

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1      | Problemstellung   | 1         |
| 1.2      | Zielsetzung und Vorgehensweise                                      | 6         |
| <b>2</b> | <b>Stand der Technik</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1      | Einführung  | 8         |
| 2.2      | Recycling von technischen Produkten                                 | 8         |
| 2.2.1    | Begriffe und Definitionen   | 8         |
| 2.2.2    | Produktrecycling  | 11        |
| 2.2.2.1  | Ablauf und Verfahren  | 11        |
| 2.2.2.2  | Defizite und Entwicklungstendenzen                                  | 12        |
| 2.2.3    | Materialrecycling   | 13        |
| 2.2.3.1  | Ablauf und Verfahren  | 13        |
| 2.2.3.2  | Defizite und Entwicklungstendenzen                                  | 15        |
| 2.3      | Produktentwicklung  | 17        |
| 2.3.1    | Vorgehen bei der konventionellen Produktentwicklung                 | 17        |
| 2.3.2    | Hilfsmittel für die Produktentwicklung                              | 20        |
| 2.3.3    | Integration von Produktkonstruktion und Produktionssystemplanung    | 21        |
| 2.4      | Recyclinggerechte Produktentwicklung                                | 23        |
| 2.4.1    | Methodische und organisatorische Ansätze                            | 23        |
| 2.4.2    | Hilfsmittel zur recyclinggerechten Produktgestaltung                | 26        |
| 2.4.3    | Informationstechnische Integration des Recyclings                   | 28        |
| 2.5      | Demontageplanung  | 28        |
| 2.6      | Erkenntnisse und Folgerungen  | 30        |
| <b>3</b> | <b>Anforderungen an die recyclingintegrierte Produktentwicklung</b> | <b>31</b> |
| 3.1      | Einführung  | 31        |
| 3.2      | Anforderungen aus dem Produktspektrum                               | 32        |
| 3.3      | Recyclingtechnische Anforderungen                                   | 33        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.4      | Anforderungen an den Produktentwicklungsablauf . . . . .                                     | 35        |
| 3.5      | Organisatorische Anforderungen . . . . .   | 37        |
| 3.6      | Informationstechnische Anforderungen . . . . .   | 38        |
| <b>4</b> | <b>Konzept zur recyclingintegrierten<br/>Produktentwicklung . . . . .</b>                    | <b>39</b> |
| 4.1      | Einführung . . . . .   | 39        |
| 4.2      | Zielsetzung und Einsatzgebiet . . . . .  | 39        |
| 4.3      | Grundlegende Vorgehensweise . . . . .  | 40        |
| 4.3.1    | Modularisierung von Produkt und Recyclingkonzept . . . . .                                   | 40        |
| 4.3.2    | Systematisierung des Recyclings . . . . .  | 44        |
| 4.3.2.1  | Werkstoffklassifizierung . . . . .   | 44        |
| 4.3.2.2  | Recyclingverfahren . . . . .   | 46        |
| 4.3.2.3  | Recyclinggruppen . . . . .   | 49        |
| 4.4      | Einbindung des Recyclings in die<br>Produktentwicklung . . . . .                             | 50        |
| 4.4.1    | Strukturierung der Aufgaben der<br>Recyclingintegration . . . . .                            | 50        |
| 4.4.2    | Organisatorische Abwicklung . . . . .  | 52        |
| 4.5      | Generierung der Grunddaten der<br>Recyclingintegration . . . . .                             | 55        |
| 4.5.1    | Ablaufplan . . . . .   | 55        |
| 4.5.2    | Recyclinggrundkonzeption . . . . .   | 57        |
| 4.5.3    | Dokumentation . . . . .  | 61        |
| 4.5.4    | Organisatorische Abwicklung . . . . .  | 62        |
| 4.6      | Integration des Recyclings in Produkt-<br>entwicklungsprojekte . . . . .                     | 64        |
| 4.6.1    | Ablauf der recyclingintegrierten Projektarbeit . . . . .                                     | 64        |
| 4.6.2    | Recyclingplanung . . . . .   | 67        |
| 4.6.3    | Organisation des Projektteams . . . . .  | 71        |
| 4.7      | Informationstechnische Integration . . . . .   | 72        |
| 4.7.1    | Darstellung der Informationsflüsse der<br>recyclingintegrierten Produktentwicklung . . . . . | 72        |
| 4.7.2    | Datenstruktur . . . . .  | 75        |
| 4.7.3    | Funktionalitäten . . . . .   | 79        |
| 4.8      | Zusammenfassung . . . . .  | 80        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>5</b> | <b>Integration der Demontageplanung . . . . .</b>            | <b>81</b>  |
| 5.1      | Einführung . . . . .   | 81         |
| 5.2      | Aufgaben und Funktionen der Demontage . . . . .              | 81         |
| 5.3      | Demontagespezifische Planungsgrundlagen . . . . .            | 83         |
| 5.4      | Demontageprozeßplanung . . . . .                             | 88         |
| 5.4.1    | Aufgaben und Ziele . . . . .                                 | 88         |
| 5.4.2    | Trennen . . . . .  | 88         |
| 5.4.2.1  | Arten von Trennprozessen . . . . .                           | 88         |
| 5.4.2.2  | Lösungskataloge Trennprozesse . . . . .                      | 91         |
| 5.4.3    | Zuführen . . . . .   | 94         |
| 5.4.4    | Abführen . . . . .   | 97         |
| 5.4.5    | Bereitstellen . . . . .                                      | 98         |
| 5.4.6    | Planungsvorgehen . . . . .                                   | 98         |
| 5.5      | Demontagestrukturplanung . . . . .                           | 103        |
| 5.5.1    | Aufgaben und Ziele . . . . .                                 | 103        |
| 5.5.2    | Grundlagen der Demontagestrukturgestaltung . . . . .         | 103        |
| 5.5.3    | Planungsvorgehen . . . . .                                   | 109        |
| 5.5.3.1  | Demontagesystemebene . . . . .                               | 111        |
| 5.5.3.2  | Demontageteilsystemebene . . . . .                           | 113        |
| 5.6      | Zusammenfassung . . . . .                                    | 114        |
| <b>6</b> | <b>Anwendungsbeispiel: Elektroheimwerkergeräte . . . . .</b> | <b>116</b> |
| 6.1      | Einführung . . . . .   | 116        |
| 6.2      | Grunddatengenerierung . . . . .                              | 117        |
| 6.2.1    | Anforderungen ermitteln . . . . .                            | 117        |
| 6.2.2    | Recyclinggrundkonzeption . . . . .                           | 119        |
| 6.2.3    | Dokumentation . . . . .                                      | 121        |
| 6.3      | Produktentwicklungsprojekt . . . . .                         | 122        |
| 6.3.1    | Aufgabe klären . . . . .                                     | 122        |
| 6.3.2    | Konzipieren . . . . .  | 123        |
| 6.3.3    | Entwerfen . . . . .  | 125        |
| 6.3.4    | Detaillieren und Ausarbeiten . . . . .                       | 131        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung . . . . .</b>                             | <b>133</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>                        | <b>135</b> |