



Josef Schlattmann · Arthur Seibel

Produktentwicklungsprojekte

Aufbau, Ablauf und Organisation

2. Auflage

 Springer Vieweg

Produktentwicklungs projekte – Aufbau, Ablauf und Organisation

Josef Schlattmann · Arthur Seibel

Produktentwicklungsprojekte – Aufbau, Ablauf und Organisation

2. Auflage

Josef Schlattmann
Rheine, Deutschland

Arthur Seibel
Hamburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-67987-6 ISBN 978-3-662-67988-3 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-67988-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2017, 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Axel Garbers

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recycelbar.

Vorwort zur zweiten Auflage

Produktentwicklungsprojekte sind der Motor der Innovation. Sie treiben Unternehmen voran, ermöglichen die Erschaffung neuer Produkte und dienen als Grundlage für das Wachstum und den Erfolg von Organisationen. In einer sich ständig wandelnden und wettbewerbsintensiven Geschäftswelt ist es von entscheidender Bedeutung, dass Unternehmen in der Lage sind, effektive Methoden und Strategien für die Entwicklung ihrer Produkte einzusetzen.

Dieses Buch widmet sich genau diesem Thema. Es bietet einen umfassenden Leitfaden für Produktentwicklungsprojekte und richtet sich sowohl an erfahrene Praktiker als auch an aufstrebende Entwickler, die ihr Wissen erweitern und ihre Projekte optimieren möchten. Obwohl moderne Methoden wie Lean Startup, Design Thinking etc. in der heutigen Zeit zweifellos an Relevanz gewonnen haben, sollte man nicht vergessen, dass auch das klassische Vorgehen nach wie vor seine Bedeutung besitzt. Insbesondere für mittelständische Betriebe kann es eine wertvolle Option sein.

Im Vergleich zu anderen Werken zur Produktentwicklung konzentriert sich dieses Buch neben den Methoden für die technische Entwicklung insbesondere auch auf menschliche und organisatorische Aspekte, um einen ganzheitlichen Ansatz für Produktentwicklungsprojekte zu bieten. Dabei wird sowohl auf die theoretischen Grundlagen als auch auf die praktische Umsetzung eingegangen. Gleichzeitig soll allerdings betont werden, dass jedes Unternehmen einzigartig ist und dass Flexibilität und Anpassungsfähigkeit Schlüsselfaktoren für den Erfolg sind. Entsprechend sollen die Erkenntnisse aus diesem Buch lediglich als Ausgangspunkt verwendet werden, um eigene, an die jeweiligen Organisationsstrukturen angepasste Ablaufpläne zu gestalten.

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich beim Springer-Verlag für die Ermöglichung dieser Neuauflage sowie bei unserem Lektor, Herrn Axel Garbers, für seine durchgehende Unterstützung bedanken.

Hamburg
im Sommer 2023

Josef Schlattmann
Arthur Seibel

Vorwort zur ersten Auflage

Entwicklungsprojekte müssen sich bei entsprechendem Aufbau und entsprechender Organisation nicht zwangsläufig komplex gestalten; sie werden es jedoch häufig, wenn die Überschaubarkeit für den Projektleiter/die Projektmitarbeiter an natürliche Grenzen stößt bzw. wenn Koordination und Projektführungsfragen nicht eindeutig festgelegt und für alle Beteiligten nachvollziehbar sind. Hinzu kommt, dass das Führen von Mitarbeitern sowie Projekten gelernt sein muss, andernfalls bleibt es meist einem gewissen Zufall überlassen; in der üblichen Hochschulausbildung kommt es bis heute noch viel zu kurz.

Der Aufbau dieses Handbuchs orientiert sich an der Organisation und dem Ablauf eines Entwicklungsprojekts, wie es etwa in einem mittleren Maschinenbaubetrieb anzutreffen ist. Die Organisation betrifft dabei alle von der Idee bis zum marktreifen Produkt unmittelbar beteiligten Bereiche und enthält neben allen planmäßig festgelegten Schritten (*methodisches* Vorgehen) auch die zugehörigen ausführenden Stellen, sodass sie in ihrer Gesamtheit als *System* und der entsprechende Ablauf als *systematisch* bezeichnet werden können.

Es existieren viele methodische Hilfsmittel und Vorgaben für eine systematische Vorgehensweise. Die wesentlichen Vorteile dabei sind unter anderem

- insbesondere die bessere Überschaubarkeit des Konstruktionsprozesses,
- Methoden als Werkzeuge können die Arbeit ganz wesentlich unterstützen,
- zielgerichtetes Vorgehen schafft entsprechenden Freiraum für kreatives Handeln,
- der Ausbau der Musterbildung und insbesondere die Förderung der Kreativität der Mitarbeiter erhöhen die Wahrscheinlichkeit des kreativen Sprungs.

Folglich kann die Bedeutung der systematischen Vorgehensweise in der Produktentwicklung nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Dieses Handbuch möchte in der industriellen Praxis bewährte und in zahlreichen Vorlesungen und Seminaren gelehrt Methoden einem größeren Publikum nahebringen, um insbesondere in kleinen bis mittleren Maschinenbaubetrieben die Innovationsarbeit des Produktentwicklers wesentlich effektiver zu gestalten. Entscheidend dabei ist die Erkenntnis, dass neue Produkte nicht einfach nur durch „Konstruieren“ und „Organisieren“

entstehen, sondern von Menschen geschaffen werden, denn hinter technischen Schwierigkeiten verbergen sich faktisch immer menschliche Probleme, die nicht ausschließlich durch funktionale Maßnahmen bewältigt werden können.

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich bei Herrn Professor Dr.-Ing. Walter Jordan bedanken, den ehemaligen Leiter des Laboratoriums für Konstruktionslehre der Universität Paderborn, auf dessen „Paderborner Konstruktionschule“ dieses Handbuch größtenteils fußt. Dem Verlag gilt unser Dank für die stets hervorragende Zusammenarbeit und im Speziellen Herrn Dr. Rainer Münz für die Initiierung dieses Handbuchs.

Hamburg
im Sommer 2016

Josef Schlattmann
Arthur Seibel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Einführung in die Produktentwicklung	5
3	Organisation eines Produktentwicklungsbereichs	23
4	Aufbau und Ablauf eines Produktentwicklungsprojekts	39
5	Grundlagen der Produktplanung	65
6	Methodische Produktentwicklung	77
7	Entfaltung der Kreativität	117
8	Bewertung und Auswahl	153
9	Führen von Mitarbeitern	165
10	Erfolgreiche Teamarbeit	183
11	Vorschlags- und Schutzrechtswesen	201
12	Grundlagen der Produkthaftung	229
13	Aspekte der Nachhaltigkeit	241
	Nachwort	247
	Stichwortverzeichnis	249



1.1 Allgemeines

In der heutigen Wirtschaftswelt spielt die Produktentwicklung eine entscheidende Rolle, da sie maßgeblich zum Unternehmenserfolg beiträgt. In einer Zeit, in der die technologische Entwicklung rasch voranschreitet und die Kundenbedürfnisse ständig im Wandel sind, ist es von wesentlicher Bedeutung, dass Unternehmen schnell auf neue Anforderungen und Trends reagieren können. Eine systematische und methodische Produktentwicklung kann dabei helfen, den steigenden Kundenbedürfnissen gerecht zu werden, die Qualität der eigenen Produkte zu steigern sowie die Marktposition des Unternehmens zu stärken.

In diesem Buch wird ein Modellablaufplan für Produktentwicklungsprojekte vorgestellt (Kap. 4), der gerade in kleinen und mittelständischen Betrieben eine systematische und methodische Produktentwicklung ermöglichen soll. Dieser ist in insgesamt 38 Tätigkeiten gegliedert und unterteilt sich in drei Phasen (Planen, Entwerfen, Ausarbeiten) mit drei Bearbeitungsebenen (Bearbeiten, Steuern, Entscheiden), wobei jede der Phasen mit einer Entscheidung bezüglich der Weiterführung des Projekts endet. Innerhalb der Phasen treten wiederum die Aktivitäten der methodischen Produktplanung (Kap. 5) und -entwicklung (Kap. 6) auf und werden durch Methoden zur Entfaltung der Kreativität (Kap. 7) sowie der Bewertung und Auswahl von Lösungsalternativen (Kap. 8) ergänzt.

Darüber hinaus werden im Buch weiterführende organisatorische Inhalte vermittelt, die für eine erfolgreiche Projektdurchführung notwendig sind. Dazu gehören die Organisation des Produktentwicklungsbereichs (Kap. 3), die Mitarbeiterführung (Kap. 9), die Teamarbeit (Kap. 10) sowie die Organisation des Vorschlags- und Schutzrechtswesens (Kap. 11). Weitere Aspekte wie die Produkthaftung (Kap. 12) sowie die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit (Kap. 13) runden die Inhalte ab.

Das Buch ist als Nachschlagewerk so konzipiert, dass die Informationen blockweise (als Beschriftung plus Text) aufbereitet sind. Dies dient dem Zwecke der Übersichtlichkeit, hilft aber auch bei der Überführung der Inhalte in entsprechende Folien o. Ä. für Vorlesungs- oder Weiterbildungszwecke. Zum besseren Überblick ist jedem Kapitel auch eine entsprechende Kurzfassung vorangestellt. Darüber hinaus beinhaltet das Buch an entsprechenden Stellen gut memorierbare Leitregeln, die zur Unterstützung des Produktentwicklers bei seiner täglichen Arbeit dienen sollen.

1.2 Aufbau des Buchs

Das Kap. 2 gibt einen groben Überblick über den Produktentwicklungsprozess und betont die Notwendigkeit einer schnellen Entwicklung. Anhand eines Praxisbeispiels wird die Umsetzung eines Produktentwicklungsprojekts in der Praxis demonstriert.

Das Kap. 3 befasst sich mit der Organisation eines Produktentwicklungsbereichs. Es werden verschiedene Aufbau- und Strukturprinzipien (wie die Linien-, Stabslinien- und Matrixorganisation) sowie das „Simultaneous Engineering“ und die „Lean Production“ vorgestellt. Die Betrachtung eines gezielten Wissensmanagements im Betrieb rundet das Kapitel ab.

Das Kap. 4 beschreibt den Aufbau und den Ablauf eines Produktentwicklungsprojekts. Es wird ein Modellablaufplan mit insgesamt 38 Tätigkeiten innerhalb von drei Phasen (Planen, Entwerfen, Ausarbeiten) und entlang von drei Bearbeitungsebenen (Bearbeiten, Steuern, Entscheiden) eingeführt. Weiterhin wird beschrieben, wie man eigene Ablaufpläne erstellt und das Vorgehen anhand eines Praxisbeispiels illustriert.

In Kap. 5 wird auf Grundlagen der Produktplanung eingegangen. Es werden die Suche nach neuen Produkten sowie die Verbesserung bestehender Produkte behandelt. Hierbei werden verschiedene Methoden wie die Wertanalyse, ABC-Analyse und Funktions-Kosten-Matrix vorgestellt. Zudem werden das Marktverhalten und die Diversifikation als Suchfelder für neue Produkte beschrieben.

In Kap. 6 wird die methodische Produktentwicklung behandelt. Dabei wird detailliert auf die einzelnen Aktivitäten im Produktentwicklungsprozess eingegangen, wie das Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung, das Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen, die Suche und Auswahl von Wirkprinzipien, die Gestaltung von Konstruktionselementen sowie das Finalisieren der Gesamtkonstruktion.

In Kap. 7 wird die Entfaltung der Kreativität in Produktentwicklungsprojekten betrachtet. Nach der Beschreibung des kreativen Prozesses werden verschiedene Kreativitätsmethoden vorgestellt und an einigen Beispielen illustriert, wobei zwischen intuitiv und logisch betonten Methoden unterschieden wird. Weiterhin werden Blockaden der Kreativität beschrieben und Wege zur Förderung des kreativen Verhaltens aufgezeigt.

Das Kap. 8 beschäftigt sich mit der Bewertung und Auswahl von Lösungsalternativen. Es werden zunächst verschiedene Methoden wie die verbale Bewertung sowie

Punktwert- und Kennzahlmethoden vorgestellt und im weiteren Verlauf spezifische Punktwertmethoden wie die einfache Punktbewertung, die Bestimmung der technischen und wirtschaftlichen Wertigkeit und die Nutzwertanalyse näher erläutert.

Das Kap. 9 befasst sich mit der Führung von Mitarbeitern und behandelt grundlegende Aspekte wie den menschlichen Wesensaufbau, unterschiedliche Persönlichkeitstypen sowie Einflussgrößen zur Menschenführung. Zudem werden Kriterien und die Durchführung der Leistungsbeurteilung beschrieben.

Das Kap. 10 widmet sich der Teamarbeit in Produktentwicklungsprojekten. Es wird erklärt, wie sich Gruppendynamische Effekte gezielt nutzen lassen und die notwendige Harmonie für die Teamarbeit hergestellt werden kann. Zudem werden das Verhalten von Teammitgliedern sowie die Organisation und der Ablauf von Teambesprechungen behandelt.

In Kap. 11 wird das Vorschlags- und Schutzrechtswesen in Unternehmen besprochen. Es werden die Grundlagen des Patentrechts sowie verschiedene Schutzrechte, wie das deutsche Patent, Auslandspatente und Gebrauchsmuster, beschrieben. Außerdem wird erläutert, wie Ideen von Mitarbeitern als Verbesserungsvorschläge oder Erfindungen vergütet werden können.

In Kap. 12 werden die Grundlagen der Produkthaftung behandelt. Dabei werden die entsprechenden Rechtsgrundlagen sowie die Verantwortung des Herstellers und seine Pflichten bei der Entwicklung neuer Produkte erläutert. Ein Praxisbeispiel zum Thema Schraubenverbindungen rundet das Kapitel ab.

In Kap. 13 geht es um die Auswirkungen der Technik auf unsere Zukunft. Das Kapitel untersucht einige Aspekte der Nachhaltigkeit und wie diese in die Produktentwicklung integriert werden können, einschließlich der Ökobilanzierung und des Öko-Audits.



Im industriellen Alltag rückt der Produktentwicklungsprozess zunehmend ins Blickfeld der Unternehmensleitung. Dies begründet sich im Wesentlichen durch große Einflussmöglichkeiten der Produktentwickler auf die Produktgestaltung und damit die Beeinflussung und Festlegung der wesentlichen Einflussgrößen Qualität, Zeit und Kosten des zu gestaltenden Produkts. In diesem Kapitel wird ein grober Überblick über den Produktentwicklungsprozess gegeben; eine detailliertere Betrachtung findet in den nachfolgenden Kapiteln statt.

2.1 Allgemeines

Bedeutung Unter dem Begriff „Produktentwicklung“ wird die Gesamtheit aller Tätigkeiten verstanden, um, ausgehend von einer technischen Aufgabe, zu einem ausgereiften Produkt zu gelangen. Der Begriff umfasst die beiden klassischen Begriffe *Entwicklung* und *Konstruktion*, die sich nicht scharf abgrenzen lassen.

Begriffsbildung Der Begriff Produktentwicklung entstand unter zunehmender Anwendung einer *systematischen* und *methodischen* Arbeitsweise, um das bisherige vermehrt intuitive Vorgehen bei der Entwicklung technischer Erzeugnisse besser *planbar* und *nachprüfbar* zu machen, vgl. dazu Pahl et al. (2007).

Nachprüfbarkeit der Entwicklung Sie hat vor dem Hintergrund der Qualitätssicherung und der veränderten Produkthaftung in der Vergangenheit erheblich an Bedeutung gewonnen. Die *systematische* Vorgehensweise reflektiert dabei vor allem auf eine schrittweise Bearbeitung mit entsprechend überschaubaren Schritten, während das methodische

Bearbeiten eher den gezielten Einbezug von Methoden (d. h. hilfreichen Werkzeugen) anstrebt.

Bedeutung des methodischen Vorgehens Die methodische Produktentwicklung untersucht den Ablauf des Produktentwicklungsprozesses und gliedert ihn in logisch aufeinander folgende Schritte, damit der Produktentwickler (Jorden, 1983)

- nicht bei der *erstbesten* Lösung bleibt (sie ist nie die beste), sondern weitere findet;
- bei *neuen* Aufgaben überhaupt Lösungen finden kann;
- vorhandene Lösungsansätze *weiterentwickelt* und *optimiert*;
- sich selbst und anderen *Rechenschaft* über den Produktentwicklungsablauf geben kann (wichtig z. B. für Dokumentation, Produkthaftung u. Ä.).

Gute und erfahrene Produktentwickler gehen immer methodisch vor – häufig unbewusst. Die Methodik hilft dem Unerfahrenen, diese „Kunst“ zu erlernen. Sie ist ein Hilfsmittel (und kein Selbstzweck), das jeweils anzupassen ist. Sie erstrebt Rationalisierung

- infolge besserer Qualität der konstruktiven Ergebnisse,
- infolge größerer Sicherheit gegen Fehler und Fehlentwicklungen,
- infolge Aufteilung in „algorithmische“ Schritte (Computeranwendung) und „heuristische“ Schritte (Intuition und Entscheidung des Produktentwicklers).

Falsch dagegen sind folgende Aussagen zur methodischen Produktentwicklung:

- „Sie kostet Zeit; das können wir uns nicht leisten.“ (Bei richtiger Anwendung spart sie Zeit für Irrwege u. Ä.)
- „Sie behindert die Kreativität.“ (Richtig ist: Sie legt nur die Reihenfolge der Schritte fest; deren Inhalt aber gibt gezielt den Raum für Kreativität frei.)
- „Sie führt den Produktentwicklungsprozess auf logisches Denken zurück.“ (Richtig ist, dass sie eine „gesteuerte Intuition“ beinhaltet, eine sinnvolle Kombination von Logik und Intuition.)

Die methodische Produktentwicklung wird ausführlich in Kap. 6 behandelt.

Leistungsfähigkeit eines Produktentwicklers Während das *Wissen* auf Erfahrung und vorhandenen Kenntnissen über Eigenschaften, Methoden usw. (Stand der Technik) beruht, baut der individuelle Denkvorgang auf den persönlichen *Fähigkeiten* des Produktentwicklers bzw. des Produktentwicklungsteams auf. Zu den individuellen Fähigkeiten zählen räumliches Vorstellungsvermögen sowie die Gestaltgebung durch Analyse, Abstraktion, Assoziation usw. Zusammengefasst kann hier auch von dem *Können* des Produktentwicklers gesprochen werden. Dieses ist zu einem gewissen Grad erlernbar, wie beispielsweise auch die Kreativität erlernt werden kann, siehe Kap. 7. Hieraus lässt sich

jedoch nicht zwangsläufig ableiten, dass das „Können“ allein die Leistungsfähigkeit des Produktentwicklers ausmacht. Vielmehr beschreibt – stark vereinfacht betrachtet – erst das *Produkt aus Motivation und Können* die *Leistungsfähigkeit des Produktentwicklers*. Dies zeigt sich auch bei einer einfachen Grenzbetrachtung: Würde beispielsweise die Motivation gegen Null gehen, hilft das Wissen bzw. die Fähigkeit allein kaum weiter. Umgekehrt gilt es genauso: Wenn die Fähigkeiten gegen Null gehen, dann wird auch eine hohe Motivation keinen Lösungsweg bieten. Erst ein weitgehender Gleichklang dieser Größen auf möglichst hohem Niveau schafft eine gute Voraussetzung für neue bzw. verbesserte Produktlösungen.

Werden die Begriffe weiter aufgeschlüsselt, so zeigt sich für das Können als Größe für Wissen und Fähigkeiten, dass hier der *Wissenserwerb* von individuellen Größen (z. B. Intelligenz, Beharrlichkeit) abhängt. Die Vorgabe von geordnetem und in Schritten aufbereitetem Wissen kann hierbei die Lernzeit erheblich verkürzen, während Fähigkeiten durch Übung und Training verbessert werden können. Letzteres wiederum bedingt die hierzu notwendigen individuellen Voraussetzungen. Abb. 2.1 zeigt schematisiert die Zusammenhänge.

Beispiel Fußballspielen (Coyle, 2009): „Natürlich kann ich zusehen, wie andere Menschen Fußball spielen. Ich kann auch im Internet darüber nachlesen. Aber wirklich lernen kann ich es nur, indem ich es versuche, Fehler mache, mir die Fehler klarmache, es wieder versuche und so immer wieder im gleichen Kreislauf.“

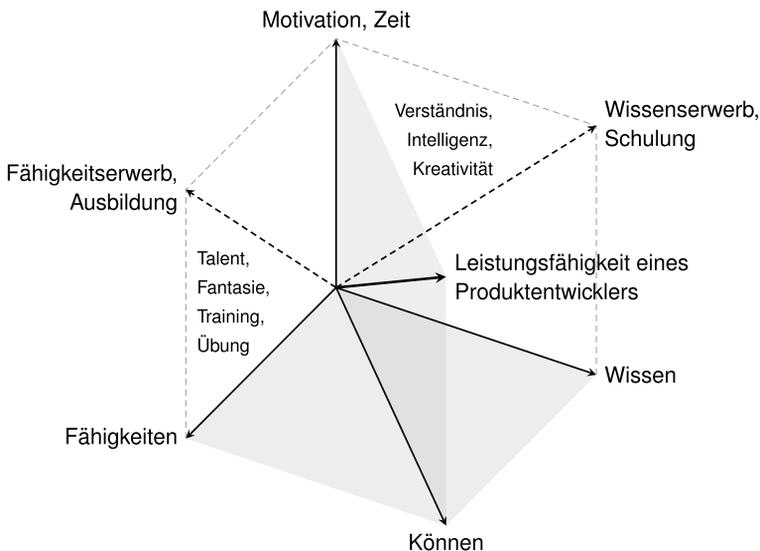


Abb. 2.1 Vereinfachte modellhafte Darstellung der Leistungsfähigkeit eines Produktentwicklers

Quellen für den Produktentwickler Grundsätzlich gibt es für den Produktentwickler drei wesentliche Quellen bei seiner Arbeit:

- *Erfahrung*: Dazu zählen Produktkenntnisse, Kenntnisse der Fertigung sowie Kenntnisse von Risiken und Fehlschlägen; sie sind notwendig, aber es besteht die Gefahr der „eingefahrenen Gleise“, siehe Abschn. 7.3.1.
- *Ideenreichtum* (Kreativität): Er (sie) ist Grundlage jeder Neuentwicklung bzw. Verbesserung.
- *Kooperation*: Ein einzelner kann unmöglich alles wissen; deswegen ist Teamarbeit gefragt, siehe Kap. 10.

Ideenfindung Neue Ideen zu finden, wird zunehmend schwieriger. Der „Erfindertyp“ reicht dazu lange nicht mehr aus. Statistiker sagen, dass aus ca. 100 brauchbar erscheinenden Ideen nur ein erfolgreiches Produkt resultiert. Etwa 80 % des Umsatzzuwachses von Unternehmen beruhen auf neuen Ideen und nur 20 % auf allmählichen Produktverbesserungen. Folgerung: Wir brauchen

- mehr Ideen, d. h. *systematische* Suche;
- bessere, sichere und schnellere Auswertung, d. h. *methodische* Produktentwicklung.

Orte der Ideenentstehung Eine Statistik, an welchen Orten die meisten Ideen entstehen, zeigt Abb. 2.2. So entstehen von 100 Ideen 24 im Betrieb und 76 außerhalb des Betriebs. Auch beim Wandern in der Natur sowie in langweiligen Meetings entstehen vergleichsweise deutlich mehr Ideen als bei der direkten Anwendung von Kreativitätsmethoden. Dies setzt aber – bei näherem Hinsehen leicht erkennbar – bereits eine entsprechende Vorarbeit mit intensiver Beschäftigung des Problems bzw. der Aufgabe voraus und führt meist über die Stationen Aufgabenstellung/Problem, der Frustrations- mit anschließender Inkubationsphase erst bei der Zusammenführung von geeigneten Mustern zu einem schöpferischen Sprung (Sprung aus dem Vor- oder Unbewussten ins Bewusstsein) und damit letztlich zur Lösung der Aufgabe, siehe Kap. 7. Er erfolgt in vielen Fällen außerhalb des Arbeitsplatzes, da dort eine genügende Distanz zum Problem gegeben ist und entsprechender Freiraum für Kreativität vorliegt.

„Magisches Dreieck“ der Produktentwicklung Eine Produktentwicklung befindet sich stets im Spannungsfeld zwischen den Zielen „Qualität“, „Zeit“ und „Kosten“, siehe Abb. 2.3. Alle drei Ziele beeinflussen sich gegenseitig und sind nicht gleichzeitig erreichbar, sodass stets ein Kompromiss gefunden werden muss.

Ablauf eines Produktentwicklungsprojekts Dieser gliedert sich allgemein in vier Abschnitte:

1. *Ziele setzen* (d. h. *Richtung* vorgeben),
2. *Planen* (d. h. *Weg* zum Ziel vorgeben),

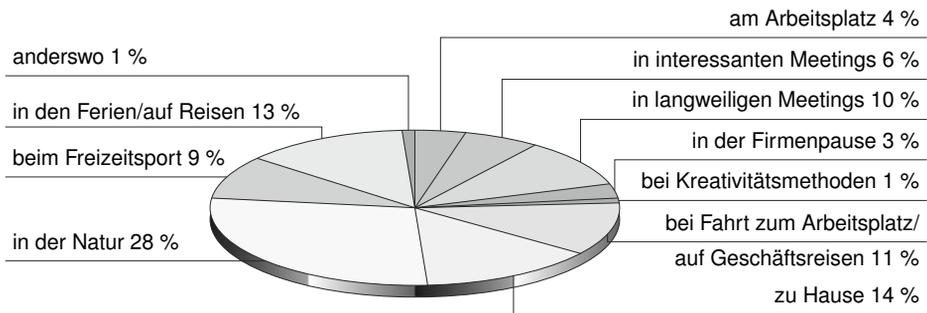
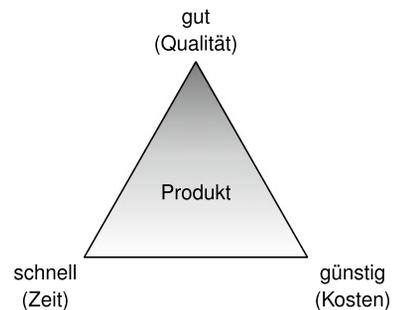


Abb. 2.2 Orte der Ideenentstehung. (Nach Berth, 1993)

Abb. 2.3 Das „magische Dreieck“ der Produktentwicklung



3. *Organisieren* (d. h. „Instrument“ zur Verwirklichung der Planung aufbauen und laufend anpassen),

4. *Ausführen*; dazu gehören folgende *Führungstätigkeiten*:

- Personalführung (wesentliche Führungsaufgabe),
- Koordination,
- Überwachung.

Bedeutung der Zielsetzung und Planung Wie Abb. 2.4 illustriert, wird der größte Anteil der *veränderlichen* Kosten während der Definitions- und Planungsphase eines Produktentwicklungsprojekts festgelegt. Entsprechend sind eine klare Definition, Priorisierung und Abstimmung der Projektziele zu Beginn des Projekts sowie eine ausführliche Projektplanung für den Projekterfolg maßgebend.

Organisationszustand Ein Produktentwicklungsbereich kann liegen zwischen:

- Nichtorganisation: Ideen können untergehen, falsche bzw. fixe Ideen werden verfolgt u. Ä.; und
- Überorganisation: Bürokratisierung, Unbeweglichkeit, Langwierigkeit („Parkinsonsches Prinzip“).

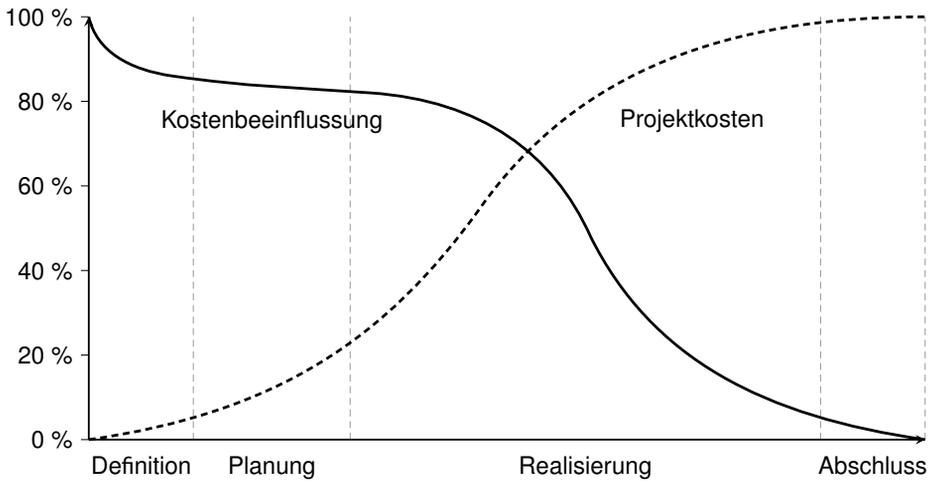


Abb. 2.4 Einflussmöglichkeiten und Kosten in den Projektphasen

Die Organisation muss auf die Betriebsbelange vernünftig abgestimmt werden, um annähernd optimal zu arbeiten. Schwierigkeit: Es gibt weder ein allgemeingültiges Modell noch einen dauernd optimalen Zustand. Die Organisation ist ein lebendiger Organismus, der laufende Anpassung an die sich ändernden Menschen und Gegebenheiten erfordert. Die Organisation eines Produktentwicklungsbereichs wird ausführlich in Kap. 3 behandelt.

Führungsaufgaben von Ingenieuren Sie lassen sich entsprechend Tab. 2.1 untergliedern.

2.2 Notwendigkeit der schnellen Entwicklung

Produktlebensdauerkurve Sie zeigt die Notwendigkeit der Entwicklung neuer Produkte. Zur Erzielung eines kontinuierlichen Gewinns muss bereits während der Reifephase ein neues Produkt bzw. eine wesentliche Produktverbesserung auf den Markt gebracht (eingeführt) werden; d. h. die neue Entwicklung muss bereits mit oder sogar vor der Wachstumsphase des gegenwärtig auf dem Markt befindlichen Produkts einsetzen, siehe Abb. 2.5. (Die Zeitachse ist dabei nicht unbedingt als linear zu betrachten, wenn auch die Größenordnungen in etwa stimmen.)

Produktzyklus Zeit von der Markteinführung eines Produkts bis zur Einführung des Nachfolgeprodukts. Beispiele dazu liefert Tab. 2.2.

Innovationszeit Zeit zwischen der Erfindung bzw. Entdeckung eines Wirkprinzips und seiner technischen Nutzung; sie wird immer kürzer, siehe Abb. 2.6.

Tab. 2.1 Führungsaufgaben von Ingenieuren

TÄTIGKEITSGEBIETE	FÜHRUNGSAUFGABEN						
	Ziele setzen	Planen	Organisieren	Ausführen		Koordination	Überwachung
				Personalführung			
Leitung, Management	x x	x x	x	x x	x	x	x
Forschung, Entwicklung	x	x	x	x	x	x	x
Technische Beratung, Verkauf		x	x	x x			
Fertigung, Qualitätsmanagement		x	x	x x	x	x	x x
Projektmitarbeiter		x					
Ausbilder, Lehrer		x	x	x x			x

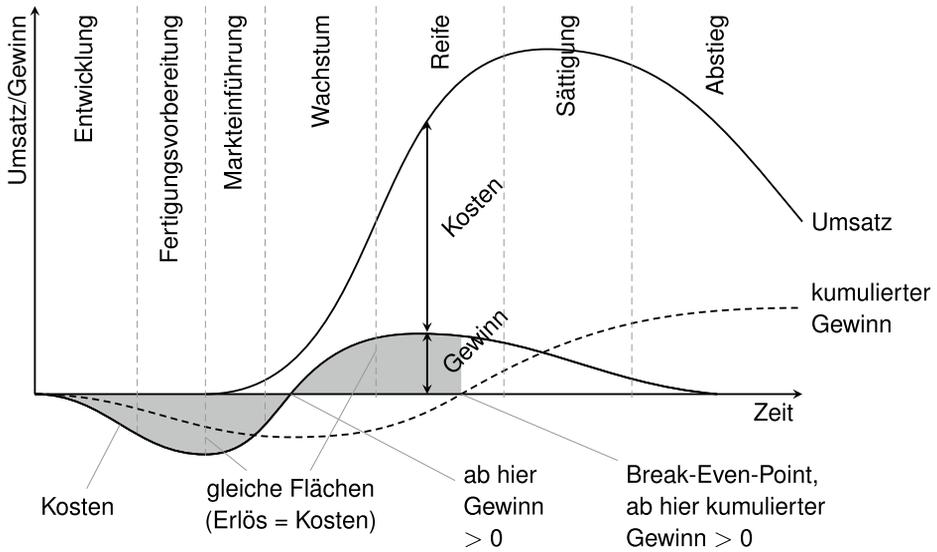


Abb. 2.5 Schematische Darstellung der Produktlebensdauerkurve

Tab. 2.2 Produktzyklen unterschiedlicher Produktarten (Beispiele)

Produktart	Produktzyklus
Modeartikel	1 Jahr
Konsumgüter	3 Jahre
Großmaschinen	Etwa 8 bis 10 Jahre

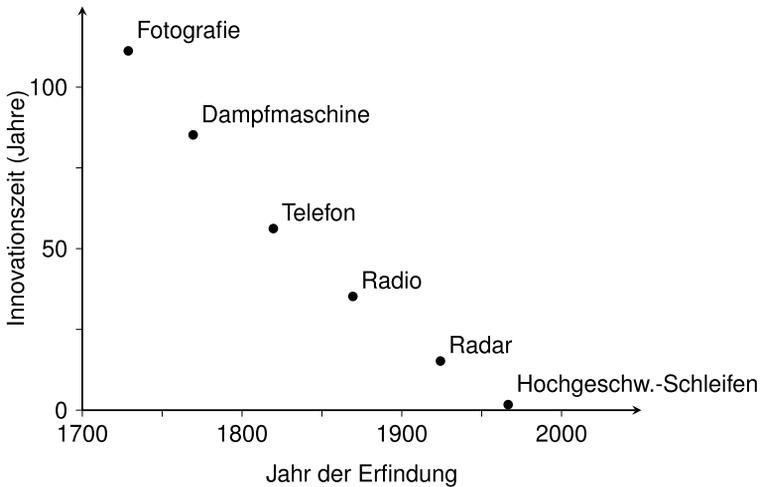


Abb. 2.6 Abnahme von Innovationszeiten mit dem Erfindungsjahr. (Nach Jorden, 2000)

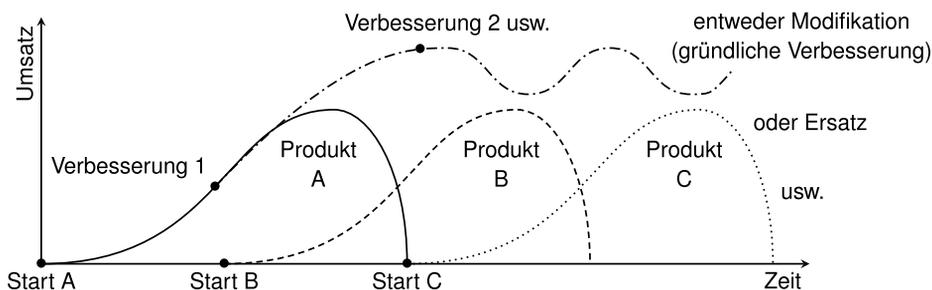


Abb. 2.7 Strategien zur Produkterneuerung

Möglichkeiten der Produkterneuerung Aus der Produktlebensdauerkurve nach Abb. 2.5 ergeben sich zwei Strategien für einen etwa kontinuierlichen Gewinn (Abb. 2.7):

- wesentliche *Verbesserung* des vorhandenen Produkts oder
- *Ersatz* des veraltenden Produkts durch ein neues.

Beide Möglichkeiten können ineinander übergehen. Eine Verbesserung ist in der Regel nur einige Male möglich; danach führt eine notwendige grundlegende Überarbeitung zu einem mehr oder weniger „neuen“ Produkt. Näheres zu den Möglichkeiten der Produkterneuerung siehe Kap. 5.

Verlagerung des Wettbewerbs Wettbewerb bezog sich früher vor allem auf Kosten. Heute geht es vornehmlich um die Zeit für Neuentwicklungen. Die Zeit für die Entwicklung eines neuen Produkts (d. h. von der Idee bis zur Markteinführung) ist heute in vielen Bereichen größer als die durchschnittliche Produktlebensdauer (d. h. die Zeit vom Erwerb bis zur Funktionsuntauglichkeit des Produkts).

Auswirkungen von Zeit und Kosten Bei Produkten mit kurzer Lebensdauer (z. B. fünf Jahre) wirkt sich eine Verlängerung der Entwicklungszeit weitaus negativer aus als eine Erhöhung der Entwicklungskosten. Die Verkürzung der Entwicklungszeit – auch unter erhöhten Kosten – ergibt eine frühere Markteinführung und eine steilere Gewinnkurve, siehe Abb. 2.8.

Gründe für die Auswirkungen:

- Das neue Produkt kommt *vor* seinen Konkurrenzprodukten auf den Markt, zu einem Zeitpunkt, wo der Markt wesentlich aufnahmefähiger ist („agieren statt reagieren“).
- Eine höhere Nachfrage und weniger Konkurrenz erlauben einen *höheren Marktpreis* und damit eine steilere Umsatz- und Gewinnkurve.
- Ein frühzeitiges Erscheinen ermöglicht eine Position als *Marktführer* und damit einen Imagevorteil sowie eine bessere Steuerung von Folgeinvestitionen zum Ausbau der erreichten Marktposition („schneller innovieren, als der Wettbewerb kopieren kann“).

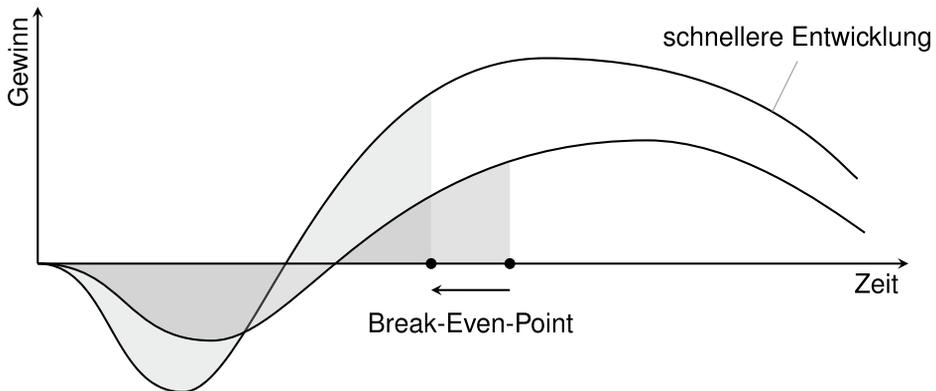


Abb. 2.8 Auswirkungen einer kürzeren Entwicklungszeit auf den Gewinn

2.3 Ablauf einer Produktentwicklung

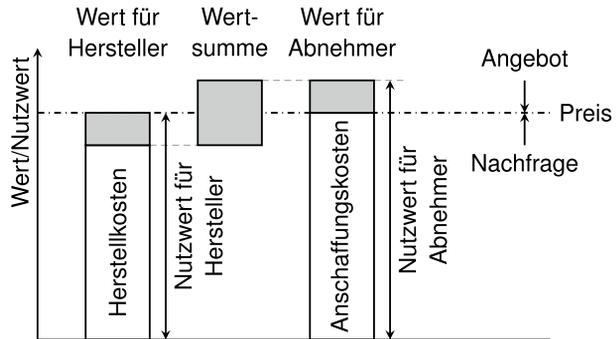
2.3.1 Planungsphase

Bedeutung Eine Produktentwicklungsaufgabe ergibt sich entweder direkt aus einem *Kundenauftrag* oder indirekt über eine von der Unternehmensleitung vorgenommene *Planung*. Diese Produktplanung erfolgt dabei unabhängig vom Produktentwicklungsbereich in einer eigenständigen Gruppe oder Abteilung. Näheres zur Planungsphase bzw. zur Produktplanung siehe Abschn. 4.2.1 bzw. Kap. 5.

Wertvorstellungen Bevor der Produktentwickler beginnt, ein Produkt zu entwickeln oder zu verbessern, muss er sich über die Zielsetzung klar werden, insbesondere über Nutzen und Kosten. Zielrichtungen können hier *möglichst niedrige Herstellkosten* oder *möglichst gute Funktionserfüllung* sein oder ein Kompromiss dazwischen. Der Nutzwert des Produkts für den Hersteller entspricht dem Verkaufspreis; nach Abzug aller Kosten ergibt sich der Wert (Erlös) für den Hersteller, siehe Abb. 2.9. Der Nutzwert für den Abnehmer liegt in der Funktion des Produkts (er lässt sich kaum direkt in Euro ausdrücken); davon ist noch der Kaufpreis abzuziehen. Denn niemand wird ein Produkt kaufen, wenn für ihn der Preis höher ist als der Nutzen. Wie sich die Summe der Werte auf den Hersteller und Abnehmer verteilt, hängt vom Preis ab; dieser wird in der Regel von Angebot und Nachfrage bestimmt.

Lastenheft und Pflichtenheft Der Kunde fasst zunächst alle Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt im sogenannten „Lastenheft“ zusammen – das „was“ und „wofür“. Anschließend beschreibt der Auftragnehmer im sogenannten „Pflichtenheft“, in welcher Weise er diese Anforderungen technisch realisieren möchte – das „wie“ und „womit“, siehe Abschn. 6.2.

Abb. 2.9 Wert- und Nutzensvorstellung. (Nach Jordan; vgl. dazu Schwarzkopf, 1987)



2.3.2 Entwurfsphase

Bedeutung Die Entwurfsphase ist nach Pahl et al. (2007) in „Konzipieren“ und „Entwerfen“ untergliedert. Der Übersichtlichkeit halber wird hier jedoch bewusst auf eine Aufteilung verzichtet, da bekanntlich Konzept- und Entwurfsphase eng miteinander verwoben sind. Näheres zur Entwurfsphase bzw. zur methodischen Produktentwicklung siehe Abschn. 4.2.2 bzw. Kap. 6.

Vorgehensweise Zu Beginn dieser Phase gilt es zunächst, den abstrakten Wesenskern der *Aufgabe* herauszuarbeiten. Aus der abstrahierten Aufgabenformulierung resultiert dann die Gesamtfunktion des zu entwickelnden Produkts, die im Anschluss daran in entsprechende *Teilfunktionen* untergliedert wird. Zu jeder dieser Teilfunktionen werden dann möglichst viele *Wirkprinzipien* gesucht, die anschließend zu verträglichen Prinziplösungen kombiniert werden. Diese Prinziplösungen können in Funktionsstrukturen mittels entsprechender Blockschaltbilder illustriert werden. Durch eine Bewertung und Auswahl wird die Vielzahl an Lösungen schließlich auf einige wenige zu verfolgende reduziert. Im Anschluss daran erfolgt oft eine Modularisierung des Entwurfs mit maßstäblichen Zeichnungen der *Konstruktionselemente*.

2.3.3 Ausarbeitungsphase

Bedeutung In dieser Phase erfolgt die Festlegung der geometrischen und stofflichen Eigenschaften des Produkts unter Berücksichtigung aller Anforderungen. Die Anforderungen laufen einander häufig zuwider und sind daher entsprechend gegeneinander abzuwägen. Die *Gesamtkonstruktion* mündet schließlich in den produktionsreifen Fertigungsunterlagen (Zeichnungen, Stücklisten, Datensätze). Näheres zur Ausarbeitungsphase bzw. zur Gesamtkonstruktion siehe Abschn. 4.2.3 bzw. Abschn. 6.6.

2.4 Praxisbeispiel „Spreizbüchsenpanndorn“

Ausgangslage Eine der Produktlinien eines mittelständischen Maschinenbauunternehmens sind Spannwerkzeuge für Werkzeugmaschinen. Insbesondere werden Spanndorne hergestellt, die dazu dienen, Werkstücke mit zylindrischen Bohrungen aufzunehmen – beispielsweise für Dreh-, Schleif- oder Verzahnungsvorgänge. Diese Spanndorne basieren auf dem bewährten Kegelprinzip (Abb. 2.10), bei dem sich eine elastische Büchse bei axialer Verschiebung entlang eines Dorns radial aufdehnt und somit das Werkstück reibschlüssig spannt. Innerhalb eines bestimmten Bereichs können unterschiedliche Büchsen auf demselben Grunddorn verwendet werden, um verschiedene Spanndurchmesser abzudecken.

Das zentrale Konstruktionselement des Spanndorns ist die elastische Büchse. In der aktuellen Standardausführung (Abb. 2.11) ist diese Büchse schraubenförmig geschlitzt, wobei in den Schlitz ein Draht zur Distanzhaltung und axialen Kraftübertragung eingelegt wird. Beim manuellen Spannen (obere Bildhälfte) wird der Spannbolzen mithilfe eines Schraubenschlüssels in den Grundkörper eingedreht, wodurch die Büchse über eine Scheibe auf den Kegel geschoben und dadurch radial aufgedehnt wird. Alternativ kann die Spannkraft auch über einen Zugbolzen direkt von einer Spanneinrichtung an der Werkzeugmaschine ausgeübt werden (untere Bildhälfte).

In Abb. 2.12 ist eine alternative Bauweise für Spanndorne (repräsentativ für die Produkte anderer Hersteller) gezeigt, die im Vergleich zu Abb. 2.11 eine einfachere Konstruktion aufweist. Es wird deutlich, dass es für Wettbewerber schwierig ist, ein vergleichbares oder sogar überlegenes Produkt mit einer abweichenden Konstruktion zu entwickeln. In dieser Bauweise wird die Spreizbüchse mit dem Spannbolzen durch einen Schnappverschluss verbunden, sodass beide Teile gemeinsam ausgetauscht werden können. Nur neun verschiedene Grundkörper sind erforderlich, um einen Durchmesser-Spannbereich von etwa 15 bis 82 mm abzudecken. Im Vergleich dazu werden für das aktuelle Eigenprodukt 17 Grundkörper benötigt, um einen Bereich von 20 bis 66 mm abzudecken.

Abb. 2.10 Prinzip des Kegelspanndorns;
a Grundkörper,
b Spreizbüchse, *c* axiale Spannbewegung, *d* radiale Aufdehnung, *e* Werkstück, *f* Befestigungsflansch
 (Jorden & Weiberg, 1977)

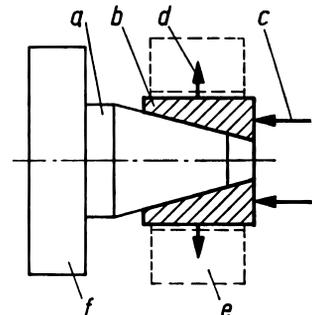


Abb. 2.11 Aktuelle Spanndornbauart; *a* Grundkörper, *b* Spreizbüchse, *c* schraubenförmiger Schlitz mit Distanzdraht, *d* Schraubspannbolzen für Handspannung, *e* Zugspannbolzen für Maschinenspannung (alternativ), *f* Rückholeinrichtung zum Lösen (Jordan & Weiberg, 1977)

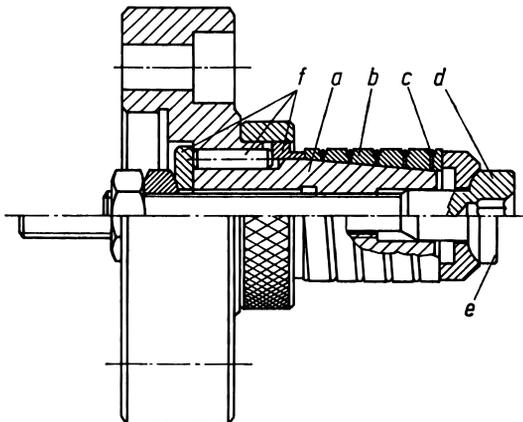
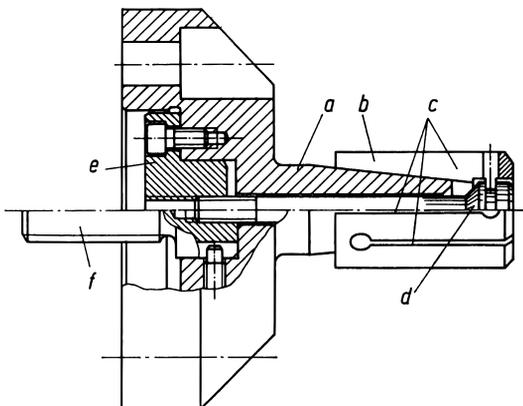


Abb. 2.12 Spreizbüchsen-Spanndorn der Konkurrenz; *a* Grundkörper, *b* Spreizbüchse, *c* wechselseitige Längsschlitz, *d* Spannbolzen, *e* Schraubplatte für Handspannung, *f* Zugbolzen für Maschinenspannung (alternativ) (Jordan & Weiberg, 1977)

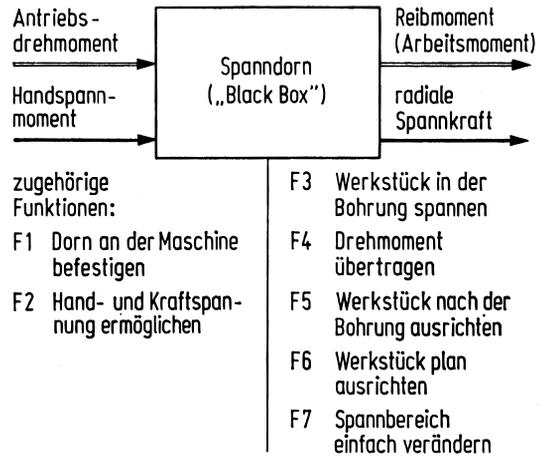


Diese Randbedingungen machen deutlich, dass es sinnlos ist, das aktuelle Produkt zu verbessern, da die alternative Bauweise bereits in vielen Aspekten überlegen ist. Eine Neukonstruktion ist daher die einzige Option, um ein Produkt zu entwickeln, das im Wettbewerb bestehen kann.

Aufgabe Es soll ein robuster und vielseitig einsetzbarer Spanndorn entwickelt werden, der sowohl technisch als auch preislich im Wettbewerbsumfeld konkurrenzfähig ist.

Funktionen Die Funktionsweise des Systems kann in seiner einfachsten Form als „Black Box“ dargestellt werden. Dabei erfolgt im Wesentlichen ein zweifacher Energiefluss: Das Handdrehmoment (oder die Maschinenspannkraft) und das Antriebsdrehmoment dienen als Eingangsgrößen, während die radiale Spannkraft und das Reibmoment (Arbeitsdrehmoment) als Ausgangsgrößen fungieren (Abb. 2.13). Die verschiedenen Funktionen des Systems sind als F1 bis F7 gekennzeichnet.

Abb. 2.13 „Black Box“-Darstellung und Funktionsliste eines Spanndorns (Jorden & Weiberg, 1977)



Wirkprinzipien Es wurden insgesamt über 70 Lösungsvorschläge für die sieben Funktionen aus Abb. 2.13 gesammelt. Für die Funktion „Werkstück in der Bohrung spannen“ (F3) wurden beispielsweise 19 Vorschläge gemacht, darunter hydraulisches Aufdehnen, Magnethalterung, Gummistopfenprinzip (wie bei Thermosflaschen) und Aufkleben. Nach der ersten Aussortierung verblieben sechs Prinzipien (Abb. 2.14). Eine genauere Prüfung ergab, dass die Wirkprinzipien *c* bis *f* aufgrund eines zu geringen Dehnbereichs und das Prinzip *b* aufgrund mangelnder Dauerfestigkeit ausscheiden mussten. Schließlich blieb nur das bewährte Kegelpinzip *a* als Lösung übrig.

Konstruktionselemente Die Variation der Merkmale beim Kegelspannprinzip¹ führte zwar auf einige bekannte Bauformen, ergab aber keine sinnvolle neue Lösung (Abb. 2.15).

Die gezielte Merkmalvariation hat jedoch bei einem anderen Bauelement zu einer unerwarteten Verbesserung geführt. Im Vergleich zur Schnappverbindung zwischen Spreizbüchse und Spannbolzen (Abb. 2.16a bzw. auch Abb. 2.12) hat die in Abb. 2.16b skizzierte Lösung eine geringere axiale Baulänge, da die Nut des Spannbolzens in die Büchse verschoben wurde und somit die Druck- und Rückholflächen vertauscht wurden. Durch diese Änderung wird der freie Überhang des vorderen Endes der Spreizbüchse verkürzt, um den Verlust an tragender Länge auszugleichen, der bei Verwendung der Doppelkegelbüchse entsteht. Dadurch wird die Verwendung der Doppelkegelbüchse erst vollständig nutzbar gemacht.

Gesamtkonstruktion Abb. 2.17 zeigt den kompletten Spanndorn im zusammengebauten Zustand. Es wird deutlich, wie der Dorn auf einfache Weise von der Handspannung (mithilfe eines Schraubenschlüssels, obere Bildhälfte) auf Maschinenspannung (untere Bildhälfte, links) umgerüstet werden kann. Dafür werden die Halteschrauben *g* der Gewindeplatte *f* entfernt und ein Gewindezugbolzen *h* in *f* eingeschraubt.

¹ Zur entsprechenden Methodik siehe Abschn. 7.2.3.4.