Beispiel: Typische Innenaufnahmen

Figure 7.1
Stereo image pair of the laboratory.

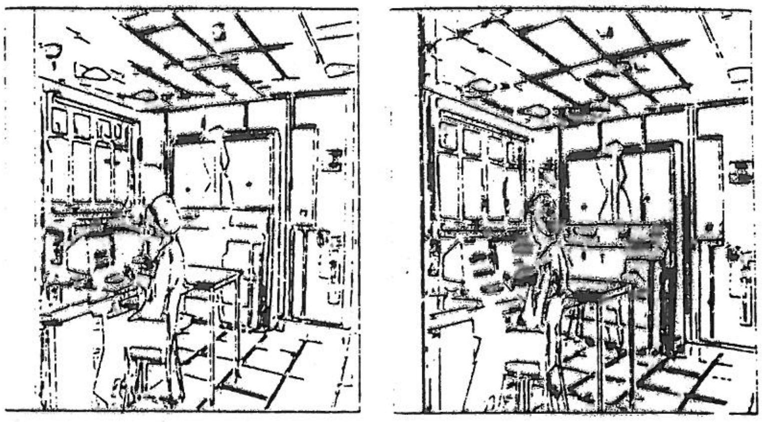
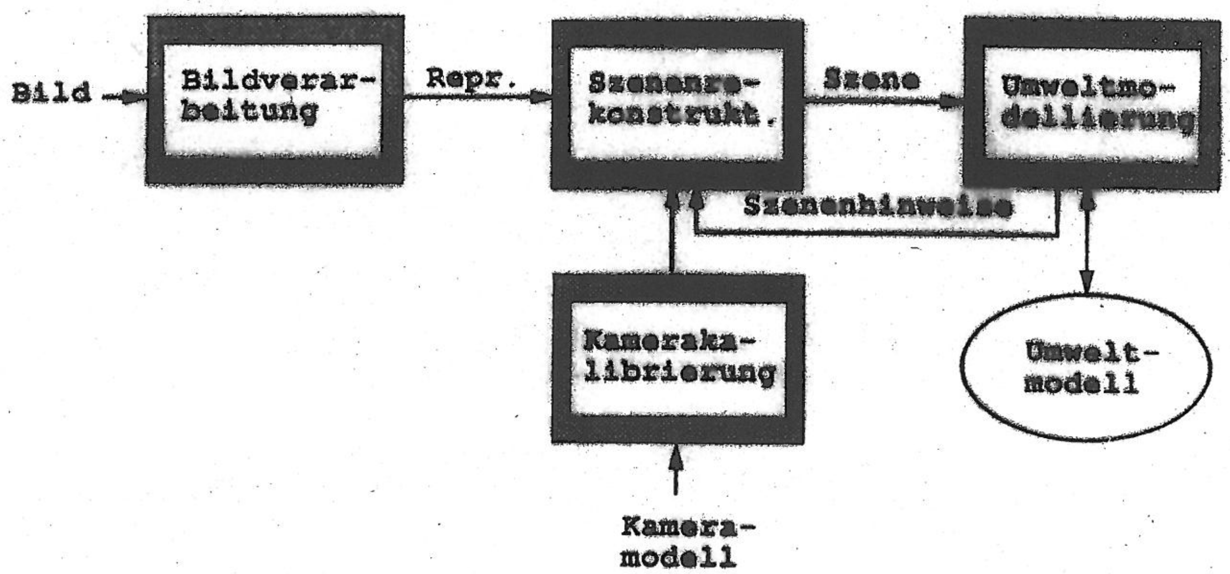


Figure 7.2
Polygonal contour approximation.

Figure 7.3
Contour segments with length greater than 12 pixels.

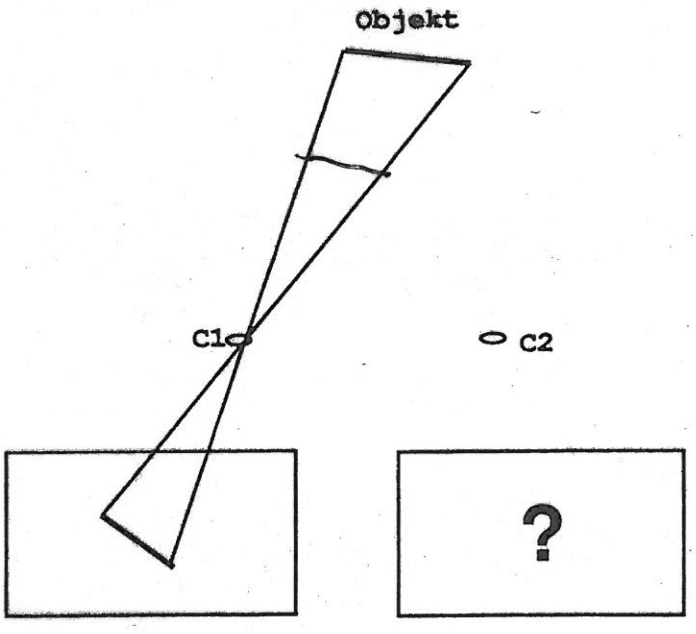
Struktur eines Sichtsystems



Binokulares Sehen

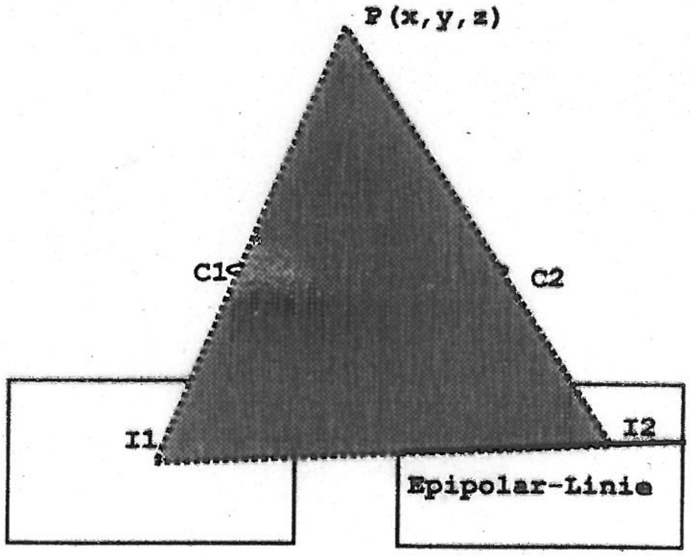
- Monocular Parallax
- Binocular Parallax
- Motion Parallax

Matching-Problem



Lokale Einschränkungen

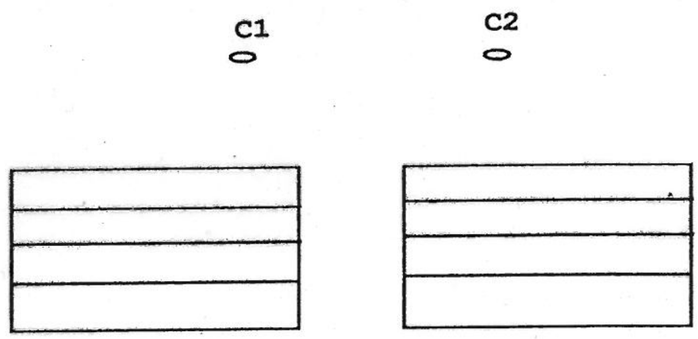
- Epipolar-Linie
- Länge
- Orientierung



Einschränkung im Szenenbereich

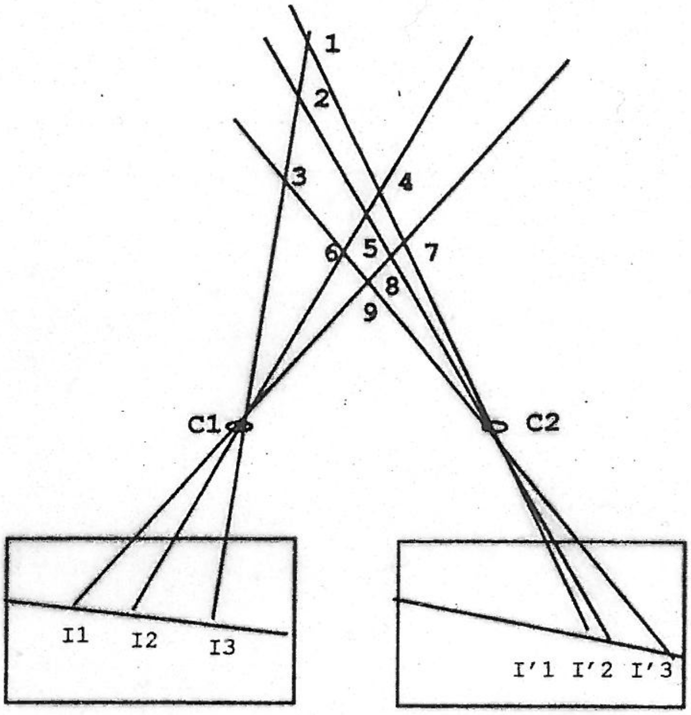
1. Beobachtete Punkte im Halbraum vor den Kameras
2. Größe der Bildflächen ist beschränkt
3. Tiefe der Szene, falls endlich

Bild-Rektifzierung



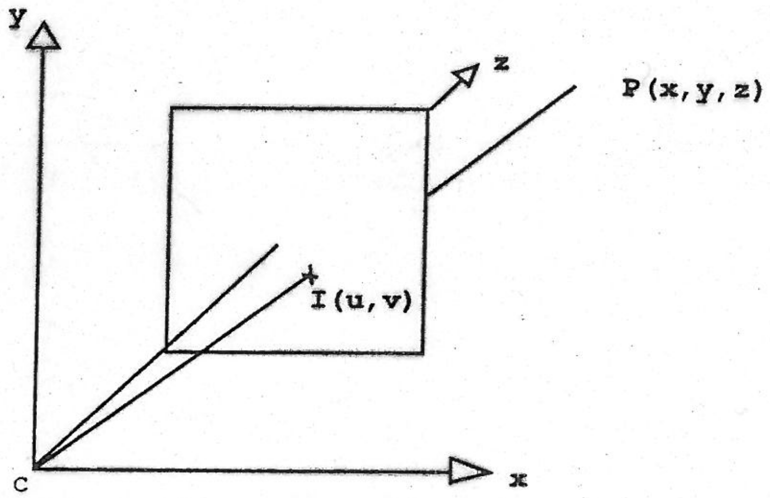
- Epipolarlinien parallel
- $v_1 = v_2$
- $u_1 > u_2$

Globale Einschränkungen



- Verträglichkeits-Einschränkung
- Eindeutigkeits-Einschränkung
- Stetigkeits-Einschränkung
- Positions-Einschränkung
- Reihenfolgen-Einschränkung

Zusammenhang Szene - Bild



$$TP^* = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U \\ V \\ S \end{pmatrix} = I^*$$

$$\begin{aligned} u &= \frac{P^t t_1 + t_{14}}{P^t t_3 + t_{34}} \\ v &= \frac{P^t t_2 + t_{24}}{P^t t_3 + t_{34}} \end{aligned}$$

Kameraparameter

Externe Parameter

- Position des Brennpunktes (x_0, y_0, z_0)
- Orientierung der Kamera (θ, ϕ, α)

Interne Parameter

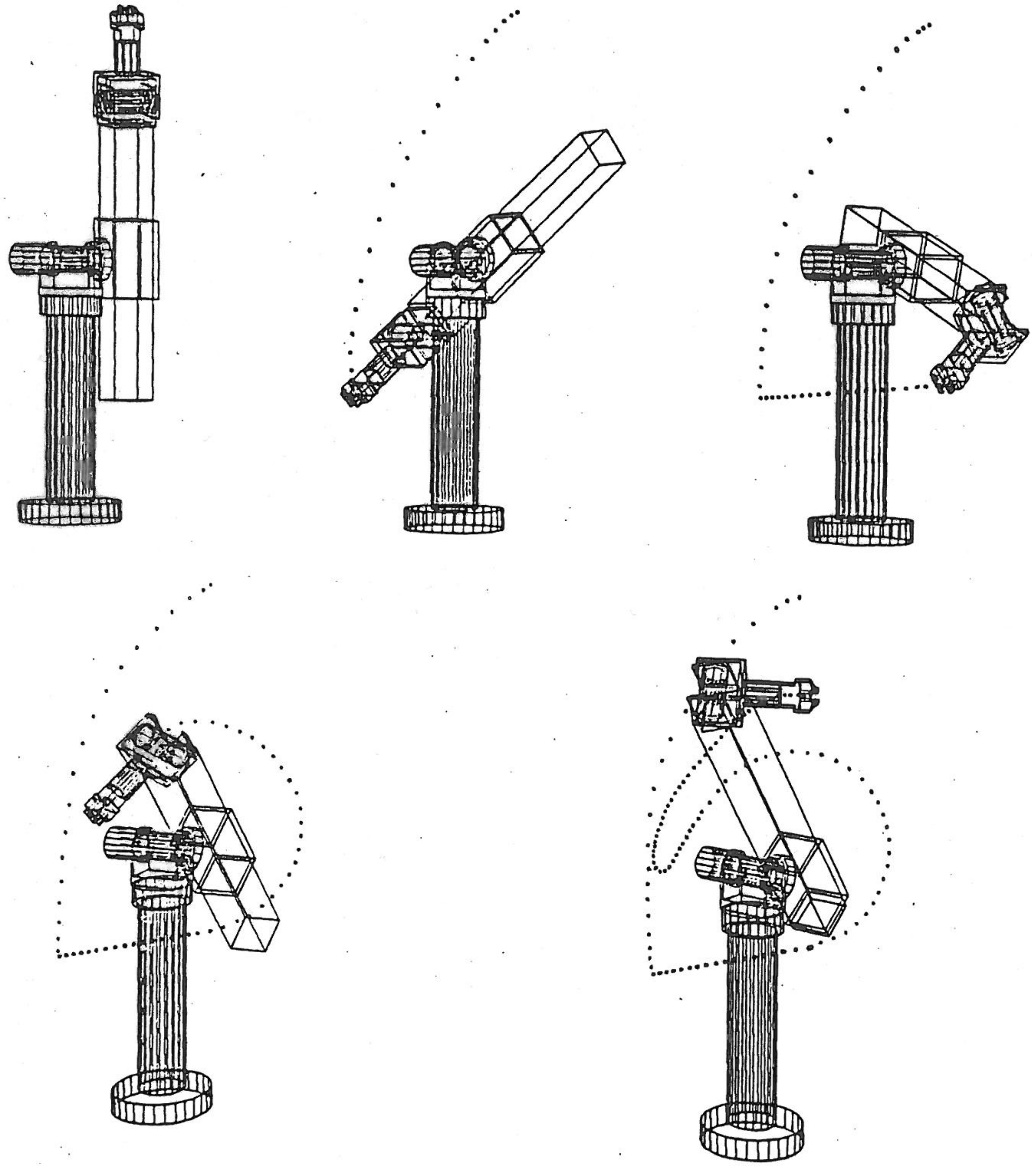
- Bildflächen-Zentrum (u_z, v_z)
- Fokus f und Pixelabstand $\vec{d} = (d_u, d_v)$
- Winkel ψ zwischen den Bild-Koordinatenachsen

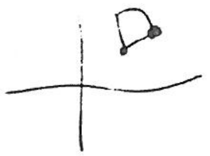
Kalibrierung

1. Bestimmung der externen und internen Parameter
2. Berechnung der Matrix T

zu 1: aufwendig, instabil

zu 2: Einschränkung $t_{34} \neq 0 \Rightarrow$ 11 Parameter $\Rightarrow$ 6 Punkte





Absolute Metrik

$$d(u,v) = |u_1 - u_2| + |v_1 - v_2|$$

```
    2 3 4
  2 1 2 3
2 1 X 1 2 3
  2 1 2 3
  2 3
  3
```

Maximum Metrik

$$d(u,v) = \max \{ |u_1 - u_2|, |v_1 - v_2| \}$$

```
2 2 2 2 2
2 1 1 1 2
2 1 X 1 2
2 1 1 1 2
2 2 2 2 2
```

Euklid'sche Metrik

$$d(u,v) = \sqrt{|u_1 - u_2|^2 + |v_1 - v_2|^2}$$

```
      2
  √2  1  √2
2  1  X  1  2
  √2  1  √2
      2
```

Rasterung - Quantisierung

bei Speicherproblem
=> fein Rastern, grob quant.
oder umgekehrt

Glätten = Rauschen entfernen

Tiefpaß Faltung

```
1 1 1
1 1 1
1 1 1
```

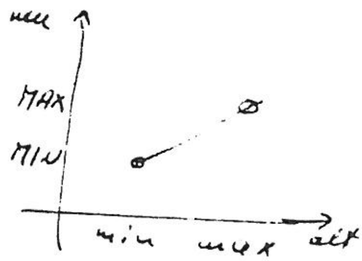
Randwerte berücksichtigen

Hysterese: Übergänge bleiben scharf, im Gegensatz zur Faltung

Grauwertmodifikation

$$g_{neu} = \frac{MAX - MIN}{max - min} \left(g_{alt} - min \right) + MIN$$

$$= k \cdot g_{alt} + k_1$$



Kantendetektoren jew. dx-Rtg.

Prewitt-Op.

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

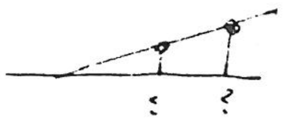
Sobel-Op.

$$\begin{matrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{matrix}$$

Laplace Filter
dx, dy

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix}$$

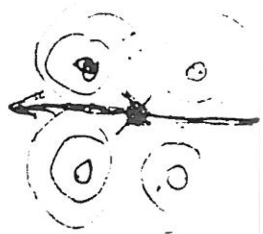
Monokulares Sehen: keine Tiefeninfo



Binokulares Sehen:

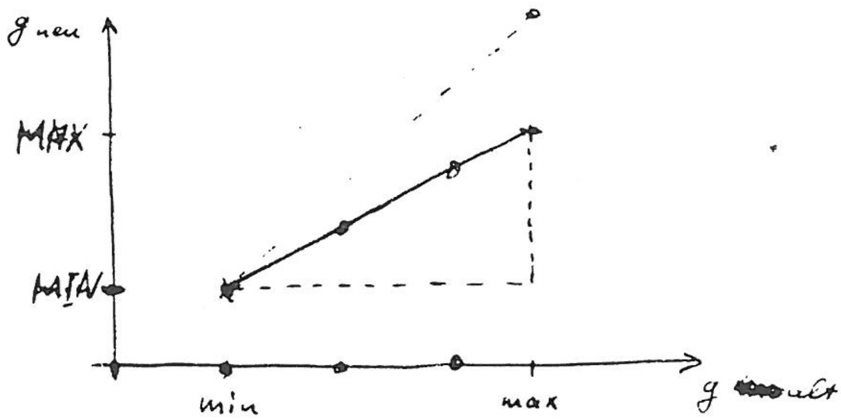
⇒ 2 stat. Kameras

oder 1 dyn. Kamera



Grauwertmodifikation

$$g(x,y) \rightarrow G(i,j)$$



$$g_{neu} = \underbrace{\frac{MAX - MIN}{max - min}}_{K} \left(g_{alt} - min \right) + MIN$$

$$g_{neu} = K \cdot g_{alt} + H$$

Grauwert Histogramm:

untersucht das Bild, ob K o. H variiert werden soll.

Kantendetektion:

höhe Grauwertänderung $\Rightarrow$ Kante

$$\frac{ds}{dx}(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{s(x + \Delta x) - s(x)}{\Delta x} \qquad s \mathrel{\hat{=}} \text{Grauwert}$$

$$\Delta_x s(x) = \frac{s(x+1) - s(x)}{1}$$

$$= s(x+1) - s(x)$$

Tiefpaß

$$\begin{array}{|c|c|c|}\hline 1&1&1\\\hline 1&1&1\\\hline 1&1&1\\\hline\end{array}$$

y, x

Filter

$$\begin{array}{|c|c|}\hline -1&1\\\hline\end{array} \qquad \begin{array}{|ccc|}\hline -1&0&1\\ -1&0&1\\ -1&0&1\\\hline\end{array} \qquad dx$$

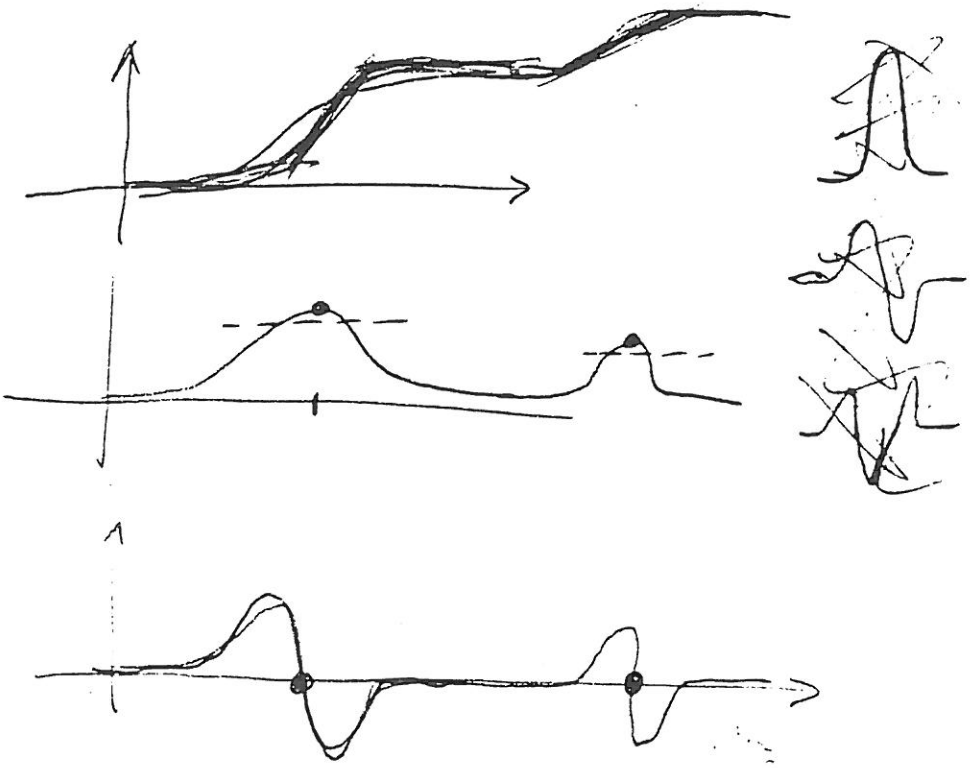
$$\begin{array}{|c|}\hline 1\\ -1\\\hline\end{array} \qquad \begin{array}{|ccc|}\hline 1&1&1\\ 0&0&0\\ -1&-1&-1\\\hline\end{array} \qquad dy$$

Prewett operator

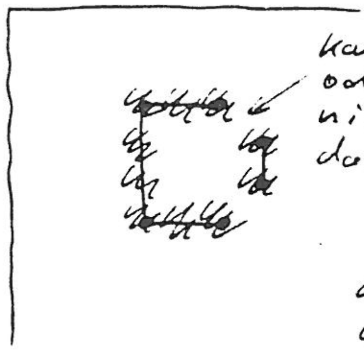
Differenzen operator

$$\begin{array}{|ccc|}\hline -1&0&1\\ -2&0&2\\ -1&0&1\\\hline\end{array}$$

(Absolutmetrik)
Sobeloperator



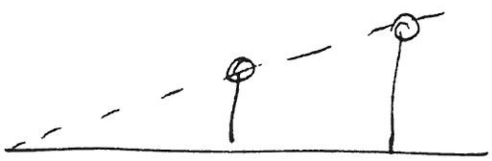
Binärbild

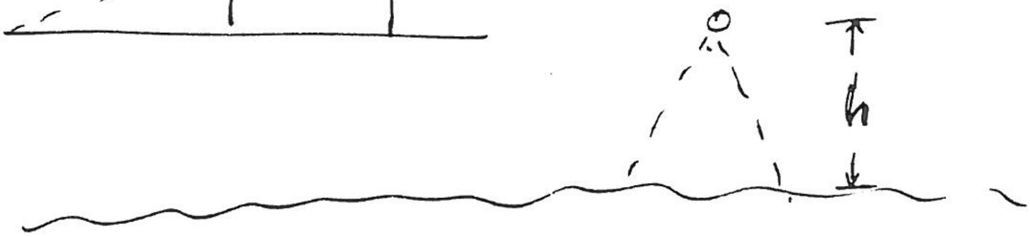


Kante oder nicht, das ist hier die Frage

Kantenverfolgung

Polygonapproximation





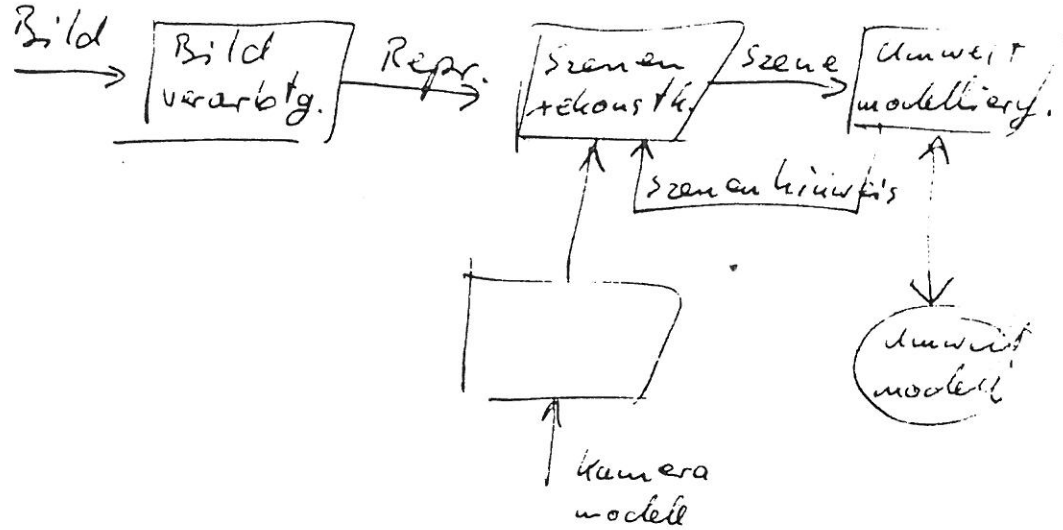
"Manopulares Sehen"

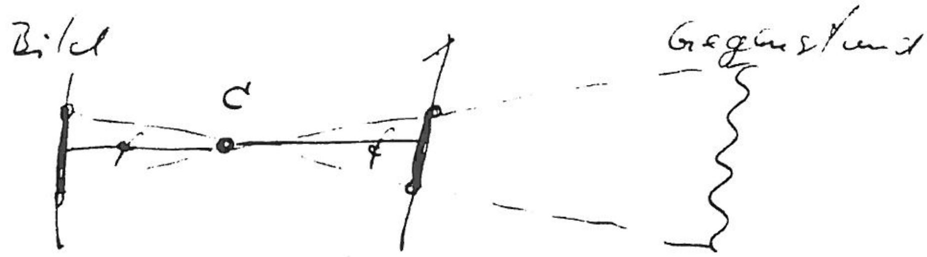
"Binokulares Sehen"

→ 2 stationäre Kameras

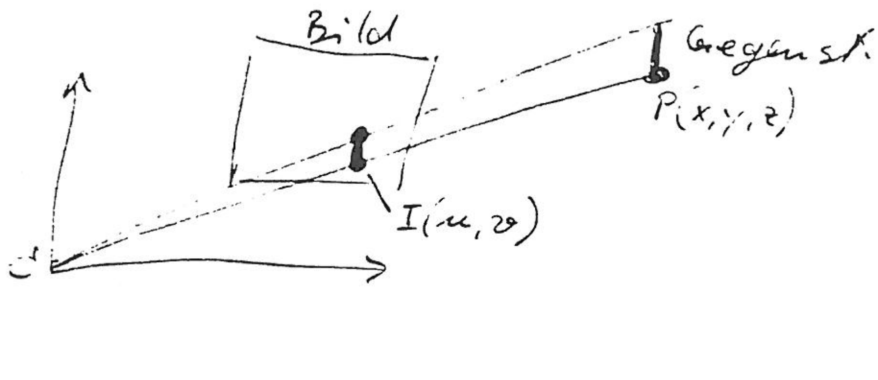
→ 1 dynam. Kameras

Struktur eines Sichtsystems





Zusammenhang Szene Bild



$$P = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \leftarrow \text{Skal.}$$

alle Pkte. der Form

$$P = \begin{pmatrix} x \\ Y \\ Z \\ s \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{werden Abgeb.}} \left.\begin{pmatrix} x/s \\ Y/s \\ Z/s \\ 1 \end{pmatrix}\right\} p' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}$$

$$\underline{I} = \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} \longrightarrow \left.\begin{pmatrix} u/w \\ v/w \\ 1 \end{pmatrix}\right] \underline{I}' = \begin{pmatrix} u' \\ v' \\ \cancel{1} \end{pmatrix}$$

$$\underline{I} = T \cdot P$$

$$(3 \times 1) = (3 \times 4) \cdot (4 \times 1)$$

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} = \left(\begin{array}{c} \overbrace{t_{11} \quad t_{12} \quad \cdots}^{t_{1\circ}} \\ t_{21} \\ \underbrace{t_{31} \quad \cdots \quad t_{33}}_{t_{3\circ}} \end{array} \begin{array}{c} t_{14} \\ t_{24} \\ t_{34} \end{array} \right) \cdot \left.\begin{pmatrix} x \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix}\right] p'$$

$$u = (t_{1\circ} \cdot p') + t_{14}$$

$$v = (t_{2\circ} \cdot p') + t_{24}$$

$$w = (t_{3\circ} \cdot p') + t_{34}$$

$$\boxed{\begin{aligned} u' &= \frac{t_1 p' + t_{14}}{t_3 p' + t_{34}} \\ v' &= \frac{t_2 p' + t_{24}}{t_3 p' + t_{34}} \end{aligned}}$$

$I^* = T \cdot P^*$

OBdA.: $t_{34} = 1$

Kamerakalibrierung (2 Möglichkeiten)

$\boxed{\text{1. Matrix T berechnen}}$

Objekt an definierter Stelle im Raum (kein Mittelwert, nicht definiert)

$\Rightarrow$ pro Pkt. P 2 Gleichg., 11 Unbek. ~~$t_{34}=1$~~

≥ 6 Punkte

- nicht beliebig.
- überbest. GS

$\boxed{\text{2. Kameraparameter}}$

externe Parameter

- Pos. des Brennpunktes (x_0, y_0, z_0)
- orientierung der Kamera (θ, ϕ, α)

interne Parameter

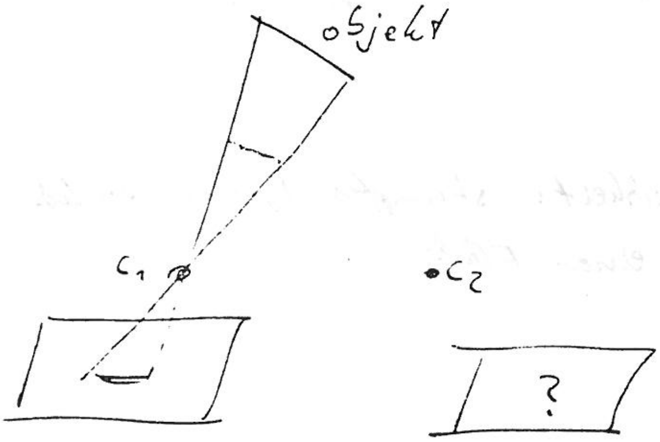
- Bildflächen-Zentrum (u_z, v_z)
- Fokus f und Pixelabstand $\vec{d} = (d_u, d_v)$
- Winkel ψ zwischen den Bildkoordinatenachsen

Kalibrierung: 1) Bestimmg. der ext. und int. Param.
2) Berechng der Matr. T

zu 1) zu aufwendig, instabil

zu 2) Einschränkung $t_{34} \neq 0 \Rightarrow 11$ Param $\Rightarrow 6$ Pkt.

Matching Problem

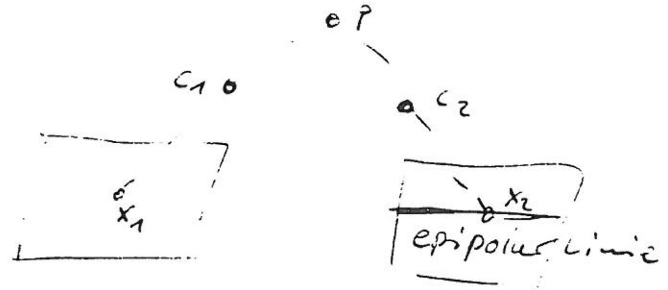


Algorithmus:

- ~~Einschränkung über Epipolarlinie~~
- Objektmenge linke Seite
  Objektmenge rechte Seite
  bilden
- Ein Objekt der einen Seite nehmen und andere Objektmenge über Epipolarlinien einschränken.
  ⇒ Kandidat versuchen zuzuordnen
- Auf Konsistenz prüfen, ggf. andere Zuordnung ausprobieren.

lokale Einschränkung

- Epipolarlinie
- Länge
- Orientierung

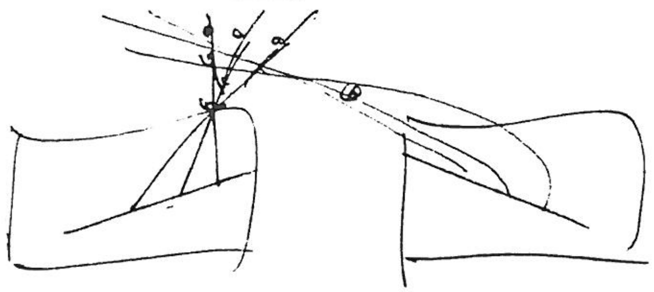


$\mathcal{O}(n^2)$

↓ Reduzierg.

$\mathcal{O}(n)$

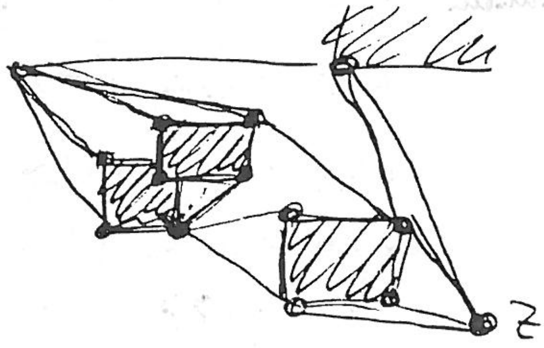
globale Einschr.



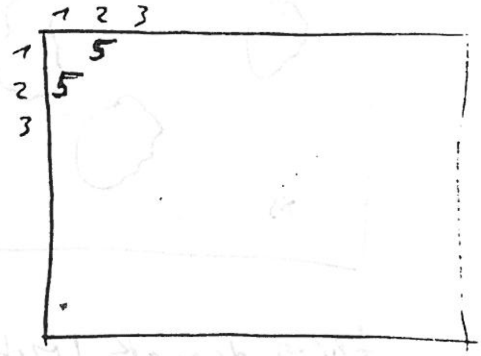
- Verträglichkeits-
- Eindeutigkeits-
- Stetigk.-
- Positions-
- Reihenfolgen-

Einschränkungen

Sichtgraph



Knoten

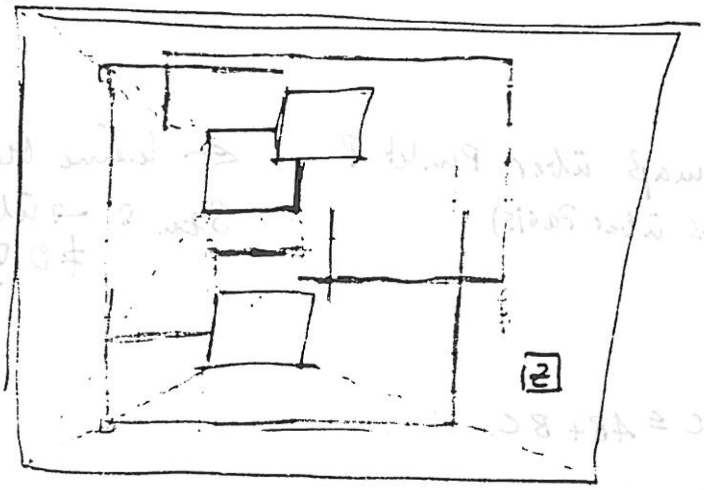


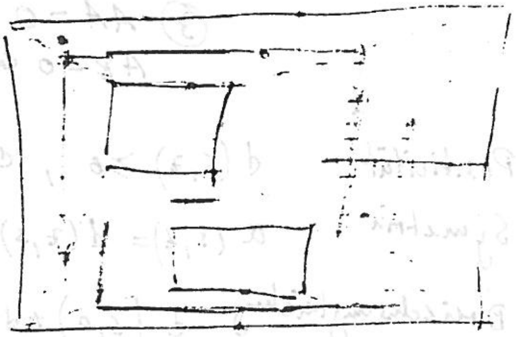
- Sichtgraph aufstellen ohne Anf-/Endpkt — a-priori

a priori

- AP/EP - aufnehmen
- Wegsuche AP → EP

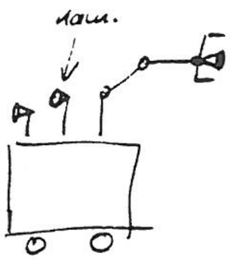
- Voronoi diagramme — a priori

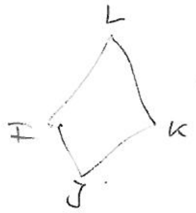


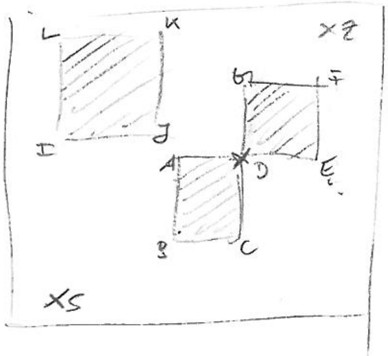


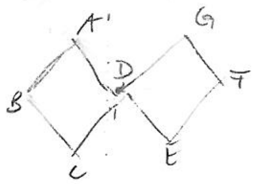
Roboter

Untersch. Kriterien	Ind. Roboter	intellig. Rob.
Aufgaben	1 Aufg.	mehrere Aufg.
Mobilität	nicht	möglich
Sensorik	wenig	viel
lernen	nicht	möglich
Umweltmodell	klein	groß



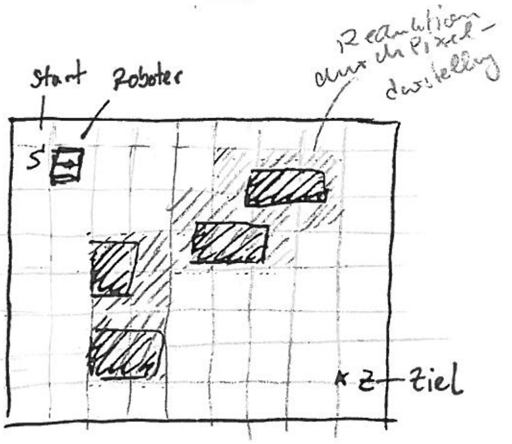




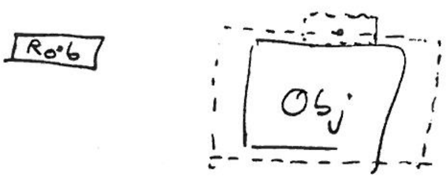


nach Reduktion mit Raster

1. Bahnplanung



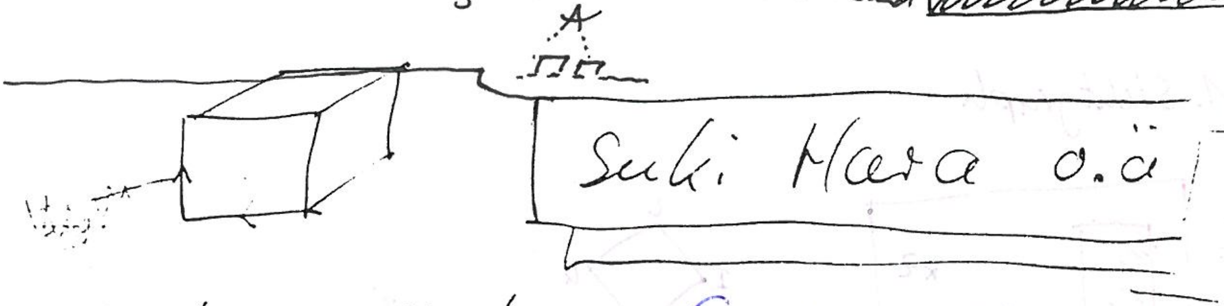
Potentialfeld aufbauen
Objekte hohe Potentiale
von Ziel aus steig. Potentiale
Kugel rollt abwärts
lokale Minima beachten



kein rotat. Freiheitsgrad

Hindernisse vergrößern, Roboter ≙ Punkt

Sugihara => Interpretation von Kantenfiguren, die mit einer einzelnen Kamera aufgenommen wurden. Anwendung z.B. beim Förderband

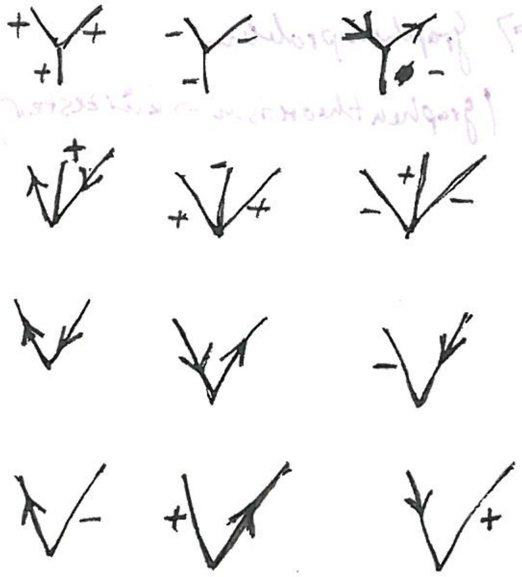


+ : konvexe Kante

− : konkave Kante

> : Fläche rechts

Sugihara



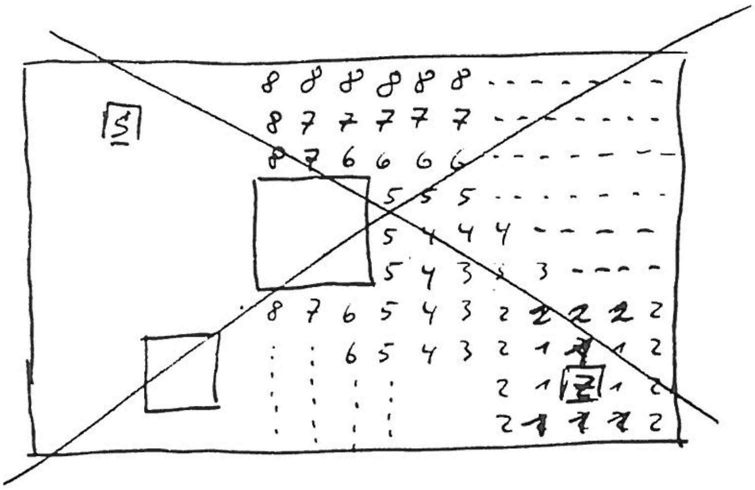
Y-Ecken

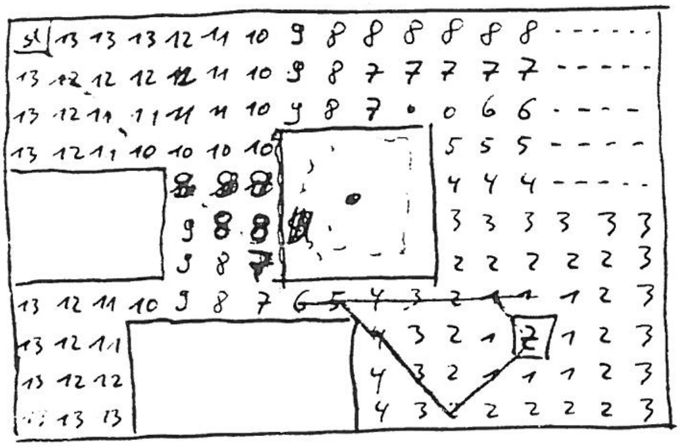
W-Ecken

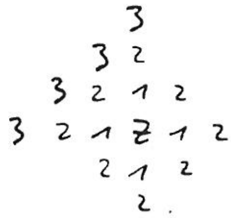
V-Ecken

Algor.

Abstandsfeldmethode







Potentialfeld

Hindernis : abstoßend   a priori

Ziel   : anziehend

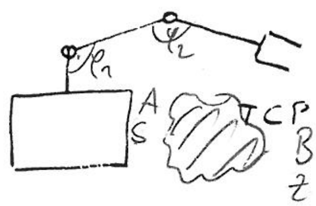
Konfigurationsraummethode

{ Bahnplanung für Roboterarme }

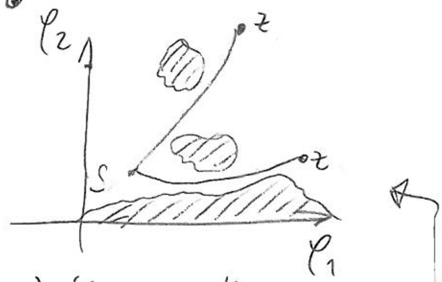
Bahnplanung von Manipulatoren

rotatorische } Gelenke
translatorische

Konfigurationsraum
Ortsraum → Gelenkwinkelraum



TCP (Tool Center Point)



1.) direktes kinemat. Problem

$$(\Theta_1, \Theta_2, s) \longrightarrow (x, y, z)$$

↳ 3. Freiheitsgrade

2.) inverses kinemat. Problem

$$(x, y, z) \longrightarrow (\Theta_1, \Theta_2, s)$$

1) $\varphi_{1min} \le \varphi_1 \le \varphi_{1max}$
Ebenen im Gelenkraum

2) $\dot{\varphi}_{1min} \le \dot{\varphi}_1 \le \dot{\varphi}_{1max}$
Geschwindigkeiten

3) $\ddot{\varphi}_{1min} \le \ddot{\varphi}_1 \le \ddot{\varphi}_{1max}$

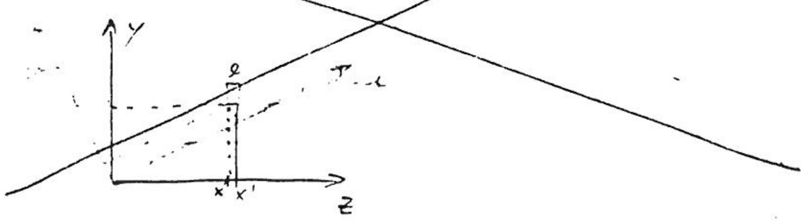
4) $\dddot{\varphi}_{1min} \le \dddot{\varphi}_1 \le \dddot{\varphi}_{1max}$

24 Freih.grade kein Schwachsinn, ⇒ dopp. belegt,
⇒ mehr Freiheiten

Konfigur. → Ortsraum

~~Koordinatensystem umwandlung~~

Siehe nächste Seite



Trajektorien-Typen

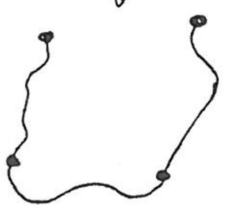
Bahn

Point-To-Point

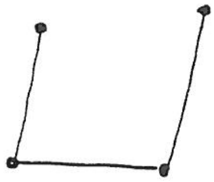
ptp - Trajektorie

ptp-linear-Trajektorie

1)

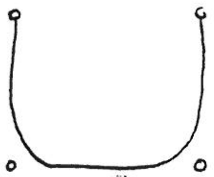


Scheiss egal
wie sich Punkt bewegt



lineare Bewegung
(Schweißen)

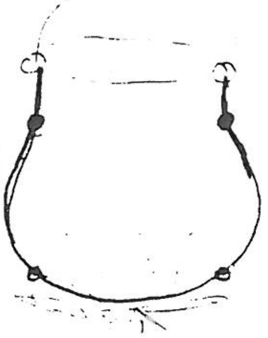
2)



ptp mit Überschleifen

nicht verlangt, dass bestimmte Punkte erreicht werden

3)



Approximiert

ptp mit Bahnapproximation

⇒ nicht Abbremsen an den Ecken

Frage: Wie kann ich diese Trajektorien im Konf.raum abbilden???

Kollisionsvermeidung

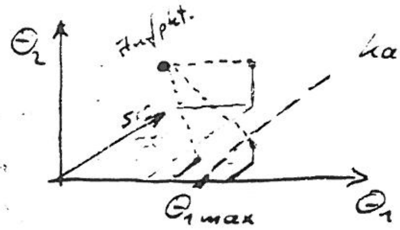
interne KV

$$\Theta_{min} \leq \Theta \leq \Theta_{max}$$

$$\dot{\Theta}_{min} \leq \dot{\Theta} \leq \dot{\Theta}_{max}$$

$$\ddot{\Theta}_{min} \leq \ddot{\Theta} \leq \ddot{\Theta}_{max}$$

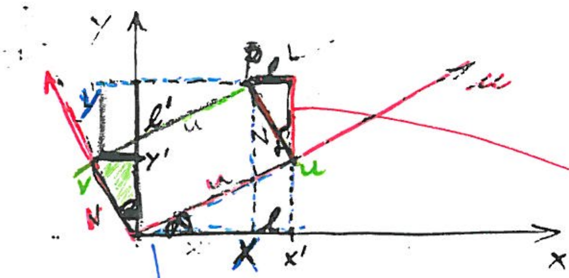
externe KV (Konfigurationenraum)



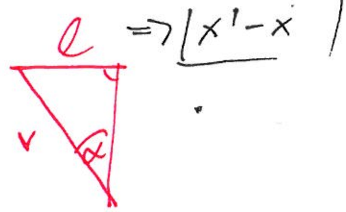
kann alles den gleichen Pkt. anschreiben

$\begin{pmatrix} \sin & -\cos \\ \cos & \sin \end{pmatrix}$

Koord.system transform.

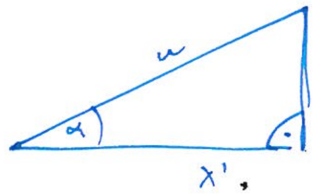


Drehung des Arms
⇒ Drehung des Koord. systems



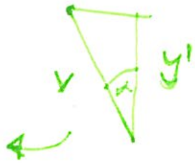
$$x = x' - l$$

$$\sin\alpha = \frac{l}{v} \Rightarrow l = v \cdot \sin\alpha$$



$$\cos\alpha = \frac{x'}{u} \Rightarrow x' = u \cdot \cos\alpha$$

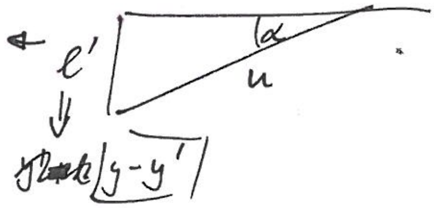
$$\boxed{x = u \cdot \cos\alpha - v \cdot \sin\alpha}$$



$$y = y' + l'$$

$$\cos\alpha = \frac{y'}{v} \Rightarrow y' = v \cdot \cos\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{l'}{u} \Rightarrow l' = u \cdot \sin\alpha$$



$$\boxed{y = u \cdot \sin\alpha + v \cdot \cos\alpha}$$

$$u \cdot \cos\alpha - v \cdot \sin\alpha = x$$

$$u \cdot \sin\alpha + v \cdot \cos\alpha = y$$

$$\begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & +\cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{vmatrix} = \cos^2 + \sin^2 = 1$$

⇒ keine Streckung

Drehg. um Ursprung

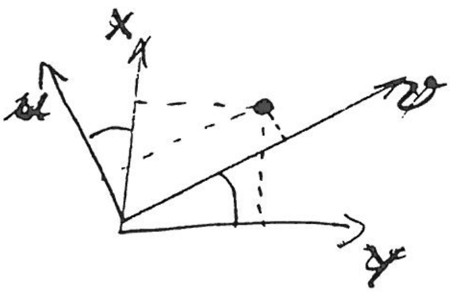
$$\begin{pmatrix} \sin\varphi \cdot x + \cos\varphi \cdot y \\ \cos\varphi \cdot x - \sin\varphi \cdot y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x\cdot\cos\varphi - y\sin\varphi \\ x\sin\varphi + y\cos\varphi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Drehg. um $-\varphi$

$$\begin{pmatrix} \cos(-\varphi) & -\sin(-\varphi) \\ \sin(-\varphi) & \cos(-\varphi) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi \\ -\sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix}$$

HP-UPN-Rotation




```
sto x
x <> y
sto y
input w, u, v
rcl u, sto -x
rcl v, sto -y
rcl w, sin, rcl x, ·
rcl w, cos, rcl y, ·, +
rcl v, +
rcl w, cos, rcl x, ·
rcl w, sin, rcl y, ·, -
rcl u, +
rtn
```

$$\left.\begin{array}{l} \text{rcl w, sin, rcl x, ·} \\ \text{rcl w, cos, rcl y, ·, +} \\ \text{rcl v, +} \end{array}\right\} y$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{rcl w, cos, rcl x, ·} \\ \text{rcl w, sin, rcl y, ·, -} \\ \text{rcl u, +} \end{array}\right\} x$$

$$17 \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} c & -s \\ s & c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c & s \\ -s & c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$D_{x\alpha} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \qquad \text{Drehung um x-Achse}$$

$$D_{y\Theta} = \begin{pmatrix} \cos\Theta & 0 & \sin\Theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\Theta & 0 & \cos\Theta \end{pmatrix} \qquad \text{Drehung um y-Achse}$$

$$D_{z\delta} = \begin{pmatrix} \cos\delta & -\sin\delta & 0 \\ \sin\delta & \cos\delta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad \text{Drehung um z-Achse}$$

$$D(\alpha, \Theta, \delta) = D_{x\alpha} \cdot D_{y\Theta} \cdot D_{z\delta}$$

Dreh + Transf.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = D \cdot \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x^T \\ y^T \\ z^T \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ s' \end{pmatrix} = \left(\begin{array}{c|c} \overset{3\times3}{D} & \overset{3\times1}{T} \\ \hline \underset{1\times3}{P} & \underset{1\times1}{S} \end{array}\right) \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \\ 1 \end{pmatrix}$$

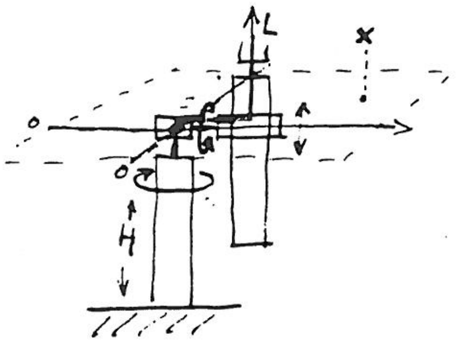
P = PerspektivenVektor = 1×3

D = Drehmatrix = 3×3

T = Translationsvektor = 3×1

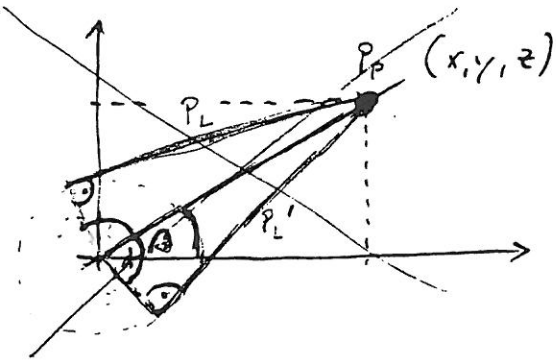
S = Skalierungsfaktor = 1×1

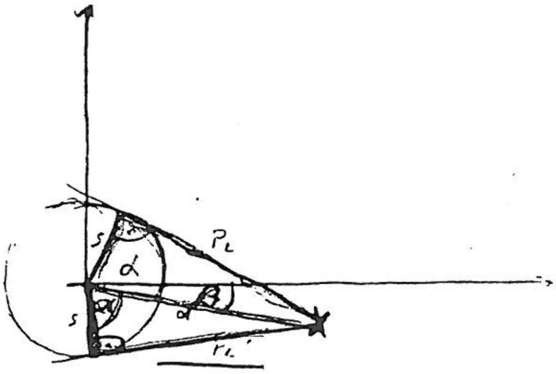
inverses kinem. Probl.

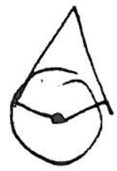


Problem:

$$(x, y, z) \rightarrow \left(\Theta_1, \Theta_2, \frac{L}{s}\right)$$







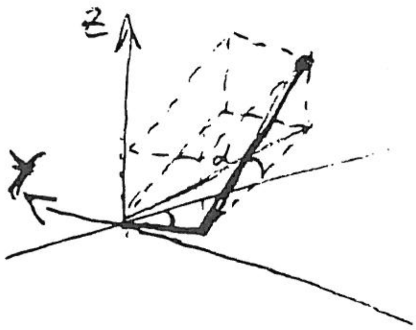
$$\beta = \arctan \frac{|y|}{|x|}$$

$$\alpha = \arctan \frac{P_L'}{s}$$

$\Theta_1 = \alpha + \beta$	$y < 0$	Rechtsbetrieb	unterer	Fall
$\Theta_1 = \alpha - \beta$	$y > 0$	"	oberer	"
$\Theta_1' = \alpha - \beta$	$y < 0$	Linksbetrieb	unterer	Fall
$\Theta_1' = \alpha + \beta$	$y > 0$	"	oberer	"

$$d = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$P_L = \sqrt{d^2 - s^2} = \sqrt{x^2 + y^2 - s^2}$$



$$h = z - H$$

$$L = \sqrt{h^2 + P_L^2}$$

$$\Theta_2 = \arctan \frac{h}{P_L}$$

Repräsentation von Wissen

- Wissen über die Umgebung
  → Umweltrepräsentation
- Expertenwissen
  → XPS
- Planungswissen
  → Planungsverfahren
- Lernen, Maschinelles Lernen
  → N.N. (neuronales Netz)

$O = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_n\}$ Operatoren

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ Zustände

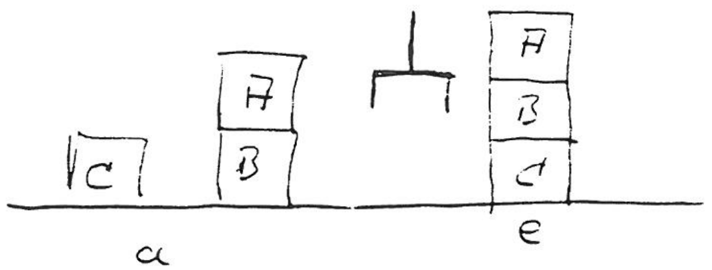
geg.: $a \in Z$

$e \in Z$

Anz. der Operatoren

ges.: $(o)_i : a \xrightarrow[o_1]{} z_{i_1} \xrightarrow[o_2]{} z_{i_2} \xrightarrow[o_3]{} \dots \to z_{i_k} = e$

↑ Plan
$i = 1..k$



Predicate

$auf\_tisch(x, z_i)$

$auf(x, y, z_i)$

$frei(x, z_i)$

$in\_hand(x, z_i)$ $\quad x = nil$ (hat nix inner hand)

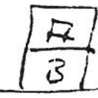
Operatoren

$Aufnehmen(x, z_i)$: Greifer nimmt Block x vom Tisch auf.

$Abnehmen(x, y, z_i)$: Greifer nimmt Block x vom Block y ab.

$Ablegen(x, z_i)$: ...

$Drauflegen(x, y, z_i)$: ...

einfachere Situation 

$a = auftisch(B, z_0) \land auf(A, B, z_0) \land frei(A, z_0) \land in\_hand(nil, z_0)$

$e = in\_hand(A, t)$ ges. wird t mit der Eigenschaft

$\exists t: inhand(A, t)$

$$\underline{Abnehmen}(x,y,z) = auf(x,y,z) \land frei(x,z) \land in\_hand(nil,z) \Longrightarrow$$
$$in\_hand(x, \underline{abnehmen(x,y,z)}) \land$$
$$frei(y, \underline{abnehmen(x,y,z)}) \land$$
$$\neg in\_hand(nil, z_1) \land$$
$$\neg auf(x,y,z_1) \land \neg frei(x,z_1)$$

$z_1 = abnehmen(x,y,z)$

jetzt e' Situation gesucht

$e' = \exists t : auf\_tisch(A, t) \wedge auf\_tisch(B, t)$

$Ablegen(x, z) = in\_hand(x, z) \rightarrow$
$auf\_tisch(x, \underline{ablegen(x, z)}) \wedge$
$in\_hand(nil, z_1) \wedge$
$\neg\, in\_hand(x, z_1)$

$z_1 = ablegen(x, z)$

$z = Ablegen(A, Abnehmen(A, B, z_0))$

Rahmen : NachBed.
Qualifikations~~???~~problem : VorBed.

Wdh. vom letzten mal
Planung als Inferenz

$$\underset{\{\text{hand frei}\}}{KF} \xrightarrow[\text{op.}]{} \underset{\{\text{hand nicht mehr frei}\}}{KF}$$

- wo bleibt der Plan?
  → $\underline{s}$ {Zustände mitführen}

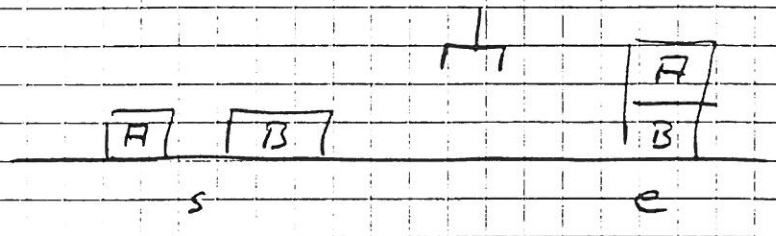
- Rahmenproblem
  was wird von Operatoren unveränd. gelassen

- Qualifikationsproblem
  (Block bleibt nicht am Tisch kleben,
  .. fällt nicht aus Greifer)

Planungswissen

- Planung als Inferenz (Problemlösung)
- Planung als Suche
- konjunktive Zielplanung

Planung als Suche



s: auf_tisch (A),
auf_tisch (B),
in_hand (nil)
frei (A), frei (B)

} Startzustand

e: auf_tisch (B)
auf (A,B)
in_hand (nil),
frei (A)

Operatoren:

Aufnehmen (x)

VB: auf_tisch (x)
in_hand (nil)
frei (x)

} muß im vorherigen Zustand gelten (vorhanden sein)

NB: Dazu Liste
in_hand (x)
Weg Liste
auf_tisch (x)
in_hand (nil)
frei (x)

} kann auf vorherigen Zustand angewendet werden.

man geht von Endzustand aus vor

endzust. ist nicht erfüllt, versuchen
zu erfüllen.
⇒ Operator suchen, der entsprechendes
Prädikat hat, und anwenden.
auf das Prädikat, das momentan
nicht erfüllt ist (also nicht in (mind)
(nil) sein e-Zust).

program ~~PLS~~ {planning durch suchen}
PLS' (Z, S)
Eingabe: Z Menge von Zielen
S Startsituation
Hilfsvariable: S'' aktuelle Situation
Ausgabe: P Plan (lineare Ordnung von Op.)

0: P := ∅; S'' = S'.
1: while, non Ziele Z offen in S'', do
1.1: wähle Ziel Z1 {bel. Ziel}
1.2: wähle Operator O, der Z1 in der Durchliste hat.
1.3: P := P + PLS' (O. Vorbed., S', + O)
1.4: S' := P(S) {S' ergibt sich durch Anwendg. von Plan P auf Situation S'}

2: return(P).

weitere Operatoren:

Draufleg en (x, y)

~~VB: in_hand (x)~~

~~frei (y)~~

NB: Dazu Liste

auf (x, y)

frei (x)

in_hand (nil)

Weg Liste

frei (y)

in_hand (x)

siehe Endzustand

$Z = \{ \ldots \}$

$S' = \{ \ldots \} = S'$ (0.)

$P = \emptyset$ (0.)

$Z_1 = auf(A, B)$ (1.1)

$O = $ Draufleg en (1.2.) für $x = A, y = B$

$Z = \{ in\_hand(A), frei(B) \}$

$S' = \{ \ldots \} = S'$; $P = \emptyset$ (0.)

$Z1 = in\_hand(A)$ (1.1)

$\rightarrow O1 = $ Aufnehmen (1.2) mit $X = A$.

$O2 = $ Abnehmen

$Z = \{ auf\_tisch(A), frei(A), in\_hand(nil) \}$

$S' = \{ \ldots \} = S$. $P = \emptyset$ (0.)

$P = \emptyset$ (2.)

$P = $ Aufnehmen (A) (1.3)

$S' = \{ in\_hand(A), auf\_tisch(B), frei(B) \}$

P = Aufnehmen (A) + Drauflegen (A, B).

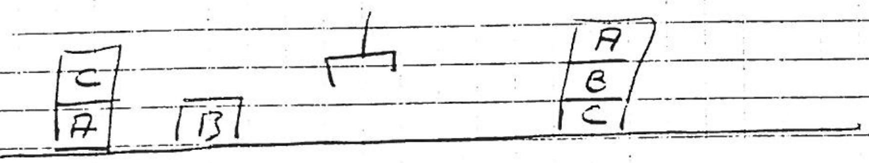
S' = { auf-tisch (B), auf (A, B), in-hand (nil), fre

(2) P ⟶ Plan ausgeben

Probleme von PLS:

- bereits erfülltes Ziel wird zerstört

Die Sussmann-Anomalie



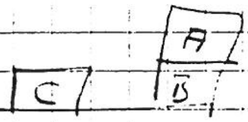
frei (C)	1. auf tisch (C)
~~frei~~ (B)	2. auf (B, $\cancel{A}$ C)
auf-tisch (A)	3. auf (A, B)
auf tisch (B)	4. in hand (nil)
auf (C, A)	5. frei (A)
in-hand (nil)	

Abnehmen (C, A)
Ablegen (C)
Aufnehmen (B)
Drauflegen (B, C)
Aufnehmen (A)
Drauflegen (A, B)

Dieser Plan entsteht bei Beachtung der Ziele in Reihenfolge
[illegible]
[illegible]

[illegible] Reihenfolge:

3: AN(C,A), AL(C), Auf(A), Drauf(A,B)



2: AN(A,B), AL(A), Auf(B), Drauf(B,C)

3: Auf(A), Drauf(A,B)

$\Rightarrow$ 4 Schritte mehr

[illegible] Reihenfolge

2: Auf(B), Drauf(B,C)

3: AU(B,C), AL(B), {Ausg. Situation}

~~AN(B,B)~~ AN(C,A), AL(C), Auf(A), Drauf(A,B)

2: AN(A,B), AL(A), Auf(B), Drauf(B,C),

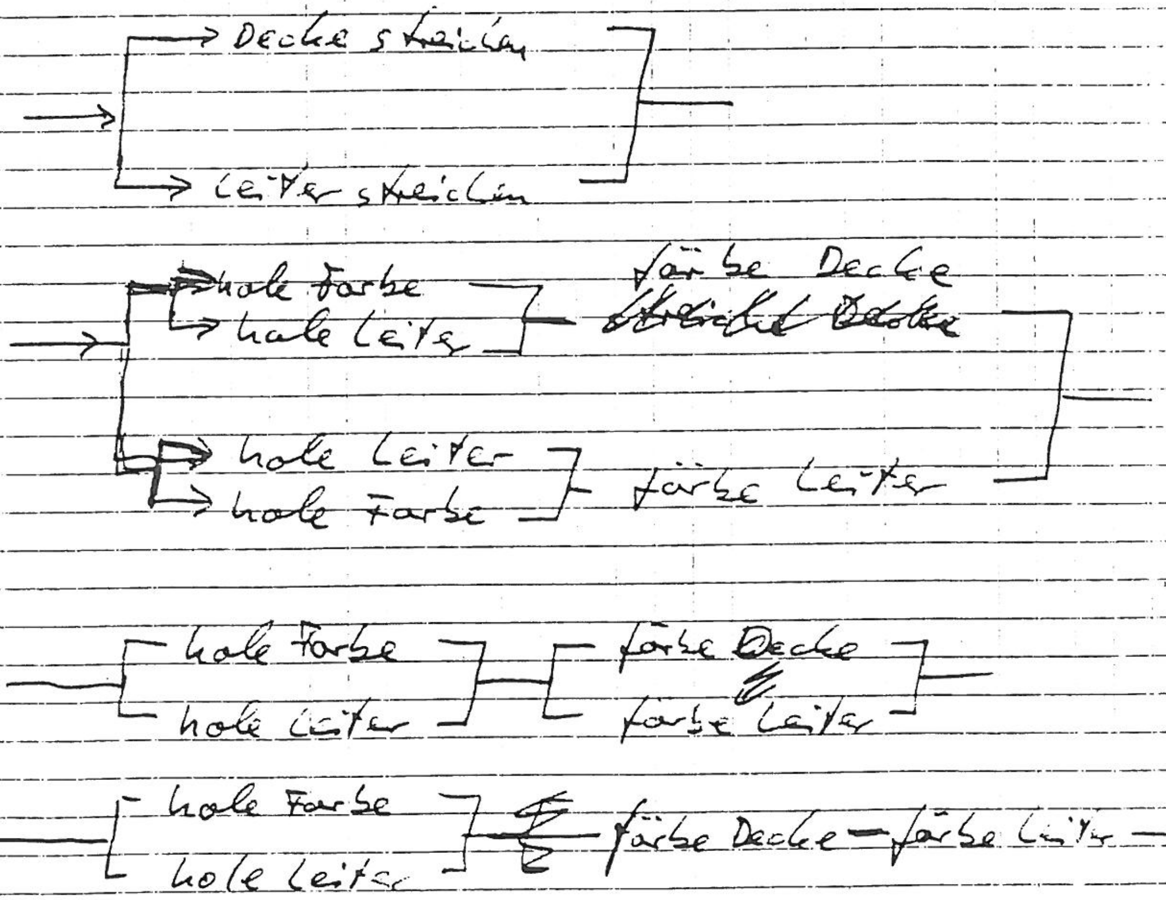
3: Auf(A), Drauf(A,B)

$\Rightarrow$ 14 Schritte (Reicht ab)

Konjunktive Zielplanung

⇒ mehrere Ziele betrachten um sie zu erfüllen (nicht nur auf eines konzentrieren und dann ein anderes)
{ streiche Leiter, streiche Leiter }

Bsp.: streiche Decke, streiche Leiter



Repräsentation von Wissen

Entität (etwas Seiendes)

lebendiges Wesen — Ding

↓

Mensch

↓

Frau

↓

Mutti

↓

Frau Meier — Individuen

Spezialisierung ↓ — Generalisierung ↑

Klassen

Attribut-Ausprägung

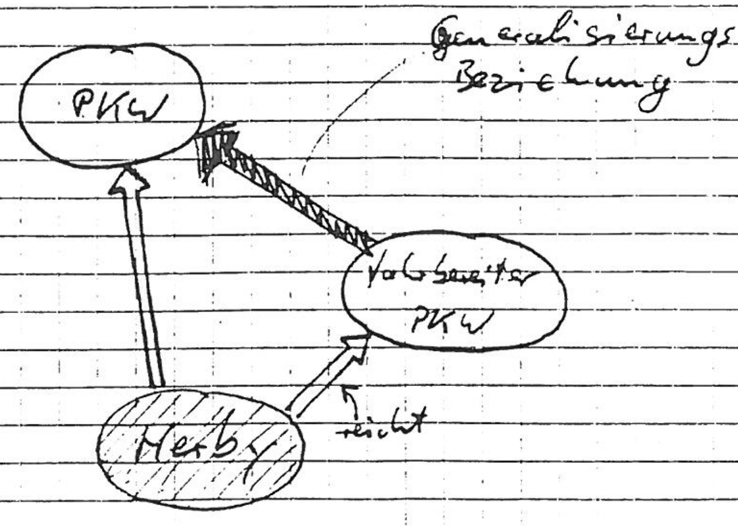
Ausprägung des Begr. Mutti
↳ ist im Baum ein Blatt

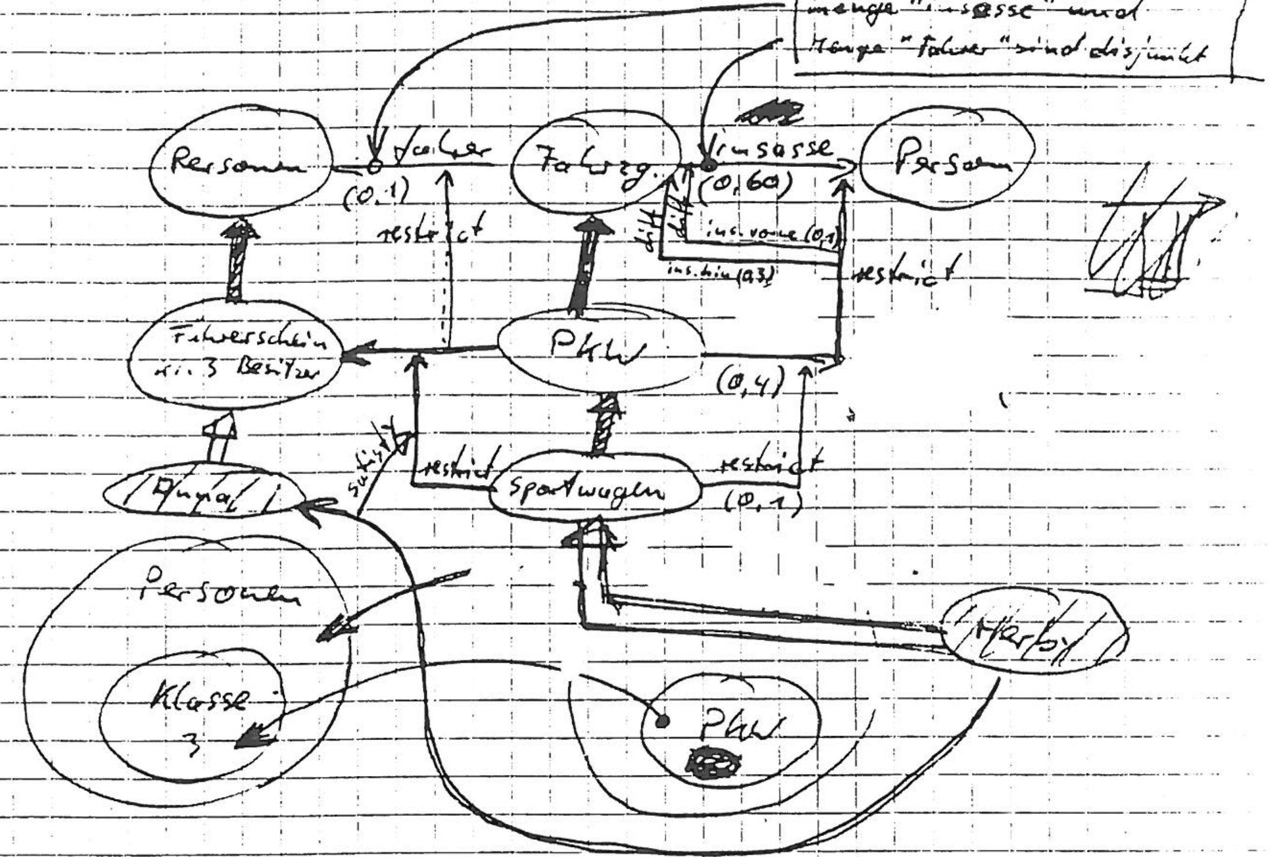
Individuum
Diskurs-Bereich
Grundmenge der Prädikate

$M(\text{Frau\_Mayer}) = W.$ (wahr)

$\forall x \; M(x) \rightarrow F(x).$

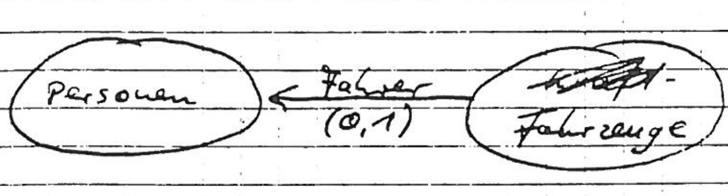
KL-ONE (Knowledge Language One)





Attribut mit Restriktion	restrict →
Attribut mit Differenzierung	diff →
Attributsausprägung	satisfy →
Strukturbedingung	▭

Begriffe	Prädi.logik	KL-ONE
Gattung	einstelliges Prädikatensymb. P(x)	◯
Generalisierung immer nur zwischen Gattungen	$\forall x\, G_1(x) \rightarrow G_2(x)$	$G_1 \Rightarrow G_2$
allgemeinste Gattung	$\forall x$ Entität (x)	Entität
Individuen	c ↗ Constante aus Grundbereich	c
Gattungszugehörigkeit zw. Individuum u. Gattung	G(c) = W.	$c \Rightarrow G$



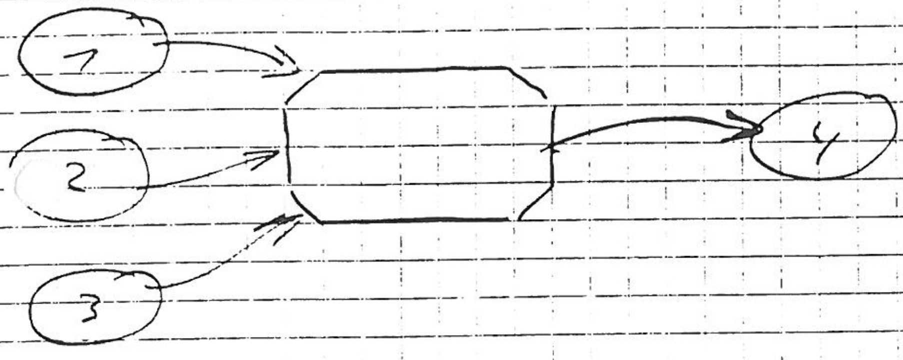
$\forall x,y$ Fahrer$(x,y) \rightarrow$ person$(x) \wedge$ Fahrzeug(y)

hier stimmt der Pfeil nicht

Attribut zw. Gattungen	zweistelliges Präd.symbol $f(x,y)$	$G1 \xrightarrow{f} G2$
Attribut mit Kardinalitäts-beschränkung	$\forall y\; u \leq card\{x \mid \exists x: f(x,y) = W.\} \leq v$	$G_1 \xrightarrow[(u,v)]{f} G_2$

KL-ONE+

Erweiterung von 2-stelligen Attributen auf n-stellige Beziehungen.
Pfeile werden Beziehungsknoten.



Rahmensprache FL

Frame Lang.

<Begriff> ::= <~~Attribut~~ Atom> |

(UND <Begriff 1> ... <Begriff n>) |

(ALLE <Attribut> <Begriff>) |

(EINIGE <Attribut>)

<Attribut> ::= <Atom> |

(RESTR <Attribut> <Begriff>).

Beispiel:

$x \in$ (UND Erwachsener[b1] männl_Wesen[b2] Person[b3]) — $x \in$ ... wenn x ist ein $b_1, b_2, \ldots, b_n$

$x \in$ (UND Person[b1] $\underbrace{\text{(EINIGE Kind[a])}}_{b2}$) — $x \in$ (EINIGE <Attr.[a]>): x hat mind. ein a

(ALLE Kind[a] Arzt[b]) — $x \in$ (ALLE a b): jedes a von x ist ein b.

$x \in$ .. wenn jedes a von x ein b ist

~~KL~~

$\mathcal{E}(\text{UND } b_1, \ldots, b_n) := \bigcap_{i=1}^{n} \mathcal{E}(b_i)$

$\mathcal{E}(\text{ALLE } a\ b) = \{x \in D : \forall y\ (x,y) \in \mathcal{E}(a) \rightarrow y \in \mathcal{E}(b)\}$

$\mathcal{E}(\text{ALLE Sohn männl.Wes.}) = \{x \in D : \forall y\ (x,y) \in \mathcal{E}(\text{Sohn})$
$\rightarrow y \in \mathcal{E}(\text{männl.Wes.})\}$
$= \{V1, V2\}$

$\mathcal{E}(\text{EINIGE } a) = \{x \in D : \exists y : (x,y) \in \mathcal{E}(a)\}$

$\mathcal{E}(\text{EINIGE Sohn}) = \{V1, V2\}$

$\mathcal{E}(\text{Ein. Tochter}) = \{V2\}$

$\mathcal{E}(\text{RESTR } a\ b) = \{(x,y) \in D \times D : (x,y) \in \mathcal{E}(a) \wedge y \in \mathcal{E}(b)\}$

$\mathcal{E}(NF) = \{(V_1, K_1), (V_1, K_2), (V_2, K_3), (V_2, K_4)\}$

$\mathcal{E}(\text{RESTR } NF\ MW) = \{(V_1, K_1); (V_1, K_2); (V_2, K_4)\}$

FL	KL-One
Diskurswelt	Individuen
Begriffe	Gattungen
Begriffspaare	Attris.
Attributsdef.	?

$y \in$ (RESTR a b) von x

y ~~einzige~~ ein a von x ist und ein b ist.

<u>Bspl.: Beisp.:</u>

(UND Person
    (EINIGE Kind)
    (ALLE (RESTR Kind männl. Wesen) Richter)
    (ALLE (RESTR Kind weibl. Wesen) Arzt)
)

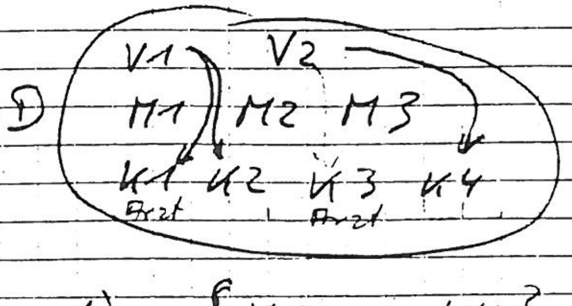
$\mathcal{E}$: Extension

$\mathcal{E}$: <Begriff> $\longrightarrow D$

<Attribut> $\longrightarrow D \times D$

$D \mathrel{\hat{=}}$ Diskurswelt

<u>Bsp.:</u>



$\mathcal{E}$(kind) = {K1, ..., K4}

$\mathcal{E}$(Sohn) = {(V1, K1); (V1, K2); (V2, K4)}

$\mathcal{E}$(männl. Wes.) = {$V_1, V_2, K_1, K_2, K4$}

$\mathcal{E}$(UND männl. Wes. KIND) = $\mathcal{E}$(MW) $\cap$ $\mathcal{E}$(Kind) = {$K_1, K_2, K4$}

(UND Person $= \{V_{1..}, M_{1..3}, K_{1..4}\}$

(EINIGE ~~[illegible]~~ NF) $= \{ \ldots$

00

01

10

11

(ALLE (RESTR NF MW) Richter) $= \{V_2 \ldots$

(ALLE (RESTR NF WW) Arzt) $= \{V_1 \ldots$

u) $\Rightarrow \{V_2\}$

<u>Def.:</u> Der Begriff b_1 wird vom Begriff b_2 <u>subsumiert</u> genau dann, wenn $\mathcal{E}(b_1) \subseteq \mathcal{E}(b_2)$

<u>Bem.:</u> Umgangssprachlich ist b_2 <u>Oberbegriff</u> von b_1

<u>Problem:</u> Wie wird neuer Begriff in eine Begriffshierarchie eingeordnet

<u>Bsp.:</u> α_1 = (UND Person (ALLE NF Arzt))

~~α_2 = (UND Person (ALLE NF reich)~~

α_2 = (UND$_1$ (UND$_2$ Person (ALLE NF reich))
(UND$_3$ MW
(ALLE (RESTR NF reich)
(UND$_4$ Arzt
(EINIGE (RESTR Spezialist
Chirurgie
)
)
)
)

Beh.: α_1 subsumiert α_2
α_2 wird von α_1 subsum.
α_1 Oberbegriff
} gleichbedeutend

$$\mathcal{E}(\alpha_2) \subseteq \mathcal{E}(\alpha_1)$$

Bew.:

$$x \in \mathcal{E}(\alpha_2)$$

quasi UND_1

$$\Longleftrightarrow x \in \mathcal{E}(UND_2 \ldots) \land x \in \mathcal{E}(UND_3 \ldots)$$

$$\Longleftrightarrow x \in \mathcal{E}(\text{Person}) \land x \in (\text{ALLE } \cancel{\text{NF}}\ \text{Reich}) \land$$

$$\cancel{x \in \mathcal{E}(\text{MW})} \land x \in \mathcal{E}(\text{ALLE} \ldots)$$

↑ weil Einschränkung und nicht in $\mathcal{E}(\alpha_1)$ enthalten

$$\Longrightarrow x \in \mathcal{E}(\text{Person}) \land x \in \{x \in D : \forall y\, (x,y) \in \mathcal{E}(NF) \to y \in \mathcal{E}(\text{reich})\} \land$$

$$\land\ x \in \{x \in D : \forall y\, (x,y) \in \mathcal{E}(\text{RESTR } NF \text{ reich}) \to y \in \mathcal{E}(UND_4\ \text{Arzt}\ (\text{EINIGE} \ldots))\}$$

$$\Longrightarrow x \in \mathcal{E}(\text{Person}) \land$$

$$x \in \{x \in D : \forall y\, (x,y) \in \mathcal{E}(NF) \to y \in \mathcal{E}(\text{reich})\} \land$$

$$x \in \{x \in D : \forall y\, (x,y) \in \{(x,y) \in \mathcal{E}(NF) \land y \in \mathcal{E}(\text{reich})\} \to y \in \mathcal{E}(\text{Arzt}) \land \cancel{y \in \mathcal{E}(\text{EINIGE} \ldots)}\}$$

$$\Longrightarrow x \in \mathcal{E}(\text{Person}) \land$$

$$x \in \{x \in D : \forall y\, (x,y) \in \mathcal{E}(NF) \to y \in \mathcal{E}(\text{reich})\} \land$$

$$x \in \{x \in D : \forall y\, (x,y) \in \{(x,y) \in \mathcal{E}(NF) \land y \in \mathcal{E}(\text{reich})\} \to y \in \mathcal{E}(\text{Arzt})\}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} A \to B \\ A \land B \to C \\ \hline \Rightarrow A \to B \land C \end{array}}$$

$$\Longrightarrow x \in \mathcal{E}(\text{Person}) \land$$

$$\cancel{x \in \{x \in D : \forall y\, (x,y) \in \mathcal{E}(NF) \to y \in \mathcal{E}(\text{reich})\} \land}$$

$$x \in \{x \in D : (x,y) \in \mathcal{E}(NF) \to y \in \mathcal{E}(\text{reich}) \land y \in \mathcal{E}(\text{Arzt})\}$$

$\{$ Satz $A \to B \land C \Rightarrow A \to B$ od. $A \to C$ $\}$

$\Rightarrow x \in \mathcal{E}(\text{Person}) \land x \in \{x \in D: \forall y\ (x,y) \in \mathcal{E}(NF) \to y \in \mathcal{E}(\text{Arzt})\}$

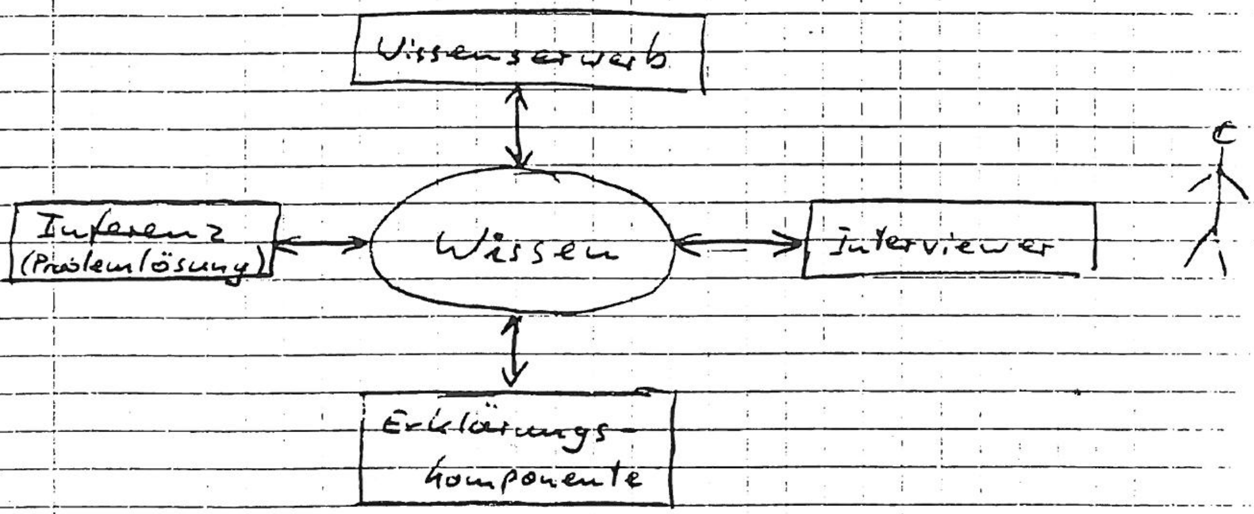
$\Rightarrow x \in \mathcal{E}(\text{Person}) \land x \in \mathcal{E}(\text{ALLE NF Arzt})$

$\Rightarrow x \in \mathcal{E}(\text{AND Person}(\text{ALLE NF Arzt}))$

$\Rightarrow x \in \mathcal{E}(\alpha_1)$

$\square$

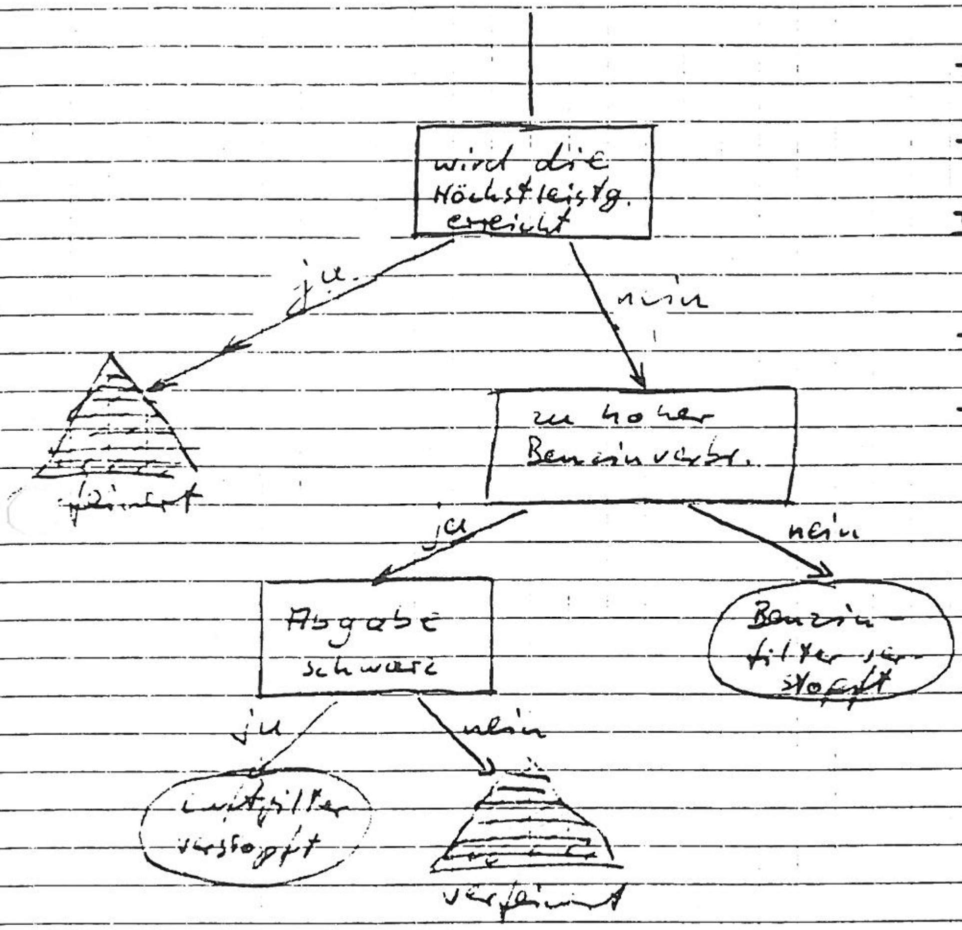
Expertensysteme XPS'



Kennzeichen:

+ Änderungsfreundlichkeit
+ Eignung für Nicht-Alg. Wissen
+ Reihenfolge der Ableitung muß nicht spezifiziert werden
+ Erklärungsfähigkeit.

1. konventionellen Systeme



+ Einfachheit

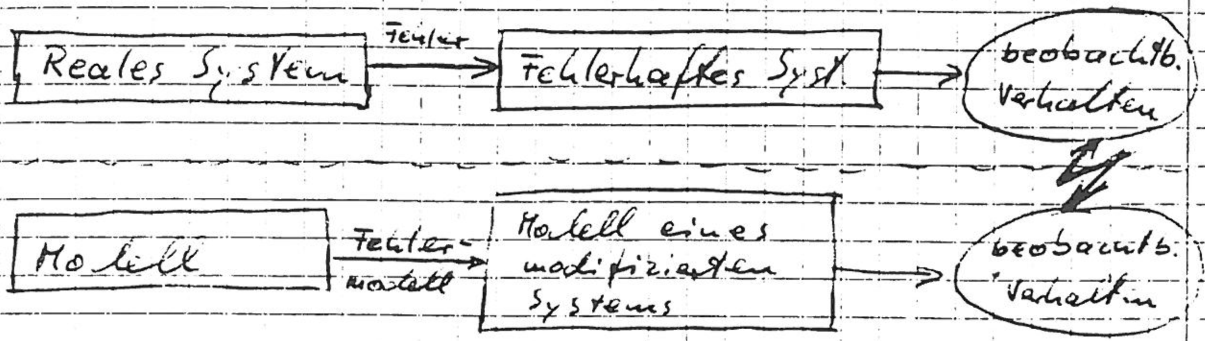
+ Verständlichk.

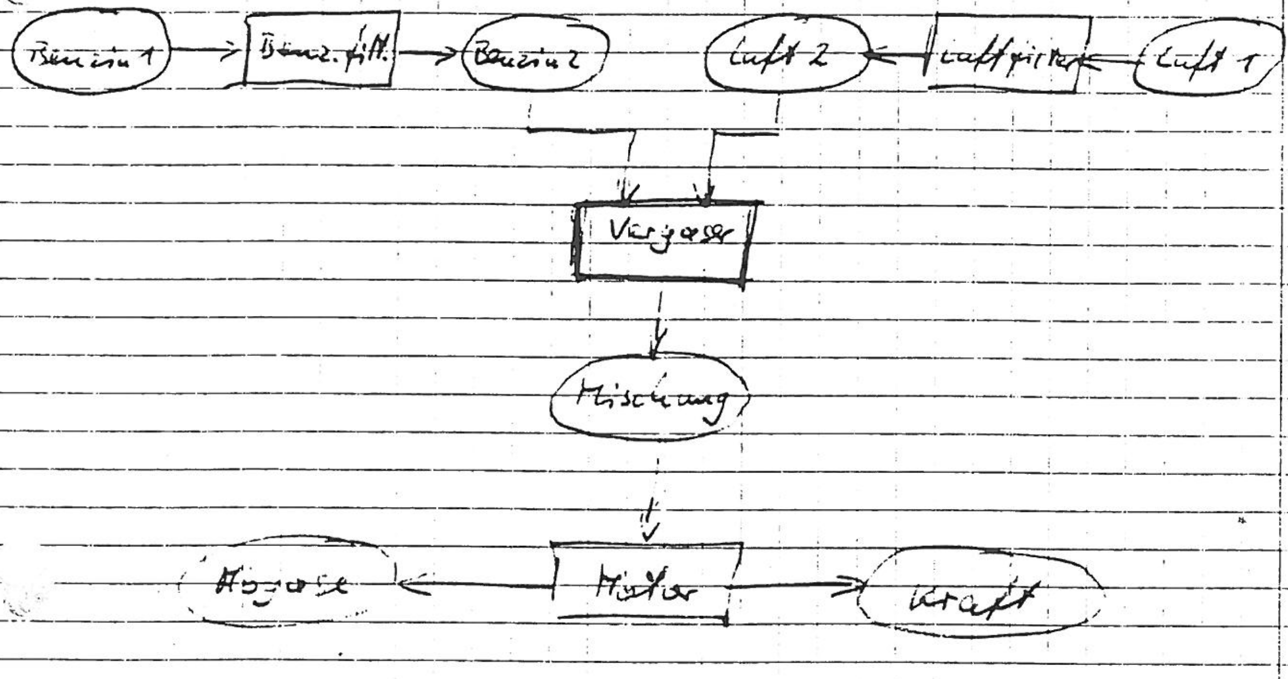
+ Erklärungsfähigk.

- Änderungsfr.

- sicheres Wissen

Funktionale Diagnose





- sehr schwierig
- Experte (!) notwendig

+ „beste" System im Vergleich zu
  - fallvergl.
  - konventionelle

Fallvergleichende Systeme

E { Menge bereits gelöster Fälle
neuer Fall

⇒ Suche des ähnlichsten Falles

→ ggf. adaptieren

→ ggf. ausgeben + erklären

→ ggf. in Wissensbasis aufnehmen

Merkmalscharacteristik	Maß	Bsp.
vorh. / nicht vorh.	vorh. vorh. 1 vorh. nicht v. 0 nicht v. vorh. 0 nicht v. nicht v. 1	Ist der Verbrauch zu hoch?
skal. numerisch	kl. Wert / gr. Wert	90.000 km / 100.000 km = 0,9
skal. symbolisch	Abb. auf skal. numerisch	"immer" / "selten" = 0,7
gruppiert	Def.-gemäß	Golf GTI / Porsche 944 = 0,?
Σ ges.		Mittelwert (Gewicht = x)

+ einleuchtende Idee − Konsistenz

+ leichte Implementierung

+ laufähig

− Abhängigkeiten zw. Merkmalen

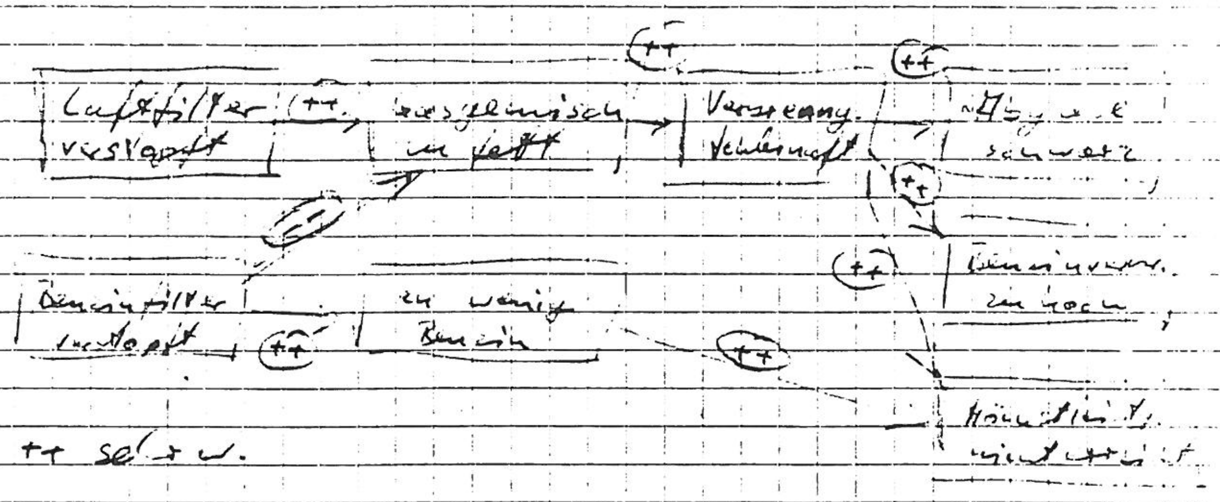
− Repräsentativität der WB?

7. Kausale Diagnose

Diag. 1 ⟶ Sympt. i = Diag. 3 ⟶ Sympt. k

⟶ Sympt. l

Diag. 2 ⟶ Sympt. j



++ sehr w.

\+ w.

\- unw.

-- sehr unw.

1. Simulationsmodus : $d \to s$
2. Diagnosemodus : $s \to d$
3. Konsistenzmodus : $d + s \to w$

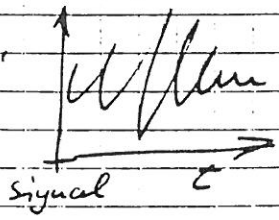
\+ „leichte" Implementierung

± Erweiterung

Sprachverarbeitg.

i. G. Spracherkenung.

Voice: „Mann“

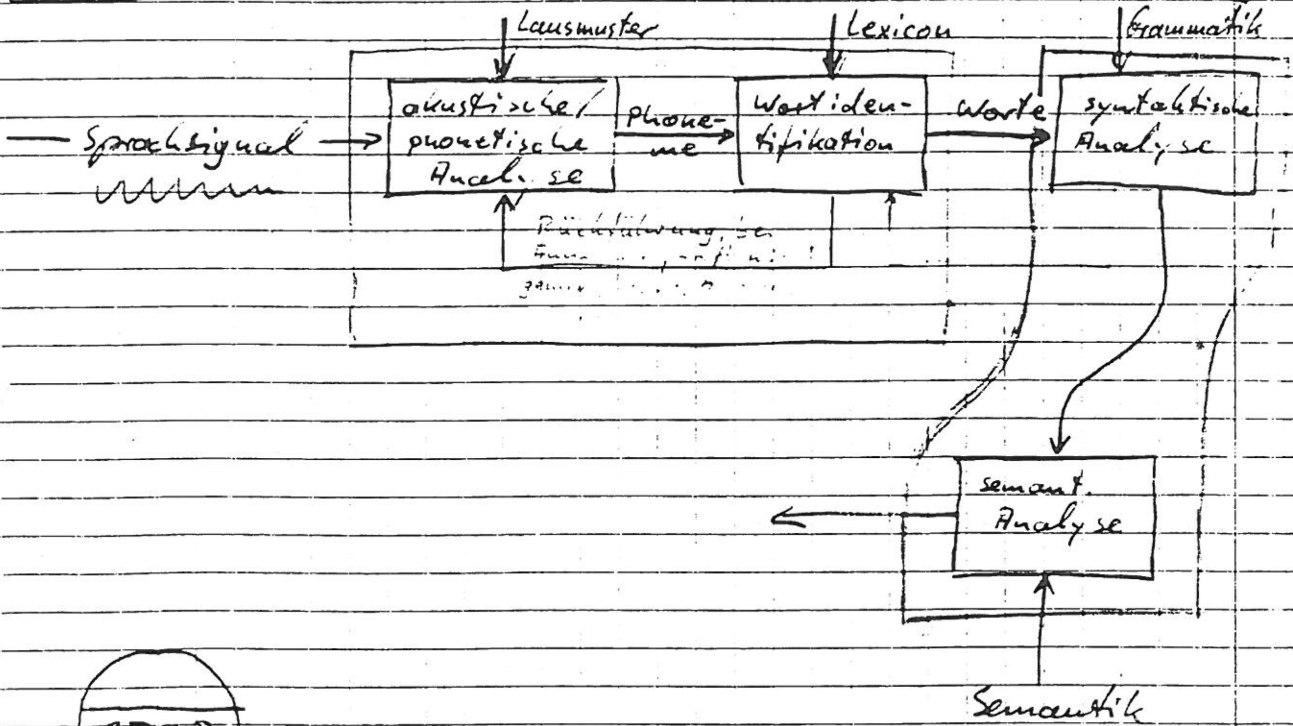


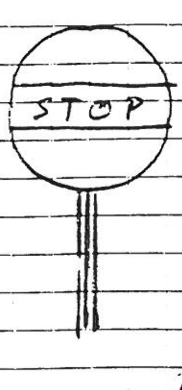
→ „Mann“

Sprachverarb.

„Mann“ → Interpretation („Mann“)

Struktur/Aufbau eines Spracherkennungs / -verarb. systems





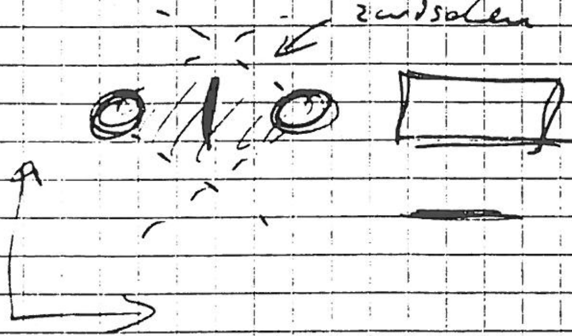
Syntax ≙ Symbol

Semantik ≙ Bedeutung: Auto hält an.

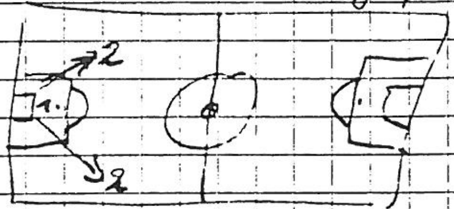
Pragmatik ≙ Zweck: weniger Unfälle.

Ich laufe in 10 Minuten 100 Meter.

Frage: wann, oder in welcher Zeit!



rechter Verteidiger, der linke steht



<begriff> → UND <begriff1> ... <begriff-n> |

ALLE <attribut> <begriff> |

EINIGE <attribut> |

<atom> MUTTER

<attribut> → <atom> | NF |

RESTR <attribut> <begriff>

=: <Begriff> → Mutter |
EINIGE NF | } endlich

EINIGE RESTR NF <Begriff>
ALLE NF <Begriff> | } Rekursion
ALLE <Begr. 1> ... <Begr. n>