

Berichte der
Institute für
Automatisierungs-
technik



Technische
Universität
Braunschweig

Dipl.-Ing. Gerold Schütte, Bremen

Leiterplattendemontage für verwertungsorientierte Recyclingkreisläufe

Fortschritt-Berichte VDI

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

Nr. **660**

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Situation des Elektronikschrottrecyclings	2
1.3 Zielsetzung	6
2 Stand der Technik	8
2.1 Demontage im Recyclingprozeß	8
2.1.1 Definition der Demontage	8
2.1.2 Recyclingformen und -kreisläufe.....	10
2.1.3 Aufgaben der Demontage beim Recycling	12
2.2 Recyclinggerechte Konstruktion.....	13
2.3 Demontagetechnik	15
2.3.1 Allgemeine automatisierte Demontageanlagen	16
2.3.2 Demontage elektronischer Geräte	17
2.3.3 Leiterplattenentstückung.....	21
2.4 Identifizierung elektronischer Bauelemente	24
2.4.1 Sortierung von Altglas.....	26
2.4.2 Sortierung von Verpackungsmaterialien	27
2.5 Zusammenfassung.....	28
3 Konzeption einer Anlage zur Leiterplattenentstückung	30
3.1 Demontagerelevante Merkmale bestückter Leiterplatten.....	30
3.2 Anforderungen an die Leiterplattenentstückung.....	32
3.2.1 Schadstoffentfrachtung	32
3.2.2 Aufkonzentrieren von Wertstoffen	32
3.2.3 Wiederverwendung von Bauelementen	34
3.2.4 Vergleich der unterschiedlichen Anforderungen an die Demontage.....	35
3.3 Konzeption einer Leiterplattenentstückungsanlage.....	35
3.3.1 Mögliche Abfolge von Demontagevorgängen	36
3.3.2 Konzept der gezielten Demontage.....	39
3.3.3 Konzept der Komplettenstückung	40
3.4 Zusammenfassung.....	42
4 Trennverfahren für bestückte Leiterplatten	44
4.1 Einteilung der Trennverfahren.....	44
4.1.1 Gliederung der Trennverfahren nach DIN 8580.....	44
4.1.2 Wirkorte der Trennverfahren.....	46
4.2 Auswahl und Bewertung von Verfahren zur Komplettenstückung	47

4.3 Untersuchung des Messerschneidverfahrens	51
4.3.1 Schnittparameter beim Messerschneiden.....	53
4.3.2 Beschädigung der Bauelemente	54
4.3.3 Bestimmung der Schnittkräfte	60
4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	69
5 Gestaltung einer Entstückungsanlage	71
5.1 Einspannung der bestückten Leiterplatten	71
5.2 Gerätetechnische Realisierung	74
5.3 Versuchsergebnisse und Bewertung.....	76
5.4 Wirtschaftliche Bewertung.....	80
6 Sortierung entstückter Bauelemente.....	84
6.1 Konzeption der Sortiereinrichtung	84
6.2 Anforderungen an eine sensorgestützte Sortieranlage	85
6.3 Ablauf der Klassifizierung.....	87
6.4 Auswahl von Merkmalen	88
6.4.1 Auswahl von Meßgrößen	88
6.4.2 Ableitung von Merkmalen und deren Bewertung	92
6.5 Bauelementklassifikation.....	99
6.5.1 Auswahl eines geeigneten Klassifikators.....	99
6.5.2 Ablauf der fuzzybasierten Klassifikation	101
6.5.3 Simulationsergebnisse und Bewertung.....	108
6.5.4 Entscheidungslogik.....	111
6.5.5 Zusammenfassung	112
6.6 Gerätetechnische Realisierung	112
6.6.1 Sensorik.....	113
6.6.2 Materialfluß in der Sortieranlage.....	117
6.6.3 Steuerung der Sortieranlage.....	119
6.7 Versuchsergebnisse und Bewertung.....	120
6.7.1 Optimierung der Parameter des Klassifikators	120
6.7.2 Klassifikationsergebnisse.....	122
6.8 Zusammenfassung.....	123
7 Zusammenfassung und Ausblick	124
8 Literaturverzeichnis	126