

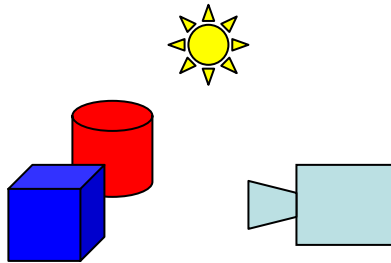
Blockpraktikum „3D-Modellierung manuell und digital“, SS 2005

Materialien zu Teil 2:
3D-Animation

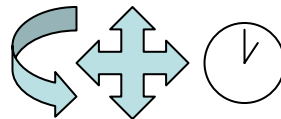
Grundlagen 3D-Modellierung

- Die Rendering Pipeline
- Geometrische Primitive, CSG
- Rotations- und Extrusionskörper
- Splines, Patches, Polygonmodelle
- Transformationen, instancing

Die Rendering Pipeline

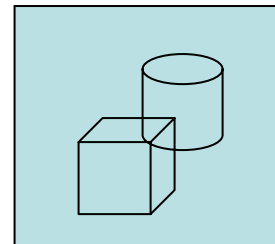


Objekte
Lichter
Kamera

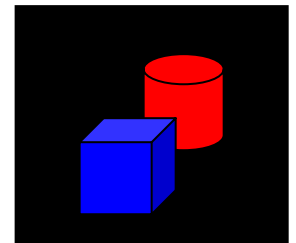


Transforma-
tionen und
Bewegungen

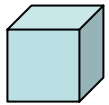
Projektion
3D nach 2D



Bitmap



Geometrische Primitive



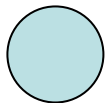
Box

Länge, Breite, Höhe



Cylinder

Radius, Höhe



Sphere

Radius

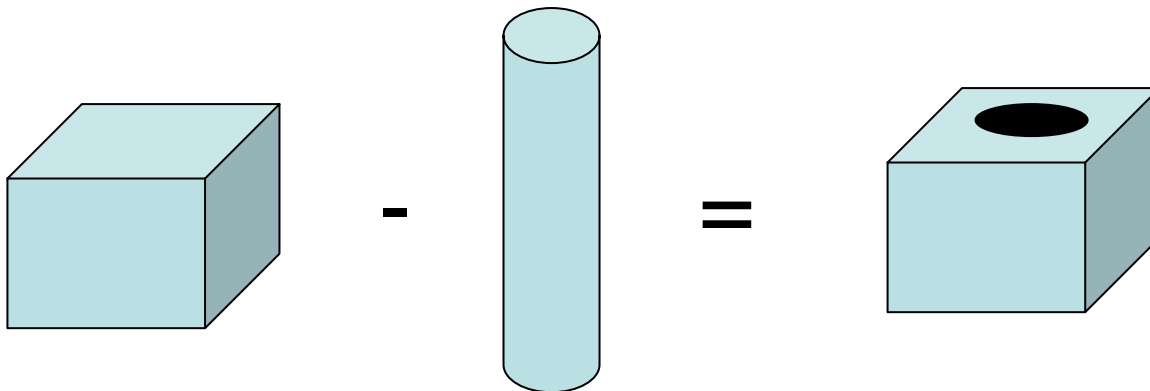
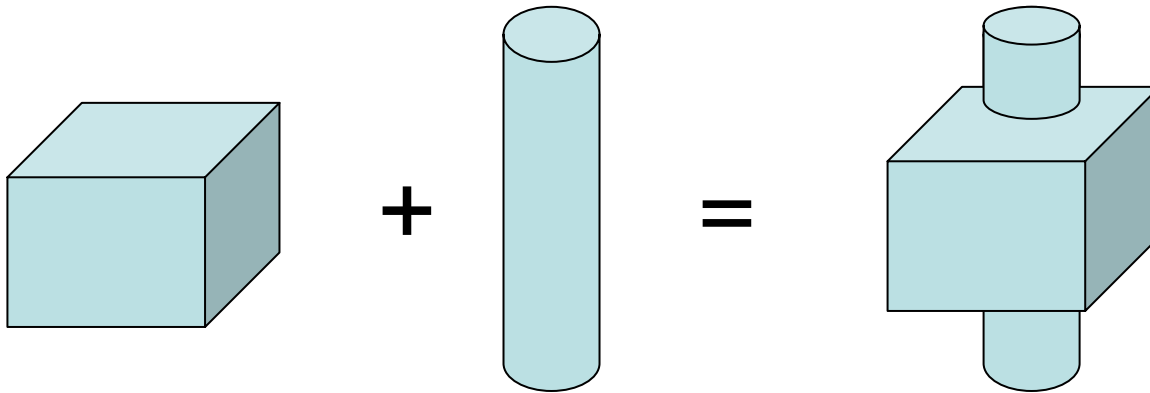


Cone

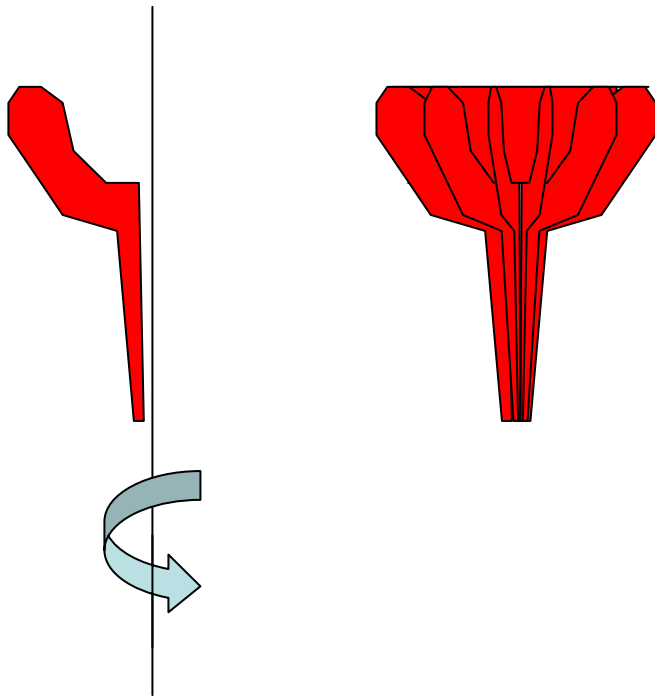
Radius, Höhe

Constructive Solid Geometry (CSG)

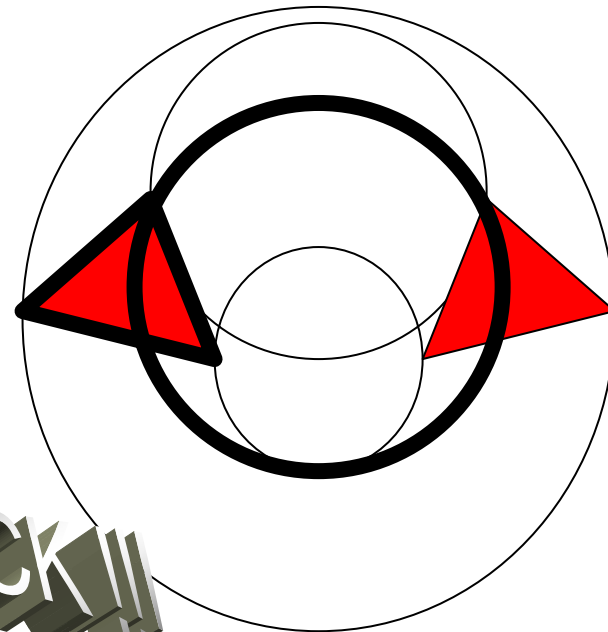
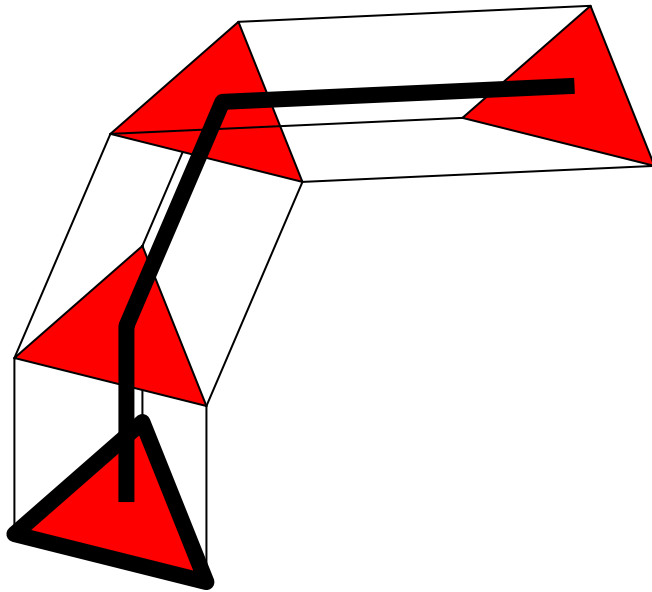
(auch boolesche Körper genannt)



Rotationskörper



Extrusionskörper



TRICK !!

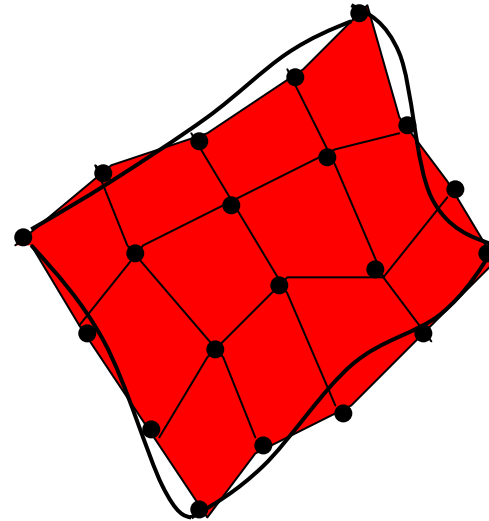
Splines (1)

- Weiche Formen, glatte Übergänge
- “Mathematisches” Kurvenlineal
- Interpolations- und Approximationsproblem
- Kubische Funktionen als Basiselemente

- Spezielle Variante davon: Bezier-Kurven oder B-Splines

Bezier-Patches

- Erweiterung der kubischen Splines
- 16 Kontrollpunkte pro Flächenstück
- Ähnliche Eigenschaften wie kubische Splines



Übersicht zu Splines unter:

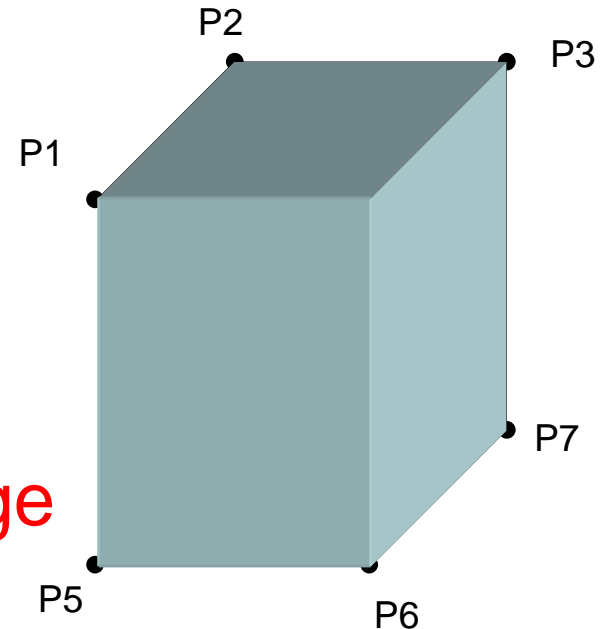
<http://www.gris.uni-tuebingen.de/gris/grdev/java/doc/html/german/3.html>

Polygonmodelle

- Repräsentation durch Knoten, Kanten und ebene Flächen

+ flexibel und schnell
darstellbar

- hoher Speicherplatzverbrauch,
keine echten weichen Übergänge



$P1=(x1,y1,z1)$

$F1=(P1 P2 P3 P4)$

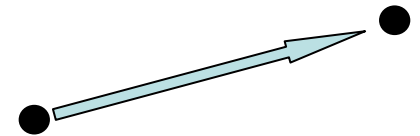
$E1=(P1 P2)$

Detailierungsgrad der 3D-Modelle

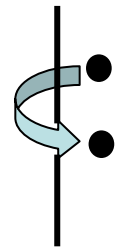
- 3D-Computergraphik ist kein perfekter Abbildungsprozeß der Wirklichkeit.
- Subjektive Visualisierung statt objektiver Nachbildung
- Bilder werden vom Menschen anders wahrgenommen als die Wirklichkeit
- Homogene und inhomogene Detaillierungsgrade
- Beispiel: zu komplex
- Beispiel: zu einfach

Transformationen

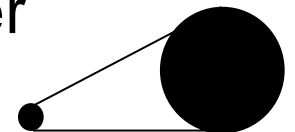
Die **Translation** wird durch den Verschiebungsvektor $d=(dx,dy,dz)$ bestimmt.



Die **Rotation** erfolgt durch Angabe eines Punktes $P_r=(x_1,y_1,z_1)$, einer Achse $a=(x_2,y_2,z_2)$ und eines Rotationswinkels α



Die **Skalierung** wird durch Faktoren für jede der Koordinatenachsen bestimmt (s_x,s_y,s_z) .



Transformationshierarchie



- Objekte werden zu Gruppen zusammengefasst
- Gruppen werden zusammen transformiert und animiert
- Bewegungen innerhalb der Gruppe bleiben erhalten
- Gruppen können wieder zu Gruppen gefasst werden
- Kamera kann in Gruppen enthalten sein

Animation == bring to life

- Generally any kind of **moving** graphics
 - flipbooks
 - cartoon films
 - computer animation
- Sequence of single images
 - Movie: 24, TV: 30, Comp.: up to >100/sec.
- Impression of movement >6 fps (???)

Creating a classic cartoon animation

- idea > treatment > story board, sound
- draw keyframes (expensive)
 - important or tricky phases of motion
- interpolate between keyframes (cheap)
 - easy and straightforward phases
- color and film the single frames

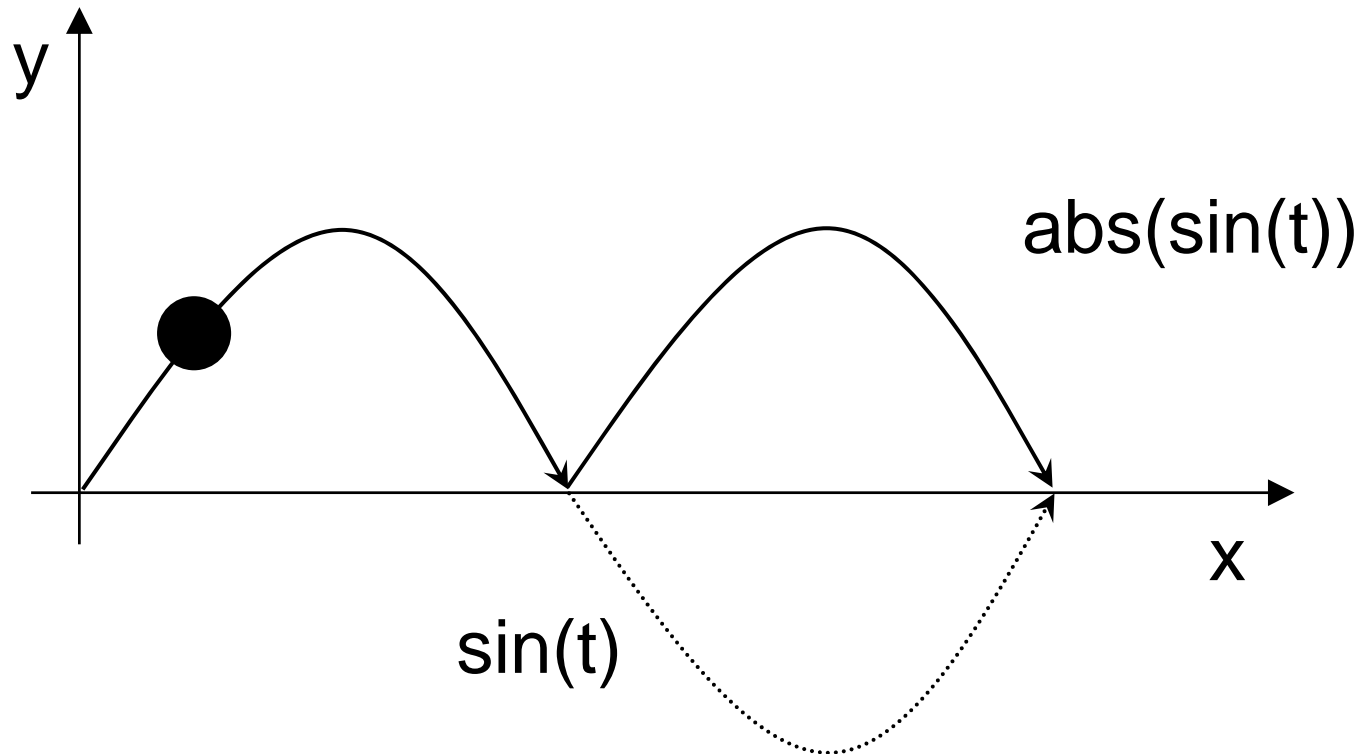
Creating 3D computer animation

- idea > treatment > story board
- describe keyframes explicitly
 - complete description of the 3D world state
- interpolate between keyframes
 - calculate state of the world for each frame
- render and display/store single frames

Animation control methods

- equations
- constraints (e.g. inverse kinematics)
- simulation (e.g. dynamics)
- motion hierarchies
- tracking live motion
- actors and behaviors

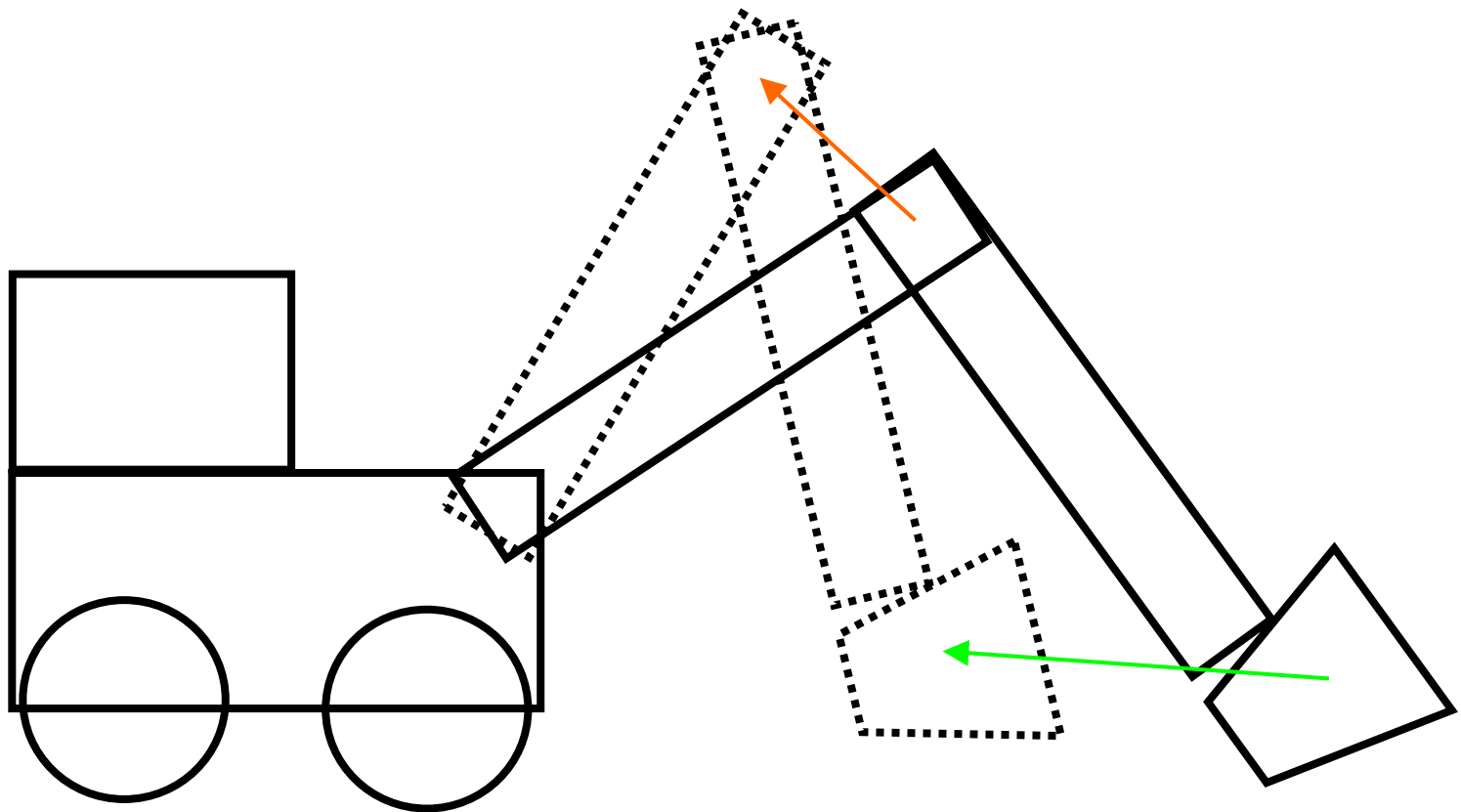
Example: equations



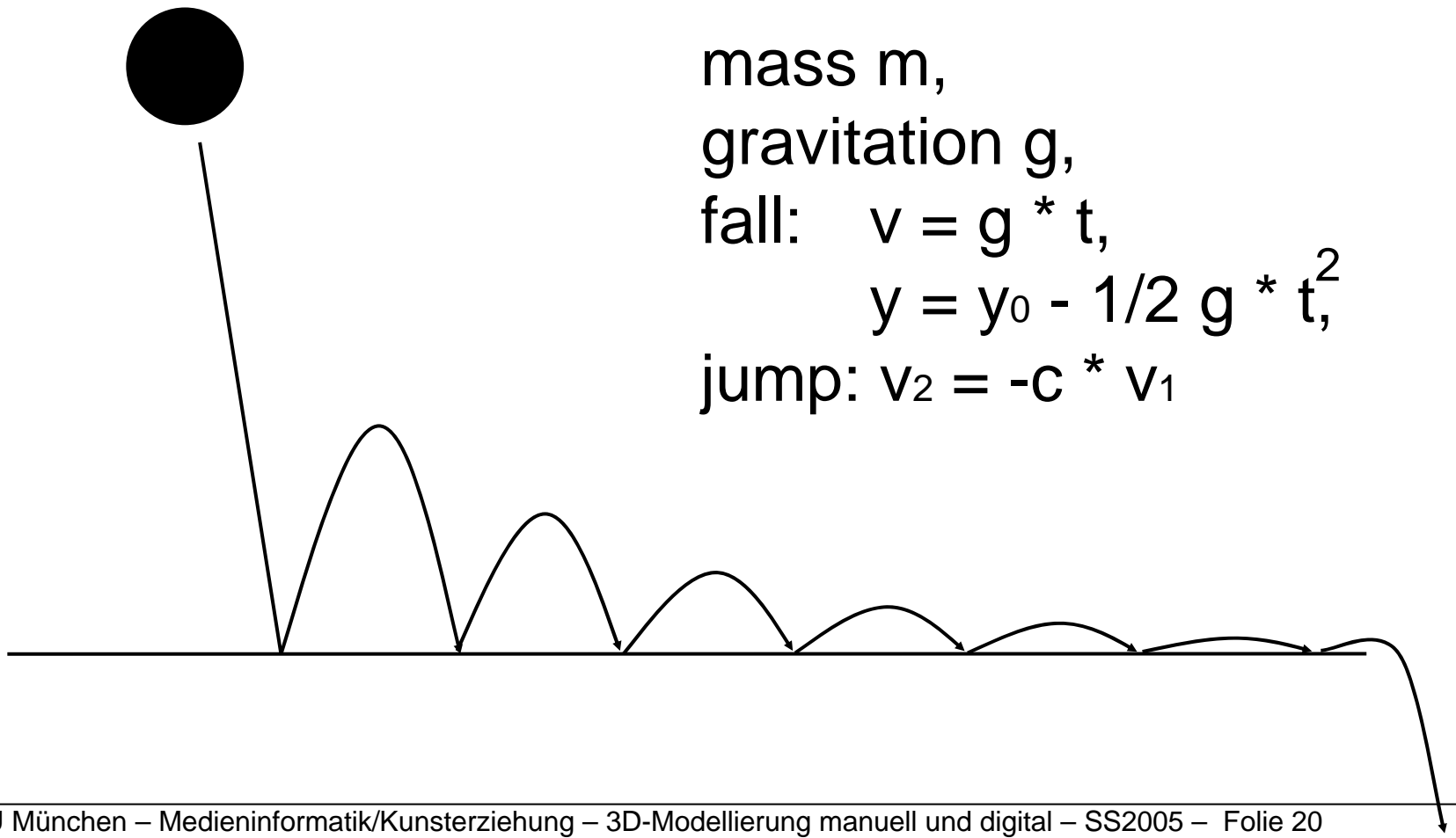
$$x = f_1(t) = v * t$$

$$y = f_2(t) = c * \text{abs}(\sin(t))$$

Example: inverse kinematics



Example: simulation



mass m ,

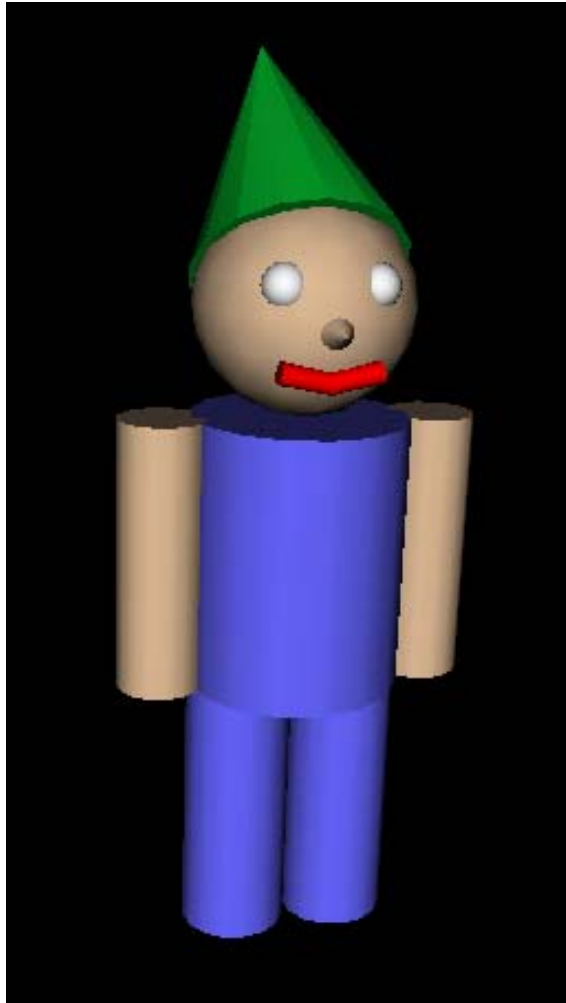
gravitation g ,

fall: $v = g * t$,

$$y = y_0 - 1/2 g * t^2,$$

jump: $v_2 = -c * v_1$

Example: motion hierarchies



- follows object hierarchy
- nested transformations
- motion affects all objects 'under' the current node

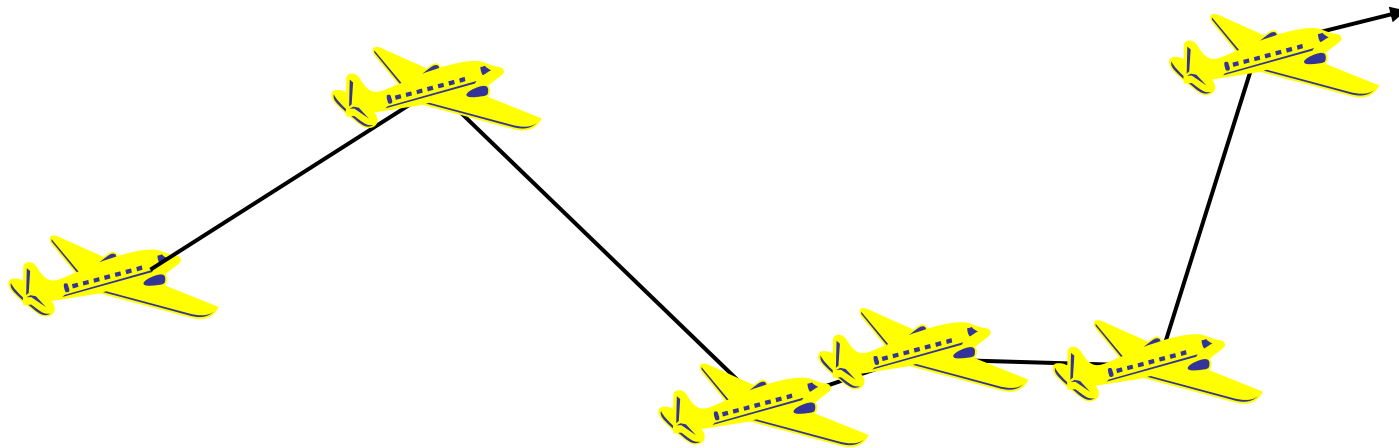
- wave while jumping
- walking
- smile while shaking the head

Tracking live motion

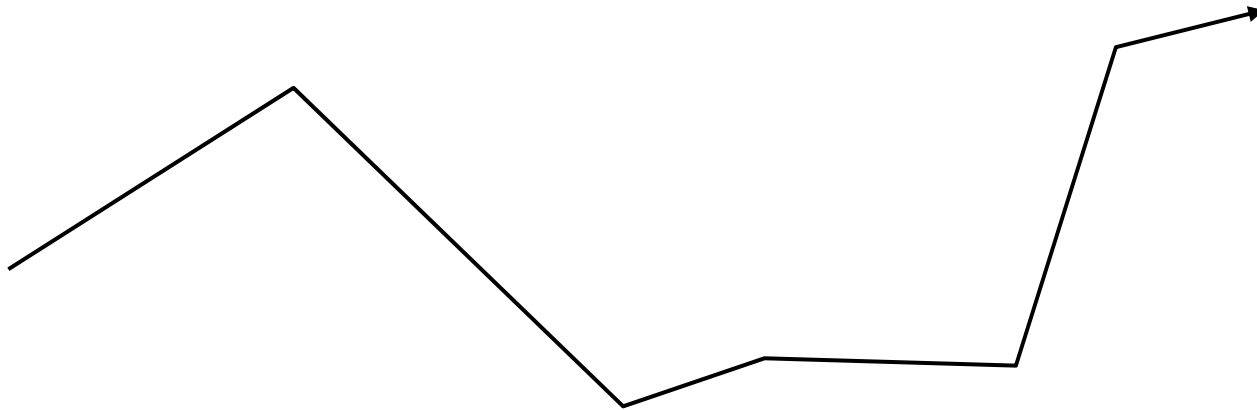
- position & orientation tracking
 - infrared, ultrasonic, magnetic
- DataGlove and DataSuit
- puppets with tracked joints: Monkey™



Example: Keyframing the Position

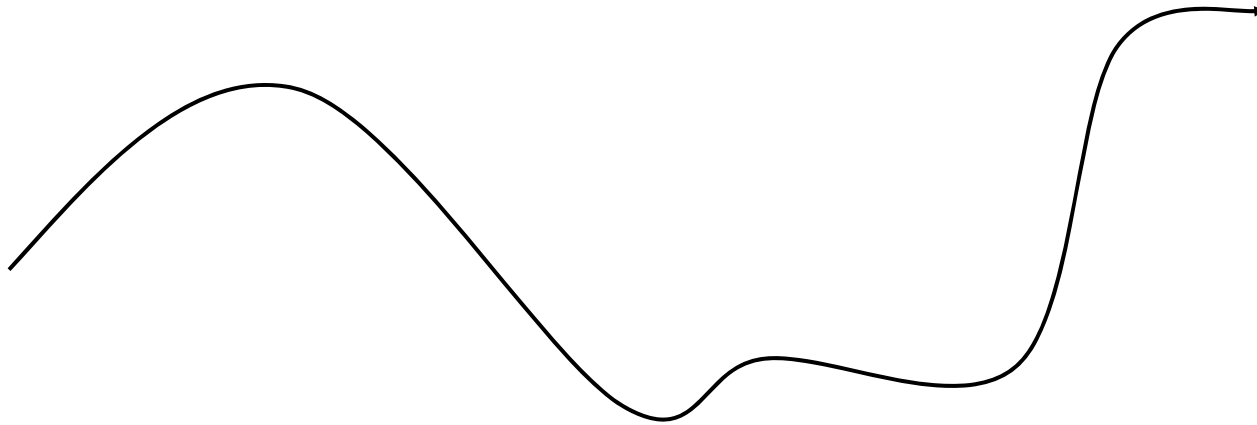


Linear interpolation



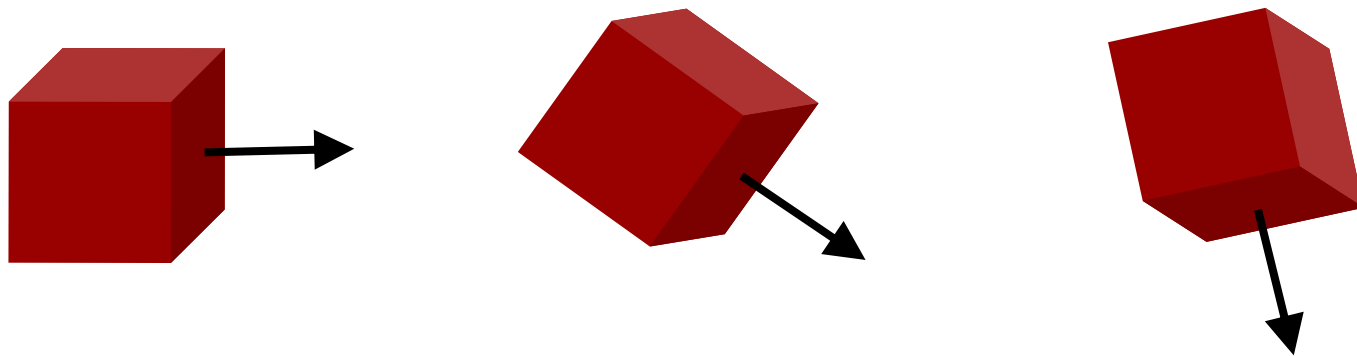
$$x = x_0 + \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} (x_1 - x_0), y = y_0 + \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} (y_1 - y_0)$$

Spline interpolation



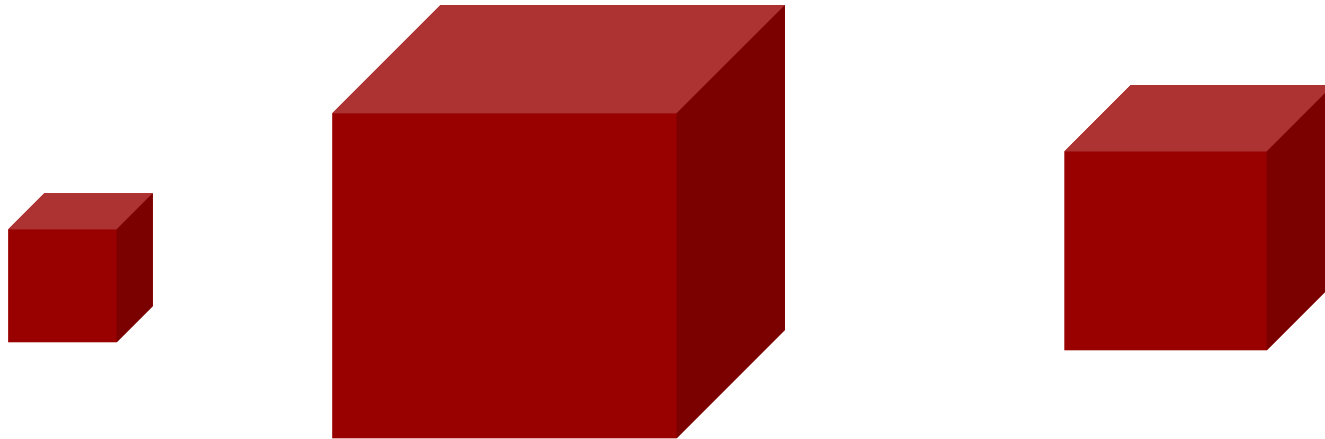
- spline = thin metal strip used to draw smoothly
- natural spline interpolates control points
- weights and tension at control points

Keyframing the Orientation

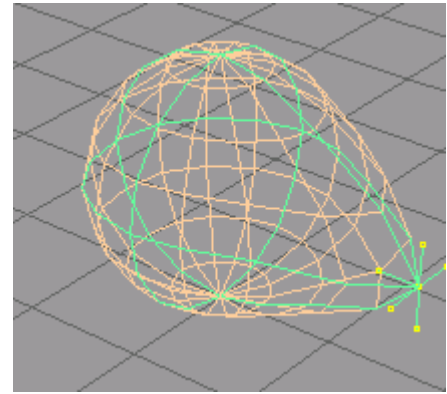
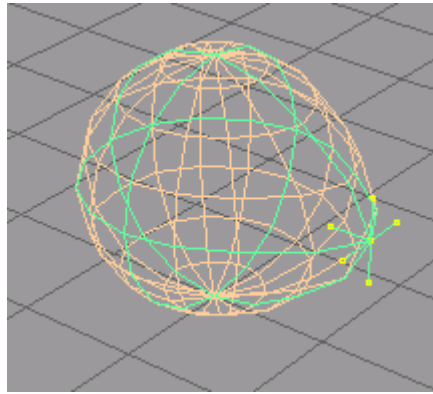
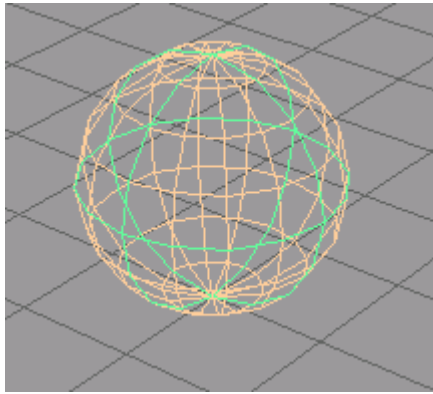


- Choose rotation axis
- interpolate angle about this axis
- shortest path on the unit sphere

Keyframing the Size

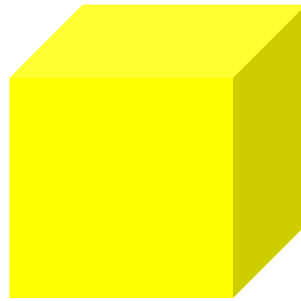
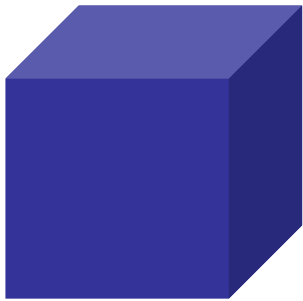


Keyframing deformation

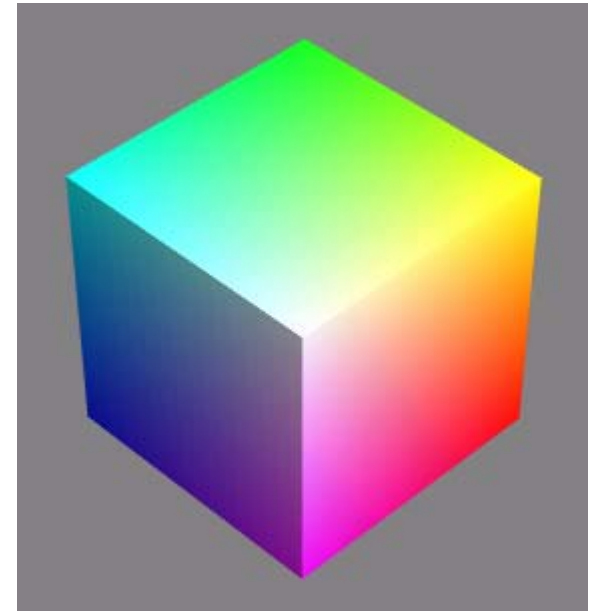


- grab a control point
- keyframe its position
- deform the polygon mesh accordingly

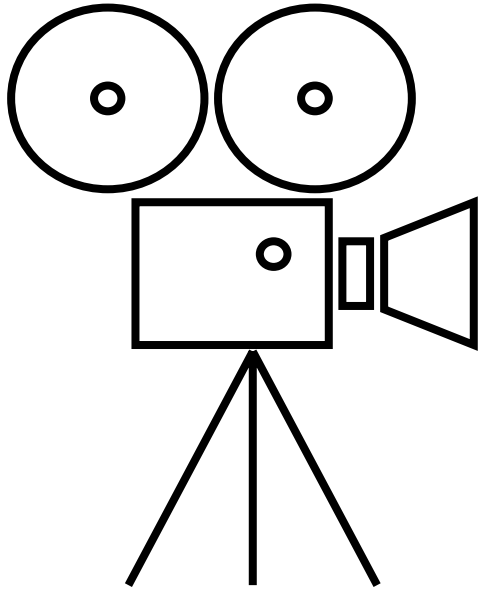
Keyframing the Color



- Can be done in RGB or HSV color space

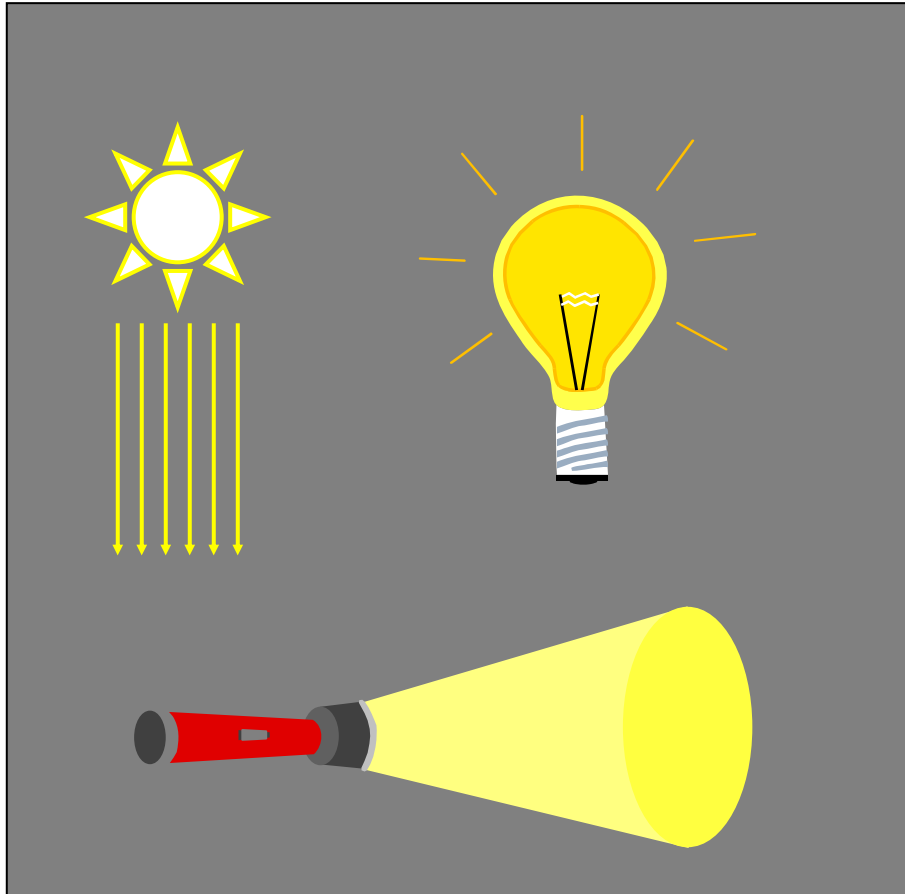


Keyframing the virtual camera



- Position
- Orientation
- Field of view
- Depth of field

Keyframing the light setup



- directional light
 - positional light
 - ambient light
 - spotlight
 - area light
-
- position
 - direction
 - beam angle

Other things to keyframe

- levels of detail
- visibility
- transparency, shininess
- texture / bump maps
- shading parameters
- rendering method

How to create the images (rendering)

- Divide whole animation into single frames
- Compute state of the 3D world for each frame
- Render the single images
- Display or store them
- Usually done automatically from animation script
- Takes time!!!!!!!!!!!!!!
 - Depending on complexity of scene!

Temporal resolution

- 3D animation == 4D graphics
- new problem: temporal aliasing
- solution: motion blur
- temporal supersampling

Animation principles (from cartoon character animation)

- Timing
 - Ease In and Out (or Slow In and Out)
 - Arcs
 - Anticipation
 - Exaggeration
 - Squash and Stretch
 - Secondary Action
 - Follow Through and Overlapping Action
 - Straight Ahead Action and Pose-To-Pose Action
 - Staging
 - Appeal
 - Personality
-
- Graphics are ©1999 Michael B. Comet, G. Scott Owen, Billy Salisbury. Taken from <http://www.comet-cartoons.com/toons/3ddocs/charanim/>
http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/animation/character_animation/principles/prin_trad_anim.htm http://billysalisbury.com/tutorials_principles.htm

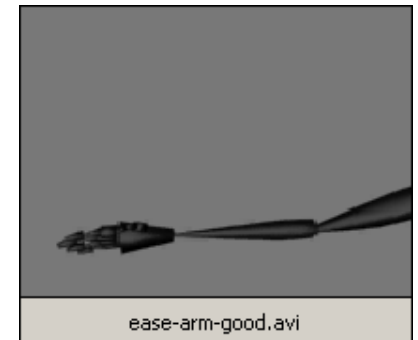
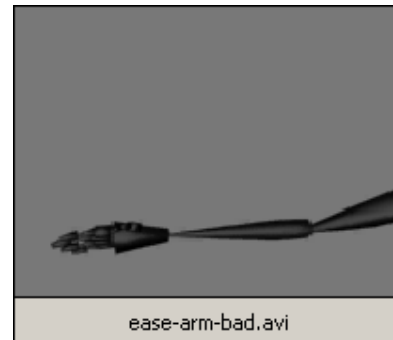
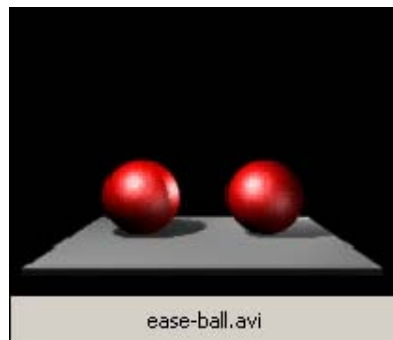
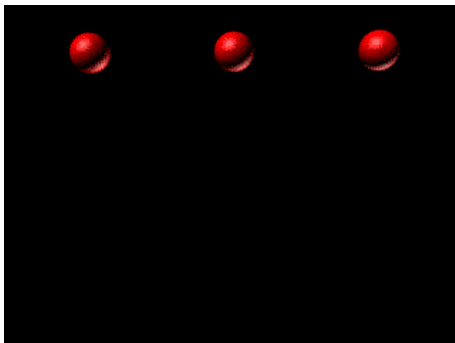
Timing

- The exact same motion can express entirely different things at different speeds
- Generally: slow timing conveys calm, fast timing conveys hectic
- "The difference between the right timing and the almost right timing, is the difference between lightning and a lightning bug."

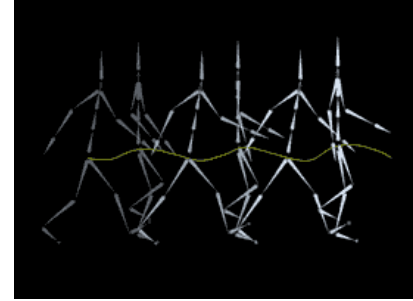


Ease In and Out (or Slow In and Out)

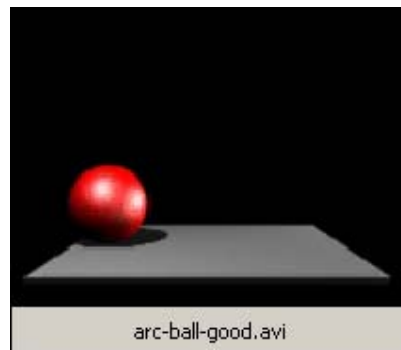
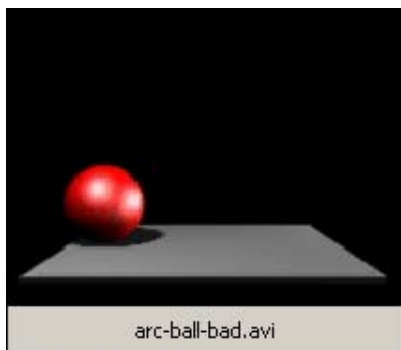
- All motions in nature start slowly and accelerate
- Due to physics (inertia of mass)
- Heavy objects generally accelerate slower
- Light objects accelerate faster
- Can be combined with object deformations



Arcs



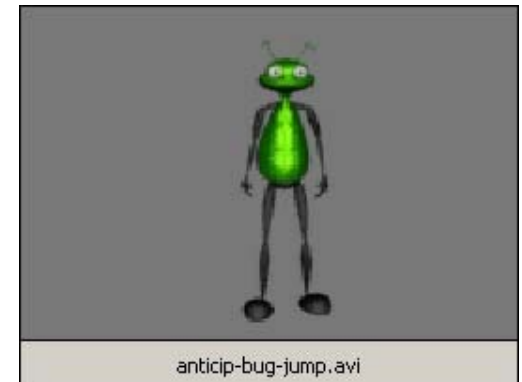
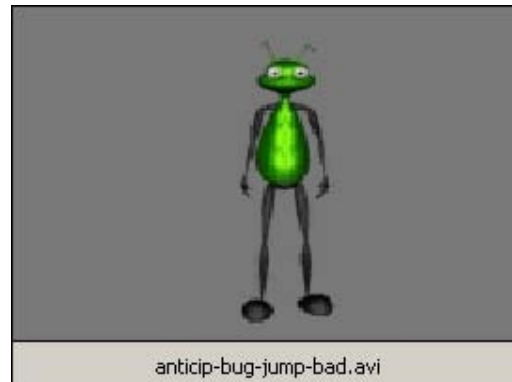
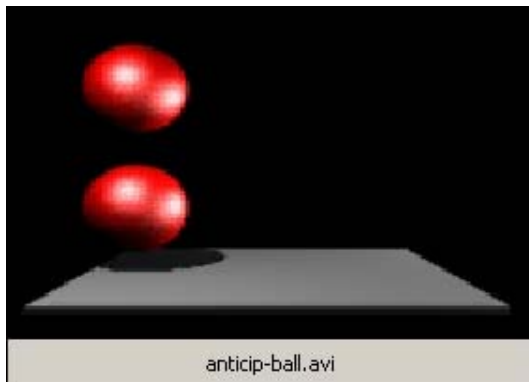
- Many motions in nature happen in arcs.
- Linear motions only in machines
- Motion in arcs look more natural on characters



Anticipation



- Motions in nature never start abruptly.
- There is always a phase before the actual motion, when the character already knows he wants to move.
- Is used with much exaggeration in cartoons



Exaggeration

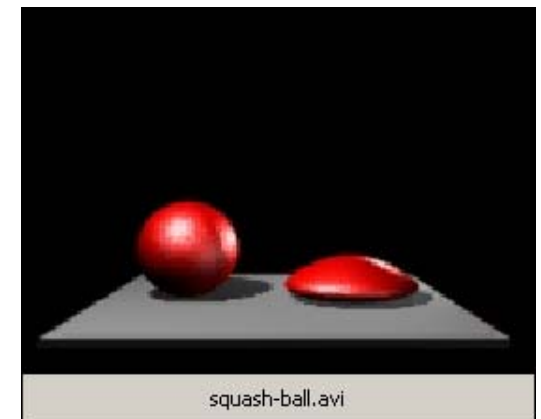
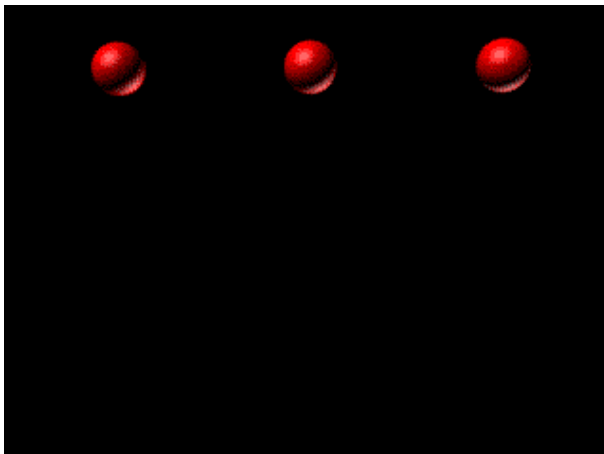


- Motions come across more pointedly when exaggerated
- Light exagg. = only emphasizing the motion
- Strong exagg. = cartoon-like appearance

Squash and Stretch



- Soft objects are squashed when they hit an obstacle and stretch when released.
- All objects are soft to *some* extent
- Again: exaggeration creates a cartoon-like appearance



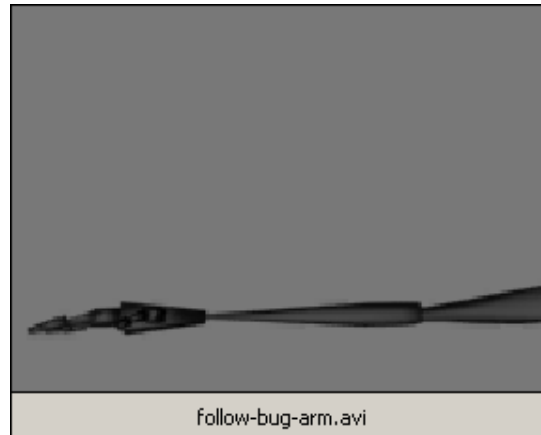
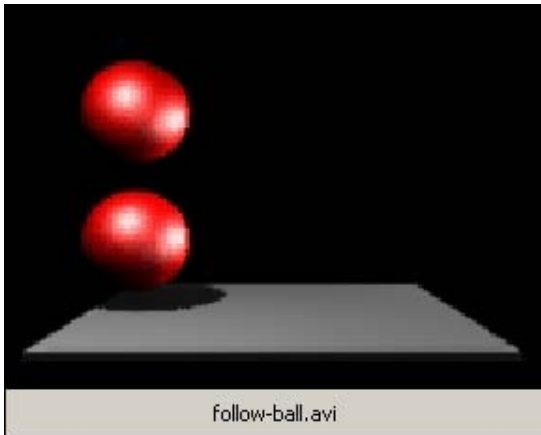
Secondary Action

- Secondary story/character/movement in the background
- Should not overpower main action
- Creates a counterpoint to the main action
- Can be used for running gags, Eastereggs
- Can create ironic side notes
- Can emphasize atmosphere
- Example:
 - fingers on the table
 - Figure in the background



Follow Through and Overlapping Action

- Same as anticipation, but at the end of an action
- Object goes past its resting point and then comes back to where it would normally be.
- Again: exaggeration creates a cartoon-like appearance

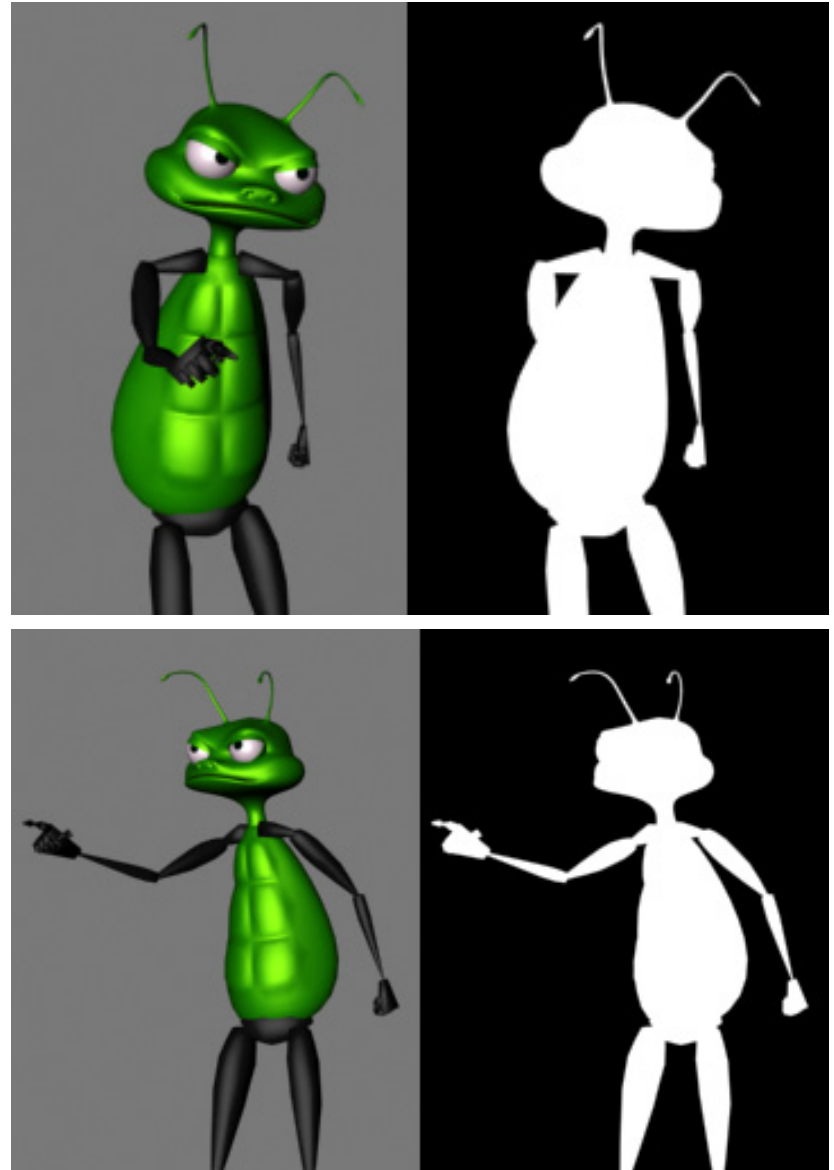


Straight Ahead and Pose-To-Pose Action

- Define pose frame by frame from start to end
- Not sure where it will end until done
- Useful for fine tuning motions
- Define start pose and end pose
- Interpolate poses inbetween
- Leads to well defined key frames
- Useful for tweaking the timing

Staging

- Make action and objects understandable
- Show actions one at a time
- position objects to maximize silhouette
- Combine effects to convey a consistent message

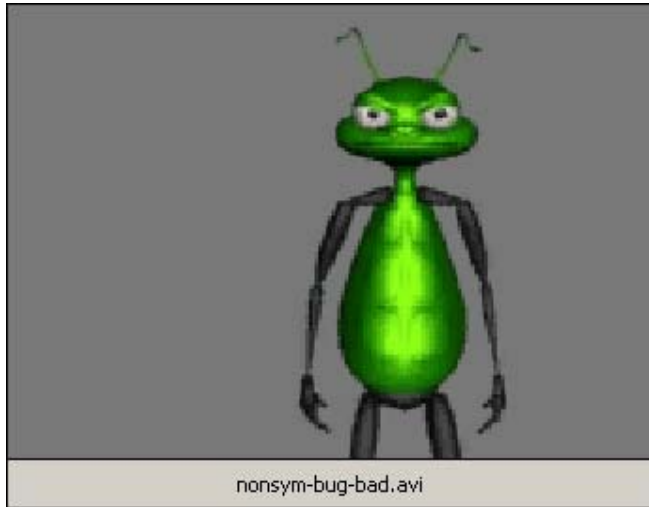


Appeal, Personality

- Appeal is anything the audience likes to see
- Can be quality of charm, design, simplicity, movements, communication
- Create believable personalities
 - Consistency in pose, facial expression, communication, behavior



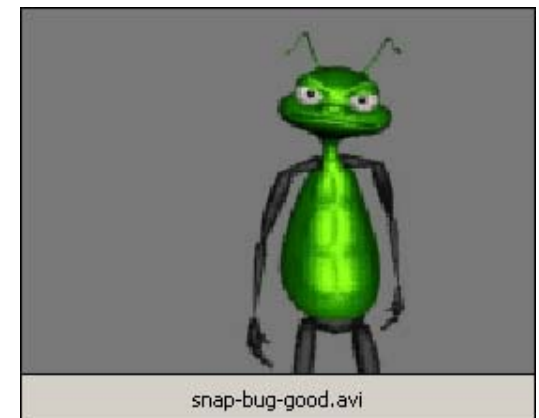
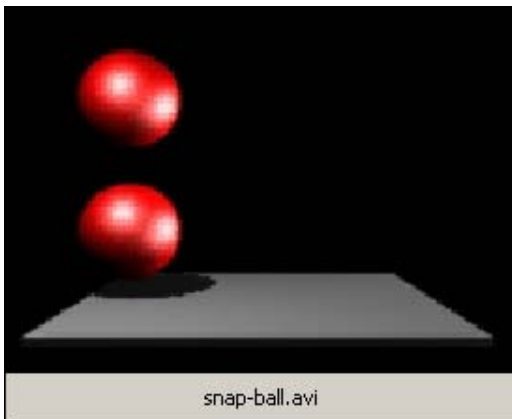
Non-symmetrical Posing and Performing



- Asymmetrical compositions are more interesting
- Nature is almost never *perfectly* symmetric
- Image diagonal can convey atmosphere

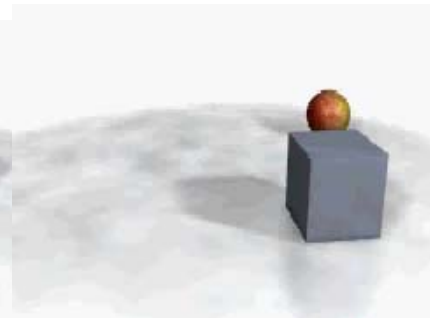
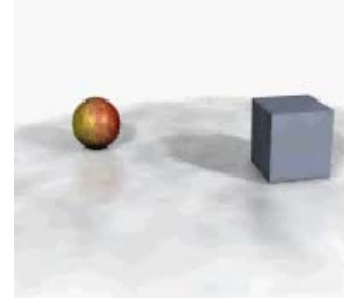
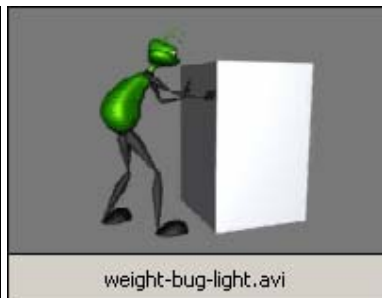
Snap

- Quick and abrupt motions
- Only a few frames long
- Convey something that happens abruptly
- Can be emphasized by sound



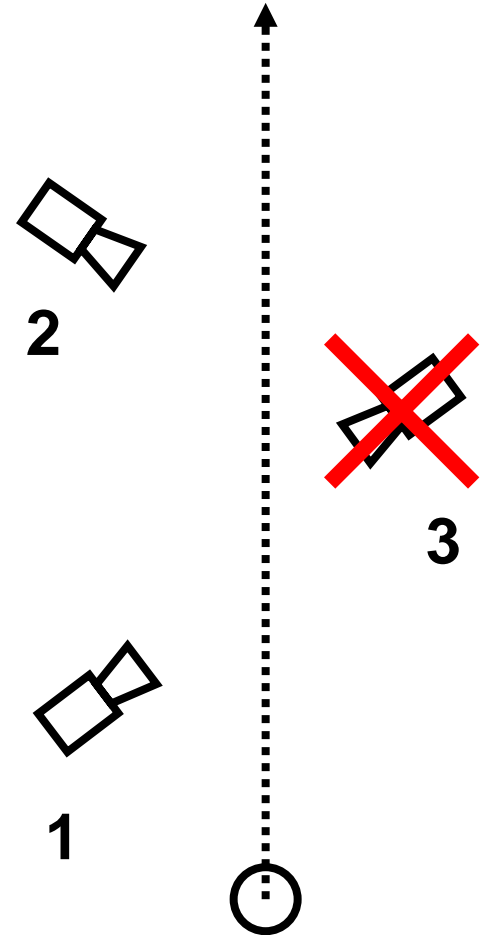
Weight

- Imitate physical behavior to convey the weight of objects
- Heavy objects accelerate slowly
- Light objects bounce higher
- Heavy objects push light ones aside



Kein Achsensprung!

- Kamera darf die Bewegungsachse nicht kreuzen
- andernfalls Eindruck von 2 verschiedenen Bewegungen
- nicht spez. für Zeichentrick
- Behebung durch 1-2 zwischengeschobene Einstellungen möglich



Materialeditor



- **Prozedurale Materialien**
 - prozedurales Ausarbeiten des gewünschten Materials
 - parametrische Einstellung der diversen Materialeigenschaften
 - Vorteil: auch bei komplexen Geometrien einfach anwendbar
- **Texturierung**
 - Projektion einer 2D-Textur auf eine dreidimensionale Geometrie
 - Prinzip: „Geschenk einpacken“
 - Nachteil: Projektion muss bei komplexen Geometrien per Hand definiert werden, sonst Verzerrungen

Prozedurale Materialien - Materialarten



- Standard
 - siehe Shader
- Top/Bottom
 - Oben und Unten verschiedene Materialien
- Shellac
 - Überblendung zwischen zwei Materialien
- Morphper
 - Animation von mehreren Materialien
- Double Sided
 - Innen und Außen verschiedene Materialien
- Ink'n'Paint
 - Comicstyle, betonte Ränder

Prozedurale Materialien (Shader 1. Teil)



- **Blinn:**
 - Ähnlich wie Phong, nur die Glanzlichter erscheinen ein wenig runder
- **Metal:**
 - Spezielles Glanzlicht, das dem eines Metalls sehr nahe kommt
- **Strauss:**
 - einfacher „Allround-Shader“ für viele Oberflächenarten

Prozedurale Materialien (Shader 2. Teil)



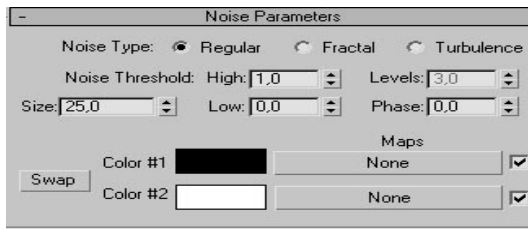
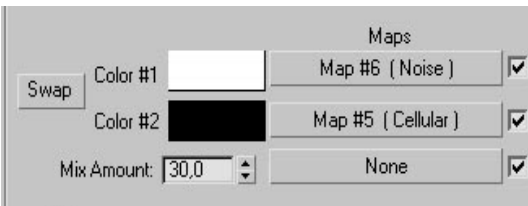
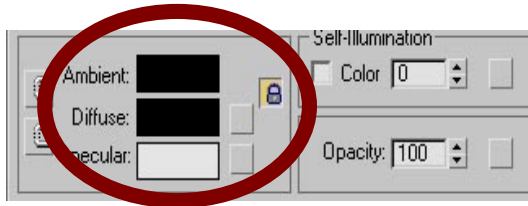
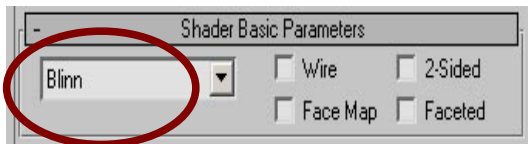
- Anisotropic Shader
 - Elliptische Glanzlichter, geeignet für Haare, Glas oder gebürstetes Metall
- Oren-Nayar-Blinn:
 - Abkömmling des Blinn-Shaders, gibt den Objekten einen porösen, 'nicht-plastik'-Look
- Phong:
 - Erster Shader mit dem Glanzlichter dargestellt werden konnten, geeignet für Plastik- Oberflächen

Prozedurale Materialien (Shader 3. Teil)



- Translucent:
 - Abkömmling des Blinnshaders, allerdings kann man die Lichtdurchlässigkeit bestimmen
- Multilayer:
 - Wird benutzt um zwei unabhängige Glanzlichter zu setzen. Beispiel: Wachs auf Metall

Prozedurale Materialien (Bsp. Leder)



Arbeitsschritte:

- 1) Auswahl des Shaders: Blinn
- 2) Farbauswahl: schwarz (Diffuse Color)
- 3) Bumpmaterial für Oberflächenstruktur
 - a) Bumpmap-Material auswählen (Mix)
 - b) Auswählen der zwei zu mischenden Materialien
 - i) Noise ii) Cellular
 - c) Mischverhältnis einstellen
- 4) Eventuell Feineinstellung der beiden Mischmaterialien

Texturen

Texturen sind 2D-Bilder, welche auf 3D-Geometrien projiziert werden.

Anstatt Materialien prozedural zu erstellen belegt man die Eigenschaften des Materials (z.B. Diffusecolour, Bump) mit Texturen.

Wichtig: Für einige Materialeigenschaften müssen die Texturen bestimmte Eigenschaften haben.

Bsp.: Bump-Map

Höhenunterschiede durch Bumpmap basieren auf einer Schwarz-Weiß-Textur (Weiß = Bump)

Texturen (2) Beispiel Mauer

1) Wahl der Diffuse-Map

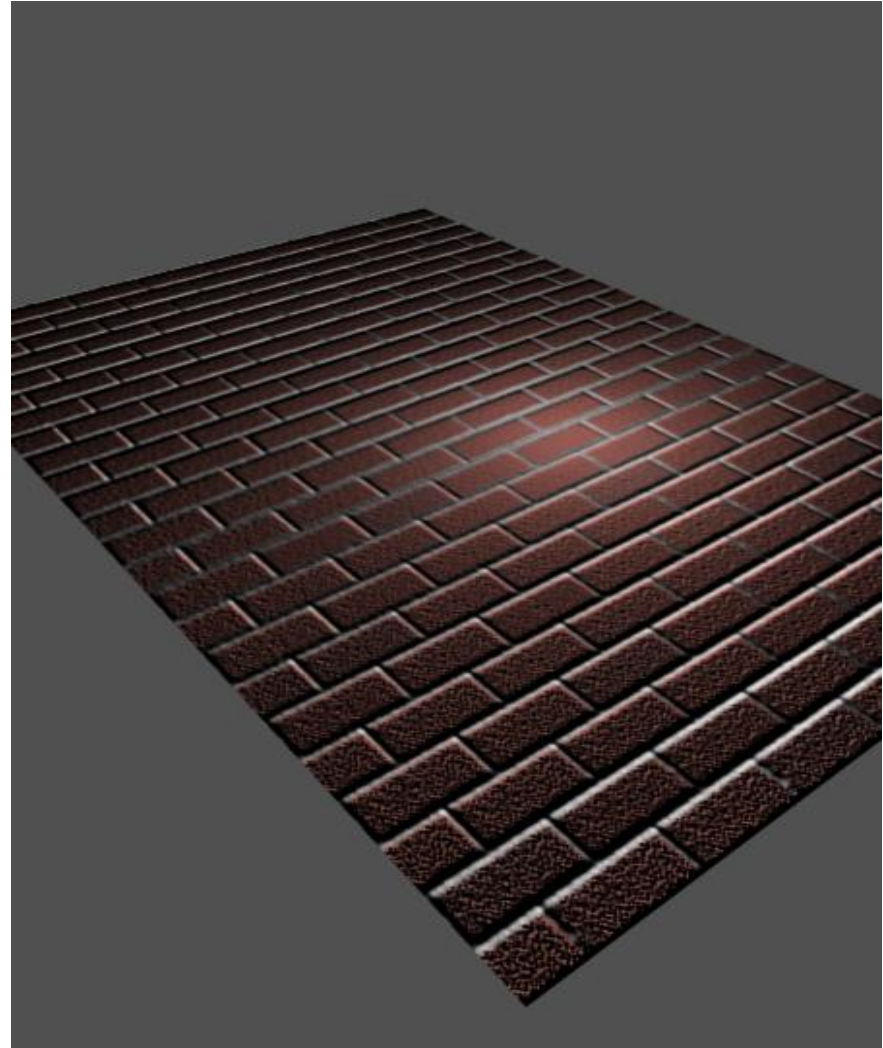
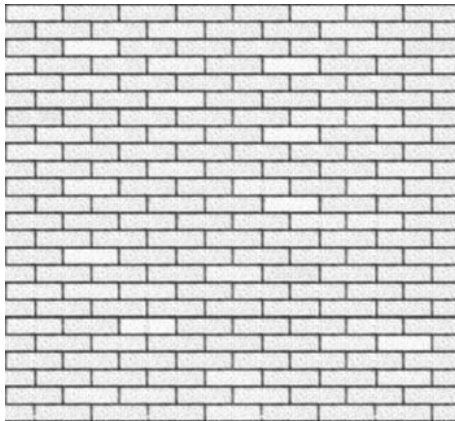
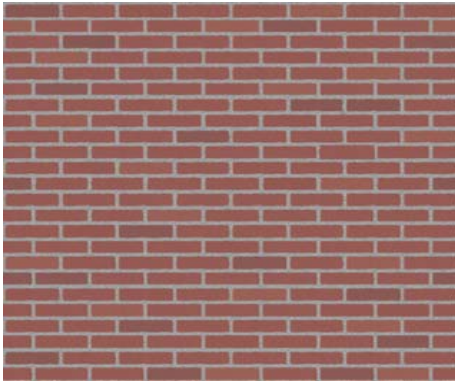
- > freien DiffuseSlot wählen
- > mtl. Bibliothek/Bitmap
- > Textur auswählen

2) Wahl der Bumpmap

- > Bumpmap ist meist die „Schwarz-Weiß-Version“ der Diffusemap
- > freien BumpSlot wählen
- > mtl. Bibliothek/Bitmap
- > Textur auswählen

3) Einstellen der Parameter (Bump-Wert)

Texturen (3) Beispiel Mauer



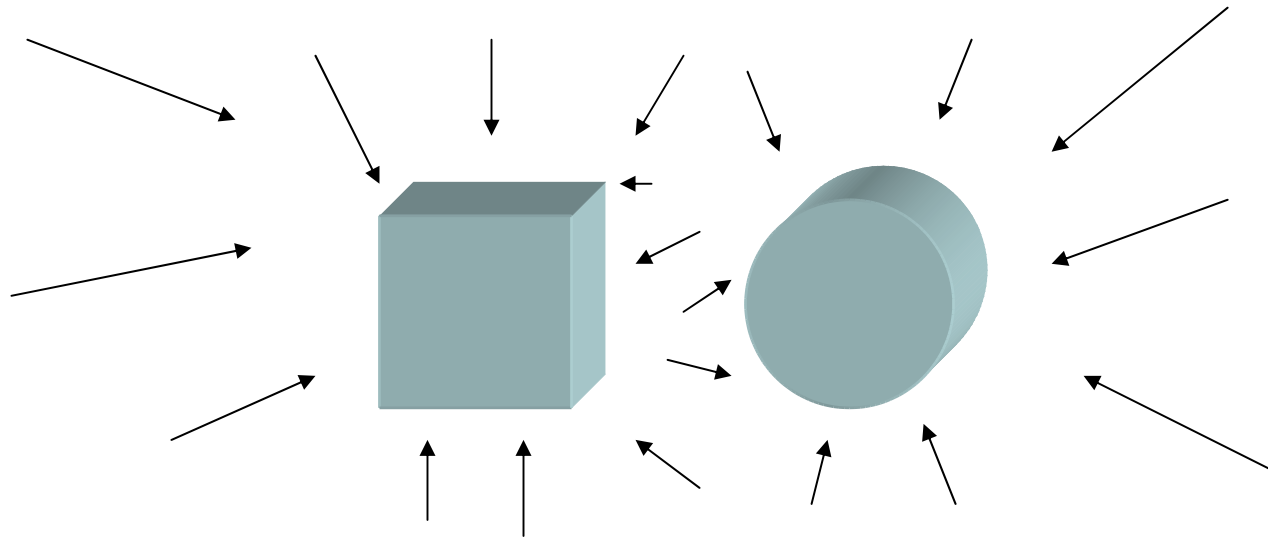
Lichter und Beleuchtung

- Lichtquellen in der Computergraphik
- Standardbeleuchtungsanordnungen
- Prinzipien zur Ausleuchtung einer Szene
- Tricks zum Simulieren von Licht

Arten von Lichtquellen

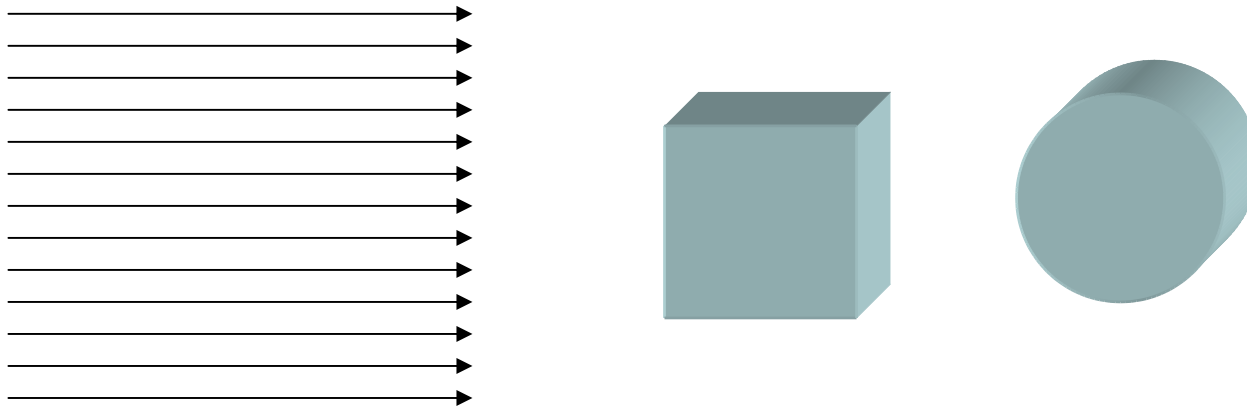
- Ambientes Licht
- Gerichtetes Licht
- Flächenlicht
- Punktlicht
- Spotlicht

Ambientes Licht



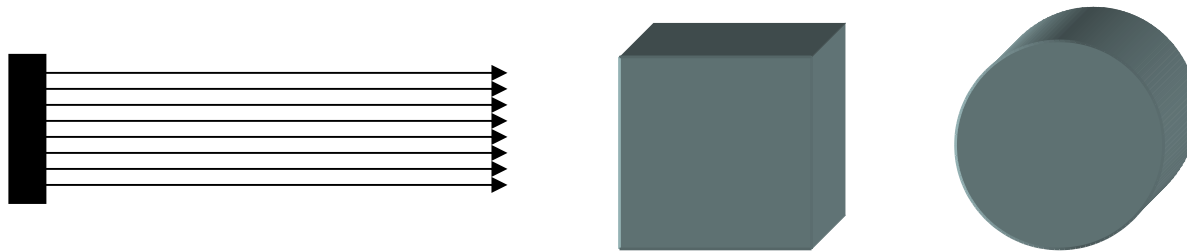
- Dient zur Festlegung der Grundhelligkeit der Szene
- Modelliert den Anteil von diffuser Reflektion innerhalb der Szene
- Intensität abhängig vom Material

Gerichtetes Licht



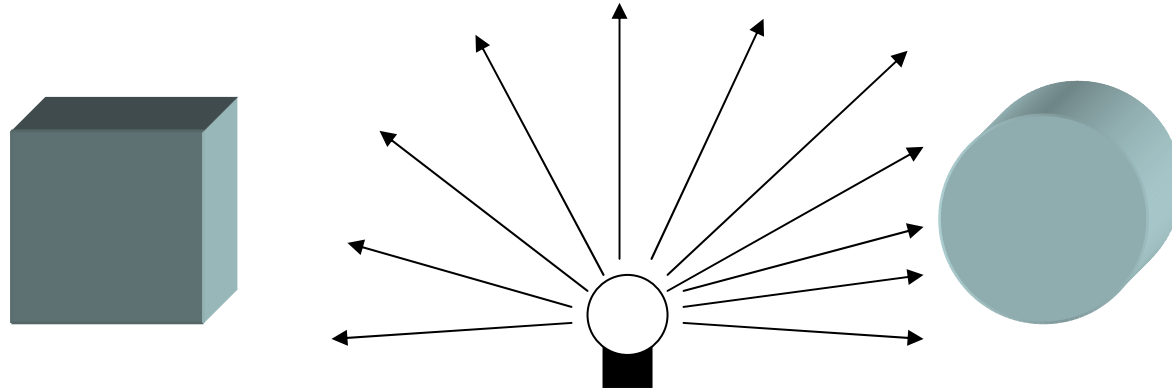
- Paralleler Einfall des Lichtes
- Lichtquelle in der Unendlichkeit
- Konstante Intensität

Flächenlicht



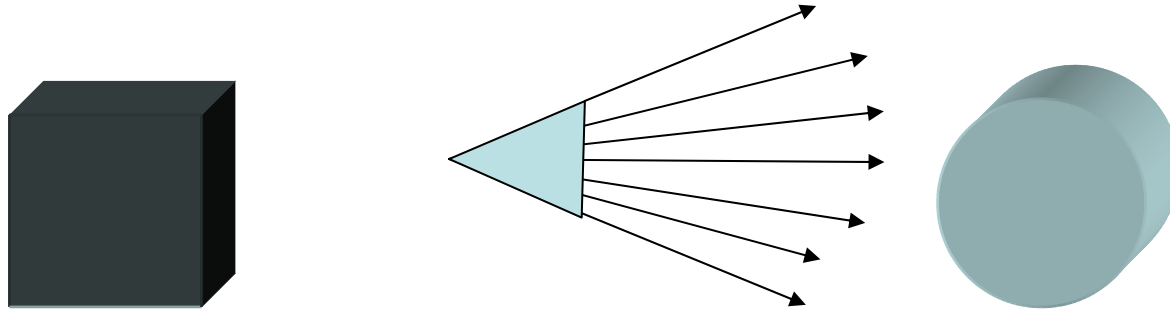
- Begrenzte Fläche strahlt Licht ab
- Intensität nimmt mit steigender Entfernung ab
- Weiche Schatten

Punktlicht



- Strahlt in alle Richtungen
- Harte perspektivische Schatten
- Intensität nimmt mit steigender Entfernung ab

Spotlicht

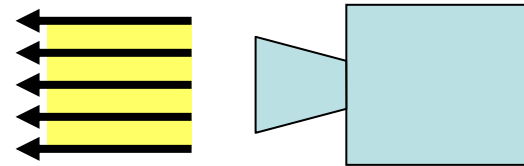
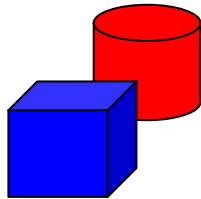


- In der Abstrahlung kegelförmig
(= begrenztes Punktlicht)
- Harte perspektivische Schatten
- Intensität nimmt mit steigender
Entfernung ab

Standardanordnungen

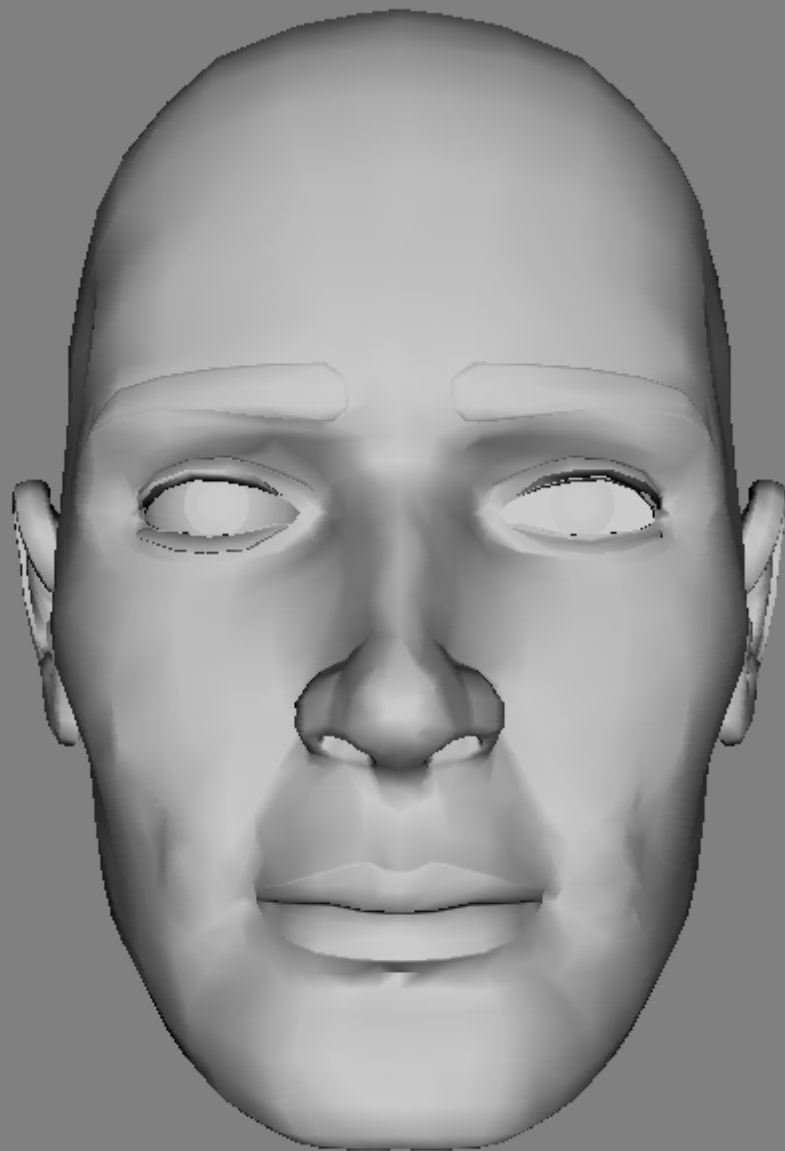
- Headlight
- Tageslicht
- Portraitlicht
- Weitere Lichtarten und -anordnungen
- Die 26 Grundrichtungen
- Allgemeine Prinzipien

Headlight



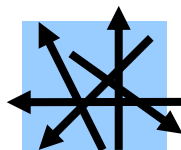
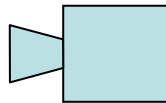
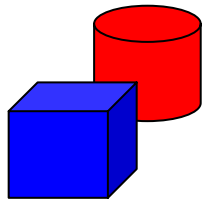
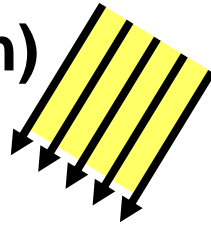
- Vom VRML-Browser vorgegeben
- Richtungsunabhängig
- Schattenfrei ==> alles sichtbar
- „flache“ Ausleuchtung
- „Taschenlampeneffekt“
- Gut zur Aufhellung anderer Anordnungen

Beispiel



Tageslicht

Sonne
(gelblich)



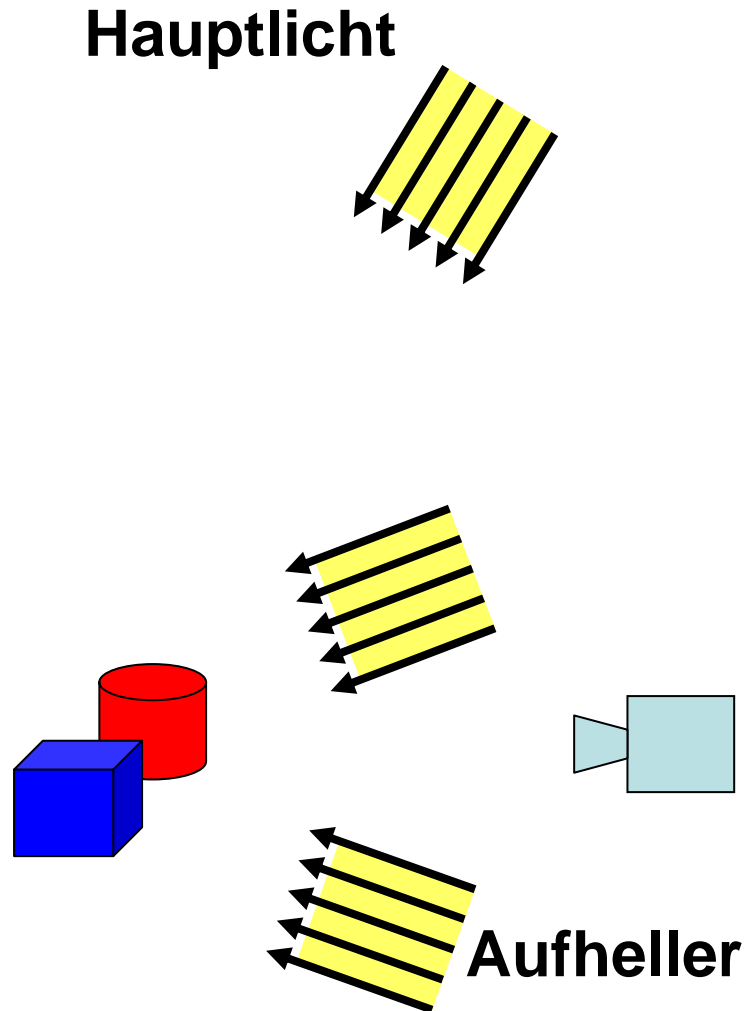
Himmel
(bläulich)

- Natürlicher Eindruck
- Wenige Lichtquellen
- Struktur, Räumlichkeit
- Richtungsabhängig
- Tageszeiten darstellb.
- Bewölkung darstellbar

Beispiel

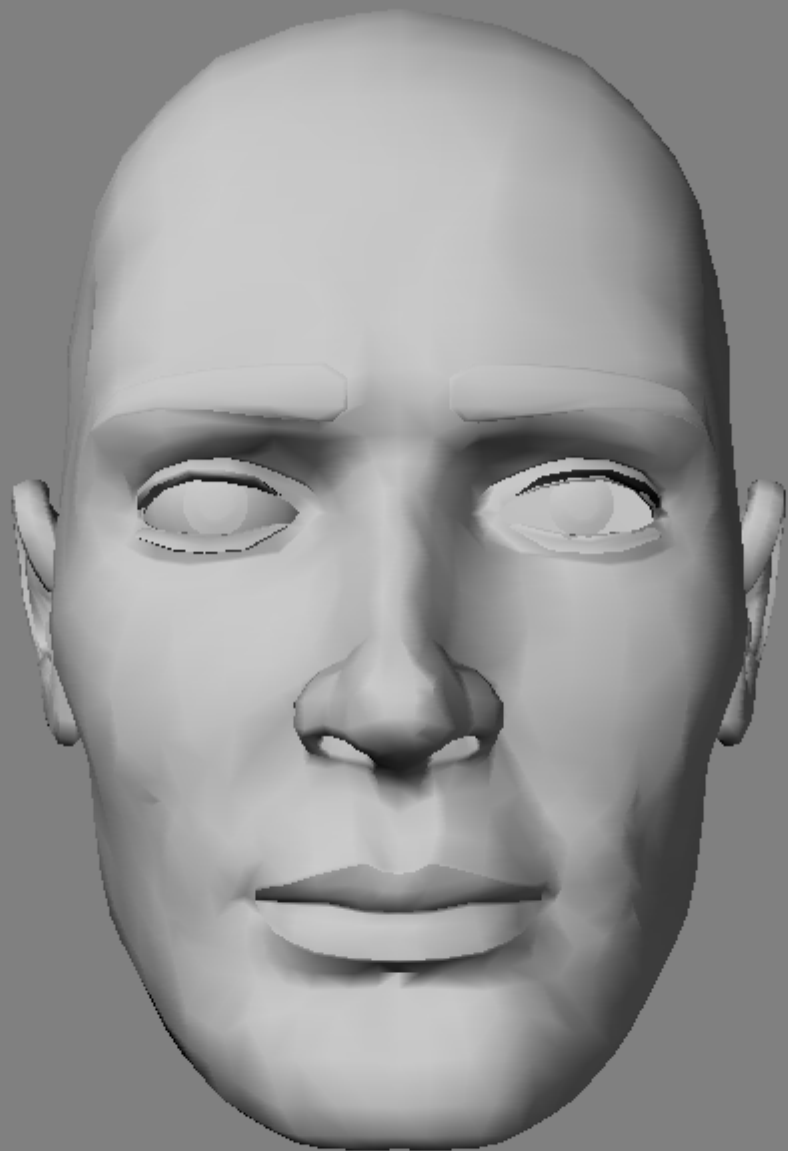


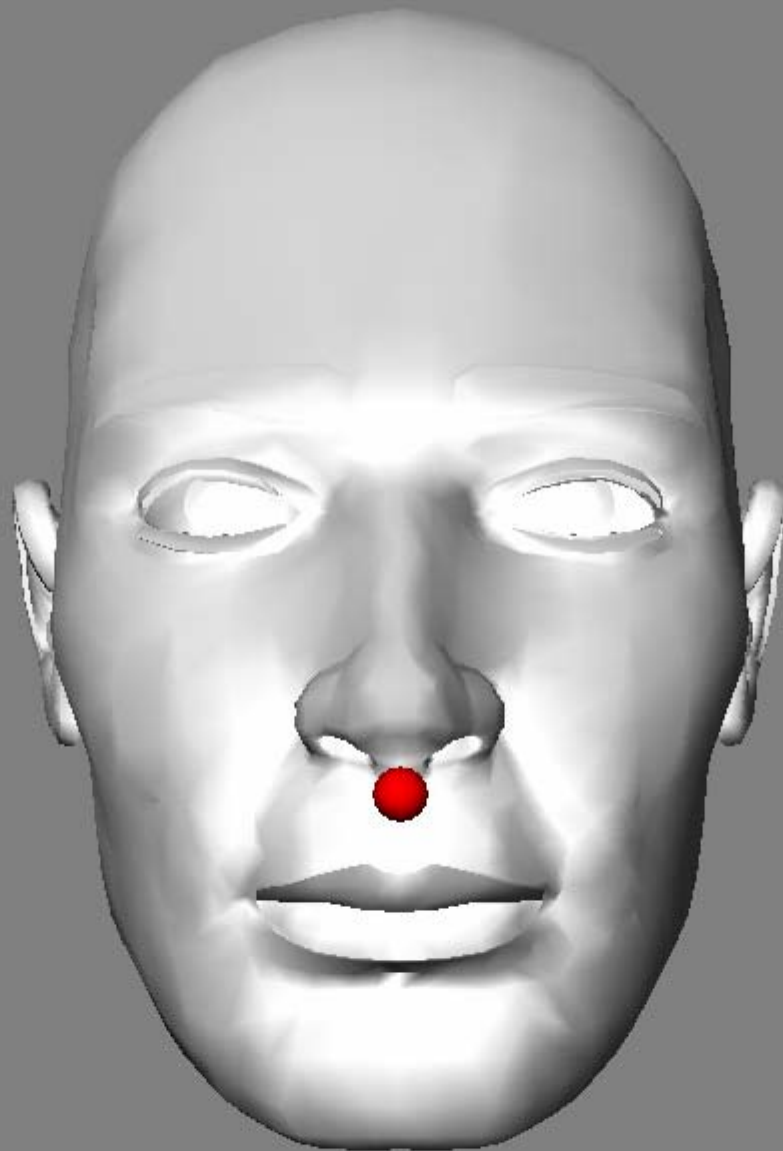
Portraitlicht



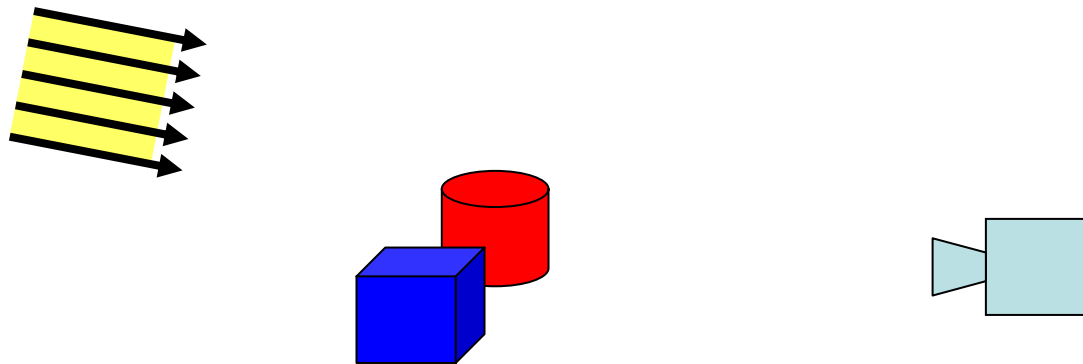
- Feiner steuerbar
- Struktur, Räumlichkeit
- evtl. richtungsabhängig
- Aufheller waren ursprünglich Reflektoren
- Summe der Aufheller $\leq 2 \times$ Hauptlicht
- evtl. viele Lichtquellen

Beispiel1 **Beispiel2**



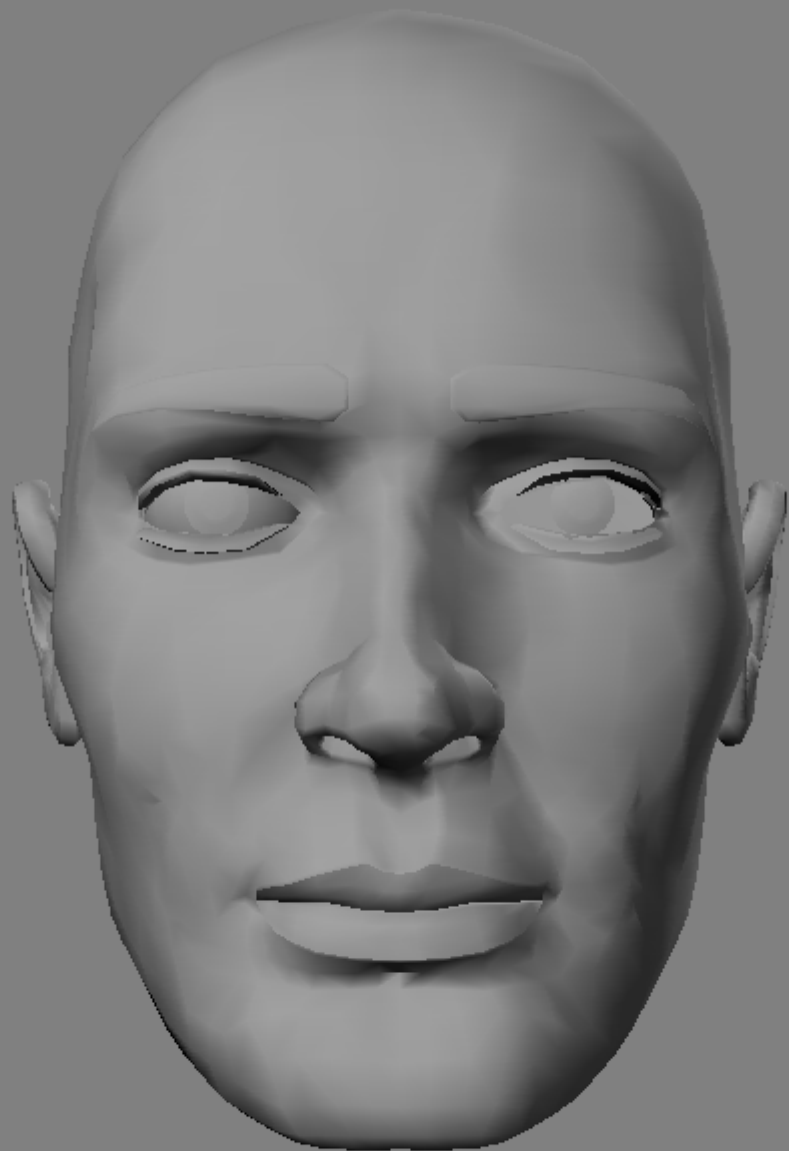


Streiflicht



- Hervorhebung der Objektkonturen
- Extrem positionsabhängig
- Von hinten: Hervorhebung der Umrisse

Beispiel

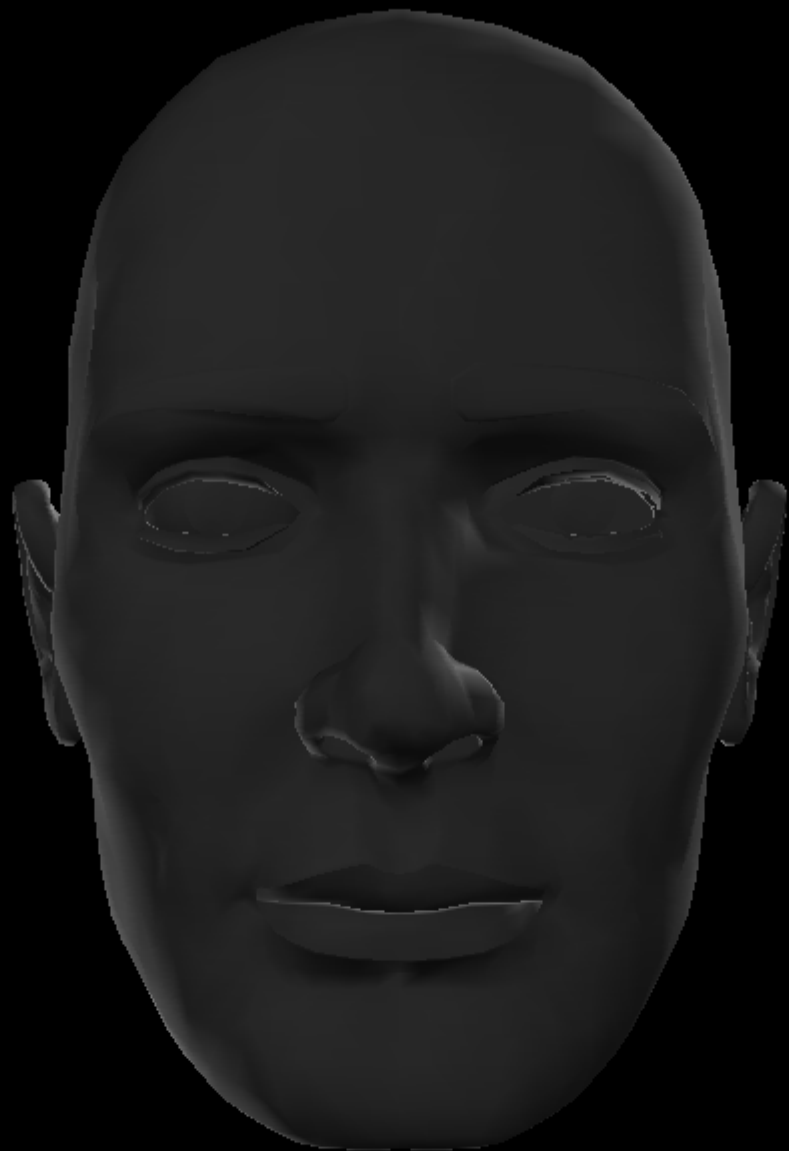


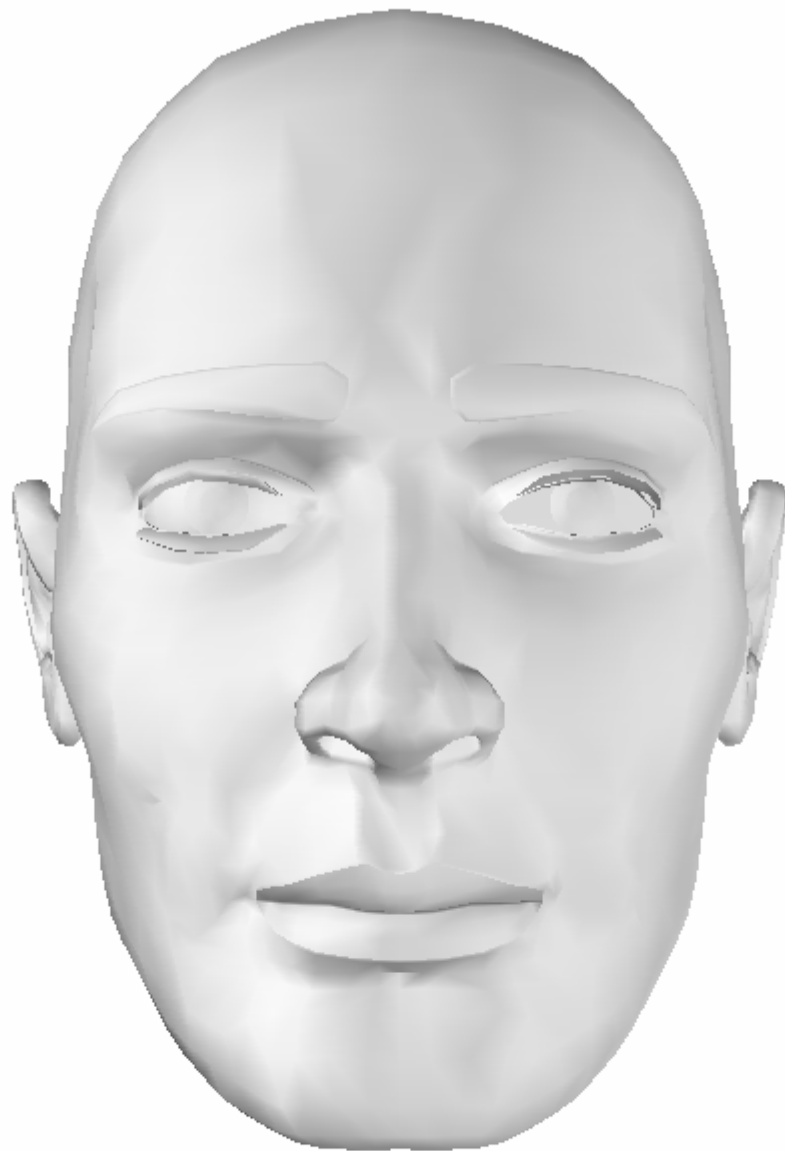
High key -- low key

- Nur helle Tonwerte
- Vorsicht vor ausgefressenen Lichtern!
- Siehe „Farbwirkung Weiß“
- Nur dunkle Tonwerte
- Vorsicht vor zu viel Schatten!
- Siehe „Farbwirkung Schwarz“

Beispiel

Beispiel





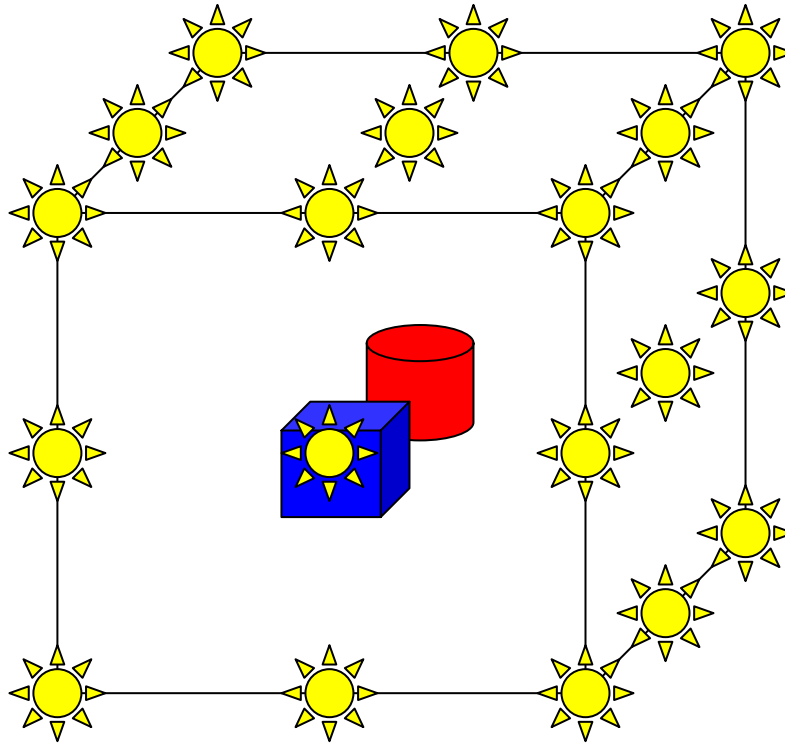
Dramatische Ausleuchtung

- Hauptlicht von unten
- farbige Lichtquellen
- Streiflichter
- Kontraste
- meistens low key
- Unterstützung durch Perspektive

Beispiel



Die 26 Grundpositionen

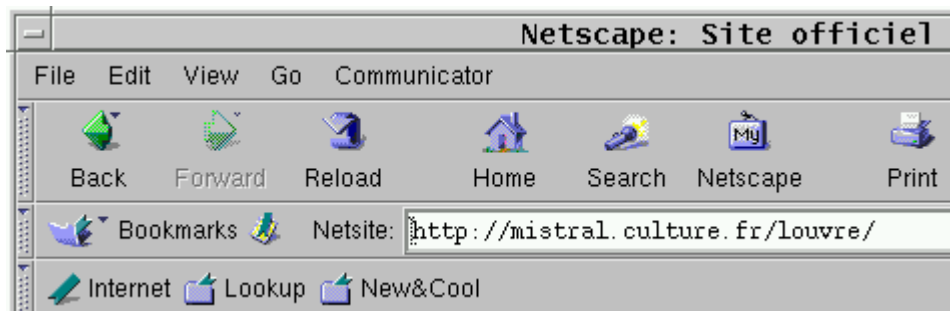


- Vorne oben links = direction 1 -1 -1
- u.s.w...
- guter Ausgangspunkt für Lichter

Das „Oben-links“-Prinzip



- Häufigste Lichtrichtung in Malerei, Typographie, User interfaces
- Wirkt durch Gewohnheit “richtig”



ABCD

Naturgetreue Beleuchtung wirkt nicht immer „natürlich“

- Unzulänglichkeiten der Computergraphik
 - “falsche” Reflektionsmodelle
 - keine diffuse Lichtstreuung
- Wahrnehmung der Welt / eines Bildes
 - Andere Wahrnehmung von Details/Schatten
 - Farbkompensation des Auges
- Chance: Lichtquellen in C.G. unsichtbar!!
 - Tricksen einfacher als in der Photographie

Tricks mit Beleuchtung

Rätsel

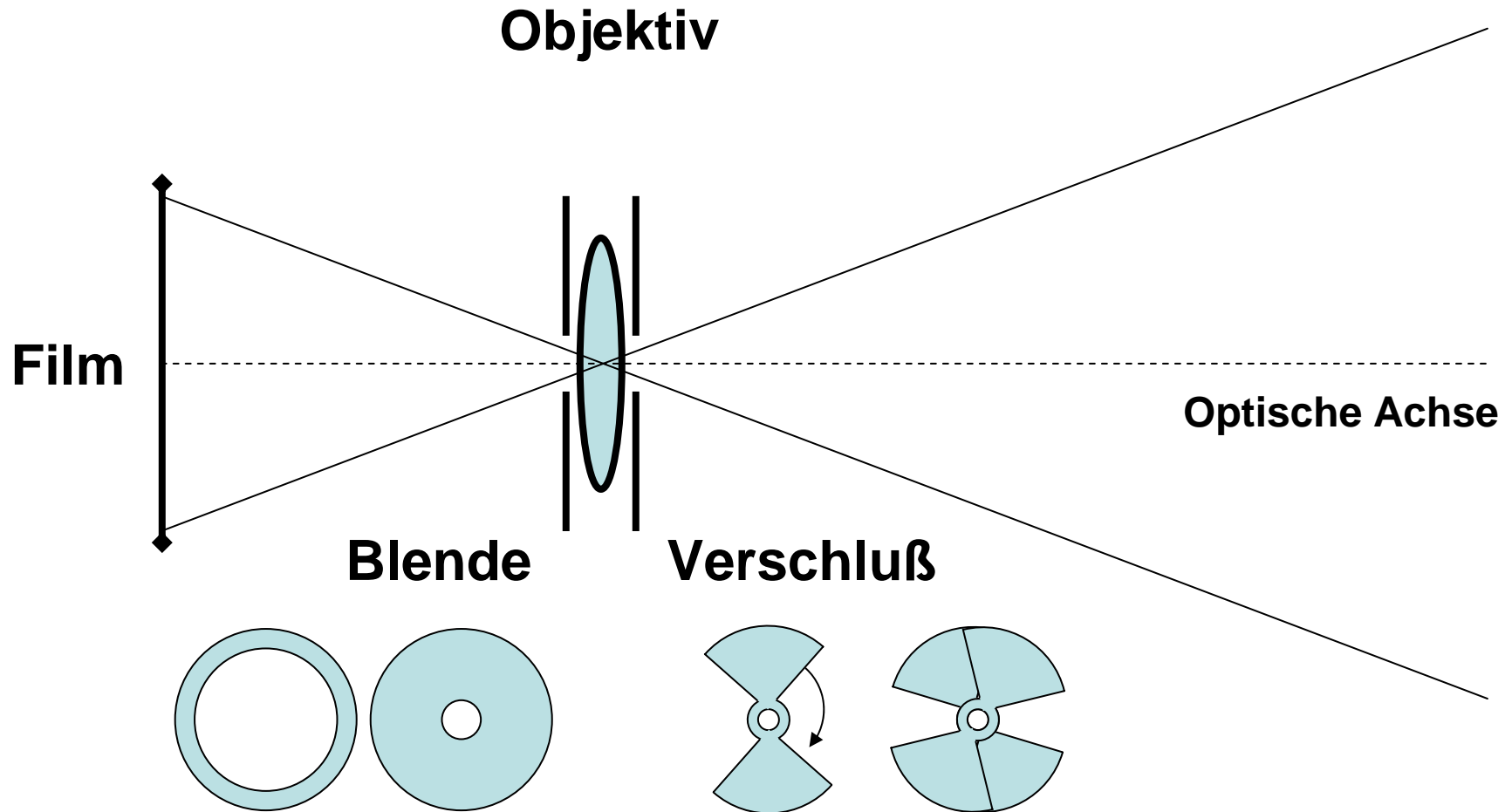
Auflösung

- Schatten: Polygone auf dem Boden
- Reflektionen: gespiegelte Objekte unter semitransparentem Boden
- Simulation von Lichtquellen durch Texturen möglich

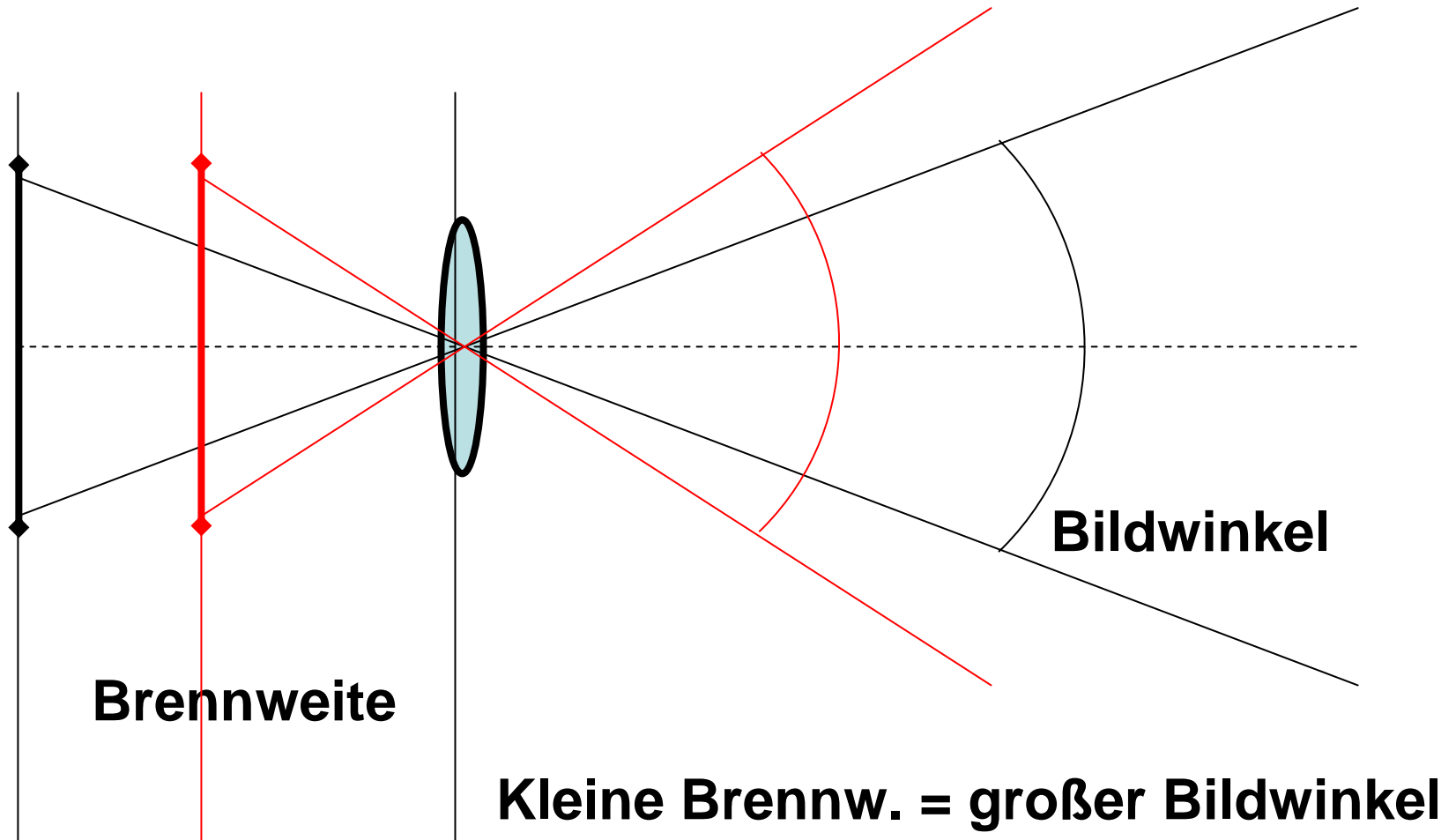
Die Kamera

- Optisches Vorbild
- Nachbildung in der Computergraphik
- Wirkungen der Kameraparameter
- Perspektivenwahl
- Bildkomposition

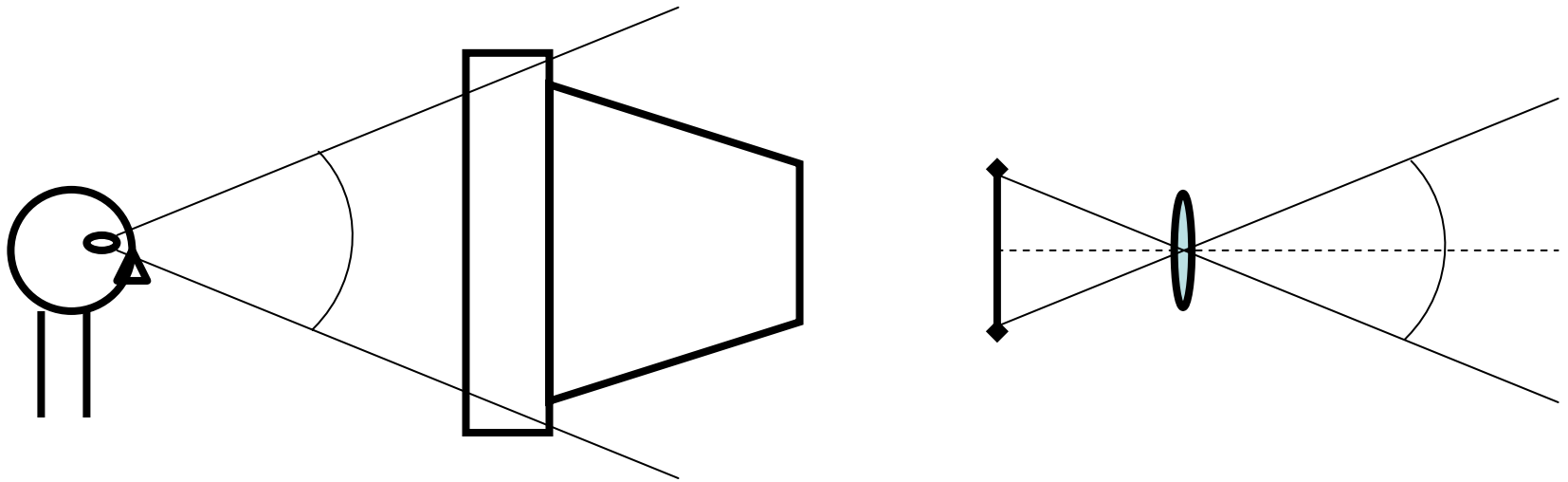
Die optische (Film-)Kamera



Brennweite und Bildwinkel



Die „normale“ Brennweite



Verwendet man zum Generieren des Bildes den Bildwinkel, der beim Betrachten entsteht, so spricht man von einer „normalen“ Brennweite. (Kleinbildfotografie: 50mm, ca. 45 Grad, in der Computergraphik eher etwas kleinerer Bildwinkel)

Wirkung versch. Brennweiten

- Lang: sachlich, neutral, bei extrem langer Brennweite fast Parallelprojektion
- „Normal“: Bildwinkel ca. 45 Grad, natürlicher Eindruck, leichte perspektivische Wirkung
- Kurze Brennweite: starke Verzerrung, starke perspektivische Effekte, dramatisch

Beispiel 1

Beispiel 2

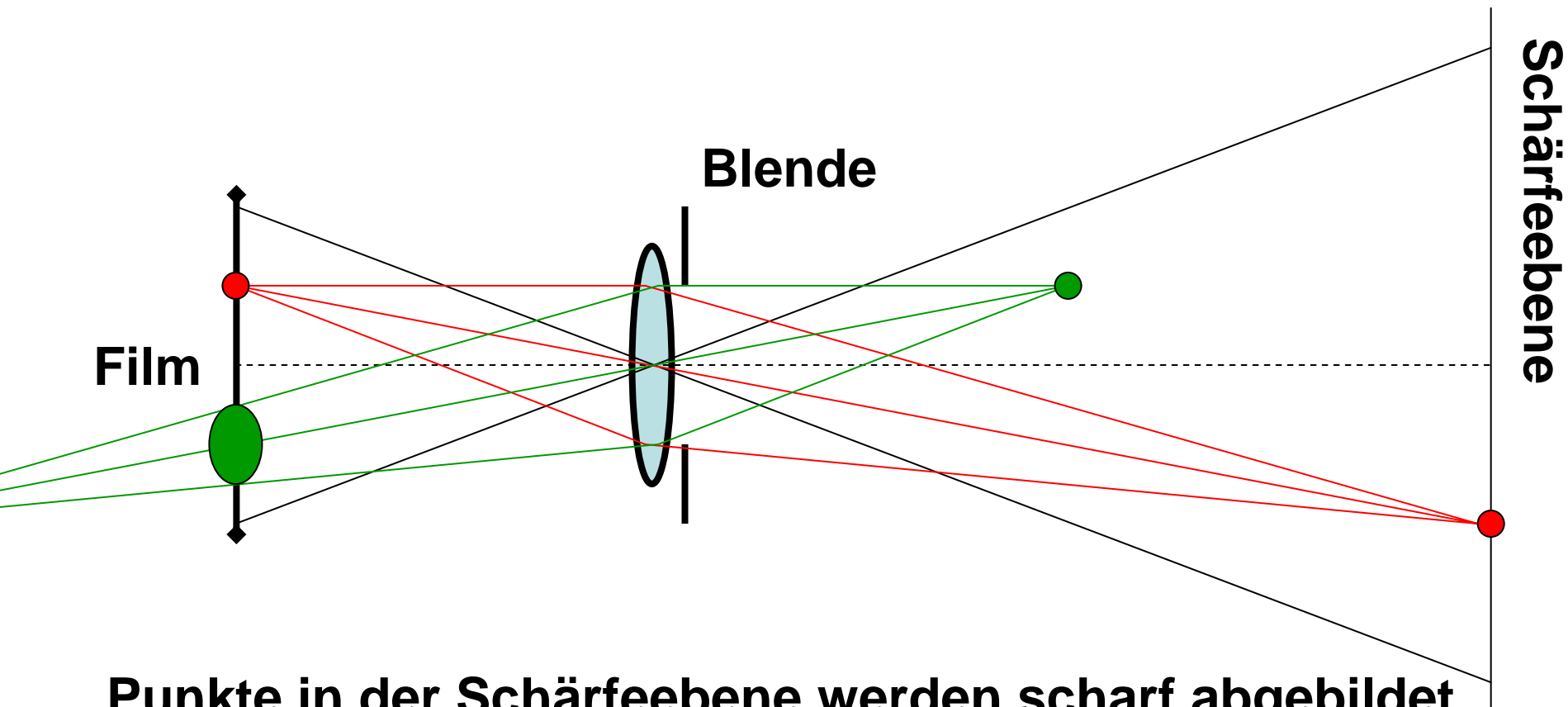


Telebrennweite

Normalbrennweite

Weitwinkel

Tiefenschärfe

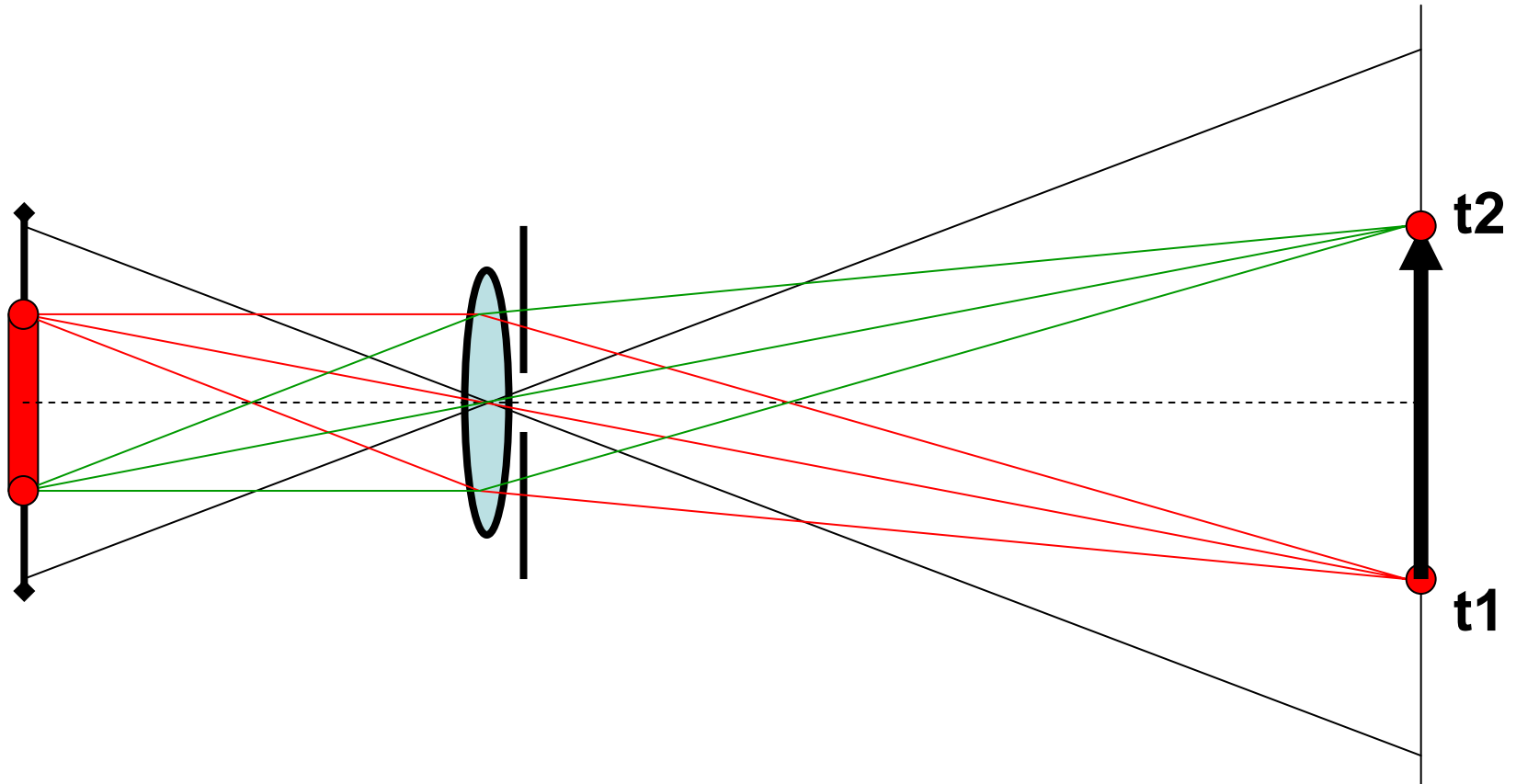


**Punkte in der Schärfeebene werden scharf abgebildet, alles davor und dahinter unscharf.
Die Blende bestimmt die Größe der Zerstreuungskreise.**

Tiefenschärfe



Bewegungsunschärfe



Je länger die Verschußzeit und je schneller die Bewegung, desto größer die Bewegungsunschärfe

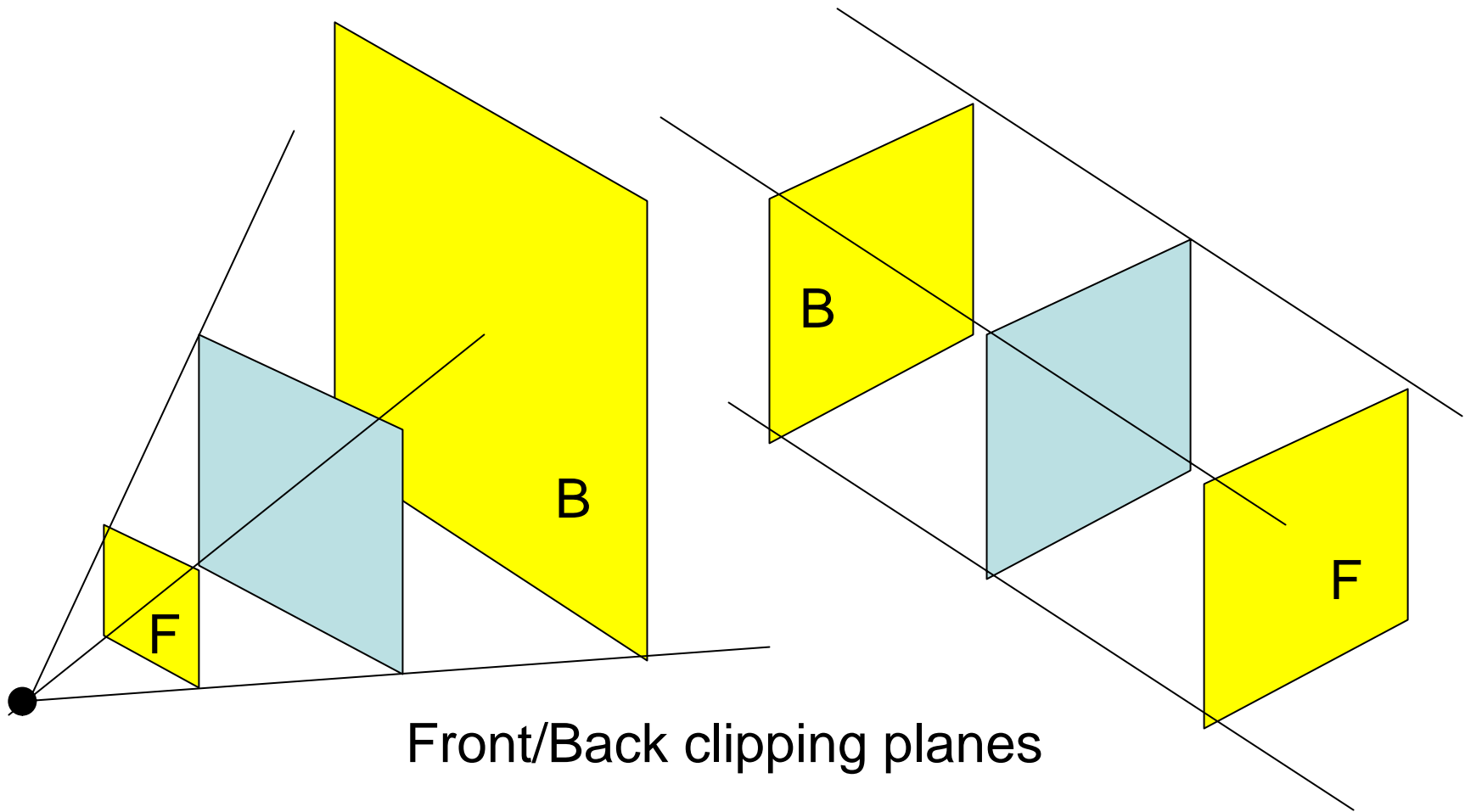
Bewegungsunschärfe



View Volumes

- Perspektivisch

- Parallel

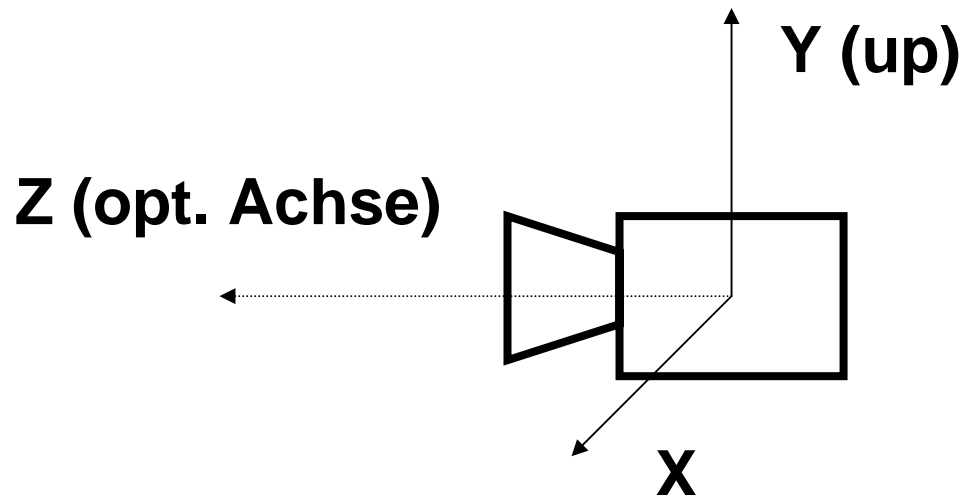


Realitätsstufen des Kameramodells

- Lochkamera
- Brennweite: Zoomen
- Linse: Schärfentiefe
- Verschußzeiten: Bewegungsunschärfe

Bezeichnungen der Kamerabewegungen

- Pan: „umherschauen“, um die Y-Achse
- Tilt: „nicken“, um die X-Achse
- Roll: „rollen“, um die optische (Z-) Achse

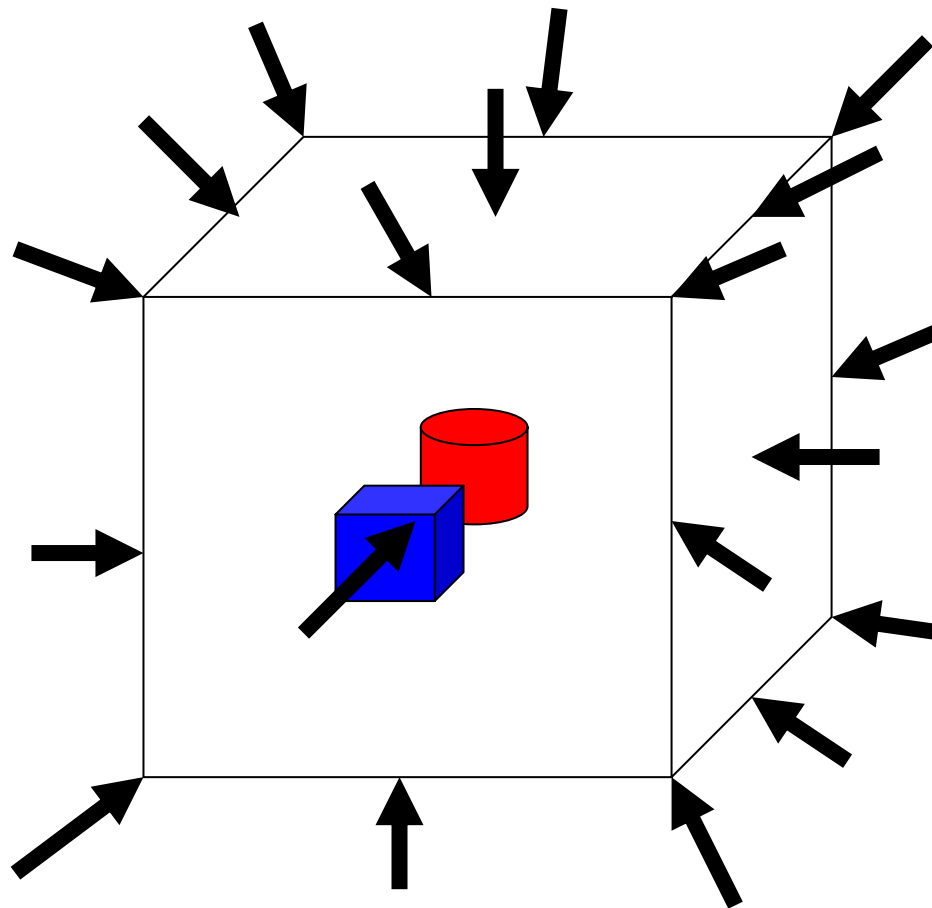


Wirkungen und Effekte

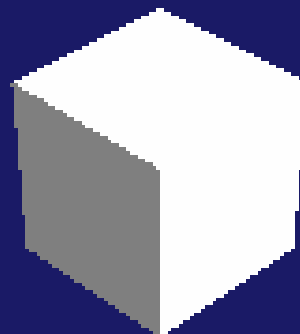
- Verschiedene Perspektiven
- Verschiedene Brennweiten
- Realisierung von Fahrten, Schwenks und Schnitten durch Viewpointwechsel
- Wechsel in bewegte Koordinatensysteme
- Tricksen von Schärfentiefe und Bewegungsunschärfe ???

Beispiel

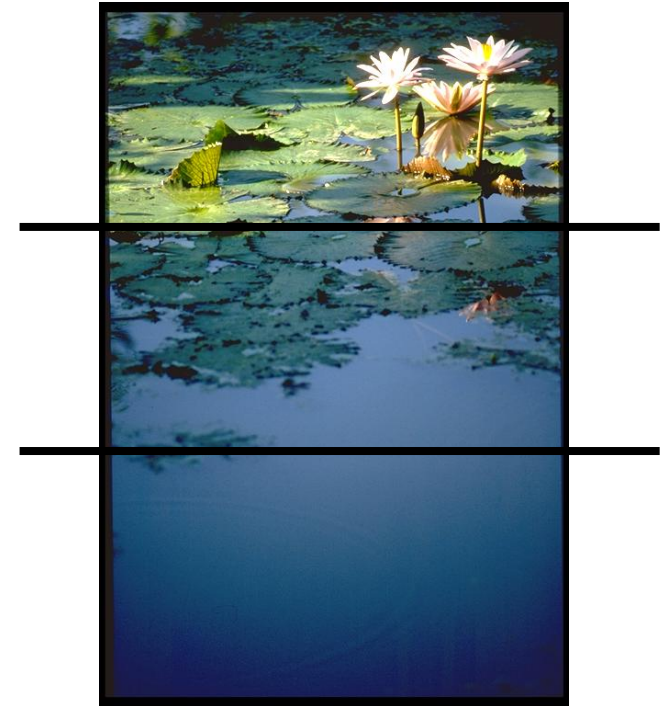
Die 26 Grundpositionen



Beispiel

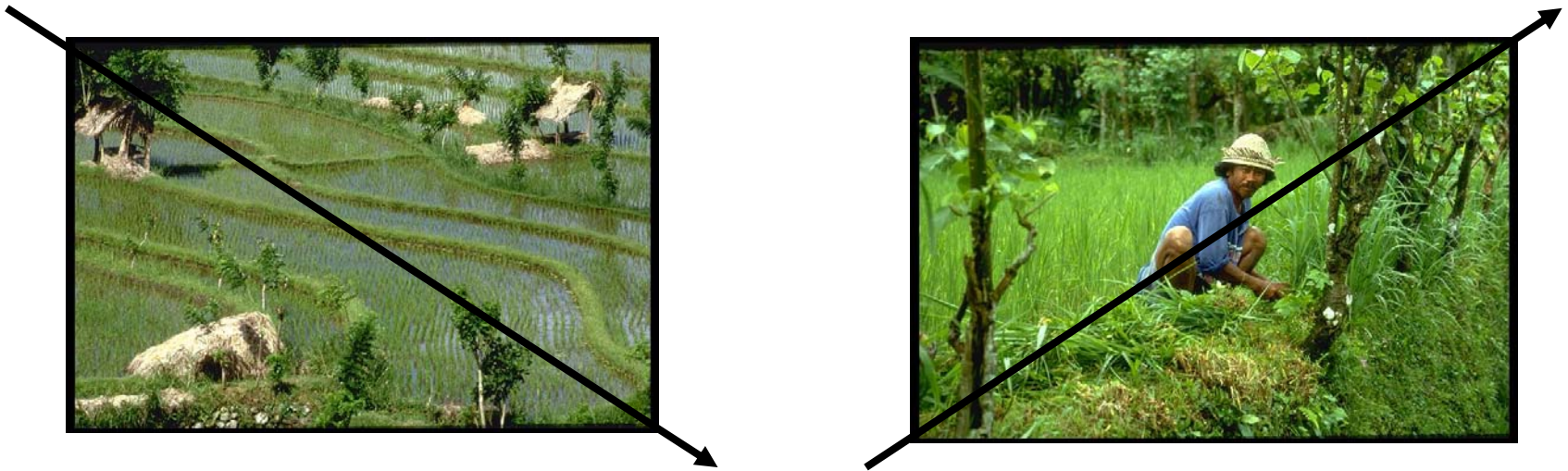


Drittelaufteilung



**Horizontlinie o.ä. auf
1/3 oder 2/3 der Bildhöhe**

Bilddiagonalen



**Entsprechend der bevorzugten Leserichtung vermitteln
Diagonalen Ruhe (abwärts) oder Dynamik (aufwärts)**

Leserichtung von Bildern



Bilder werden von links nach rechts entlang der Hauptlinien „gelesen“.

Man kann diesen Vorgang bremsen oder beschleunigen, d.h. den Blick „fangen“ oder „freigeben“.



Und jetzt: selbst weitermachen...

..Right I think that's enough for one day. Just remember, these are only principles, the magic happens when you actually put them into practice!..

[\[http://billysalisbury.com/tutorials_principles.htm\]](http://billysalisbury.com/tutorials_principles.htm)