



Bildsyntes

Gustav Taxén
gustavt@csc.kth.se

D. P. Greenberg, A framework for realistic image synthesis,
Communications of the ACM, 42(8), 1999, 44-53.

Bildsyntesens mål

- **Skapa bilder som inte går att särskilja från fotografier.**
- Den huvudsakliga approachen är att simulera de steg som ingår i processen:
 - Energi från ljuskällor reflekteras av ytor.
 - Den reflekterade energin når en sensor (t.ex. simulerad kamerafilm).
 - Sensorns respons visualiseras (t.ex. på en datorskärm).

Realism

- Realism är ett svårfångat och relativt begrepp.
- Strävan efter realism inom datorgrafiken kan ses som en önskan att **förstå** och integrera kunskap från olika ämnesområden.
- Eller så kan det handla om **visualisering** - att få en förståelse för hur något skulle kunna se ut.

Realism

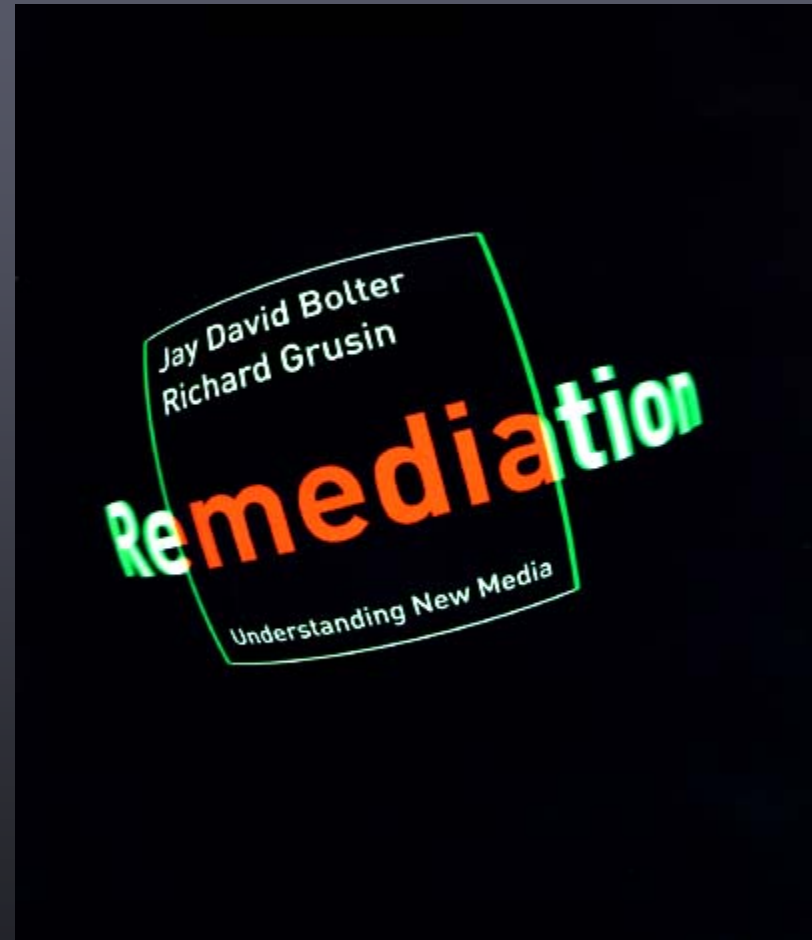
- Inom film, konst, design och andra "skapande" domäner är realism bara en faktor av många.
- Att skapa en realistisk bild är i sig sällan slutmålet.
- Minns att i princip inget av det vi ser eller hör i en Hollywoodfilm, t.ex., är verkligt: ljussättning, dubbning, kameravinklar, effekter - allt är tillrättat i förväg!
- Det handlar snarare om **kommunikation** - hur förmedlar jag tydligast det jag vill förmedla?

Realism och hypermediering

- "Blind" fotorealism är en sorts önskan att göra teknologin och algoritmerna "osynliga".
- Samtidigt drar mediet uppmärksamheten till sig - särskilt när bilderna uppfattas som väldigt realistiska!
- Dialektiken mellan transparens och hypermediering har beskrivits väl av Bolter och Grusin i sin bok **Remediation** (MIT Press, 2000).

Realism och hypermediering

- **Immediacy** = style of visual representation whose goal is to make the viewer forget the presence of the medium.
- **Hypermediacy** = style of visual representation whose goal is to remind the viewer of the medium.



Realism och hypermediering

"Transparent digital applications seek to get to the real by bravely denying the fact of mediation; digital hypermedia seek the real by multiplying mediation so as to create a feeling of fullness, a satiety of experience, which can be taken as reality."

Realism och specialeffekter

- Specialeffekter inom film har funnits sedan mediet uppfanns.
- "Publikresponsen" på en effekt är alltid relativ - en effekt som var cool för tio år sedan är "gammal" idag.
- Publiken måste "tro" på det den ser.
- Skickliga regissörer använder olika knep (kameraflyttningar, klipp, ljud, etc.) för att öka trovärdigheten.

Realism och specialeffekter

- Samtidigt är filmeffektens syfte också att visa det som är omöjligt att se i verkligheten.
- Den tekniska virtuositeten hos effektmakarna skapar intresse och beundran.
- Effekten drar uppmärksamheten till sig och blir ibland nästan hypermedierad, vilket är tvärt emot dess syfte!

Jurassic Park, Steven Spielberg, Universal Pictures, 1993.

Olika sorters realism

- Form
- Rörelse
- Ljussättning
- Ytor / reflektion
- Textur / detaljer
- Atmosfär
- ...

Walking, Ryan Larkin, National Film Board of Canada, 1968.

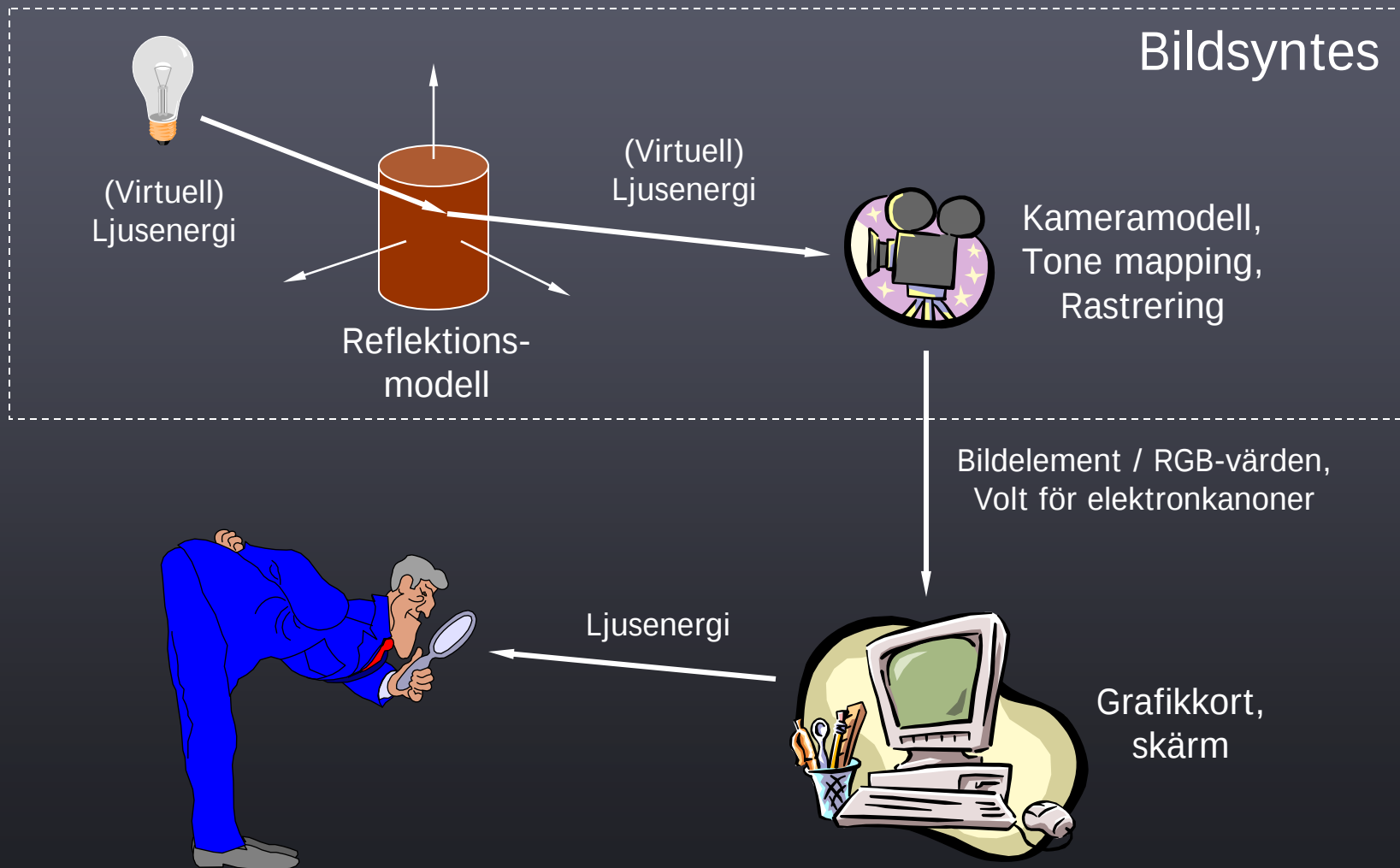
Realism och "artefakter"

- Inte sällan används särskilda effekter för att få resultatet att se "mindre realistiskt" ut!
- Suddighet, grynighet, oskärpa, darr på kameran, "slarviga" kompositioner, "handkamera", ...
- Konventioner och utseende från filmmediet.
- En form av hypermediering som paradoxalt nog kan göra resultatet mer transparent!

Realism, sammanfattning

- Var gärna fascinerade av fotorealism i datorgrafik!
- Bildsyntesen är ett fantastiskt intressant forskningsområde och resultaten är otroliga!
- Men var försiktiga så inte realismen oavsiktligt blir ett självändamål och hamnar i vägen för det ni egentligen vill kommunicera!

Översikt



Ljusmodeller

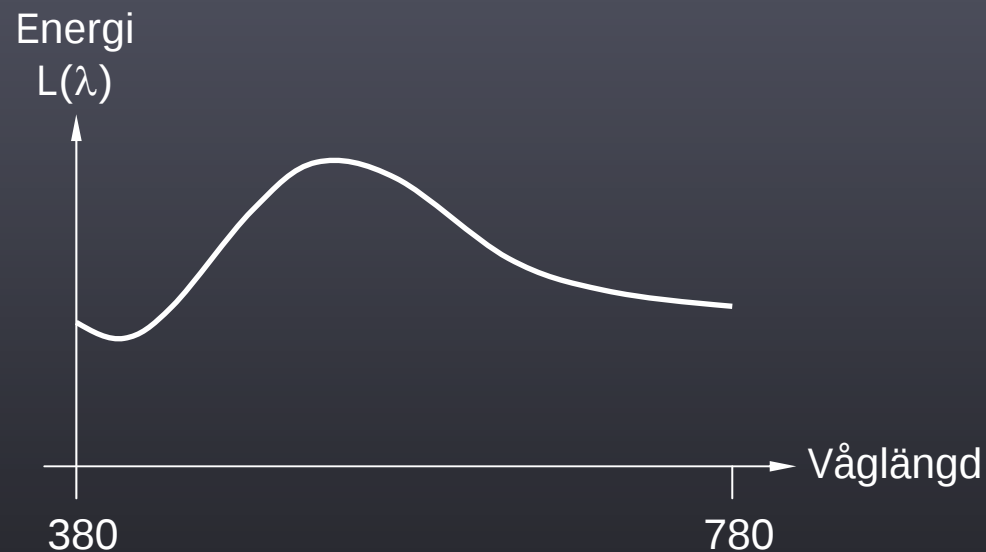
Synligt ljus är elektromagnetisk strålning inom våglängderna 380-780 nanometer.

Man kan beskriva ljus på kvantnivå, som vågor (Maxwells ekvationer) eller som geometrisk optik (ljus färdas längs med rätta linjer i genomskinliga material).

Man brukar använda geometrisk optik i bildsyntes. Ofta förutsätter man också att det är vakuum mellan modellerna i scenen.

Ljusspektra

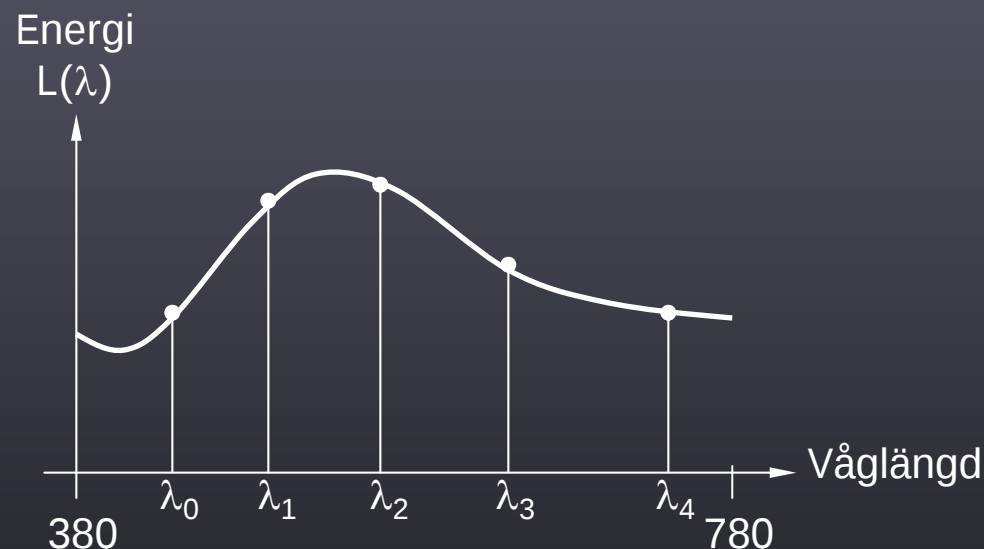
Diagram som visar energiflöde genom en viss sensor som funktion av våglängd.



Våra ögon tar emot ljusspektra och skapar synintryck.

Simulerat ljusspektra till datorskärm?

Ett riktigt ljusspektra innehåller oändligt med våglängder. Hur representerar vi det i en dator?



Ett sätt är att **sampla** spektrat.
Det finns en tumregel som säger att 25-40 samplingar räcker.

Simulerat ljusspektra till datorskärm?

Man kan också använda ett antal **basfunktioner**:

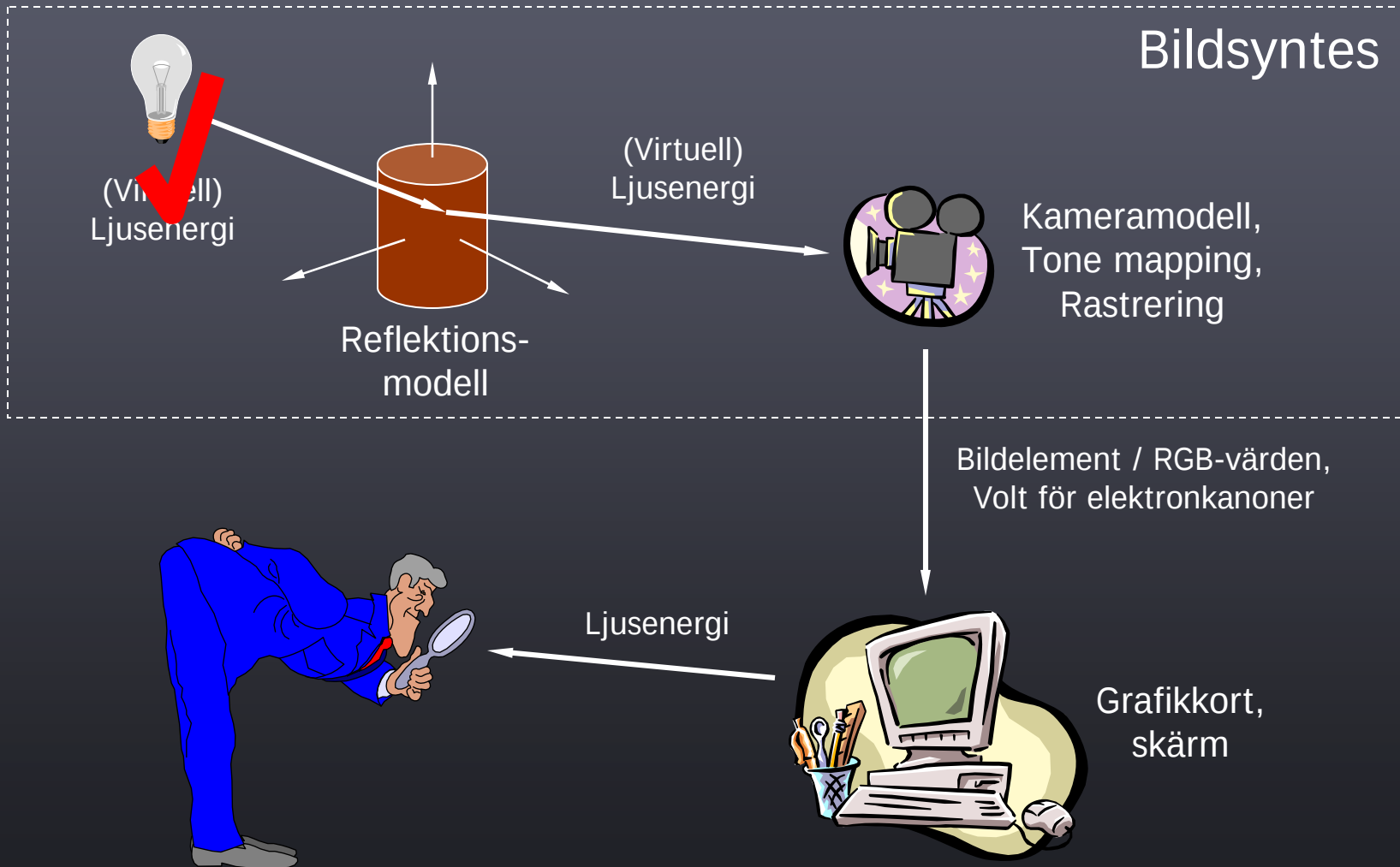
$$L(\lambda) \approx c_0\varphi_0(\lambda) + c_1\varphi_1(\lambda) + \dots + c_n\varphi_n(\lambda)$$

Här är φ -funktionerna valda på förhand och konstanterna $c_0, \dots, c_n$ är de man arbetar med.

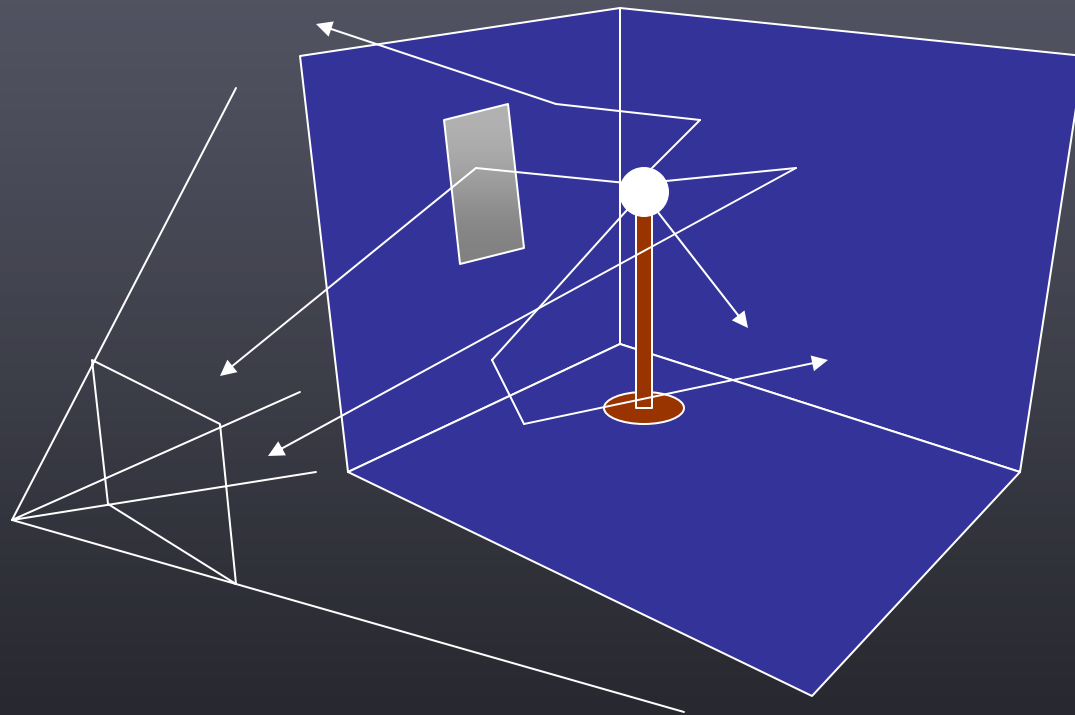
Man kan visa att c:a 5 termer ger bra resultat, om man har valt bra basfunktioner.

Linear Color Representations for Full Spectral Rendering
M. S. Peercy, SIGGRAPH 1993.

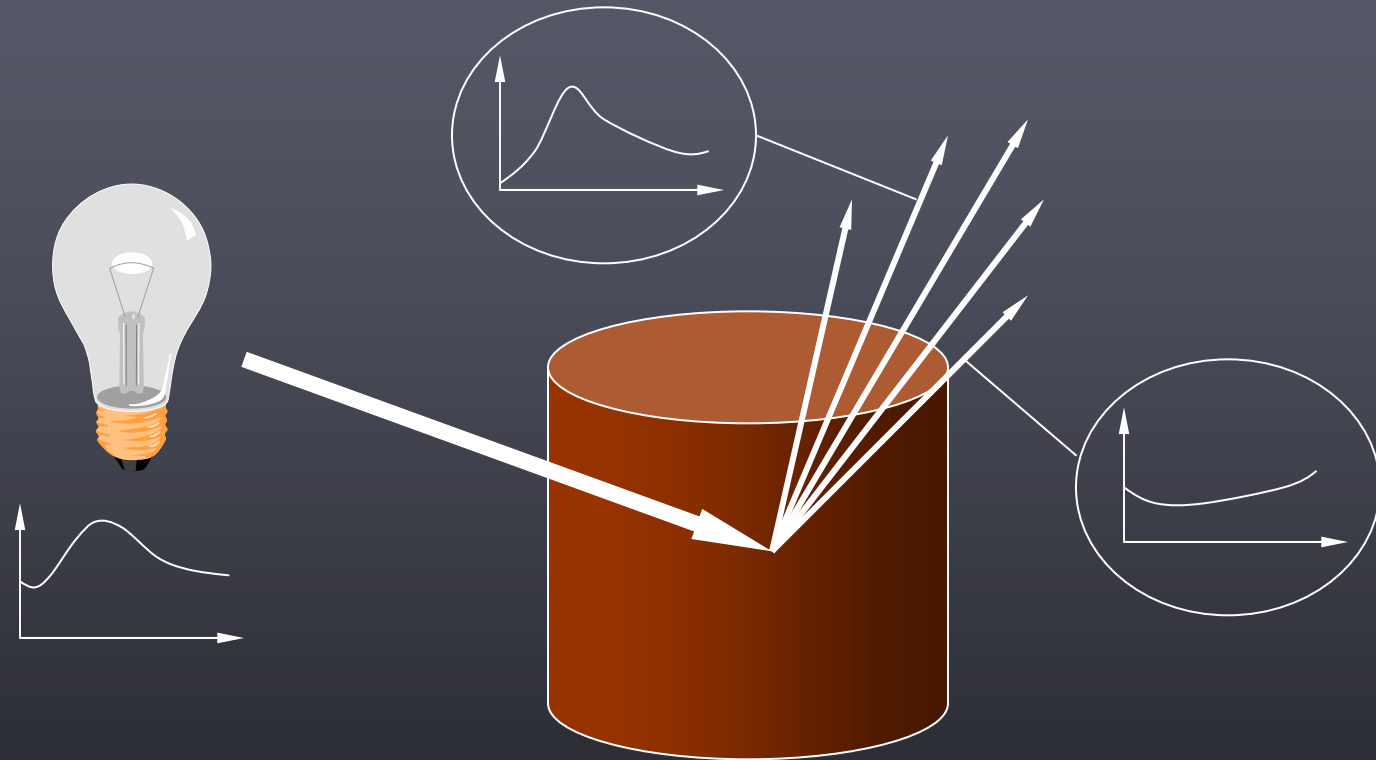
Översikt



Ljusets interaktion med material



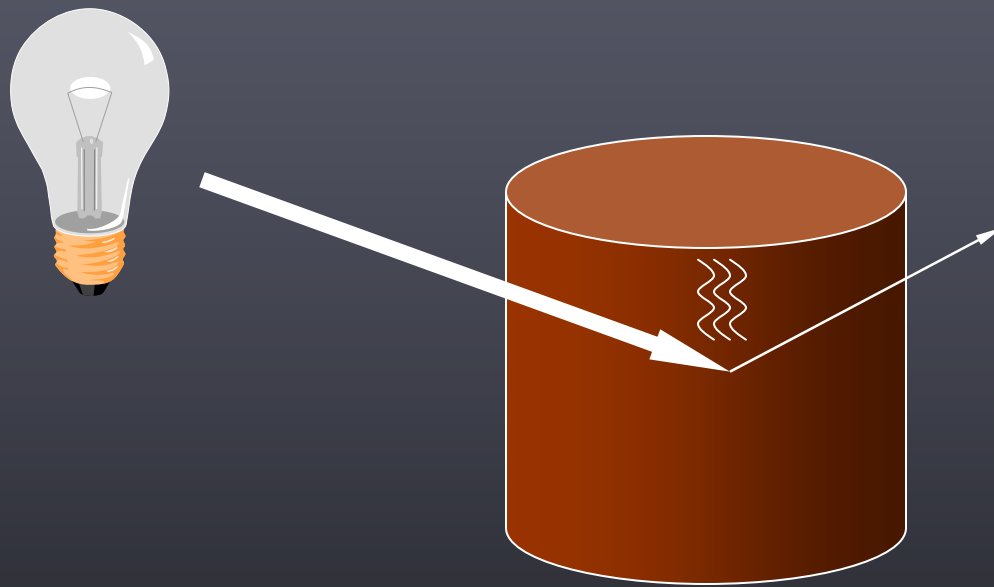
Ljusets interaktion med material



Absorption, reflektion, transmission, spridning.

$$\text{Reflekterat ljus} \leq \text{Användande ljus}$$

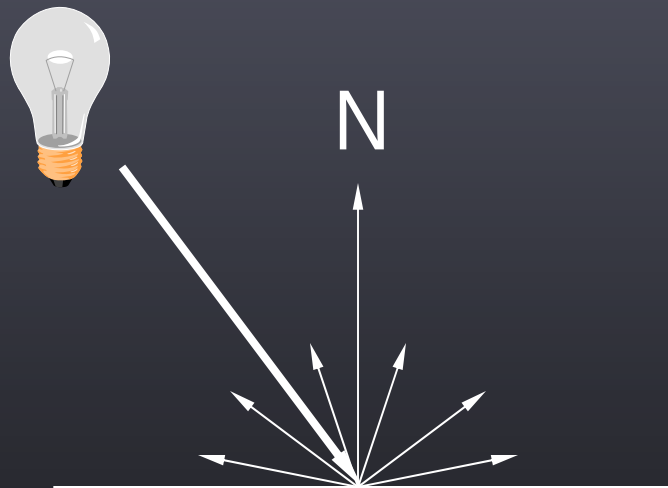
Absorption



En del av det ljus som anländer till ytan
övergår i värme.
(Ex: svart eller vit T-shirt i sommarsolen...)

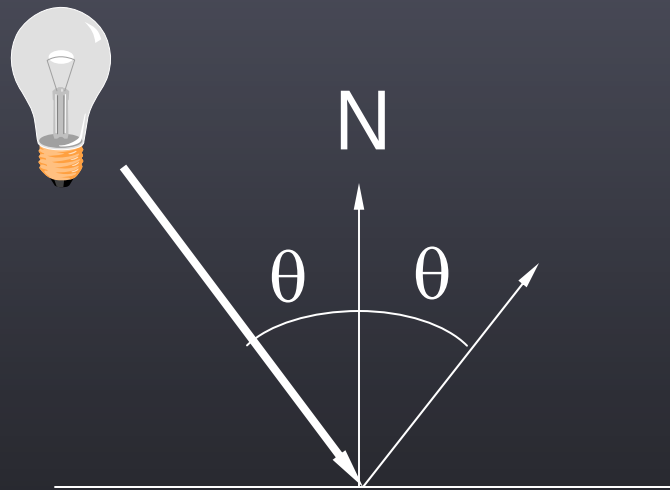
Perfekt reflektion: Matt reflektion

Samma mängd ljus reflekteras i alla riktningar:

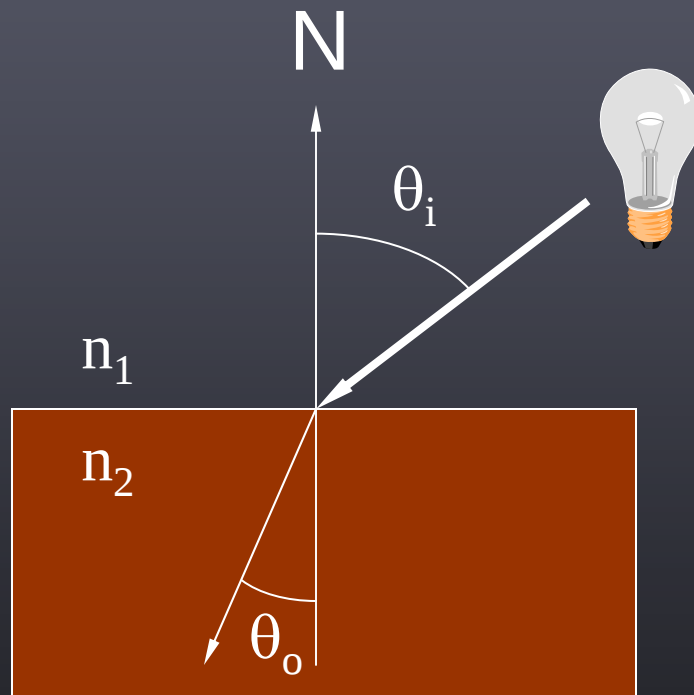


Perfekt refleksion: Spegelrefleksion

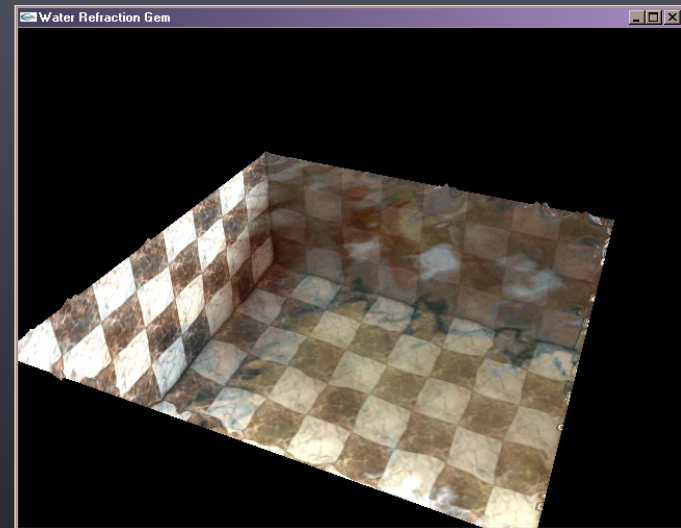
Allt ljus reflekteras i speglingsriktningen:



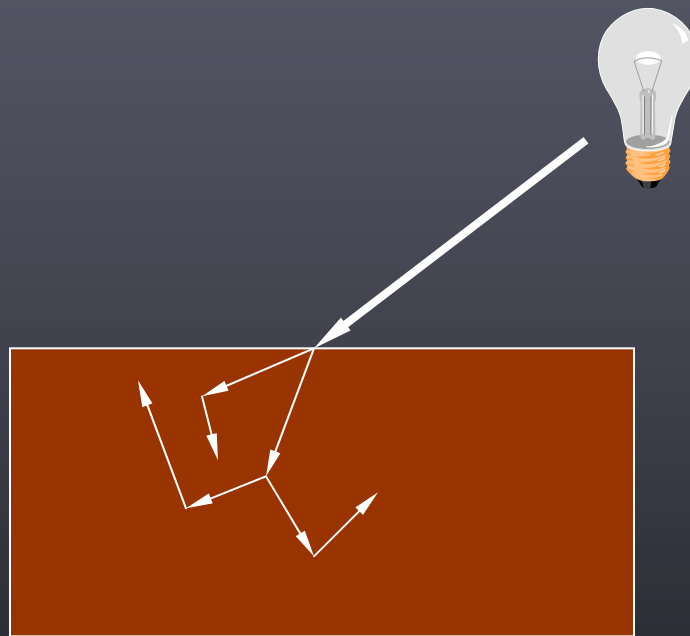
Perfekt transmission: Descartes/Snells lag



$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_o$$

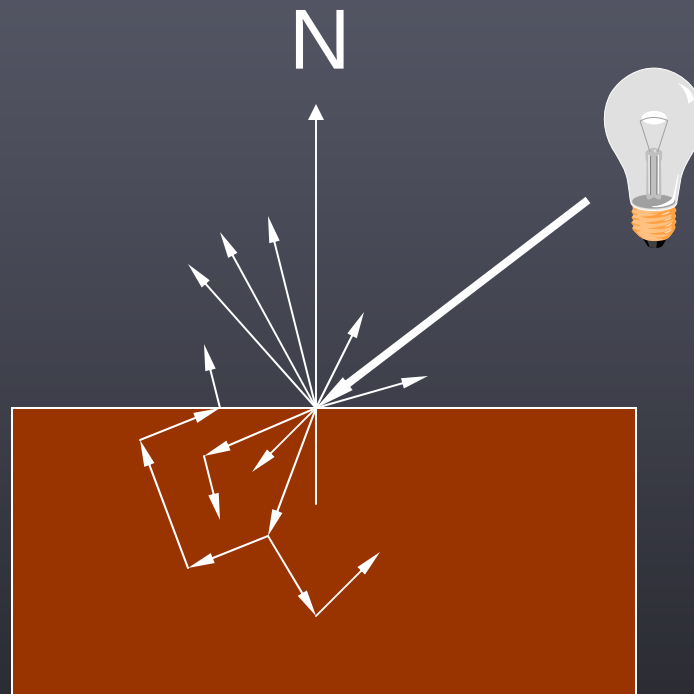


Spridning (scattering)

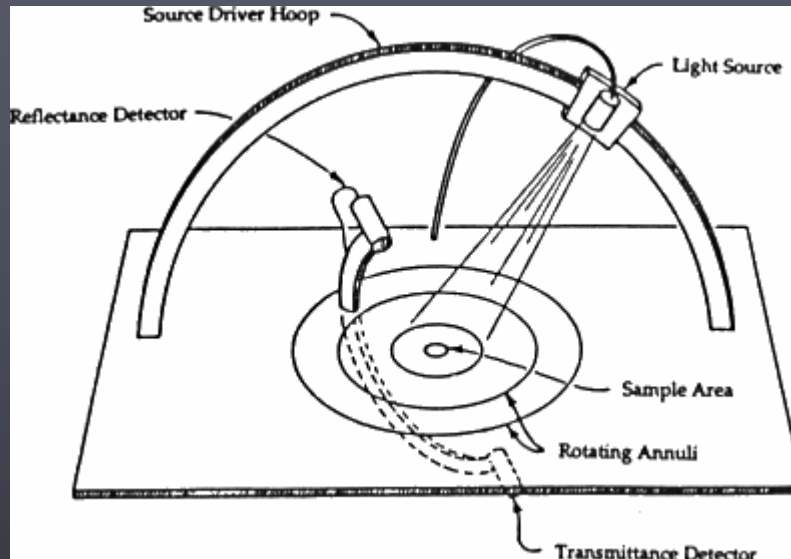


Ljus sprids och studsar på små partiklar inne i materialet.

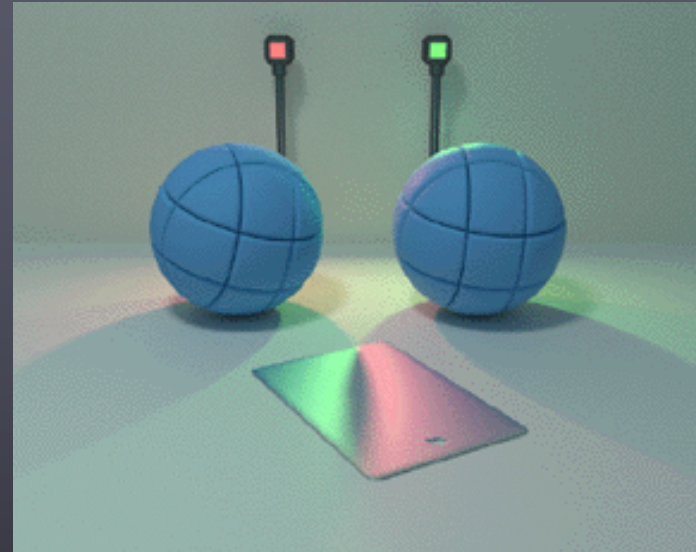
Riktiga material



Reflektionsmodeller



Mätning



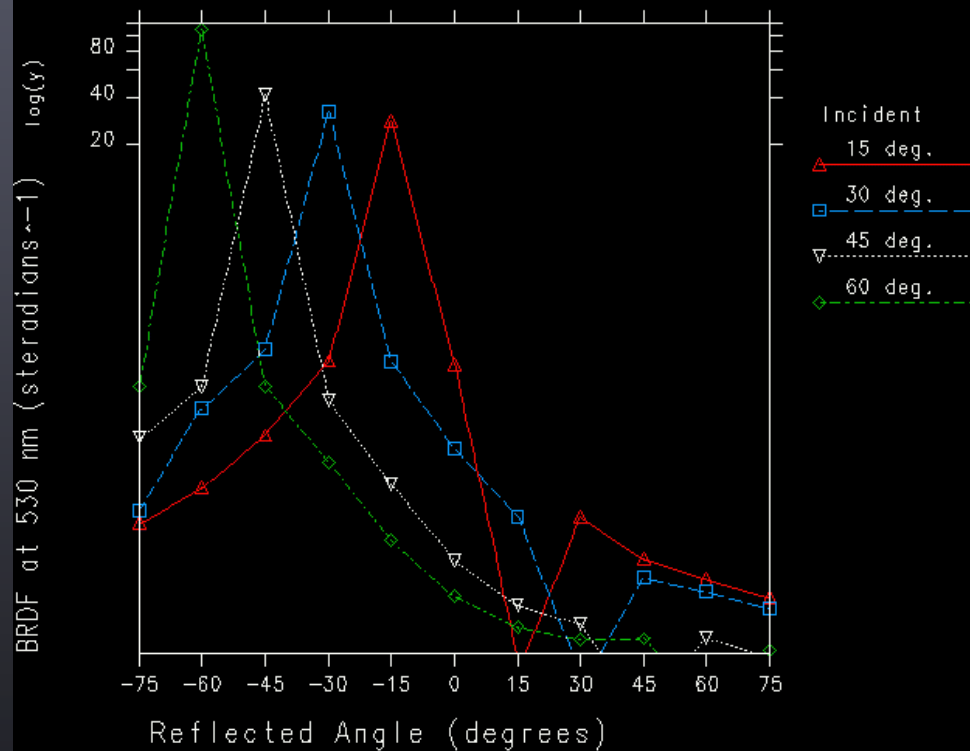
Matematisk modell

<http://www.cs.princeton.edu/~smr/cs348c-97/surveypaper.html>

Ashikhmin & Shirley, An Anisotropic Phong BRDF Model,
<http://citeseer.ifi.unizh.ch/ashikhmin00anisotropic.html>

Mätning

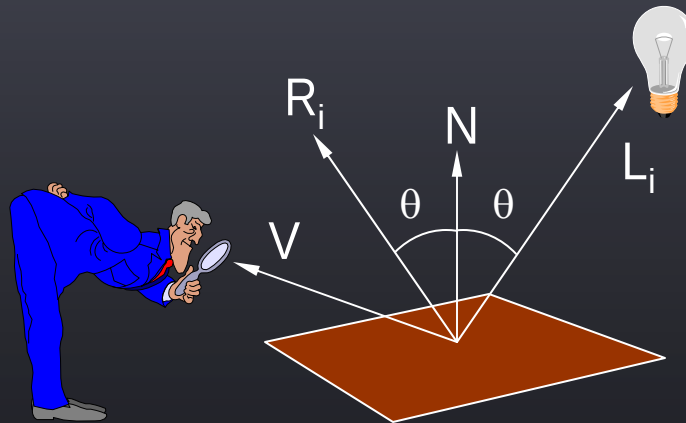
Metallic Grey Paint Sample
in-plane BRDF measurements



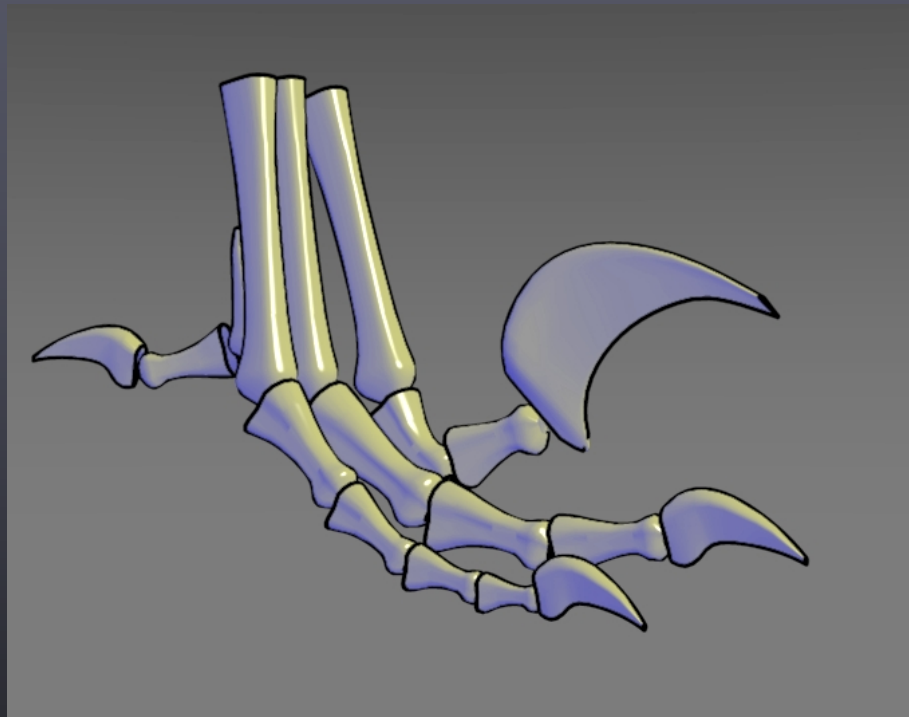
<http://math.nist.gov/~FHunt/brdf/>

Matematisk modell: Phongreflektion

$$\begin{aligned} \text{Reflekterat} &= \text{Allmän-} \\ \text{ljus i riktn. } V &= \text{ljus} + \\ + \sum_i & \text{ Färg hos} \\ & \text{ljuskälla } i \cdot (k_d \cdot (N \cdot L_i) + k_s \cdot (V \cdot R_i)^\alpha) \end{aligned}$$



Nonphotorealistic rendering



A Non-Photorealistic Lighting Model for Automatic Technical Illustration
Gooch, Gooch, Shirley & Cohen, SIGGRAPH 2000

Nonphotorealistic rendering



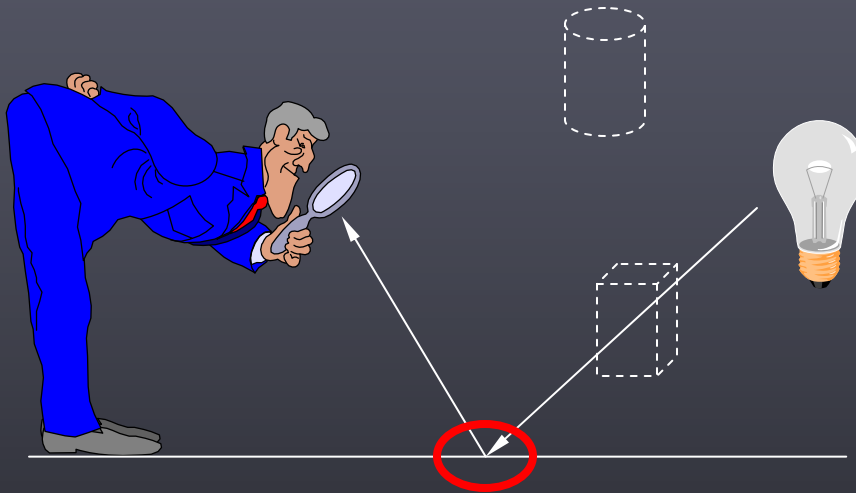
Real-Time Hatching
Praun, Hoppe, Webb, Finkelstein, SIGGRAPH 2001

Nonphotorealistic rendering



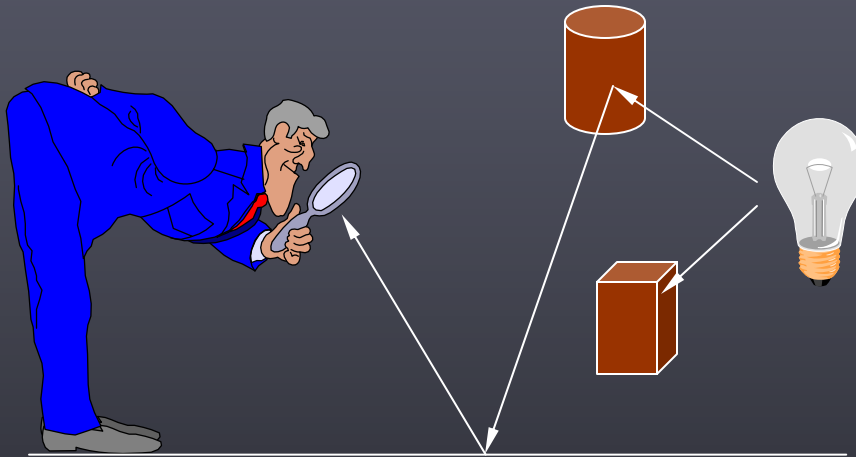
<http://www.ati.com/>

Lokala belysningsmodeller



Tag endast hänsyn till
materialegenskaper och
egenskaper hos ljuskällan.

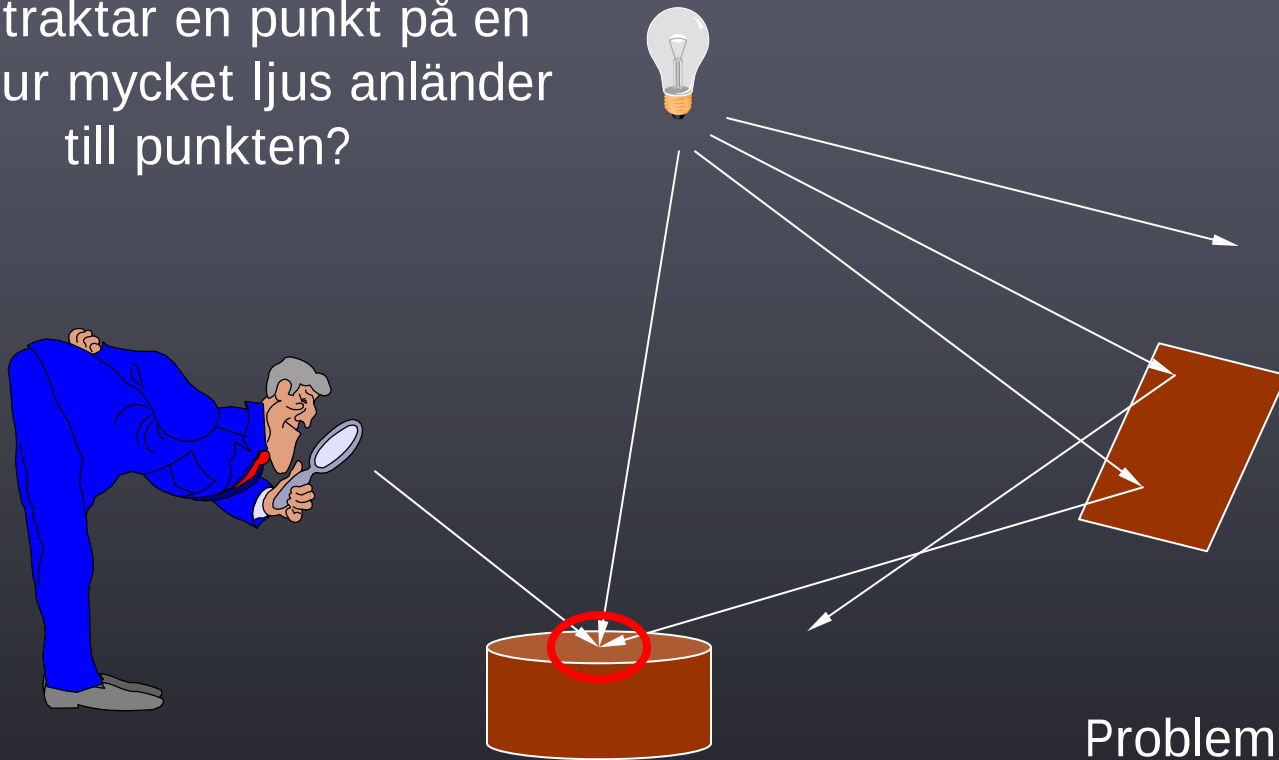
Globala belysningsmodeller



Tag också hänsyn till ljusets
interaktion med övriga
modeller i scenen:
skuggor och (eventuellt) indirekt ljus

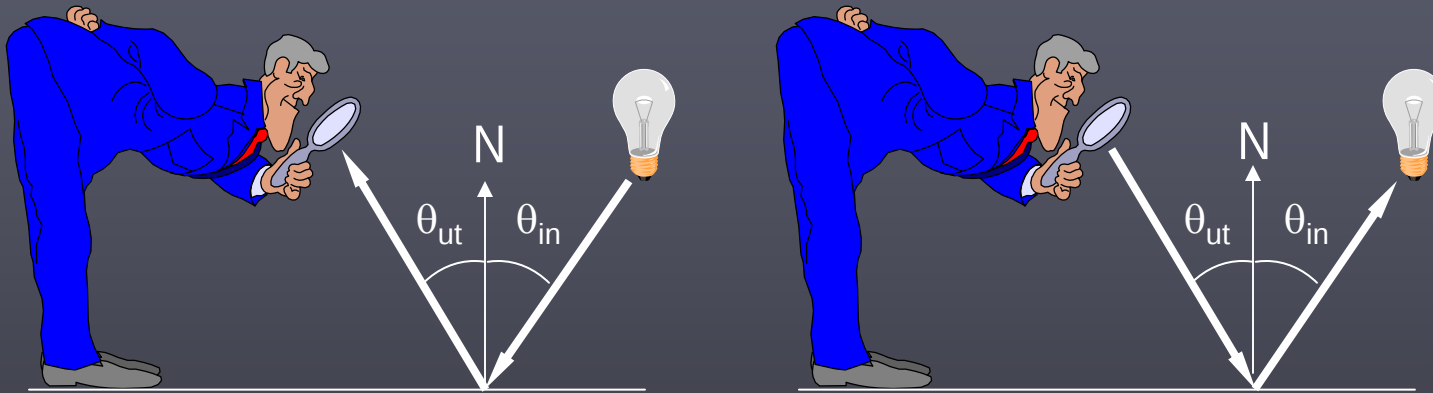
Globala belysningsmodeller

Vi betraktar en punkt på en yta. Hur mycket ljus anländer till punkten?



Problem:
Oändligt många strålar att följa!
Många strålar når aldrig kameran!

Reciprocitet



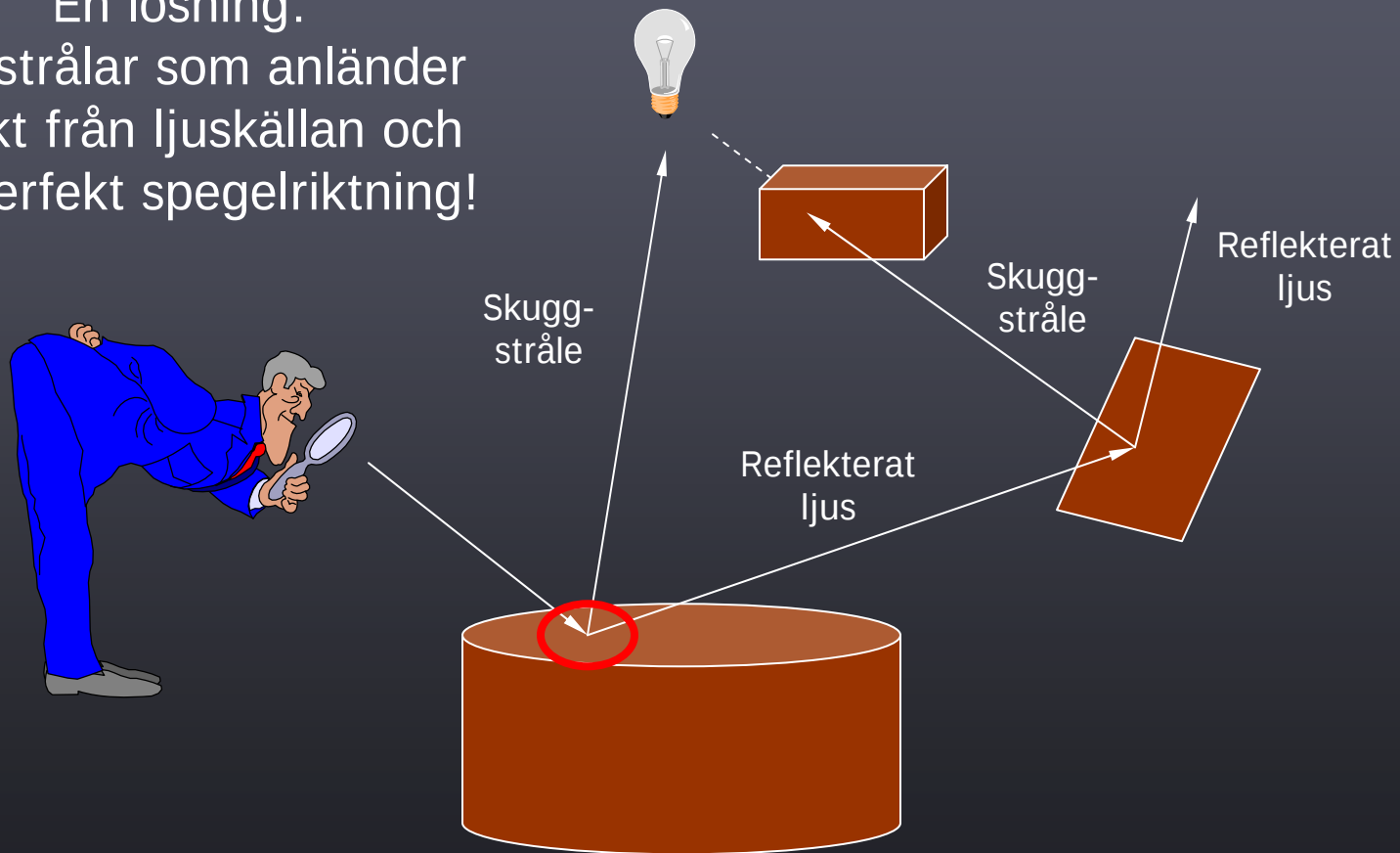
Man kan visa att ljusreflektion uppfyller **reciprocitet**:

$$R(\theta_{in} \rightarrow \theta_{ut}) = R(\theta_{ut} \rightarrow \theta_{in})$$

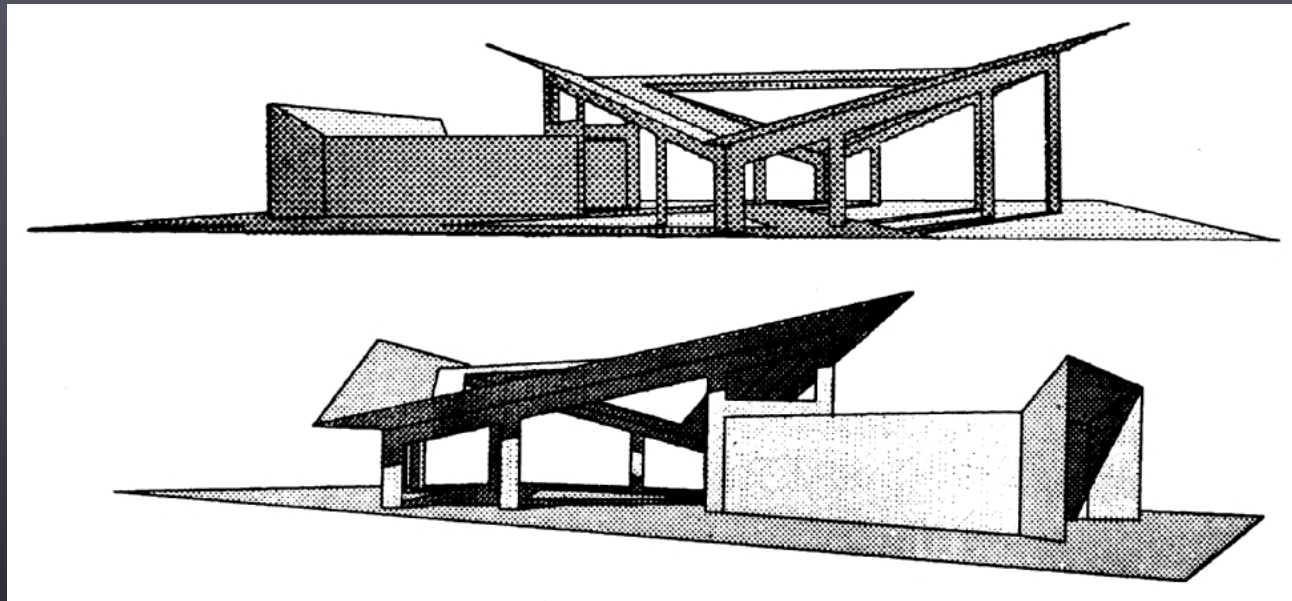
D.v.s. när vi simulerar kan vi följa ljusstrålarna
"bakåt" och "hämta" ljuset!

Exempel: Klassisk ray tracing (strålföljning)

En lösning:
Välj strålar som anländer
direkt från ljuskällan och
via perfekt spegelriktning!

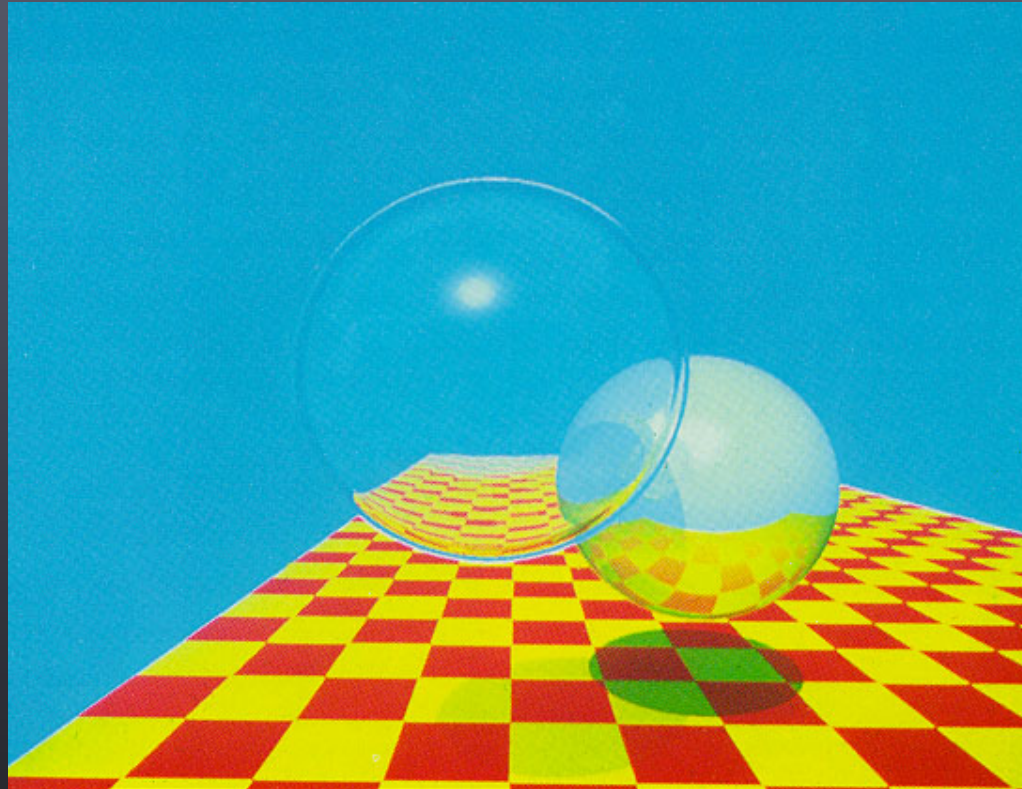


Klassisk ray tracing



Some Techniques for Shading Machine Renderings of Solids
Arthur Appel, AFIPS Spring Joint Computer Conference, 1968.

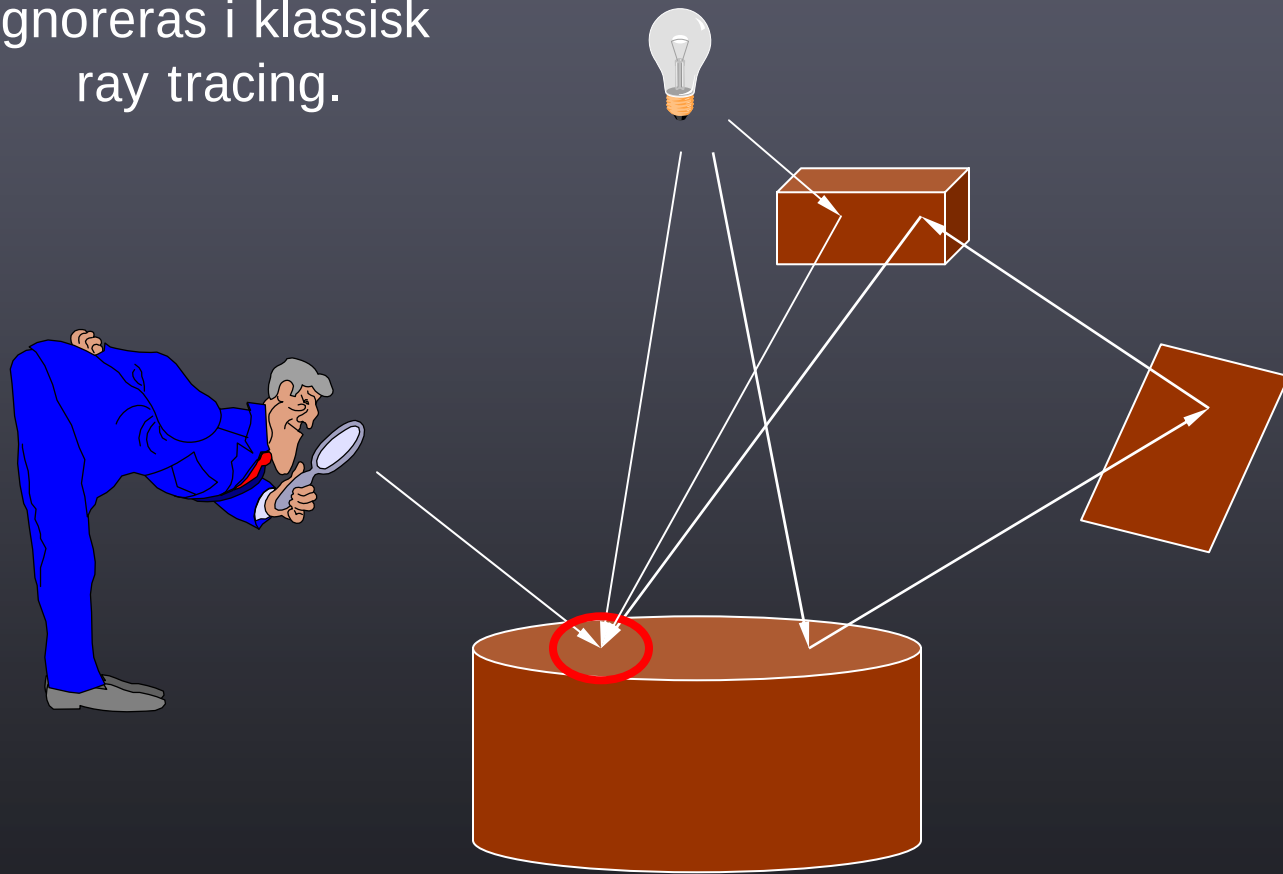
Klassisk ray tracing



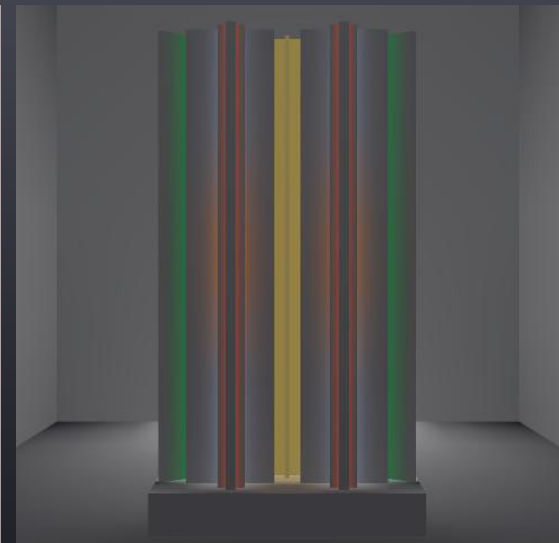
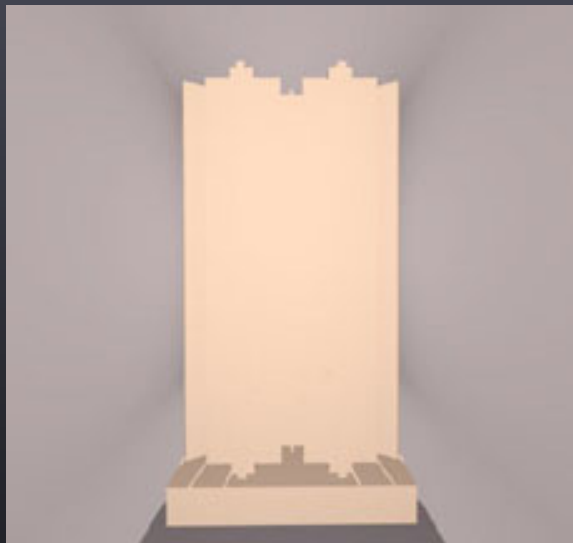
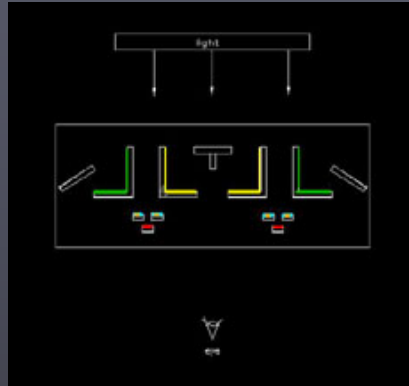
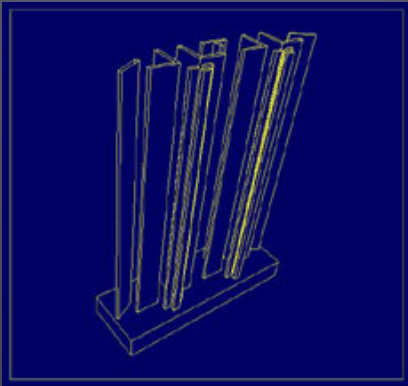
An Improved Illumination Model for Shaded Display
Turner Whitted, Communications of the ACM, Juni 1980.

Indirekt ljus

Många relevanta ljusstrålar
ignoreras i klassisk
ray tracing.



Klassisk ray tracing vs. indirekt ljus



<http://www.graphics.cornell.edu/online/tutorial/radiosity/>

Radiosity-metoden

<http://freespace.virgin.net/hugo.elias/radiosity/radiosity.htm>

Radiosity-metoden

<http://www.autodesk.com/>

Radiosity + ray tracing

<http://www.autodesk.com/>

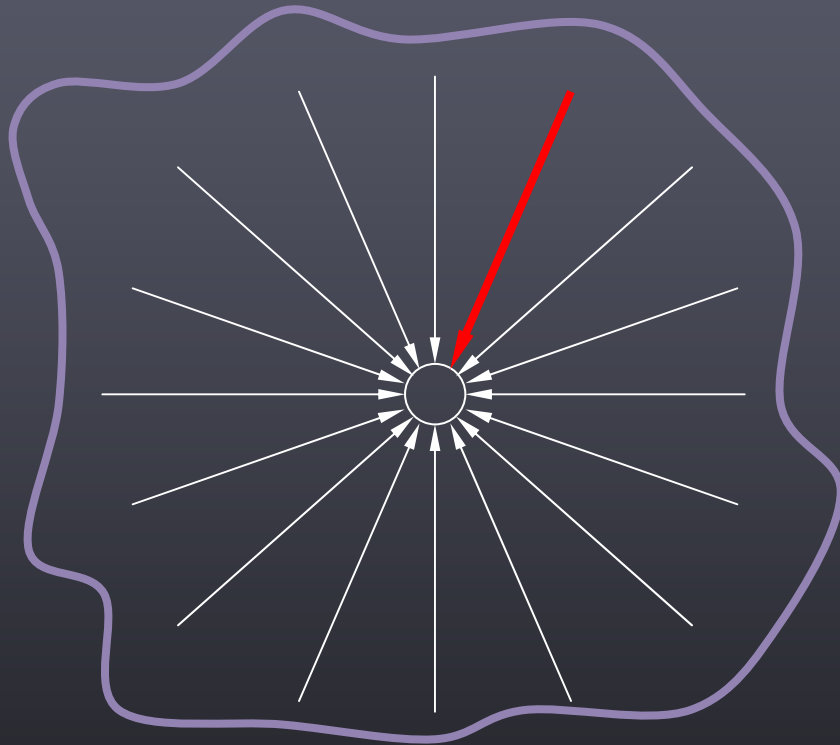
Environment mapping



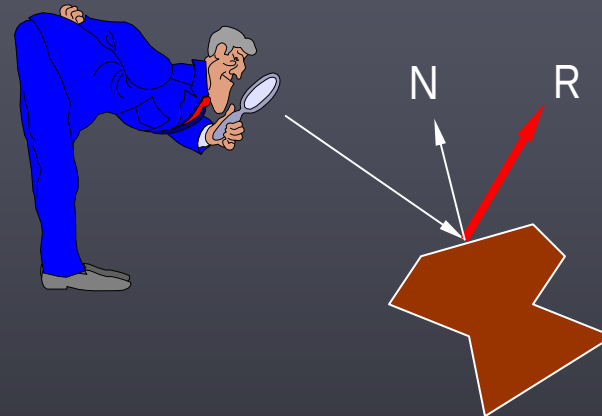
<http://www.sulaco.co.za/opengl5.htm>

Environment mapping

"Komplex" omgivning



Steg 1: Lagra det ljus som anländer till en punkt från alla riktningar.



Steg 2: Beräkna reflektionsriktningen och hämta det lagrade ljuset i den riktningen.

Environment mapping



Arnolfiniporträttet, Jan van Eyck, 1434.

<http://www.ibiblio.org/wm/paint/auth/eyck/arnolfini/>

Environment mapping

Interface
Lance Williams m.fl., 1985.

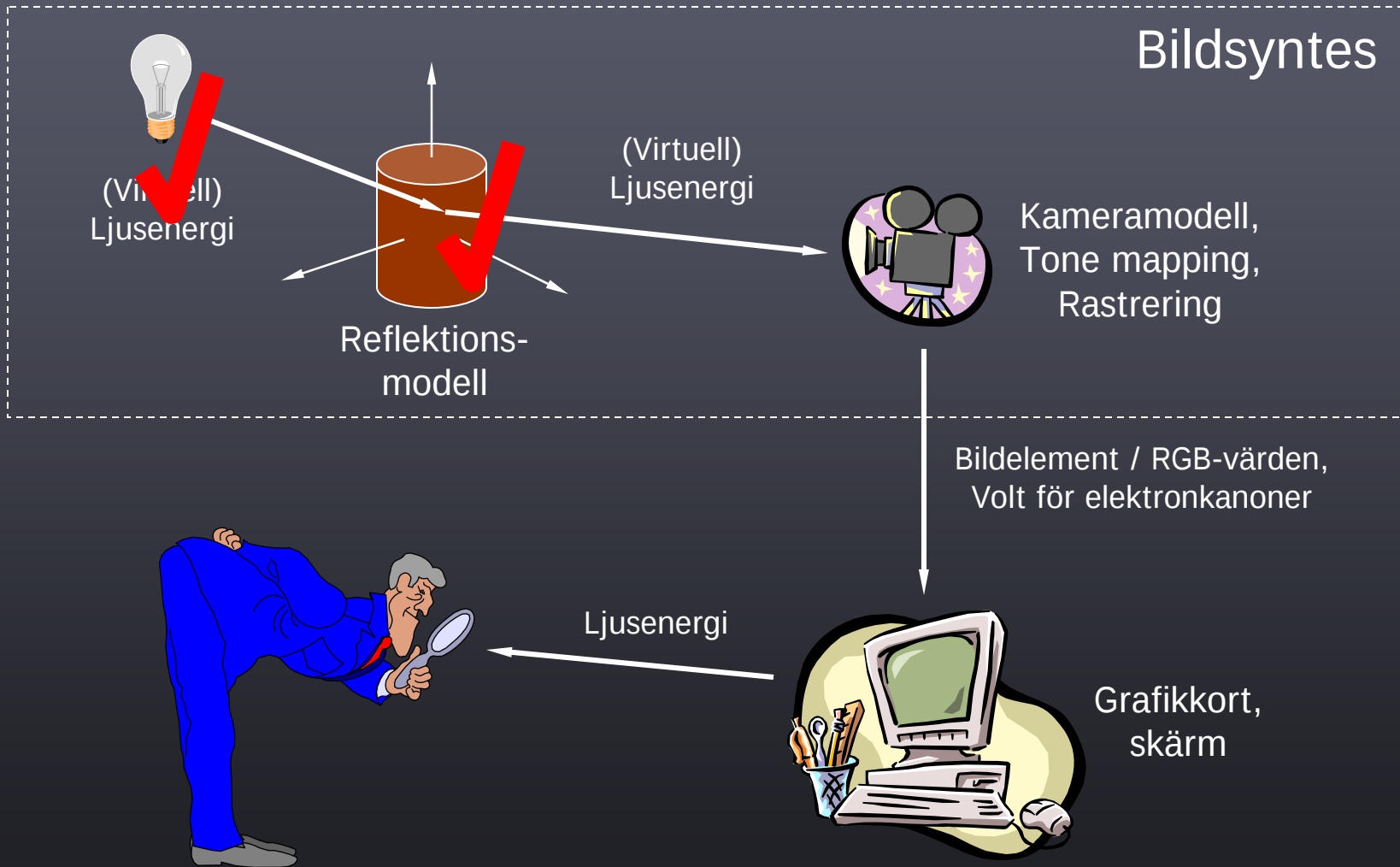
Environment mapping

Rendering with Natural Light
Paul Debevec m.fl., 1998.

Environment mapping

Fiat Lux
Paul Debevec m.fl., 1999.

Översikt



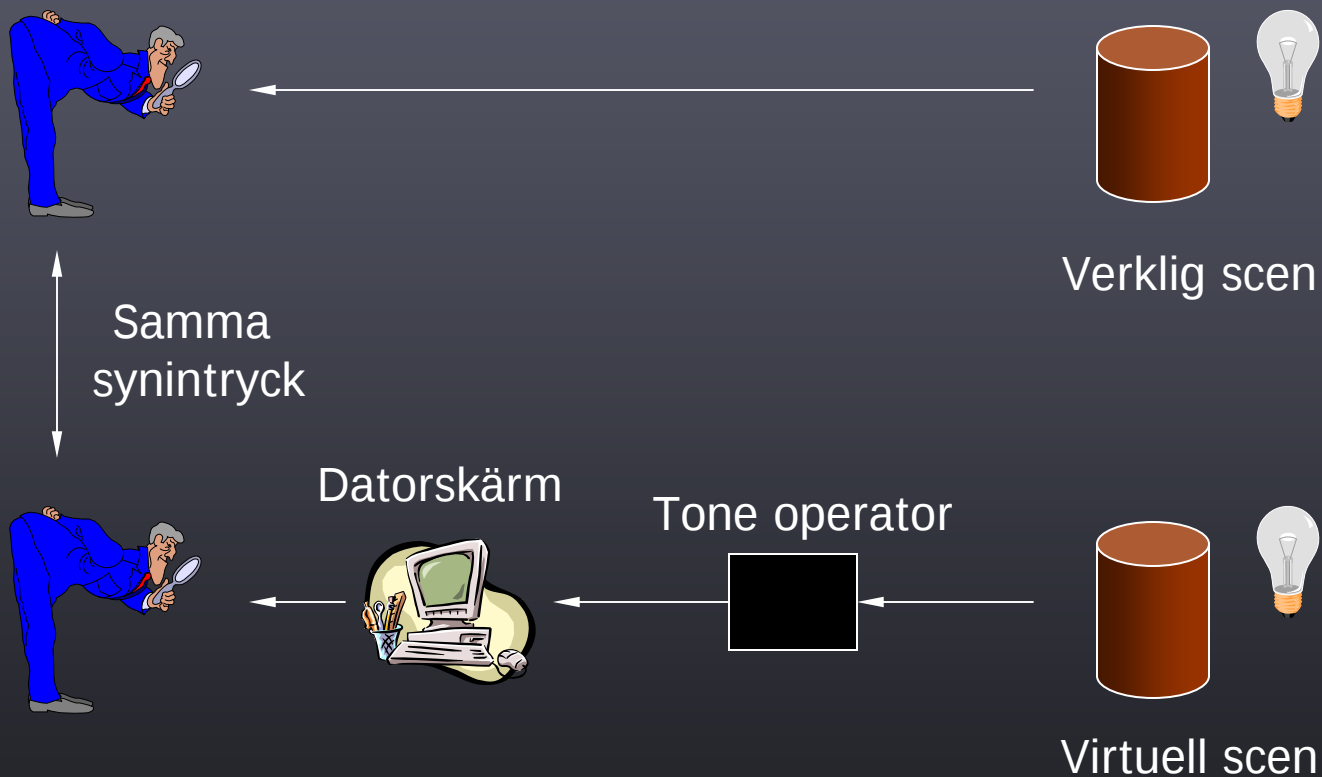
Tone Mapping

Våra ögon kan enkelt hantera miljöer där de mest ljusa partierna är 10000 gånger starkare än de svagaste partierna.

Men förhållandet mellan det svagaste och det starkaste ljus en datorskärm kan skicka ut är bara 100:1.

Hur kan vi "komprimera" ett 10000:1-intervall till ett 100:1-intervall?

Tone Mapping Operators



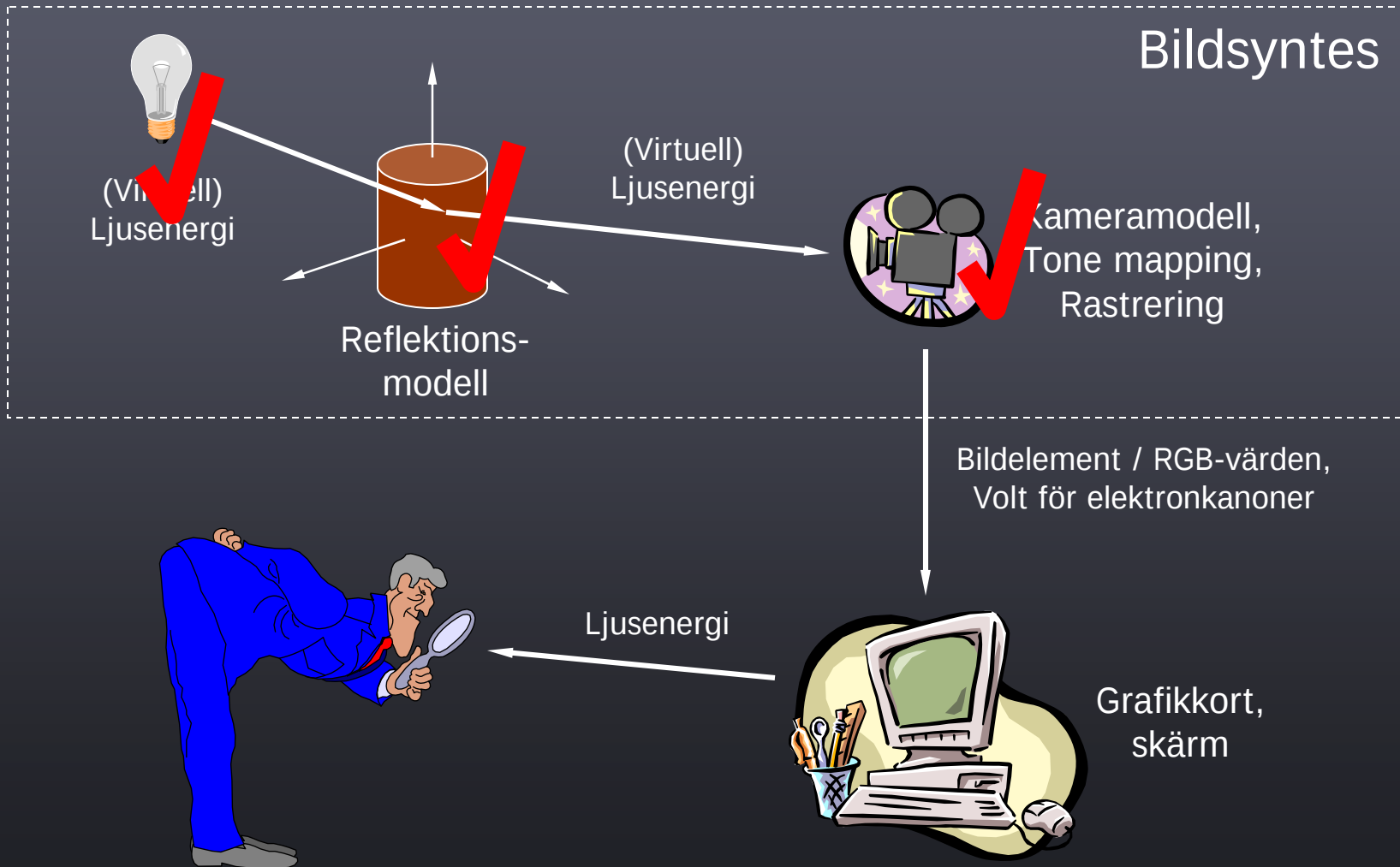
Linjär operator

Välj ett maxvärde m . Dividera
alla ljusvärden med m .
Om resultatet är >1 , sätt till 1.

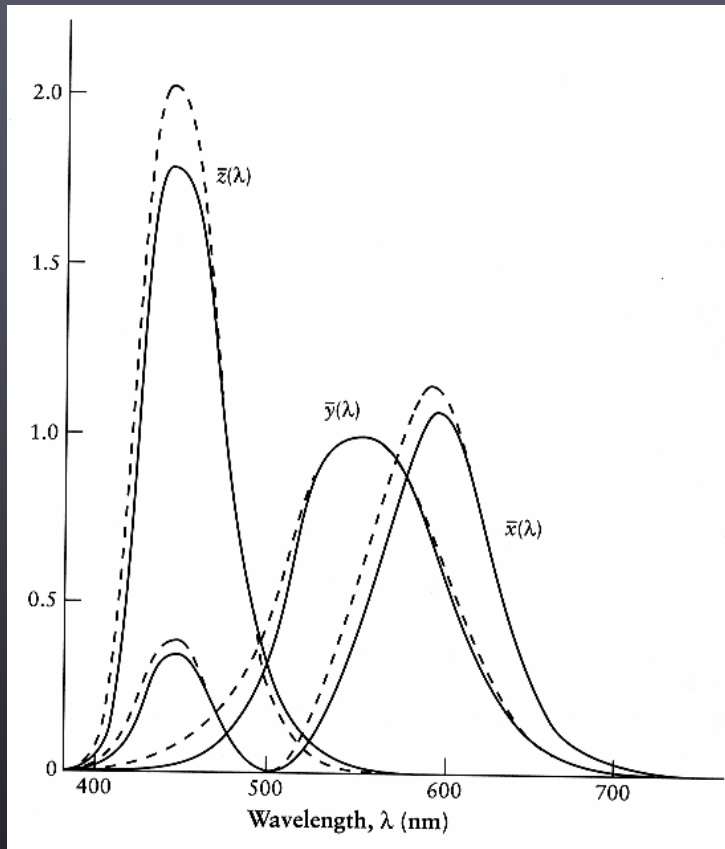
Visuella operatorer

Icke-linjära operatorer baserade på
perceptionspsykologi.

Översikt



Från spektra till RGB



$$X = \int_{380}^{780} C(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_{380}^{780} C(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_{380}^{780} C(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

Se föreläsning om signalbehandling!

Från spektra till RGB

Vet vi monitorfosforernas X-, Y-, och Z-värden kan vi lösa ett enkelt linjärt ekvationssystem för att få motsvarande R-, G- och B-värden.

Om man inte vet värdena för sin monitor kan man använda "standardvärden" (men oftast finns de i monitorns manual).

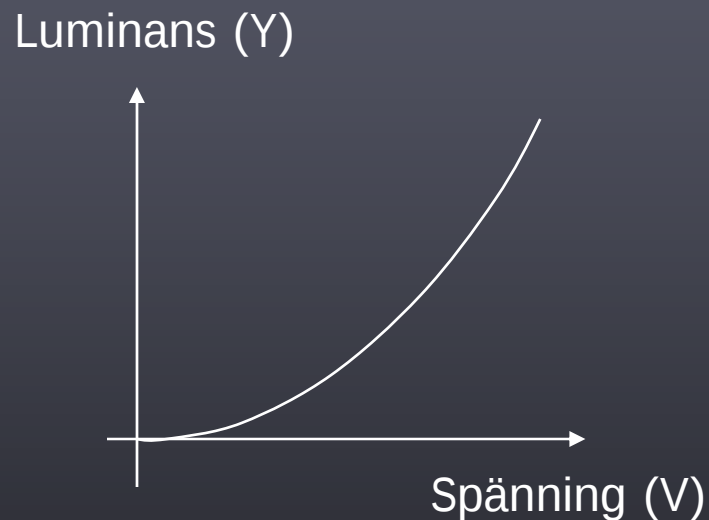
Standardkonvertering för HDTV:

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.240479 & -.537150 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875992 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

Respons hos monitorfosforer

För vanliga datormonitorer gäller

$$Y \approx V^\gamma$$



Istället för att skicka V skickar vi $V^{(1/\gamma)}$. Detta kallas för **gammakorrektion**.
Typiska värden på γ är 2.8 ± 0.3 .
Om man är noggrann ska man kompensera för ljuset i den miljö i vilken monitorn finns.