

# Die Geometrieausbildung der Architekturstudenten an der TU Wien

Andreas Asperl, Wien

- vor etwa 3 Jahren:  
Intention der neuen STUKO Architektur  
**Keine verpflichtende Geometrieausbildung**
- Kontakte über ARCHICAD-Jourfixe  
Kompetenz im computergestützten Konstruieren

„Partnerinstitut“ IEMAR – Prof. Franck  
„wie kommt das Objekt in die Maschine?“

**Einbindung in Verhandlungen**



# Neuer Studienplan

- Grundkurs Architektur & Darstellung (10 E)  
Darstellende Geometrie (2,5 VU)
- **verpflichtend** im 1.Semester (geblockt)
- 1 Stunde Vorlesung
- 1,5 Stunden Übung
- Geometrie & CAAD (4,5 VU)
- **Wahlfach** im 1.Studienabschnitt (SS)
- gemeinsam mit IEMAR
- Neue Geometrien in der Architektur
- **Modul** im 3.Studienabschnitt
- gemeinsam mit IEMAR

# Grundkurs

## Architektur & Darstellung: Darstellende Geometrie

### Vorlesungsskriptum



<http://www.geometrie.tuwien.ac.at/student/arch/>

**Strobl 2001**

- Koordinatensysteme
- Projektionen und Risse
  - Axonometrie
- Parametrische Grundkörper
- Flächen-, Volumsmodelle
  - Boole'sche Operationen
  - Raumtransformationen
- Schatten bei Parallelbeleuchtung
  - Perspektive
- Interpolation & Approximation
- Freiformkurven (Bezier, B-Spline, ...)
- Subdivision Curves
- Drehflächen
- Abwickelbare Flächen
- Weitere Flächen im Bauwesen
- Freiformflächen (NURBS, ...)
- Subdivision Surfaces
- Sweep- und Skinflächen

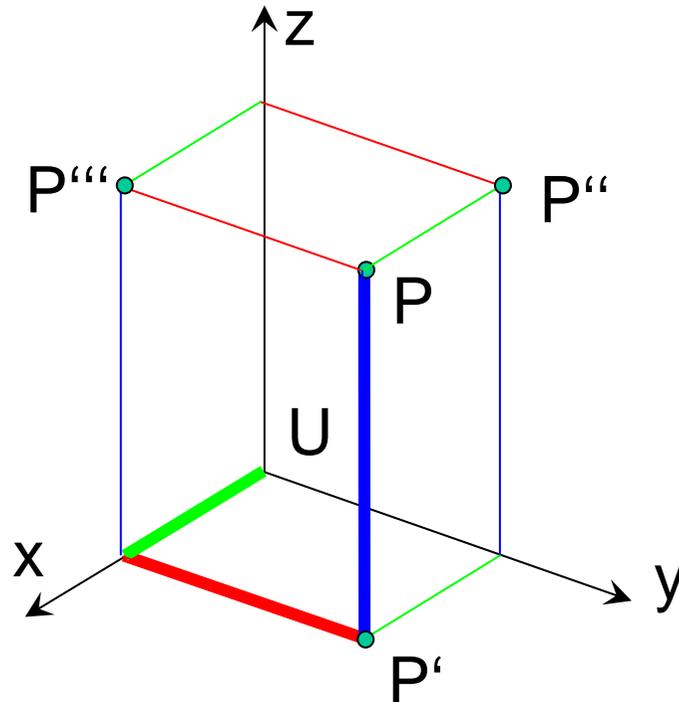
# Aufbau der Vorlesung

- Fakten- und Hintergrundwissen
- nur mehr wenige Konstruktionen
- keine Tafelzeichnungen (Freihandskizzen)
- Powerpointpräsentationen
- Animationen
- über Internet abrufbar



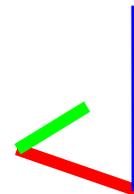
<http://www.geometrie.tuwien.ac.at/student/arch/>





$P'$ ,  $P''$ ,  $P'''$  ... Grundriss, Aufriss, Kreuzriss des Punktes  $P$

**Koordinatenweg:** Ein in  $U$  beginnender und in  $P$  endender Streckenzug aus drei Kanten eines Koordinatenquaders welcher alle drei Koordinaten von  $P$  zeigt



x-Achse, y-Achse, z-Achse:  
drei (zueinander) **orthogonale, orientierte Geraden** durch einen gemeinsamen Punkt  $U$  (**Koordinatenursprung**)

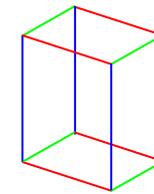
⇒ **Räumliches kartesisches Rechtskoordinatensystem**

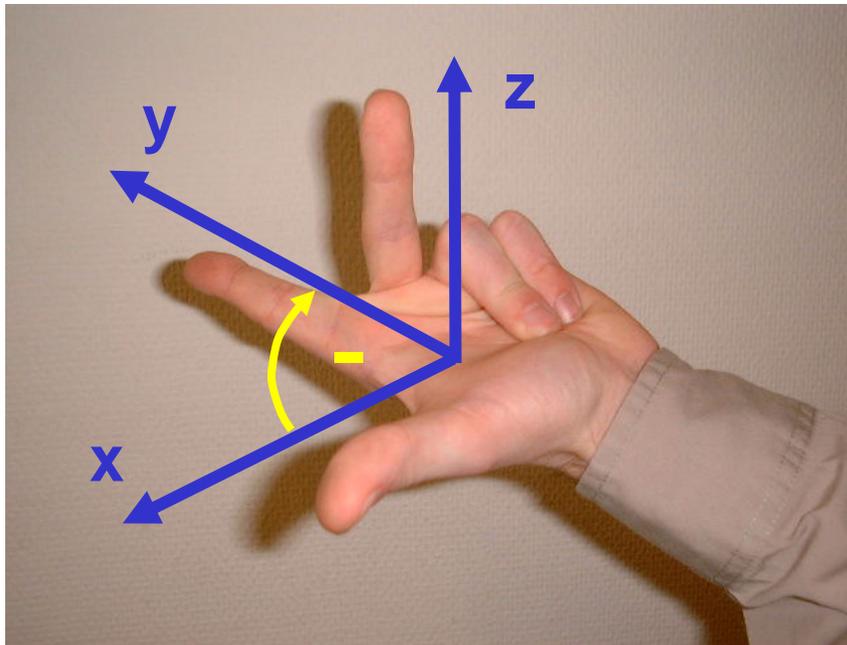


Rechte Hand Regel

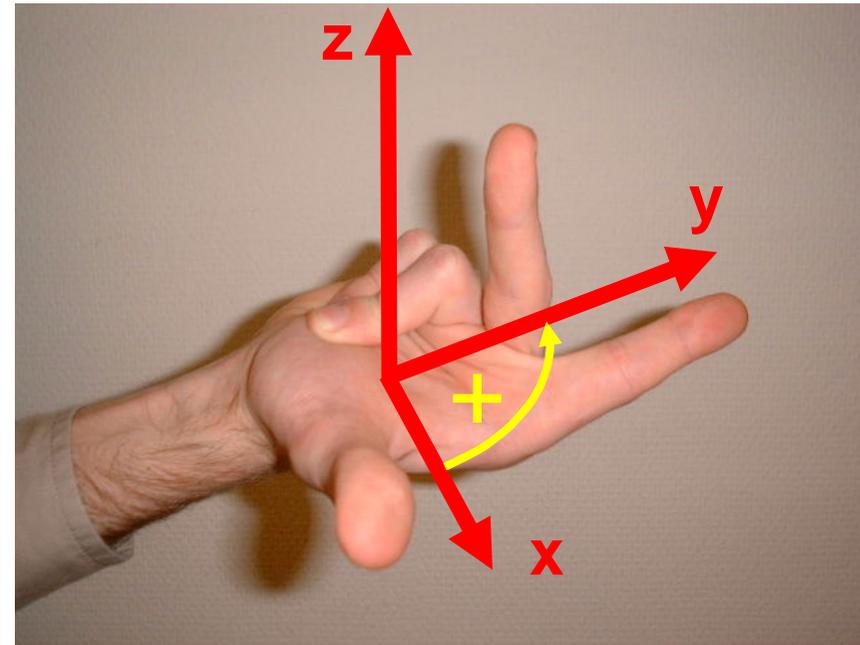
**Koordinatenquader:**

Die Kantenlängen am Quader zeigen die **Absolutbeträge der Koordinaten** des Punktes  $P(x_P, y_P, z_P)$





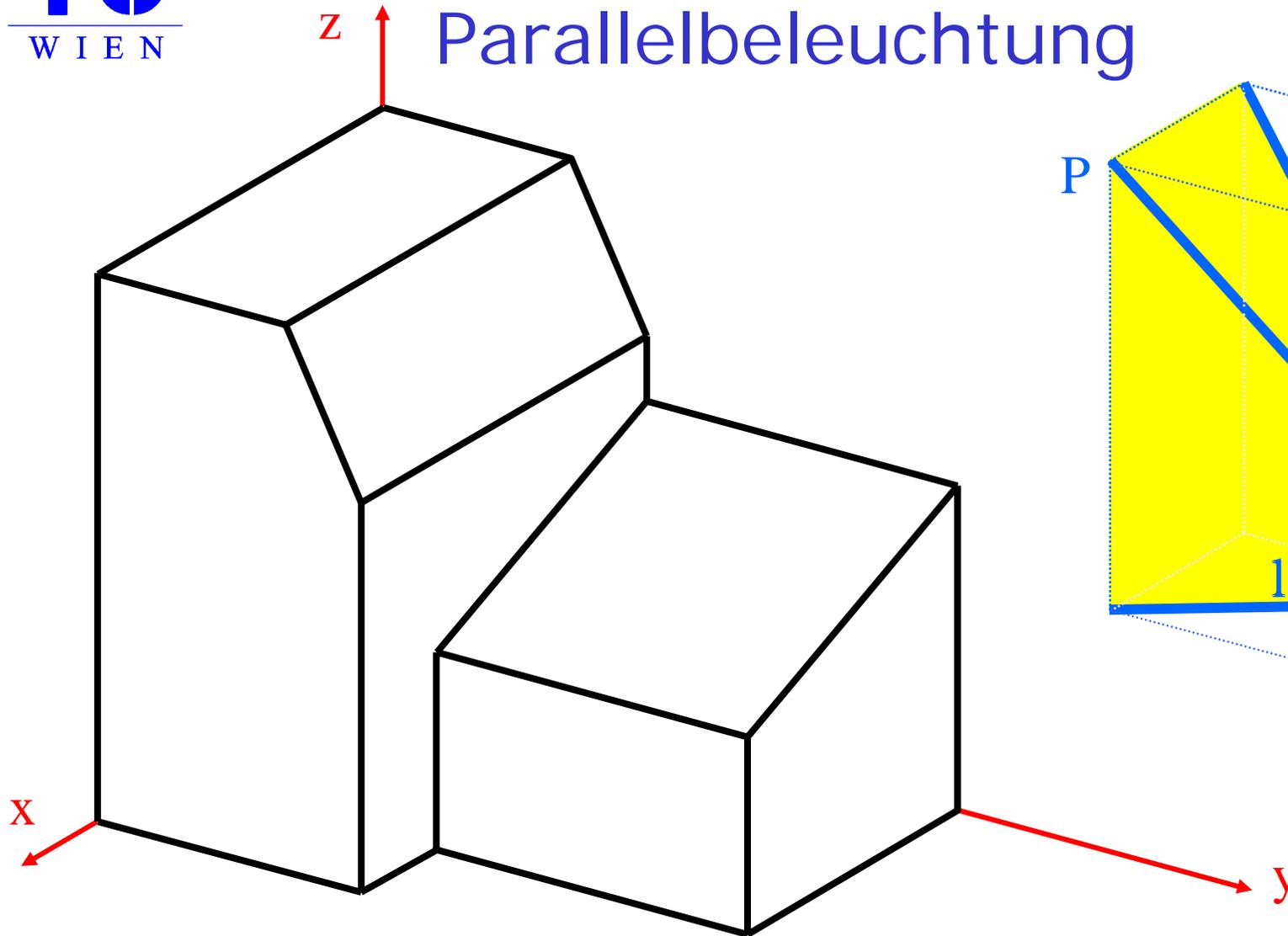
Linkskoordinatensystem



Rechtskoordinatensystem

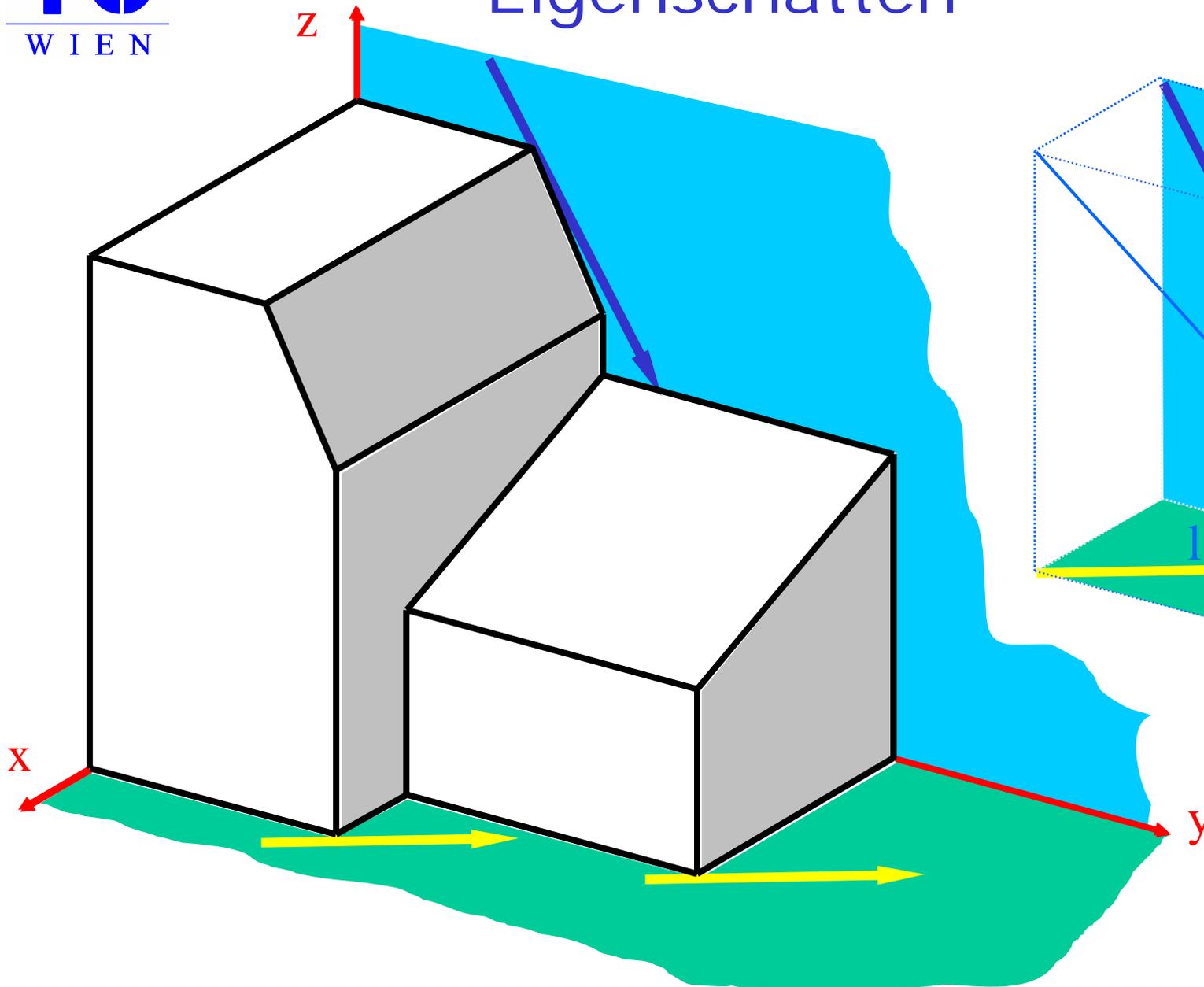


# Schatten bei Parallelbeleuchtung

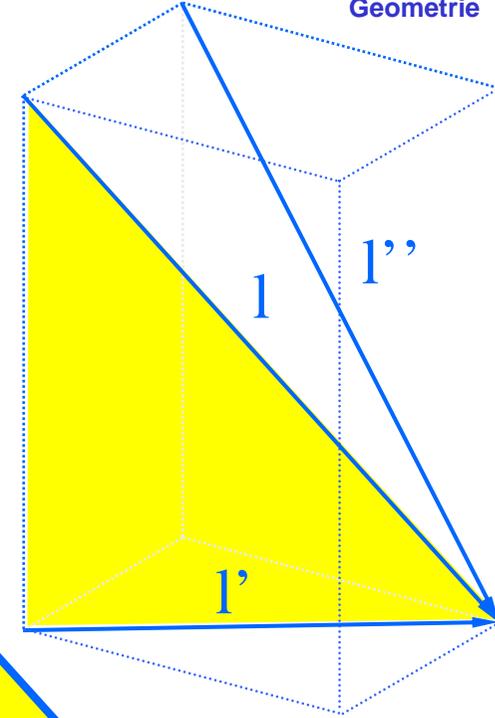
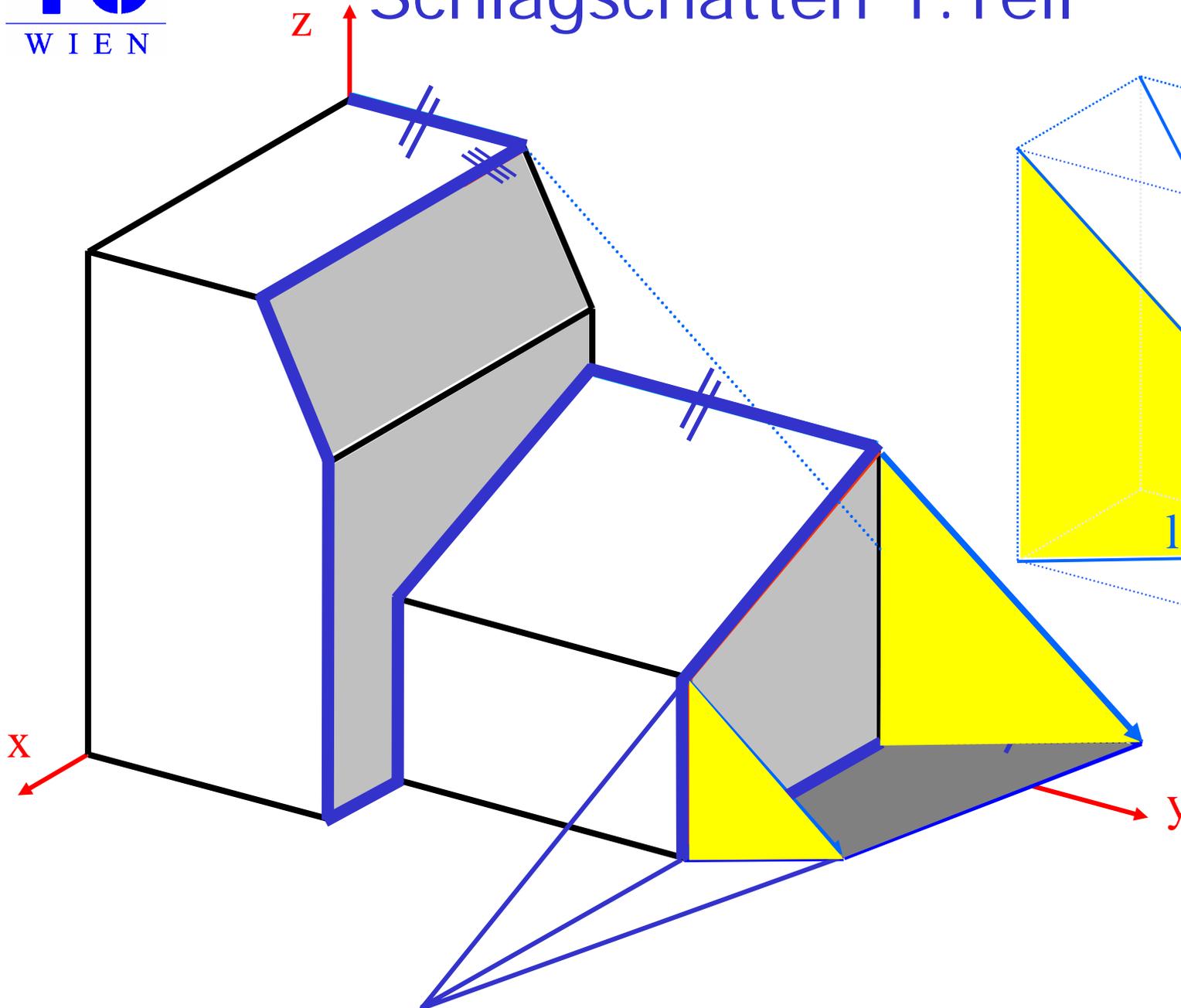


Angabe: Objekt & Lichtrichtung

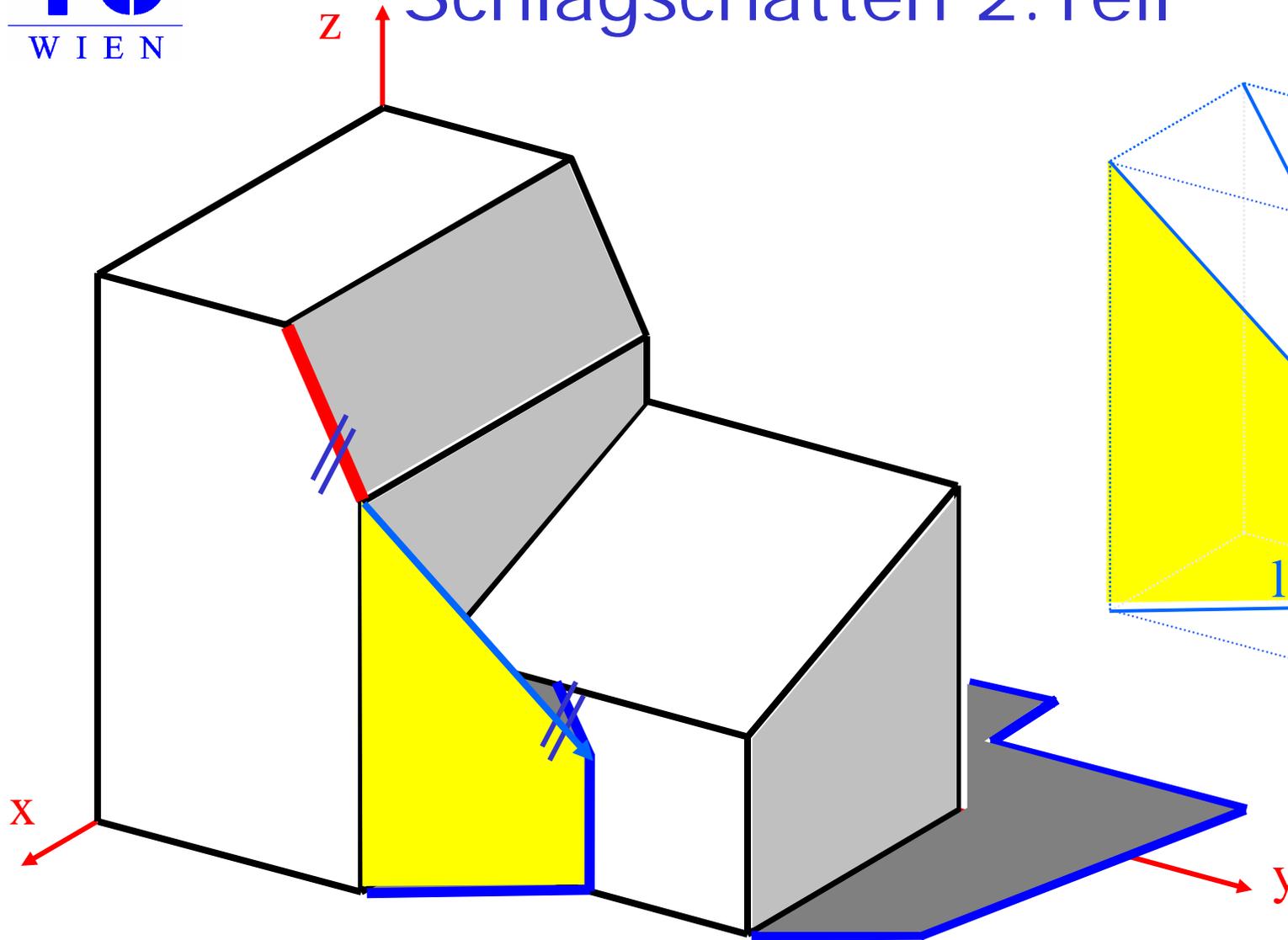
# Eigenschaften



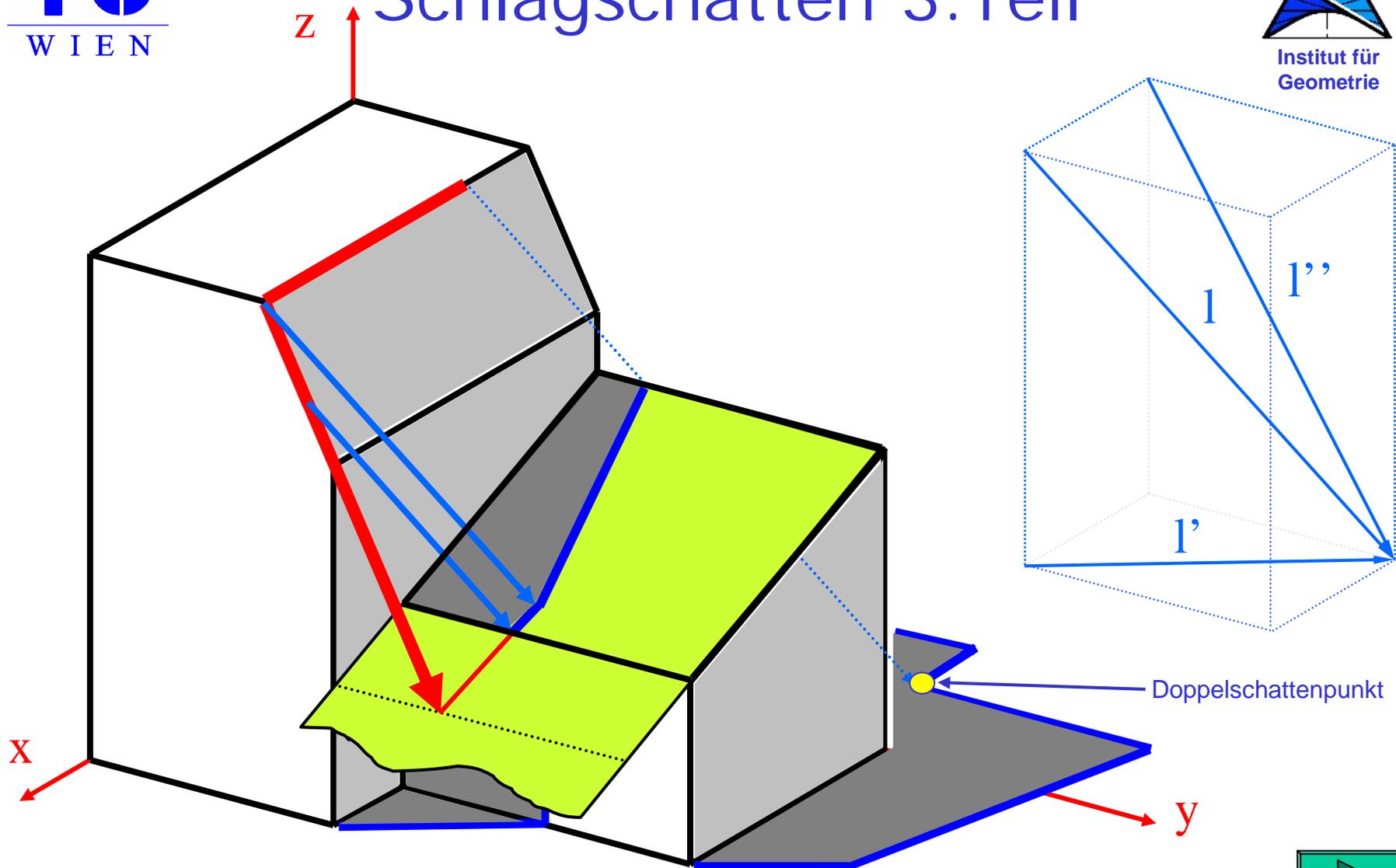
# Schlagschatten 1. Teil



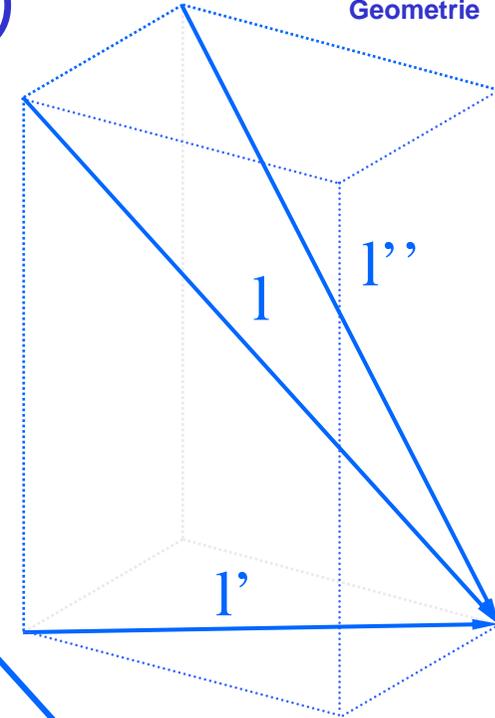
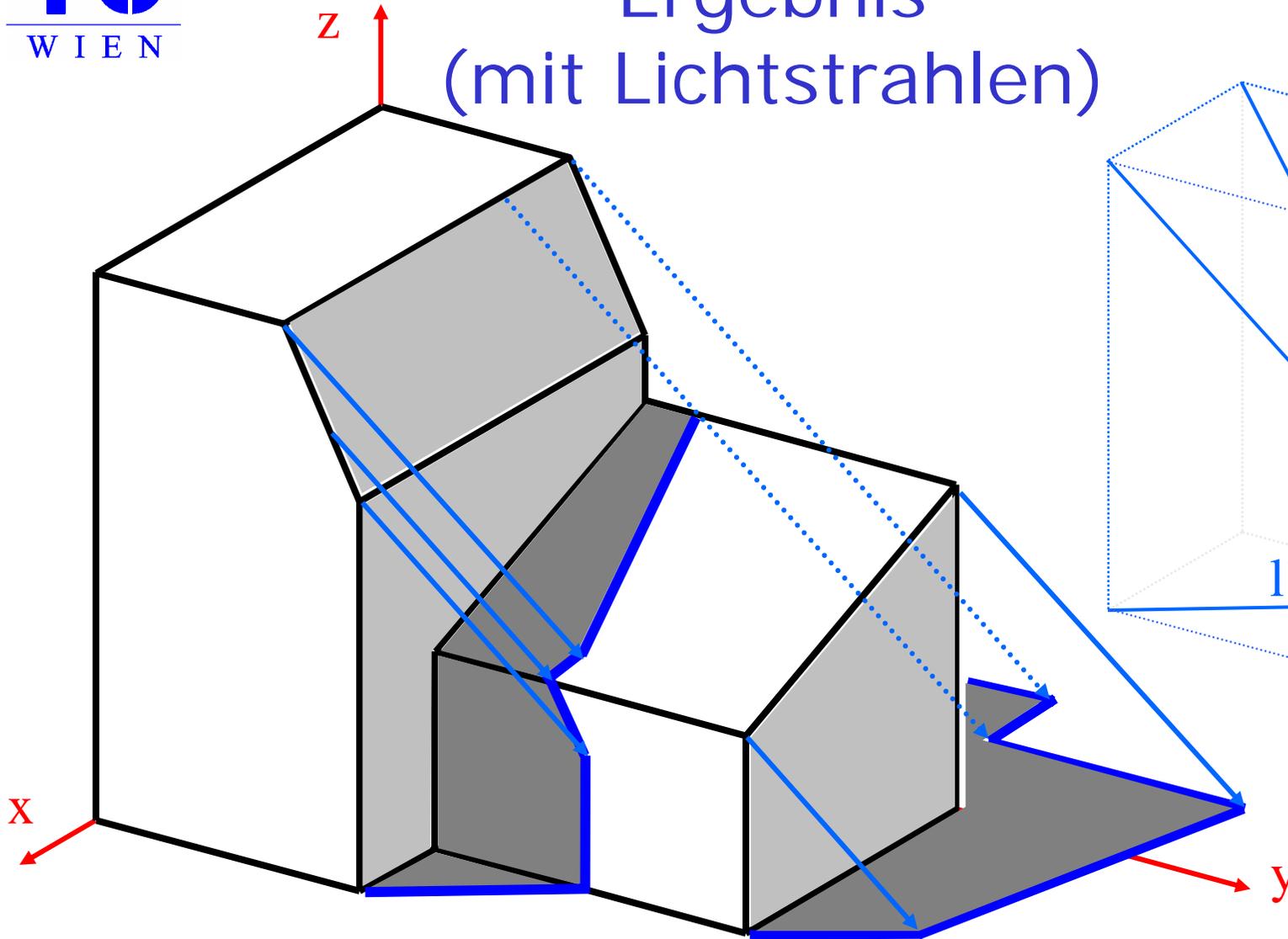
# Schlagschatten 2. Teil



# Schlagschatten 3. Teil

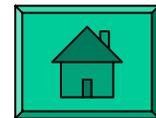
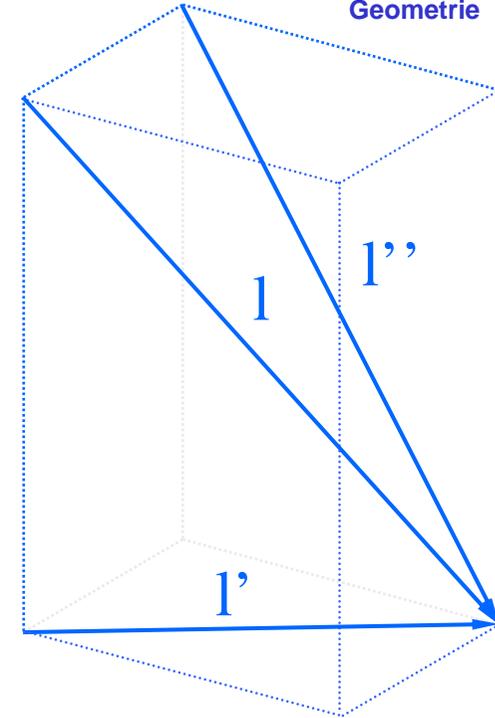
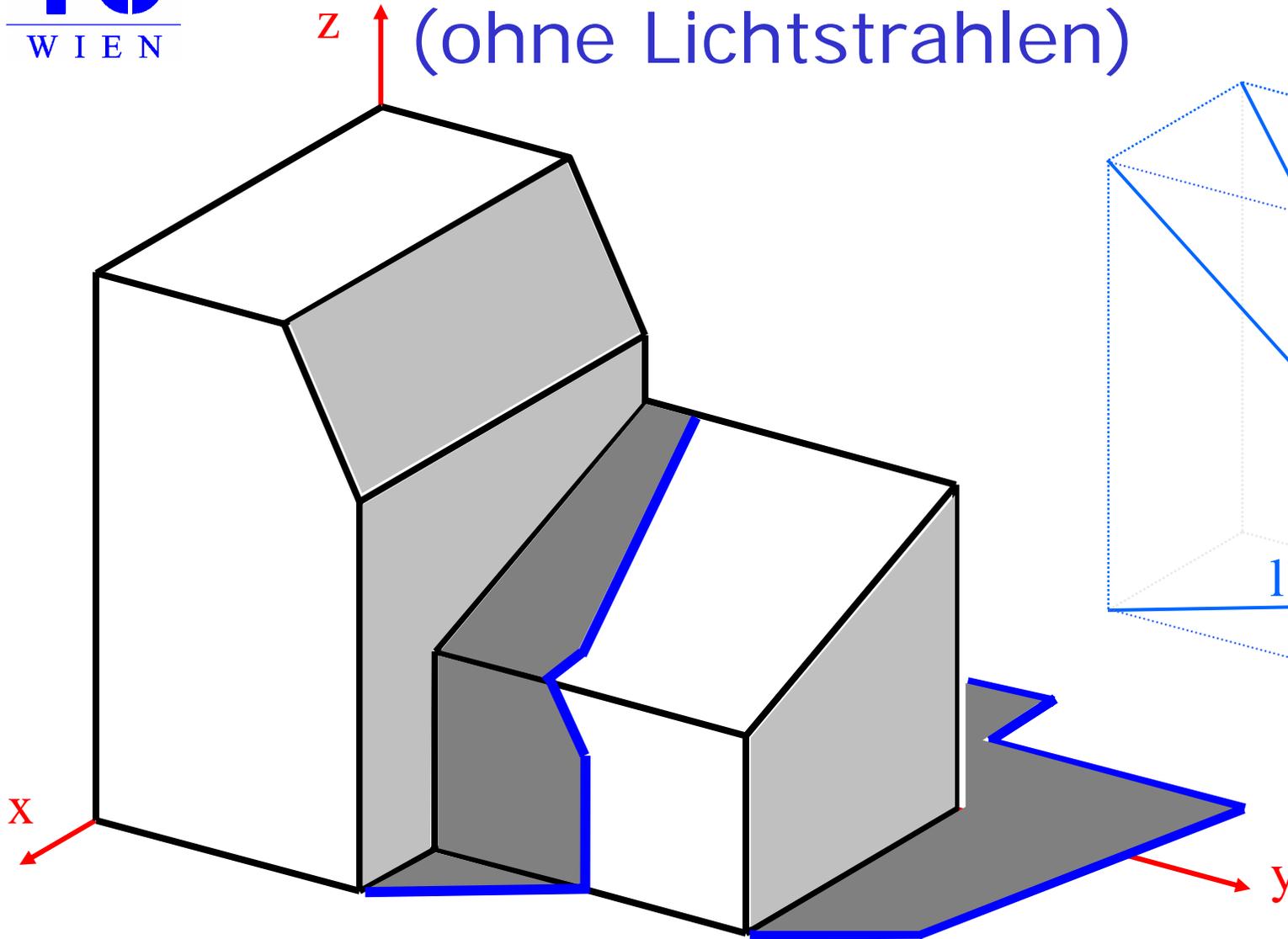


# Ergebnis (mit Lichtstrahlen)

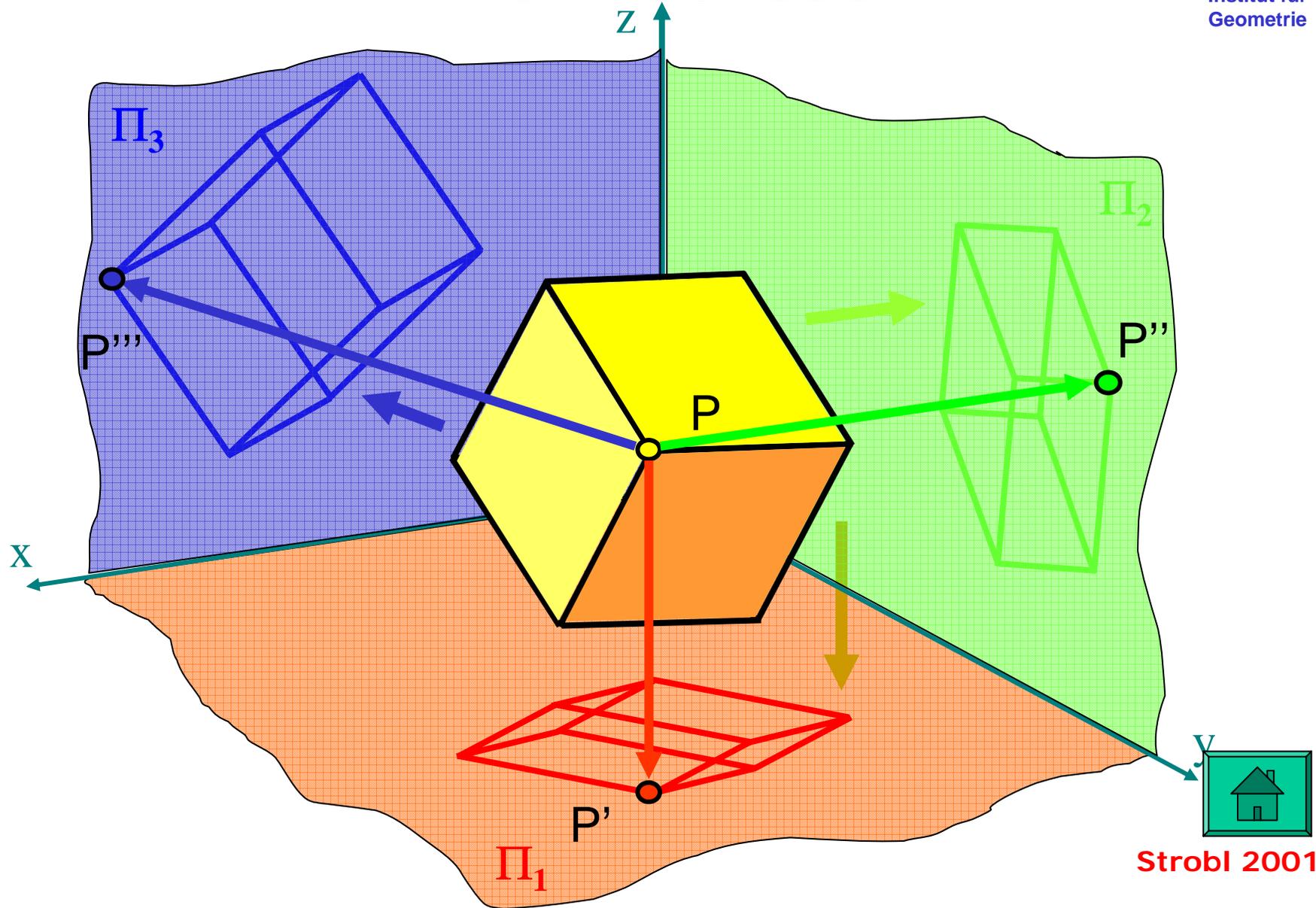


# Ergebnis

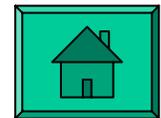
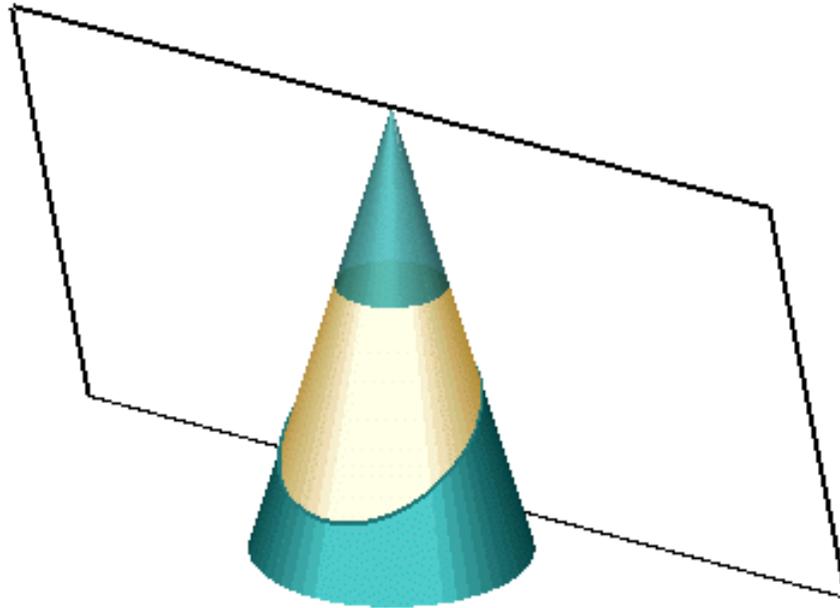
(ohne Lichtstrahlen)



# Normalrisse

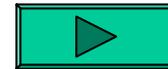


# Abwicklung eines Kegels



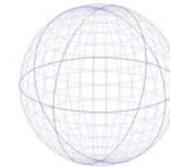
# Überblick über die Inhalte exemplarisch

- Grundkörper
- Boole'sche Operationen und  
Raumtransformationen
- Perspektive
- Splines
- Flächenklassen



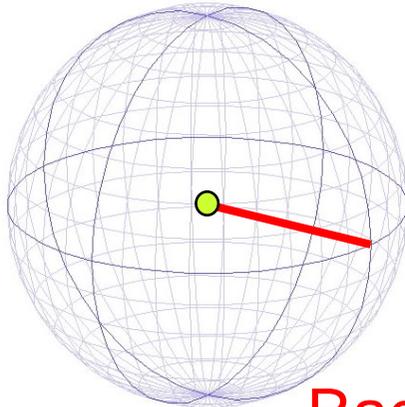


Kugel

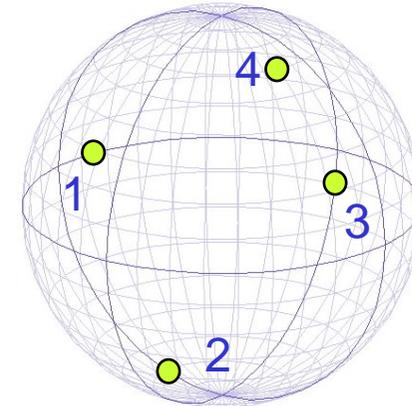
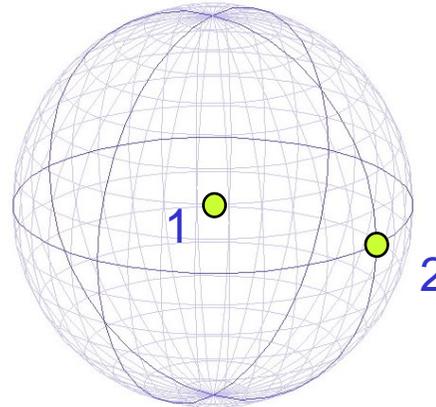


# Kugel (Sphere)

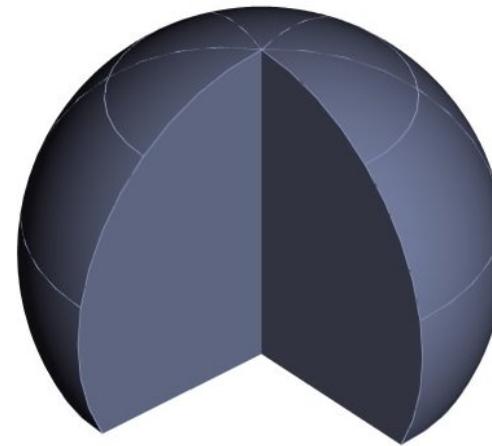
Mittelpunkt



Radius



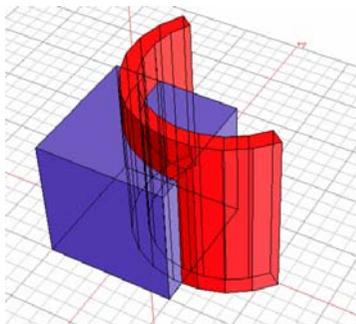
Flächenmodell



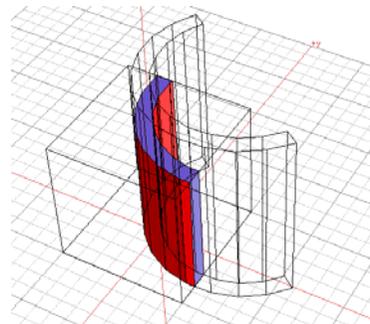
Volumsmodell



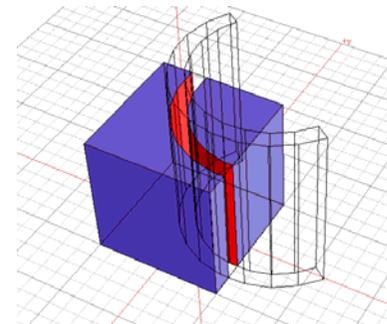
- Die Mengenoperationen Vereinigung, Durchschnitt und Differenz treten im computergestützten Konstruieren im Zusammenhang mit geometrischen Objekten auf.
  - Ebene: z.B. bei Vielecken
  - Raum: Volumenkörper



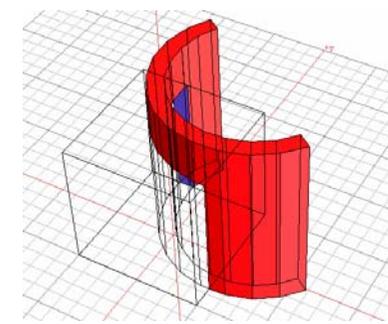
Vereinigung  
 $A \cup B$



Durchschnitt  
 $A \cap B$



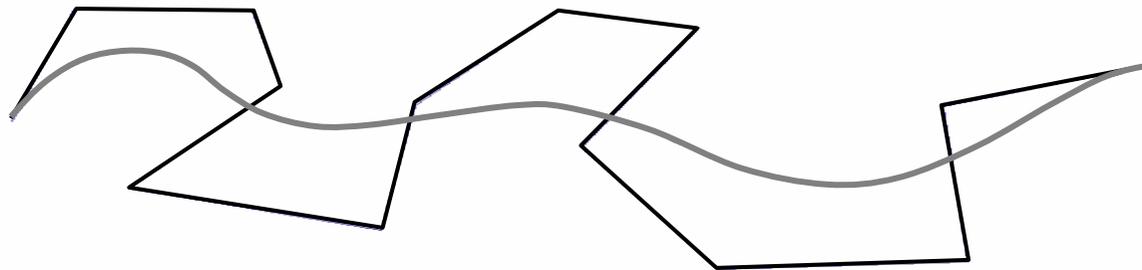
Differenz  
 $A \setminus B$



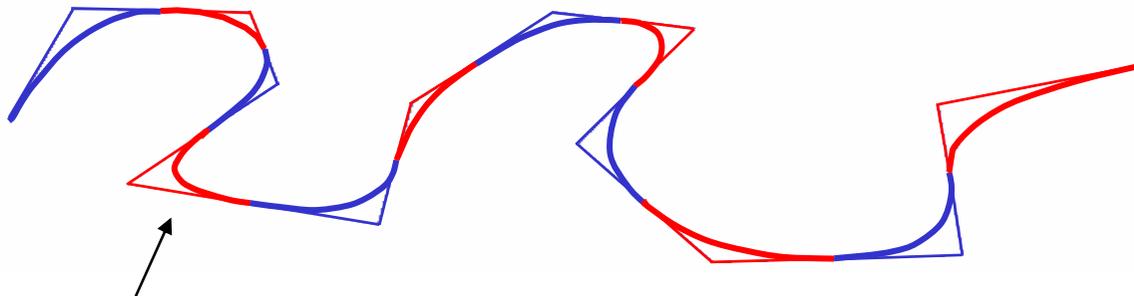
Differenz  
 $B \setminus A$



Beispiel: 2 mögliche Kurven zum selben Kontrollpolygon



Splines  
**Bézier**  
(Degree **13**)



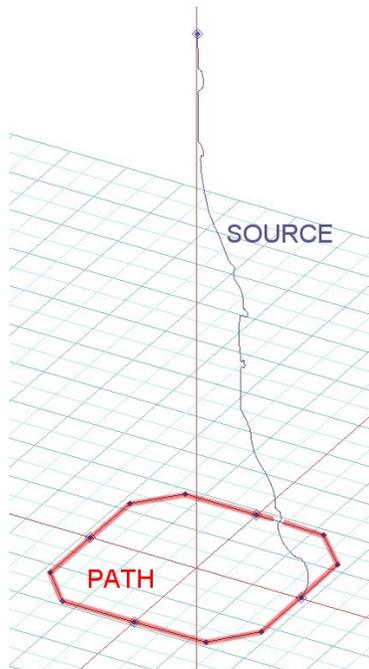
Splines  
**Continous Bézier**  
Degree **2**

Kurve ist aus Parabelsegmenten mit  
tangentenstetigem Übergang zusammengesetzt.

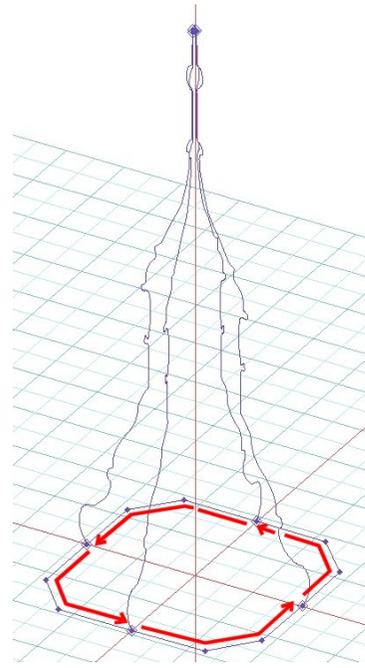


# Cross-Skinning

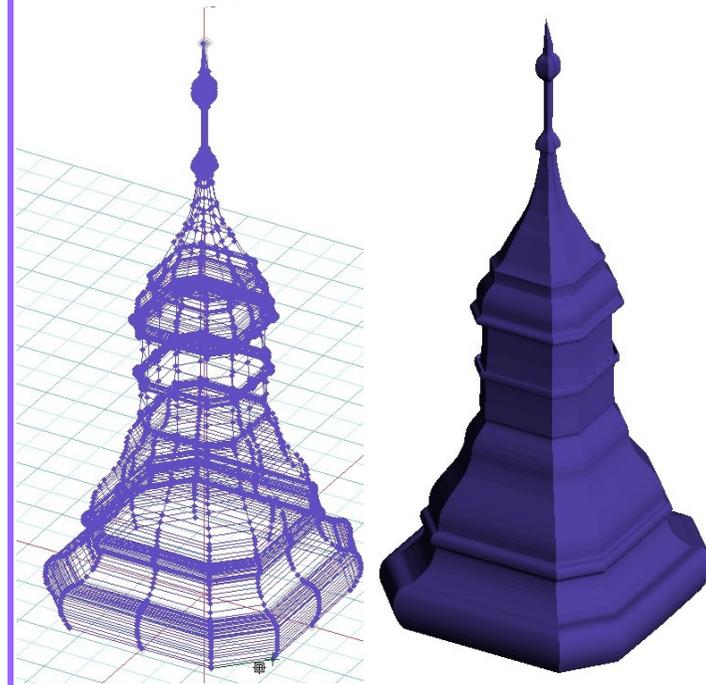
Cross Skinning Objekte haben immer nur einen einzigen Path, können aber mehrere Sources haben (hier 1 Source)



Beim Generieren des Skinning Objektes führt die Source eine Art Drehbewegung entlang des Paths durch.



Das Resultat ist ein Skin Objekt das aus Flächen besteht.



- **Koordinatensysteme**
- **Projektionen und Risse**
  - **Axonometrie**
- **Parametrische Grundkörper**
- **Flächen-, Volumsmodelle**
- **Boole'sche Operationen**
- **Raumtransformationen**
  - **Schatten bei Parallelbeleuchtung**
  - **Perspektive**
- **Interpolation & Approximation**
- **Freiformkurven (Bezier, B-Spline, ...)**
- **Subdivision Curves**
- **Drehflächen**
- **Abwickelbare Flächen**
- **Weitere Flächen im Bauwesen**
- **Freiformflächen (NURBS, ...)**
- **Subdivision Surfaces**
- **Sweep- und Skinflächen**

# Ablauf der Übungen

- in Kleingruppen (max. 24 Studenten)
- bei fast 500 Studenten = 20 Gruppen
- je zwei an einem Rechner
- Betreuung durch TutorInnen (LA, ARCH)
- Übungsskriptum = Tippanleitung
- zwei Tests mit je 45 Minuten

Demo einer Übungssequenz

*Lehrziele: Das sollten Sie am Ende der Übungen beherrschen*

- Platonische Körper
- allgemeine Referenzebene festlegen
- Objekte um allgemeine Geraden drehen
- Snapfunktion Mittelpunkt, Schnittpunkt
- Extrusionskörper erzeugen
- Skalieren

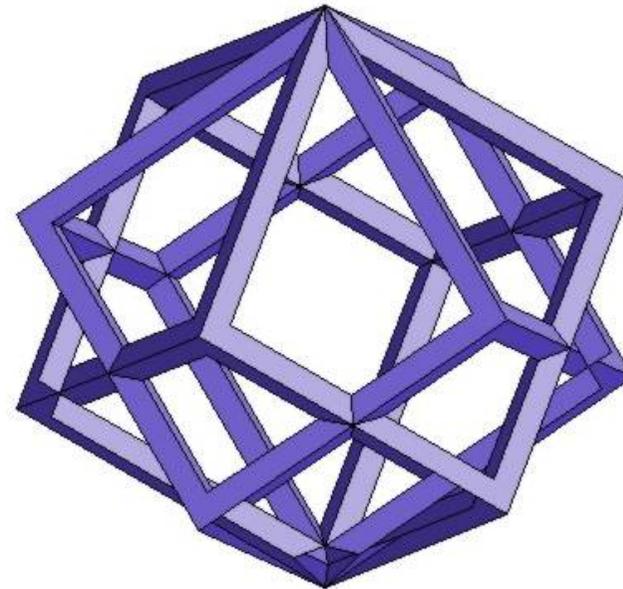
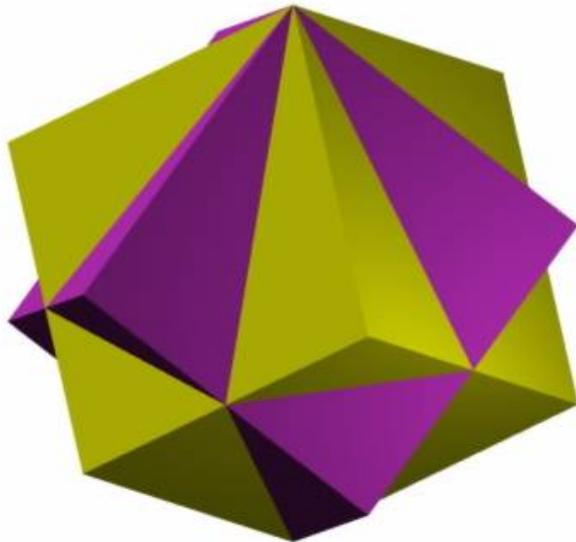
Anhand zweier Arbeiten (Sterne, 1948 und Wasserfall, 1961) des holländischen Grafikers M.C. ESCHER üben wir räumliche Drehungen und den Umgang mit Platonischen Körpern ein.

A) Die fünf Platonischen Körper mit formZ erzeugen

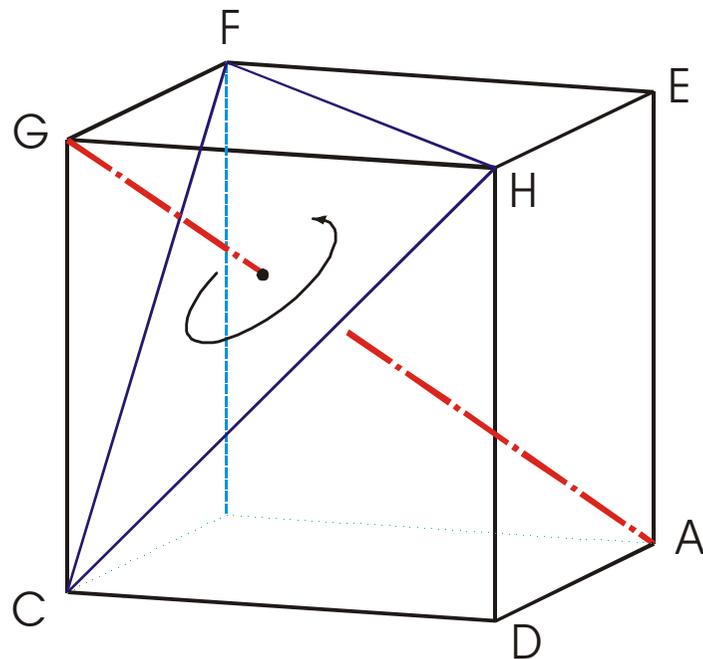
.....

## B) Variationen mit zwei Würfeln (Differenz, Drehen, Vereinigung)

**Aufgabe:** Die beiden unten abgebildeten Objekte aus dem Holzstich "Sterne" sollen mit formZ modelliert werden.



1. Würfel mit den Eckpunkten  $A(-3/-4)$  und  $C(-7/-8)$  mit dem Werkzeug **Cube** (1a) konstruieren (Seitenkantenlänge  $a=4$ ).



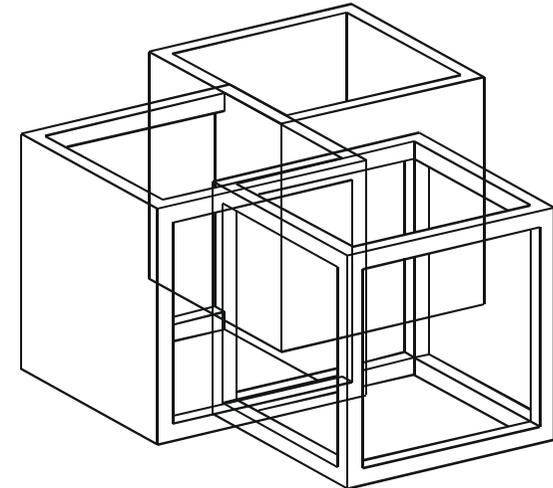
2. Würfel im Kopiermodus um die Achse  $AG$  (vgl. Skizze) drehen

- in der **window tool bar** Snapfunktion **Endpoint** einstellen (6. Symbol)
-  zusätzlich Pickoption **Point** (4a) zum Auswählen von Punkten aktivieren
-  allgemeine Referenzebene (normal zur Drehachse) durch die Punkte  $C$ ,  $F$  und  $H$  legen

- Kontrolle, ob die Referenzebene richtig liegt (Drehen des Bildes bis die Ebene projizierend wird)
- 4a wieder auf **Object** und 11a auf **One Copy** einstellen

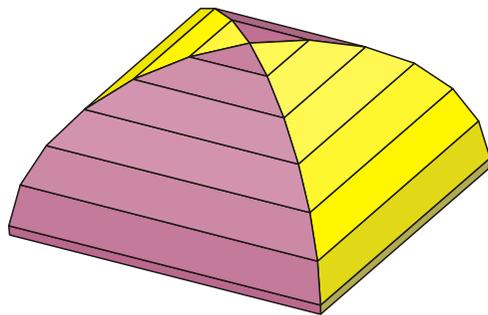
# 3. Übung

- Werkzeug **Rotate** (12a) auswählen und Würfel um die Achse AG ("Center of Rotation" ist der Punkt  $G$ "); Drehwinkel  $60^\circ$ ) drehen
  - beide Objekte vereinigen (8a) - Ausgangsobjekte löschen
  - Referenzebene wieder in die  $xy$ -Ebene legen
3. Würfel mit der Seitenkantenlänge 7 mit einer Ecke im Ursprung entwerfen
4. Die Kanten des Würfels als „massive Stäbe“ ausführen
- Quader ( $6 \times 6 \times 7$ ) mit Eckpunkten  $(0,5|0,5|0)$  und  $(6,5|6,5|0)$  erzeugen
  - Differenz (8a) der Körper bilden (Fig. 1a)
  - Referenzebene in die  $yz$ -Ebene legen und einen weiteren Quader ( $7 \times 6 \times 6$ ) richtig bezüglich des Würfels platzieren
  - Differenz (8a) der Körper bilden (Fig. 1b)
  - Referenzebene in die  $zx$ -Ebene legen und einen weiteren Quader ( $6 \times 7 \times 6$ ) richtig bezüglich des Würfels platzieren
- Differenz (8a) der Körper bilden (Fig. 1c)



Konstruiere die folgenden Objekte mit formZ:

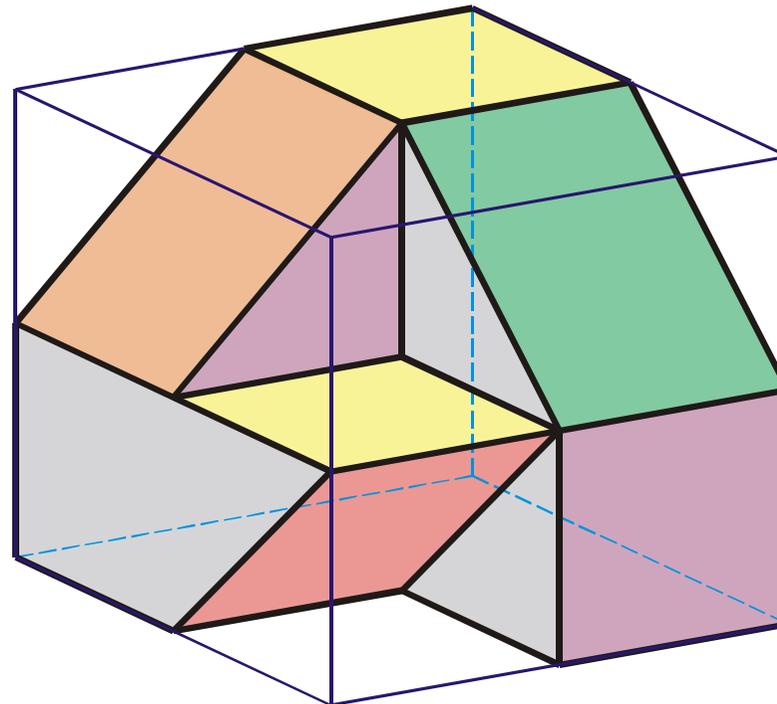
1) Klostergewölbe



Radius der beteiligten  
Halbzylinder = 3

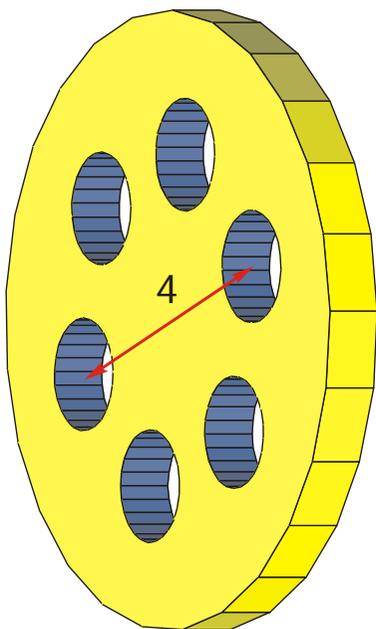
2 Punkte

2) Objekt, modelliert aus einem Würfel



3 Punkte

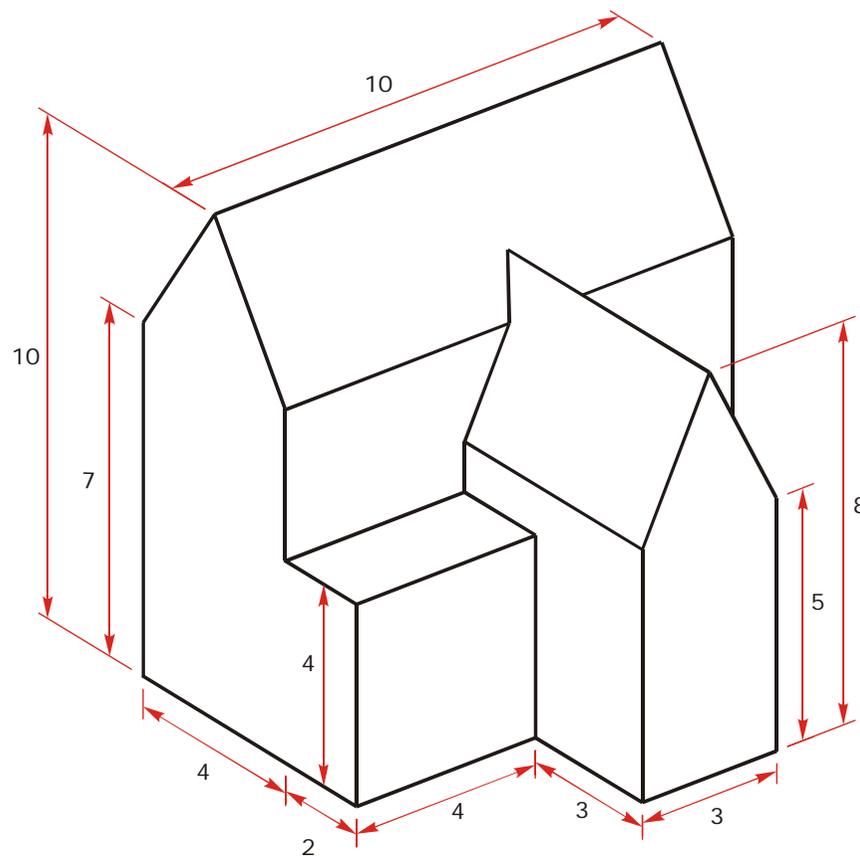
3) Wählscheibe



Radius der Zylinder-  
scheibe = 7  
Höhe der Zylinder-  
scheibe = 0,5  
Radien der Löcher = 0,5

3 Punkte

4) Modell eines Hauses



4 Punkte

## 5) Wasserbecken



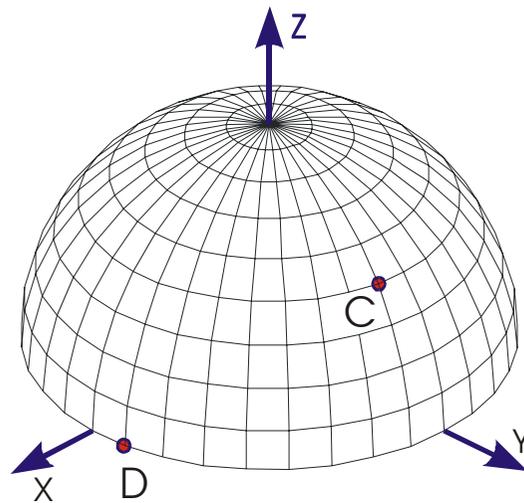
Die Maße sind dem Modell  
angepaßt zu wählen.

4 Punkte

## 6) Kugelkoordinaten

Zeichne folgende Punkte ein:

$A(0|70)$ ;  $B(90|20)$



Bestimme die Koordinaten der Punkte C und D:

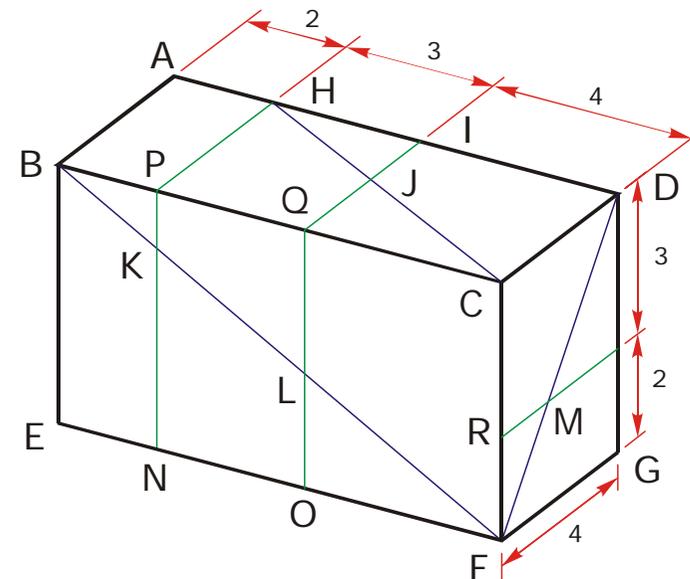
C(   |   ), D(   |   )

2 Punkte

## 7) Teilverhältnisse

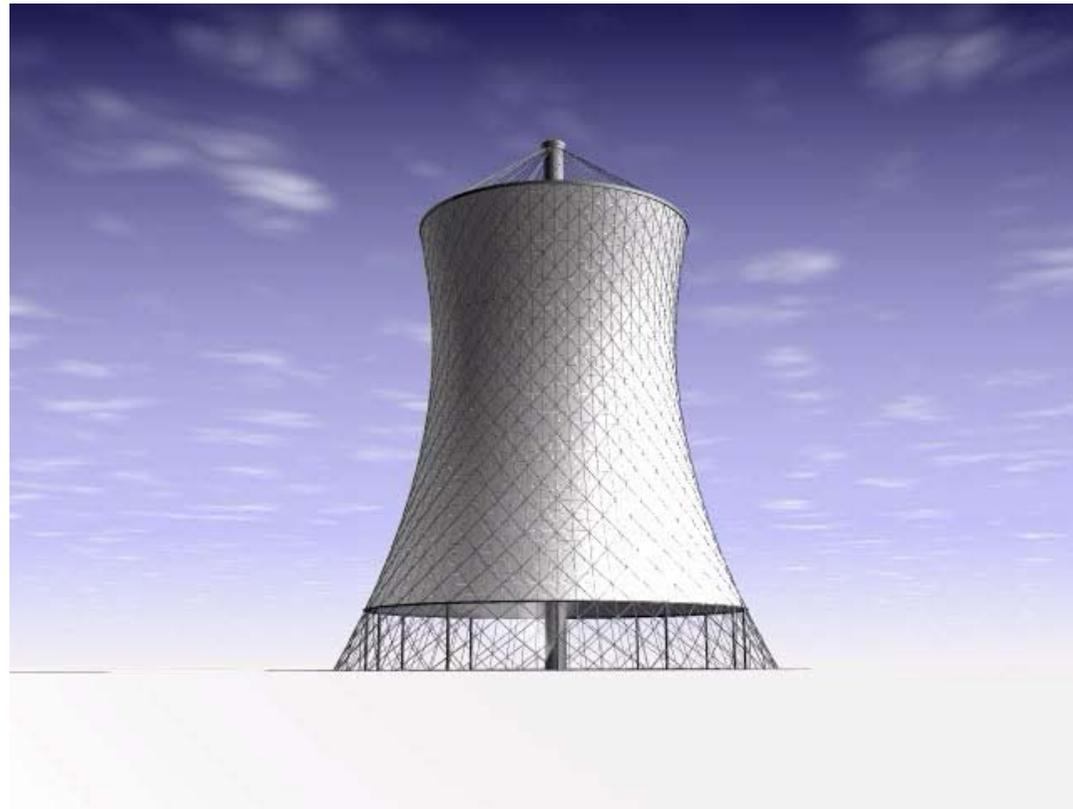
Bestimme folgende Teilverhältnisse:

$TV(H,J,C) =$                        $TV(F,O,N) =$



2 Punkte

- Vertiefung:
  - Freiformfl.
  - Subdivision Surfaces
- Mesh Manipulation
- Projekte
- Animationen



# Ausblick: Neue Geometrien in der Architektur

- 3D Photographie – 3D Druck
- Multiresolution
- Digital Geometry Processing
- Fraktale, Minimalflächen
- Topologie
- ...

