

Dipl.-Ing. Rainer Friedrich, Braunschweig

# **Identifizierung elektro- nischer Bauelemente und deren gezielte Demontage**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-  
und Regelungstechnik

Nr. **586**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung und Ziele der Arbeit</b> .....	<b>1</b>
1.1 Einführung.....	1
1.2 Ausgangslage und Defizite.....	3
1.2.1 Bauteilspektrum und Fraktionen .....	6
1.2.2 Schadstoffentfrachtung .....	9
1.2.3 Wertstoffrückgewinnung durch mechanisch-verfahrenstechnische Aufbereitung .....	10
1.2.4 Wertstoffrückgewinnung durch Einsatz thermischer Verfahren .....	10
1.2.5 Wiederverwendung elektronischer Bauteile .....	12
1.3 Ziele der Arbeit.....	14
1.4 Zusammenfassung.....	16
<b>2 Stand der Technik für die gezielte Demontage</b> .....	<b>17</b>
2.1 Allgemeines.....	17
2.2 Ansätze zur Identifizierung von Bauteilklassen und Gehäusetypen.....	19
2.3 Stand der Technik der industriellen Bildverarbeitung als Methode zur Bestimmung der geometrischen Kenndaten von Bauteilen .....	19
2.4 Stand der Technik bei der automatischen Schrifterkennung als Methode zur Typidentifizierung.....	22
2.5 Stand der Technik der industriellen Löttechnik und deren Übertragbarkeit auf die Demontage.....	24
2.6 Zusammenfassung.....	26
<b>3 Anlagenkonzeption zur gezielten Demontage</b> .....	<b>28</b>
3.1 Allgemeine technische Anforderungen.....	28
3.2 Merkmale für die Identifizierung von Gehäusetypen und Mindestanforderungen bezüglich ihrer Erfassung.....	28
3.2.1 Mögliche Identifikationsmerkmale .....	28
3.2.2 Fehlermöglichkeiten mit Meßsystemen zur Erfassung der geometrischen Kenngrößen .....	29
3.2.3 Simulation des Identifikationsablaufs zur Bestimmung der Mindestanforderungen.....	31
3.2.4 Ergebnisse der Simulation und Schlußfolgerungen .....	41
3.3 Module der Demontageanlage .....	44
3.4 Zusammenfassung.....	46
<b>4 Identifizierung elektronischer Bauelemente im montierten   Zustand</b> .....	<b>48</b>
4.1 Allgemeines.....	48

4.2 Meßverfahren .....	48
4.3 Algorithmen zur Gehäusotypidentifizierung .....	53
4.3.1 Allgemeines.....	53
4.3.2 Bildvorverarbeitung .....	55
4.3.3 Segmentierung.....	58
4.3.4 Die Merkmalsextraktion.....	72
4.3.5 Bestimmung der Gehäusotypen von zu demontierenden Bauteilen.....	77
4.4 Typidentifizierung .....	85
4.5 Zusammenfassung.....	89
<b>5 Die gezielte Bauteilentnahme .....</b>	<b>90</b>
5.1 Allgemeines.....	90
5.2 Handhabungsgeräte für die Bauteilentnahme.....	90
5.3 Entlötung .....	91
5.3.1 Anforderungen .....	91
5.3.2 Entlötprinzipien.....	93
5.3.3 Zusammenfassung.....	97
5.4 Greifer für die gezielte Demontage .....	97
5.4.1 Greifer für IC's .....	100
5.4.2 Greifer für stehende Elektrolytkondensatoren.....	104
5.5 Zusammenfassung.....	105
<b>6 Realisierung einer Versuchsanlage zur gezielten Demontage.....</b>	<b>107</b>
6.1 Anlagenlayout .....	107
6.2 Handhabung der Leiterplatten in der Demontagezelle.....	108
6.3 Steckerabtrennung.....	110
6.4 Die Realisierung des Laserscanners und Ergebnisse der Gehäusotypidentifizierung .....	112
6.4.1 Realisierung des Laserscanners.....	112
6.4.2 Fehler bei der Längen-, Breiten und Durchmesserbestimmung .....	115
6.4.3 Fehler bei der Bestimmung der Höhe der Bauteile .....	118
6.4.4 Fehler bei der Flächenbestimmung.....	119
6.4.5 Experimentelle Ergebnisse bei der Bestimmung von Gehäusotypen ..	120
6.4.6 Zusammenfassung.....	123
6.5 Die Realisierung der Meßeinrichtung nach dem Prinzip des „Codierten Lichtansatzes“ und Ergebnisse .....	124
6.6 Die Realisierung der Demontagewerkzeuge.....	126
6.6.1 Gezielte Entlötung von Bauteilen .....	126
6.6.2 Greifer für IC's .....	128
6.6.3 Greifer für stehende Elektrolytkondensatoren.....	131
6.7 Steuerung der Demontage.....	133

---

6.8 Zusammenfassung.....	136
<b>7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen .....</b>	<b>139</b>
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>145</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>148</b>
A.1 Verkaufszahlen elektronischer Bauteile 1994.....	148
A.2 Bauteilgrößen.....	149
<b>Literatur.....</b>	<b>151</b>