

# **Seid vermessen ... !**

Analoge und digitale Techniken in der Bauaufnahme



Photogrammetrie: 30.5., 13:30  
Laserscanning: 7.6., ab 14:00 Herderkirche,  
Datenaufnahme ab 16:00/17:00  
Seminarraum, Datenauswertung

### Übungen:

Freitag	25.5.,	13:30	Gruppe 4/ Gruppe 2 Teil I
Mittwoch	30.5.,	15:15	Gruppe 1/ Gruppe 2
Donnerstag	31.5.,	13:30	Gruppe Teil II
		15:15	Gruppe 3/ Gruppe
4			
Freitag	1.6.,	13:30	Gruppe 3

Herderplatz: 31.5. 13:00 Raum 102 Einführung Dr. Sczech (TLDA)  
ab ca. 14:00 Herderplatz, Einführung M. Beyer  
(TLDA)

# Methoden der Geometrieerfassung

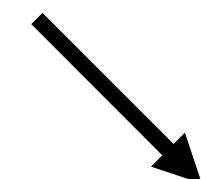
## Zeichnerische Vorlagen

Scannen & Vektorisieren  
Nachzeichnen / CAD-Overlay

## Handaufmaß

- klassisches ...
- computergestütztes ...

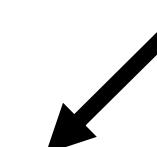
Tachymetrie



CAAD-  
Geometriemodell  
(2D...3D)



Laserscanning



Photogrammetrie

- Einbild-,
- Mehrbild-,
- Stereophotogr.



GPS



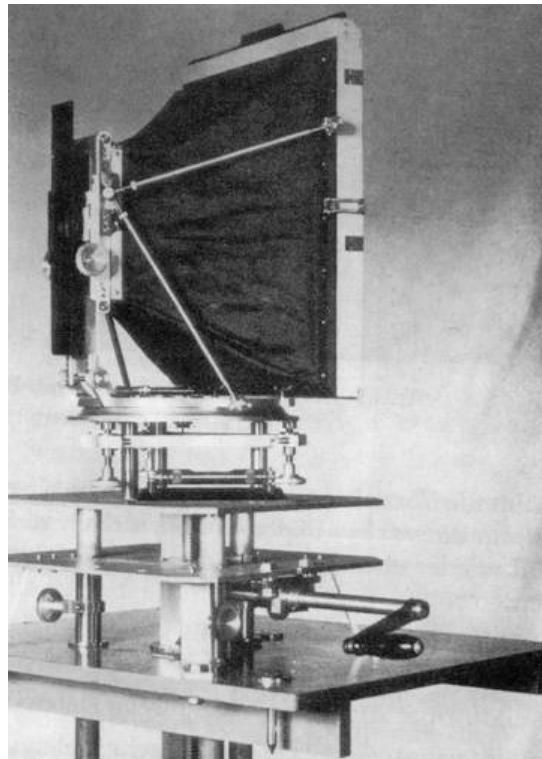
## Erfindung der Fotografie



Nicéphore Niépce  
links: Blick aus dem Fenster in Le Gras, 1826/27;  
rechts: Porträt des Kardinals d' Amboise,  
Heliographie auf Zinnplatte



## Erfindung der Photogrammetrie



Messkamera

Berlin,  
Französischer Dom  
Albrecht Meydenbauer  
1882 (40 x 40 cm).



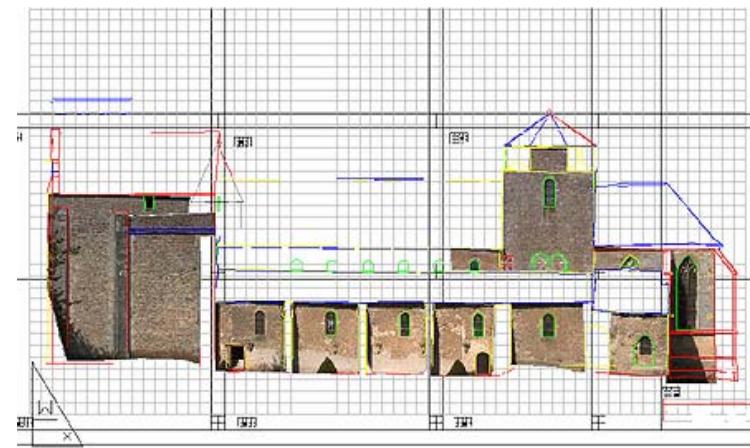
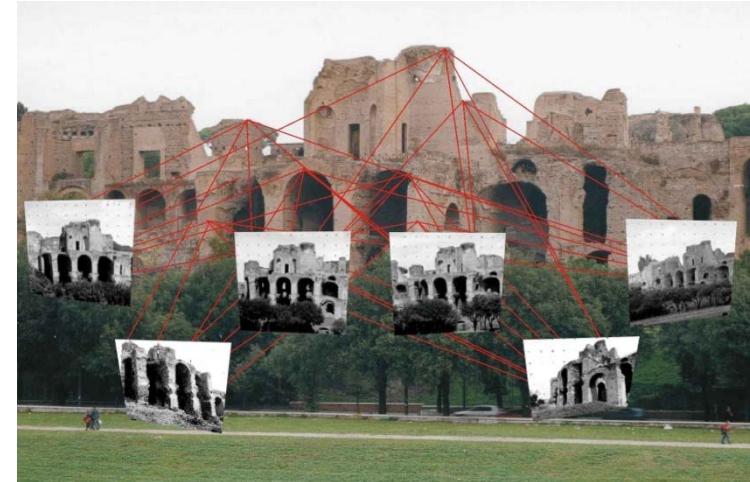
# Photogrammetrie

## Grundprinzip

### Indirektes Messverfahren

- Erfassung und Vermessung von Objekten auf der Basis von fotografischen Bilddaten
- Bestimmung eines Objektes in Form, Größe und Lage aus photographischen Bildern
- Die Messungen werden nicht am Objekt selbst, sondern in Bildern, in denen das Objekt abgebildet ist, vorgenommen

→ Zweistufigkeit



# Photogrammetrie

## Grundprinzip

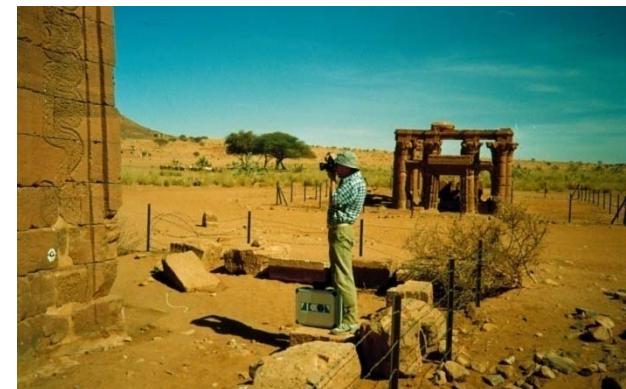
### Charakteristiken

- berührungslos
- hohe Informationsdichte
- kurze Verweildauer vor Ort, Auswertung im Büro
- Wissensspeicher
- metrische Eigenschaften durch Zentralperspektive

### Einsatzgebiete

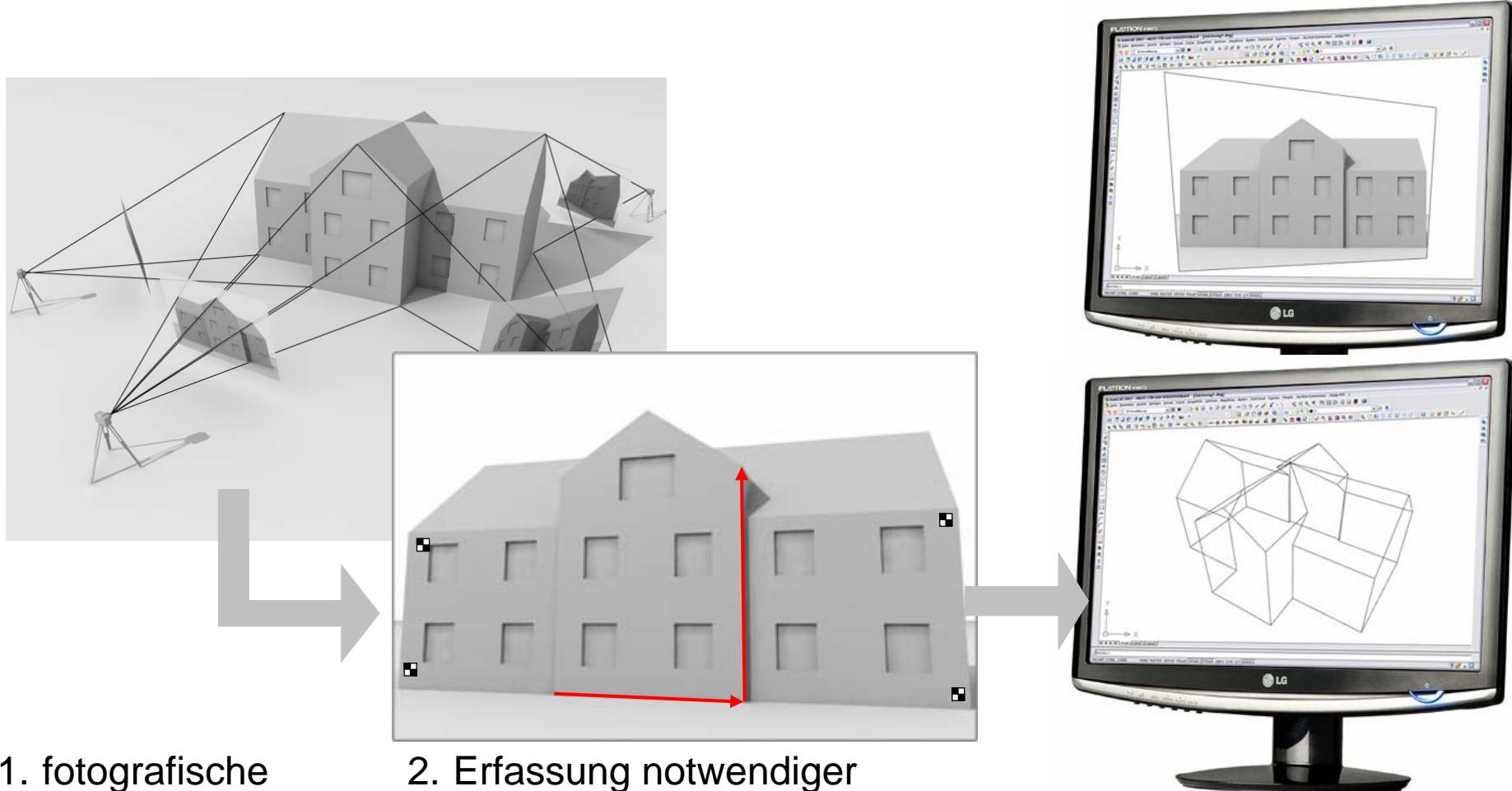
#### Vermessung / Erstellung von:

- 3D-Stadtarten aus Luftbildern
- Gebäudefassaden
- Baudetails
- schwerzugängliche Innenräume
- stark profilierte Details
- Rekonstruktion aus historischen Fotos



# Photogrammetrie

## Grundprinzip - Ablauf



1. fotografische  
Aufnahme vor Ort

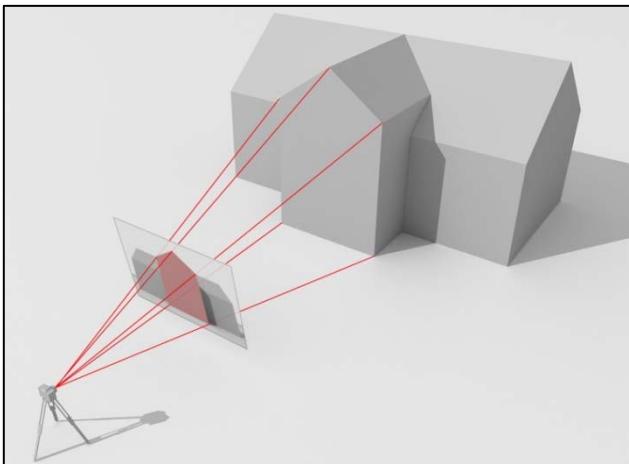
2. Erfassung notwendiger  
Geometrieeinformationen:  
Passpunkte / Passstrecken  
(händisch, tachymetrisch)

3. Auswertung am PC:  
entzerrtes Foto /  
2D/3D CAD Modell

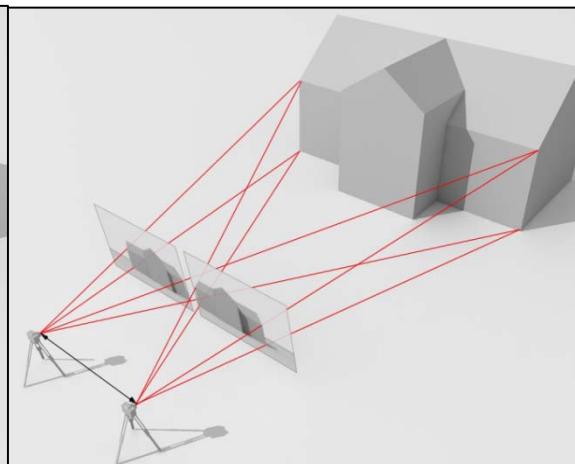
# Photogrammetrie

## Grundprinzip - Photogrammetrische Auswertestrategien

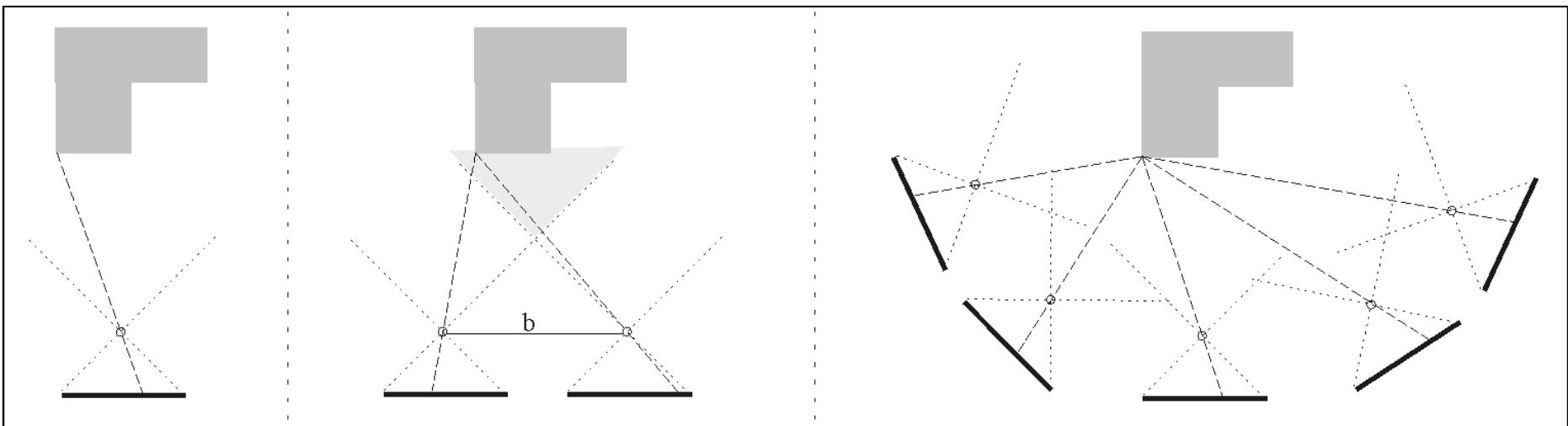
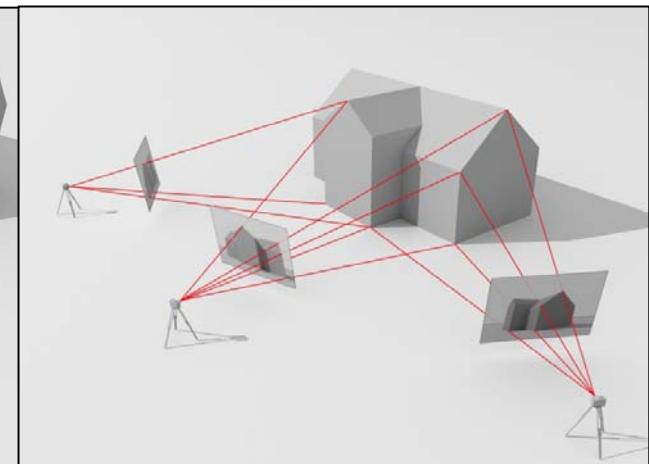
Einbildauswertung



Stereoskopische  
Auswertung



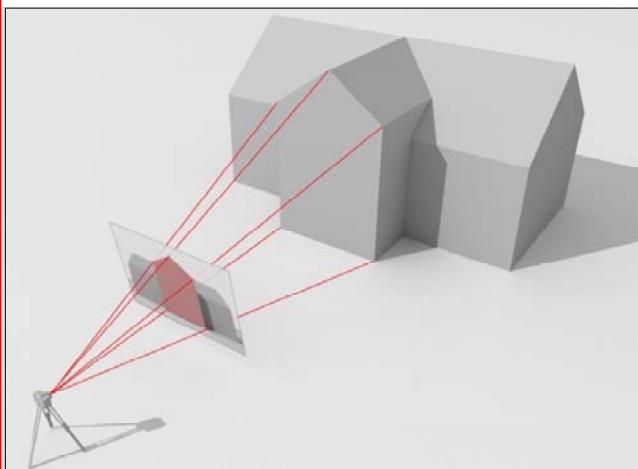
Mehrbildauswertung



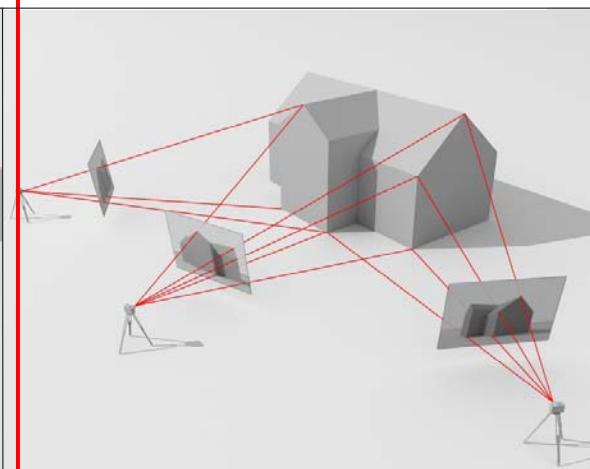
# Photogrammetrie

## Überblick - Photogrammetrische Auswertestrategien

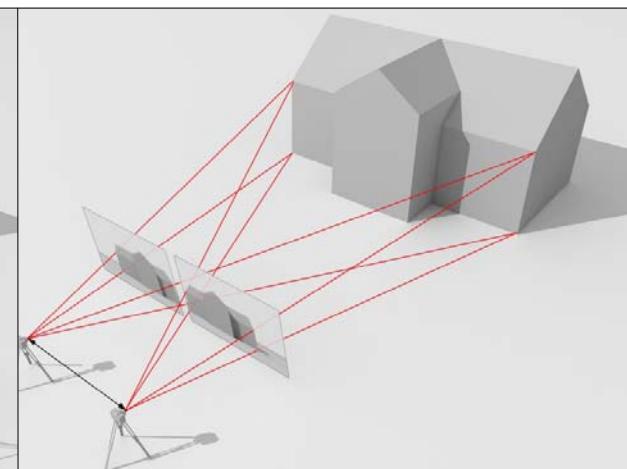
Einbildauswertung



Mehrbildauswertung



Stereoskopische  
Auswertung



## **Photogrammetrie – Auswertestrategien**

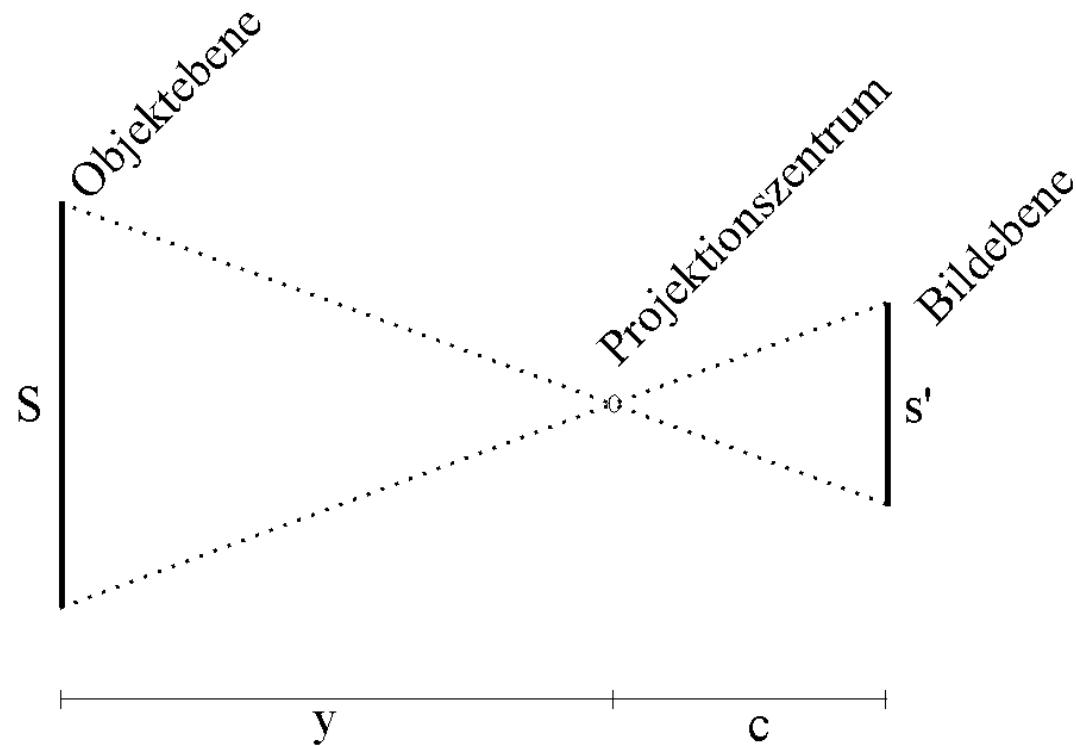
### **Einbildauswertung durch projektive Entzerrung**

# Photogrammetrie

## Zentralprojektion

Bei der **Zentralprojektion** wird ein Objekt in eine Ebene in der Art abgebildet, dass die Objektpunkte und die dazugehörigen Bildpunkte auf einer Geraden liegen

Alle diese Strahlen schneiden sich in einem Punkt, dem Projektionszentrum



$y$  = Aufnahmeentfernung

$c$  = Kamerakonstante ~ Brennweite

$y/c = m$  = Maßstabszahl

$S$  = Objektbereich

$s'$  = Objektbereich im Bild

## Einbildauswertung durch **projektive Entzerrung**

### Grundprinzip

- Auswertung erfolgt an nur einem Bild durch „Zurückrechnen“ der Perspektive
- Ergebnis ist eine verzerrungsfreie orthogonale Ansicht
- Im entzerrten Bild können Maße abgegriffen werden, oder es dient als Grundlage zum Überzeichnen im CA(A)D.



vor der Entzerrung

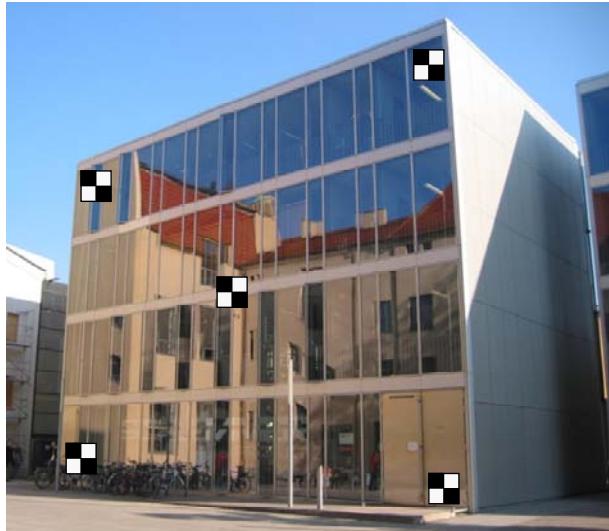


nach der Entzerrung

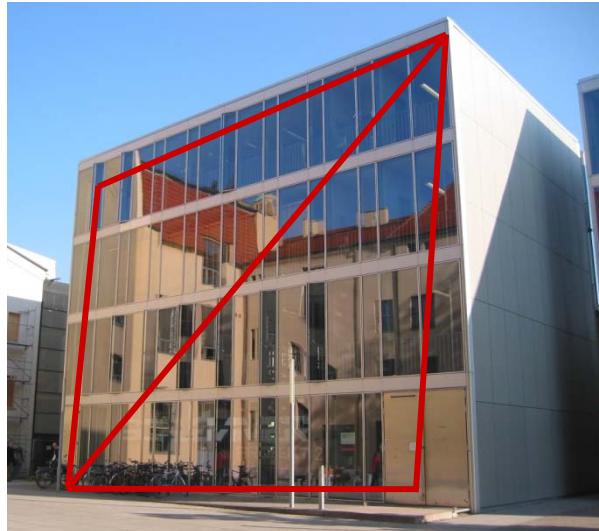
# Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

## Voraussetzungen

- Objekt muss durch eine **Ebene** beschreibbar sein
- über diese Ebene müssen Geometrieinformationen vorliegen



Passpunkte  
mit 3D-Koordinaten  
mindestens 4 Punkte



5 Strecken in einem  
beliebigen Diagonalen-  
viereck



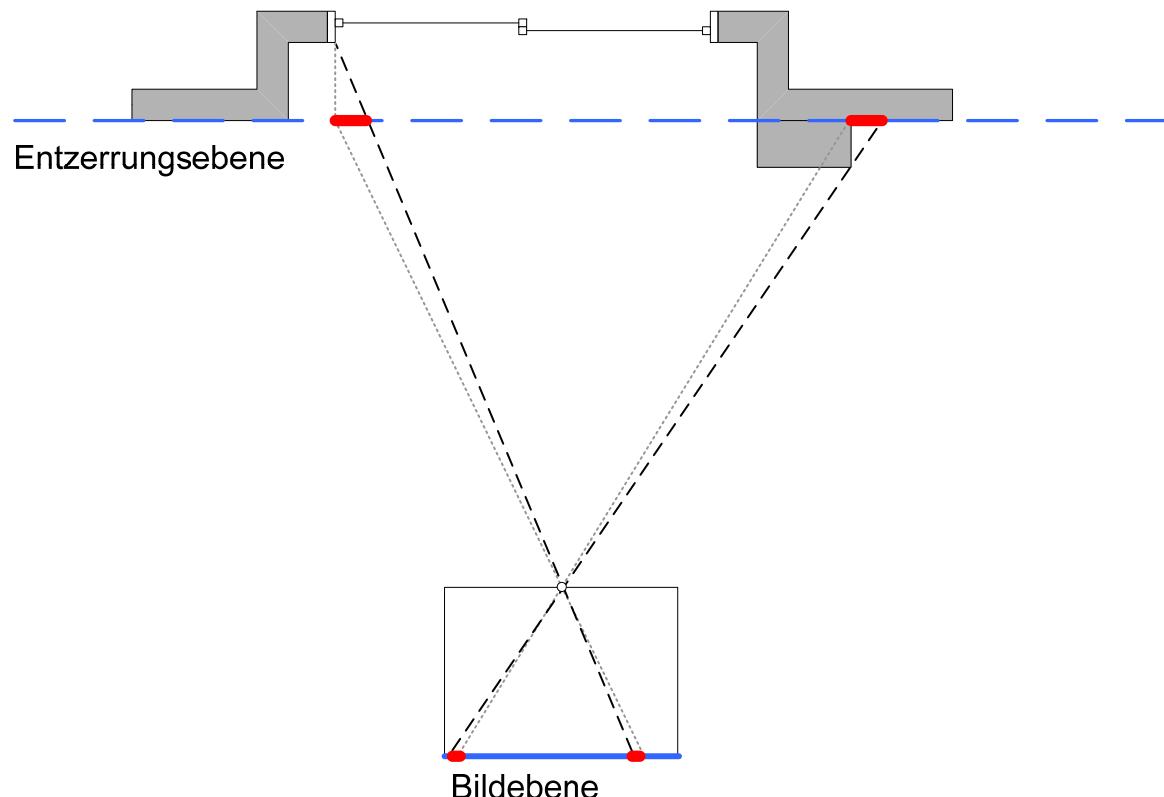
2 Strecken,  
die ein Rechteck bilden

## Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

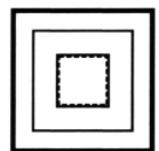
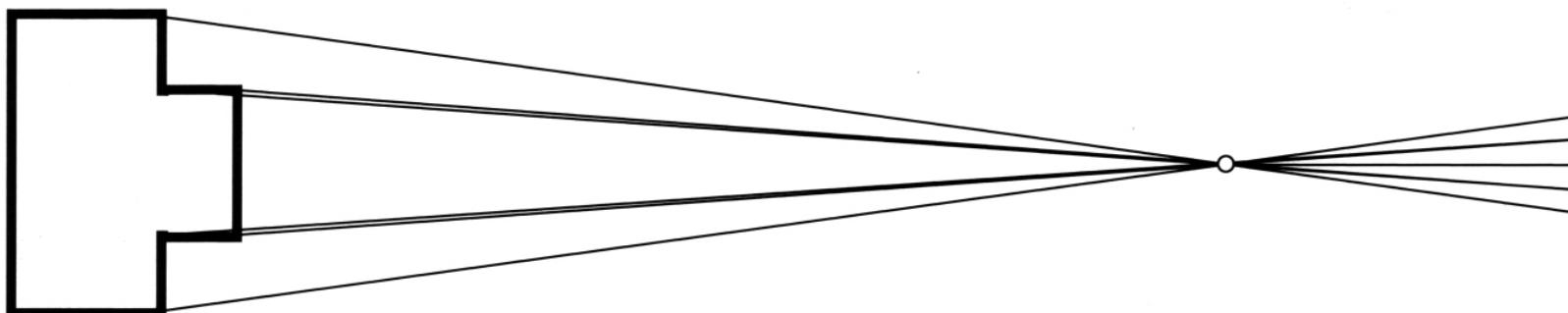
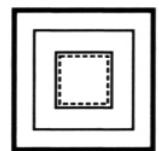
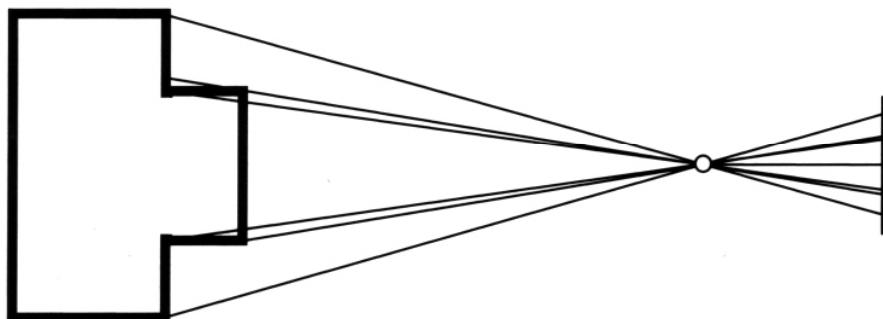
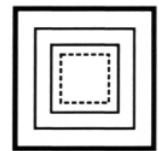
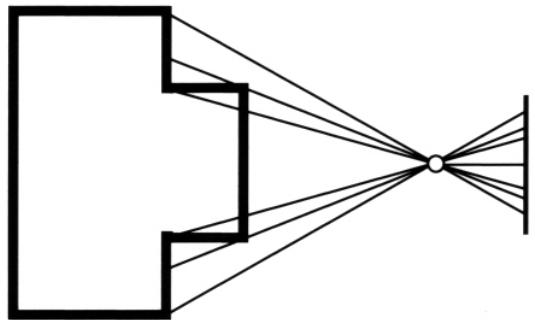
### Ebenendefinition

**Problem:** Bildbereiche die vor (oder hinter) der definierten Ebene liegen, können nicht korrekt entzerrt werden

bei unebenen Objektbereichen sind daher bevorzugt längere Brennweiten einzusetzen



## Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

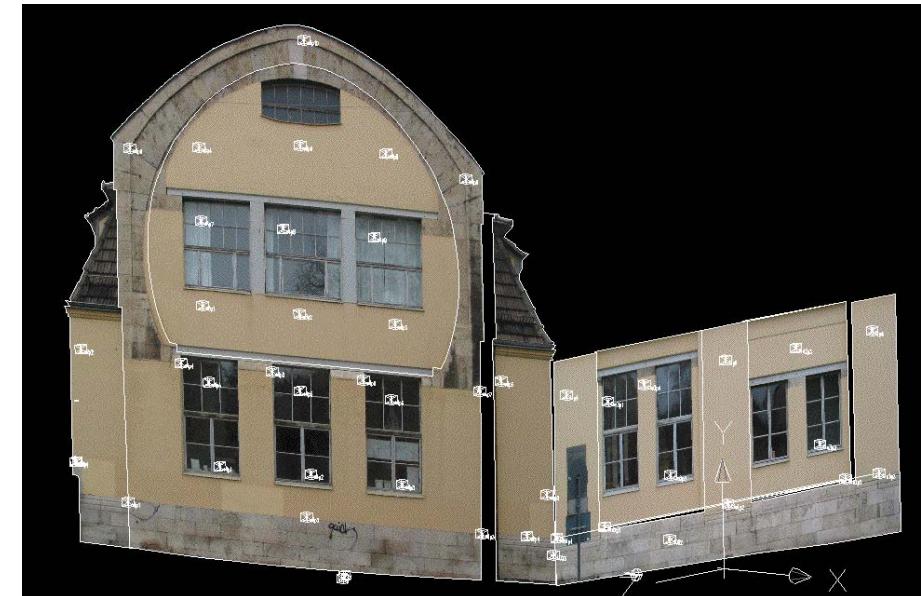
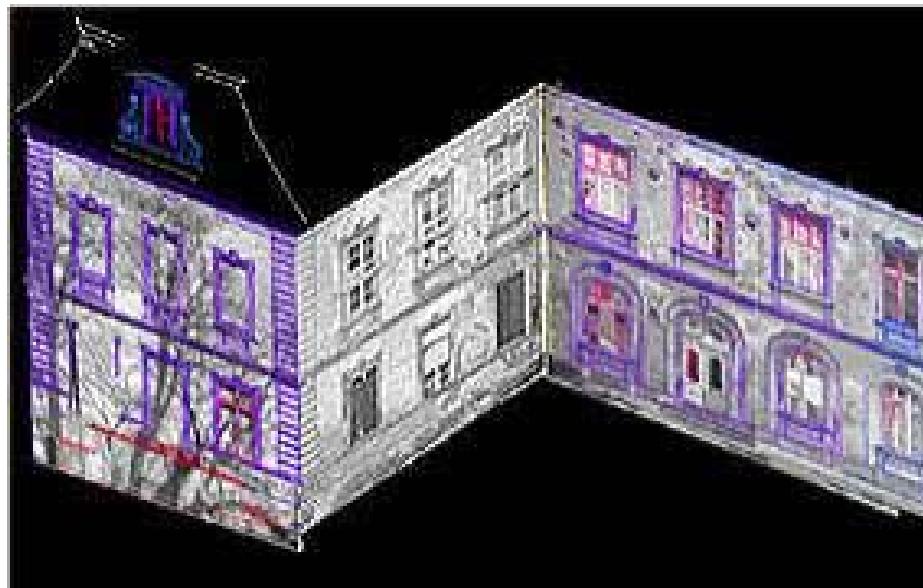


## Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

### Ebenendefinition - **Modellbildung**

In einer 3D-CA(A)D – Umgebung können verschiedene Entzerrungsebenen zueinander orientiert werden

⇒ Einordnung in den **Raumbezug**

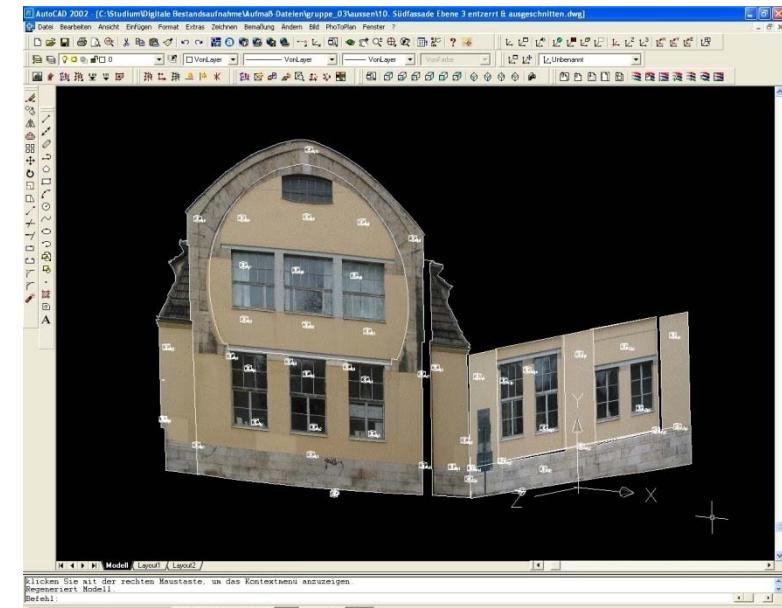


Nicht zu verwechseln mit Mehrbildphotogrammetrie!

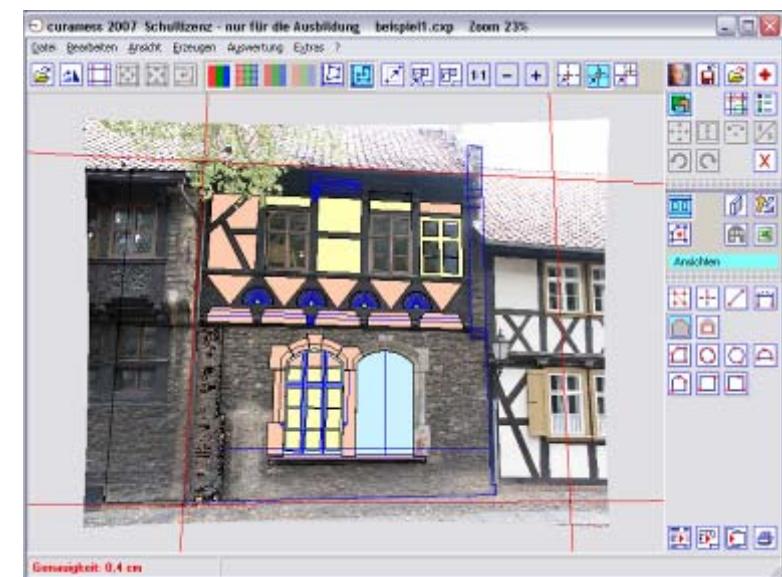
# Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

## Programmsysteme

- Metigo BASIC / 2D
- Curamess / OnSite Photo
- PhoToPlan
- RolleiMetric MSR
- Elcovision ELSP
- PHIDIAS
- Spirit archmess
- ...



PhoToPlan



Curamess / OnSite Photo

## Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

### Anwendung

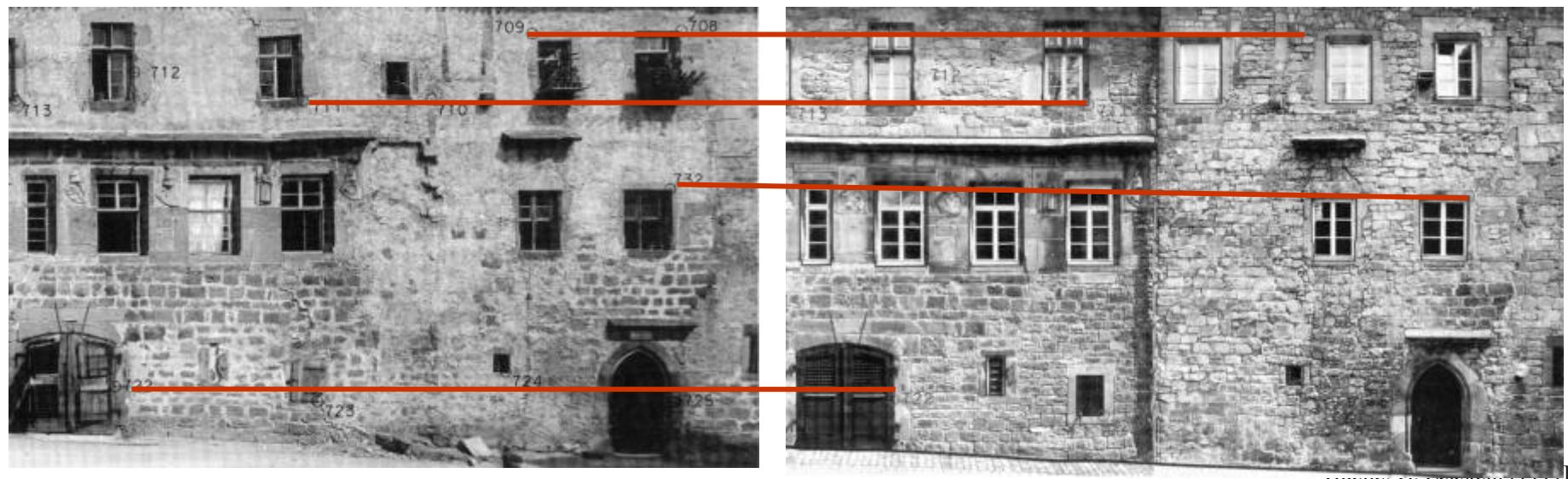
- hohe Informationsdichte, die geometrisch ausgewertet werden soll
- Klassisches Ergebnis ist ein 2D-Plan – nicht interpretiert
- oft als **Architektur-Photogrammetrie** bezeichnet



## Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

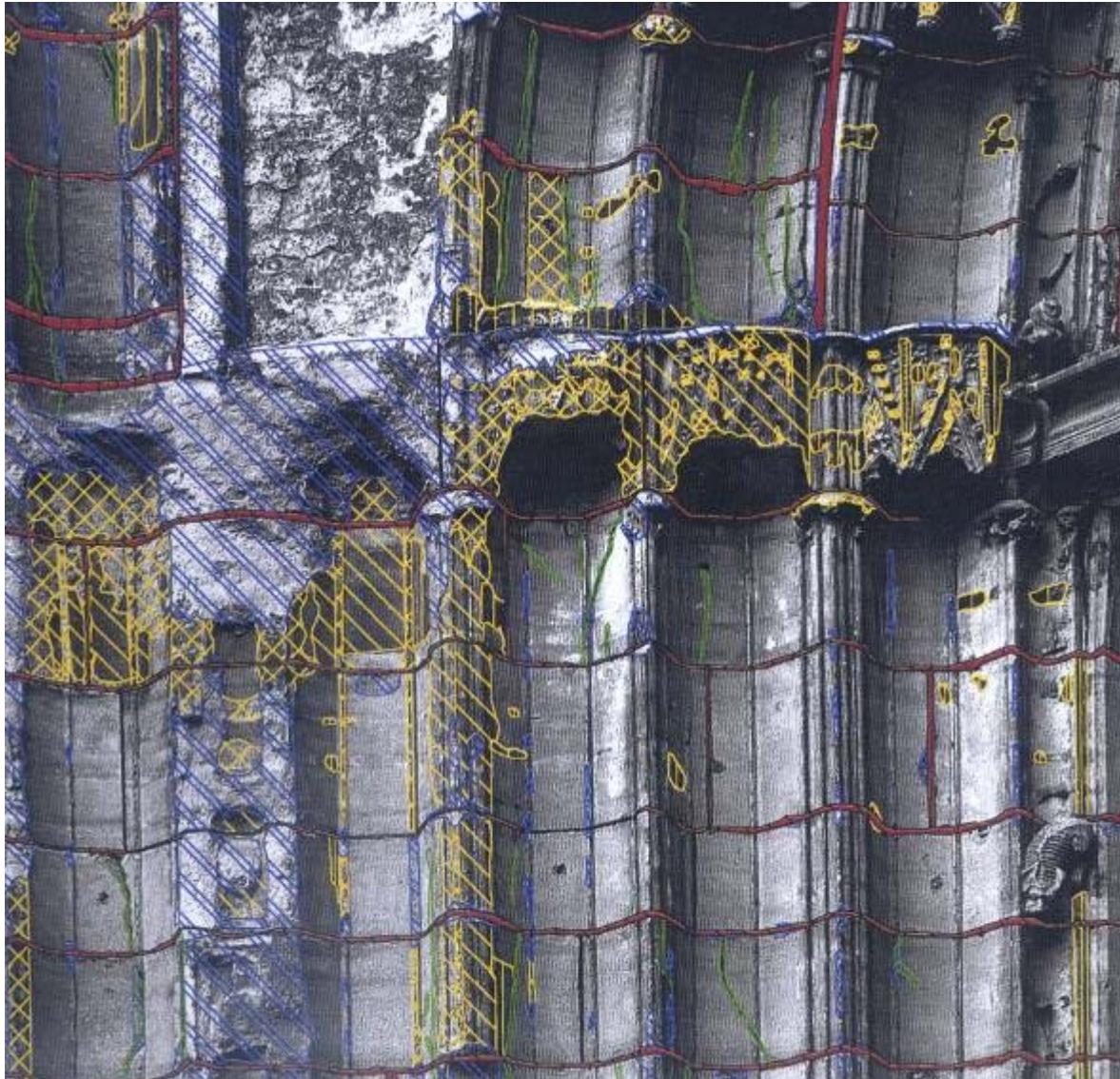
### Anwendung - **Informationsquelle**

- Informationsquelle über frühere (Bau-) Zustände
- Grundlage für Restaurierungen und Rekonstruktionen
- Notwendig: korrespondierende Punkte vom historischen zum heutigen Bauzustand und / oder alte Bauunterlagen, Katasterpläne, Maßangaben, etc.



## Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

### Anwendung - Schadenskartierung



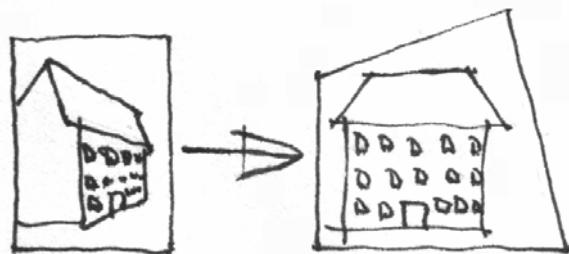
Quelle: Fokus GmbH, Leipzig

## Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

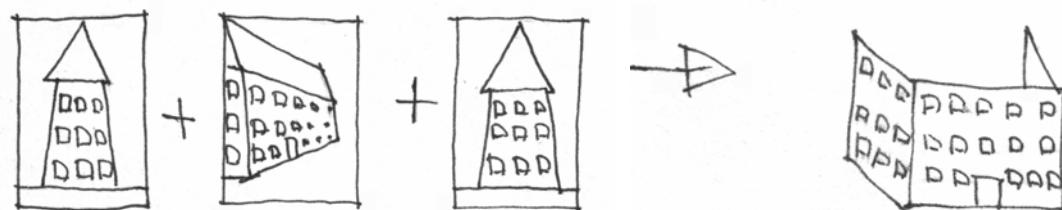
### Gesamtablauf



Fotografieren der Fassaden



Einzelbildentzerrung in einer Ebene



Bildmontage

# Einbildauswertung durch projektive Entzerrung

## Gesamtablauf

1. Aufnahme der Fotos



Ostfassade



Nordfassade



Westfassade

2. reflektorloses Einmessen der Passpunkte  
an den Fassaden mit einem Tachymeter



3. Einlesen der Bilder und  
Passpunktkoordinaten in den  
Computer

Plkt.	X	Y	Z
1801	96.854	110.887	102.346
1802	96.873	112.766	102.343
1803	96.901	114.873	102.344
:	:	:	:

## **Einbildenzerrung durch projektive Entzerrung**

### **Genereller Ablauf einer Entzerrung**

- Bilder ins System laden
- Informationen über verwendete Kamera hinzufügen
- Passinformationen eingeben
- Passinformationen den Bildern zuordnen
- Auswertebereich festlegen
- Bildmaßstab, -auflösung angeben
- Entzerrungsart wählen
- Entzerrung starten
- für andere Bilder wiederholen
- Bildmontage erstellen

**Photogrammetrie** – Einbildauswertung  
durch Abwicklung / kartographische Projektionen

# Einbildenzerrung durch Abwicklung

## Grundprinzip



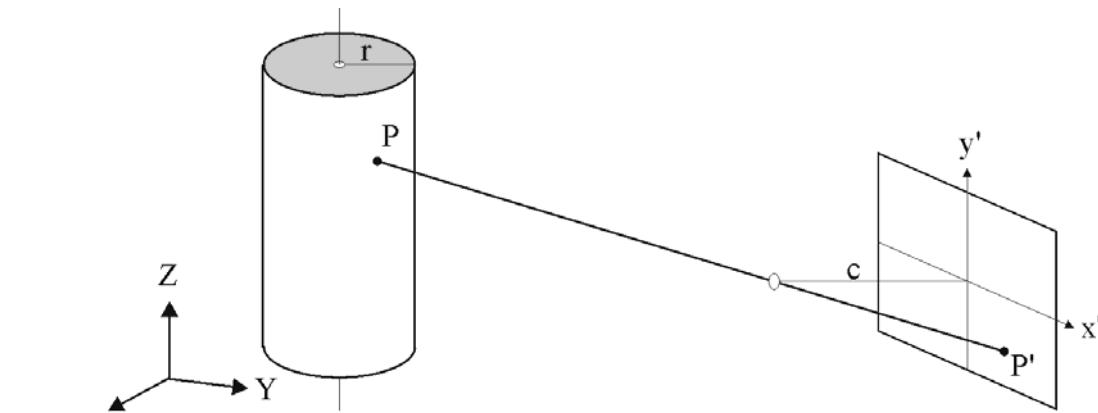
Quelle: Fokus GmbH, Leipzig

## Einbildenzenterrung durch Abwicklung

### Grundprinzip

#### Charakteristiken:

- Objekt hoher Informationsdichte, bei dem eine Geometrieauswertung möglichst einfach vorgenommen werden soll
- Objektoberfläche muss nahezu dem beschreibenden Zylinder oder Kegel entsprechen
- genaue Kenntnis über Bezugskörper sowie Kamerageometrie- und Standort notwendig
- Prozess der Entzerrung nicht interpretierend, sondern nur umbildend



⇒ komplexes Verfahren, das vom Photogrammetrieexperten ausgeführt werden sollte

# Einbildungszerrung durch Abwicklung

## Beispiele

### Gernrode, Stiftskirche



Quelle: Fokus GmbH, Leipzig, M. Hemmleb

## Einbildungszerrung durch Abwicklung

### Beispiele

#### Gernrode, Stiftskirche



Quelle: Fokus GmbH, Leipzig, M. Hemmleb

## Einbildenzerrung durch Differentielle Entzerrung

### Grundprinzip

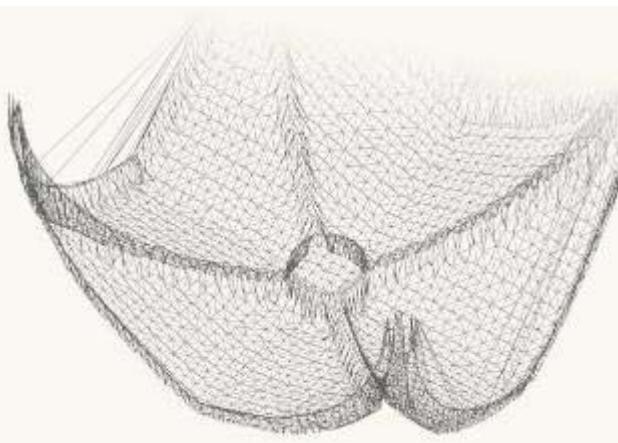
#### Charakteristiken:

- bei völlig unregelmäßig aufgebauten Oberflächen
- Ableitung eines Orthofotos aus einem digitalen Oberflächenmodell

Originalaufnahme



Oberflächenmodell



Orthofoto



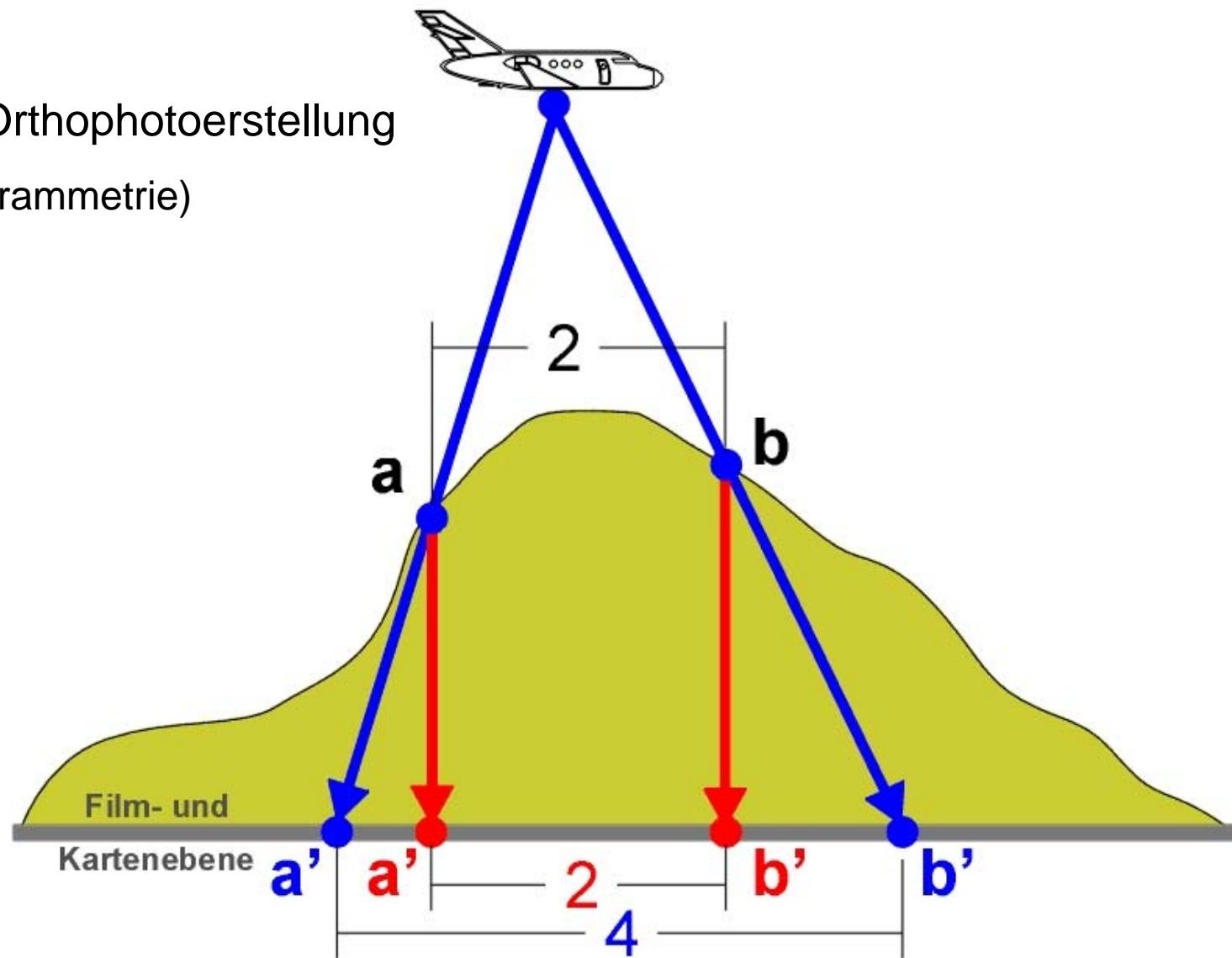
- reflektorlose Tachymetrie
- Laserscanning

Quelle: Messbildstelle GmbH, Dresden

## Einbildenzenterrung durch Differentielle Entzerrung

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/6/63/Orthofotoprojektion.jpg>

Prinzip der Orthophotoerstellung  
(Aerophotogrammetrie)

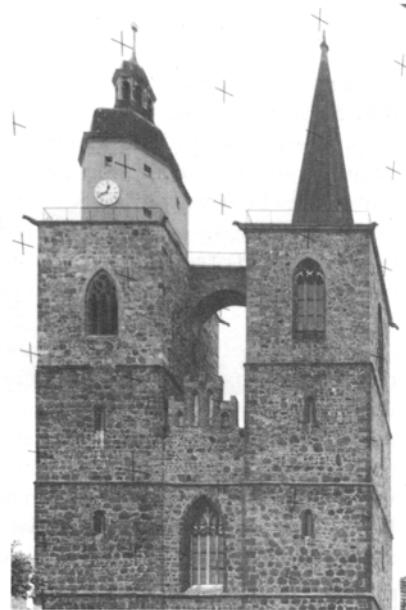


Orthophoto für Zwecke des  
archäologischen Surveys

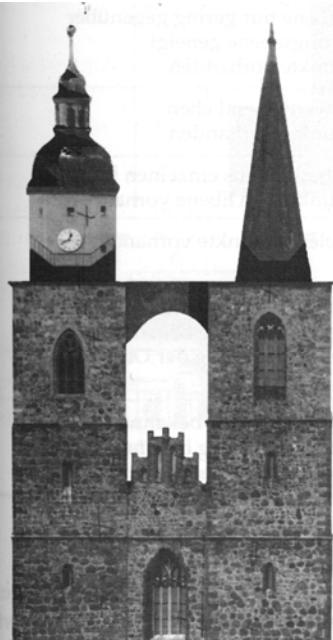




a) Originalaufnahme



b) Auf eine Ebene entzerrtes Bild



c) Orthophoto



d) Fernaufnahme

Gegenüberstellung verschiedener Objektansichten

## **Photogrammetrie – Einbildauswertung Genauigkeit**

## Photogrammetrie

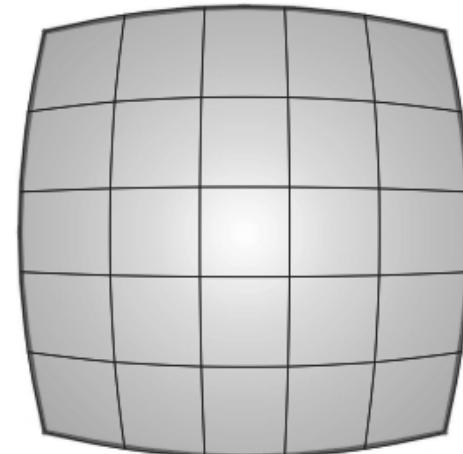
### Genauigkeit

- Aufnahmeanordnung (Standort, Lichteinfall, Brennweite)
- Auflösung (Möglichkeit kleinste Strukturen wiederzugeben)
- Speicherformat (TIFF oder RAW – verlustfreies speichern)
- Verzeichnungsfehler (Güte der Optik)

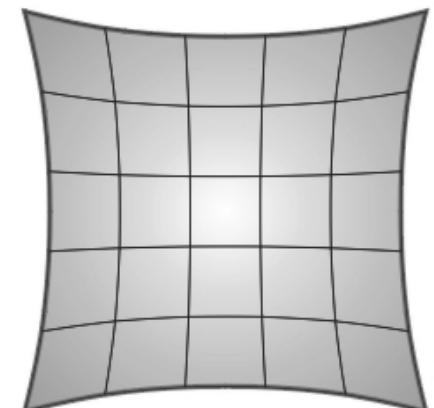
# Photogrammetrie

## Innere Orientierung - Verzeichnungsfehler

- Objektpunkte werden im Bild radial versetzt abgebildet
- der Effekt ist im wesentlichen radial-symmetrisch
- je **weitwinkliger** ein Objektiv ist,  
desto stärker treten Verzeichnungsfehler auf



tonnenförmige  
Verzeichnung



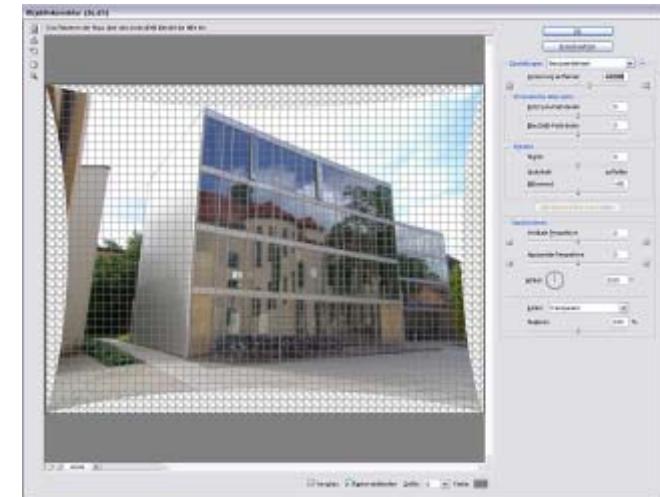
kissenförmige  
Verzeichnung

# Photogrammetrie

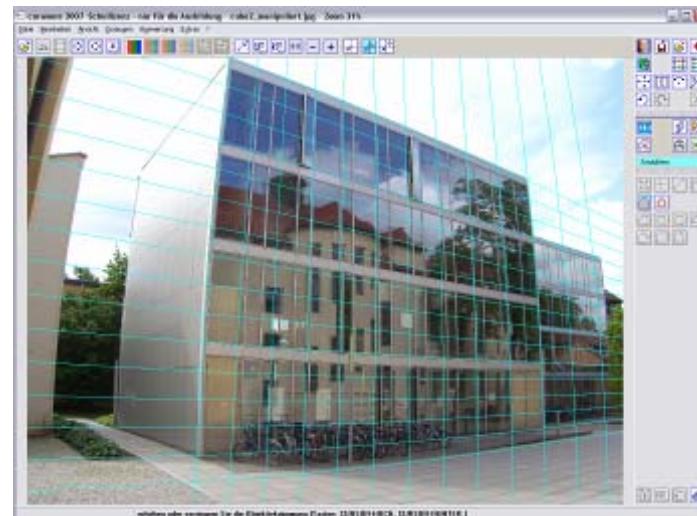
## Innere Orientierung - Verzeichnungsfehler

Objektivverzeichnungen lassen sich softwaretechnisch korrigieren:

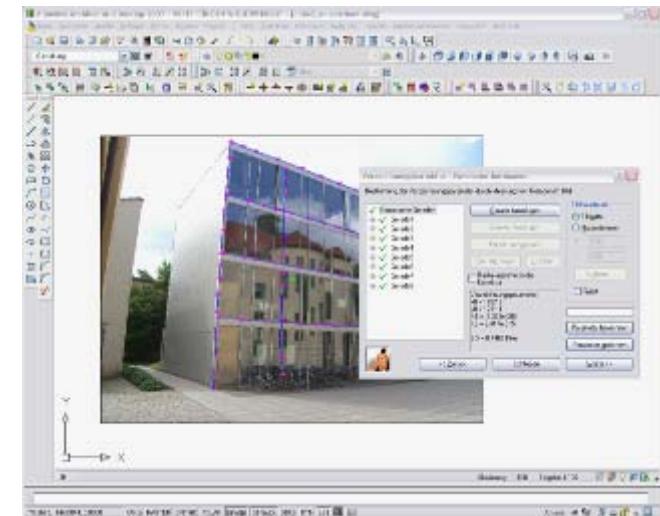
- Bildverarbeitungssoftware  
(z.B. Photoshop)
- Photogrammetriesoftware  
(z.B. Curamess, PhoToPlan)



Photoshop



Curamess



PhoToPlan

# Photogrammetrie

## Kamera – (Teil-) Mess- und Amateurkameras

### Messkameras:

speziell für photogrammetrische Zwecke entwickelt und gebaut  
präzise bestimmte und stabile innere Orientierung:

- der Film wird während der Aufnahme durch eine Ansaugvorrichtung plan gehalten
- fixe Brennweite, fest eingebautes Objektiv, fixe Fokussierung
- Objektiv mit einer sehr kleinen Verzeichnung
- die Bildebene liegt senkrecht zur optischen Achse
- großes Bildformat (Normalfall: 23 x 23 cm)
- sehr teure Systeme

**Einsatz:** kaum im Nahbereich, hauptsächlich in der Luftbildphotogrammetrie

# Photogrammetrie

## Kamera – (Teil-) Mess- und Amateurkameras

### Teilmesskameras

- professionelle Kamerä, die nicht für photogrammetrische Zwecke gebaut wurden, jedoch durch einen Umbau zu einem photogrammetrisch nutzbaren Aufnahmesystem erweitert wurden.
- innere Orientierung wird durch eine Kalibrierung bestimmt.

### Amateurkameras

- handelsüblichen Fotoapparate, die keine Vorrichtungen für die Definition der inneren Orientierung haben
- Anwendung in der Photogrammetrie dennoch möglich (z.B. Einbildauswertung), jedoch geringere Genauigkeiten
- Photogrammetriesystem-Anbieter bieten kalibrierte, handelsübliche Kamerä an
- Kalibrierung meist auf 2 Objektiveinstellungen

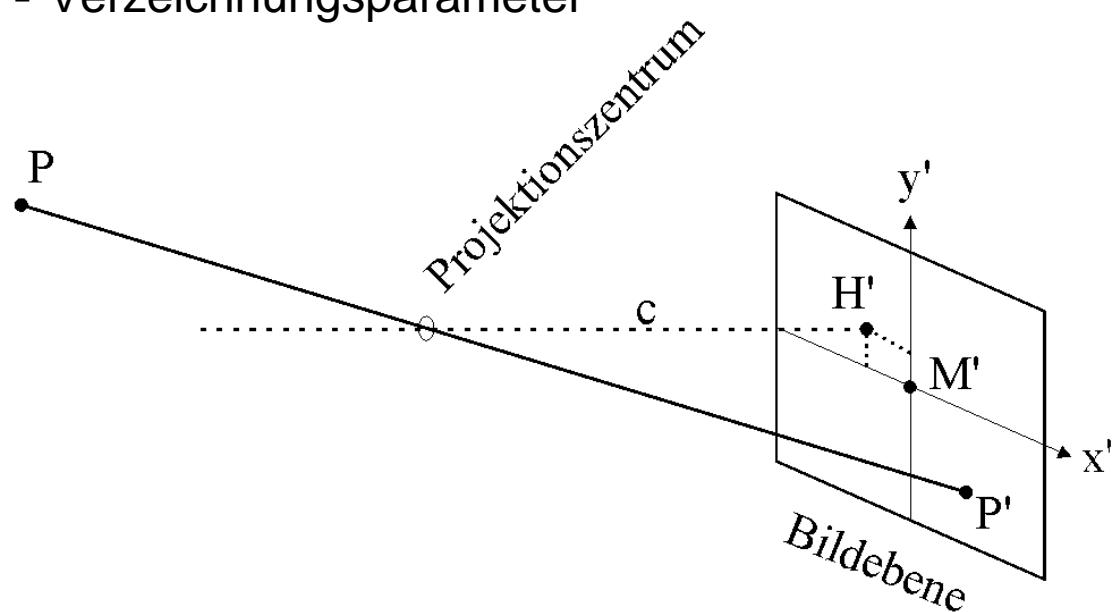
# Photogrammetrie

## Kamera und Zentralprojektion

Abhängig von Bauart der Kamera und verwendeter Optik können die mathematischen Prinzipien der Zentralprojektion nur bedingt erfüllt werden.

Abweichungen können durch die Parameter der **Inneren Orientierung** bestimmt werden:

- Bildhauptpunktslage  $H'$
- Kamerakonstante  $c$
- Verzeichnungsparameter

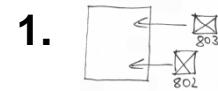


$P$	= Objektpunkt
$P'$	= Bildpunkt
$c$	= Kamerakonstante ~ Brennweite
$M'$	= Bildmittelpunkt
$H'$	= Bildhauptpunkt
$x', y'$	= Bildkoordinatenachsen

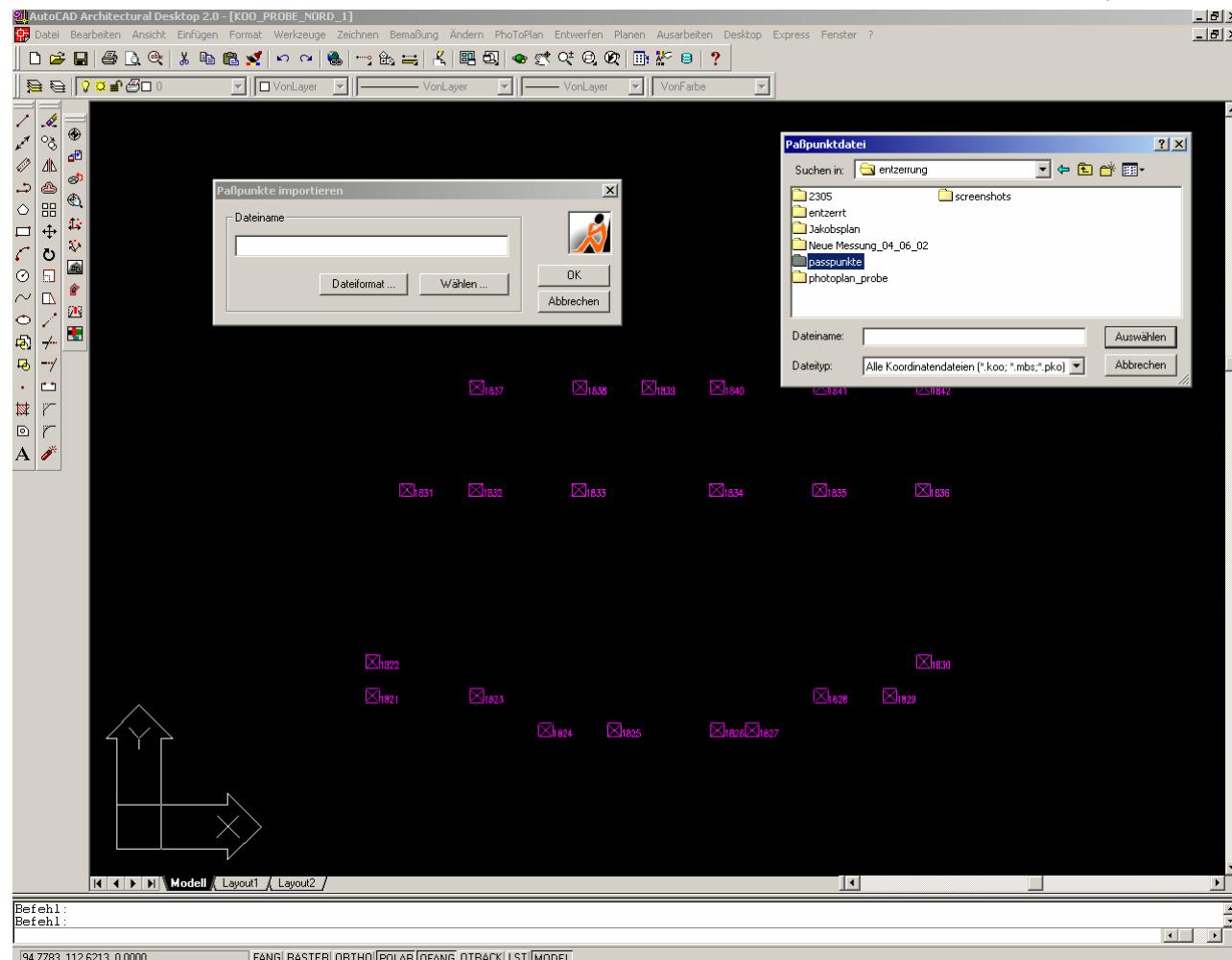
## **Photogrammetrie – Einbildauswertung Ablauf mit PhoToPlan**

# Einbildenzentierung durch projektive Entzerrung

## Vorgehensweise



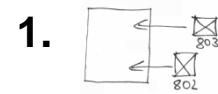
1. Einlesen aller gemessenen Passpunkte im Weltkoordinatensystem



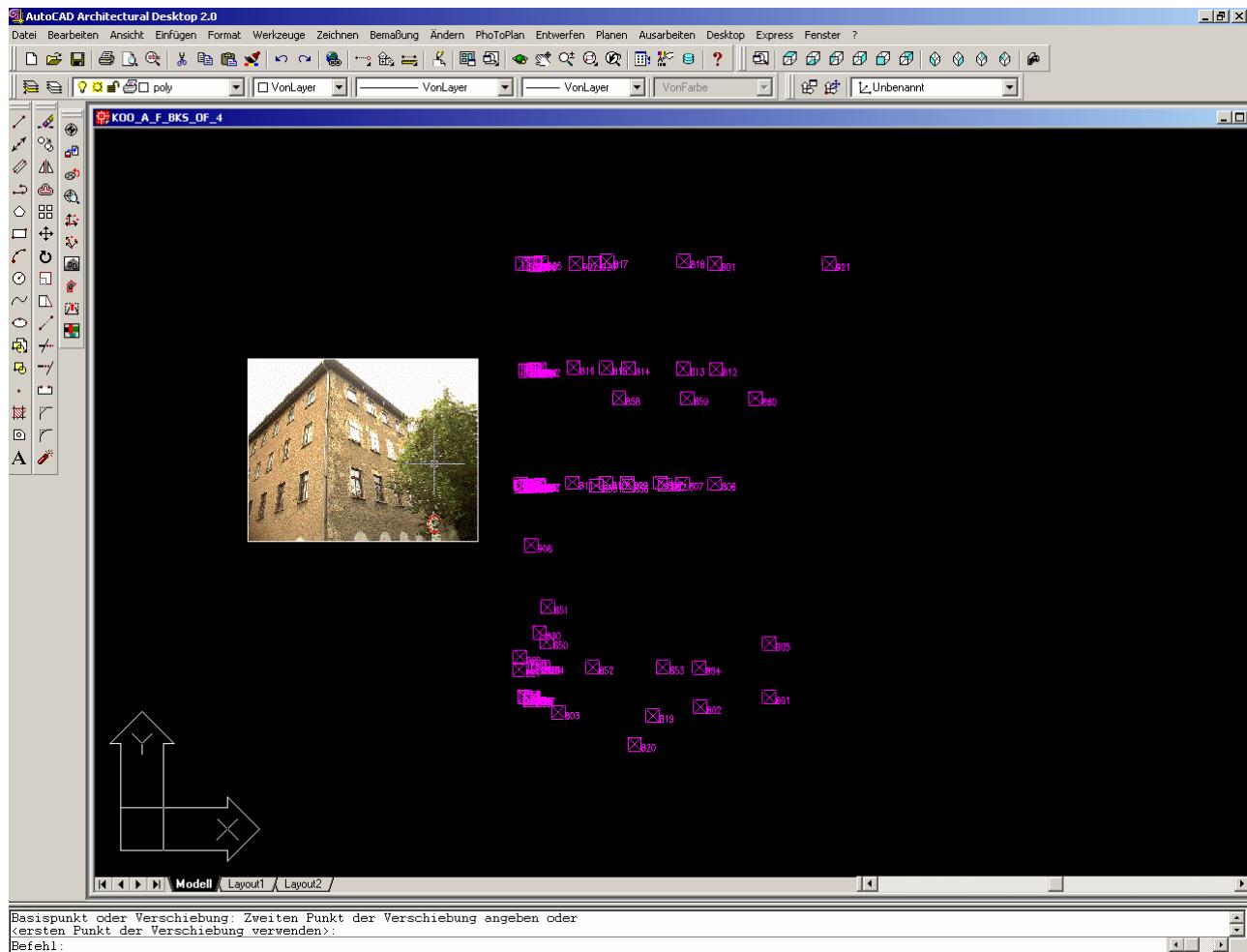
Bsp.: PhotoPlan

# Einbildenzenterrung durch projektive Entzerrung

## Vorgehensweise



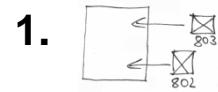
2. Koordinatensystem der zu entzerrenden Fassade festlegen  
(durch Auswahl der Passpunkte)



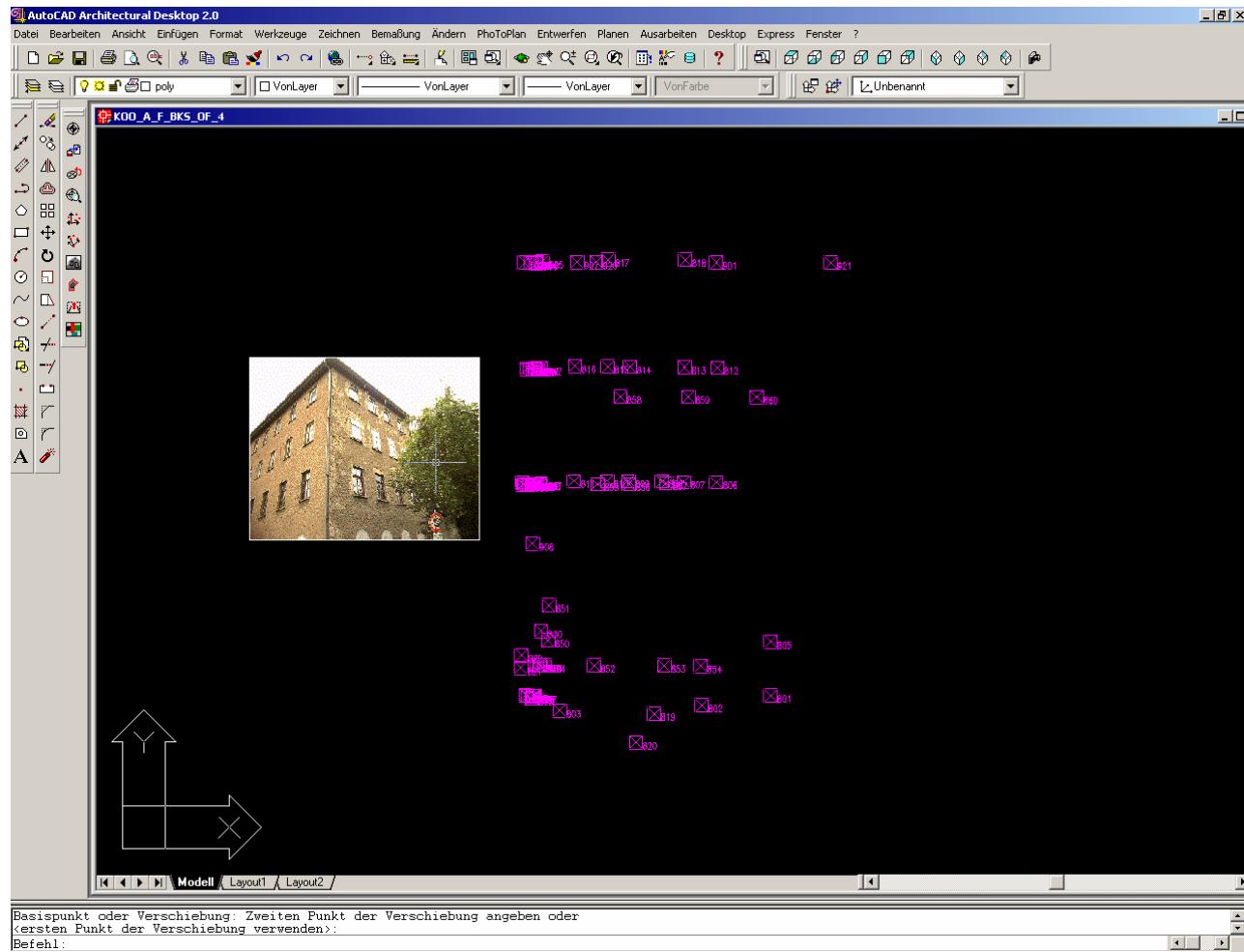
Bsp.: PhoToPlan

# Einbildenzentierung durch projektive Entzerrung

## Vorgehensweise



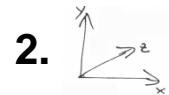
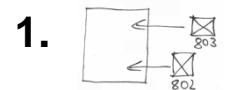
3. Bild laden



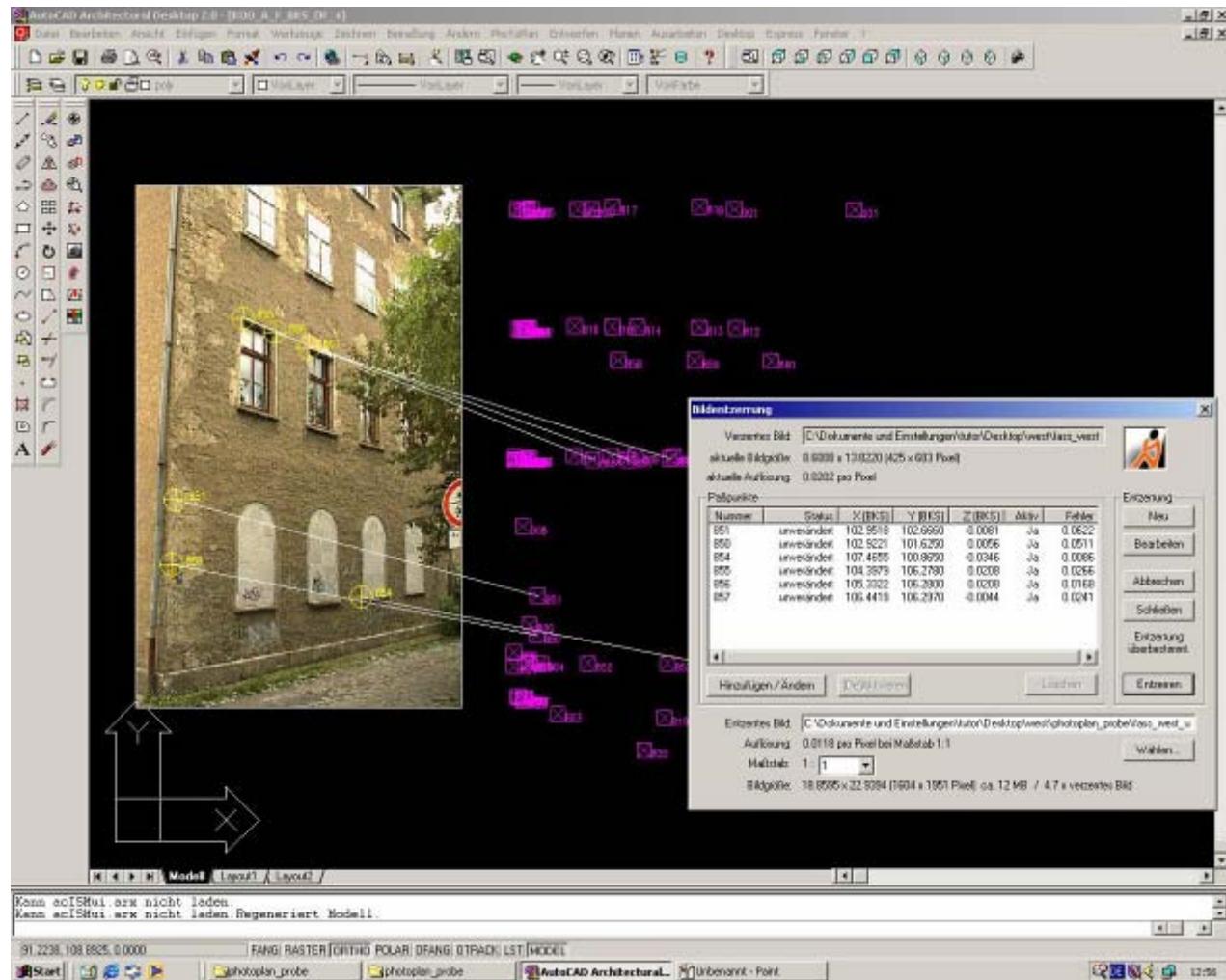
Bsp.: PhoToPlan

# Einbildenzenterrung durch projektive Entzerrung

## Vorgehensweise



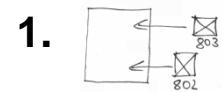
## 4. Festlegen der Punktpaare



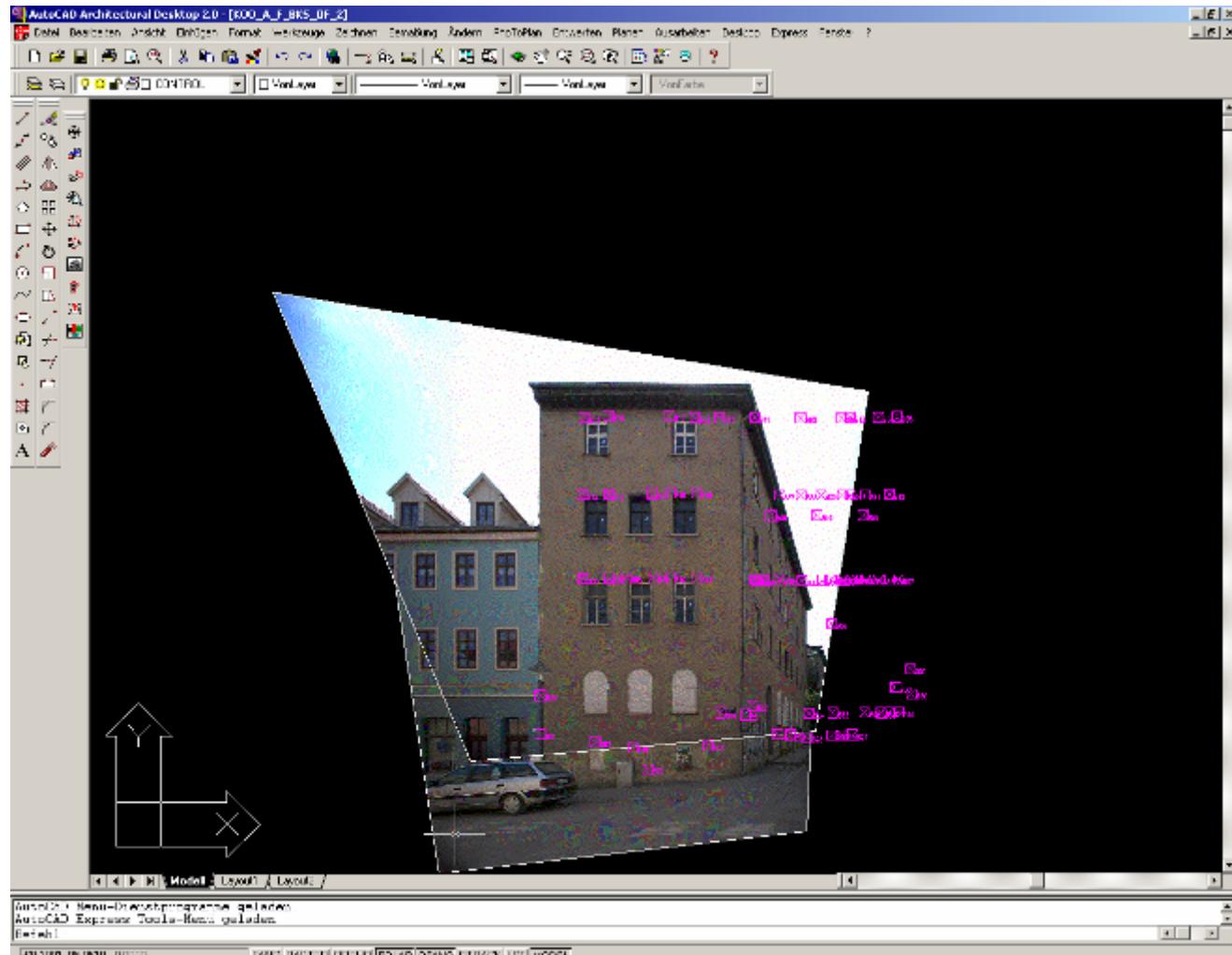
Bsp.: PhotoPlan

# Einbildenzenterrung durch projektive Entzerrung

## Vorgehensweise



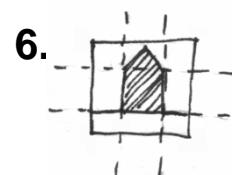
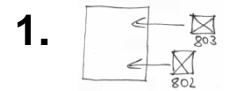
5. Bild wird auf die Koordinaten entzerrt



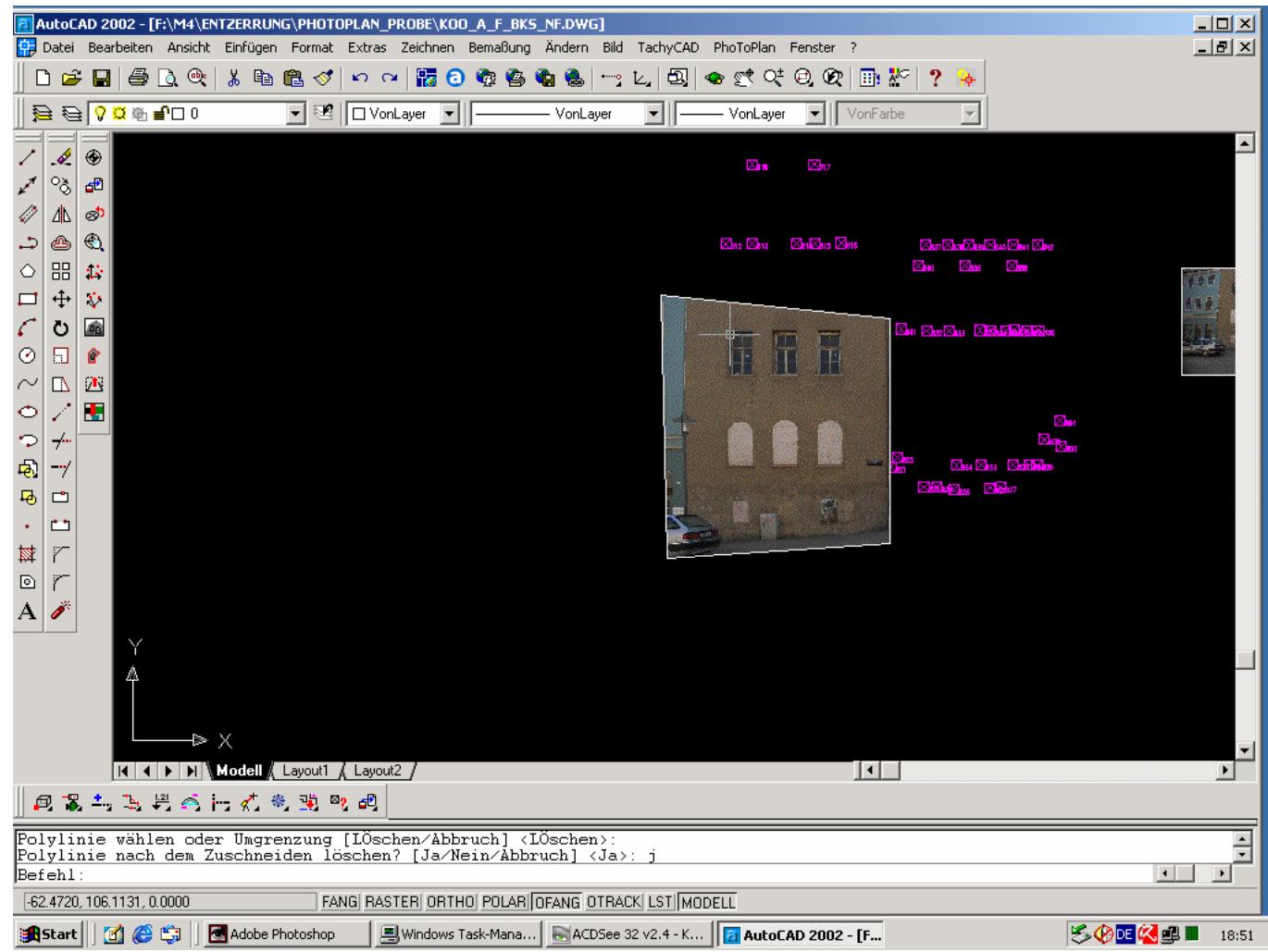
Bsp.: PhotoPlan

# Einbilden/Entzerrung durch projektive Entzerrung

## Vorgehensweise



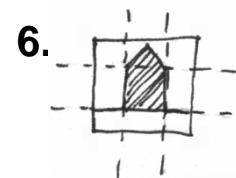
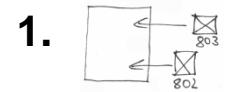
## 6. Zuschneiden der Einzelbilder



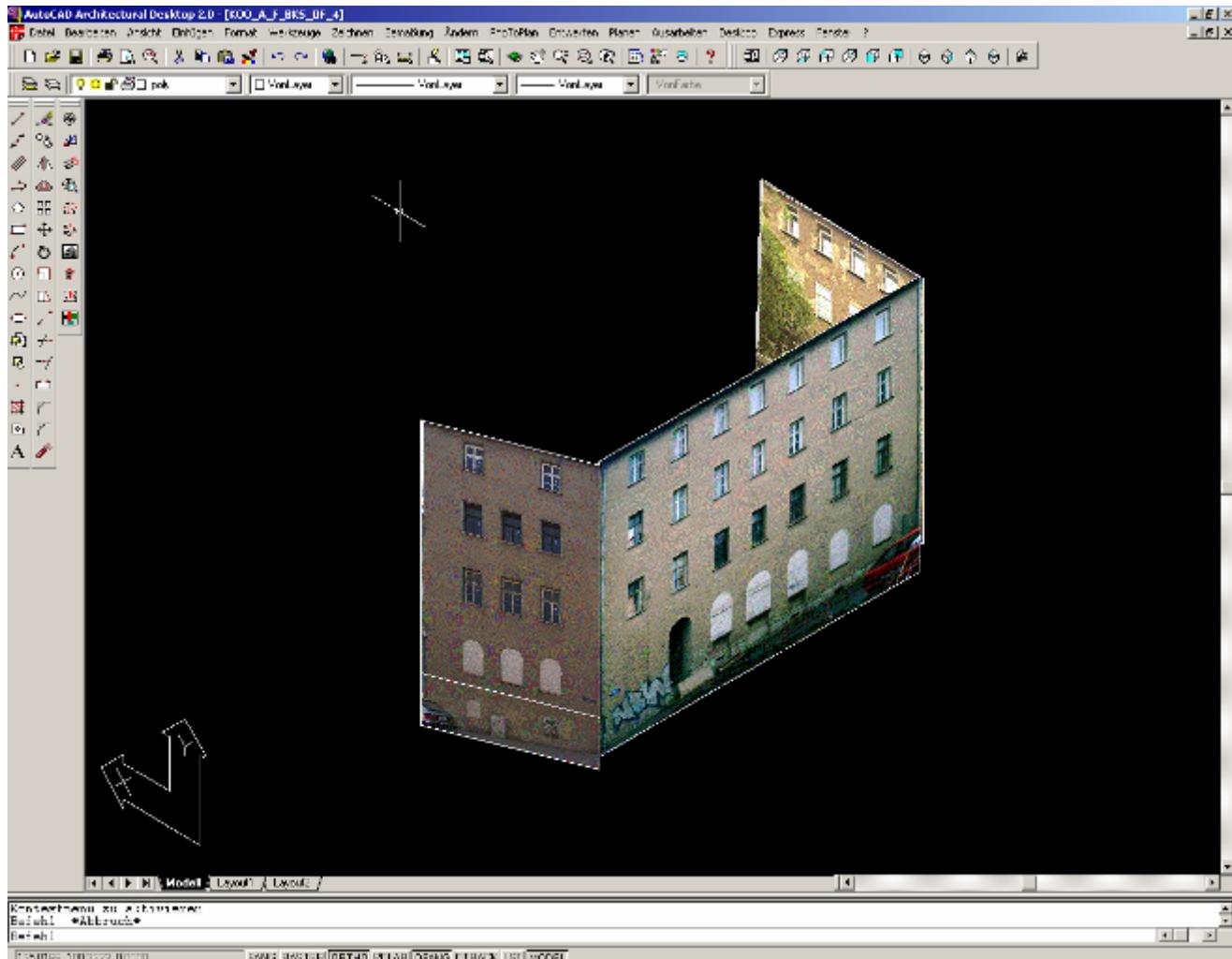
Bsp.: PhotoPlan

# Einbildenzenterrung durch projektive Entzerrung

## Vorgehensweise



## 7. Ergebnis



Bsp.: PhotoPlan