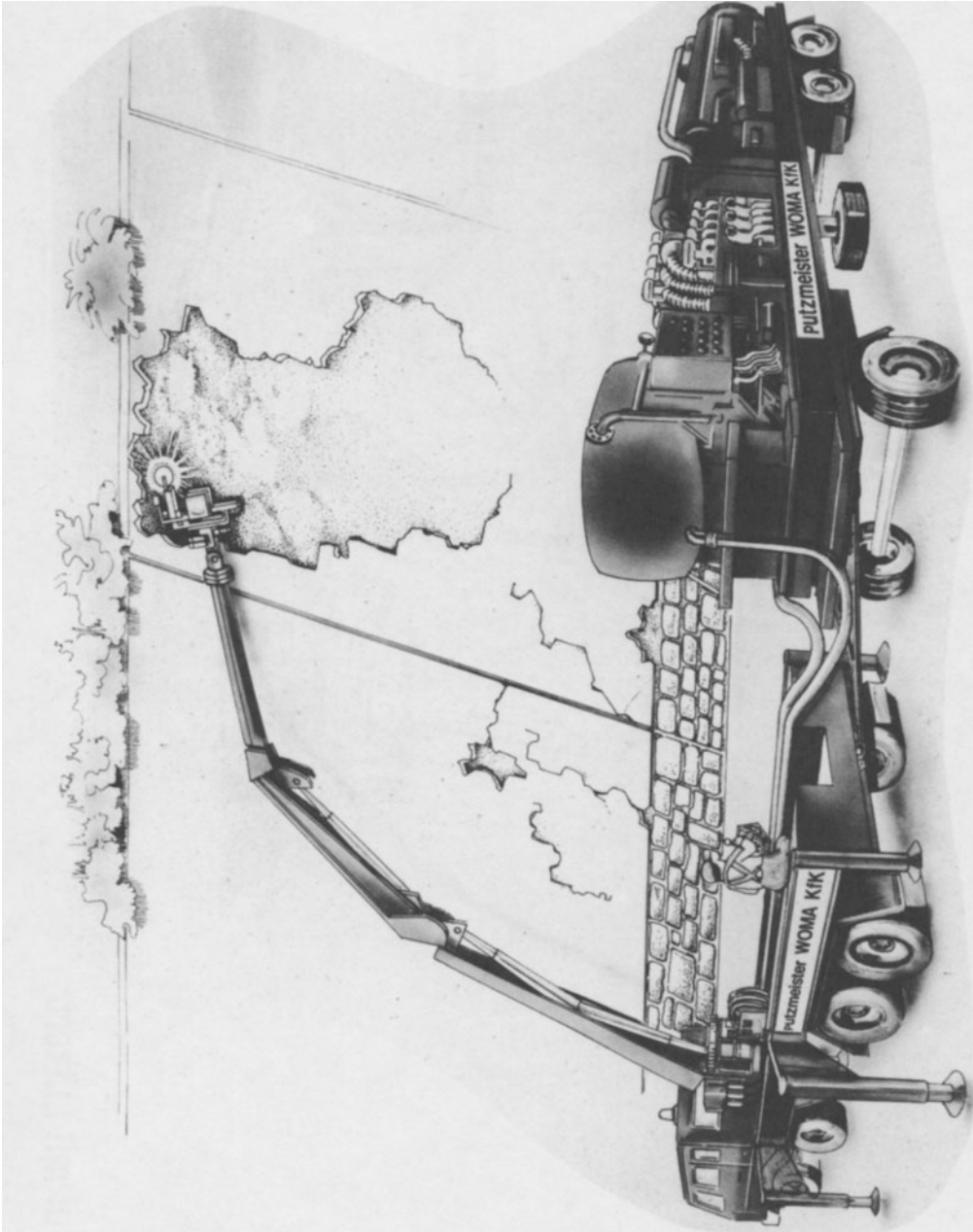
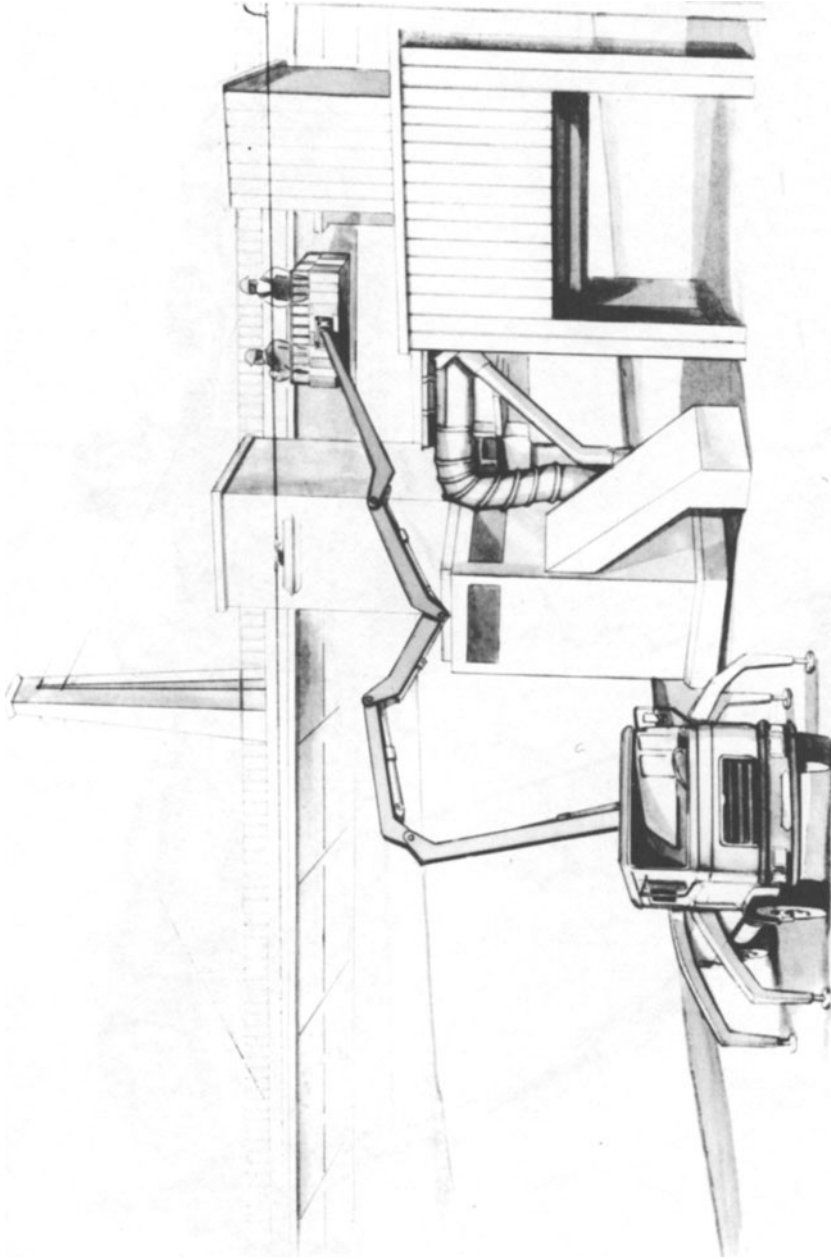


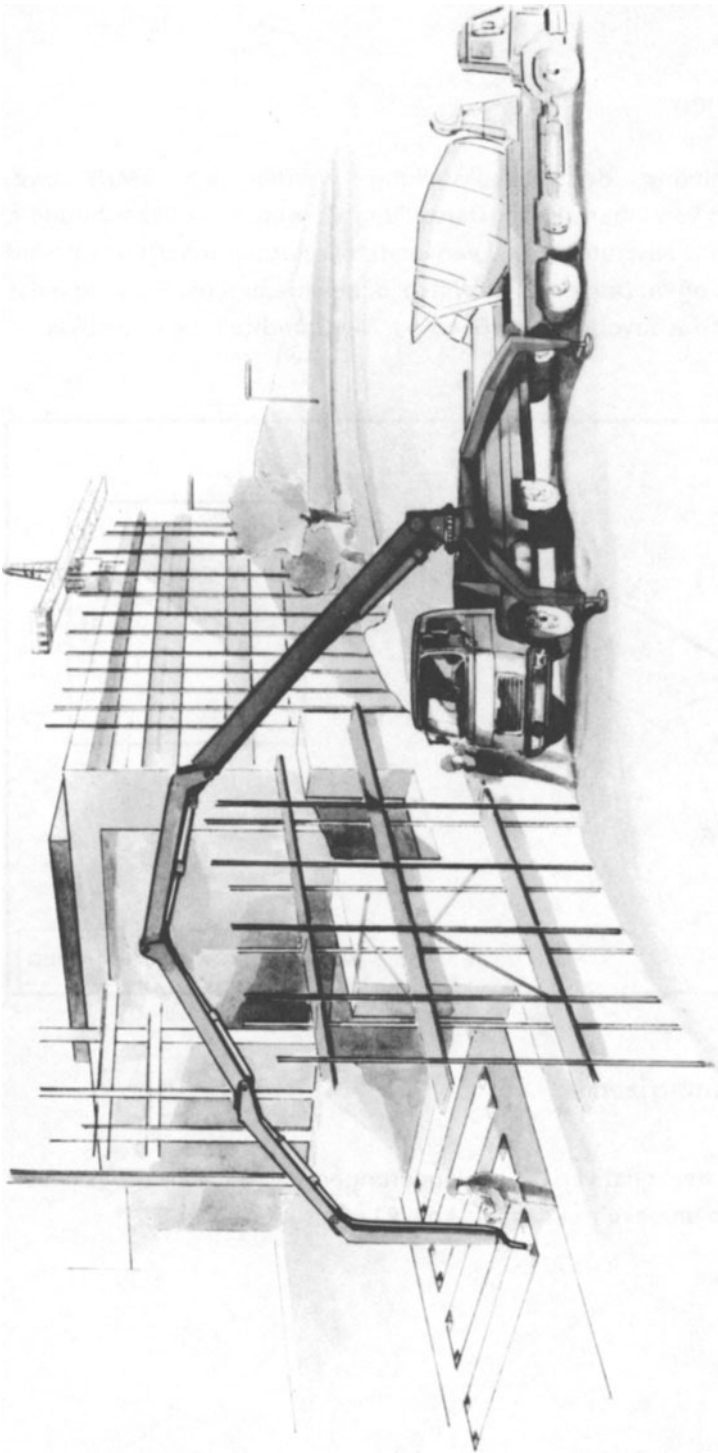
Anhang A





KJK

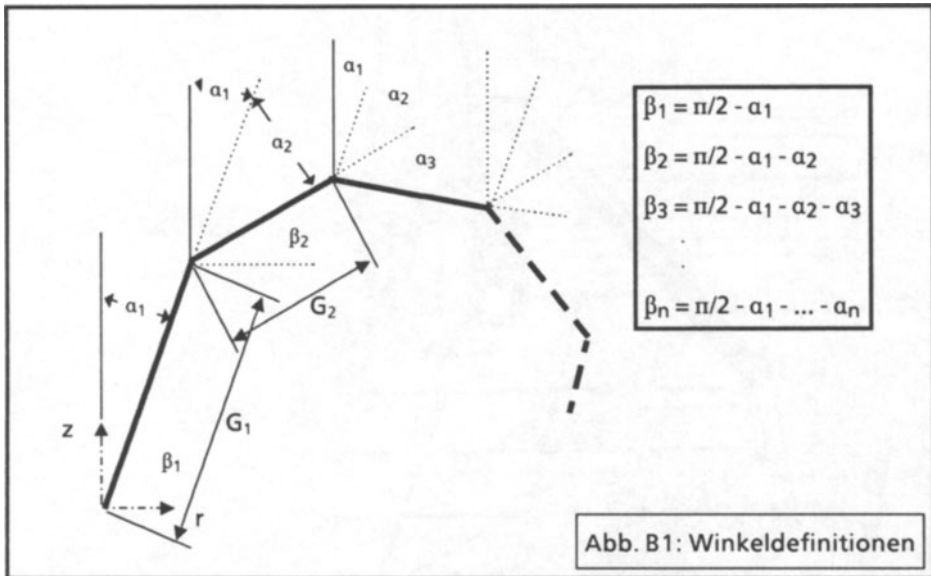
EMIR mit Liftkorb



Anhang B

Winkeldefinitionen

Für die Beschreibung der Gelenkstellung wurden am EMJR zwei Winkeldefinitionen vereinbart. In der Darstellung B1 wurde die Bezeichnung α für relative und β für absolute Winkel verwendet. Die absoluten Winkel β_i sind auf die r-Achse bezogen. Die relativen Winkel α_i beschreiben die Stellung eines Glieds bezogen auf das davorliegende Glied i-1. Die Grundstellung ist vertikal.



Transformationsmatrizen

Die Umrechnung der relativen Winkeländerungen $d\alpha$ in absolute Winkeländerungen $d\beta$ und umgekehrt kann mit Abb. B1 ermittelt werden.

Es gilt:

$$d\beta = \underline{I}_{ra} \cdot d\alpha \quad \text{und}$$

$$d\alpha = \underline{I}_{ar} \cdot d\beta \quad \text{mit}$$

$$\underline{I}_{ra} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\underline{I}_{ar} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Berechnung der Jacobimatrix für EMJR

Betrachtet man den zweidimensionale Fall von n Gelenken in der r/z - Ebene, dann berechnet sich die Position (r,z) der Manipulatorspitze nach Abb. B1 durch

$$r = \sum_{i=1}^n G_i \cdot \cos \beta_i$$

$$z = \sum_{i=1}^n G_i \cdot \sin \beta_i$$

mit G_i als Längen des Gliedes i .

Die Jacobimatrix für die Berechnung der Wegänderung

$$d\underline{r} = \underline{J}^* \cdot d\underline{\beta} \quad \text{und} \quad d\underline{r} = (dr, dz)^T$$

bei Winkeländerungen $d\underline{\beta}$ ergibt sich durch

$$\underline{J}^* = \begin{bmatrix} \frac{dr}{d\underline{\beta}} \\ \frac{dz}{d\underline{\beta}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -G_1 \cdot \sin \beta_1 & -G_2 \cdot \sin \beta_2 & \dots & -G_n \cdot \sin \beta_n \\ G_1 \cdot \cos \beta_1 & G_2 \cdot \cos \beta_2 & \dots & G_n \cdot \cos \beta_n \end{bmatrix}.$$

Bei relativen Winkeländerungen $d\underline{\alpha}$ ergibt sich die Wegänderung durch

$$d\underline{r} = \underline{J}^* \cdot d\underline{\beta} = \underline{J}^* \cdot \underline{T}_{ra} \cdot d\underline{\alpha}$$

Die Jacobimatrix

$$\underline{J} = \underline{J}^* \cdot \underline{T}_{ra}$$

wird zu

$$\underline{J} = \begin{bmatrix} -\sum_{i=1}^n G_i \cdot \sin \beta_i & -\sum_{i=2}^n G_i \cdot \sin \beta_i & \dots & -G_n \cdot \sin \beta_n \\ \sum_{i=1}^n G_i \cdot \cos \beta_i & \sum_{i=2}^n G_i \cdot \cos \beta_i & \dots & G_n \cdot \cos \beta_n \end{bmatrix}$$

mit $\beta_i = \pi/2 - \sum_{k=1}^i \alpha_k$

Ableitungen der Jacobimatrix

Die Jacobimatrix wird in zwei Spaltenvektoren zerlegt und nach den Winkeln α_j abgeleitet:

$$\underline{j} = (j_r, j_z)^T$$

$$\frac{d j_r}{d \underline{\alpha}} = - \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n G_i \cdot \cos \beta_i & \sum_{i=2}^n G_i \cdot \cos \beta_i & \dots & G_n \cdot \cos \beta_n \\ \sum_{i=2}^n G_i \cdot \cos \beta_i & \sum_{i=2}^n G_i \cdot \cos \beta_i & \dots & G_n \cdot \cos \beta_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_n \cdot \cos \beta_n & G_n \cdot \cos \beta_n & \dots & G_n \cdot \cos \beta_n \end{bmatrix}$$

$$\frac{d j_z}{d \underline{\alpha}} = - \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n G_i \cdot \sin \beta_i & \sum_{i=2}^n G_i \cdot \sin \beta_i & \dots & G_n \cdot \sin \beta_n \\ \sum_{i=2}^n G_i \cdot \sin \beta_i & \sum_{i=2}^n G_i \cdot \sin \beta_i & \dots & G_n \cdot \sin \beta_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_n \cdot \sin \beta_n & G_n \cdot \sin \beta_n & \dots & G_n \cdot \sin \beta_n \end{bmatrix}$$

Anhang C

Maximale Gelenkwinkelgeschwindigkeiten der Achsen beim EMJR

Die maximale Geschwindigkeit der Hydraulikzylinder ist unabhängig von der aktuellen Stellung, kann also als konstant angenommen werden. Aufgrund der nichtlinearen Übersetzung der Zylindergeschwindigkeit zur Gelenkwinkelgeschwindigkeit muß jedoch die maximal mögliche Gelenkgeschwindigkeit durch eine nichtlineare Gleichung angenähert werden. Durch ein Polynom 5.Grades kann eine ausreichende Genauigkeit erreicht werden. Die maximale Gelenkwinkelgeschwindigkeit eines Gelenks wird durch

$$\omega_{Ei,max} = v_z \cdot f \cdot \ddot{U}_n(\alpha_i) \quad ,$$

v_z : Zylindergeschwindigkeit,

f : Anfangsübersetzung,

$\ddot{U}_n(\alpha_i)$: Normierte Übersetzungskurve für das Gelenk i

berechnet. Die normierten Übersetzungen sind in Abb. C1 für die Gelenke 1 bis 5 dargestellt. Die zugehörigen Werte der Zylindergeschwindigkeit und der Anfangsübersetzung sind in Tabelle C2 zusammengefaßt. Tabelle C1 enthält die Koeffizienten a_0 bis a_5 der normierten Übersetzung

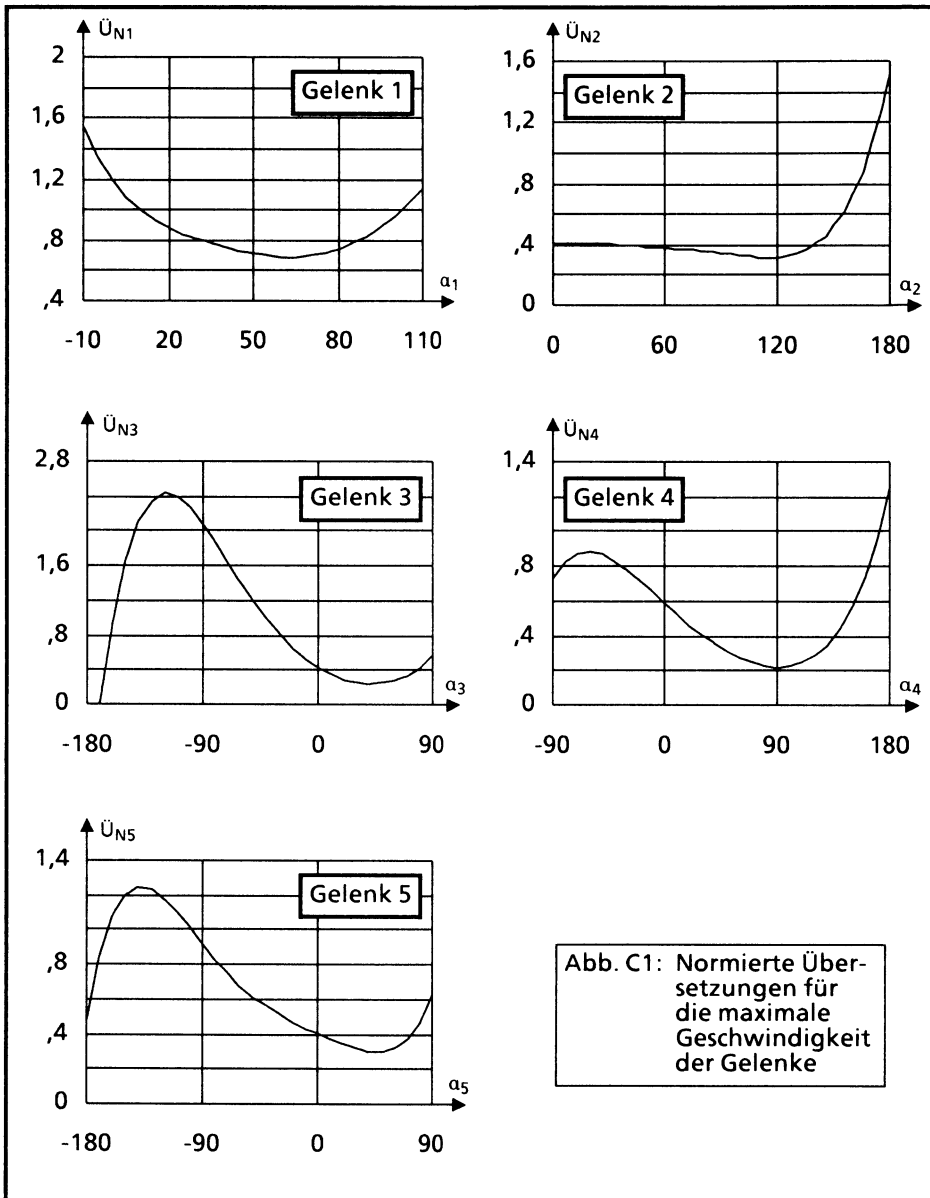
$$\ddot{U}_n(\alpha_i) = a_0 + a_1 \cdot \alpha_i + a_2 \cdot \alpha_i^2 + a_3 \cdot \alpha_i^3 + a_4 \cdot \alpha_i^4 + a_5 \cdot \alpha_i^5$$

| Gelenk Nr i | a ₀ | a ₁ | a ₂ | a ₃ | a ₄ | a ₅ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 2.9072 | -3.2191 | 2.1005 | -0.71844 | 0.12094 | -0.007644 |
| 2 | 1.1690 | -2.5323 | 2.8218 | -1.4797 | 0.37655 | -0.03747 |
| 3 | 0.087108 | 6.6936 | -6.3385 | 2.3240 | -0.39207 | 0.025855 |
| 4 | 1.0195 | -1.5249 | 1.0802 | -0.38315 | 0.080542 | -0.007243 |
| 5 | 1.2317 | -2.4278 | 2.3283 | -1.0358 | 0.22587 | -0.018682 |

Tab. C1: Polynomkoeffizienten

| Gelenk Nr i | Anfangs- übersetzung f in Grad/mm | Zylinderge- schwindigkeit v _z in mm/s |
|----------------|---|--|
| 1 | 0.10491 | 20.4 |
| 2 | 0.35897 | 20.4 |
| 3 | 0.31566 | 20.4 |
| 4 | 0.47030 | 31.8 |
| 5 | 0.44802 | 46.8 |

Tab. C2: Anfangsübersetzung und maximale
Zylindergeschwindigkeit



Anhang D

Tabellen zur Vorgabe von Basiskonfigurationen

Die Werte r_d dieser Tabellen werden durch die Funktion $r_d = f(\xi)$ nach Kapitel 5.2.3 berechnet.

Gleiche Winkel für Gelenke 2 bis 5

| r_d in Meter | ξ in Grad |
|-------------------|------------------|
| 22.937901 | 0.000000 |
| 22.917587 | 1.625000 |
| 22.856705 | 3.250000 |
| 22.755432 | 4.875000 |
| 22.614052 | 6.500000 |
| 22.432968 | 8.125000 |
| 22.212698 | 9.750000 |
| 21.953869 | 11.375000 |
| 21.657219 | 13.000001 |
| 21.323591 | 14.625001 |
| 20.953938 | 16.250000 |
| 20.549309 | 17.875000 |
| 20.110861 | 19.499999 |
| 19.639837 | 21.124998 |
| 19.137579 | 22.749998 |
| 18.605520 | 24.374997 |
| 18.045172 | 25.999996 |
| 17.458134 | 27.624996 |
| 16.846075 | 29.249995 |
| 16.210745 | 30.874996 |
| 15.553962 | 32.499997 |
| 14.877604 | 34.124998 |
| 14.183620 | 35.749999 |
| 13.474014 | 37.375000 |
| 12.750850 | 39.000001 |
| 12.016247 | 40.625002 |
| 11.272388 | 42.250003 |
| 10.521518 | 43.875004 |
| 9.765963 | 45.500005 |
| 9.008132 | 47.125006 |
| 8.250568 | 48.750007 |
| 7.495979 | 50.375008 |
| 6.747332 | 52.000009 |
| 6.007995 | 53.625010 |
| 5.281983 | 55.250011 |
| 4.574429 | 56.875013 |
| 3.892453 | 58.500010 |
| 3.246925 | 60.125008 |
| 2.656063 | 61.750005 |
| 2.152484 | 63.375003 |
| 1.792991 | 65.000001 |

z-Faltung

| r_d in Meter | ξ in Grad |
|-------------------|------------------|
| 22.937901 | 0.000000 |
| 22.921759 | 4.500000 |
| 22.873367 | 9.000000 |
| 22.792820 | 13.500000 |
| 22.680271 | 18.000001 |
| 22.535946 | 22.500001 |
| 22.360125 | 27.000001 |
| 22.153158 | 31.499999 |
| 21.915461 | 36.000001 |
| 21.647509 | 40.500003 |
| 21.349852 | 45.000005 |
| 21.023102 | 49.500007 |
| 20.667946 | 54.000008 |
| 20.285141 | 58.500010 |
| 19.875525 | 63.000012 |
| 19.440006 | 67.500014 |
| 18.979584 | 72.000016 |
| 18.495352 | 76.500017 |
| 17.988489 | 81.000019 |
| 17.460293 | 85.500021 |
| 16.912178 | 90.000023 |
| 16.345695 | 94.500025 |
| 15.762548 | 99.000027 |
| 15.164618 | 103.500028 |
| 14.554002 | 108.000030 |
| 13.933046 | 112.500032 |
| 13.304404 | 117.000034 |
| 12.671094 | 121.500036 |
| 12.036596 | 126.000038 |
| 11.404948 | 130.500039 |
| 10.780887 | 135.000041 |
| 10.170007 | 139.500043 |
| 9.578951 | 144.000045 |
| 9.015614 | 148.500047 |
| 8.489321 | 153.000049 |
| 8.010926 | 157.500050 |
| 7.592698 | 162.000052 |
| 7.247840 | 166.500054 |
| 6.989483 | 171.000056 |
| 6.829112 | 175.500058 |
| 6.774700 | 180.000060 |

Anhang E

Übersichtstabelle zu den Zielfunktionen

| Zielvorgabe | Kapitel | $\underline{p}^T = (p_1, \dots, p_n)$ | $\underline{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$ | Erläuterungen |
|---|--------------|---|---|--|
| $Q = \underline{p}^T \cdot d\bar{\theta} + d\bar{\theta}^T \cdot \underline{C} \cdot d\bar{\theta}$ Zielfunktion | | | | |
| Vorgabe eines Gelenkwinkels $\bar{\theta}_{i,soll}$ für ein Gelenk i | | $p_i = -2 \cdot (\bar{\theta}_{i,soll} - \bar{\theta}_{i,akt})$ | $\underline{C} = \underline{0}, c_{ij} = 1$ | aktuelle Gelenkwinkel: $\bar{\theta}_{akt} = (\bar{\theta}_{1,akt}, \dots, \bar{\theta}_{n,akt})$ |
| Vorgabe der Winkelgeschwindigkeit $\omega_{i,soll}$ für ein Gelenk i | 4.1.1 | $p_i = -2 \cdot \omega_{i,soll} \cdot \Delta t$ | $\underline{C} = \underline{0}, c_{ij} = 1$ | Steuerzyklus : Δt |
| Vermeidung eines Gelenkwinkels $\bar{\theta}_{i,krit}$ für ein Gelenk i | 5.2 | $p_i = 2 \cdot (\bar{\theta}_{i,krit} - \bar{\theta}_{i,akt})$ | $\underline{C} = \underline{0}, c_{ij} = -1$ | Schreibweise: $\underline{C} = \underline{0}, c_{ij} = 1$ bedeutet die Matrix \underline{C} entspricht einer Matrix, deren Elemente 0 sind, bis auf das Element c_{ij} |
| Ausweichen einer Position \underline{x}_p | | $\underline{p} = (\underline{x}_p + d\underline{x}_p - \underline{x}_{q,i}) \cdot \underline{j}_i$ | $\underline{C} = -\underline{j}_i^T \cdot \underline{j}_i$ | \underline{x}_p : Position im Raum in kart. Koordinaten |
| Annähern an eine Position \underline{x}_p | 4.1.2 | $\underline{p} = -(\underline{x}_p + d\underline{x}_p - \underline{x}_{q,i}) \cdot \underline{j}_i$ | $\underline{C} = +\underline{j}_i^T \cdot \underline{j}_i$ | $d\underline{x}_p$: Wegänderung von \underline{x}_p innerhalb Δt |
| Abstoßung zweier Manipulatorglieder i und k | 5.3 | $\underline{p} = (\underline{x}_{q,i} - \underline{x}_{q,k}) \cdot \underline{j}_{i,k}$ $\underline{j}_{i,k} = \underline{j}_i - \underline{j}_k$ | $\underline{C} = +\underline{j}_{i,k}^T \cdot \underline{j}_{i,k}$ | $\underline{x}_{q,i}, \underline{x}_{q,k}$: Positionen auf einem Manipulatorglied i, bzw. k |
| Manipulierbarkeit M | 4.1.3 5.4 | $\underline{p} = 2 \cdot M(\bar{\theta}_{ist}) \cdot \underline{v}$ $\underline{v} = \frac{dM(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}} \Big _{\bar{\theta} = \bar{\theta}_{ist}}$ | $\underline{C} = \underline{v} \cdot \underline{v}^T$ | M : Kriterien nach Kap. 5.4.1 |

Symbole und Abkürzungen

Abkürzungen:

| | |
|------|--|
| TCP | <u>T</u> ool <u>C</u> enter <u>P</u> oint |
| EMJR | <u>E</u> xtended <u>M</u> ulti <u>J</u> oint <u>R</u> obot |
| MSV | <u>M</u> inimum <u>S</u> ingular <u>V</u> alue |
| CN | <u>C</u> ondition <u>N</u> umber |
| JRAE | <u>J</u> oint <u>R</u> ange <u>A</u> vailability with <u>E</u> uclidean Norm |
| Kb | <u>K</u> reis <u>b</u> ogen |

Symbole:

| | |
|---|--|
| $\underline{\theta}$ | Gelenkstellung |
| $\underline{\dot{\theta}}$ | Gelenkgeschwindigkeit |
| $\underline{\ddot{\theta}}$ | Gelenkbeschleunigung |
| $\underline{\omega}_{\max}$ | maximale Gelenkgeschwindigkeit |
| $\underline{\dot{\omega}}_{\max}$ | maximale Gelenkbeschleunigung |
| $\underline{\omega}_{E,\max}$ | maximale Gelenkwinkelgeschwindigkeit am EMJR |
| $\underline{\omega}_{\text{soll}}$ | Soll - Gelenkgeschwindigkeit |
| $\underline{\alpha}$ | Vektor der Gelenkwinkel in relativer Winkelzählweise |
| $\underline{\beta}$ | Vektor der Gelenkwinkel in absoluter Winkelzählweise |
| $d\underline{\alpha}, d\underline{\beta}$ | Vektor der Gelenkwinkeländerungen, relativ und absolut |
| \underline{J} | Jacobimatrix |
| \underline{x} | Position der Manipulatorspitze in kartesischen Koordinaten |
| $\underline{\dot{x}}$ | Geschwindigkeit der Manipulatorspitze |
| $d\underline{x}$ | Wegänderung der Manipulatorspitze |
| $\underline{\lambda}$ | Optimierungsvektor |
| \underline{g} | Gradientenvektor |
| $\underline{g}_{\text{proj}}$ | projizierter Gradientenvektor \underline{g} |
| Q | Funktionswert der Zielfunktion |
| γ | Schrittweite |
| μ | Gewichtungsfaktor |
| \underline{P} | Projektionsmatrix |
| \underline{W} | Gewichtungsmatrix |
| $\underline{T}_{ar}, \underline{T}_{ra}$ | Transformationsmatrizen für Winkelzählweise |

| | |
|--|---|
| \underline{A} | Matrix aller Restriktionen |
| $\underline{A}_1, \underline{A}_2, \underline{A}_q, \underline{A}_l$ | Teilmatrizen von \underline{A} |
| q | Anzahl der aktiven Restriktionen |
| l | Anzahl der nicht aktiven Restriktionen |
| L_{hydr} | hydraulische Leistung |
| D | Öldurchfluß |
| \underline{G} | Länge der Manipulatorglieder |
| \underline{p} | Prioritätenvektor zur Gewichtung der Zielfunktionen |
| \underline{f} | Gütevektor |
| \underline{A}^+ | Pseudoinverse der Matrix \underline{A} |
| \underline{A}^T | Transponierte der Matrix \underline{A} |
| \underline{A}^{-1} | Inverse der Matrix \underline{A} |
| \underline{E} | Einheitsmatrix |
| $ \cdot $ | Norm / Betrag eines Vektors |

Literatur

Literatur zur Robotertechnik und EMJR

- [Heine] Herbert Heinemann
Einführung in die Industrierobotertechnik
Vulkan-Verlag, Essen, 1986
- [Geng] U.Gengenbach, F.Eberle, W.Jacob, A.Höfer
Überblick über Entwicklungsarbeiten für den Großraummanipulator
EMJR am Beispiel von Betonsanierungsarbeiten
1. Statusbericht des Arbeitsschwerpunktes Handhabungstechnik des
Kernforschungszentrums Karlsruhe, Nov 1990

Literatur zur Optimierung und math. Grundlagen

- [Bron] Bronstein, Semendjajew
Taschenbuch der Mathematik
Verlag Harry Deutsch, Thun und Frankfurt (Main)
- [Zur] R. Zurmühl
Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker
Springer-Verlag 1965
- [Dück] Werner Dück
Optimierung unter mehreren Zielen
Vieweg, 1979
- [Esch] H.Eschenauer, J.Koski, A.Osyczka
Multicriteria Design Optimization
Springer - Verlag
- [Künzi] H.P.Künzi, W.Krelle, R.von Randow
Nichtlineare Programmierung
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1979
- [Maess] Gerhard Maess
Vorlesungen über numerische Mathematik 1
Lineare Algebra
Birkhäuser Verlag, 1985
- [Noble] B. Noble, J.W. Daniel
Applied Linear Algebra
Prentice - Hall International Editions, New Jersey, 1977

- [Rosen1] J. B. Rosen
Nonlinear Programming. The Gradient Projection Method
American Mathematical Society, 63 (1957),
Abstract No.80, Seite 25 - 26
- [Rosen] J. B. Rosen
The Gradient Projection Method for Nonlinear Programming
Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics
März 1960, Vol. 8, No. 1
- [Wolfe] Philip Wolfe
Methods of Nonlinear Programming
Recent Advances in Mathematical Programming
McGraw-Hill Book Company, inc., 1962

Literatur zu redundanten Manipulatoren

Hindernisvermeidung

- [Klein-2] C. A. Klein
Use of Redundancy in the Design of Robotic Systems
The 2nd International Symposium of Robotic Research,
Kyoto Japan, Seite 58 - 65
- [Macie -2] A. A. Maciejewski, C. A. Klein
Obstacle Avoidance for Kinematically Redundant Manipulators in
Dynamically Varying Environments
The International Journal of Robotic Research, (1985), Vol.2, No.3

Optimierung des Energieverbrauchs

- [Whit] D. E. Whitney
Resolved Motion Rate Control of Manipulators and Human
Prostheses
IEEE Transactions on Man Machine Systems MMS-9, 1968
- [Colb] R. D. Colbaugh
A Dynamic Approach To Resolving Manipulator Redundancy in
Real Time
IASTED International Symposium

Manipulierbarkeit und Singularitäten

- [Yosh] T. Yoshikawa
Manipulability and redundancy control of robotic mechanisms
Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation,
(1985), Seite 1004 - 1009
- Manipulability of robotic mechanisms
Automation Research Laboratory, Seite 439 - 445
- [Dubey] R. Dubey, John Y. S. Luth
Redundant Robot Control Using Task Based Performance Measures
Journal of Robotic Systems 5 (5), (1988), Seite 409 - 432
- Redundant Robot Control for higher flexibility
Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation,
(1987), Seite 1066 - 1072
- [Chiu] S. L. Chiu
Control of redundant manipulators for Task Compatibility
Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation,
(1987), Seite 1718 - 1724
- [Klein-1a] C. A. Klein, B. E. Blaho
Dexterity Measures for the Design and Control of Kinematically
Redundant Manipulators
The International Journal of Robotic Research, (1987), Vol.6, No.2
- [Klein-1b] C. A. Klein, A. I. Chirco
Dynamic Simulation of a Kinematically Redundant Manipulator
System
Journal of Robotic Systems 4 (1), (1987), Seite 5 - 23
- [Macie -1] A.A. Maciejewski, C. A. Klein
Singular Value Decomposition: Computation and Applications to
Robotics
The International Journal of Robotic Research, (1987), Vol.8, No.6

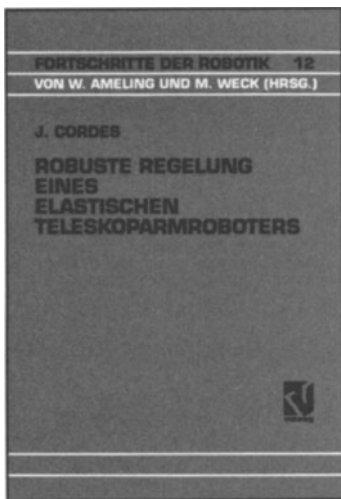
Sonstige

- [Nench] D. N. Nenchev
Redundancy Resolution through Local Optimization: A Review
Journal of Robotic Systems 6 (6), (1989), Seite 769 - 798
- [Lig] A. Ligois
Automatic Supervisory Control of the Configuration and Behavior of
Multibody Mechanisms
IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics SMC 7, 1977
- [Euler] R.V. Dubey, J.A. Euler, S.M. Babcock
An efficient gradient projection optimization scheme for a seven-
degree-of-freedom redundant robot with spherical wrist.
Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation,
(1988), Seite 28 - 36

Robuste Regelung eines elastischen Teleskoparmroboters

von Jürgen Cordes

1992. XII, 138 Seiten. (Fortschritte der Robotik, hrsg. von Walter Ameling und Manfred Weck; Bd. 12.) Kartoniert. ISBN 3-528-06460-9



Kennzeichen der heutigen Industrieroboter ist das ungünstige Verhältnis von Eigengewicht zur Nutzlast. Für die Verbesserung dieses Verhältnisses bieten sich zwei Ansätze an: die Verringerung der Roboterarmmassen oder die Gewichtsverringering der Antriebe.

In diesem Buch untersucht der Autor im Rahmen des BMFT-Forschungsprojektes TELMAN (Teleskoparmmanipulator in Leichtbauweise) die technischen, insbesondere die regelungstechnischen Probleme bei der Anwendung von teleskopartigen Gelenken in Roboterstrukturen, die u.a. in der Weltraumtechnik zum Einsatz kommen.

Verlag Vieweg · Postfach 58 29 · D-6200 Wiesbaden 1

