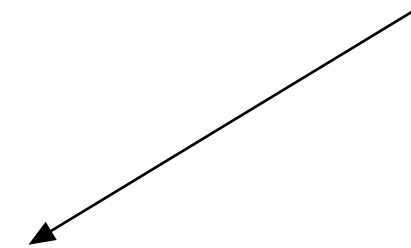



ping-pong-teknik

Välj källa:

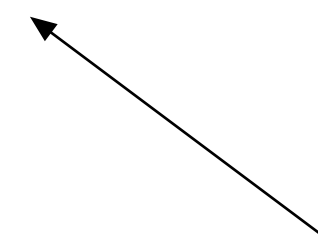
```
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tx1);
```

Från den



Välj destination:

```
glBindFramebuffer(GL_FRAMEBUFFER, fb);  
glFramebufferTexture2D(GL_FRAMEBUFFER,  
GL_COLOR_ATTACHMENT0, GL_TEXTURE_2D, tx2, 0);
```



Till den



Filtrering, faltning

Vanligt problem: applicera filter i form av faltningskärnor

Alla typer av linjära filter:

- **Medelvärdesbildning (smoothing)**
 - **Gradient, embossing**



Faltning (Convolution)

$$(f \otimes g)(t) = \sum f(\tau) \cdot g(t-\tau)$$

**Observera att ena signalen “vänds”.
(Annars blir det korrelation, en annan
operation.)**

Detta kvittar för vanliga LP-filter.



5x5 faltningskärna för LP-filter

1	4	6	4	1
4	16	24	16	4
6	24	36	24	6
4	16	24	16	4
1	4	6	4	1

/256



Sobeloperator (gradient)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Enklare gradientfilter

-1	1
----	---

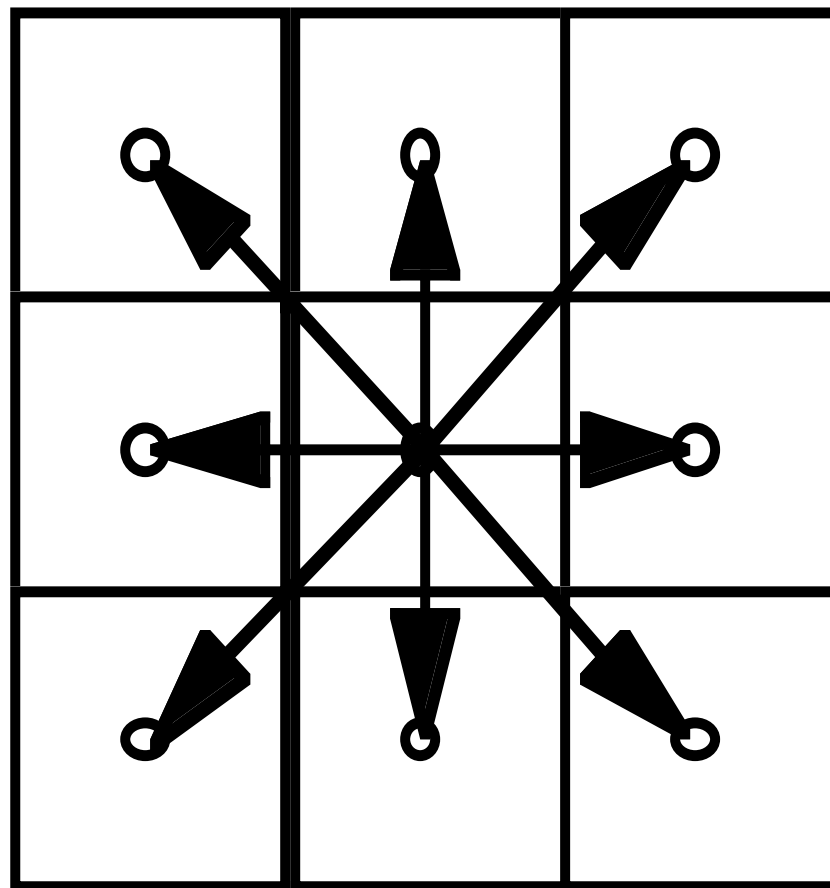
-1
1

Laplace

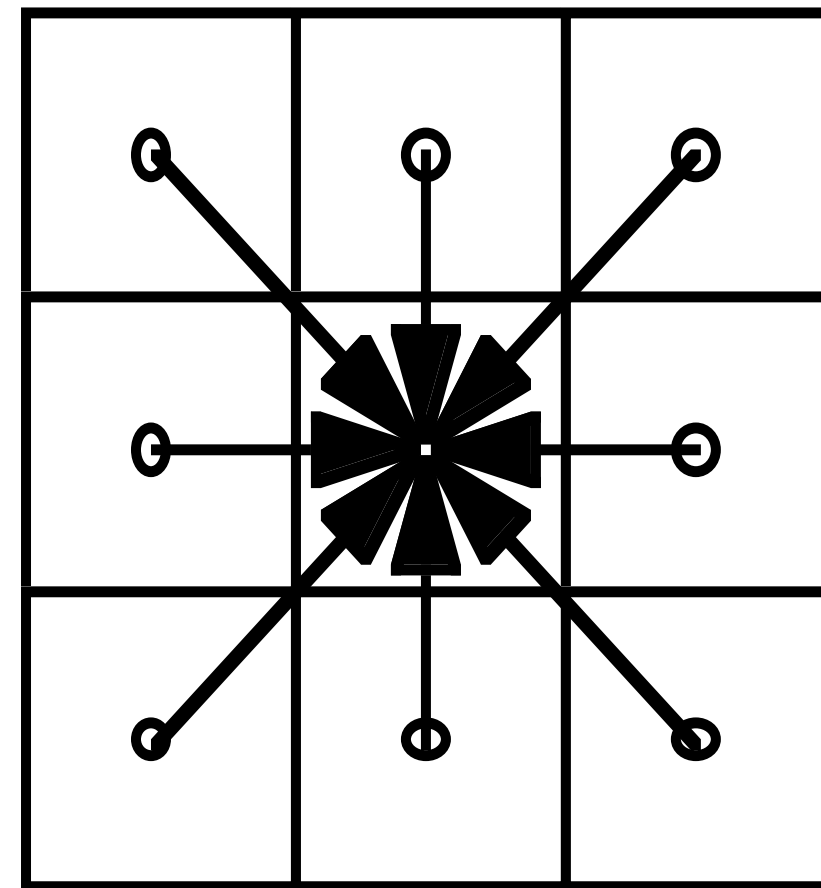
0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0



Implementation av faltning



Scatter



Gather



Scatter eller gather?

Scatter: Dålig för GPUer! Kan inte alls utföras i shader. Kan utföras i t.ex. CUDA, men mindre effektivt än gather.

**Gather: Enkel och effektiv på GPU!
Stämmer bra med grundmodellen med fast utdata-fragment!**



Separerbara filter

1	4	6	4	1
4	16	24	16	4
6	24	36	24	6
4	16	24	16	4
1	4	6	4	1

=

1	2	1
---	---	---

⊗

1	2	1
---	---	---

⊗

1
2
1

⊗

1
2
1

Kan ge betydande acceleration för vissa filter.



Separerbara filter

Vad är flaskhalsen?

**Beräkningar?
25 MUL blev 12
24 ADD blev 8**

Texturaccesser? 25 blev 12.

Bildgenomgångar? 1 blev 4.

**Troligast texturaccesser! Minnesaccesser är
dyra, beräkningar billiga!**

Testa!



Alternativ metod för LP-filter:

Nedsampling!

Sampla ner med 2x2 per steg med linjär filtrering.

Snabbt - utnyttjar GPUns inbyggda filter!

Mindre exakt, mindre frihet än faltning.



Flyttalsbuffrar

Framebuffer normalt RGBA 8888, 32 bitar.

“Varför skulle man någonsin behöva mer?”

**Men shaderprogrammen jobbar
uttryckligen med flyttal.**

En textur/FBO kan allokeras med flyttal!



Flyttalsbuffrar

Flera olika precisioner:

FP64: s53.11

FP32: s23.8

FP24: s16.7

FP16: s10.5

Lägre precision ger ofta bättre prestanda.



Allokering av flyttalsbuffer

```
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D,0,  
             GL_RGBA32F,texSize,texSize,  
             0,GL_RGBA, GL_FLOAT, data);
```

(data = NULL skapar en tom textur.)



High Dynamic Range

Flyttalsbuffrar har enormt mycket större dynamik än 8 bitars heltal!

Detta ger möjlighet att rendera med högre dynamik. Dock kan man inte visa det på skärmen...



High Dynamic Range

Postprocessing i shaders används för att ta tillvara den rikare informationen.

Typiska HDR-effekter:

- **Blooming (glow)**
- **Tone mapping (jfr histogram-utjämning mfl histogramoperationer)**



Blooming

**I vanlig grafik blir områden ljusare än 1
“clampade” till 1.0, “urfrätta”.**

**Vi kan använda den “urfrätta” delen på
bättre sätt än att kasta bort den!**

**Vi vill sprida ljuset till omgivningen för
att ge ett “sken”. Lågpassfilter!**



Blooming

Algorithm:

- **Rendera scenen normalt, till flyttalstextur.**
- **Trunkera denna (till ny textur) så vi enbart behåller värden över 1.0.**
 - **Lågpassfiltrera detta.**
- **Lägg ihop resultatet med originalscenen (med lämplig viktning).**



Blooming

Normal rendering: Görs hur man önskar.

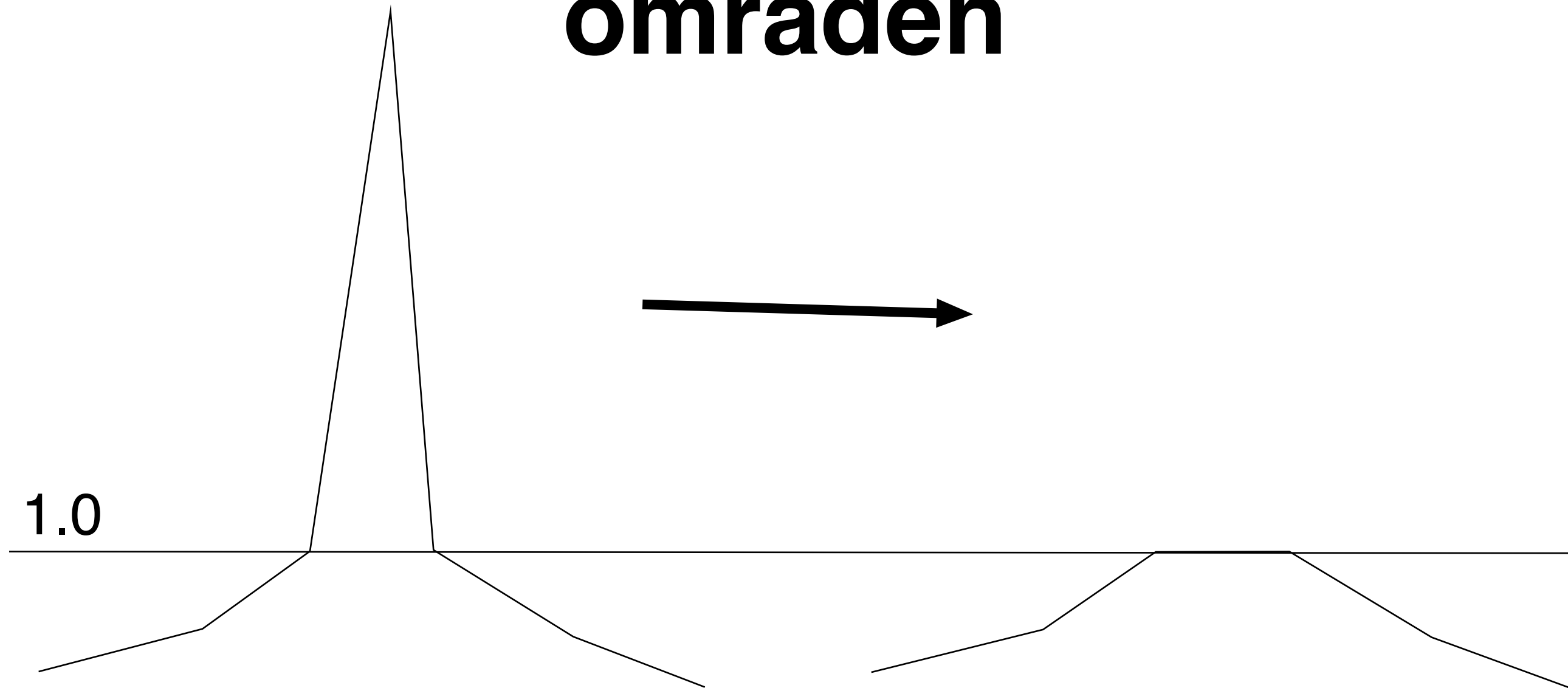
Trunkering kan göras med enkel shader.

Lågpassfilter görs med flera pass LP-filter i shader.

**Avslutande sammanviktning görs med en enkel
shader.**

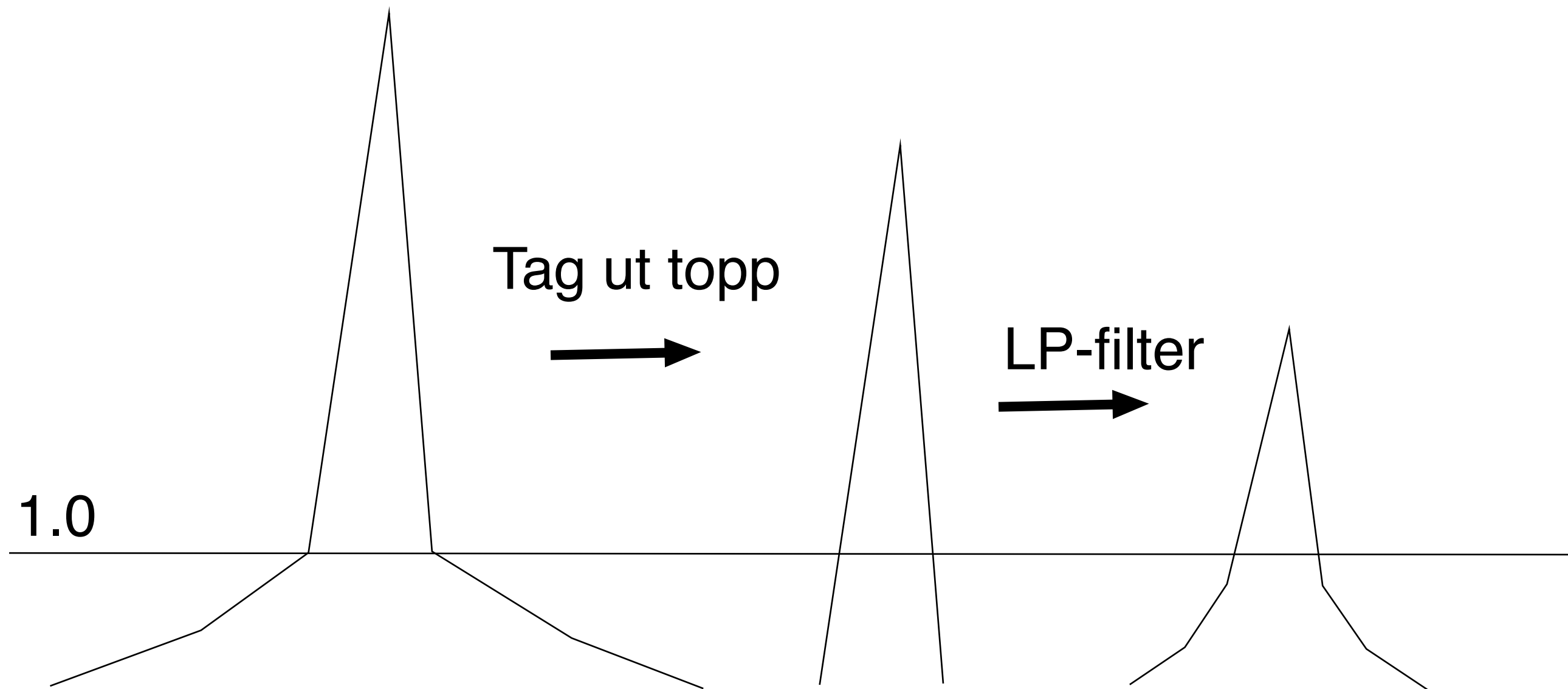


Vanlig "urfrätning" av ljusa områden





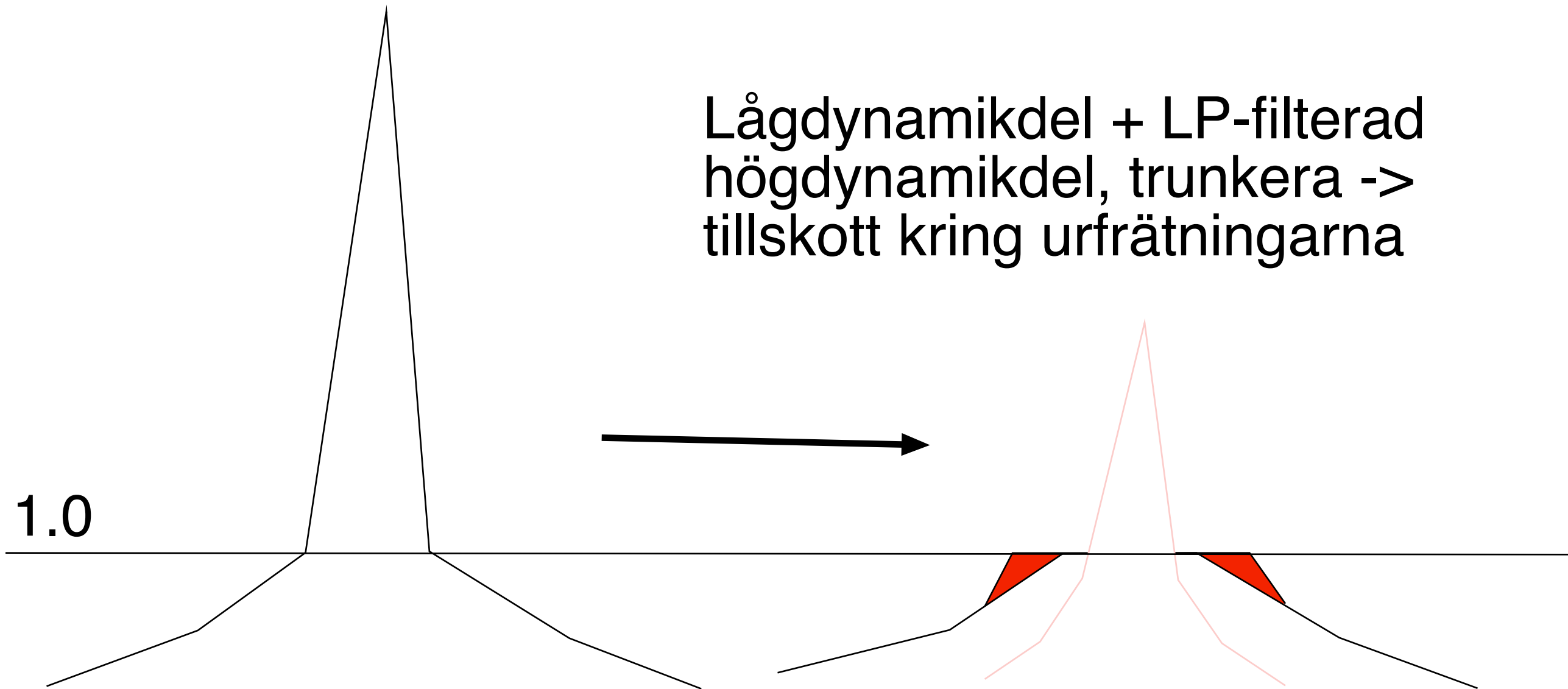
HDR-bloom





HDR-bloom

Lågdynamikdel + LP-filterad
högdynamikdel, trunkera ->
tillskott kring urfrätningarna

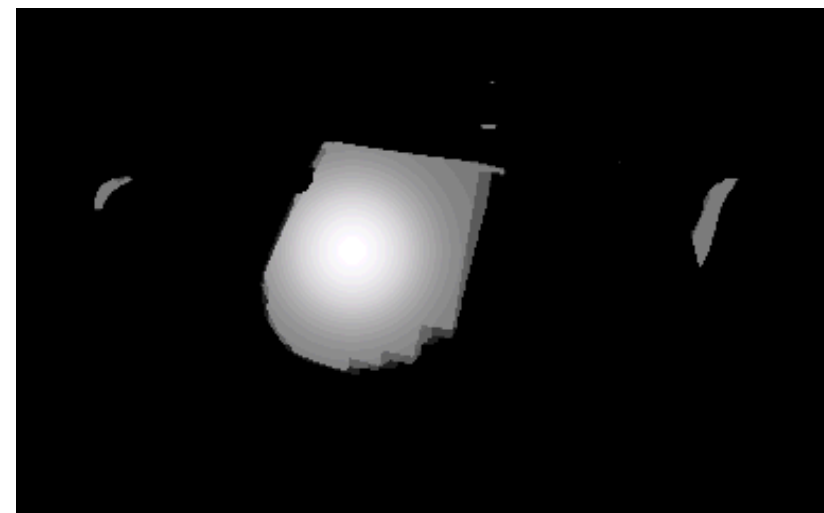




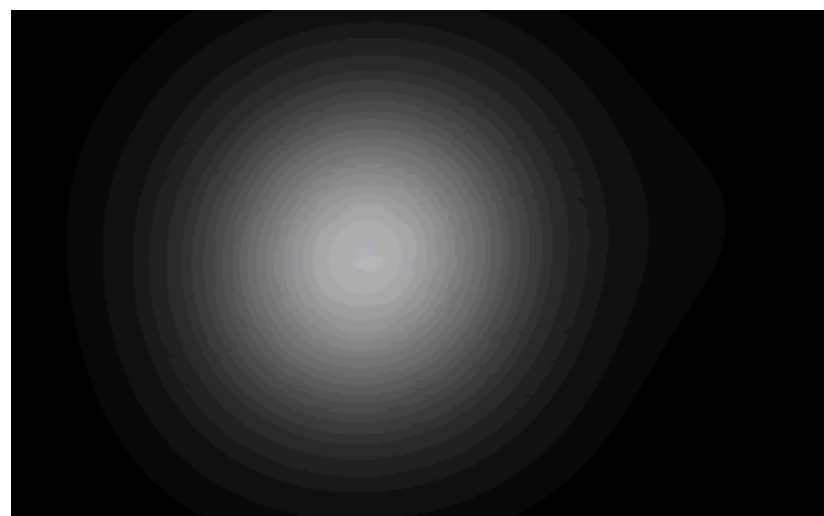
Exemplet från boken



Normal rendering



Overflow



Overflow filterat (hårt!)



Resultat



Observera i liveexemplet

Texturen på tekannan blir inte suddig! Bara de ljusa områdena suddas ut!



Exempel med kod

- Kod för**
- **initiering**
 - **shaders**
 - **ping-pong**



Initiering

Flera flyttalstexturer

```
// initialize texture 1
glGenTextures(1, &tex1); // texture id
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tex1);
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGBA16F, width, height, 0, GL_RGBA,
             GL_FLOAT, 0L); // NULL = Empty texture
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_CLAMP);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_CLAMP);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_NEAREST);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);
```



Initiering

...som får en matchande FBO

```
void initFBO(GLuint *fb0, GLuint *rb0, GLuint tex0)
{
// create objects
glGenFramebuffers(1, fb0); // frame buffer id
glGenRenderbuffers(1, rb0); // render buffer id
glBindFramebuffer(GL_FRAMEBUFFER, *fb0);
glFramebufferTexture2D(GL_FRAMEBUFFER, GL_COLOR_ATTACHMENT0,
                      GL_TEXTURE_2D, tex0, 0);

// Renderbuffer (KAN SKIPPAS I MÅNGA FALL)
glBindRenderbuffer(GL_RENDERBUFFER, *rb0);
glRenderbufferStorage(GL_RENDERBUFFER, GL_DEPTH_COMPONENT24, width, height);
// attach renderbuffer to framebuffer depth buffer
glFramebufferRenderbuffer(GL_FRAMEBUFFER, GL_DEPTH_ATTACHMENT,
                          GL_RENDERBUFFER, *rb0);
printf("Framebuffer %d\n", *fb0);
}
```



En del kod bör paketeras:

Shaderladdning packar vi alltid ner! Alltid detsamma:

- Ladda filer från disk.
- Kompilera varje delshader.
- Länka ihop.
- Rapportera InfoLog.

GL_utilities innehåller en hyfsad laddare.

Även FBO-laddning är (mestadels) återanvändbar.
Har man en som funkar så kan man oftast utgå från den.



Shaders:

- **Enkel vertexshader**
 - **Trunkera**
 - **Filtrera**
- **Sammanslagning**



Enkel vertexshader

indata är en rektangel över hela bilden!

```
in vec3 in_Position;
```

```
out vec3 norm;  
out vec2 texCoord;
```

```
void main(void)
```

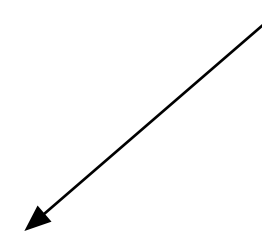
```
{
```

```
    texCoord = in_Position / 2.0 + vec3(0.5);
```

```
    gl_Position = in_Position;
```

```
};
```

Eller motsv
texturkoordinater





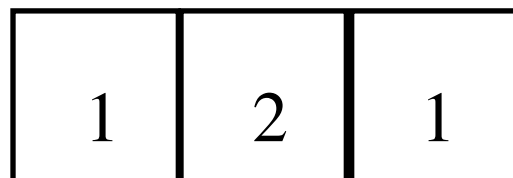
Trunkering i shader

```
uniform sampler2D texUnit;  
  
in vec2 texCoord;  
out vec4 fragColor;  
  
void main(void)  
{  
    vec4 col = texture(texUnit, texCoord);  
    fragColor.r = max(col.r - 1.0, 0.0);  
    fragColor.g = max(col.g - 1.0, 0.0);  
    fragColor.b = max(col.b - 1.0, 0.0);  
}
```



Filter

```
uniform sampler2D texUnit;  
uniform float texSize;  
in vec2 texCoord;  
out vec4 fragColor;
```



```
void main(void)  
{  
    float offset = 1.0 / texSize;  
    vec4 c = texture(texUnit, texCoord);  
    vec4 l = texture(texUnit, texCoord +  
                    vec2(offset, 0.0));  
    vec4 r = texture(texUnit, texCoord +  
                    vec2(-offset, 0.0));  
    fragColor = (c + c + l + r) * 0.25;  
}
```



Sammanslagning

```
uniform sampler2D texUnit;  
uniform sampler2D texUnit2;  
in vec2 texCoord;  
out vec4 fragColor;  
  
void main(void)  
{  
    vec4 a = texture(texUnit, texCoord);  
    vec4 b = texture(texUnit2, texCoord);  
    fragColor = (a*0.3 + b*1.0);  
}
```




Körning av shader

Speciell funktion i `GL_utilities`, `UseFBO()`, gör det lätt att köra många. Tar shader, texturer och ut-FBO som parametrar.

- Ställ in texturer och FBO
- Sätt projektion och modelview till identitetsmatriser - eller använd hellre en vertex shader som inte använder dem alls.
 - Rita rektangel
 - Ställ tillbaka



Blooming med HDR

- **Flera enkla shaders, appliceras i flera pass**
- **Filtrera som en galning (och optimera sedan)**
- **Flyttalsbuffrar för bästa resultat (halvdant möjligt utan med fula trick)**