

Josef Ponn · Udo Lindemann

# Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte

Optimierte Produkte - systematisch von  
Anforderungen zu Konzepten

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einführung.....</b>	<b>1</b>
Welches Ziel verfolgt dieses Buch?.....	2
An wen richtet sich dieses Buch? .....	3
Was waren die wichtigsten Einflüsse auf dieses Buch? .....	3
Wie ist dieses Buch aufgebaut? .....	5
 <b>1 Produktentwicklung und Konstruktion .....</b>	 <b>7</b>
1.1 Entwicklungssituationen.....	9
1.2 Technische Produkte.....	12
1.3 Prozesse und Vorgehensmodelle .....	14
1.4 Methoden, Produktmodelle und Werkzeuge.....	18
1.5 Navigationsmodell der Produktkonkretisierung .....	21
1.6 Hauptzielsetzungen und Gerechtheiten.....	25
1.7 Beispielhafte Entwicklungsszenarios.....	28
1.8 Zusammenfassung .....	30
 <b>2 Anforderungen .....</b>	 <b>31</b>
2.1 Anforderungsklärung bei der Entwicklung eines medizintechnischen Gerätes.....	31
2.2 Methoden des Anforderungsmanagements.....	35
2.2.1 Wie können Anforderungen geklärt werden?.....	36
2.2.2 Wie können Kundenanforderungen ermittelt werden?.....	39
2.2.3 Wie können die geklärten Anforderungen strukturiert und priorisiert werden? .....	44
2.2.4 Wie können Anforderungen über den gesamten Entwicklungsprozess genutzt und erweitert werden? .....	47
2.3 Entwicklung einer Schablonenvorrichtung für chirurgische Gelenkkorrekturen .....	49
2.4 Zusammenfassung .....	52
 <b>3 Funktionsmodelle .....</b>	 <b>53</b>
3.1 Funktionale Betrachtung der Energie- und Informationsflüsse im Kraftfahrzeug.....	54
3.2 Methoden zur Funktionsmodellierung.....	56

3.2.1 Wie können die Funktionen eines Systems ermittelt und beschrieben werden? .....	58
3.2.2 Wie können Funktionen dargestellt werden? .....	60
3.2.3 Wie können Stoff-, Energie- und Signalflüsse eines Systems modelliert werden? .....	63
3.2.4 Wie können nützliche und schädliche Funktionen eines Systems ermittelt werden? .....	67
3.3 Beispiele zur Funktionsmodellierung .....	69
3.3.1 Funktionsanalyse und Entwicklung eines kostengünstigen Reinigungskonzepts für einen Pflanzenölkocher.....	69
3.3.2 Funktionsmodellierung und Generierung innovativer Lösungsideen für Bahnübergänge.....	72
3.4 Zusammenfassung .....	74
<b>4 Wirkprinzipien .....</b>	<b>75</b>
4.1 Optimierung des Antriebs einer Seilwinde .....	76
4.2 Methoden zur Entwicklung von Wirkmodellen .....	79
4.2.1 Wie lassen sich Wirkprinzipien für physikalisch orientierte Probleme ermitteln?.....	81
4.2.2 Wie lassen sich Wirkprinzipien für technische Widersprüche ermitteln?.....	86
4.2.3 Wie lassen sich Wirkprinzipien durch Einbezug von Wissen aus anderen Disziplinen ermitteln?.....	88
4.2.4 Wie lassen sich Wirkprinzipien darstellen?.....	91
4.3 Beispiele für die Generierung von Wirkprinzipien .....	92
4.3.1 Konzeptentwicklung für Gelenkbremsen in Industrierobotern.....	92
4.3.2 Entwicklung eines innovativen Konzepts einer Erdbohrmaschine.....	94
4.4 Zusammenfassung .....	96
<b>5 Wirkkonzepte.....</b>	<b>97</b>
5.1 Entwicklung eines Spenders für Tragetaschen .....	97
5.2 Methoden zur Erstellung und Auswahl von Wirkkonzepten .....	100
5.2.1 Wie lässt sich ein Überblick über das Lösungsfeld gewinnen? .....	102
5.2.2 Wie lassen sich vorhandene Teillösungsideen zu Wirkkonzepten kombinieren?.....	103
5.2.3 Wie lässt sich eine Flut von Wirkkonzeptalternativen beherrschen? .....	108
5.2.4 Wie lässt sich aus gewählten Teillösungen ein räumliches Wirkkonzept erstellen?.....	111
5.2.5 Wie lässt sich ein optimales Wirkkonzept auswählen? .....	113
5.3 Entwicklung eines Gangschaltungssimulators für Nutzfahrzeuge .....	115
5.4 Zusammenfassung .....	119
<b>6 Produktgestalt.....</b>	<b>121</b>
6.1 Entwicklung einer gestaltoptimierten Staubsaugerdüse.....	121
6.2 Grundlagen und Methoden zum Erarbeiten der Produktgestalt .....	123

6.2.1 Wie kann die konkrete Gestalt eines Produktes erarbeitet werden? ..	127
6.2.2 Wie können Gestaltlösungsalternativen systematisch entwickelt werden? .....	128
6.2.3 Wie lässt sich ein Spektrum bestehender Gestaltalternativen darstellen und ergänzen? .....	136
6.3 Erarbeitung der Gestalt eines innovativen Klappdrahmens .....	137
6.4 Zusammenfassung .....	141
<b>7 Baukonzepte.....</b>	<b>143</b>
7.1 Herausforderungen bei der Entwicklung einer Kupplung mit hydraulischer Dämpfung .....	143
7.2 Methoden, Prinzipien und Richtlinien für die Entwicklung von Baukonzepten .....	146
7.2.1 Wie lässt sich eine optimale Baustruktur festlegen? .....	148
7.2.2 Wie lässt sich die Produktgestalt optimieren? .....	151
7.2.3 Wie lassen sich Schnittstellen des Produktes optimieren? .....	155
7.2.4 Wie lassen sich Iterationen bei der Erarbeitung von Baukonzepten handhaben?.....	159
7.2.5 Was ist bei der Ausarbeitung des Produktes zu beachten? .....	161
7.3 Entwicklung eines Baukonzeptes für eine Kupplung mit hydraulischer Dämpfung .....	162
7.4 Zusammenfassung .....	164
<b>8 Sichere und zuverlässige Produkte .....</b>	<b>165</b>
8.1 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Windkraftanlagen .....	165
8.2 Grundlagen der Sicherheit und Zuverlässigkeit.....	168
8.2.1 Wie lassen sich die Zuverlässigkeit eines Systems ermitteln sowie Schwachstellen und ihre Auswirkungen analysieren?.....	171
8.2.2 Wie lassen sich Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen ermitteln? .....	176
8.2.3 Wie lässt sich die Sicherheit und Zuverlässigkeit mit Hilfe von Funktionsmodellen erhöhen? .....	179
8.2.4 Wie lassen sich Sicherheit und Zuverlässigkeit bei Wirkmodellen einbeziehen?.....	181
8.2.5 Wie lässt sich die Sicherheit im Baumodell erhöhen? .....	184
8.3 Verminderung des Unfallrisikos einer Ringspinnmaschine.....	187
8.4 Zusammenfassung .....	191
<b>9 Produktgewicht.....</b>	<b>191</b>
9.1 Auswirkungen des Gewichts auf eine Hochgeschwindigkeits-Schleifmaschine .....	192
9.2 Maßnahmen zur Optimierung des Produktgewichts .....	193
9.2.1 Wie können Gewichtsziele ermittelt werden? .....	194
9.2.2 Wie kann das Produktgewicht im Funktionsmodell berücksichtigt werden? .....	195

9.2.3 Wie können gewichtsparende Wirkprinzipien bestimmt werden? ...	197
9.2.4 Wie können gestalterische Maßnahmen zur Gewichtsoptimierung eingesetzt werden? .....	198
9.3 Gewichtsoptimierung in der Luftfahrtindustrie .....	201
9.4 Zusammenfassung .....	204
<b>10 Montagegerechte Produkte.....</b>	<b>205</b>
10.1 Montagegerechte Gestaltung eines Reihenschalters .....	206
10.2 Methoden zur Analyse und Gestaltung montagegerechter Produkte .....	208
10.2.1 Wie können Anforderungen und Ziele für montagegerechte Produkte ermittelt und festgelegt werden? .....	212
10.2.2 Wie kann die Produktstruktur montagegerecht gestaltet werden? ..	213
10.2.3 Wie können Verbindungen und Fügestellen montagegerecht gestaltet werden? .....	216
10.2.4 Wie können Bauteile montagegerecht gestaltet werden? .....	217
10.2.5 Wie lassen sich Produkte bezüglich ihrer Eignung zur Montage bewerten? .....	219
10.3 Montagegerechte Gestaltung eines Pneumatikventils.....	222
10.4 Zusammenfassung .....	225
<b>11 Variantenreiche Produkte .....</b>	<b>227</b>
11.1 Variantenvielfalt im Automobilbereich .....	227
11.2 Methoden zur Entwicklung variantenreicher Produkte.....	228
11.2.1 Wie lässt sich die Variantenvielfalt analysieren? .....	232
11.2.2 Wie lassen sich Anforderungen bei variantenreichen Produkten handhaben?.....	235
11.2.3 Wie lassen sich Funktionen bei variantenreichen Produkten modellieren? .....	238
11.2.4 Wie lassen sich Wirkprinzipien und -konzepte für variantenreiche Produkte ermitteln? .....	240
11.2.5 Wie lassen sich Gestaltlösungen und Baukonzepte für variantenreiche Produkte ermitteln? .....	244
11.3 Entwicklung eines variantenreichen Produktprogrammes für Automobilsitze.....	247
11.4 Zusammenfassung .....	252
<b>12 Nachhaltige Produkte.....</b>	<b>253</b>
12.1 Entwicklung eines verwertungsgerechten Toasters .....	254
12.2 Methoden zur Entwicklung nachhaltiger Produkte .....	255
12.2.1 Wie lassen sich Umweltbeeinträchtigungen eines Produktes möglichst umfassend erkennen und bewerten? .....	257
12.2.2 Wie können umweltbeeinflussende Produkaspekte auf Anforderungsebene einfließen?.....	259
12.2.3 Wie lassen sich Funktionsmodelle in der umweltgerechten Produktentwicklung nutzen? .....	260

12.2.4 Wie können auf Wirkmodellebene umweltbeeinflussende Produktraspekte berücksichtigt werden? .....	263
12.2.5 Wie können Aspekte der Umweltverträglichkeit auf Baumodellebene berücksichtigt werden? .....	265
12.3 Entwicklung eines umweltgerechten PET-Flake-Wäschers .....	267
12.4 Zusammenfassung .....	272
<b>13 Optimierte Produkte – systematisch von Anforderungen zu Konzepten</b>	<b>273</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>277</b>
<b>Bildnachweis</b> .....	<b>289</b>
<b>Anhang A Checklisten und Hilfsmittel</b> .....	<b>291</b>
A1 Anforderungsmodell .....	293
A1-1 Checkliste zur Anforderungsklärunq .....	293
A1-2 Suchmatrix zur Anforderungsklärunq .....	294
A2 Funktionsmodell .....	296
A2-1 Umsatzorientierte Funktionsmodellierung .....	296
A2-2 Checkliste zur Variation der Funktion .....	300
A2-3 Relationsorientierte Funktionsmodellierung .....	301
A2-4 Problemformulierungen .....	303
A2-5 Nutzerorientierte Funktionsmodellierung .....	304
A3 Wirkmodell .....	305
A3-1 Lösungssuche mit physikalischen Effekten .....	305
A3-2 Physikalische Effektesammlung .....	306
A3-3 Widerspruchsorientierte Lösungssuche .....	326
A3-4 Prinzipien zur Überwindung technischer Widersprüche .....	327
A3-5 Bionik .....	347
A3-6 Assoziationsliste .....	348
A4 Baumodell .....	357
A4-1 Systematische Variation .....	357
A4-2 Checkliste mit Gestaltparametern .....	358
A4-3 Prinzipien optimaler Systeme .....	374
<b>Anhang B Glossar</b> .....	<b>385</b>
<b>Sachverzeichnis</b> .....	<b>409</b>