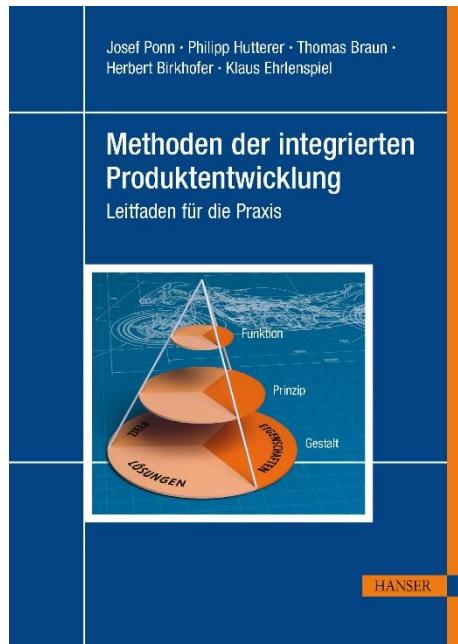


HANSER



Leseprobe

zu

Methoden der integrierten Produktentwicklung

von Josef Ponn, Philipp Hutterer, Thomas Braun, Herbert Birkhofer, Klaus Ehrlenspiel

Print-ISBN: 978-3-446-47412-3

E-Book-ISBN: 978-3-446-48073-5

EPUB-ISBN: 978-3-446-48332-3

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446474123>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

Vorwort	XIII
Über die Autoren	XVII
1 Einführung	1
1.1 Worum geht es in diesem Buch?	1
1.1.1 Kerninhalt des Buches: Praktische Methoden für die erfolgreiche Produktentwicklung	2
1.1.2 Warum haben wir uns für die ausgewählten Methoden entschieden?	4
1.2 Wie vermitteln wir Methoden?	6
1.2.1 Was bringt Methodik? Erfolgreiche Produkte!	6
1.2.2 Aufbau der Kapitel dieses Buches	9
1.2.3 Der Methodensteckbrief	10
1.3 Wie können Sie mit diesem Buch arbeiten?	11
1.3.1 Reflektieren Sie Ihre eigene Methodik!	12
1.3.2 Probieren Sie es einfach einmal aus!	12
1.4 Fazit	13
2 Leitgedanken für erfolgreiches Entwickeln und Konstruieren	15
2.1 Ein kurzer Ausflug in das Denken von Entwicklern und Konstrukteuren ..	16
2.1.1 Das unbewusste, intuitive Denken	16
2.1.2 Das bewusste Denken nach einem planmäßigen Vorgehen	18
2.1.3 Denken vs. Methodik	19
2.1.4 Der Trick: Externe Methoden als eigene Vorgehensmuster verinnerlichen	20

2.2	Methoden basieren auf Modellen	21
2.3	Die drei Produktmodelle der Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik	22
2.3.1	Das Produktmodell „Gestalt“: Wie sieht das Produkt aus und woraus besteht es?	23
2.3.2	Das Produktmodell „Prinzip“: Wie arbeitet das Produkt? Wie funktioniert es?	24
2.3.3	Das Produktmodell „Funktion“: Was tut das Produkt?	26
2.4	Das Kegelmodell zur Darstellung des Lösungsraumes	27
2.4.1	Die Entwicklungsebenen im Kegelmodell	27
2.4.2	Die Elemente innerhalb der Entwicklungsebenen	28
2.4.3	Das ganze Kegelmodell	29
2.5	Vorgehen identifizieren und darstellen im Kegelmodell	30
2.5.1	Elementare Vorgehensweisen	30
2.5.2	Der Entwicklungszyklus	33
2.6	Das Vorgehen übersichtlich und nachvollziehbar darstellen	37
2.6.1	Vorgehen darstellen im Kegelmodell und der Methodenkarte	37
2.6.2	Methodenablauf darstellen im Methodennavigator	38
2.7	Die Entwicklungs- und Konstruktionsstrategien	39
3	Ideen für neue Produkte finden	41
3.1	Ziel des Kapitels	41
3.2	Motivationsbeispiel: Neue Produkte für die Bahn	42
3.3	Methoden: Ideen für neue Produkte finden	44
3.3.1	Ideenraum öffnen mit einer Suchfeldanalyse	44
3.3.2	Situation oder Problem analysieren mit einem Ursache-Wirkungs-Diagramm	47
3.3.3	Neue Ideen finden und mit dem Ideenblatt dokumentieren	50
3.3.4	Ideen bewerten und auswählen mit einem Portfolio	54
3.4	Methodensteckbrief: Ideen für neue Produkte finden	58
3.5	Fazit	59
4	Anforderungen klären	61
4.1	Ziel des Kapitels	61
4.2	Motivationsbeispiel: Anforderungen an einen Werkzeugkoffer	62
4.3	Bedeutung der Anforderungsklärung	65

4.4	Methoden: Anforderungen klären	68
4.4.1	Schritt 1: Anforderungen erheben	69
4.4.2	Schritt 2: Anforderungen dokumentieren	71
4.4.3	Schritt 3: Anforderungen analysieren	74
4.5	Anwendungsbeispiel: Anforderungsklärung für einen Akkuschrauber ...	77
4.5.1	Schritt 1: Anforderungen erheben	78
4.5.2	Schritt 2: Anforderungen dokumentieren	81
4.5.3	Schritt 3: Anforderungen analysieren	81
4.5.4	Fazit aus dem Beispiel	83
4.6	Methodensteckbrief: Anforderungen klären.....	84
4.7	Fazit und Ausblick	85
5	Lösungen entwickeln durch Funktionssynthese	87
5.1	Ziel des Kapitels	87
5.2	Motivationsbeispiel: Tischkreissäge	87
5.3	Was muss ich bei einer Funktionsbetrachtung beachten?	90
5.3.1	Welche Idee steckt hinter der Funktionsbeschreibung?	90
5.3.2	Wie beschreibe ich Funktionen?	91
5.4	Methode: Funktionssynthese	93
5.5	Anwendungsbeispiel: Ansetzmaschine	98
5.5.1	Worum geht es bei diesem Beispiel?	98
5.5.2	Was waren die Herausforderungen bei der Entwicklung des Ansetzmaschinenantriebs?	99
5.5.3	Systematische Entwicklung des Antriebs der neuen Universalmaschine mittels Funktionsbetrachtungen	101
5.5.4	Fazit	112
5.6	Methodensteckbrief: Funktionssynthese	113
6	Vorhandene Lösungen verbessern durch Variation des Prinzips	115
6.1	Ziel des Kapitels	115
6.2	Motivationsbeispiel: Sitze im Cockpit einer Segeljolle	115
6.3	Was müssen Sie beachten, wenn Sie die Methode „Variation des Prinzips“ anwenden wollen?	117
6.3.1	Wann können Sie die Methode anwenden?	118
6.3.2	Warum lohnt es sich, mit „Prinzipien“ zu arbeiten?	118
6.3.3	Warum sollten Sie die Prinzipie „variieren“?	119

6.4	Merkmale von Prinzipen – das Herz der Variationsmethode	120
6.5	Methode: Variation des Prinzips	126
6.5.1	Was brauchen Sie zu Beginn, bevor Sie mit dem Variieren beginnen?	126
6.5.2	Wie gehen Sie beim Variieren vor?	126
6.5.3	Was kommt beim Variieren eines Prinzips heraus?	131
6.5.4	Erkenntnisse für das Variieren des Prinzips	131
6.6	Anwendungsbeispiel: Der XYZ-Versteller	131
6.6.1	Die Entwicklungsaufgabe	131
6.6.2	Die Bezugslösung	132
6.6.3	Die Anforderungsliste	133
6.6.4	Das Vorgehen beim Entwickeln der neuen Lösung	134
6.6.5	Die endgültige Lösung	137
6.6.6	Fazit	139
6.7	Methodensteckbrief: Variation des Prinzips	140
7	Vorhandene Lösungen verbessern durch Variation der Gestalt	143
7.1	Ziel des Kapitels	143
7.2	Was heißt eigentlich Gestalten?	144
7.3	Motivationsbeispiel: Der etwas andere Klemmring – eine Anordnungsvariation	145
7.4	Methode: Gestalt bewusst variieren mit Gestaltmerkmalen	148
7.4.1	Wichtige Merkmale beim Variieren der Gestalt	148
7.4.2	Beispiele für Merkmale in Bild 7.6 beim Variieren der Gestalt	150
7.4.3	Wichtige Merkmale beim Variieren der Bauweise	154
7.4.4	Beispiele für die Anwendung der Merkmale beim Variieren der Bauweise	156
7.5	Anwendungsbeispiel: Variation bei einer Wellenkupplung	160
7.6	Weitere Gestaltvariationen im Bereich Fertigung und Montage	166
7.7	Methodensteckbrief: Variation der Gestalt	167
7.8	Fazit	168
7.8.1	Was haben Sie in diesem Kapitel erfahren?	168
7.8.2	Welche Gestaltmerkmale sind gezeigt worden?	168
7.8.3	Wie wählt man aus der Variationsvielfalt aus?	169

8	Neue Lösungen finden mit Lösungssammlungen	171
8.1	Ziel des Kapitels	171
8.2	Motivationsbeispiel: Korkenzieher mit Impulsantrieb	171
8.2.1	Die Aufgabenstellung: Entwicklung eines innovativen Korkenziehers	171
8.2.2	Die Ausgangssituation: Konventioneller Korkenzieher	172
8.2.3	Die neue Lösung: Korkenzieher mit Impulsantrieb	173
8.2.4	Wie kam der Konstrukteur auf die neue Lösung?	173
8.3	Nicht verwechseln: Produktkataloge vs. Lösungssammlungen	174
8.4	Die pfiffige Idee hinter den Lösungssammlungen	175
8.5	Wozu sind Lösungssammlungen gut?	176
8.6	Methode: Neue Lösungen finden mit Lösungssammlungen	177
8.6.1	Bei welchen Fragestellungen kann die Methode helfen?	177
8.6.2	Ausgangssituation: Was brauchen Sie, um die Methode anwenden zu können?	178
8.6.3	Wie wende ich die Methode an?	178
8.6.4	Was erhalten Sie aus einer Recherche in Lösungssammlungen? ...	181
8.7	Und wenn es keine Lösungssammlungen gibt? Wie helfen Sie sich selbst?	182
8.8	Die Gretchenfrage: Wo finden Sie Lösungssammlungen?	183
8.9	Anwendungsbeispiel: Tragarm für OP-Leuchten	186
8.9.1	Ausgangssituation	186
8.9.2	Die Entwicklung des neuen Gelenks	188
8.9.3	Die neue Lösung – das Glockenkurvengelenk	191
8.9.4	Fazit	193
8.10	Methodensteckbrief: Lösungssammlungen	194
9	Konzepte entwickeln mit dem Morphologischen Kasten	197
9.1	Ziel des Kapitels	197
9.2	Motivationsbeispiel: Entwicklung eines innovativen Nussknackers	198
9.3	Herausforderungen bei der Entwicklung von Konzepten	200
9.4	Methode: Morphologischer Kasten	202
9.4.1	Grundsätzliches zur Methode	202
9.4.2	Vorgehen bei der Anwendung	203
9.4.3	Tipps für die praktische Anwendung	209
9.5	Anwendungsbeispiel: Konzeptentwicklung für einen elektrischen Trennschleifer	210

9.6	Methodensteckbrief: Morphologischer Kasten	216
9.7	Fazit und Ausblick	217
10	Eigenschaften von Lösungen ermitteln mit Orientierenden Versuchen	221
10.1	Ziel des Kapitels	221
10.2	Motivationsbeispiel: Entwicklung einer Wellenkupplung	221
10.3	Ziel der methodischen Vorgehensweise	223
10.4	Methode: Orientierender Versuch	224
10.5	Anwendungsbeispiel: Kite Spreaderbar – ein Gurt für den Wassersport	229
10.6	Methodensteckbrief: Orientierender Versuch	235
10.7	Vorteile und Grenzen der Methode	236
11	Lösungen bewerten und auswählen mittels Konzeptvergleich	239
11.1	Ziel des Kapitels	239
11.2	Motivationsbeispiel: Vergleich von handelsüblichen Saftpresen	239
11.3	Ziel der methodischen Vorgehensweise	242
11.4	Methode: Konzeptvergleich	243
11.5	Anwendungsbeispiel: Hinterradführung eines Motorrades	247
11.6	Methodensteckbrief: Konzeptvergleich	253
11.7	Vorteile und Grenzen der Methode	254
12	Technische Risiken bewerten mit FMEA light.....	257
12.1	Ziel des Kapitels	257
12.2	Motivationsbeispiel: Neue Saftpresse mit leistungsstärkerem Motor	258
12.3	Bedeutung der Absicherung der technischen Entwicklungsziele	260
12.3.1	Definition und Arten von Risiken	260
12.3.2	Maßnahmen zur Bewertung technischer Risiken	261
12.4	Methode: FMEA	263
12.4.1	Arten und Anwendungsbereiche	263
12.4.2	Vorgehen bei der FMEA light	264
12.4.3	Tipps zur Anwendung der FMEA light in der Praxis	272
12.5	Anwendungsbeispiel: FMEA light für ein Applikationssystem für chemische Dübel	273
12.6	Methodensteckbrief: FMEA light	279
12.7	Fazit und Ausblick	280

13 Kostengünstig konstruieren	283
13.1 Zielsetzung: Umdenken	283
13.2 Motivationsbeispiel: Schweißen statt Gießen	283
13.3 Wie entstehen Kosten? Wer ist verantwortlich?	284
13.4 Methode: Regeln und Tricks für das kostengünstige Konstruieren	286
13.4.1 Ein Überblick der Regeln	287
13.4.2 Wie verändern sich die Herstellungskosten mit der Baugröße? ...	287
13.4.3 Wie verändern sich die Herstellungskosten mit der Losgröße bzw. Stückzahl?	289
13.5 Lebenslaufkosten	291
13.6 Wann wird das Konstruieren selbst zu teuer?	292
13.7 Anwendungsbeispiel: Betonmischer	294
13.8 Die Kosten des Kunden senken	302
13.9 Methodensteckbrief: Kostengünstig Konstruieren	304
13.10 Fazit zum Kostensenken	305
14 Einsichten und Aussichten	309
14.1 Natürliches Denken und Methodik	309
14.2 Nützliche Strategien für die Entwicklungsarbeit	312
14.2.1 Strategie #1: Kritisches Hinterfragen von Anforderungen	313
14.2.2 Strategie #2: Denken in Alternativen	314
14.2.3 Strategie #3: Frühes und regelmäßiges Prototyping	314
14.2.4 Strategie #4: Abstraktion und konzeptionelles Denken	315
14.2.5 Strategie #5: Zerlegung des Problems	316
14.2.6 Strategie #6: Bildhaftes Denken	317
14.2.7 Strategie #7: Kommunizieren mit Bildern	318
14.2.8 Strategie #8: Bewusster Wechsel der Perspektive	319
14.2.9 Strategie #9: Kombination aus Erfahrung und Methodik	321
14.3 Das Beste aus beiden Welten – natürliches Denken <i>und</i> Methodik	322
Index	325

Vorwort

Liebe Produktentwicklerinnen und Produktentwickler,

bereitet es Ihnen auch so große Freude, ein Produkt zu gestalten? Sicherlich kennen Sie den Eifer, der einen erfasst, wenn man sich an die Arbeit begibt, um die optimale Lösung für eine neue Produktidee zu finden. Zweifellos nutzen auch Sie zahlreiche Möglichkeiten, um dieses Ziel effizient zu erreichen.

Wir haben dieses Buch geschrieben, weil wir selbst vielfach die Erfahrung gemacht haben, dass es zwar hilfreiche Methoden für die Entwicklung der besten Lösung gibt, diese aber in der Konstruktionspraxis wenig angewendet werden. Zumindest sind die Regale von Hochschulen, die diesen Methodenfundus oft erarbeiten, unserer Erfahrung nach gefüllter als jene des Entwicklungsarbeitsplatzes in der Praxis. Das soll keineswegs eine Kritik an der Praxis sein. Vielmehr sehen wir großes Potenzial darin, die Welt der Entwicklungs- und Konstruktionsmethoden mit diesem Buch noch zugänglicher und anwendungsfreundlicher zu gestalten.

Wir wollen beschreiben, wie man methodisch zu guten Produkten kommt. Besonders verständlich soll die Vorgehensweise insbesondere für diejenigen sein, die sich ohne großes Methodenstudium ans Werk machen wollen. Die zahlreichen Beispiele aus der Praxis sind uns besonders wichtig. Sie belegen, dass methodisches Arbeiten im täglichen Einsatz sehr erfolgreich ist.

Alle Autoren in unserem Team bringen eine große Begeisterung für Methoden in der Konstruktion und Entwicklung mit. Unser Fundament ist die „integrierte Produktentwicklung“: Neben der empirischen Konstruktionslehre und der integrierenden Denkweise steht die Methodenanwendung im Fokus. Das Bestreben, genau diese Anwendung von Methoden in der Praxis zu fördern und möglichst einfach und gleichzeitig effektiv zu gestalten, hat uns bestärkt, dieses Buch zu schreiben.

Wir haben alle erlebt, dass es nicht immer zielführend ist, einfach „aus dem Bauch heraus“ zu entwickeln und zu konstruieren. Immer wieder kommt es vor, dass man dabei „vor eine Wand fährt“, nicht recht weiterweiß oder am Ende unzufrieden mit

dem Resultat der eigenen Arbeit ist. Genau in diesen Fällen hilft oft ein Tipp, ein Vorschlag zum Vorgehen, ein Denkanstoß oder eben eine Methode.

Sehen Sie selbst, was wir Ihnen in diesem Buch vorschlagen. Schnuppern Sie in die Kapitel, probieren Sie aus, was Sie spontan anspricht, oder verschlingen Sie das Buch von vorn bis hinten. Wir wollen Ihnen dabei behilflich sein, im entscheidenden Moment auf „Methodenbetrieb“ umzuschalten und damit Ihr Wissen und Ihre Erfahrung sinnvoll und zielgerichtet zu ergänzen.

Damit dieses Buch trotz unserer unterschiedlichen Erfahrungen ein gemeinsames Werk werden konnte, haben wir uns in den zwei Jahren der Erstellung laufend abgestimmt, gegenseitig hinterfragt und korrigiert. So konnte aus den vielen Einzelerfahrungen Schritt für Schritt ein gemeinsames Verständnis über die Methodik und ihren nutzenstiftenden Praxiseinsatz reifen. Je intensiver wir in die Zusammenarbeit eintauchten, desto klarer wurde unser gemeinsames Bild und desto motivierter gingen wir zur Sache. Am Schluss war klar: Im Verständnis, wie Methoden in der Praxis erfolgreich angewendet werden, sind wir zu einem Team zusammengewachsen.

Das Schreiben eines Buches ist, ähnlich wie das Konstruieren, ein Prozess des ständigen Lernens. Lassen Sie sich von unserem Enthusiasmus gerne anstecken – und falls Unklarheiten bestehen oder Sie einen Vorschlag zur Verbesserung haben, freuen wir uns sehr, wenn Sie uns kontaktieren. Wir werden uns bemühen, die von Ihnen ange-sprochenen Punkte in der nächsten Auflage zu verbessern.

Danksagungen

Unser Dank gilt allen Personen und Institutionen, die unsere Arbeit unterstützt haben. Wir danken insbesondere

- Frau **Julia Stepp**, Lektorat Technik, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, für die hilfreiche und wohlwollende Unterstützung,
- Herrn **Christopher Schellhase** für die professionelle Erstellung der Zeichnungen in Kapitel 5, Kapitel 7 und Kapitel 8,
- Herrn **Prof. Dr.-Ing. Eckhard Kirchner** für die Unterstützung bei den Zeichenarbeiten in Kapitel 5 und Kapitel 6,
- Herrn **Prof. Dr.-Ing. Joachim Günther** für die vielen gemeinsamen Diskussionen, die uns wertvollen Input für eine praxisgerechte Methodenvermittlung gebracht haben, und
- der **REDPOINT.TESEON GmbH** für die Bereitstellung der digitalen Infrastruktur, die ein effizientes Projekt- und Dokumentenmanagement gewährleistete, sowie für die Gastfreundschaft, die es uns erlaubte, in ihren Räumen zahlreiche Workshops und kreative Arbeitstreffen durchzuführen

Ganz besonders bedanken wir uns bei Frau **Veronika Öttl** für ihre außerordentlich engagierte Unterstützung bei den vielfältigen Aufgaben im Buchprojekt. Ihr uner-

müdlicher Einsatz bei der Formatierung des Manuskripts, bei der Erstellung der Bilder und in der Korrespondenz mit dem Hanser Verlag war für das Buchteam von unerschöpflichem Wert.

Wir bedanken uns auch ganz herzlich bei unseren Probelesern für ihre Durchsicht der Manuskripte und die vielen hilfreichen Kommentare:

- Herrn Dipl.-Ing. Herbert Gfreiner, KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG
- Herrn Dipl.-Ing. Christian Glück, BMW AG
- Herrn Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Matthias Götz, auswall GmbH & Co. KG
- Herrn Dipl.-Ing. (FH) Markus Hartmann, HILTI Entwicklungsgesellschaft mbH
- Herrn Dipl.-Ing. Hans-Peter Lederle, HILTI Entwicklungsgesellschaft mbH
- Herrn Dr.-Ing. Rene Bastian Lippert, HILTI Entwicklungsgesellschaft mbH
- Herrn Dipl.-Ing. Andreas Loebner, CH Bern

Wir bedanken uns außerdem für die freundliche Freigabe der entsprechenden Bilder bei folgenden Firmen:

- BMW AG
- Boards & More GmbH
- GETINGE Maquet GmbH
- HILTI AG
- Krinner GmbH
- Schaeffler Technologies
- KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG
- MÄDLER GmbH
- Ondal Medical Systems GmbH
- Prym Fashion GmbH
- QFM Fernmelde- und Elektromontagen GmbH

Im Mai 2024

Josef Ponn

Philipp Hutterer

Thomas Braun

Herbert Birkhofer

Klaus Ehrlenspiel

1

Einführung

Wir freuen uns, Sie als Leser dieses Buches begrüßen zu dürfen und wünschen Ihnen viel Spaß bei der Lektüre. Ziel und Zweck dieses Kapitels ist es, Ihnen gleich zu Beginn Antworten auf drei wesentliche Fragen zu geben. Für den eiligen Leser liefern wir die Kurzfassung der Antworten gleich mit.

- **Worum geht es in diesem Buch?**

Sie erleben die Anwendung praktischer Methoden für die Entwicklung erfolgreicher Produkte, die wir selbst vielfach eingesetzt haben.

- **Wie vermitteln wir Methoden?**

Viele anschauliche Produkt- und Praxisbeispiele machen die Methodenanwendung greifbar. Durch eine klare Kapitelstruktur und eine einheitliche Methodenbeschreibung finden Sie sich schnell im Buch zurecht.

- **Wie können Sie mit diesem Buch arbeiten?**

Sie können gezielt auf die für Sie relevanten Inhalte zugreifen und die hier vorgestellten Methoden nahtlos in Ihre eigene Arbeitsmethodik einbauen.

1.1 Worum geht es in diesem Buch?

Mit diesem Buch wollen wir Ihnen praktische Methoden an die Hand geben, um Sie bei der systematischen Entwicklung erfolgreicher Produkte zu unterstützen. Dies kann sowohl eine bahnbrechende neue Produktidee sein als auch die Weiterentwicklung einer bestehenden Idee. Erfolgreich ist das Produkt meist dann, wenn es die Kundinnen und Kunden überzeugt und bei dessen Benutzung begeistert.

Dass ein langjährig etabliertes Produkt deutlich besser gestaltet werden kann, zeigen wir Ihnen am Beispiel eines **Christbaumständer**s. Bislang wurden die Bäume über ein Schraubprinzip von mehreren Seiten in einem Ständer fixiert (Bild 1.1 links). Nachteilig daran war allerdings, dass man alle drei Schrauben eindrehen und zugleich den Baum in senkrechter Position halten musste. Ein Christbaumständer mit der sogenannten Rundum-Einseil-Technik ist deutlich leichter zu bedienen, da lediglich mit einem Fußpedal alle fünf Fixierungen gleichzeitig mit gleichem Druck an den Baumstamm angelegt werden, während man beide Hände frei hat, um den Baum in seiner Position zu halten (Bild 1.1 rechts). Heute sind über 90 % aller im Markt angebotenen Christbaumständer mit dieser Seiltechnik ausgestattet.



Bild 1.1 Zwei Konzepte für Christbaumständer – welches davon ist das erfolgreichere? (Bild rechts: © Krinner GmbH)

1.1.1 Kerninhalt des Buches: Praktische Methoden für die erfolgreiche Produktentwicklung

Wir präsentieren Ihnen keine theoretische Abhandlung über Methoden, keine umfassende Methodensammlung, keinen großen Methodenbaukasten, bei dem Sie die Qual der Wahl haben, welche Methode Sie aus der Vielzahl an Möglichkeiten am besten auswählen. In Kapitel 3 bis Kapitel 13 beschreiben wir zentrale Aufgaben- und Problemstellungen im Entwicklungsprozess und stellen Ihnen praktische Arbeitsmethoden vor, um diese erfolgreich zu lösen.



Wir fokussieren uns bewusst auf ausgewählte Methoden, die wir selbst vielfach angewandt und erfolgreich praktiziert haben.

Bild 1.2 gibt Ihnen einen Überblick über die Kapitel und die zugehörigen Methoden, die entlang des **Entwicklungszyklus** angeordnet sind, der uns in diesem Buch als

Leitmodell dient. Der Zyklus enthält die vier Schritte „Ziele festlegen“, „Lösungen erarbeiten“, „Eigenschaften ermitteln“ sowie „Status beurteilen“. Die Details zum Entwicklungszyklus, der in der Mitte von Bild 1.2 als Kreis mit drei farbigen Sektoren dargestellt ist, erläutern wir in Kapitel 2. Dem Thema „Kostengünstig konstruieren“ (Kapitel 13) kommt dabei ein besonderer Stellenwert zu, weil hier der komplette Durchlauf einer Entwicklung – mit Fokus auf die Optimierung der Produktkosten – beschrieben wird.

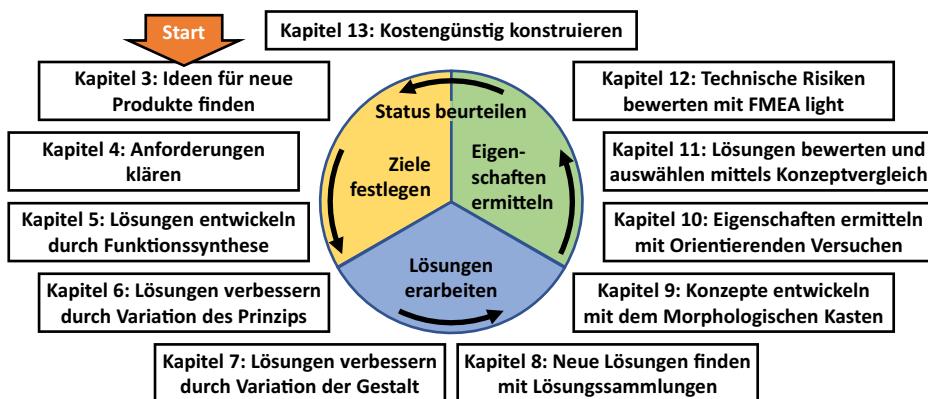


Bild 1.2 Übersicht über die Kapitel und die zugehörigen Methoden

Um Ihnen ein Gefühl dafür zu geben, mit welcher Art von **Methoden** Sie es zu tun haben, stellen wir vier konkrete Beispiele vor und gehen auch kurz auf die Wirkungsweise der Methoden ein (Bild 1.3):

- Der **Produktsteckbrief** enthält eine systematische Sammlung von Anforderungskategorien. Er wird bei der Klärung von Produktanforderungen eingesetzt (siehe Kapitel 4), die zum Schritt „Ziele festlegen“ im Entwicklungszyklus gehören. Der Produktsteckbrief unterstützt mit seinem Checklistencharakter dabei, dass keine wichtigen Anforderungen vergessen werden.
- Mit der Methode **Systematische Variation** entwickeln Sie im Schritt „Lösungen erarbeiten“ zielgerichtet alternative Lösungen für Ihr Problem (siehe Kapitel 6 zur Systematischen Variation des Prinzips und Kapitel 7 zur Systematischen Variation der Gestalt). Als Unterstützung dienen Ihnen dabei entsprechende Merkmalskataloge. Die Lösungen werden typischerweise in Form von Skizzen dokumentiert. Das „bildhafte Denken“ spielt hier eine zentrale Rolle.
- **Lösungssammlungen** stellen Übersichten von abstrahierten Lösungen dar, in denen grundsätzliche Lösungsvorschläge wie Effekte, Prinzipien oder Gestaltentwürfe dargestellt sind. Sie dienen als Informations- und Wissensquellen für die Lösungssuche (im Schritt „Lösungen erarbeiten“). Lösungssammlungen regen die Kreativität an.

vität der Entwickler an und helfen auf diese Weise, den Lösungsraum zu erweitern (siehe Kapitel 8).

- Ein **Konzeptvergleich** (siehe Kapitel 11) ermöglicht schließlich eine transparente Gegenüberstellung von Lösungsalternativen und deren Eigenschaften und unterstützt somit eine faktenbasierte Bewertung und Entscheidung im Team (Schritte „Eigenschaften ermitteln“ und „Status beurteilen“ im Entwicklungszyklus).

<p>Produktsteckbrief</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Value Proposition?</td> <td>universell einsetzbar</td> <td>optimale Handhabung</td> <td>Projektumfang (Scope)?</td> <td>1 Alkuschrauber Koffer? → out of scope! Betriebsanleitung</td> </tr> <tr> <td>Stakeholder-Afordernisse?</td> <td>7 Stakeholder: Anwender, Montage, Logistik, Service, Features?</td> <td>5 Anwender: Trockenbauer, Elektriker</td> <td>3 Schnittstellen?</td> <td>4 Schnittstellen: Schraubensets, Tiefenschrauben, Koffer</td> </tr> <tr> <td>max. Montagezeit -30 °C bis +40 °C</td> <td>Reparatur nur im Repair Center</td> <td>Zulassung: Qualität</td> <td>Technische Anforderungen?</td> <td>10 max. Gewicht 2,5 kg max. Drehmoment 32 Nm Akkuweite tbd max. Höhe 90 mm (P) max. Länge 250 mm (P) 240 mm (W)</td> </tr> <tr> <td>max. Herstellungs-kostenfl</td> <td>Reparatur nur im Repair Center</td> <td>Montage: Qualität</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Service: Qualität</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Features: Drehmoment einstellen</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Schalter: Anstellung</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Zulassung: Zulassung für Setzvorgänge</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Value Proposition?	universell einsetzbar	optimale Handhabung	Projektumfang (Scope)?	1 Alkuschrauber Koffer? → out of scope! Betriebsanleitung	Stakeholder-Afordernisse?	7 Stakeholder: Anwender, Montage, Logistik, Service, Features?	5 Anwender: Trockenbauer, Elektriker	3 Schnittstellen?	4 Schnittstellen: Schraubensets, Tiefenschrauben, Koffer	max. Montagezeit -30 °C bis +40 °C	Reparatur nur im Repair Center	Zulassung: Qualität	Technische Anforderungen?	10 max. Gewicht 2,5 kg max. Drehmoment 32 Nm Akkuweite tbd max. Höhe 90 mm (P) max. Länge 250 mm (P) 240 mm (W)	max. Herstellungs-kostenfl	Reparatur nur im Repair Center	Montage: Qualität					Service: Qualität					Features: Drehmoment einstellen					Schalter: Anstellung					Zulassung: Zulassung für Setzvorgänge													<p>Systematische Variation</p>																																								
Value Proposition?	universell einsetzbar	optimale Handhabung	Projektumfang (Scope)?	1 Alkuschrauber Koffer? → out of scope! Betriebsanleitung																																																																																							
Stakeholder-Afordernisse?	7 Stakeholder: Anwender, Montage, Logistik, Service, Features?	5 Anwender: Trockenbauer, Elektriker	3 Schnittstellen?	4 Schnittstellen: Schraubensets, Tiefenschrauben, Koffer																																																																																							
max. Montagezeit -30 °C bis +40 °C	Reparatur nur im Repair Center	Zulassung: Qualität	Technische Anforderungen?	10 max. Gewicht 2,5 kg max. Drehmoment 32 Nm Akkuweite tbd max. Höhe 90 mm (P) max. Länge 250 mm (P) 240 mm (W)																																																																																							
max. Herstellungs-kostenfl	Reparatur nur im Repair Center	Montage: Qualität																																																																																									
		Service: Qualität																																																																																									
		Features: Drehmoment einstellen																																																																																									
		Schalter: Anstellung																																																																																									
		Zulassung: Zulassung für Setzvorgänge																																																																																									
<p>Lösungssammlung</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>Nr.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>$M_t = M_0 + \frac{F_{\alpha}}{2} \cdot F_{\beta} \cdot s$</td> <td></td> <td>Längsprefüllz</td> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>$P_{pref.z} = \frac{F_{\alpha}}{2} \cdot A_p$</td> <td></td> <td>Querprefüllz</td> <td>12</td> <td>klein</td> <td>Über- maß</td> <td>bis groß</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Ölprefüllz</td> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Kegelsitz</td> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>mittler- bar</td> <td></td> <td>$F_z = \text{Anpreiskraft}$ $F_{\alpha} = \text{Reibkraft}$ $s = \text{Hubdurchm.},$ $d = \text{Hobendurchm.},$ $d_{\text{st}} = \text{Stiftdurchm.},$ $h = \text{Höhe d. Kopfes}$</td> <td></td> <td>Geschlitz- ter Klemmsitz</td> <td>15</td> <td>F_z</td> <td>F_{α}</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tangen- tal (Reib- schluß)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>$F_z \cdot$</td> <td>$F_{\alpha} \cdot$</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	1	2	1	2	3	Nr.	1	2	3	4			$M_t = M_0 + \frac{F_{\alpha}}{2} \cdot F_{\beta} \cdot s$		Längsprefüllz	11							$P_{pref.z} = \frac{F_{\alpha}}{2} \cdot A_p$		Querprefüllz	12	klein	Über- maß	bis groß						Ölprefüllz	13									Kegelsitz	14					mittler- bar		$F_z = \text{Anpreiskraft}$ $F_{\alpha} = \text{Reibkraft}$ $s = \text{Hubdurchm.},$ $d = \text{Hobendurchm.},$ $d_{\text{st}} = \text{Stiftdurchm.},$ $h = \text{Höhe d. Kopfes}$		Geschlitz- ter Klemmsitz	15	F_z	F_{α}			Tangen- tal (Reib- schluß)						$F_z \cdot$	$F_{\alpha} \cdot$			<p>Konzeptvergleich</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Lösungsalternative 1</th> <th>Lösungsalternative 2</th> <th>Lösungsalternative 3</th> <th>Lösungsalternative 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gewicht</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kosten</td> <td>leichtes Material und Antrieb 9</td> <td>leichtes Material, aber schwerer Antrieb 3</td> <td>Stahl schwerer als Alu sowie schwerer Antrieb 0</td> <td>leichtes Material und Antrieb 9</td> </tr> <tr> <td>Design</td> <td>auwendiges Werkzeug und Montage 3</td> <td>hohe Werkzeugkosten für mehrteilige Konstruktion 0</td> <td>wennig Werkzeugaufwand, aber arbeitsintensiv 3</td> <td>aufwendiges Werkzeug, aber einfellig 9</td> </tr> </tbody> </table>		Lösungsalternative 1	Lösungsalternative 2	Lösungsalternative 3	Lösungsalternative 4	Gewicht					Kosten	leichtes Material und Antrieb 9	leichtes Material, aber schwerer Antrieb 3	Stahl schwerer als Alu sowie schwerer Antrieb 0	leichtes Material und Antrieb 9	Design	auwendiges Werkzeug und Montage 3	hohe Werkzeugkosten für mehrteilige Konstruktion 0	wennig Werkzeugaufwand, aber arbeitsintensiv 3	aufwendiges Werkzeug, aber einfellig 9
1	2	1	2	3	Nr.	1	2	3	4																																																																																		
		$M_t = M_0 + \frac{F_{\alpha}}{2} \cdot F_{\beta} \cdot s$		Längsprefüllz	11																																																																																						
		$P_{pref.z} = \frac{F_{\alpha}}{2} \cdot A_p$		Querprefüllz	12	klein	Über- maß	bis groß																																																																																			
				Ölprefüllz	13																																																																																						
				Kegelsitz	14																																																																																						
mittler- bar		$F_z = \text{Anpreiskraft}$ $F_{\alpha} = \text{Reibkraft}$ $s = \text{Hubdurchm.},$ $d = \text{Hobendurchm.},$ $d_{\text{st}} = \text{Stiftdurchm.},$ $h = \text{Höhe d. Kopfes}$		Geschlitz- ter Klemmsitz	15	F_z	F_{α}																																																																																				
Tangen- tal (Reib- schluß)						$F_z \cdot$	$F_{\alpha} \cdot$																																																																																				
	Lösungsalternative 1	Lösungsalternative 2	Lösungsalternative 3	Lösungsalternative 4																																																																																							
Gewicht																																																																																											
Kosten	leichtes Material und Antrieb 9	leichtes Material, aber schwerer Antrieb 3	Stahl schwerer als Alu sowie schwerer Antrieb 0	leichtes Material und Antrieb 9																																																																																							
Design	auwendiges Werkzeug und Montage 3	hohe Werkzeugkosten für mehrteilige Konstruktion 0	wennig Werkzeugaufwand, aber arbeitsintensiv 3	aufwendiges Werkzeug, aber einfellig 9																																																																																							

Bild 1.3 Konkrete Beispiele für Methoden in diesem Buch (Abbildung im Konzeptvergleich © BMW AG, München, Deutschland)

1.1.2 Warum haben wir uns für die ausgewählten Methoden entschieden?

Wir wollen Sie zur Methodenanwendung ermutigen, nein, Sie sogar dafür begeistern. Viele der vorgestellten Methoden können sowohl in der individuellen Entwicklungsarbeit als auch im Team angewendet werden. In Bild 1.4 zeigen wir Ihnen, wie wir bei der Auswahl vorgegangen sind. Bei der Bewertung von Methoden spielen unserer Erfahrung nach die Kriterien **Komplexität** und **Wirksamkeit** eine große Rolle. Das zeigen wir exemplarisch anhand der Methode **FMEA light** aus Kapitel 12. Die Überlegungen zur **Methodenauswahl** gelten aber auch analog für die anderen Kapitel und Methoden.

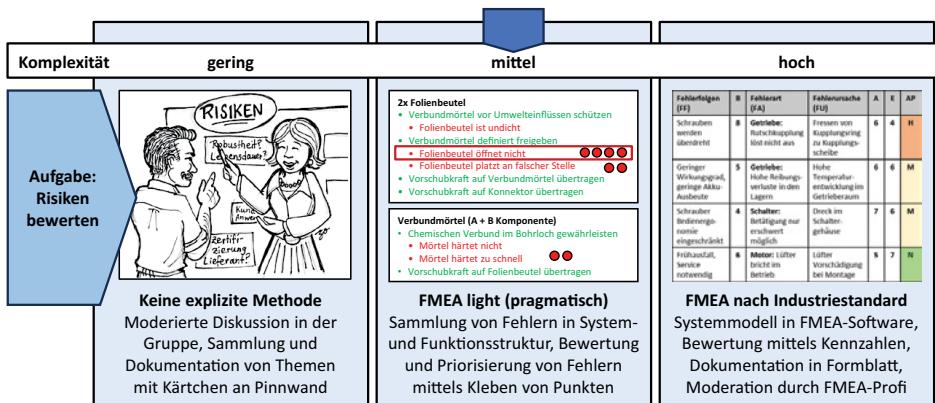


Bild 1.4 Methodenauswahl – eine ausgewogene Mischung aus Komplexität und Wirksamkeit

Ganz links im Spektrum sind die Vorgehensweisen der Kategorie „**geringe Komplexität**“ zu finden. Diese sind in der Praxis recht verbreitet, weil sie pragmatisch und intuitiv anwendbar sind. Dabei kann es sich um strukturierte Gruppendiskussionen handeln, unter Umständen auch moderiert, um eine Thematik im Team abzuhandeln und einigermaßen strukturiert zu einem guten Ergebnis zu kommen. Dabei werden nicht zwingend Methoden der Produktentwicklung angewandt, allenfalls Methoden und Hilfsmittel der Moderation (wie das Sammeln von Kärtchen an Pinnwänden und die Priorisierung von Themen mittels Kleben von Punkten). Ein **Brainstorming** nach Lehrbuch folgt gewissen Regeln, um die Kreativität im Team gezielt anzuregen. Ein Brainstorming in der Praxis ist oftmals lediglich mehr oder weniger eine Diskussion in der Gruppe, ohne dass dabei explizit Methoden zum Einsatz kommen.

Ganz rechts im Spektrum befinden sich die Ansätze der Kategorie „**hohe Komplexität**“. Diese bedingen oft eine gewisse Formalität (Nomenklaturen oder Regeln für die Modellierung von Systemzusammenhängen) und einen erhöhten Qualifizierungsbedarf der Anwender (Schulungen, Spezialsoftware etc.). Die volle Wirksamkeit entfaltet sich gegebenenfalls erst nach einigen Anläufen. Häufig geschieht die Anwendung der Methoden unter Einbindung von Spezialisten und professionellen Anwendern der Methode (Moderatoren, Beratern etc.). Diese Ansätze haben bei korrekter und konsequenter Anwendung eine hohe Wirksamkeit und sind in der Praxis ebenfalls weit verbreitet. Genauso bei Qualitätsmethoden ist in vielen Branchen und Firmen der Einsatz von Industriestandards verpflichtend (ISO-Zertifizierung). Allerdings sind die Einführung und Anwendung dieser Methoden eben mit entsprechendem Aufwand verbunden.



Wir haben hier bewusst die „goldene Mitte“ angepeilt. Das heißt, unser Fokus liegt auf den Methoden, die eine ausgewogene Mischung aus Komplexität und Wirksamkeit bieten.

Unser Ziel bei der Auswahl war, dass Sie als Praktiker in der Produktentwicklung die Methoden direkt selbst anwenden können. Sie brauchen weder umfassende Schulungen noch spezialisierte Moderatoren oder IT-Lösungen für die Anwendung. Diese Methoden sind vergleichsweise einfach zu verstehen und anzuwenden. Sie können damit selbst ohne großen Aufwand ihre Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit optimieren, um trotzdem auf wirkungsvolle Weise gute Ergebnisse zu erzielen.

Zudem haben wir darauf Wert gelegt, dass wir mit unserer Methodenauswahl den gesamten Entwicklungszyklus abdecken (Bild 1.2).

1.2 Wie vermitteln wir Methoden?

In Abschnitt 1.1 haben wir erläutert, *was* Sie in diesem Buch erwarten – nämlich Methoden, die Sie bei der Entwicklung erfolgreicher Produkte einsetzen können. Jetzt wollen wir darauf eingehen, *wie* wir diese Methoden in diesem Buch vermitteln wollen. Unser Bestreben ist es, Praktiker zu erreichen, was sich in einer „praxisgerechten“ **Methodenvermittlung** widerspiegeln soll:

- Viele anschauliche Praxisbeispiele machen Ihnen die Wirkung der Methoden greifbar.
- Durch eine klare Kapitelstruktur finden Sie sich schnell im Buch zurecht.
- Eine einheitliche Methodenbeschreibung unterstützt Sie bei der Methodenanwendung.

1.2.1 Was bringt Methodik? Erfolgreiche Produkte!

Die Anwendung von Methoden trägt zum Gelingen des Entwicklungsprojekts und damit auch zum Erfolg des Produkts im Markt bei. Das wollen wir Ihnen anhand einer Vielzahl von **Fallbeispielen** aus der industriellen Praxis zeigen. Bild 1.5 zeigt eine Übersicht etlicher Produktbeispiele, auf die wir in späteren Kapiteln noch genauer eingehen werden. Hinter jedem Produkt steckt auch die Geschichte einer Methodenanwendung.



Wir wollen das Verständnis für die Methoden und deren Einsatz anhand vieler praktischer **Anwendungsbeispiele** aus unserem eigenen Erfahrungsschatz fördern.



Bild 1.5 Übersicht der Produktbeispiele in diesem Buch (mit freundlicher Genehmigung der Firmen Boards & More GmbH, HILTI AG, KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG, Prym Fashion GmbH, QFM Fernmelde- und Elektromontagen GmbH und BMW AG; © BMW AG, München, Deutschland)

Folgende Inhalte erwarten Sie in den einzelnen Kapiteln:

Kapitel 3 – Kunststoffprodukte für Bahnübergangssysteme: In diesem Kapitel wird die Bedeutung der Suche nach neuen Produktideen und Produktverbesserungen betont. An guten Ideen mangelt es in der Regel nicht. Die Herausforderung ist meist, aus der Vielzahl an Ideen die spannendsten, passendsten und lukrativsten herauszufinden. Methoden helfen dabei.

Kapitel 4 – Akkuschrauber für Profis am Bau: Im Beispiel werden verschiedene Methoden angewandt, um alle wichtigen Anforderungen systematisch zu identifizieren und strukturiert zu dokumentieren. Wichtig ist dabei die Berücksichtigung verschiedener Stakeholder aus dem Produktlebenslauf sowie die kundengerechte Priorisierung der Anforderungen.

Kapitel 5 – Antrieb eines Ansetzvollautomaten für die Textilindustrie: In diesem Beispiel lösen Entwickler mithilfe einer Funktionsbetrachtung eine fast unlösbar erscheinende Aufgabe. Der Schlüssel zum Erfolg bestand darin, das Lösungsfeld mittels Funktionsbetrachtung schrittweise und systematisch nach der bestgeeigneten Lösung zu „durchforsten“.

Kapitel 6 – XYZ-Versteller für Positionieraufgaben: In diesem Beispiel wies eine bestehende Lösung deutliche Mängel auf und erfüllte nicht die Anforderungen. Durch

Abstraktion der Lösung sowie die Analyse und Variation der Prinzipien konnte systematisch eine aussichtsreiche Lösungsalternative erarbeitet werden, die die Anforderungen voll erfüllte und so erfolgreich in Serie umgesetzt werden konnte.

Kapitel 7 – Wellenkupplung: In diesem Kapitel demonstrieren wir, wie durch Anwendung einer Variation der Gestalt, ausgehend von der bekannten Bauform der Oldhamkupplung, neue, patentfähige Lösungen gefunden werden konnten. Der Zweck der Übung war es, ein möglichst großes Lösungsspektrum zu erzeugen, um Konkurrenten daran zu hindern in diesem Aufgabenbereich neue Lösungen zu finden, die die eigene Produktion beeinträchtigen könnten.

Kapitel 8 – Tragarm für OP-Lampen: Durch die Nutzung einer Lösungssammlung von Getriebekonzepten konnte in diesem Projekt eine überzeugende Produktinnovation generiert werden. Inspiriert durch die Vielzahl an abstrakten Lösungsansätzen im Katalog wurde ein Lösungskonzept abgeleitet, das höchst aussichtsreich erschien, was durch Entwurfsskizzen und orientierende Berechnungen bestätigt werden konnte.

Kapitel 9 – Elektrischer Trennschleifer mit Diamantwerkzeug: In diesem Beispiel unterstützte die Methode des Morphologischen Kastens dabei, eine strukturierte Übersicht über einen komplexen Lösungsraum zu erzeugen, um zielgerichtet Erfolg versprechende Gesamtkonzepte abzuleiten. Ein Schlüssel zum Erfolg war die Fokussierung auf die wichtigen konzeptentscheidenden Themen und der Ausschluss von wenig aussichtsreichen Teillösungen und Lösungskombinationen.

Kapitel 10 – Schließsystem einer Kite Spreaderbar: Dieses Beispiel demonstriert, wie sich Eigenschaften von Lösungskonzepten schnell mithilfe Orientierender Versuche ermitteln lassen. Der Schlüssel liegt in der Auswahl geeigneter Prototypen und Versuchskonzepte, um frühzeitig zu erkennen, ob sich die Entwicklung in eine zielführende Richtung bewegt.

Kapitel 11 – Hinterradführung von Motorrädern: Thema in diesem Beispiel ist der methodische Konzeptvergleich. Mittels einer Bewertungsmatrix lässt sich die Sachlage der Lösungsalternativen und deren Beurteilung für alle am Prozess Beteiligten übersichtlich darstellen. Durch diese Transparenz und Klarheit lässt sich eine intuitive Entscheidungsfindung durch eine faktenbasierte Bewertung unterstützen.

Kapitel 12 – Applikationssystem für chemische Verbunddübel: In diesem Beispiel werden mit der Methode FMEA light systematisch mögliche Fehler und Schwachstellen im System identifiziert und bewertet, um daraus Maßnahmen für die Entwicklung und Konstruktion abzuleiten. Ein wichtiger Faktor ist hierbei die Erarbeitung eines guten Systemverständnisses als Grundlage für die Analyse.

Kapitel 13 – Kostenoptimierung eines Betonmischers: Durch die Analyse der Ist-Kosten wurden die wichtigsten Kostentreiber im System identifiziert. Durch eine kreative Lösungssuche im Team konnten alternative Konzepte entwickelt und dadurch signifikante Kostensenkungspotenziale erschlossen werden.

1.2.2 Aufbau der Kapitel dieses Buches

Kapitel 3 bis Kapitel 13 folgen alle einer ähnlichen Struktur, um Ihnen die Methoden praxisgerecht zu vermitteln. Jedes Kapitel enthält verschiedene Bausteine, die in Bild 1.6 dargestellt sind.

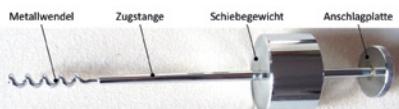
Wesentliche Bausteine der Kapitel	Beispiel aus Kapitel 8
Motivationsbeispiel	
Methodenbeschreibung	
Anwendungsbeispiel	

Bild 1.6 Übersicht über die Kapitelstruktur – wesentliche Bausteine (© Zeichnung: Ondal Medical Systems GmbH)

Ein Kernelement sind die zahlreichen anschaulichen Fall- und Praxisbeispiele. Zu Beginn der Kapitel finden Sie jeweils ein **Motivationsbeispiel**. Dessen Aufgabe ist es, Ihnen anhand eines einfachen und anschaulichen Produkts (ein Nussknacker, eine Zitruspresse, ein Korkenzieher) ein Gefühl für das Thema des Kapitels zu geben. Sie sollen ein Verständnis dafür entwickeln, in welchen Situationen und für welche Aufgaben und Herausforderungen die Methoden geeignet sind.

Es folgt die **Methodenbeschreibung**. Diese erklärt die Methodenanwendung Schritt für Schritt. Wir geben Ihnen praktische Hinweise, Tipps und Tricks für eine wirksame Anwendung der Methoden und ordnen die Methode in den Entwicklungsprozess ein. Häufig greifen wir hier auch wieder das Thema des Motivationsbeispiels auf und spielen die Methode daran durch.

Zum Abschluss jedes Kapitels gehen wir die Methode nochmals detailliert in einem **Anwendungsbeispiel** durch. Hierbei handelt es sich um Produkt- und Projektbei-

spiele aus der industriellen Praxis, die meist komplexer und näher an der Realität sind als die Produkte aus den Motivationsbeispielen. Die Anwendungsbeispiele, die wir Ihnen in Abschnitt 1.2.1 bereits kurz vorgestellt haben (Bild 1.5), sollen Ihnen die Wirksamkeit der Methoden anschaulich demonstrieren.

Jeder Einzelne von uns fünf Autoren hat seinen eigenen Stil und seine individuelle Erfahrung in der Methodenanwendung. Daher werden Sie feststellen, dass es in der Kapitelstruktur, in der Leseransprache und den Formulierungen Variationen gibt. Die hier beschriebenen Bausteine finden Sie jedoch durchgängig in allen Kapiteln.

1.2.3 Der Methodensteckbrief

Alles Wichtige zur Methode fassen wir zum Abschluss der Kapitel in einem sogenannten **Methodensteckbrief** zusammen. Bild 1.7 zeigt das Beispiel eines Steckbriefs mit seinen vier Kernelementen: der Situation, dem Methodenablauf, dem Ergebnis und der Methodenkarte.

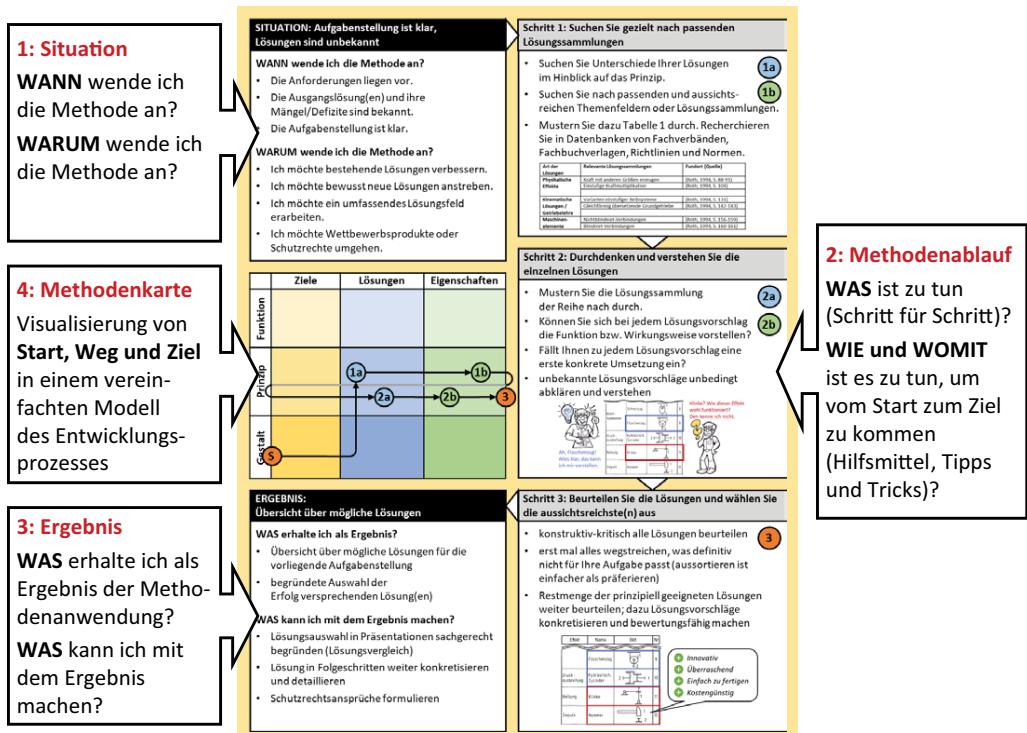


Bild 1.7 Aufbau des Methodensteckbriefs

Index

Symbole

3D-Druckverfahren 157

A

Ablaufplan 31

abstrahierte Lösungsvorschläge 171, 175

Abstraktion 315

Additive Manufacturing 226

Akkuschrauber 77

Alternative 200, 297, 314

– Alternativenschrott 206

– echte Alternative 206

alternierendes Generieren und Beurteilen 129

Anforderung 65, 201, 211, 262

– Anforderungsdokumentation 71

– Anforderungsklärung 12, 67, 313

– Anforderungsliste 72, 81, 296

– Anforderungsmanagement 67

– funktionale Anforderungen 74

– Kundenanforderungen 69

– Qualitätsanforderungen 74

– Stakeholder-Anforderungen 80

– technische Anforderungen 80

Anlaufkupplung 160

Ansetzmaschine 98

Anwendungsanalyse 69, 78

Anwendungsbeispiel 6, 9

Anwendungsprozess 69, 78

Applikationsprozess 273

Applikationssystem für chemische Dübel 273

Attraktivitäts-Risiko-Portfolio 54

B

Bahnübergangssysteme 42

Bauweise 154

Berührungsart 153

Betonmischer 294

Betriebskosten 285, 291

Bewertung 242

Bewertungsergebnis 246

Bewertungskriterien 243, 244

Bezugslösung 126

Black-Box-Darstellung 26

Brainstorming 5, 50

Business Model Canvas 70

C

Checkliste für Suchfelder 45

Christbaumständer 2

D

Denken

- bewusstes, rationales Denken 18
 - bildhaftes Denken 317
 - Denkmuster 17
 - Denkökonomie 310
 - Denkstrategien 39
 - eigene Denkmuster und Erfahrungen 177
 - konzeptionelles Denken 315
 - kreatives Denken 18
 - unbewusstes, intuitives Denken 17
- Differenzialbauweise 157

E

Eigenschaft 28, 65, 243, 262

- Eigenschaften ermitteln 35
- Einflussfaktoren 49
- Ein- und Ausgangsgrößen 26
- elementare Vorgehensweisen 30
- Entscheidung 261
- Entscheidungsfindung 242
- Entwicklung
- Entwicklungsauftrag 65
 - Entwicklungsebene 27, 199
 - Entwicklungsprozess 262
 - Entwicklungsschwerpunkt 77
 - Entwicklungs- und Konstruktionsstrategien 39
 - Entwicklungszyklus 2, 12, 33, 312
- Entwurf 23
- Entwurfsphase 202
- Erarbeiten von Lösungsprinzipen 117
- Erfahrung 12, 321
- Ergebnis 11

F

Failure Mode and Effects Analysis

- (FMEA) 257, 263
- Anwendungs-FMEA 263
 - Design-FMEA 263

– FMEA light 4, 258, 264

- Komponenten-FMEA 263

- Prozess-FMEA 263

- System-FMEA 263

Fallbeispiel 6

Fehler 267

- Fehleranalyse 267, 276

- Fehlernetz 268, 280

Fertigungsverfahren

- alternative 298

Fischgrätdiagramm 47

Funktion 22, 90, 198, 265

- Funktion beschreiben 91

- Funktionsanalyse 27, 93, 265, 275

- Funktionsbaum 266

- Funktionsebene 28

- Funktionsintegration 159

- Funktionsstruktur 26

- Funktionsstrukturen mit Teilverfunktionen 95

- Funktionssynthese 27, 93

- Funktionstrennung 159

- Gesamtfunktion 26, 87, 203

- (Hand-)Kraft verstärken 173

- Hauptfunktion 265

- Ist-Funktion 90

- Nebenfunktion 265

- Soll-Funktion 90

- Teilfunktion 26, 89, 201, 203

G

Gelenkwechsel 135

Gerechtheiten 166

Gestalt 22

- Gestaltebene 28

- Gestalt festlegen 144

- Gestaltmerkmale 120, 148

- Gestaltvariation 149

- Gestaltvorstellungen 145

Gestellwechsel 164

gewichtete Punktbewertung 254

H

- Hauptumsatz 95
- Herstellungskosten 286
 - Baugröße 287
 - Losgröße 289
 - Stückzahl 289
- Hinterradführung 247

I

- Ideenbewertung 54
- Ideenblatt 51, 209
- Ideenraum
 - Erweiterung des eigenen Ideenraums 176
- Innovationsworkshop 52
- Instandhaltungskosten 291
- Integralbauweise 157
- integrierte Variantenbewertung 130
- Intuition 12, 321
- Investitionskosten 285, 291
- Ishikawa-Diagramm 47

K

- Kano-Modell 74, 81
- Kegelmodell 27
- Keilriemen 159
- Kite Spreaderbar 229
- Klappsitz 115
- Klemmring 145
 - Ausführungsformen 147
- Kombinatorik 205
- Kompaktheit von Bauweisen 156
- Komplexität 4
- Komponente
 - Hauptkomponente 210
- Konstruktionskatalog 173
- Kontaktart 153
- Konzept 197, 200
 - Gesamtkonzept 202, 208, 214
 - Konzeptphase 202
- Konzeptvergleich 4, 239

- Korkenzieher 125, 171
- Kosten
 - des Kunden 302
 - Kostenbegriff 285
 - Kostendegression 291
 - Kostenentstehung 284
 - Kostenfestlegung 286
 - kostengünstig konstruieren 283
 - Kostenschätzung 305
 - Kostenstruktur 297
 - Kostentreiber 297, 305
 - Kostenverursachung 285
 - mitlaufende Kostenkalkulation 305
- Kraftfluss 125
- Kreativitätmethoden 50
- Kunde 65
- Kundenbefragung 63
- Kunststoffschwelle 56
- Kurbelpresse 16
- Kurvenscheibengetriebe 189

L

- Lastenheft 65
- Lebenslaufkosten 291
- Lösung 28
 - Gesamtlösung 97
 - Lösungen abstrahieren 32
 - Lösungen erarbeiten 34, 201
 - Lösungen konkretisieren 31
 - Lösungsabsicherung 131
 - Lösungsalternativen eingrenzen 247
 - Lösungsbaum 205, 214
 - Lösungsfeld 119, 197, 200
 - Lösungsidee 198
 - Lösungskonzept 197, 200
 - Lösungsmuster 17
 - Lösungspfad 208
 - Lösungsraum 197, 200
 - Lösungssammlung 3, 13, 171, 175
 - Lösungssammlung „Kraft vervielfachen“ 173
 - selbst erstellte Lösungssammlung 182

M

- Maßnahmenliste 270, 277
- Materialkostensenkung 292
- Merkmal
 - Basismerkmal 75, 81
 - Begeisterungsmerkmal 75, 82
 - Leistungsmerkmal 75, 82
 - Merkmalsvariation 120
 - Prinzipmerkmal 120
 - prinziprelevantes Merkmal 120
- Methoden 3, 19, 20
 - Methodenablauf 11
 - Methodenauswahl 4
 - Methodenbeschreibung 9
 - Methodenkarte 11, 37
 - Methodennavigator 11, 38
 - Methodensteckbrief 10, 12
 - Methodenvermittlung 6
- Methodik 12
 - gehirngerechte 309
- mitlaufende Kostenkalkulation 305
- Modell 21
- Morphologischer Kasten 164, 197, 202, 212
- Motivationsbeispiel 9
- Motorradlenker 23

N

- Nebenumsatz 95
- Neuheitsgrad 199
- neuronales Netzwerk des Gehirns 17
- Normalbetrieb 18, 310
- Nussknacker 198

O

- Objektmodell 29
- Operation 26
- Ordnungsschema 197, 202
 - mehrdimensionales 218
- Orientierender Versuch 13, 221

P

- PDCA-Zyklus 36
- Perspektive wechseln 319
- Pflichtenheft 66
- physische Effekte 24, 121, 173
- Planetengetriebe 152
- Prinzip 22
 - Prinzipebene 28
 - Prinzipskizze 119
- Problem
 - Problemzerlegung 316
 - Teilproblem 201
- Problemanalyse 47
- Produkt
 - Produktbenchmarking 76
 - Produktsteckbrief 70, 79
 - Produktvergleich 76, 82
- Produktideenfindung 41
- Produktmodell 23
 - Funktion 26
 - Gestalt 23
 - Prinzip 24
- Produktsteckbrief 3
- Prototyp 226, 315

Q

- Qualität
 - Qualitätsmanagement 263
- Quality Function Deployment (QFD) 85

R

- Rationalbetrieb 19, 310
- Reduktionsstrategien 206, 212
- Regel 287
- Reibradgetriebe 151
- Requirements Engineering 67, 85
- Reverse Engineering 178
- Risiko 260
 - qualitative Risikobewertung 269, 277
 - Risikobewertung 269

– Risikomanagement 261, 263
– technisches Risiko 261
Risikomanagement 261, 263

S

Saftpresse 239, 258, 267
Schaltungsart 163
Schnittstellen 80
Schutzrecht
– abdecken 177
– umgehen 177
Schwachstelle 69, 78
– Hauptschwachstelle 269
Segeljolle 115
Situation 11
Skizze 204
Stakeholder 65, 80
standardisierte Ein- und Ausgangsgrößen 92
Status
– Status beurteilen 36
Strategie 312
Struktur
– Strichstrukturen 126
Strukturbau 265, 274
Suchfeld 45
System
– Systemstruktur 265
– Systemverständnis 265
Systematische Variation 3
Systemgrenze 26
Systemverhalten 222, 223

T

Target Costing 284, 295
technischer Sprachgebrauch 91
Tischkreissäge 87
TOTE-Schema 36, 312
Tragarm für OP-Leuchten 186
Trennschleifer 210
Trigger-Fragen 46

U

Überblick über das Lösungsfeld 176
Übersichtskatalog „Mechanische Getriebe“ 190
Unternehmensstruktur 306
Ursachenanalyse 47
Ursache-Wirkungs-Diagramm 47

V

Value Proposition 79, 82
Value Proposition Canvas 53
Variantenbaum 128
– systematischer 131
Variation
– der Gestalt 143
– der Kinematik 122
– eines Prinzips (Veränderung der Geometrie oder der stofflichen Eigenschaften von Wirkelementen) 124
– eines Prinzips (Veränderung von Wirkbewegungen oder Wirkkräften) 123
– Lagevariation 151
– Variationsmethode 130
– von Prinzipen 118, 119
Verbindungsart 152
Verbundbauweise 158
Verschleißkosten 302
Versuchsergebnis 228
Versuchskonzept 226
Verträglichkeit 208
virtuelle Produktdarstellung 23
Visualisierung 318
Vorgehensmuster 17
Vorgehensweise 12
– bewährte 19

W

Wellenkupplung 160, 221
Werkzeugkoffer 62, 75
Wertanalyse 295
Wirkkette 204

Wirkprinzip 24, 223
Wirksamkeit 4
Wirkweise 224
Workshop 209
– Ideenworkshop 199

X

XYZ-Versteller 131

Z

Ziel 28, 260
– präventive Zielabsicherung 263
– technisches Entwicklungsziel 261
– Zielabweichung 260
– Ziel festlegen 33
– Zielkonflikt 74, 201, 212
Zielkosten 296
Zuliefererkataloge 174