

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

0	Abkürzungen	12
1	Einleitung	14
1.1	Problemstellung	14
1.2	Zielsetzung	14
1.3	Vorgehensweise	15
2	Stand der Technik	16
2.1	Kabelbaummontagesysteme	16
2.2	Fügetechnik	18
3	Analyse des Istzustandes	21
3.1	Kabelbaumspektrum	21
3.2	Kabelbaumkomponenten	21
3.3	Montagevorgänge	26
3.4	Probleme bei der Montageautomatisierung	28
3.5	Ableitung der Anforderungen an das Fügesystem	29
3.5.1	Grundanforderungen	29
3.5.2	Fügetechnische Anforderungen	30
4	Konzeption des Fügesystems	32
4.1	Lösungsprinzipien	32
4.1.1	Lösungsalternativen	32
4.1.2	Vorauswahl geeigneter Fügemethoden	34
4.2	Vibrationsmethode	35
4.2.1	Vibrierende Montageplatte	35

4.2.2	Kreisförmig vibrierendes Fügewerkzeug	36
4.2.3	Ungleichmäßig vibrierendes Fügewerkzeug	37
4.2.4	Bewertung der Vibrationsmethoden	39
4.3	Fügesystem mit taktilem Sensor	40
4.3.1	Fügewerkzeug mit Lageaufnehmer	40
4.3.2	Fügewerkzeug mit Kraftaufnehmer	42
4.3.3	Bewertung der Fügewerkzeuge	43
4.4	Fügesystem mit Bildsensor	43
4.4.1	Kameraaufbau	43
4.4.2	Beleuchtung	46
5	Untersuchung von Fügesystemen mit Vibrationsunterstützung	49
5.1	Analyse des Fügevorgangs	49
5.1.1	Grenzfallbetrachtung	49
5.1.2	Einfluß der Vibrationsform	52
5.1.3	Analyse der Fügekräfte	53
5.1.4	Simulation des Fügevorgangs	58
5.2	Versuchsaufbau	60
5.3	Versuchsdurchführung	60
5.3.1	Versuche mit idealisierten Werkstücken	62
5.3.2	Versuche mit Crimp-Kontakten	63
5.4	Versuchsergebnisse	64
5.4.1	Fügeversuche mit idealisierten Werkstücken	64
5.4.1.1	Vibrierene Montageplatte	64
5.4.1.2	Vibrierendes Fügewerkzeug	66
5.4.2	Fügeversuche mit Crimp-Kontakten	68
5.4.3	Vergleich der Vibrationssysteme	70
5.5	Zusammenfassung	71
6	Untersuchung von Fügemethoden mit taktilem Sensor	73
6.1	Analyse des Fügevorgangs	73
6.2	Analyse des Sensorsystems	74

6.2.1	Verarbeitung der Sensorsignale	74
6.2.2	Erprobung des Sensorsystems	76
6.3	Fügestrategie	77
6.4	Fügeversuche	81
6.5	Zusammenfassung	84
7	Untersuchung von Positioniermethoden mit Bildverarbeitungssystem	86
7.1	Lageerkennung des Fügeteils	86
7.1.1	Bestimmung der Orientierung	86
7.1.2	Bestimmung der Position	87
7.2	Lageerkennung des Lochteils	89
7.3	Darstellung der Fügeposition im Koordinatensystem des Industrieroboters	91
7.4	Versuchsaufbau	93
7.5	Versuchsergebnisse	94
7.5.1	Erprobung der Beleuchtungsverfahren	94
7.5.2	Lageerkennung der Montageteile	94
7.5.3	Positionierversuche	98
7.6	zusammenfassung	99
8	Vergleich der Fügemethoden und Ausblick	101
8.1	Vergleich der Fügemethoden	101
8.2	Ausblick	104
9	Zusammenfassung	107
10	Literaturverzeichnis	109