

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Motivation	3
1.2	Literaturüberblick	6
1.3	Ziele und Gliederung der Arbeit	9
2	Grundlagen	11
2.1	Die Denavit-Hartenberg Notation	11
2.2	Duale (3×3)-Matrizen und Quaternionen	18
2.3	Der Paul'sche Ansatz zur Lösung des IKP	19
2.4	Erkennung global degenerierter Roboter	21
2.5	Vereinfachung der Gelenktabelle	25
2.6	Spiegelung von Robotergeometrien	32
2.7	Festlegung der Systemeingabe	33
3	Roboter mit einer ebenen Gelenkgruppe	35
3.1	Ebene Gelenkgruppen in Heiß'schen Klassen	37
3.2	Herleitung der Ansatzgleichungen	40
3.3	Berechnung der Lösung im allgemeinen Fall	46
3.4	Sonderfälle quadratischer Lösbarkeit	48

3.5	Lösung der verbleibenden Gelenkvariablen	62
3.6	Ergebnisse	66
4	Konzepte	68
4.1	Systemschale und Systemkern	69
4.2	Funktionsweise des Systemkerns	72
4.3	Konzepte anderer Invertierungssysteme	82
5	Prototypgleichungen	85
5.1	Neu entwickelte Prototypgleichungen	85
5.2	Prototypen für ein Invertierungssystem	98
6	Implementierung	105
6.1	Auswahl von Prolog	106
6.2	Interne Repräsentation von Gleichungen	111
6.3	Gleichungsmerkmale	114
6.4	Suche nach lösbaren Gleichungen	118
6.5	Extraktion der Gleichungsparameter	126
6.6	Ein- und Ausgaben des Programms SKIP	129
7	Leistungsbetrachtung	132
7.1	Implementierungsstand der Testversion	133
7.2	Geometrien aus Heiß'schen Klassen	134
7.3	Orthogonale Geometrien aus Klasse 3 und 9	137
7.4	Drei sich schneidende Rotationsachsen	138
7.5	Spezialfälle aus den Klassen 2 und 5	140

7.6	Geometrien mit einer ebenen Gelenkgruppe	141
7.7	Exemplarische Betrachtung der Lösungsgüte	142
7.8	Zusammenfassende Bewertung	145
8	Anwendungen	147
8.1	Invertierung redundanter Roboter	147
8.2	Integration in ein Robotersimulationssystem	152
9	Zusammenfassung und Ausblick	160
	Literaturverzeichnis	165
A	Ergänzung der Grundlagen	172
A.1	Invertierung einer SCARA-Geometrie	172
A.2	Determinante und globale Degeneration	176
A.3	Spiegelung einer Robotergeometrie	178
B	Gleichungsmaterial Kapitel 3	180
B.1	Fall 1	180
B.2	Fall 2.1	182
B.3	Fall 2.2	183
C	Prototypgleichungen	184
C.1	Aus der Literatur bekannte Prototypen	184
C.2	Ableitung der Prototypen 15, 16 und 17	191
D	Protokolle	202
D.1	Gleichungssatz für die Stanford-Geometrie	203

D.2 6-achsige SCARA-Geometrie	209
D.3 8-achsige redundante Geometrie	221
E Protokolle zur Leistungsbewertung	229
E.1 Geometrien aus Heiß'schen Klassen	229
E.2 Lösungen über Prototyp 18	240
E.3 Geometrien mit einer ebenen Gelenkgruppe	243
Sachverzeichnis	251