

Inhalt**Formelzeichen und Abkürzungen**

Formelzeichen.....	VIII
Abkürzungen.....	X
Abstract.....	XI

1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens und der Technik	3
2.1 Technologie elektronischer Baugruppen.....	3
2.1.1 Aufbautechniken.....	3
2.1.2 Bauformen elektronischer Komponenten.....	7
2.2 Abläufe der elektronischen Fertigung.....	9
2.2.1 Montagesequenzen.....	9
2.2.2 Konfigurierung von Montagelinien.....	10
2.2.3 Steuerung der Baugruppenmontage.....	12
2.3 Systeme der automatisierten Leiterplattenmontage.....	14
2.3.1 Bestückssysteme.....	14
2.3.1.1 Fügeverfahren und Greifer.....	15
2.3.1.2 Bestückautomaten.....	18
2.3.1.3 Bestückung mit Industrierobotern.....	20
2.3.1.4 Genauigkeitsanforderungen.....	23
2.3.2 Löttechniken.....	25
2.3.2.1 Flächig wirkende Verfahren.....	26
2.3.2.2 Punktuell wirkende Verfahren.....	28
2.3.3 Prozeßüberwachung und Diagnose.....	31
2.3.3.1 Leiterplattenbezogene Fehler.....	31
2.3.3.2 Bestückfehler.....	32
2.3.3.3 Inspektion.....	32
2.3.4 Sonderverfahren.....	33
3 Aufgabenstellung und Vorgehensweise	35
4 Statusanalyse	39
4.1 Bestücktechnik.....	39
4.2 Löttechnik.....	41

5	Bestücken mit Industrierobotern	44
5.1	Entwicklung taktzeitoptimierter Funktionsprinzipien.....	44
5.1.1	Optimierung des Pick-And-Place-Verfahrens	45
5.1.2	Bestückung mit entkoppeltem Materialfluß	50
5.1.3	Neue Greif- und Einsetztechniken	52
5.1.3.1	Doppelgreifer.....	53
5.1.3.2	Stationäres Richt- und Einsetzsystem.....	54
5.2	Technische Bewertung der Funktionsvarianten	55
5.3	Verifikation der entwickelten Bestücktechnik.....	60
5.3.1	Komponenten einer Bestückzelle mit inverser Kinematik	60
5.3.2	Versuchsergebnisse	65
5.4	Nutzungsmöglichkeiten	69
6	Reflowlöten mit dem Laser	72
6.1	Randbedingungen der Untersuchung.....	72
6.1.1	Wärmeeinbringung in die Lötstelle	72
6.1.2	Geometrische Bedingungen.....	74
6.1.3	Lötzeiten	76
6.2	Prinzipien zur Steigerung der Mengenleistung.....	78
6.2.1	Autonome Laserlötssysteme.....	78
6.2.1.1	Gekoppelte Mehrstrahlsysteme.....	78
6.2.1.2	Mehrstrahlssystem mit Doppeloptiken	82
6.2.2	Bestückssysteme mit integriertem Laserlöten.....	85
6.2.2.1	Grundsätzliche Überlegungen.....	85
6.2.2.2	Bestückung mit synchronem Laserlöten.....	86
6.3	Wirtschaftliche Bewertung der Prozeßvarianten	89
6.4	Potentiale unter günstigen Randbedingungen	93
7	Fehlertechnologien für die Leiterplattenmontage	97
7.1	Reduzierung der Positionsfehler von SCARA-Robotern	98
7.1.1	Messung der Genauigkeitskenngrößen	99
7.1.1.1	Wiederholgenauigkeit	99
7.1.1.2	Positioniergenauigkeit.....	103
7.1.1.3	Orientierungsgenauigkeit	106
7.1.2	Reduzierung zufälliger Positionsfehler	108
7.1.3	Verbesserung der Absolutgenauigkeit.....	109
7.1.3.1	Modellgestützte Korrektur von Positionsfehlern.....	111
7.1.3.2	On-line-Kalibrierung	117

7.2	Prozeßüberwachung für das punktuelle Reflowlöten	121
7.2.1	Konzept einer neuen Überwachungstechnik.....	121
7.2.2	Versuchsanordnung.....	122
7.2.3	Auswertungsstrategie und Versuchsergebnisse	124
8	Zusammenfassung	127
9	Anhang	130
	Anhang I.....	130
	Anhang II.....	130
	Anhang III.....	131
	Anhang IV	132
10	Literatur	137