

## **Inhaltsverzeichnis**

### **Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen**

<b>1. Einleitung und Übersicht</b>	<b>1</b>
<b>2. Situationsanalyse und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Handhabung und Montage flächiger Bauteile</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Planung automatisierter Montagezellen</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Zielsetzung und Vorgehen</b>	<b>6</b>
<b>3. Stand der Technik</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Planungsmethodik bei der Entwicklung automatischer Montagezellen</b>	<b>8</b>
<b>3.1.1 Grundlegende Planungsmethoden</b>	<b>8</b>
<b>3.1.2 Planungsstrukturierung bei technischen Systemen</b>	<b>9</b>
<b>3.1.3 Vorgehen bei der Planung automatischer Montageanlagen</b>	<b>11</b>
<b>3.1.4 Die Rolle des Wissens über Technologie und Vorgehen bei der Planung automatischer Montageanlagen</b>	<b>15</b>
<b>3.1.5 Einsatz rechnergestützter Verfahren zur Montageplanung</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Automatische Handhabung und Montage flächiger Bauteile</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1 Grundbegriffe Handhabung und Montage</b>	<b>18</b>
<b>3.2.2 Begriffsklärung 'flächige Bauteile'</b>	<b>20</b>
<b>3.2.3 Haupteigenschaften flächiger Bauteile</b>	<b>21</b>
<b>3.2.4 Klassifizierung flächiger Bauteile</b>	<b>24</b>
<b>3.2.4.1 Montageunabhängige Klassifizierungsmöglichkeiten</b>	<b>24</b>
<b>3.2.4.2 Einteilung nach prozeßrelevanten Merkmalen</b>	<b>25</b>
<b>3.2.5 Analyse des Verhaltens flächiger Bauteile</b>	<b>27</b>
<b>3.2.6 Einsatz flächentypischer Handhabungs- und Montageverfahren</b>	<b>29</b>
<b>3.2.6.1 Konventionelle Handhabung flächiger Bauteile</b>	<b>30</b>
<b>3.2.6.2 Käufliche Sauggreifer</b>	<b>32</b>
<b>3.2.6.3 Einsatzgrenzen konventioneller Vakuumgreifer</b>	<b>33</b>
<b>3.2.6.4 Aktuelle Entwicklungen</b>	<b>35</b>

3.2.6.5 Anwendung des hydrodynamischen Paradoxons für die Handhabung flächiger Bauteile	36
3.2.7 Anwendungspotential und Schlußfolgerungen	37
4. Konzeption einer Planungsmethodik für automatische Montagezellen	40
4.1 Strukturierung des Planungsvorgehens am Fallbeispiel 'flächige Bauteile'	40
4.2 Teilziel Wissenserhalt und Wissenstransfer	43
4.3 Methoden zum Erhalt und Transfer von Montagewissen	45
4.4 Problemspezifische Strukturierung von Vorgehen und Wissen	47
5. Greiftechnik für flächige Bauteile	51
5.1 Bestimmungsgrößen von Flächensauggreifern	51
5.2 Grundlagen der Auslegung von Vakuumgreifern	52
5.2.1 Unterdruckerzeugung	53
5.2.2 Ansaugphase und Evakuierung	55
5.2.3 Haltezustand bei unterschiedlichen Belastungsrichtungen	56
5.2.4 Haltezustand bei unterschiedlichen Bauteilen	58
5.2.5 Bestimmung der wirksamen Saugfläche bei Flächengreifern	60
5.3 Einfluß von Leckströmung auf Niederdruck-Flächengreifer	62
5.3.1 Besondere Eigenschaften der Flächengreifer, Versagensmechanismen	63
5.3.2 Beeinflussung des Betriebspunkts der Vakuumversorgung	72
5.3.3 Drosselung von Leckströmung in den Greifer	73
5.3.4 Sauggreifergestaltung für luftdurchlässige Bauteile	75
5.4 Ansaugprozeß bei Niederdruck-Flächensauggreifern	77
5.4.1 Annäherung des Greifers ans Objekt	80
5.4.2 Einfluß der Greifergestaltung auf das Ansaugverhalten	82
5.4.3 Einfluß des Bewegungsablaufs auf das Ansaugverhalten	85
5.4.4 Einfluß des Bewegungsablaufs auf Greiftoleranz und -sicherheit	86
5.5 Passiver Toleranzausgleich bei der Montage flächiger Bauteile	89
5.5.1 Übersicht	89
5.5.2 Anforderungen an den Toleranzausgleich	91
5.5.3 Gestaltung des Greifers für den Toleranzausgleich	93

5.6 Optimierung der Greif- und Haltesicherheit von Flächensauggreifern	95
5.6.1 Greiferversagen und gestalterische Gegenmaßnahmen	95
5.6.2 Gestaltung der Randabdichtungen	97
5.6.3 Handhabungssicherheit	100
5.7 Einfluß weiterer Funktionen des Montageprozesses auf die Greifergestaltung	101
5.7.1 Vereinzelung mit Flächensauggreifern	101
5.7.2 Montage von Teilevarianten ohne Greiferwechsel	103
5.7.3 Fügeprozeßunterstützung durch Flächengreifer	104
5.7.4 Gestaltung der Kontaktfläche Greifer - Bauteil	106
5.8 Montagegerechte Gestaltung flächiger Bauteile	107
5.9 Zusammenfassung 'Vakuumgreiftechnik für flächige Bauteile'	108
 6. Komponenten für die automatische Montage flächiger Bauteile	109
6.1 Einordnung in das Planungsvorgehen	109
6.2 Fügen flächiger Bauteile	110
6.2.1 Fügen durch Kleben	110
6.2.2 Fügen mittels Schnellbefestigungselementen	113
6.2.3 Weitere Fügeverfahren	114
6.3 Vereinzelung flächiger Bauteile	115
6.4 Bereitstellung flächiger Bauteile	120
6.4.1 Grundlegende Bereitstellungsmöglichkeiten	120
6.4.2 Exemplarische Gestaltung einer Bereitstellvorrichtung	123
6.5 Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die Montage flächiger Bauteile	126
6.5.1 Gestaltungsgrundlagen und Entwurfsvorgehen	127
6.5.2 Exemplarischer Entwurf nachgiebiger Greiferaufhängungen	130
6.6 Sensorik für die automatische Montage flächiger Bauteile	133
6.6.1 Sensoren zur Positionserkennung bei flächigen Bauteilen	133
6.6.2 Sensoren für Überwachungsaufgaben	136
6.7 Layoutplanung	137
6.8 Abschluß der Konzeption, Weiterführung der Planung	139

7. Anwendungsbeispiele - Anlagen zur Montage flächiger Bauteile	141
7.1 Montage nicht formstabiler Schalldämpfungsmatten	141
7.2 Montage haftkleberbeschichteter Matten	143
7.3 Montage von Vliesstücken	146
7.4 Montage von Dichtfolien an PKW-Türen	148
7.5 Handhabung von Papieretiketten	151
7.6 Handhabung fertig montierter PKW-Türen	153
7.7 Handhabung von Formteppichen für PKW	156
7.8 Handhabung biegeweicher Flächenteile mit Trommelgreifer	159
8. Strukturierter Vorgehensplan	161
8.1 Zielsetzung	161
8.2 A: Analyse der Montageaufgabe	164
8.2.1 Analyse der Bauteile und ihrer Eigenschaften	164
8.2.2 Analyse der Fügeprozesse	166
8.2.3 Ergänzende Komponenten und Montageprozesse	167
8.3 B: Strukturierte Auswahl und Zuordnung von Lösungsprinzipien	171
8.3.1 Konzepte für Greiferfunktion und -gestaltung	171
8.3.2 Konzepte für Füge- und Verbindungstechnik	175
8.3.3 Konzepte für die Vereinzelung von flächigen Bauteilen	176
8.3.4 Konzepte für die Bereitstellung von flächigen Bauteilen	177
8.3.5 Konzepte für Nachgiebigkeiten im System 'Handhabungsgerät - Greiferaufhängung - Greifer - Fügeteil - Basisteil'	178
8.3.6 Konzepte für Vermessungstechnik und Sensoreinsatz	180
8.3.7 Berücksichtigung der Vernetzung der Einzelpunkte	181
8.4 C: Montagegerechte Gestaltung flächiger Bauteile	182
8.5 D: Auslegung und Feingestaltung	184
8.6 Einsatz als rechnerbasiertes Planungswerkzeug	185
9. Zusammenfassung und Ausblick	186
Literatur	189