

Inhaltsverzeichnis	I
Formelzeichen und mathematische Operatoren	IV
1 Einleitung	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Flexible Automatisierung der Montage	2
1.3 Anwendung und Eigenschaften von Klipsen	3
2 Stand der Technik	8
2.1 Untersuchungen zur automatischen Klipsmontage	8
2.2 Anforderungen an eine umfassende Analyse des Klipsens	9
2.3 Ziel der Arbeit	10
3 Planung einer Montagezelle für Schnellbefestiger	12
3.1 Vorgehensweise	12
3.2 Abgrenzen der Randbedingungen	13
3.3 Alternative Funktionsstrukturen	15
3.3.1 Definition der Teilfunktionen	15
3.3.2 Darstellung der Funktionsstrukturen	16
3.3.3 Bewertung der Funktionsstrukturen mit Hilfe von Sektortafeln	20
3.3.4 Analyse und Bewertung der Funktionsstrukturen der Tafel III	26
3.4 Wirkprinzipien	31
4 Entwurf einer Montagezelle für Schnellbefestiger	36
4.1 Übersicht	36
4.2 Entwerfen von Zuführungen	36

4.2.1	Schlauchzuführung	36
4.2.2	Zuführung durch Effektor und Industrieroboter	37
4.3	Entwerfen von Effektoren	39
4.3.1	Fügen	39
4.3.2	Halten	40
4.3.3	Positionieren	41
4.3.4	Vereinzeln	42
4.4	Auswahl der Entwürfe	42
4.4.1	Rundschlauchzuführung	42
4.4.2	Profilschlauchzuführung	45
4.4.3	Effektor – Roboter – Zuführung	46
4.5	Zusammenfassung und Bewertung am Fallbeispiel	49
5	Theoretische Analyse des Fügevorgangs beim Klipsen	53
5.1	Einleitung	53
5.2	Materialeigenschaften von Klipsen	53
5.3	Theoretische Ermittlung der Fügekräfte und –momente bei zentrischem Fügen	56
5.4	Berechnung des Fügevorgangs nach der Methode der Finiten Elemente (FEM)	63
5.4.1	Grundlagen	63
5.4.2	Grundkonzept der Finite-Elemente-Methode	64
5.4.3	Erstellung eines Eingabe-Files	65
5.5	Darstellung der Berechnungen	69
5.5.1	Ausgabemöglichkeiten	69
5.5.2	Berechnung typischer Fügeverläufe	70
5.6	Vorschläge zur montagegerechten Klipsgestaltung	82
6	Experimentelle Analyse des Fügevorgangs beim Klipsen	88
6.1	Messung der Fügekräfte und –momente	88
6.1.1	Versuchsaufbau	88
6.1.2	Verwendete Geräte	89
6.1.3	Versuchsablauf	91

6.2	Darstellung der Meßergebnisse	93
6.2.1	Photographische Analyse des Fügevorganges	93
6.2.2	Darstellung der Kraftverläufe über der Zeit	95
6.2.3	Darstellung der Kraftverläufe über dem Weg	95
6.3	Auswertung der Meßergebnisse	103
6.3.1	Zusammenfassung	103
6.3.2	Diskussion des Fügevorganges	103
6.3.3	Einfluß der Klips-Einspannung und des Versatzes	107
6.3.4	Fügen bei komplierter Einspannung des Klipses	112
6.3.5	Vergleich der Meßergebnisse mit den Berechnungen	114
7	Versuche zum automatischen Klipsen	119
7.1	Einführung und Zielsetzung	119
7.2	Versuchsaufbau: flexibel automatisierte Klipsstation	119
7.2.1	Konzept des Aufbaus	119
7.2.2	Effektor zur Klipsmontage	121
7.2.3	Zuführsystem	122
7.3	Schwachstellenanalyse an den einzelnen Komponenten der Anlage	123
7.4	Einfluß von Positioniertoleranzen	125
7.4.1	Positioniergenauigkeit des Roboters	125
7.4.2	Zulässige Toleranzen für den Fügevorgang	126
7.4.3	Experimentelle Ermittlung der zulässigen Toleranzen	127
7.5	Integration eines komplienten Systems in den Effektor	130
7.5.1	Anforderungen an ein komplientes System	130
7.5.2	Entwurf eines komplienten Systems	131
7.5.3	Optimierung des komplienten Systems	133
8	Zusammenfassung	136
	Literaturverzeichnis	138