

Sichtsysteme

Stereovision
Omnivision
Kantendetektion

Andi Drebes

03.07.2006

1. Motivation

- Warum Sichtsysteme?

2. Stereovision

- Wortherkunft / Bedeutung
- Klassifizierung
- Zweikamera-Stereovision
 - Parallele Kameras
 - Schematischer Ablauf einer Positionsberechnung
 - Nichtparallele Kameras
 - Erweiterung der Erkenntnisse auf nichtparallele Systeme

3. Omnivision

- Wortherkunft
- Verschiedene Ansätze
- Verbesserung der Navigation

4. Kantendetektion

- Kantenoperatoren
- Gradienten
- Schlussfolgerungen

Warum Sichtsysteme?

- Sichtsysteme sind erfolgreich in der Natur
 - Erkenntnisse der Biologie können übertragen werden
 - Intuitiv, da Menschen selbst sehen können
- Aufgaben aus viele Anwendungsbereiche erfordern bildverarbeitende Maßnahmen
- Sichtsysteme sind gut erweiterbar
- Mit Hilfe von Sichtsystemen kann die Navigation von Robotern verbessert und biologischen Konzepten angepasst werden
- Sichtsysteme sind eine Möglichkeit für Objekterkennung

Stereovision

Wortherkunft:

Stereo: (Wikipedia.de)

griechisch für „räumlich“

Trugschluss: Stereo meint bei technischen Audiosystemen „zwei“.

Vision: (Wiktionary.org)

„The sense or ability of sight.“

(Der Sehsinn oder die Fähigkeit zu sehen)

Definition Stereovision:

„Stereovision ist die Fähigkeit, den dreidimensionalen Raum durch die Verschmelzung von mehreren zweidimensionalen Bildern zu rekonstruieren.“

(Aus: Thomas Schabl, Geometrie der Zeikamera- und Mehrkamera-Stereovision)

Klassen innerhalb der Stereovision:

- Zwei Kameras
 - parallele Kameras
 - nicht-parallele Kameras
- Mehr als zwei Kameras

Gemeinsames Ziel:

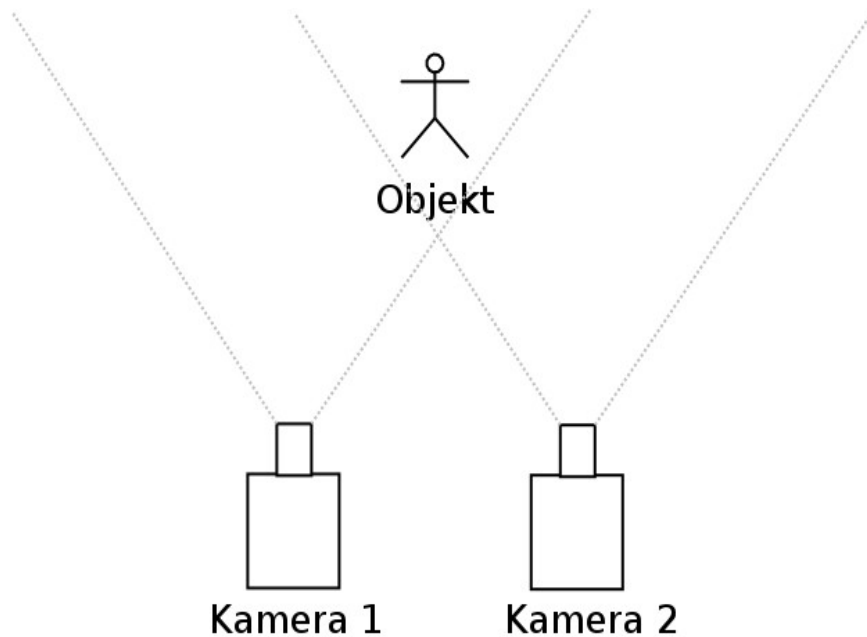
Teilweise oder vollständige Rekonstruktion des dreidimensionalen Raums

Methoden:

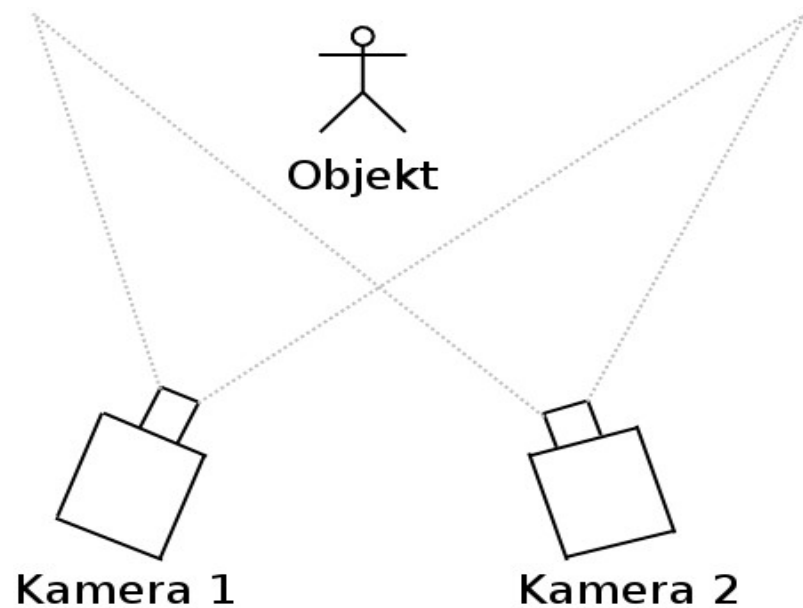
Errechnung von Positionen im Raum unter Verwendung der Geometrie
(Vektorgeometrie, Epipolargeometrie)

Zweikamera-Stereovision:

- Verwendung von genau zwei Kameras

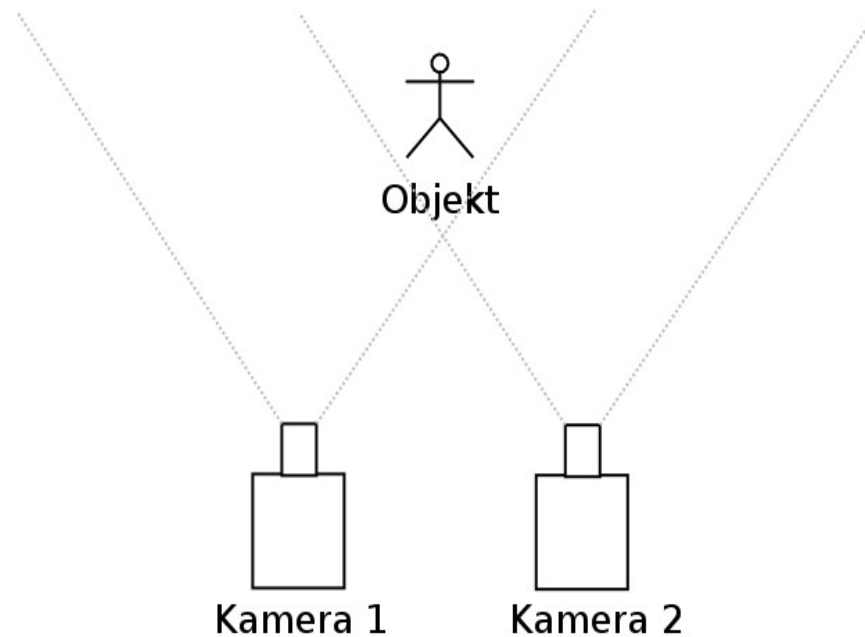


Parallele Zweikamera-Stereovision



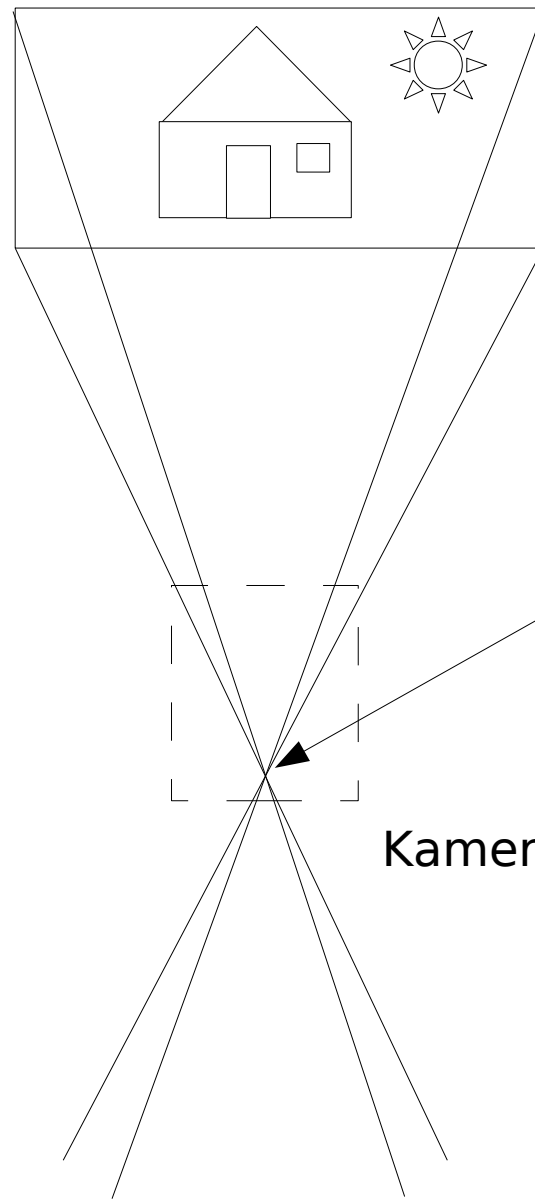
Nichtparallele Variante

Parallele Zweikamera-Stereovision



Frage: Wie berechne ich die Position des Objekts im Raum?

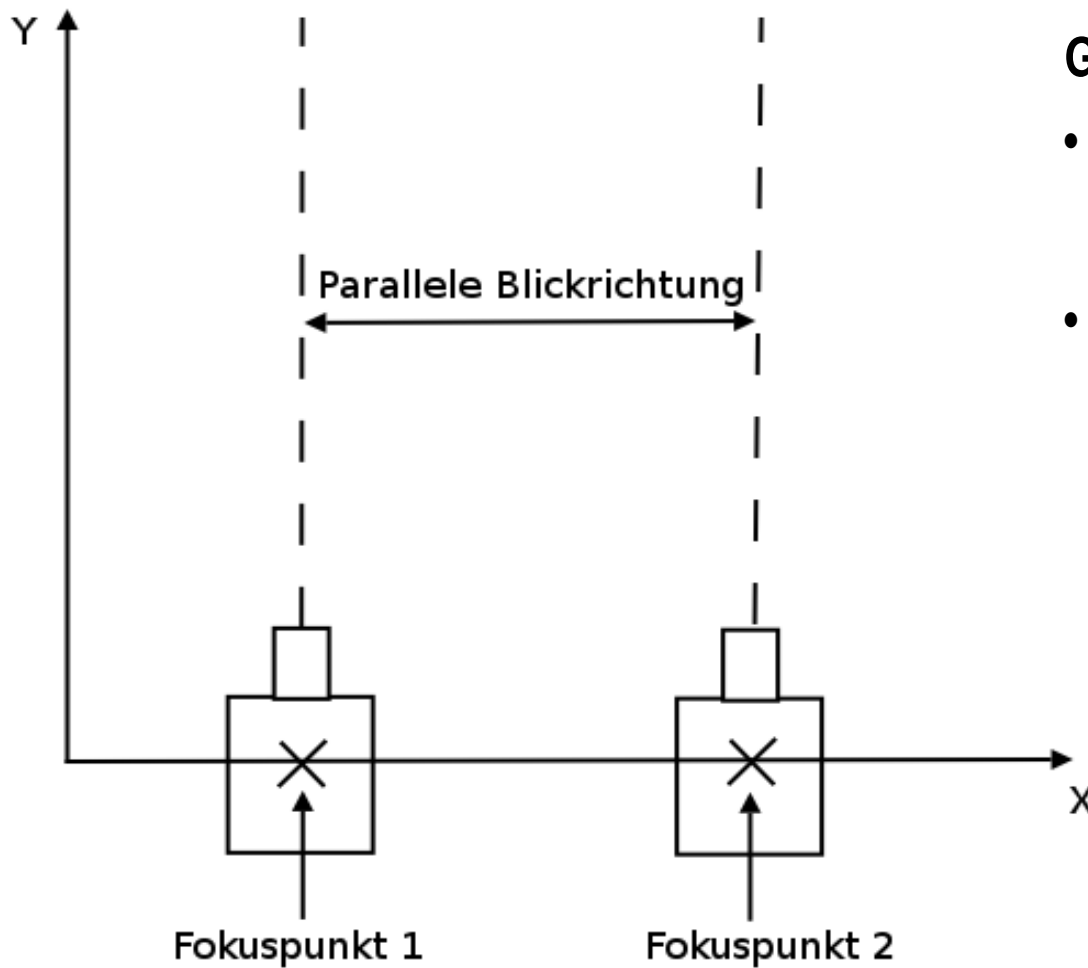
Stereovision: Parallele Zweikamera-Stereovision: Fokuspunkt



Fokuspunkt

Der **Fokuspunkt** ist für die
Berechnung der Objektpositionen
besonders wichtig

Stereovision: Parallele Zweikamera-Stereovision: Anordnung der Kameras

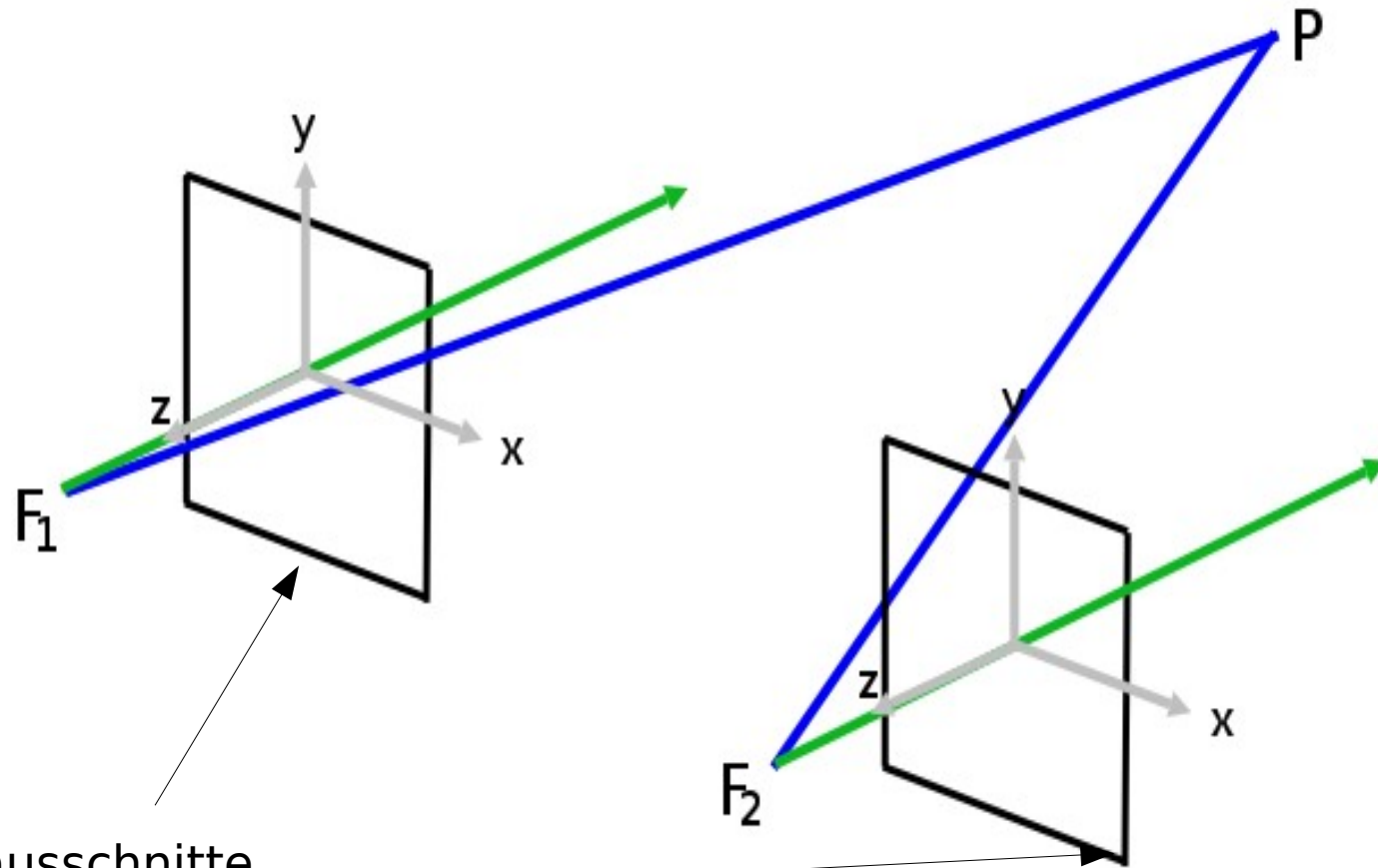


Genauere Anordnung der Kameras

- Fokuspunkte unterscheiden sich nur in der X-Koordinate
- Blickrichtung ist parallel

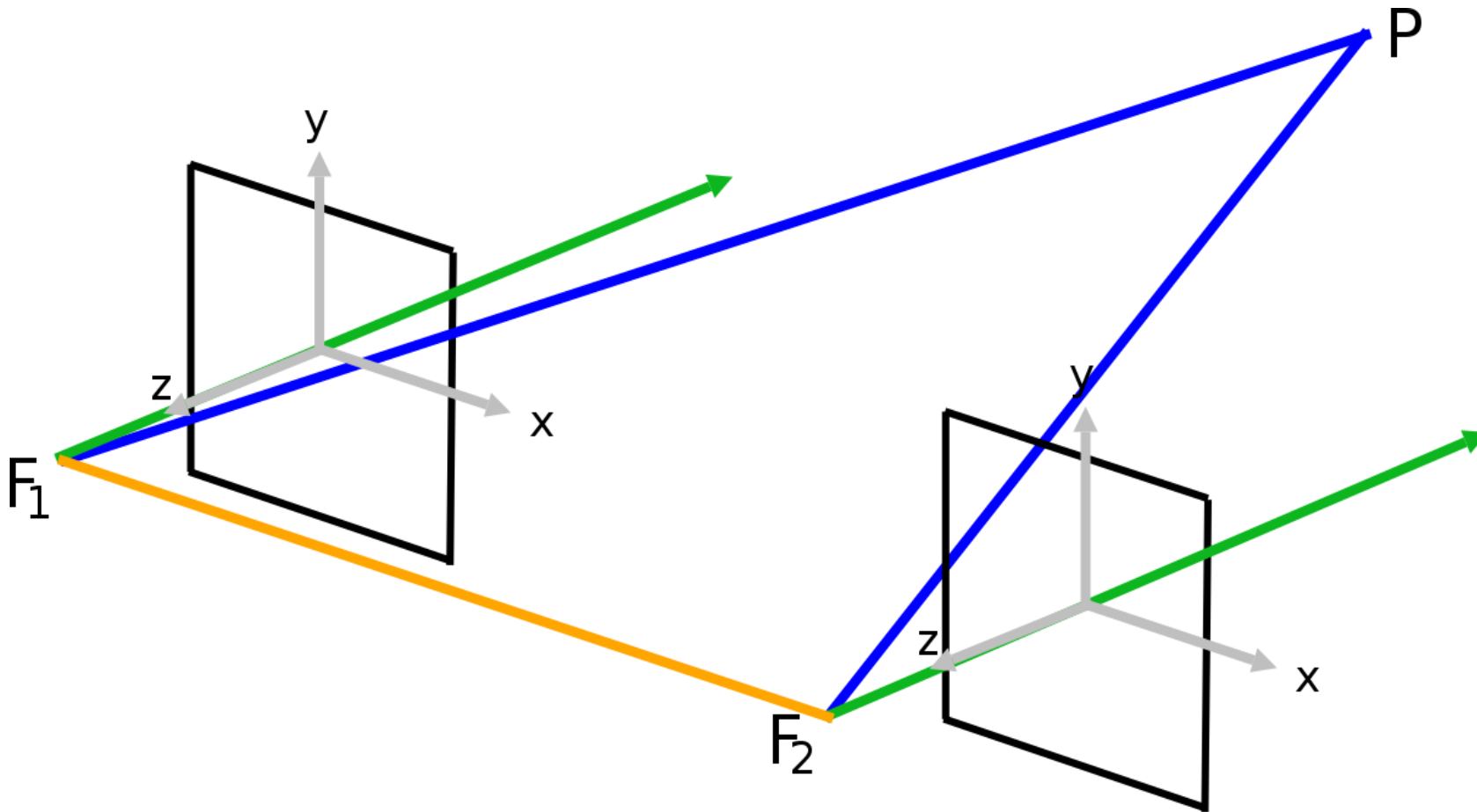
Anordnung im dreidimensionalen Raum

- F_1 und F_2 : Fokuspunkte der Kameras
- P : **Irgendein Punkt** des betrachteten Objekts



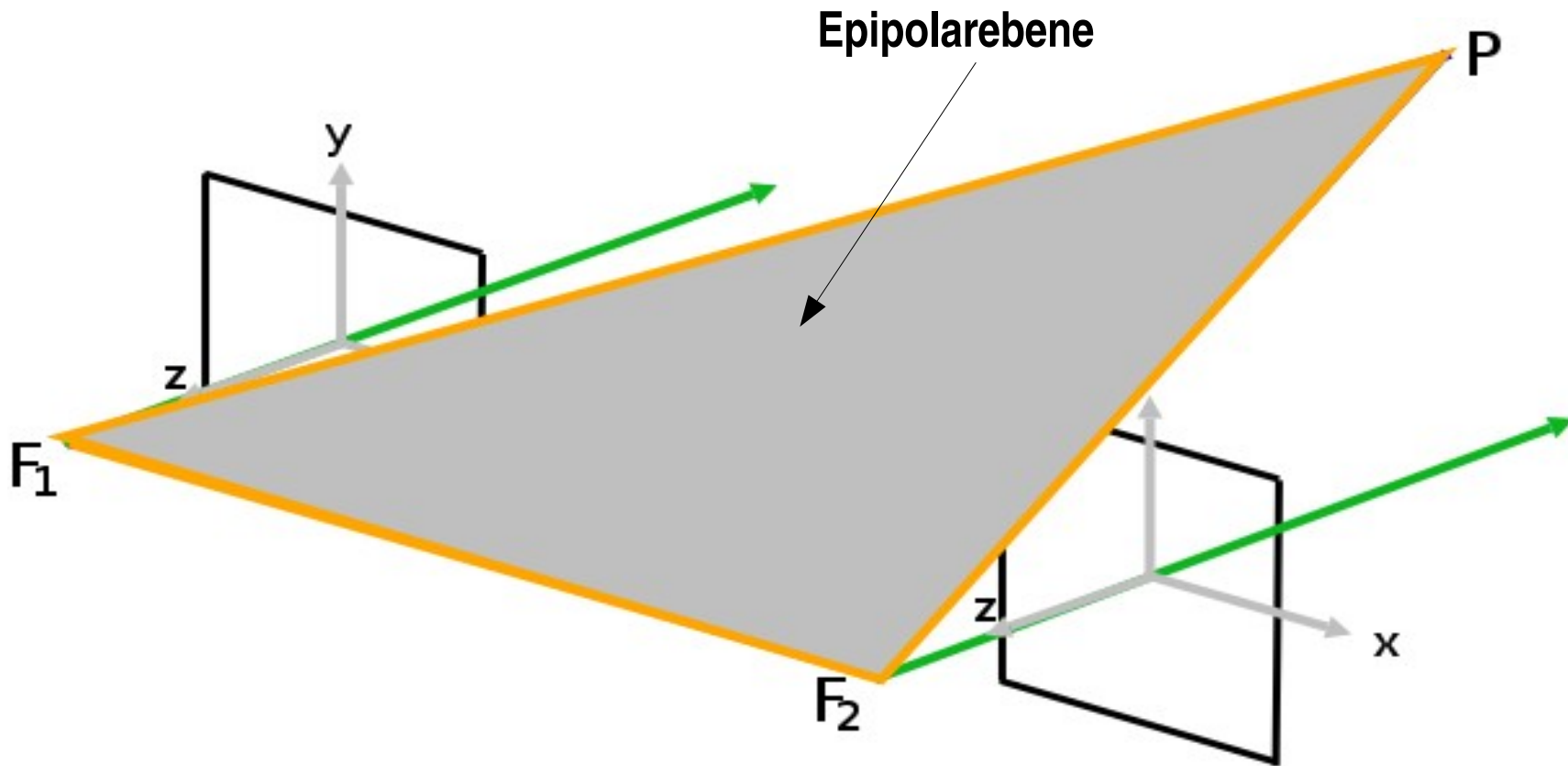
Stereo-Baseline

- Durch Verbinden der Fokuspunkte F_1 und F_2 entsteht die sog. „**Stereo-Baseline**“



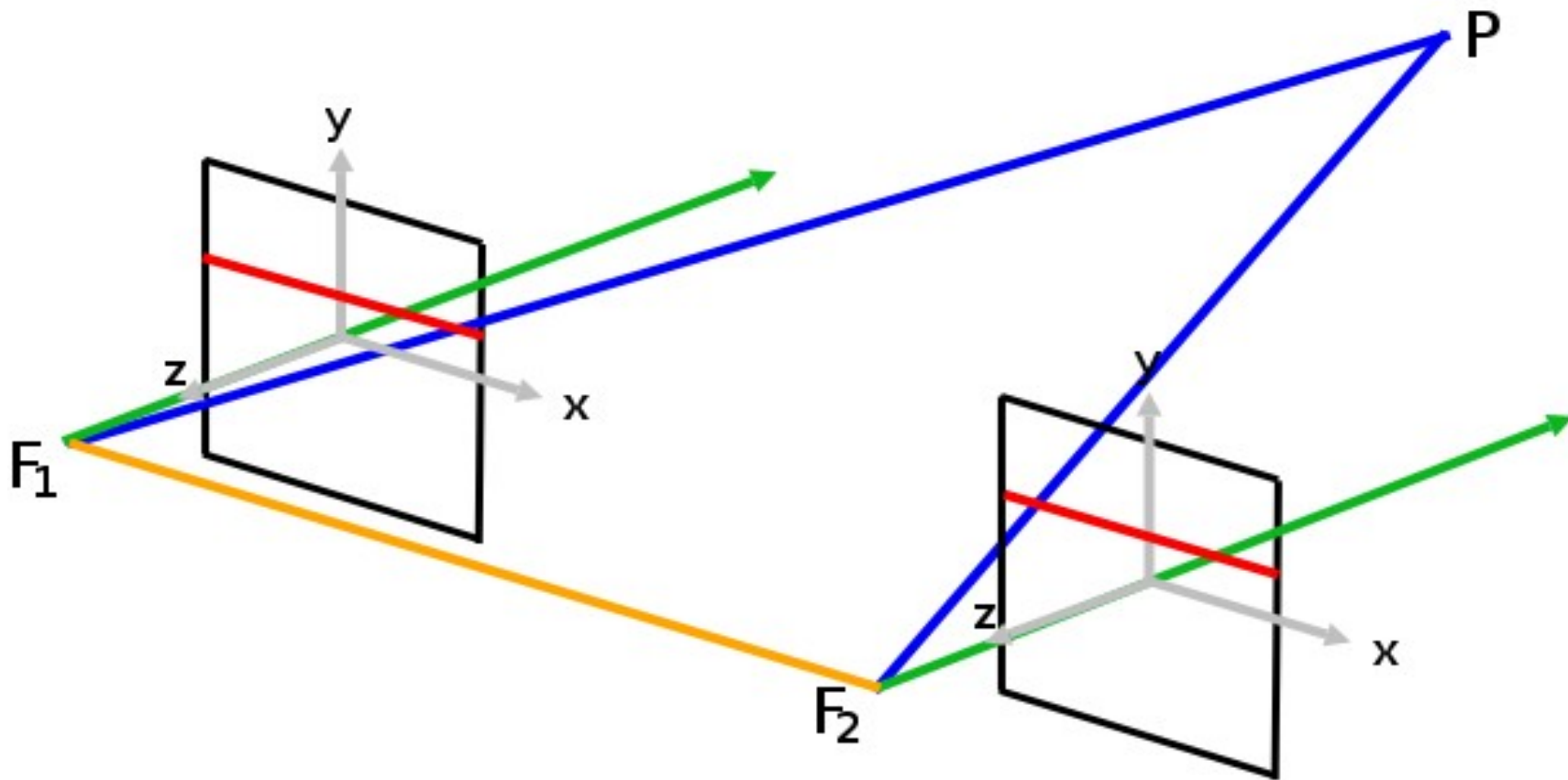
Epipolarebene

- Die Epipolarebene (*engl. epipolar plane*) entsteht durch Verbinden der Stereo-Baseline mit **irgendeinem** Punkt des beobachteten Objekts



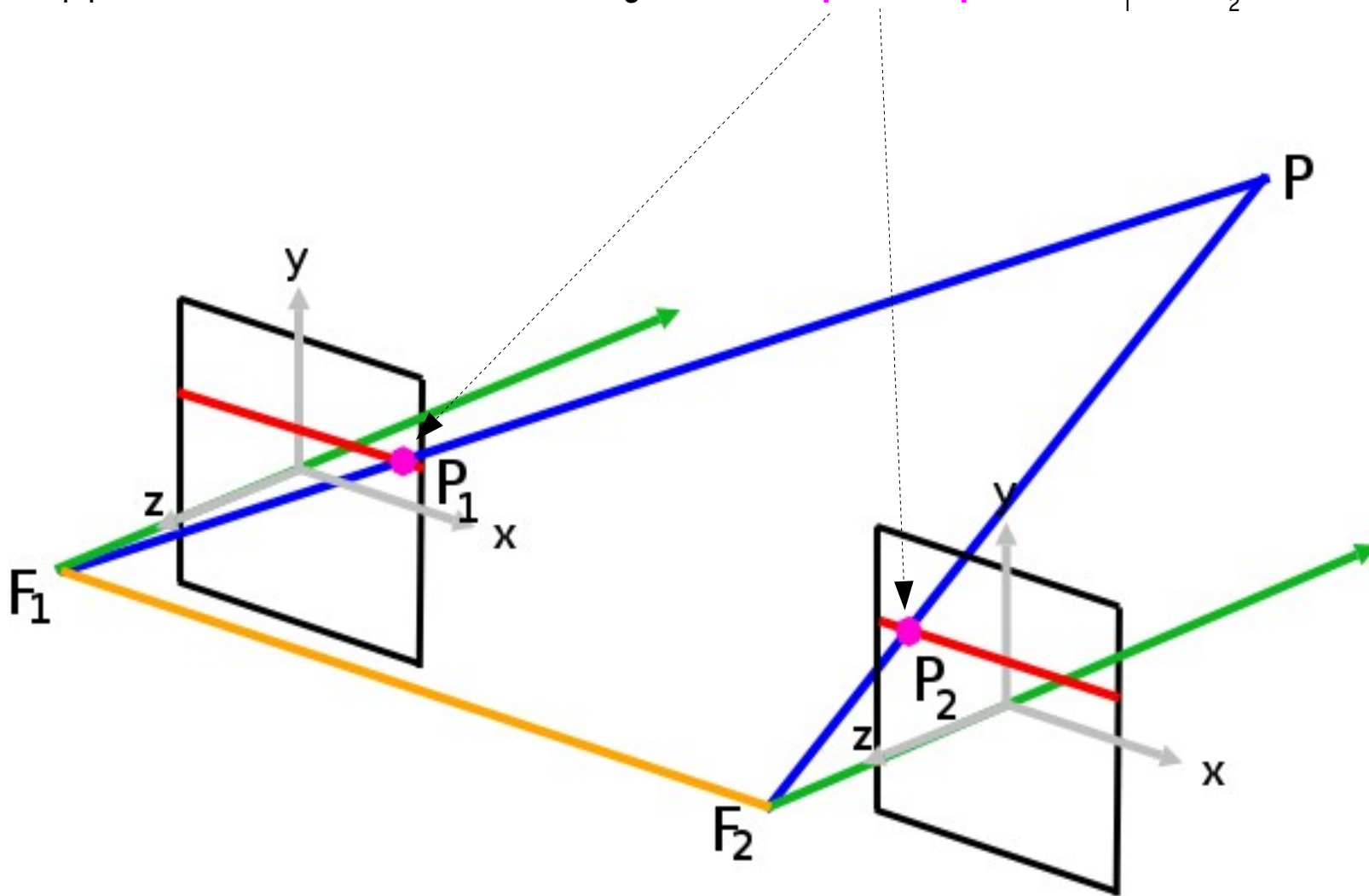
Epipolarlinien

- Schneidet man die Epipolarebene mit den Bildebenen, so ergeben sich die **Epipolarlinien**



Korrespondenzpunkte

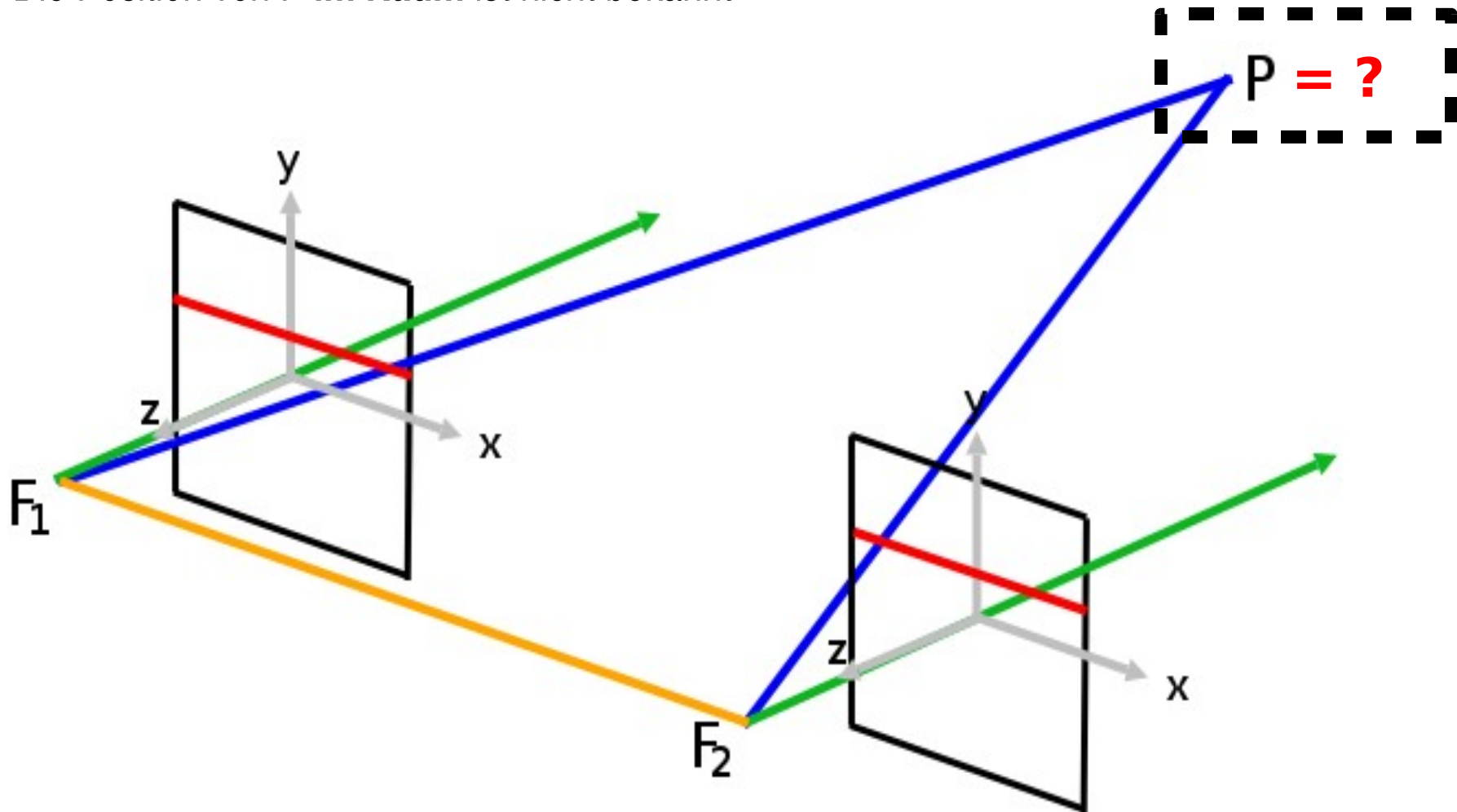
- Die Epipolarlinien helfen bei der Berechnung von **Korrespondenzpunkten** P_1 und P_2 auf beiden Bildern



Rekonstruktion des dreidimensionalen Raums (I)

Problem:

Die Position von P **im Raum** ist nicht bekannt

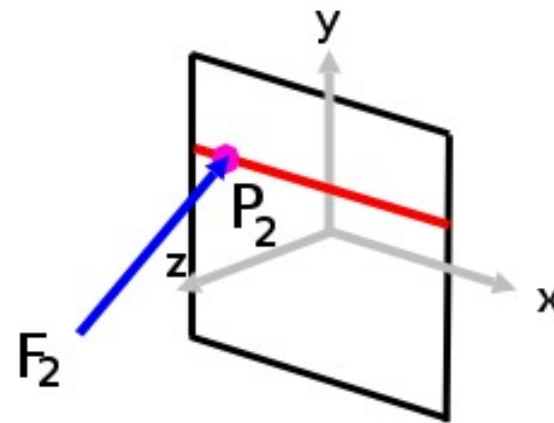
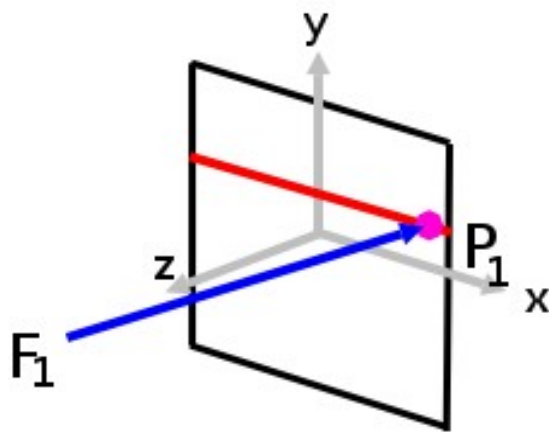


Rekonstruktion des dreidimensionalen Raums (II)

Bekannt sind aber:

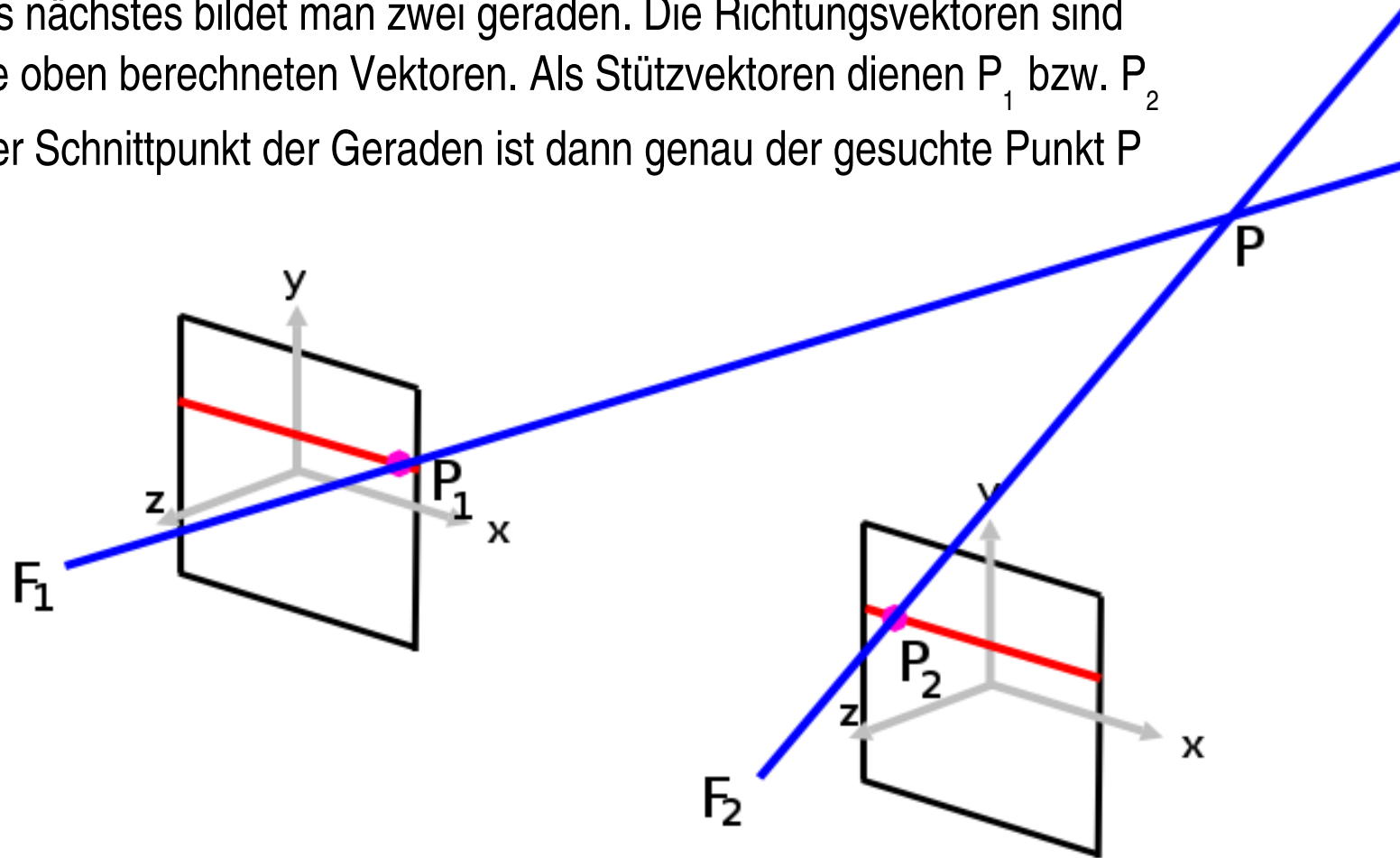
- Die Fokuspunkte F_1 und F_2
- Die korrespondierenden Bildpunkte P_1 und P_2
- Die Vektoren von den Brennpunkten zu den jeweiligen Bildpunkten

P

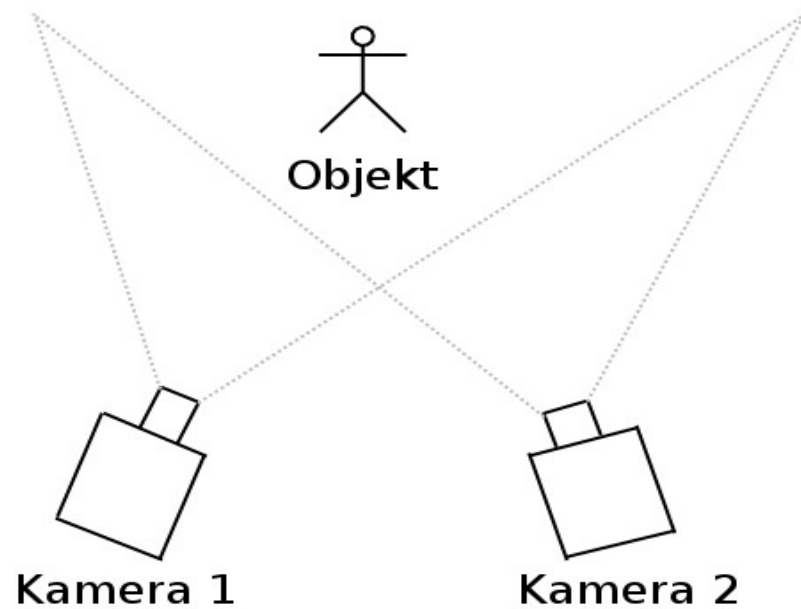


Lösung des Problems:

- Man bilde die jeweiligen Vektoren, festgelegt durch die Differenz der Ortsvektoren von F_1 bzw. F_2 und P_1 bzw. P_2
- Als nächstes bildet man zwei Geraden. Die Richtungsvektoren sind die oben berechneten Vektoren. Als Stützvektoren dienen P_1 bzw. P_2
- Der Schnittpunkt der Geraden ist dann genau der gesuchte Punkt P



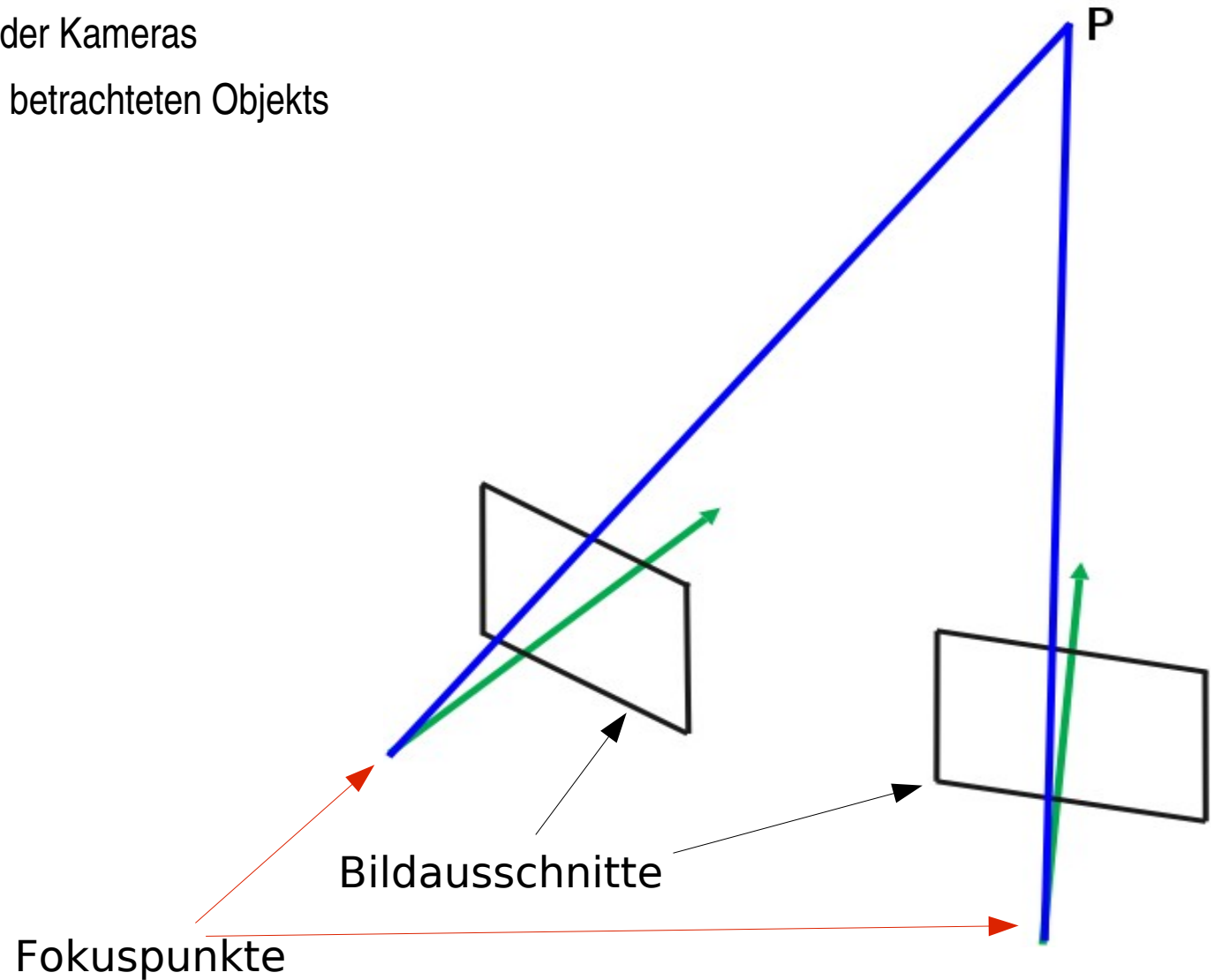
Nichtparallele Zweikamera-Stereovision



Erweiterung der Erkenntnisse der parallelen Zweikamera-Stereovision
auf die nichtparallele Variante

Anordnung im dreidimensionalen Raum

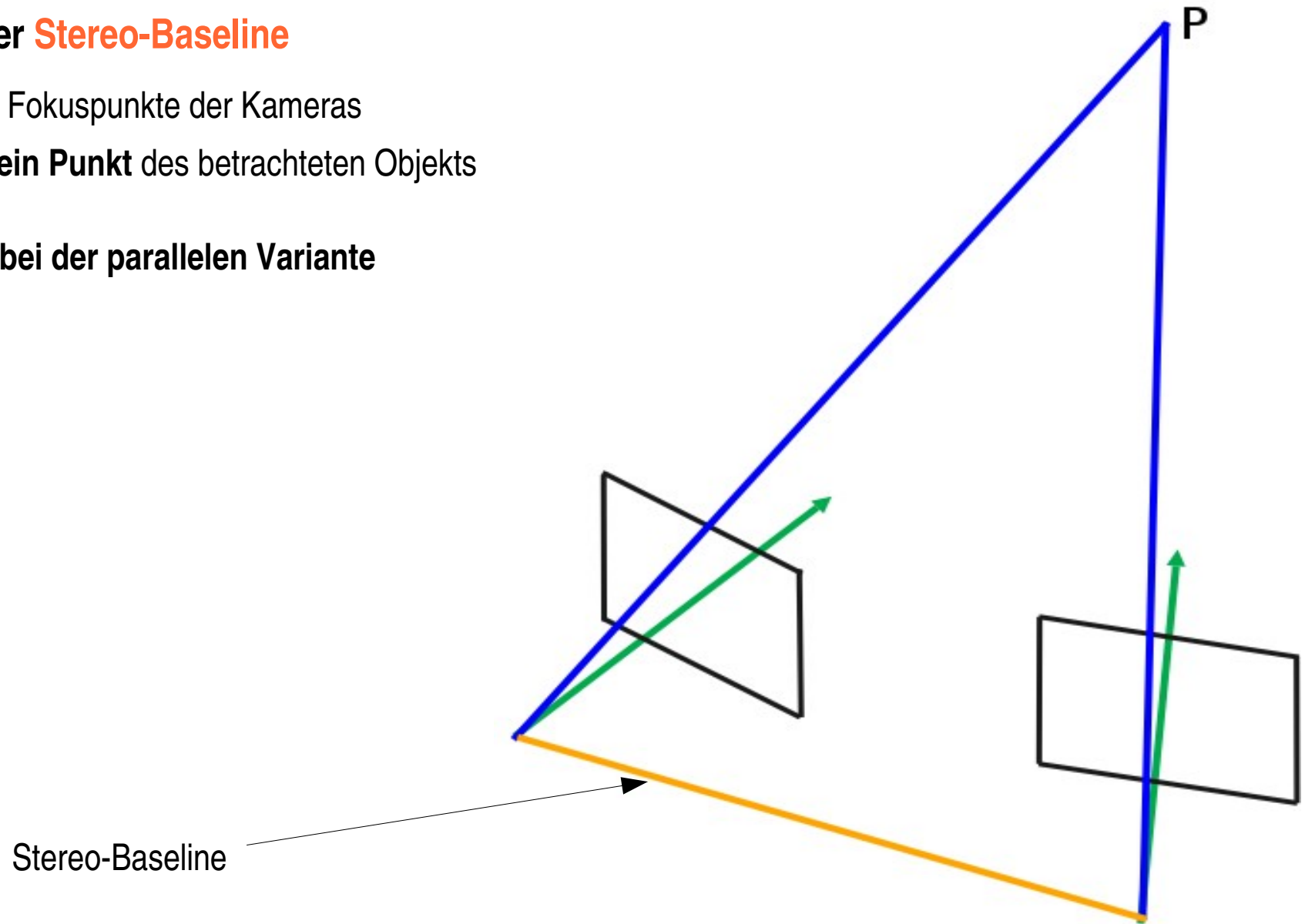
- F_1 und F_2 : Fokuspunkte der Kameras
- P: Irgendein Punkt des betrachteten Objekts



Bildung der Stereo-Baseline

- F_1 und F_2 : Fokuspunkte der Kameras
- P: Irgendein Punkt des betrachteten Objekts

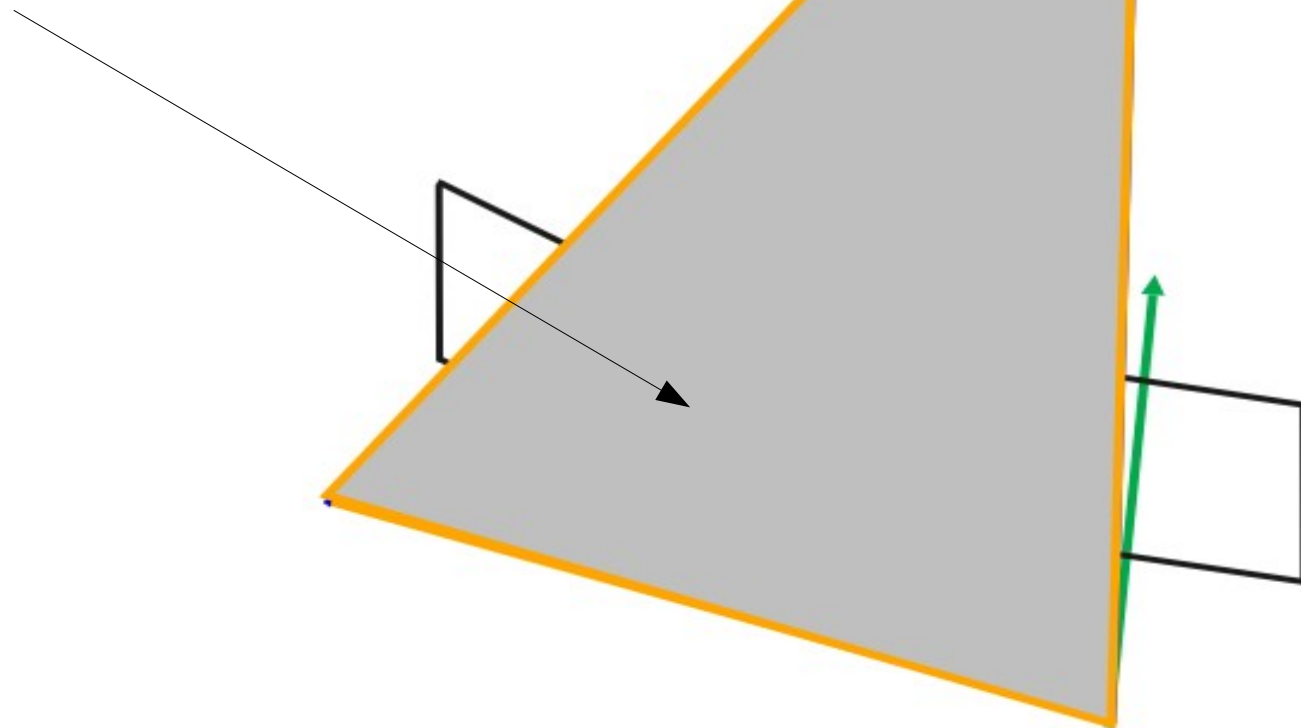
Genau wie bei der parallelen Variante



Bildung der Epipolarebene

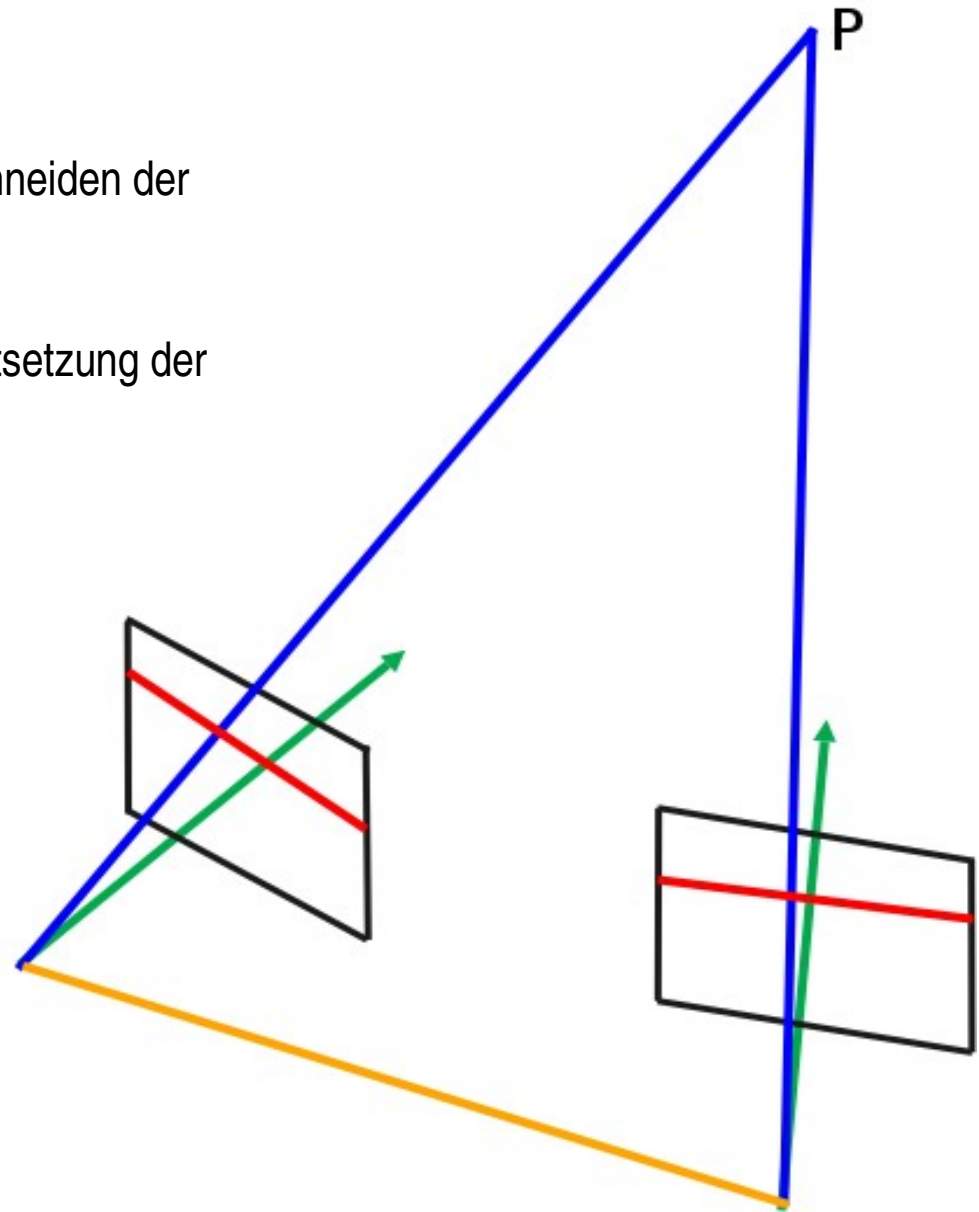
- Genau wie bei der parallelen Variante

Epipolarebene



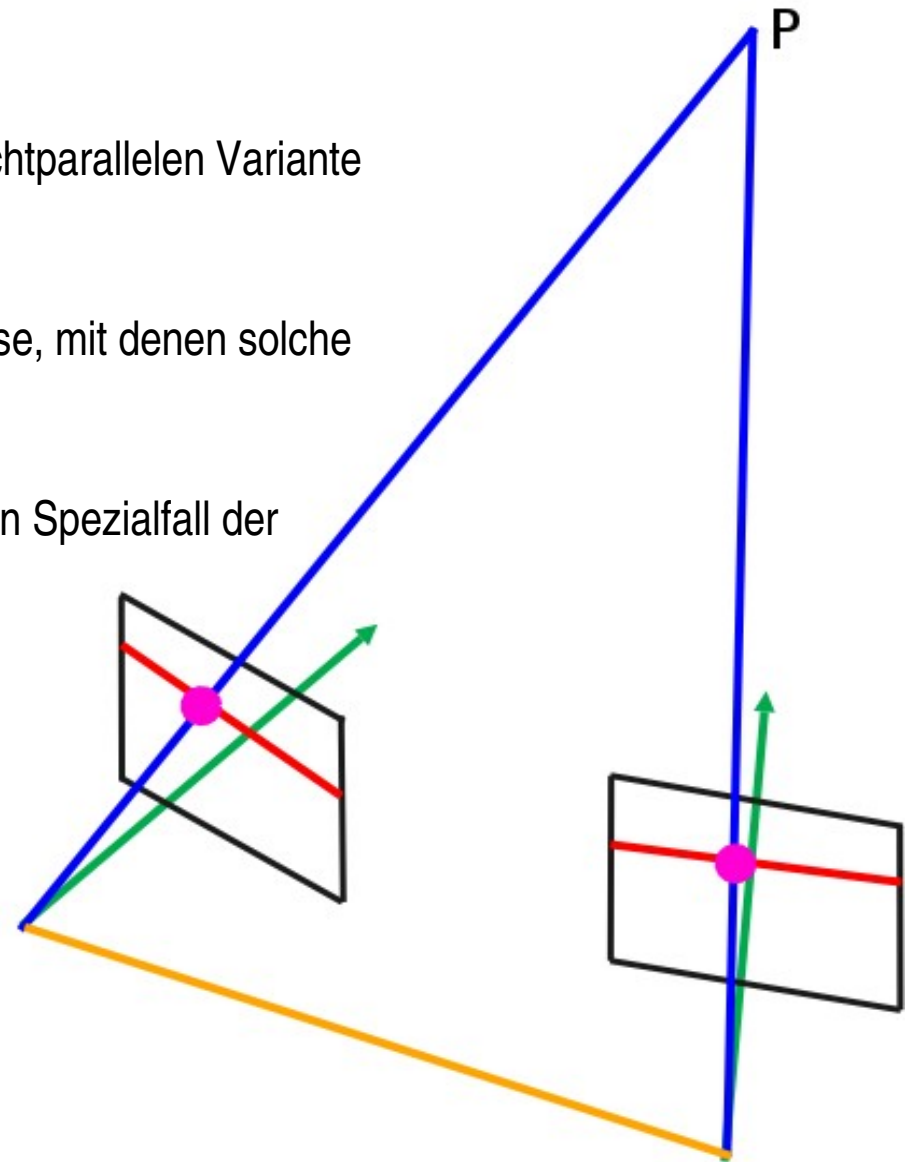
Bildung der **Epipolarlinien**

- Entstehen wie bei der parallelen Variante durch Schneiden der Epipolarebene mit den Bildebenen
- **Aber:** Die eine Epipolarlinie ist nicht mehr die Fortsetzung der anderen



Ermittlung der Korrespondenzpunkte

- Die Bestimmung der Korrespondenzpunkte ist bei der nichtparallelen Variante schwieriger.
- Dennoch gibt es Methoden aus der Korrespondenzanalyse, mit denen solche Korrespondenzpunkte ermittelt werden können
- Und: Die Epipolargeometrie der parallelen Kameras ist ein Spezialfall der Epipolargeometrie der nichtparallelen Kameras

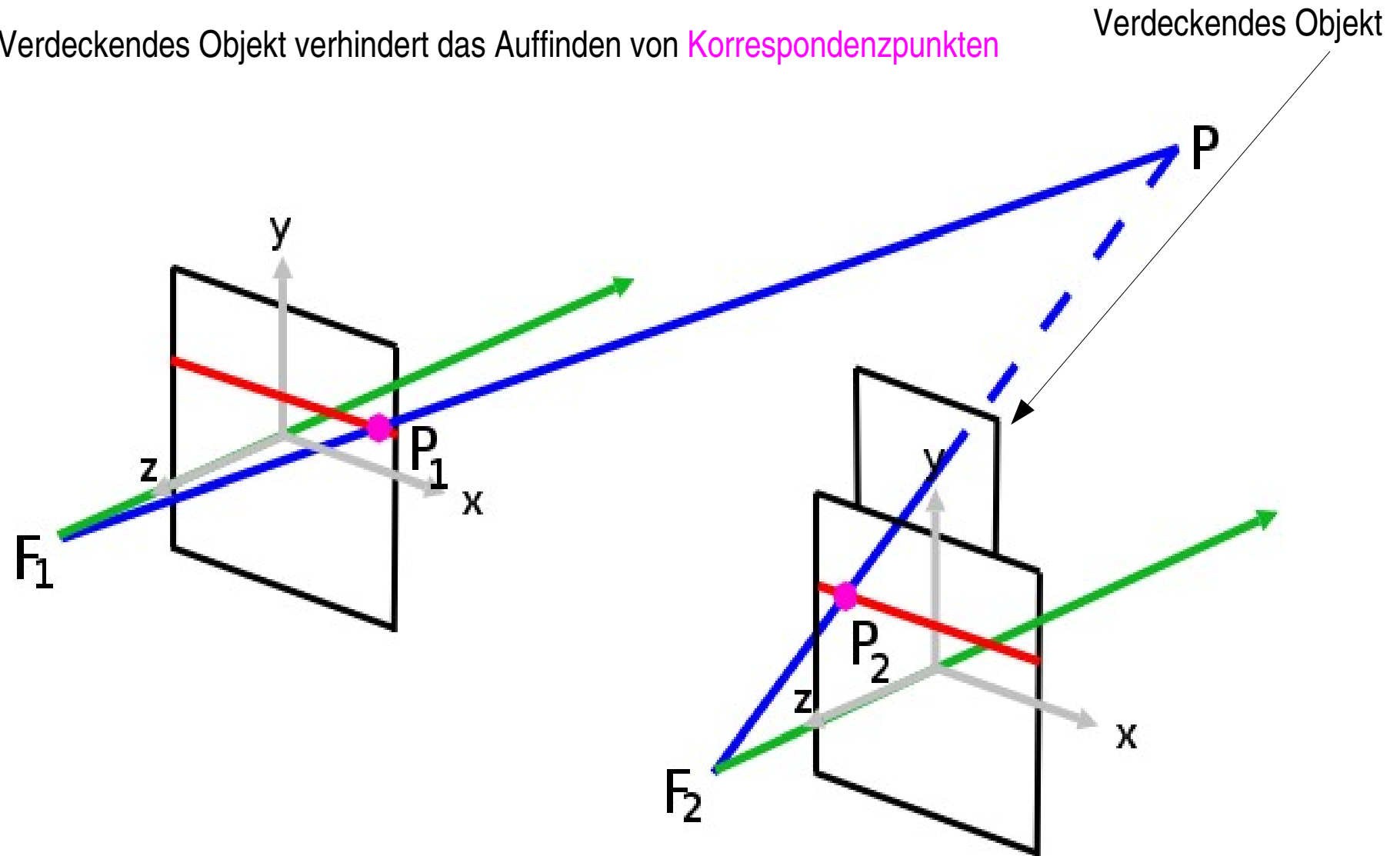


Problemfälle der Zweikamera-Stereovision

Welche Schwierigkeiten gibt es bei der Zweikamera-Stereovision?

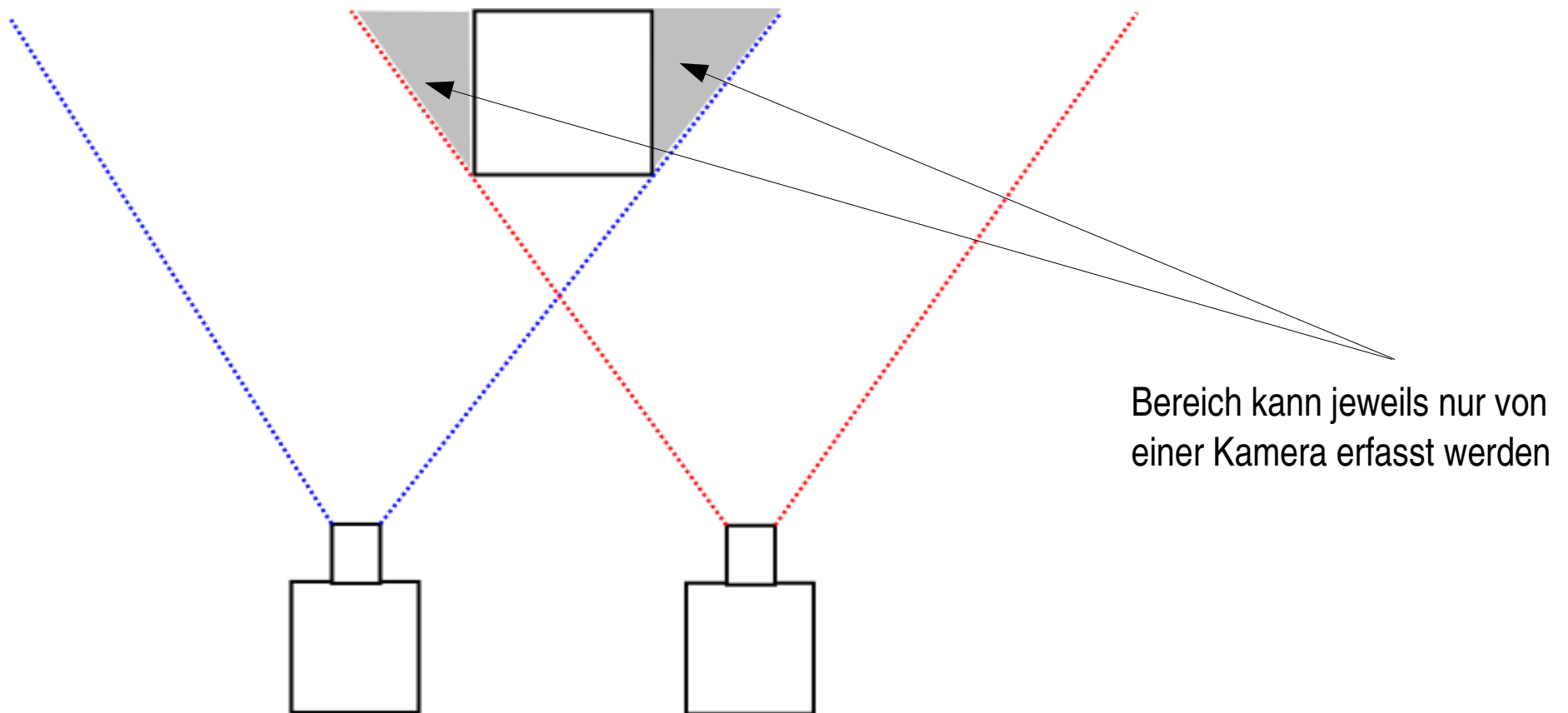
Probleme bei der parallelen Zweikamera-Stereovision (I)

- Verdeckendes Objekt verhindert das Auffinden von **Korrespondenzpunkten**

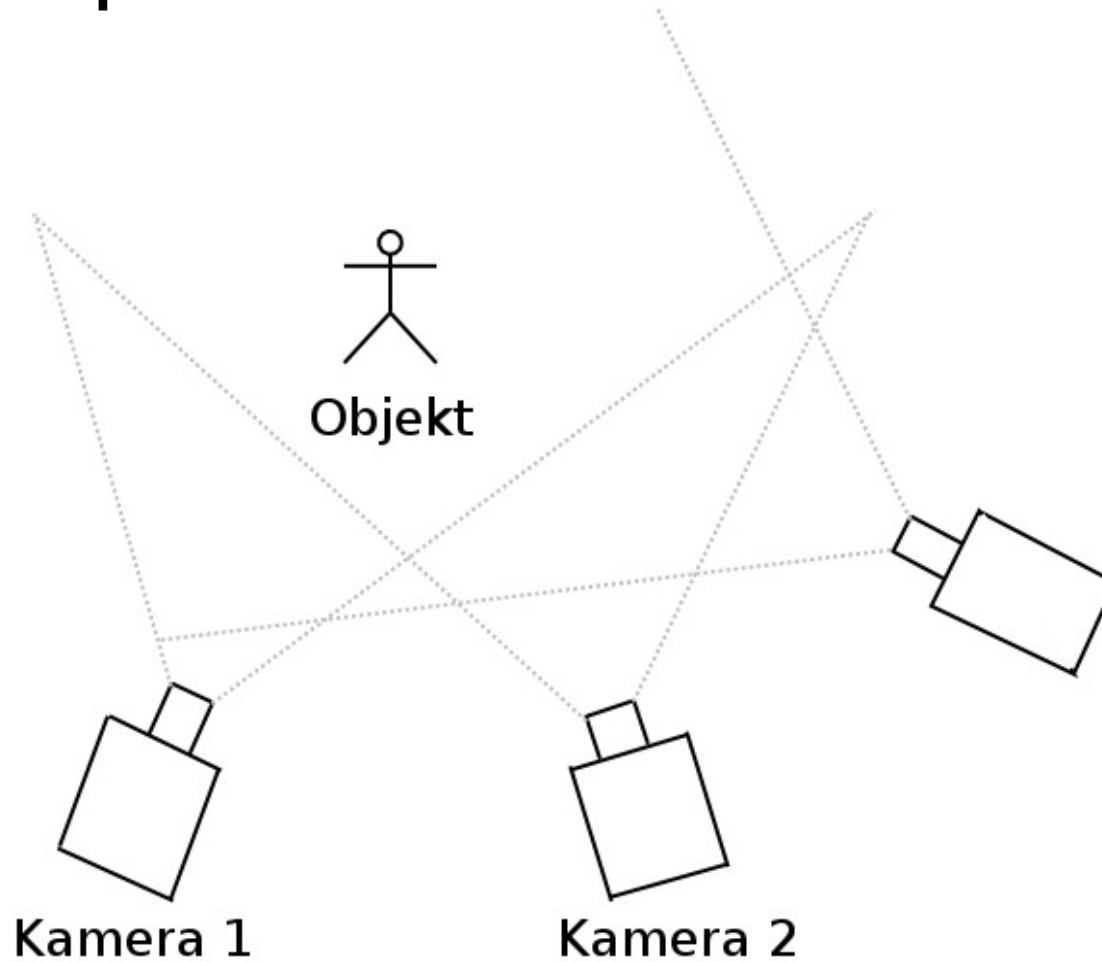


Probleme bei der parallelen Zweikamera-Stereovision (II)

- Manche Punkte sind nur auf einer Kamera zu sehen
- Gleiches Problem tritt bei nichtparalleler Zweikamera-Stereovision auf
- Verdeckungen müssen bei der Berechnung mit einbezogen werden



Nichtparallele Mehrkamera-Stereovision



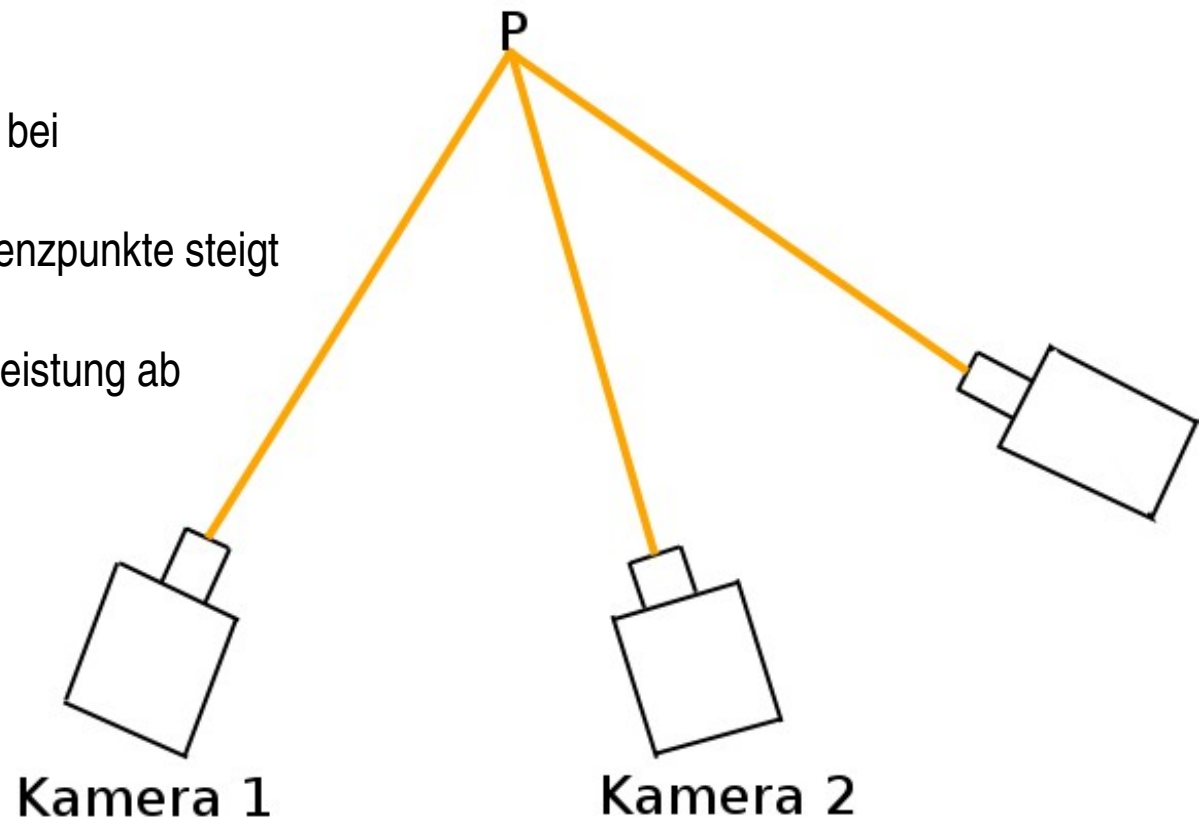
Erweiterung zur Mehrkamera-Stereovision

Vorteile

- Genauigkeit der Berechnung wird mit jeder weiteren Kamera erhöht
- Blickfeld kann bei anderer Anordnung erhöht werden

Nachteile

- Gefahr der Verdeckung von Punkten ist bei mehr Kameras höher
- Aufwand zum Ermitteln der Korrespondenzpunkte steigt
- Damit ist höherer Rechenaufwand nötig
- Echtzeitfähigkeit hängt von der Rechenleistung ab



Omnivision

Wortherkunft:

Omni: (Wikipedia.org)

„Omni- is a prefix meaning 'all'. It is derived from the Latin adjective *omnis*.“

(Omni- ist ein Präfix, das „alles“ bedeutet. Es ist vom lateinischen Adjektiv *omnis* abgeleitet)

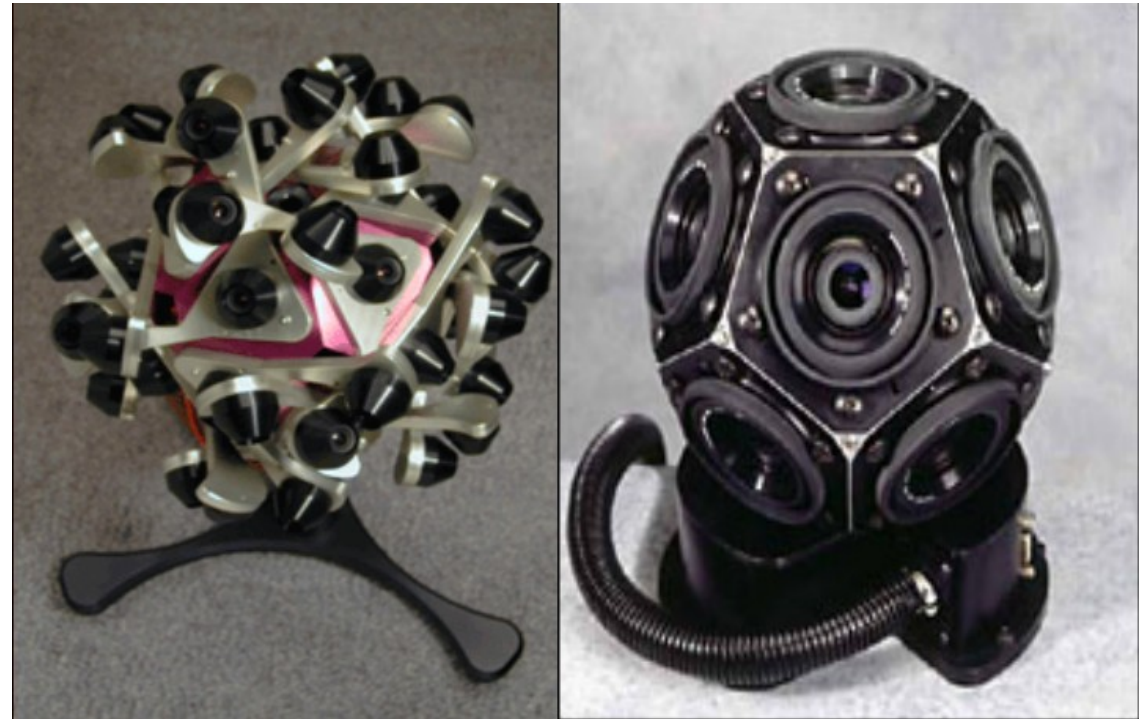
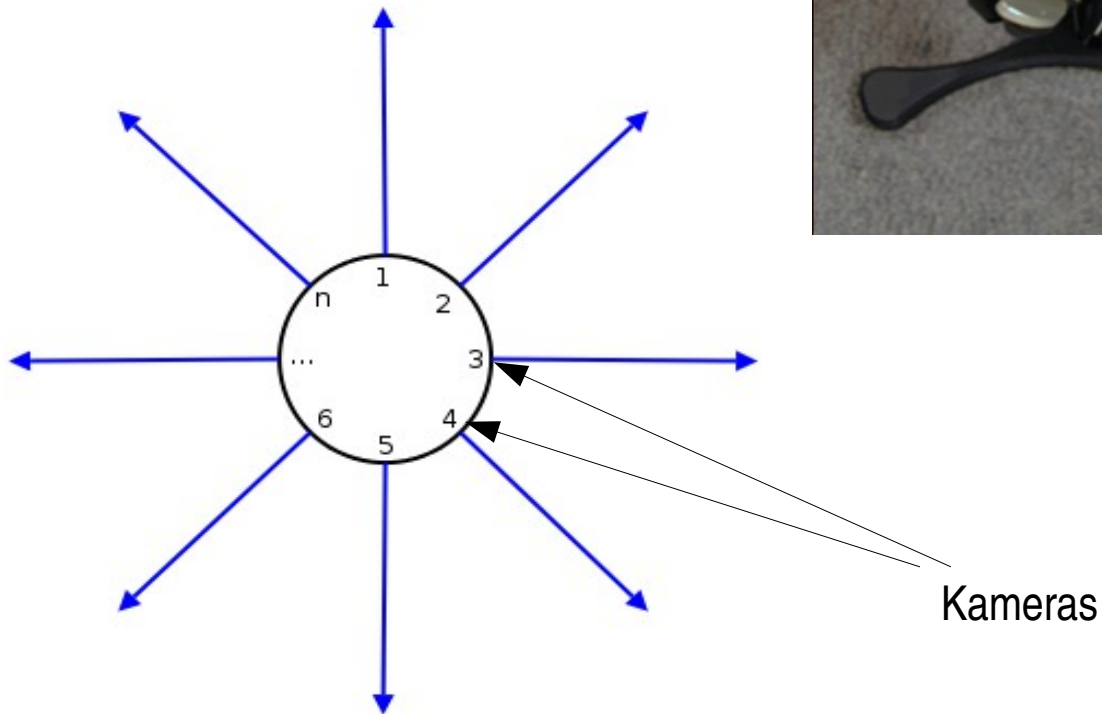
Omnivision

- In der Omnivision geht es darum, möglichst viel auf optischem Wege zu erfassen

Omnivision

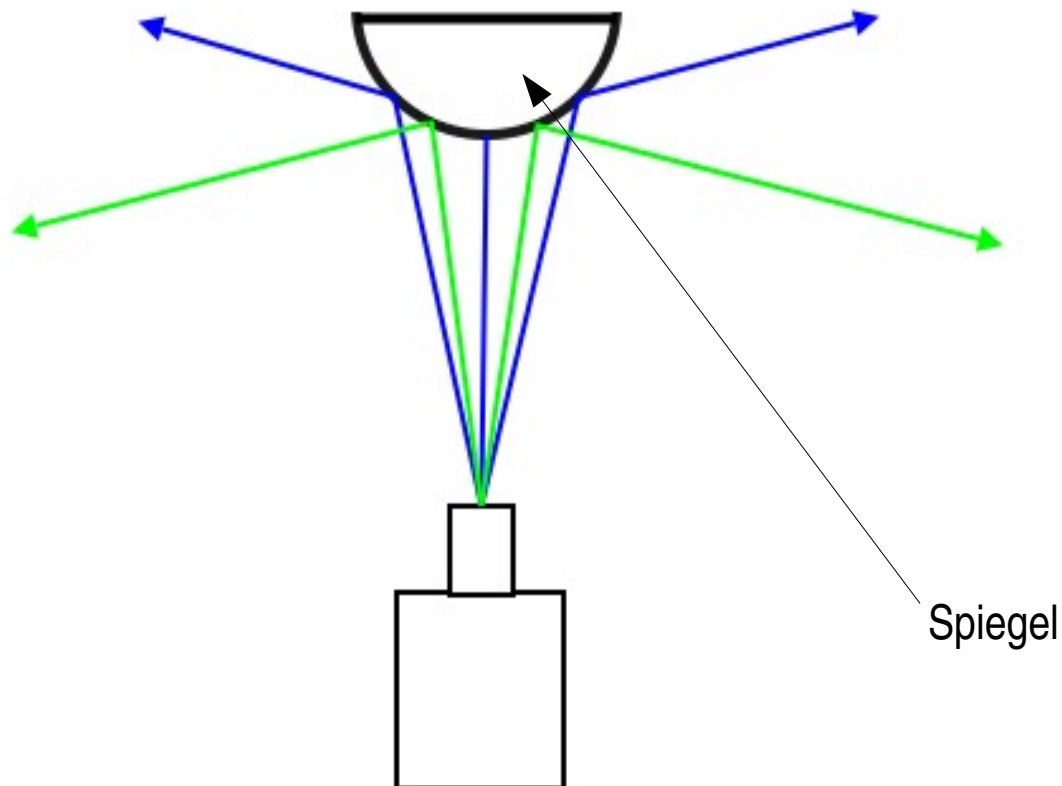
Ansatz für die Omnivision

- Möglicher Ansatz: Viele Kameras
- Höhere Auflösung
- Viele Kameras nötig
- Hoher Rechenaufwand



Ansatz für die Omnivision

- Möglicher Ansatz: Eine Kamera, die auf einen gewölbten Spiegel blickt



- Special Price \$995**
- lens and adapter tube
 - software (win)
 - create unlimited images



Be Here Lens
Nikon 5000
(Purchase Separately)

- Nur eine Kamera nötig
- Häufige Verwendung
- Geringere Auflösung
- Komplexere Berechnung

Omnivision

Bild, das von einer Kamera aufgenommen wurde, die auf einen gewölbten Spiegel gerichtet ist



Quelle: http://www1.cs.columbia.edu/CAVE/omnicam_omnivideo.htm

Omnivision

Ansatz für die Omnivision

- Übertragen der Erkenntnisse der Biologie auf technische Disziplinen
- Insektenaugen sind häufig aus vielen, aber gleichen und kleinen Komponenten aufgebaut

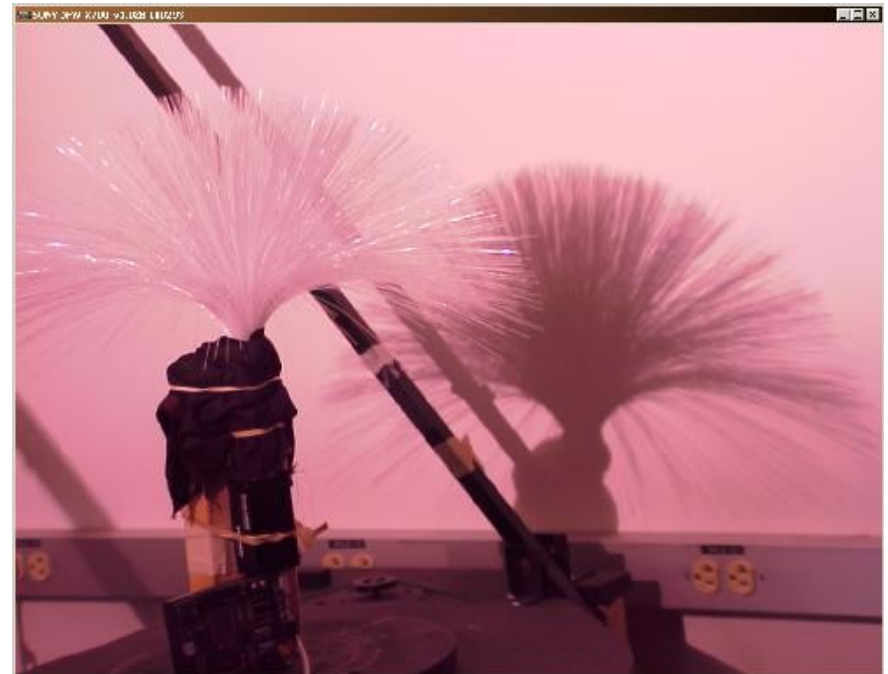
Technische Umsetzung

- Viele Glasfasern gehen von der Kamera ab
- Zeitaufwendige Kalibrierung
- Geringere Auflösung

Das Konzept ist in der Natur aber sehr erfolgreich



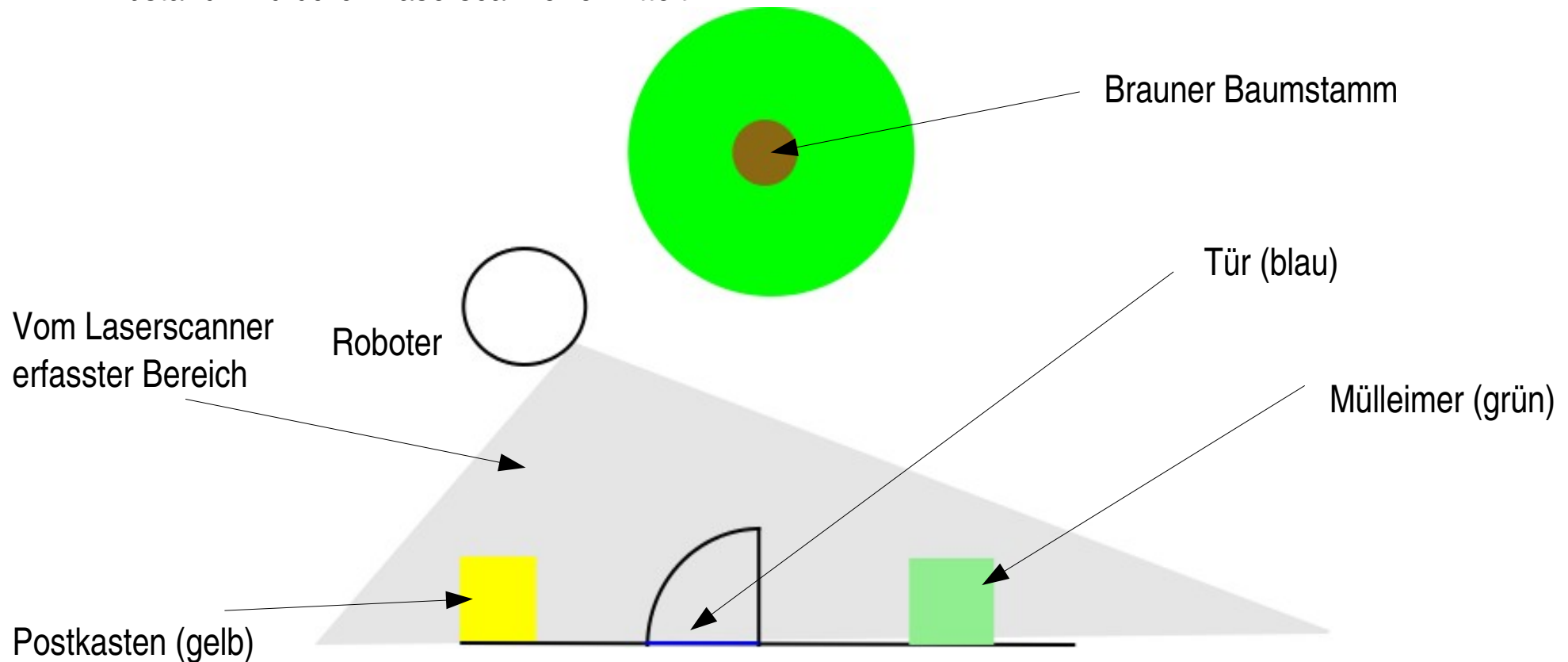
Quelle: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fly>



Quelle: <http://www.cs.wustl.edu/~pless/camera.html>

Orientierungssystem mit Omnivision und Laserscanner

- Häufig werden in Labors Marken zur Orientierung des Roboters angebracht
- In der freien Umgebung gibt es diese aber nicht
- Aber es gibt meistens markante Punkte, an denen man sich Orientieren kann
- Sichtsystem erfasst bekannte Gegenstände
- Abstand wird durch Laserscanner ermittelt



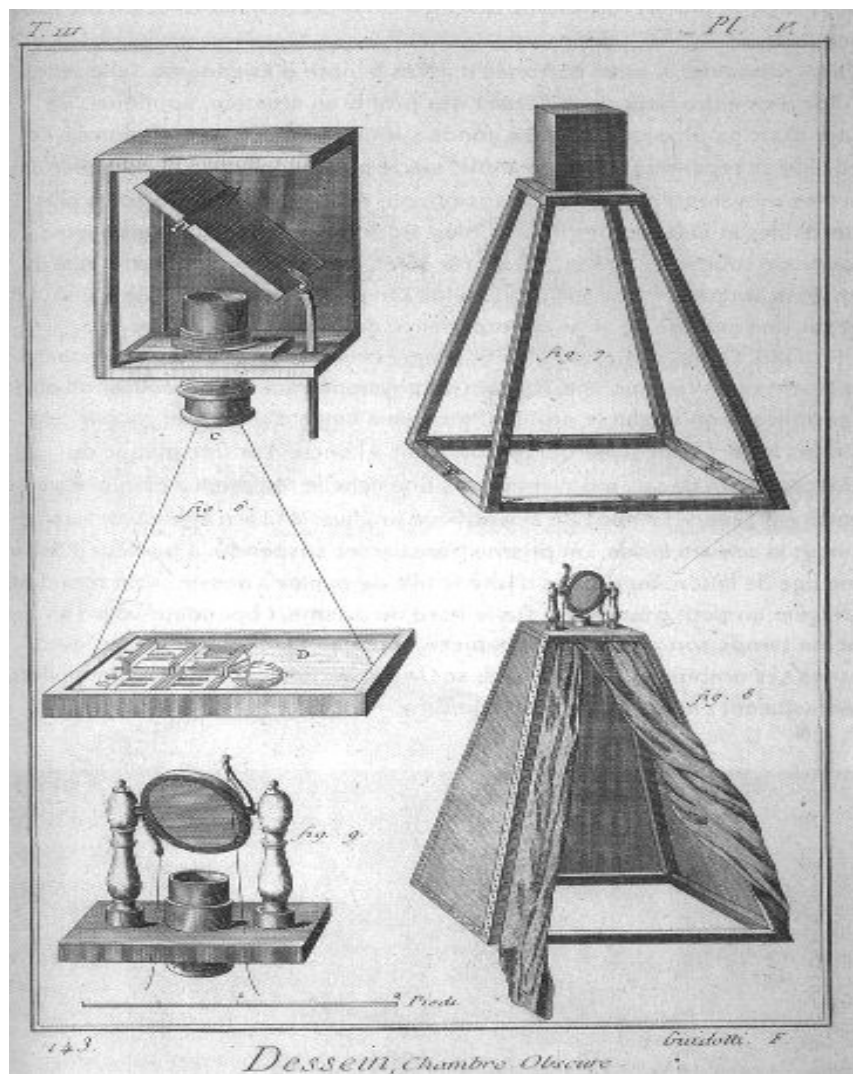
Kantendetektion

Definition:

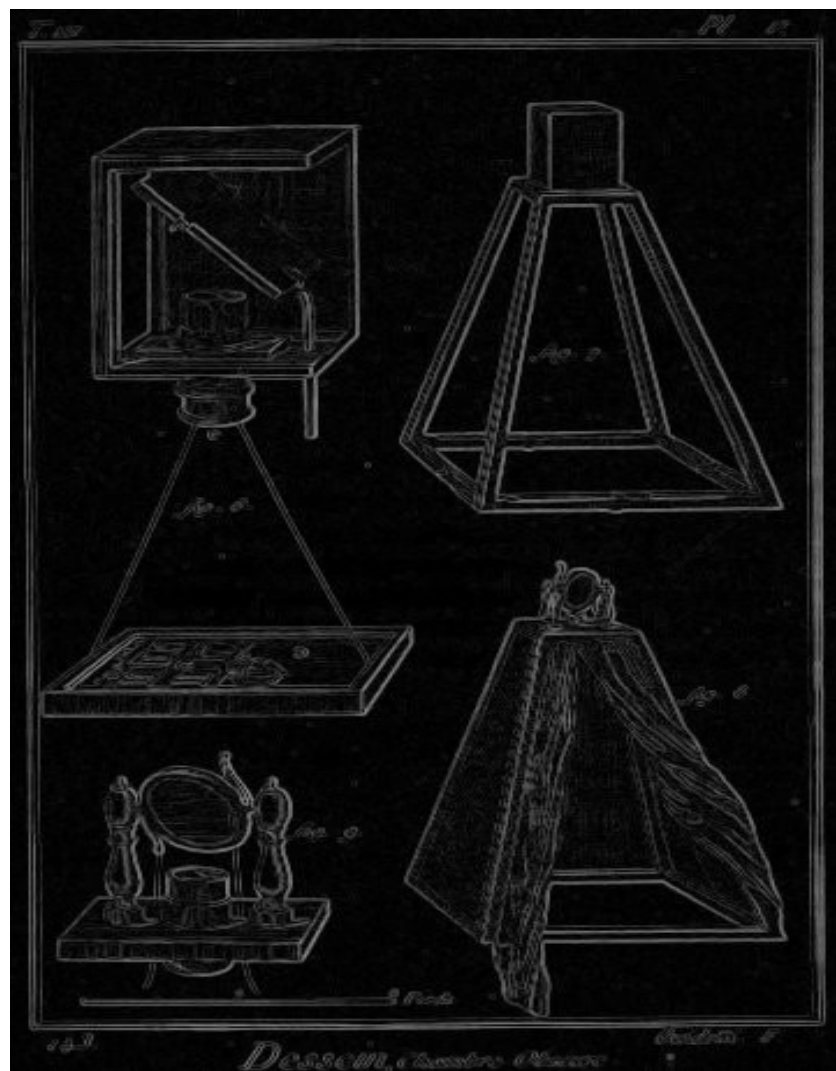
Die Kantendetektion ist Teil einer Segmentierung in der Bildbearbeitung, bei der versucht wird, flächige Bereiche in einem digitalen Bild von einander zu trennen. (wikipedia.de)

Kantendetektion: Von der Aufnahme zum Kantenbild

Originalaufnahme



Kantenbild



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kantendetektion>

Kantendetektion: Operatoren

Ziel: Lokalisierung von Kontrastkonstellationen

- Operator kann in Form einer Matrix beschrieben werden
- Diese wird auf Pixelmatrizen bzw. Matrizen mit Helligkeitswerten angewendet

+1
-1

Horizontale Kantendetektion

+1	-1
----	----

Vertikale Kantendetektion

+1	-1
----	----

4	5	9	4	4
3	4	8	4	5
4	5	7	3	5
3	4	9	4	4

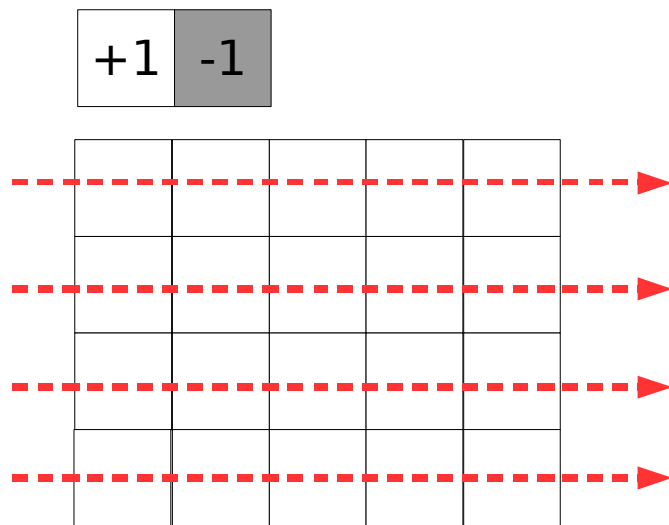
Operator „durchwandert“ die Matrix Zeile für Zeile

Quelle: Ch. Habel, IKON1-Skript (Wintersemester 2005-2006), Abschnitt Visuelle Wahrnehmung

Kantendetektion: Vertikale Kantendetektion

Beispiel: Detektion vertikaler Kanten

- Zeilenweises, iteratives Anwenden des Kantenoperators

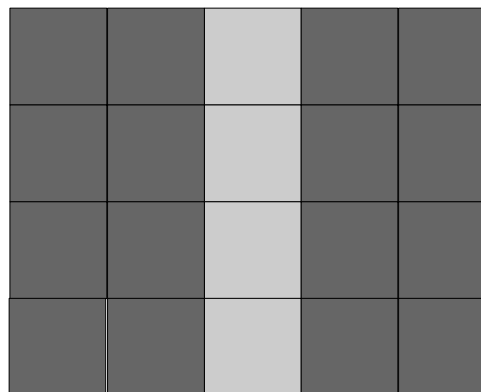


Beispiel mit Zahlen: Matrix mit Helligkeitswerten

+1	-1
----	----

4	5	9	4	4
3	4	8	4	5
4	5	7	3	5
3	4	9	4	4

-1	-4	5	0
-1	-4	4	-1
-1	-2	4	-2
-1	-5	5	0



Ergebnis:

Matrix, in der harte Übergänge besser zu erkennen sind

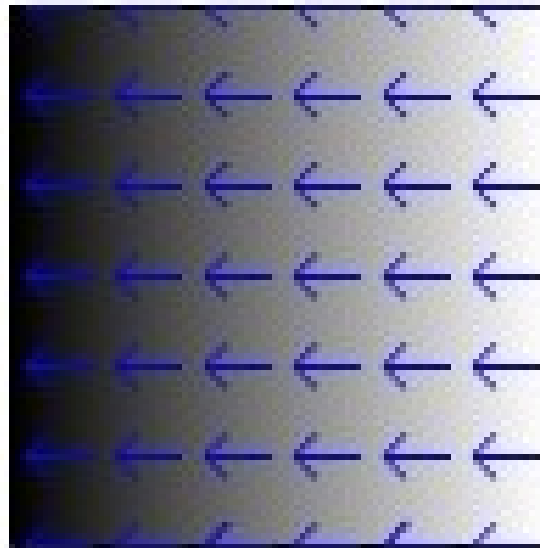
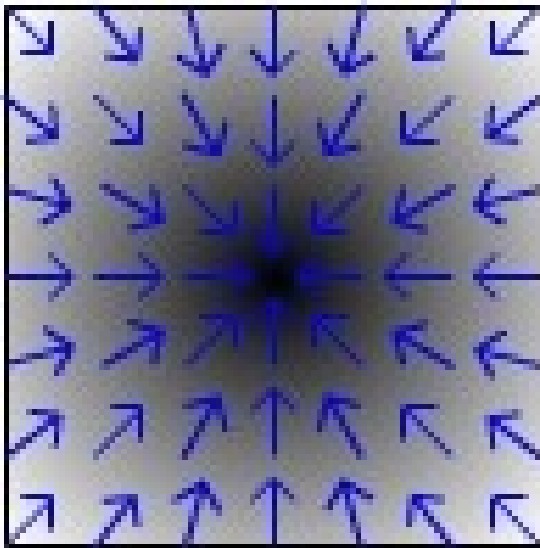
Gradienten aus der Mathematik finden Verwendung in der Kantendetektion

Was ist ein Gradient?

- Beispiel: Landkarte mit Höhenangaben
- Interpretation: Funktion $f(x, y)$, die jedem Punkt der Karte eine Höhe zuordnet
- Der Gradient ist ein Vektor, der die Richtung des steilsten Anstiegs zeigt

Gradienten für Helligkeitswerte

- Ähnlich wie im Landkartenbeispiel: Vektor, der die Richtung angibt, in der Helligkeitswerte abnehmen



Quelle:
[http://de.wikipedia.org/wiki/Gradient_\(Mathematik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Gradient_(Mathematik))

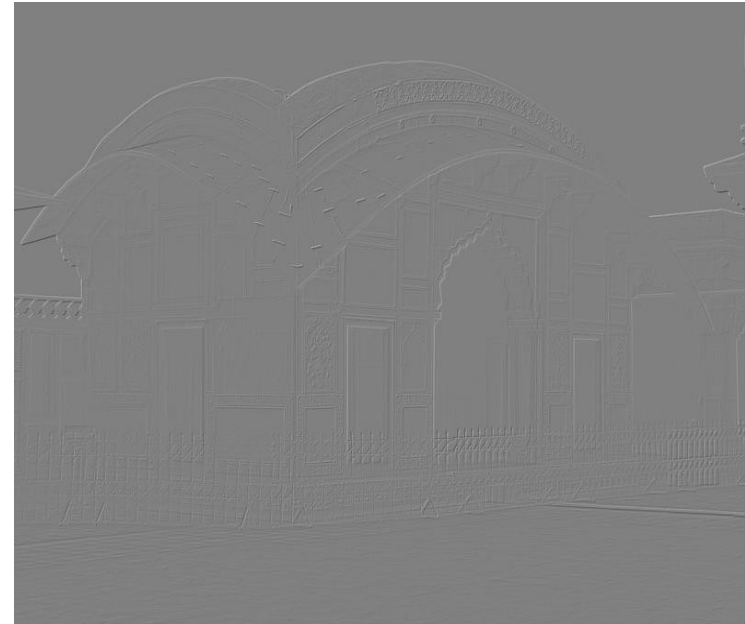
Einfache Operatoren für vertikale und horizontale Kantendetektion reichen nicht aus.

Weitere bekannte Kanten-Operatoren:

- Roberts-Operator
- Sobel-Operator
- Laplace-Operator
- Prewitt-Operator
- Kirsch-Operator

Die Mathematik (hauptsächlich Vektorrechnung, Analysis und lineare Algebra) bieten Methoden zur Verarbeitung an und stellen das theoretische Fundament für die hier ausgewählten Themen der Kantendetektion dar.

Der Roberts-Operator zur Berechnung der Differenz zwischen über Kreuz liegenden Pixeln



$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Roberts-Operator I



Original

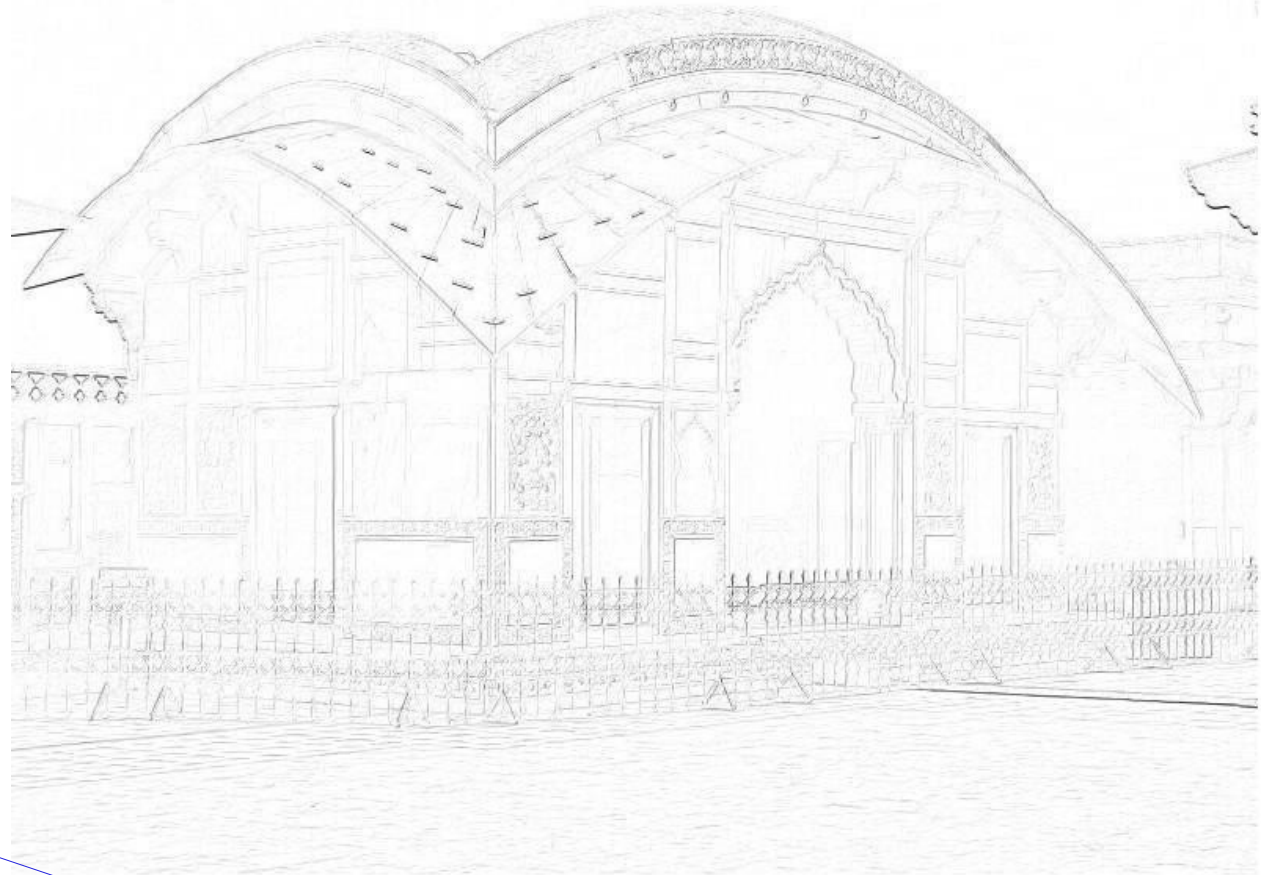
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Roberts-Operator II

Kantendetektion: Roberts-Operator

Gradientenstärke-Bild

- Ergibt sich aus Kombination der beiden Roberts-Operatoren

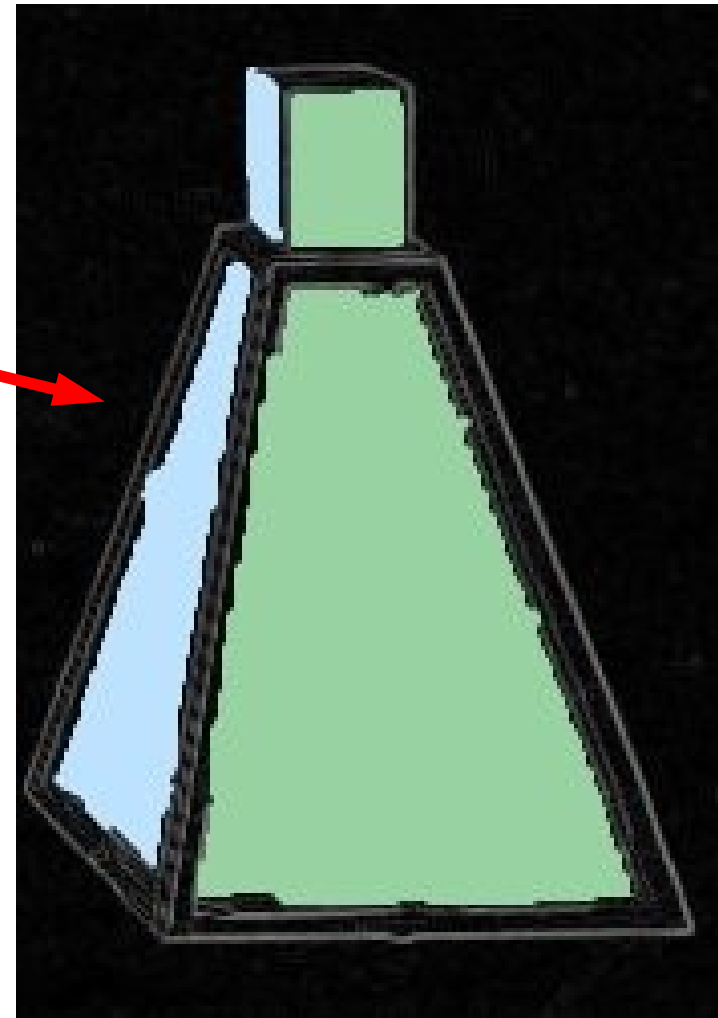
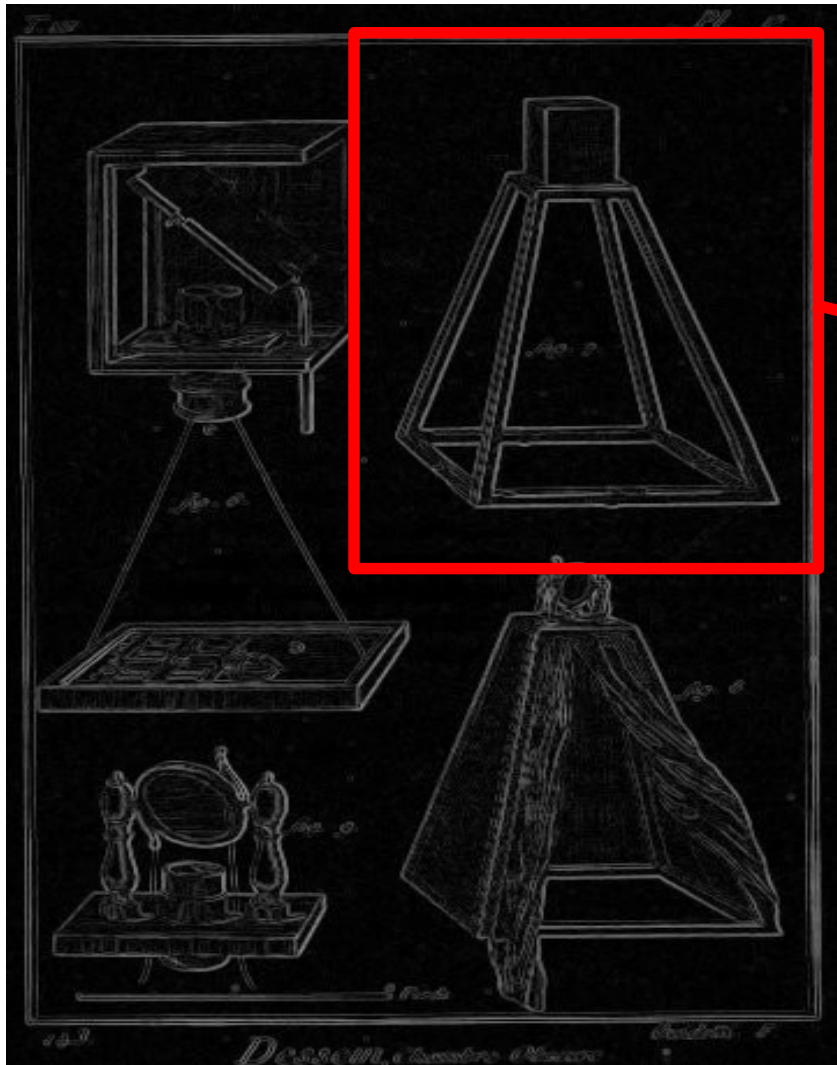


$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$h_{n,m} = \max\{|f_{n,m} - f_{n+1,m+1}|, |f_{n+1,m} - f_{n,m+1}|\}$$

Weitere Berechnungsmöglichkeiten nach Kantendetektion

- Wenn die Kanten eines Objekts bekannt sind, so können häufig auch zugehörige Flächen berechnet werden.



Schlussfolgerungen

- Durch Erkennung von Kanten und Flächen kann auf Objekte geschlossen werden
- Unnötige Details werden weggelassen
- Übrig bleibt das nackte Konzept eines Gegenstands (z.B. Konzept eines Stuhls, Tisches, ...)
- Aufgaben, die das Erkennen von Objekten erfordern können besser gelöst werden
- Navigation und Orientierung können durch Bildverarbeitung unterstützt werden

Quellen

Quellen

Paper

Schnabl, Thomas: *Geometrie der Zweikamera- und Mehrkamera-Stereovision*

Barnard, Stephen; Fischler, Martin: *Computational Stereo*, ACM Computing Surveys Vol. 14 Issue 4, 1981

Internet

<http://www.wiktionary.org> (diverse Artikel)

<http://www.wikipedia.org> (diverse Artikel)

<http://www.cs.wustl.edu/~pless/>

http://www.informatik.uni-bremen.de/~khuebner/omnivision/sources_d.html

<http://www.cis.upenn.edu/~kostas/omni/iccv03.html>

<http://www1.cs.columbia.edu/CAVE//VSAM/projects/>

<http://www1.cs.columbia.edu/CAVE//omnicam/omnivideo.htm>

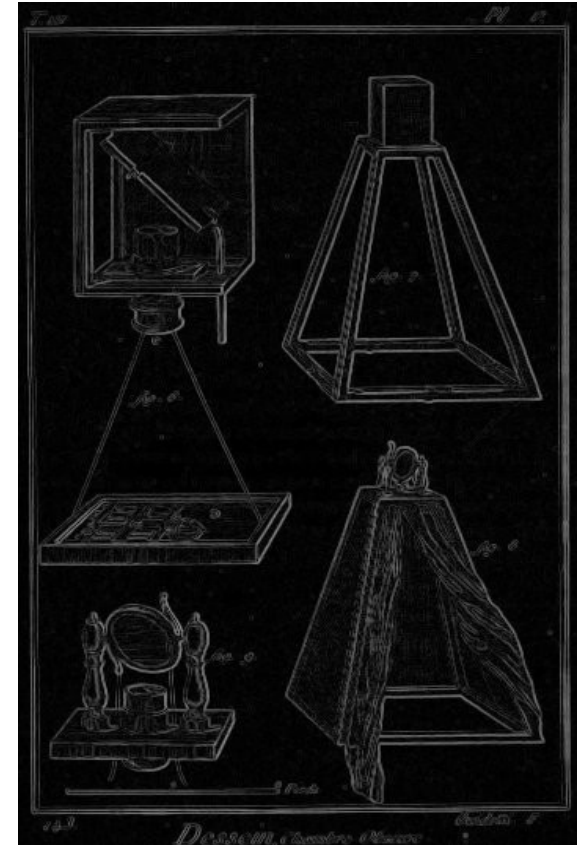
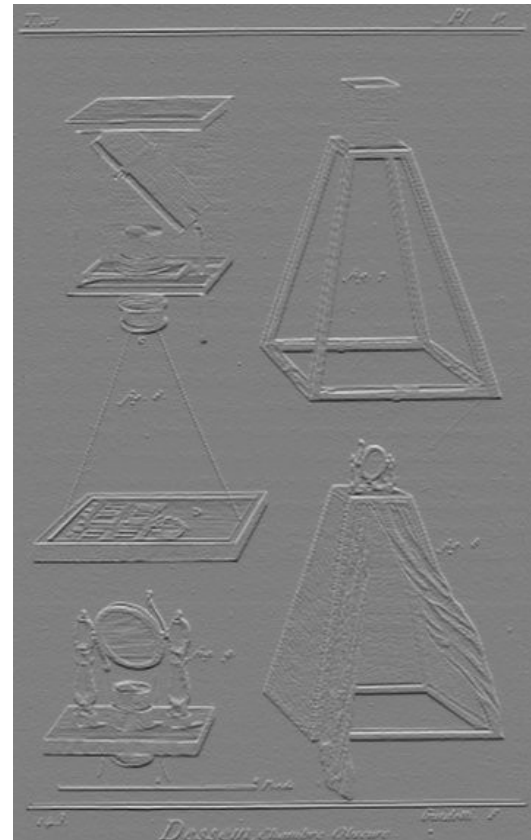
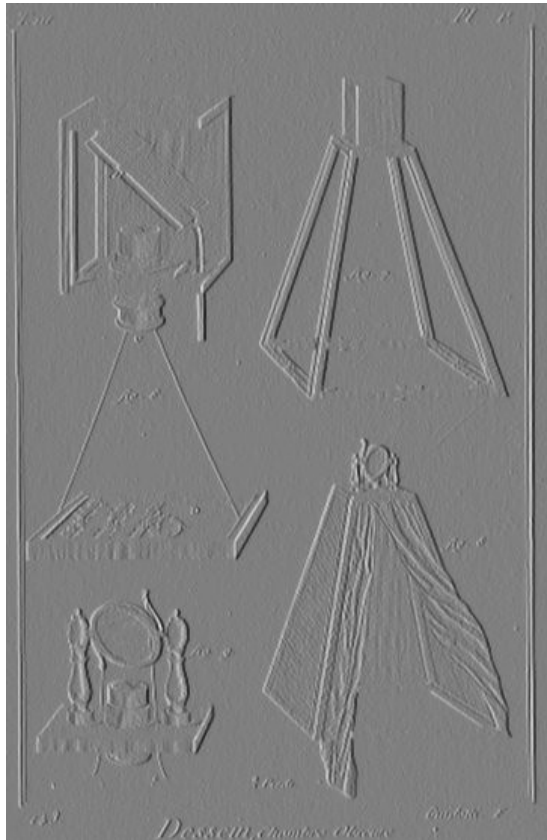
Ende des Vortragsteils

Fragen

Kritik

Anregungen

Der Sobel-Operator



$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Horizontaler Sobel-Operator

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Vertikaler Sobel-Operator

Kombination der beiden Operatoren