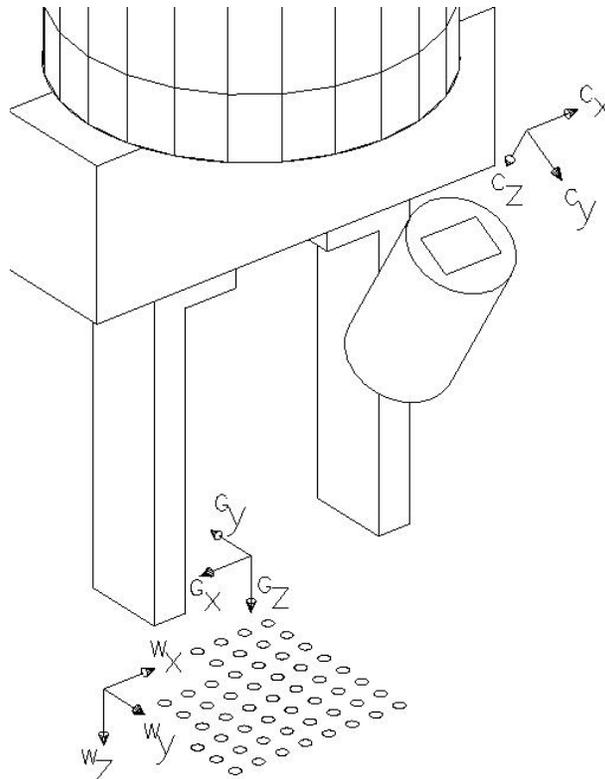


Kamera/Greifer-Kalibrierung - I

Meinicke/ Zhang

Kamera-, Greifer- und Welt-KS



Kamera/Greifer-Kalibrierung - II

Vorteile der „Selbstsichtbarkeit“ (partieller Sichtbarkeit des Greifers durch die Handkamera):

- On-line Überwachung der relativen Position zwischen Greifer und Objekt,
- Höhere Akkuratheit der Off-line Kalibrierung durch Ausschluß kinematischer Fehler,
- Höhere Robustheit durch mögliche on-line Kalibrierung.

Kamera/Greifer-Kalibrierung - III

Aufgabe:

Bestimmung der festen räumlichen Relation zwischen Kamera (C)- und Greifer (G)- Koordinatensystem (KS), repräsentiert durch homogene Transformationsmatrix ${}^C\mathbf{H}_G$.

Idee:

Direkte Bestimmung von ${}^C\mathbf{H}_G$ über modellbasierte Lokalisation sichtbarer Greifermerkmale.

„Selbstansicht“ ermöglicht im Unterschied zu klassischen Verfahren Kalibrierung der Konfiguration ohne Testbewegungen des Manipulators.

Kamera/Greifer-Kalibrierung - IV

Lösung: Positionierung des Greifers auf einem planaren Kalibrierungsobjekt mit mehreren Meßpunkten, so daß die beiden x - y -Ebenen des Greifer-KS G und des Welt-KS W der Kalibrierungsplatte zusammenfallen (Ebenenkoinzidenz).

Ebenenkoinzidenz ermöglicht Problemdekomposition:

$${}^C\mathbf{H}_G = {}^C\mathbf{H}_W {}^W\mathbf{H}_G$$

1. Bestimmung der internen und externen (${}^C\mathbf{H}_W$) Kameraparameter mittels Kalibrierungsobjekt
2. Bestimmung der Parameter der 2D-Transformation ${}^W\mathbf{H}_G$ mittels der sichtbaren Greifermerkmale.

Vorteil: Zwei punktförmige Greifermerkmale für Bestimmung von ${}^C\mathbf{H}_G$ ausreichend, Lösung in geschlossener Form.

Visuelle Regelung zum Greifen - I

Aufgabe: 2D-Feinpositionierung der Manipulatorhand bezüglich des zu greifenden Objektes.

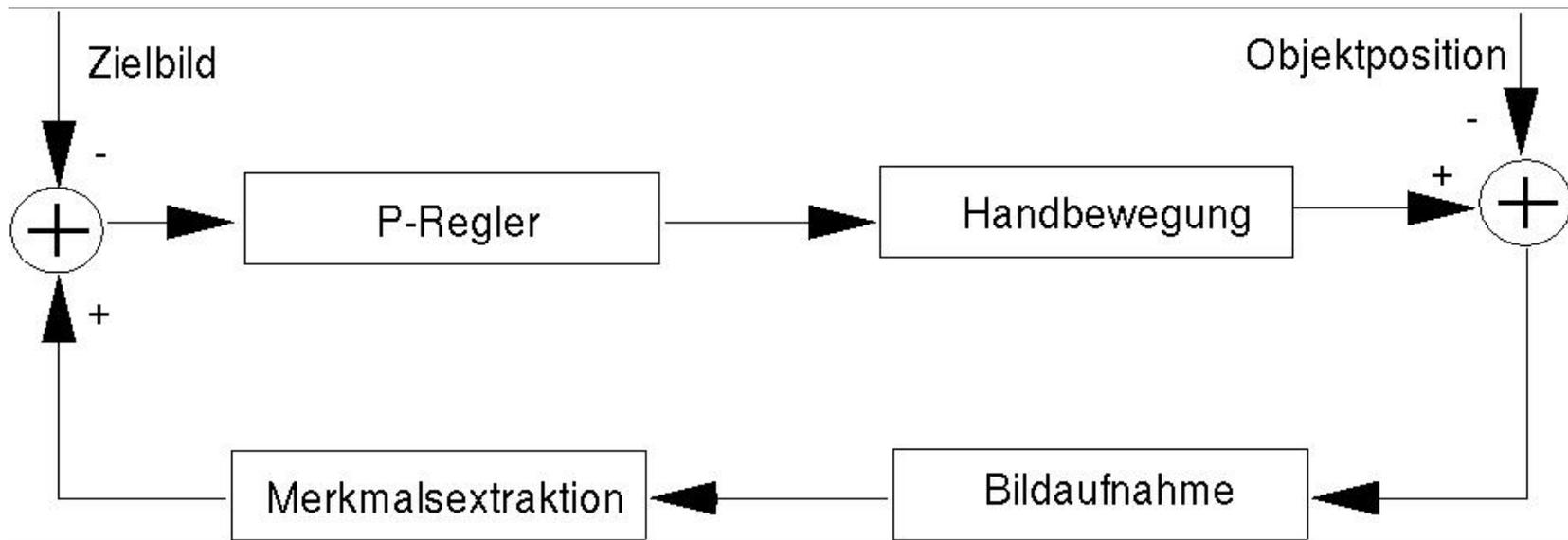
Verfahren: Bild- bzw. merkmalsbasierte Regelung der Manipulator-Handbewegung mittels visueller Rückkopplung über Handkamera durch

1. Off-line Vorgabe der Ziellage sichtbarer Objektmerkmale im Bild-KS bei optimaler Greifposition des Objektes (teach-by-showing).
2. On-line Transformation der aktuellen Differenz zur Zielvorgabe vom Bild-KS in das Greifer-KS zwecks Korrekturbewegung.

Visuelle Regelung zum Greifen - II

Durchführung

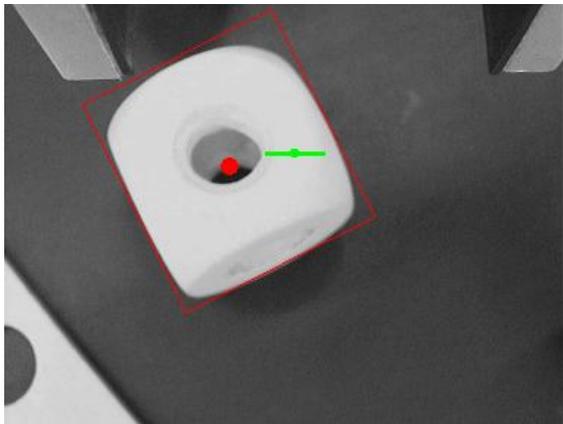
Transformation erfolgt durch Rückprojektion der Bildkoordinaten auf Grundlage der bekannten internen Kameraparameter und der bekannten Kamera/Greifer-Geometrie.



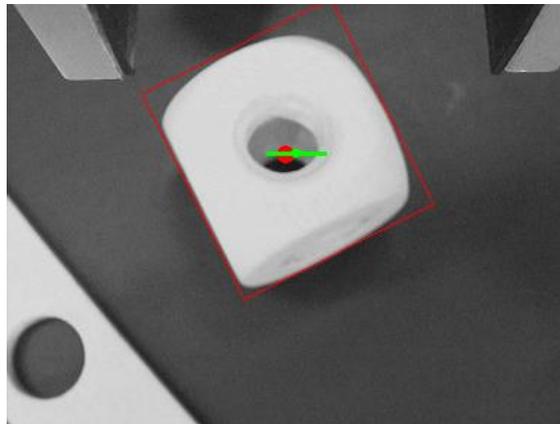
Visuelle Regelung mit Hand-Kamera - II

Bildbasierte Regelung der Handbewegung:

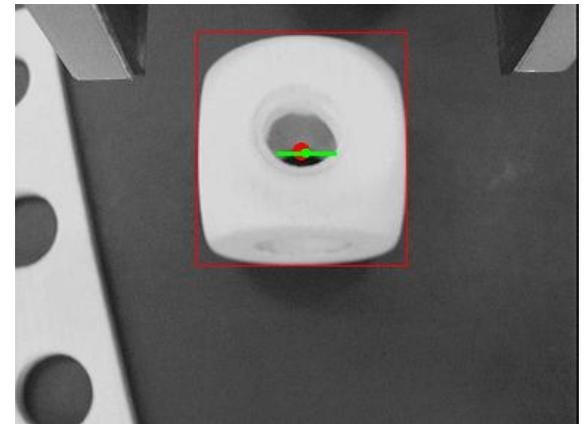
Die Startposition:



Eine Zwischenposition:

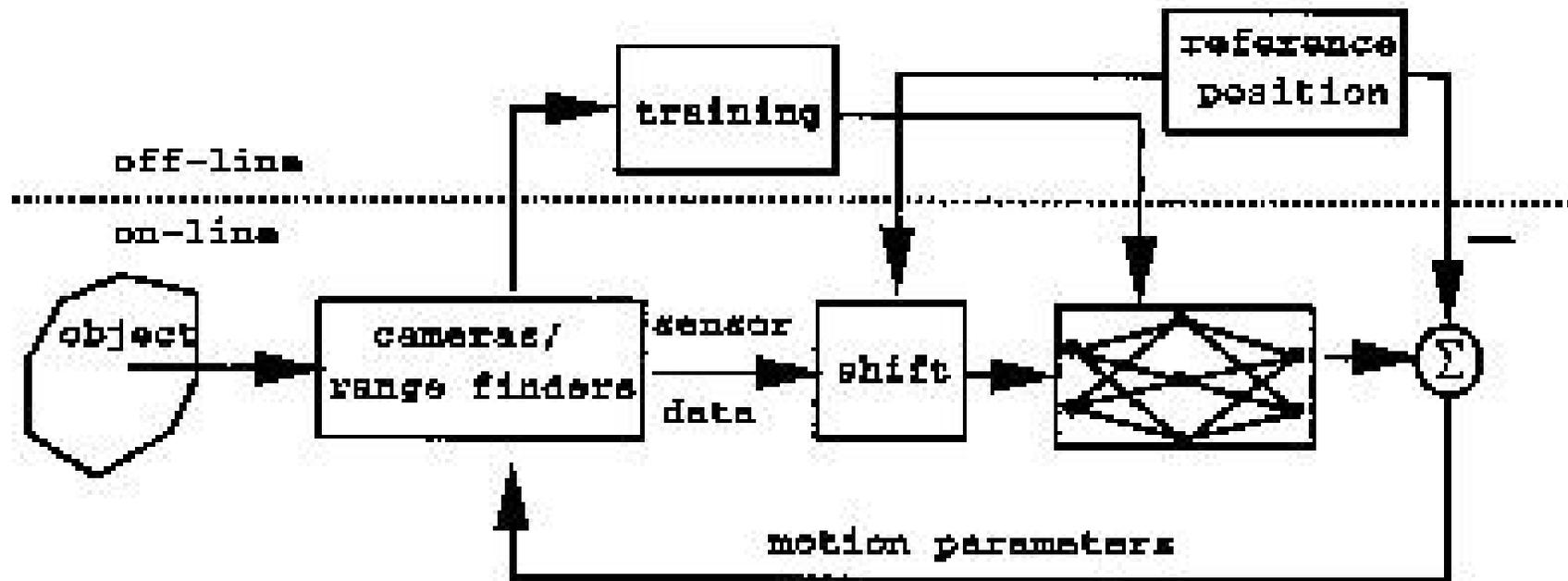


Die optimale Greifposition:



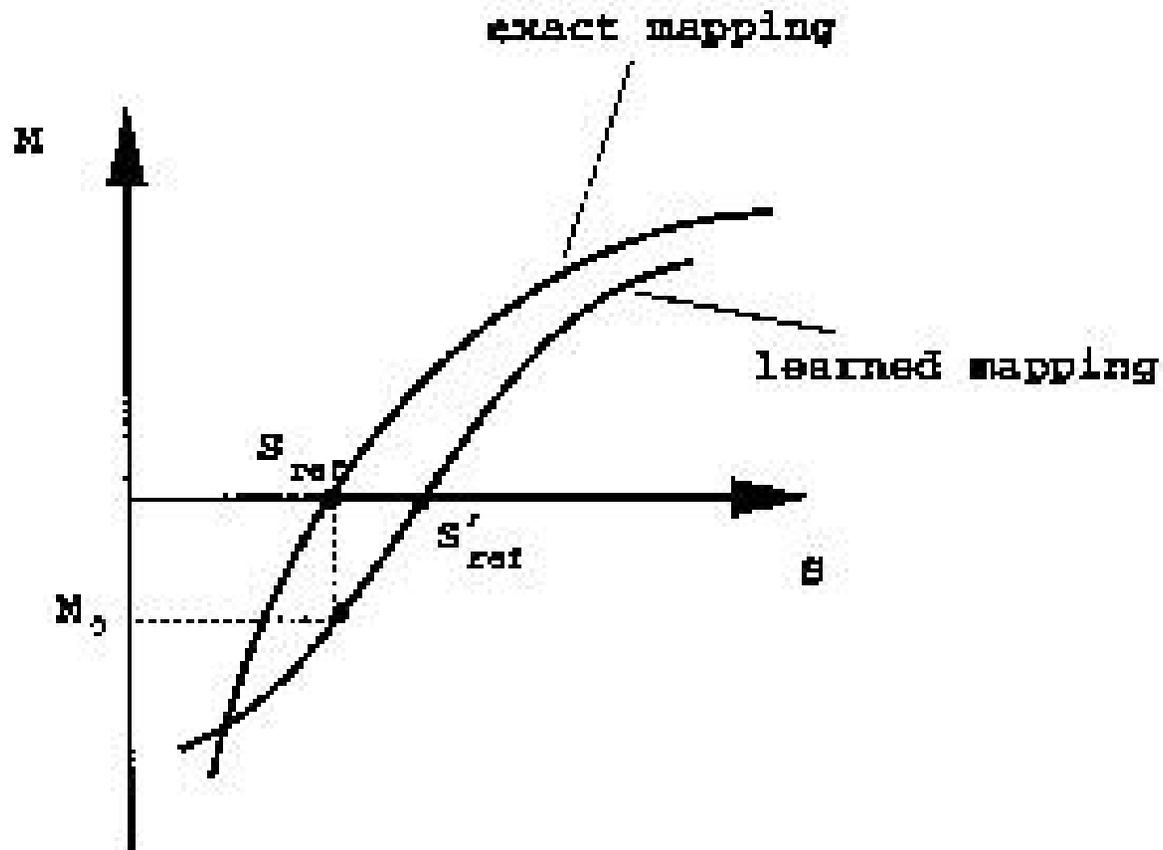
Visual Servoing ohne Kamera-Kalibrierung

(Wei)



Visual Servoing ohne Kamera-Kalibrierung - Das Problem der ungenauen Abbildung

(Wei)



Stereo Vision

Simple camera geometry for stereo photography:

the left and right image of a point in the Cartesian space must lie on corresponding epipolar lines.

All epipolar lines in the right image pass through the image the image of the left camera's center of projection, and vice versa.

(Horn86)

Eine Praktische Anwendung - Bestimmung von Zeigerichtung

Englisch

Motivation:

- Use hand gestures for human-computer interfacing
- In virtual reality, multimedia and robot teleoperation

Solutions:

- Sensors physically attached to the hand, e.g. "DataGlove"
- Stereo-vision system - calibrated

- Stereo-vision system - uncalibrated (the approach proposed by Roberto Cipolla, Paul Hadfield and Nick Hollinghurst, “UNCALIBRATED STEREO VISION WITH POINTING FOR A MAN-MACHINE INTERFACE”, Proceedings of the IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA94), Yokohama, Japan - vorhanden unter </vol/lehre/robotik/CH.ps>)

Koordinaten-Transformation des unkalibrierten Verfahrens

Englisch

Here we used a pin-hole camera model which viewing a plane.

The viewing transformation is a plane collineation between a world coordinate system (X, Y) and image plane coordinates (u, v) .

$$\begin{bmatrix} su \\ sv \\ s \end{bmatrix} = \mathbf{T} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{T}_{3 \times 3}$ is homogeneous, $t_{33} = 1$. To solve T we need observe at least four points.

E.g. we define a *working plane coordinates* with $(0, 0), (0, 1), (1, 1), (1, 0)$.

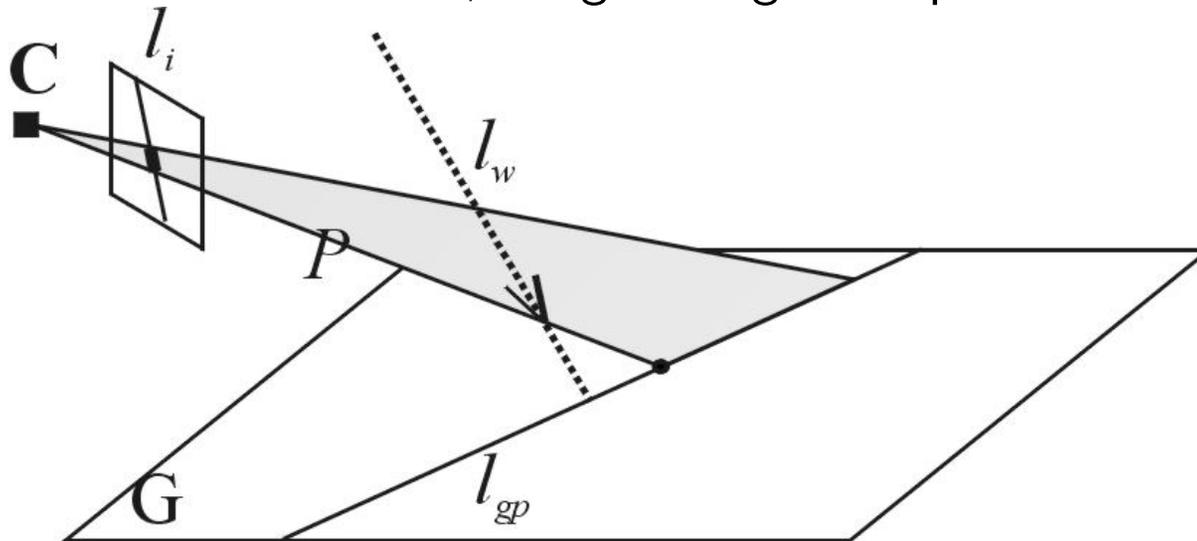
For the left and right camera, two transformations \mathbf{T} and \mathbf{T}' should be computed.

Projektion der Zeigerichtung auf der Bildebene und Arbeitsebene

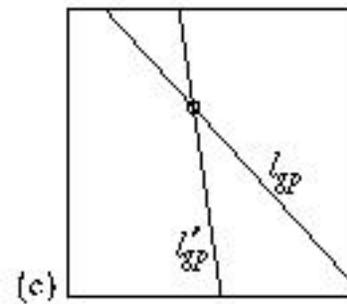
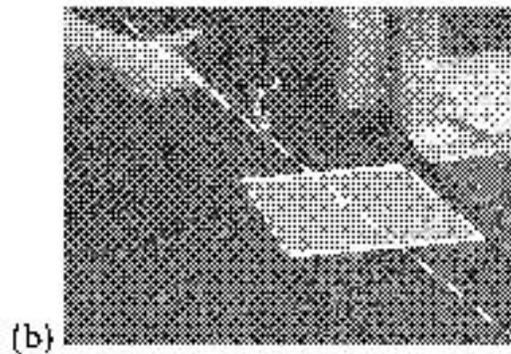
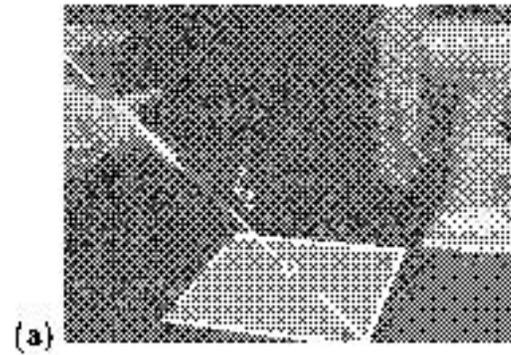
Englisch

Projection of the finger's image line l_i onto the ground plane yields a constraint line l_{gp} on which the indicated point must lie.

Relation between lines in the world, image and ground planes:



Wiederherstellung des Zeigepunkts in Stereo - I



Wiederherstellung des Zeigepunkts in Stereo - II

Englisch

indicated line: l_w

on the image plane: l_i

on the ground plane: l_{gp} (l'_{gp})

Important to note l_i is an image of line l_{gp} , i.e. $l_i = \mathbf{T}(l_{gp})$.

So

$$l_{gp} = \mathbf{T}^{-1}l_i$$

and

$$l'_{gp} = \mathbf{T}'^{-1}l'_i$$

These two lines l_{gp} and l'_{gp} will intersect at a point on the working ground plane, which is the indicated point.