

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

		Seite
0	<u>Abkürzungen und Formelzeichen</u>	13
1	<u>Einleitung</u>	16
1.1	<u>Problemstellung</u>	16
1.2	<u>Zielsetzung</u>	17
1.3	<u>Vorgehensweise</u>	18
2	<u>Ausgangssituation</u>	19
2.1	<u>Begriffe und Definitionen</u>	19
2.1.1	<u>Bauelementträger</u>	19
2.1.2	<u>Bauelemente</u>	19
2.1.2.1	<u>Bedrahtete Bauelemente</u>	20
2.1.2.2	<u>Standardbauelemente</u>	21
2.1.2.3	<u>Sonderbauelemente</u>	22
2.1.3	<u>Der Bestückprozeß</u>	23
2.1.3.1	<u>Bestücktätigkeiten</u>	24
2.1.3.2	<u>Fügen mit Mehrstellenkontakt</u>	25
2.2	<u>Stand der Technik</u>	27
2.2.1	<u>Sonderbauelementbestückung im Gesamtbestückprozeß</u>	27
2.2.2	<u>Anwendung von Bestückrobotern</u>	28
2.2.3	<u>Fügen mit Bestückrobotern</u>	31
3	<u>Analyse der Montageaufgabe</u>	33
3.1	<u>Der Fügevorgang beim Bestücken von Sonderbauelementen</u>	33
3.2	<u>Werkstückspektrum</u>	33
3.3	<u>Toleranzbetrachtung für das Fügen</u>	36
3.3.1	<u>Toleranzkette</u>	36
3.3.2	<u>Werkstücktoleranzen</u>	37
3.3.2.1	<u>Bauelementtoleranzen</u>	37
3.3.2.2	<u>Leiterplattentoleranzen</u>	40
3.3.3	<u>Toleranzen im Bestücksystem</u>	41
3.4	<u>Geometrie der Fügepartner</u>	41
3.5	<u>Folgerungen aus den Analyseergebnissen</u>	43

	Seite	
4	<u>Anforderungen an flexible Systeme mit Bestückrobotern für Sonderbauelemente</u>	44
4.1	Aufgaben eines Bestücksystems	44
4.1.1	Systemgrenzen und Systemfunktionen	44
4.1.2	Teilsysteme	45
4.2	Anforderungen an das Gesamtsystem	46
4.3	Anforderungen an Teilsysteme	47
4.3.1	Systeme zum Zuführen und Vorbereiten von Bauelementen	47
4.3.2	Fügesysteme	48
4.3.3	Steuerungssysteme	50
5	<u>Entwicklung von Verfahren für die Bauelemente-vorbereitung und das Fügen</u>	52
5.1	Verfahren zum Ausgleich von Bauelement-toleranzen für das Einsetzen	52
5.1.1	Lösungsprinzipien	53
5.1.2	Bewertung der Lösungsprinzipien	58
5.1.3	Untersuchungen ausgewählter Verfahren	60
5.1.3.1	Passives Richten	61
5.1.3.2	Aktives Richten	62
5.1.3.3	Ausgleich von Lagetoleranzen und Richten durch schwimmenden Greifer	66
5.1.3.4	Anwendung einer CCD-Kamera	67
5.2	Verfahren zum Ausgleich von Leiterplatten-toleranzen und Toleranzen im Bestücksystem für das Einsetzen	69
5.2.1	Lösungsprinzipien	69
5.2.2	Bewertung und Anwendungsbereiche der Lösungs-prinzipien	71
5.3	Verfahren zur Bauelementbefestigung in der Leiterplatte	73
5.3.1	Lösungsprinzipien	74
5.3.2	Erprobung des Weichlötens mit Industrieroboter	76
5.4	Vorgehensweise zur Bestimmung möglicher Bestückverfahren durch die Kombination von Lösungsprinzipien	78

	Seite
6 <u>Konzeption eines flexiblen Bestücksystems für Sonderbauelemente</u>	80
6.1      Aufstellen geeigneter Lösungen für Teilsysteme	80
6.1.1    Bereitstellen und Zuführen der Leiterplatten	80
6.1.2    Bereitstellen und Zuführen der Bauelemente	81
6.1.3    Vorbereiten und Fügen der Bauelemente	83
6.2      Integration zu Gesamtsystemen	85
6.2.1    Kombinationsmöglichkeiten	85
6.2.2    Aufstellen von Gesamtkonzepten	86
6.2.3    Bewertung der Gesamtkonzepte	88
7 <u>Entwicklung eines Greifersystems zum Bestücken</u>	92
7.1      Teilfunktionen und Teilsysteme	92
7.2      Einfluß der bewegten Masse beim Richten	93
7.2.1    Vorgänge beim Richten	93
7.2.2    Versuche zur Verformung der Anschlußdrähte	94
7.3      Konstruktive Gestaltung	96
7.3.1    Einfederungsmodul und Toleranzausgleichsmodul	96
7.3.2    Greifsysteme	98
7.4      Aufbau des Gesamtsystems	101
8 <u>Versuche mit einem flexiblen Bestücksystem für Sonderbauelemente</u>	103
8.1      Festlegung des Produktspektrums und Montageumfangs	103
8.2      Aufbau des Bestücksystems	104
8.2.1    Gesamtaufbau	104
8.2.2    Teilsysteme	105
8.2.2.1    Bereitstellen und Zuführen der Leiterplatten	105
8.2.2.2    Bereitstellen und Zuführen der Bauelemente	107
8.2.2.3    Handhabung und Toleranzausgleich zum Fügen	107
8.2.2.4    Sichern der Bauelemente in der Leiterplatte	107
8.2.2.5    Steuerung	108
8.3      Versuchsergebnisse	110
8.3.1    Taktzeitanteile wichtiger Funktionen	111
8.3.2    Nutzungsgrad und Fehlerhäufigkeit	112

		Seite
8.3.3	<b>Einfluß der Leiterplattenqualität auf die Bestückrate</b>	114
8.4	<b>Folgerungen aus den Versuchen</b>	115
8.4.1	<b>Notwendige Weiterentwicklungen</b>	116
8.4.2	<b>Montagegerechte Produktgestaltung</b>	117
9	<b><u>Zusammenfassung und Ausblick</u></b>	120
10	<b><u>Schrifttum</u></b>	123