

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangssituation und Motivation der Arbeit | 1 |
| 1.2 Zentrale Defizite und daraus abgeleitete Ziele der Arbeit | 3 |
| 1.3 Ansatz und Vorgehen zur Erreichung der Ziele | 5 |
| 2 Klinische Ausgangslage | 8 |
| 2.1 Entwicklung der Therapieform Stentimplantat | 8 |
| 2.2 Markt und Anwendungsgebiete | 11 |
| 2.2.1 Kardio-, Angio- und Neurologie | 13 |
| 2.2.2 Gastroenterologie | 16 |
| 2.2.3 Urologie | 18 |
| 2.2.4 Pneumologie | 19 |
| 3 Technologischer Hintergrund | 22 |
| 3.1 Merkmale von Stentimplantaten | 22 |
| 3.2 Implantatmaterialien | 23 |
| 3.2.1 Chrom-Nickel-Legierungen | 23 |
| 3.2.2 Kobalt-Chrom-Legierungen | 24 |
| 3.2.3 Nickel-Titan-Legierungen | 24 |
| 3.2.4 Degradierbare Implantatmaterialien | 27 |
| 3.3 Fertigungstechnologien für Stentimplantate | 28 |
| 3.3.1 Laserstrahlschneiden | 29 |
| 3.3.2 Textile Fertigungsverfahren | 32 |
| 3.3.2.1 Wickeln | 32 |
| 3.3.2.2 Rundstricken | 34 |
| 3.3.2.3 Rundflechten | 36 |
| 3.3.3 Fertigungsansätze des Flechtens | 41 |
| 3.3.3.1 Einfadenflechten | 42 |
| 3.3.3.2 Einseitig geschlossenes Rundflechten | 44 |
| 3.3.3.3 Hybrides Flechten | 46 |
| 3.3.3.4 Fertigungsansätze im Vergleich | 47 |
| 4 Datenerhebung | 50 |
| 4.1 Marktdaten | 51 |
| 4.1.1 Methodisches Vorgehen | 51 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.2 Quantitatives Marktprofil | 53 |
| 4.1.2.1 Marktteilnehmer | 54 |
| 4.1.2.2 Anwendungs- und Fachbereiche | 55 |
| 4.1.2.3 Fertigungsverfahren und –ansätze | 55 |
| 4.1.2.4 Dimensionen | 60 |
| 4.1.2.5 Materialien | 61 |
| 4.2 Prozess- und Produktdaten | 62 |
| 4.2.1 Auswahl der Expertengruppen | 63 |
| 4.2.2 Anforderungen der Implantathersteller | 63 |
| 4.2.3 Anforderungen der klinischen Anwender | 66 |
| 4.3 Technologieattraktivität | 71 |
| 4.3.1 Patente und Veröffentlichungen | 71 |
| 4.3.2 OP- und ICD-Schlüssel | 72 |
| 4.4 Untersuchungsraum und Bewertungskriterien | 74 |
| 4.4.1 Prozess-Benchmark | 74 |
| 4.4.2 Produkt-Benchmark | 77 |
| 4.4.3 Ableitung der Bewertungskriterien | 79 |
| 4.5 Zielgrößen | 81 |
| 4.5.1 Technische Zielgrößen | 81 |
| 4.5.2 Wirtschaftliche Zielgrößen | 83 |
| 5 Systematische Prozessentwicklung | 86 |
| 5.1 Definition des allgemeinen Anforderungsprofils | 86 |
| 5.2 Konzeptauswahl | 88 |
| 5.2.1 Konzeptentwicklung | 88 |
| 5.2.1.1 Automatisiertes Einfadenflechten | 90 |
| 5.2.1.2 Kern-Mantel-Verfahren | 91 |
| 5.2.1.3 Kern-Schale-Verfahren | 91 |
| 5.2.1.4 Hybrides Flechtverfahren | 92 |
| 5.2.1.5 Radiales Nähen | 92 |
| 5.2.1.6 Automatisiertes Mehrfadenflechten | 93 |
| 5.2.2 Bewertung und Auswahl | 93 |
| 5.3 Automatisiertes Mehrfadenflechten | 96 |
| 5.3.1 Konkretisierung der Ziele und Anforderungen | 96 |
| 5.3.2 Funktionsstruktur | 99 |
| 5.3.3 Morphologischer Kasten | 102 |
| 5.3.4 Konzeptbeschreibung | 105 |

| | |
|---|------------|
| 5.3.5 Bewertung und Auswahl der Konzepte | 109 |
| 5.3.6 Ausarbeitung und Umsetzung | 112 |
| 5.4 Automatisiertes Einfadenflechten | 120 |
| 5.4.1 Konkretisierung der Ziele | 120 |
| 5.4.2 Konkretisierung der Anforderungen | 122 |
| 5.4.2.1 Kernsystem | 122 |
| 5.4.2.2 Handhabungssystem | 123 |
| 5.4.2.3 Speichersystem | 124 |
| 5.4.3 Funktionsstruktur | 125 |
| 5.4.4 Morphologischer Kasten | 128 |
| 5.4.5 Konzeptbeschreibung und Auswahl | 129 |
| 5.4.5.1 Kernsystem | 129 |
| 5.4.5.2 Handhabungssystem | 131 |
| 5.4.5.3 Speichersystem | 135 |
| 5.4.6 Ausarbeitung und Umsetzung | 139 |
| 5.4.6.1 Kernmodul | 142 |
| 5.4.6.2 Handhabungssystem | 143 |
| 5.4.6.3 Speichersystem | 144 |
| 5.4.7 Elektrotechnische Umsetzung | 145 |
| 5.4.8 Prozesstechnische Umsetzung | 147 |
| 5.4.8.1 Umsetzung des Speicherprozesses | 149 |
| 5.4.8.2 Umsetzung des Flechtprozesses | 154 |
| 5.5 Konzeptionierung der Fertigungssysteme | 157 |
| 5.5.1 Funktions- und Prozessbestimmung | 160 |
| 5.5.1.1 Fertigungsfolge automatisiertes Einfadenflechten | 160 |
| 5.5.1.2 Fertigungsfolge Mehrfadenflechten | 161 |
| 5.5.2 Dimensionierung | 163 |
| 5.5.3 Strukturierung | 163 |
| 5.5.4 Gestaltung | 165 |
| 5.5.4.1 Systematisieren der Planungsgrundlage | 165 |
| 5.5.4.2 Ideallayoutplanung | 167 |
| 6 Technische Bewertung | 171 |
| 6.1 Prüfaufbau | 172 |
| 6.2 Versuchsaufbau und Durchführung | 173 |
| 6.2.1 Mehrfadenflechten | 173 |

| | |
|---|------------|
| 6.2.1.1 Versuchsaufbau | 173 |
| 6.2.1.2 Durchführung | 175 |
| 6.2.2 Einfadenflechten | 178 |
| 6.2.2.1 Versuchsaufbau | 178 |
| 6.2.2.2 Durchführung | 179 |
| 6.2.3 Formgebung | 180 |
| 6.3 Auswertung | 181 |
| 6.3.1 Ergebnisdarstellung der Radialkraftprüfung | 182 |
| 6.3.2 Ergebnisdarstellung der bleibenden Verformung | 184 |
| 6.4 Diskussion und Zwischenfazit | 185 |
| 7 Wirtschaftliche Bewertung | 190 |
| 7.1 Methodenauswahl | 190 |
| 7.2 Benchmark-Prozesse | 192 |
| 7.3 Wirtschaftlicher Vergleich der Fertigungsketten | 194 |
| 7.3.1 Bewertung der Strukturbildungsprozesse | 194 |
| 7.3.2 Bewertung der Fertigungsketten | 195 |
| 7.3.3 Erweiterung des Untersuchungsraums | 199 |
| 7.4 Diskussion und Fazit | 201 |
| 7.4.1 Wirtschaftliche Bewertung | 202 |
| 7.4.2 Fazit | 203 |
| 7.5 Verwertungsperspektiven | 206 |
| 8 Zusammenfassung | 208 |
| 9 Ausblick | 212 |
| Abkürzungsverzeichnis | 214 |
| Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | 219 |
| Literaturverzeichnis | 230 |
| Studentische Arbeiten | 249 |
| Anhang | 252 |
| Disclaimer | 307 |