

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-------|--|----|
| 0 | <u>Abkürzungen und Formelzeichen</u> | 12 |
| 1 | <u>Einleitung</u> | 16 |
| 1.1 | Problemstellung | 16 |
| 1.2 | Zielsetzung und Vorgehensweise | 17 |
| 2 | <u>Ausgangssituation</u> | 18 |
| 2.1 | Begriffe und Definitionen..... | 18 |
| 2.2 | Stand der Technik..... | 19 |
| 2.2.1 | Demontage in Serien | 19 |
| 2.2.2 | Automatische Demontage..... | 20 |
| 3 | <u>Analyse des Ist-Zustandes der Demontage</u> | 22 |
| 3.1 | Repräsentativerhebung..... | 22 |
| 3.2 | Analyse ausgewählter Demontageaufgaben | 26 |
| 3.2.1 | Demontagevorgänge und Trennverfahren | 26 |
| 3.2.2 | Produktzustände | 27 |
| 4 | <u>Folgerungen aus den Analyseergebnissen und Ableitung von Anforderungen an Systeme zur flexiblen Automatisierung der Demontage</u> | 29 |
| 4.1 | Systemabgrenzung und Definition der Teilfunktionen..... | 30 |
| 4.2 | Anforderungen an Gesamtsysteme zur automatisierten Demontage | 31 |
| 4.3 | Anforderungen an die Teilsysteme zur automatisierten Demontage | 31 |
| 4.3.1 | Anforderungen an die Handhabungssysteme..... | 32 |
| 4.3.2 | Anforderungen an die Trennsysteme..... | 33 |
| 4.3.3 | Anforderungen an die Demontagesteuerungssysteme..... | 33 |
| 5 | <u>Konzeption von automatisierten Systemen zur Demontage</u> | 35 |
| 5.1 | Randbedingungen bei der Systemkonzeption | 35 |
| 5.2 | Alternative Gesamtsysteme für die flexible Automatisierung der Demontage | 36 |
| 5.2.1 | Einplatz-Demontagesysteme | 36 |
| 5.3.2 | Mehrplatz-Demontagesysteme | 37 |
| 5.3 | Konzeption der Teilsysteme für die flexible Automatisierung der Demontage | 38 |
| 5.3.1 | Bereitstellungssysteme | 39 |

| | | |
|---------|--|----|
| 5.3.2 | Handhabungssysteme | 40 |
| 5.3.3 | Trennsysteme | 42 |
| 5.3.3.1 | Trennen durch Abnehmen / Entnehmen | 42 |
| 5.3.3.2 | Trennen durch Lösen der Verbindungselemente | 43 |
| 5.3.4 | Demontagesteuerungssysteme | 45 |
| 5.3.4.1 | Ablaufsteuerung | 45 |
| 5.3.4.2 | Zustandserkennung | 46 |
| 6 | <u>Entwicklung von Verfahren und Werkzeugen zur automatisierten Demontage von Schraubverbindungen</u> | 50 |
| 6.1 | Theorie des Zerlegeprozesses | 50 |
| 6.2 | Experimentelle Untersuchung der Einflüsse auf den Zerlegeprozeß | 54 |
| 6.2.1 | Einflüsse auf die Formschlußherstellung | 55 |
| 6.2.2 | Einflüsse auf das Lösen und Ausdrehen von Schrauben | 56 |
| 6.3 | Entwicklung von Verfahren zur Formschlußherstellung | 59 |
| 6.3.1 | Suchstrategien | 60 |
| 6.3.2 | Theorie der Formschlußherstellung mit drehender Linearschwingung | 61 |
| 6.3.3 | Entwicklung von Funktionsmustern zur Formschlußherstellung | 68 |
| 6.4 | Entwicklung von Verfahren zur Überwachung des Zerlegeprozesses | 70 |
| 7 | <u>Realisierung einer Pilotzelle zur Demontage von Telefonen. Versuchsergebnisse und Folgerungen aus den Versuchen</u> | 72 |
| 7.1 | Analyse des Produktaufbaus | 72 |
| 7.2 | Versuchsaufbau | 74 |
| 7.2.1 | Gesamtaufbau | 74 |
| 7.2.2 | Teilsysteme | 75 |
| 7.2.2.1 | Handhabungssysteme | 75 |
| 7.2.2.2 | Zerlegewerkzeug für Löseteile | 76 |
| 7.2.2.3 | Schraubendemontagewerkzeug | 76 |
| 7.2.2.4 | Zerlegewerkzeug für Schnappverbinder | 78 |
| 7.2.2.5 | Werkzeug zum Zerspanen von Verbindungselementen | 79 |
| 7.2.2.6 | Sensorik zur Produktzustandserkennung und Prozeßüberwachung | 80 |
| 7.2.2.7 | Steuerung | 81 |
| 7.3 | Versuchsergebnisse | 82 |
| 7.3.1 | Demontageablauf | 82 |
| 7.3.2 | Demontagezeiten | 86 |
| 7.3.3 | Verfügbarkeit | 87 |
| 7.4 | Folgerungen aus den Versuchen | 88 |
| 7.4.1 | Demontagegerechte Produktgestaltung | 88 |
| 7.4.2 | Notwendige Weiterentwicklungen der Demontagetechnologie | 90 |

| | | |
|---|---|----|
| 8 | <u>Zusammenfassung und Ausblick</u> | 91 |
| 9 | <u>Schrifttum</u> | 93 |