

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xv
Formelzeichenverzeichnis	xvii
Begriffserklärungen	xxi
1 Einleitung	1
1.1 Von der Mikroelektronik zur Mikrosystemtechnik	1
1.2 Herstellung monolithischer Mikrosysteme	3
1.2.1 Fertigungsprozesse	3
1.2.2 Montagetechniken	6
1.2.3 Automatisierte Montagesysteme	12
1.3 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	14
2 Stand der Forschung und Technik	17
2.1 Überblick	17
2.2 Vergleich bauteilschonender Handhabungsprinzipien	17
2.2.1 Adhäsive Handhabungssysteme	17
2.2.2 Magnetische Handhabungssysteme	18
2.2.3 Elektrostatische Handhabungssysteme	18
2.2.4 Handhabung mittels Luftkissen	19
2.2.5 Handhabung durch den Bernoulli-Effekt	19
2.2.6 Ultraschallbasierte Handhabungssysteme	20
2.2.7 Bewertung der aufgeführten Handhabungsprinzipien	20
2.3 Überblick zur berührungslosen Handhabung mittels Ultraschall	22
2.3.1 Physikalische Grundlagen der Ultraschalllevitation	22
2.3.2 Produktionstechnische Anwendungsfelder	24
2.4 Auslegung ultraschallbasierter Handhabungssysteme	26
2.4.1 Prozessparameter	26
2.4.2 Auslegung des Ultraschallsystems	28
2.4.3 Strukturmechanische Auslegung der Greiffläche	32
2.4.4 Dimensionierung der Greifkräfte	33
2.5 Zusammenfassung und Ableitung des Handlungsbedarfs	35

3	Methode zur Anwendung der ultraschallbasierten Handhabung	37
3.1	Betrachtungsraum der Methode	37
3.2	Anforderungen an die ultraschallbasierte Montage	38
3.2.1	Technologische Anforderungen	38
3.2.2	Industrielle Anforderungen	39
3.3	Aufstellung der Methode	41
4	Modellierung der Prozesszusammenhänge	45
4.1	Vorgehen zur numerischen Auslegung der Greiferspitze . . .	45
4.2	Prozesskraftmessungen verschiedener Greiferspitzen	47
4.2.1	Aufbau des Versuchsstandes	47
4.2.2	Voruntersuchungen	48
4.2.3	Gestaltung des Versuchsplans	50
4.2.4	Auswertung	51
4.3	Prozessmodellierung mittels Multi-Layer-Perceptron-Netz . .	58
4.3.1	Funktionsweise eines Multi-Layer-Perceptron-Netzes .	58
4.3.2	Bewertung verschiedener Netztopologien	59
4.3.3	Aufbau und Adaption	60
4.3.4	Bewertung des Modellierungsansatzes	64
4.4	Prozessmodellierung mittels mathematischer Funktion	66
4.4.1	Identifikation der Gleichungsstruktur	66
4.4.2	Berücksichtigung der geometrischen Parameter	70
4.4.3	Bewertung der mathematischen Prozessfunktion . . .	74
5	Adaption der Anlagentechnik und der Montageprozesse	77
5.1	Adaption der Anlagentechnik	77
5.1.1	Bereitstellung der erforderlichen Sensorik und Aktorik	77
5.1.2	Mechanische Integration des Ultraschallvakuumgreifers	80
5.1.3	Messung der relativen Greiferposition zum Bauteil . .	83
5.1.4	Erweiterung zum automatisierten Greiferspitzenwechsel	85
5.2	Inbetriebnahme des Ultraschallvakuumgreifers	88
5.2.1	Systemkalibrierung	88
5.2.2	Auslegung des Fügekraft- und Luftspaltreglers	91
5.3	Adaption der Montageprozesse	95
5.3.1	Gestaltung der Chip-and-Wire-Technik	95
5.3.2	Gestaltung der Flip-Chip-Technik	99
6	Technische und wirtschaftliche Bewertung	103
6.1	Bewertungsgrundlage	103
6.2	Anwendungsbeispiel Leiterplattenbestückung	103
6.2.1	Prototypischer Aufbau der Montageanlage	103
6.2.2	Erstellung des Prozessmodells	105
6.2.3	Auslegung des Kraft- und Luftspaltreglers	106
6.2.4	Durchführung und Auswertung der Beispielmontage .	108

6.3	Technische Bewertung	112
6.4	Wirtschaftliche Bewertung	116
7	Zusammenfassung und Ausblick	123
7.1	Zusammenfassung	123
7.2	Ausblick	125
	Literaturverzeichnis	127
A	Zusätzliche Informationen zur statistischen Versuchsplanung	145
B	Ergebnisse der Vermessung verschiedener Greiferspitzen	147
B.1	Ergebnisse der Voruntersuchung von Unterabschnitt 4.2.2 . .	147
B.2	Messergebnisse zu Unterabschnitt 4.2.4	148
B.3	Versuchsauswertung zu Abschnitt 4.2	152
C	Ergebnisse der Prozessmodellierung	153
C.1	Messungen zur Gleichungsstruktur von Unterabschnitt 4.4.1 .	153
C.2	Adaptionsergebnisse der MPL-Netze von Abschnitt 4.3	155
C.3	Extrapolationsergebnisse der Modellierungsansätze	156