

Berufsbegleitender Masterstudiengang

Innovationsmanagement und Entrepreneurship (MBA)



Prof. Dr.-Ing. Axel Hahn
Stephan große Austing

Produktentwicklung

Impressum

Autor: Prof. Dr.-Ing. Axel Hahn
Stephan große Austing

Herausgeber: Center für lebenslanges Lernen (C3L) – Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Redaktion: Willi Gierke

Layout: Andreas Altvater, Franziska Vondrik

Copyright: Vervielfachung oder Nachdruck auch auszugsweise zum Zwecke einer Veröffentlichung durch Dritte nur mit Zustimmung der Herausgeber, 2018

ISSN: 1869-2958

Oldenburg, Juli 2018

Prof. Dr.-Ing Axel Hahn



Prof. Dr.-Ing. Axel Hahn leitet die Arbeitsgruppe Business Engineering an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Er promovierte nach einem Studium der Elektrotechnik 1997 in Maschinentechnik in Paderborn. Anschließend war er Entwicklungsleiter eines mittelständischen Softwarehauses für die Entwicklung von Produktinformationssystemen. Hahn ist seit 2002 an der Universität Oldenburg und hatte zudem 2006 eine Professur für Produktionsinformatik in Berlin. Er ist programmverantwortlich für den Studiengang BSc Wirtschaftsinformatik.

Prof. Hahn ist Bereichsvorstand für den Forschungsbereich Transportation im OFFIS Oldenburg. Forschungsschwerpunkte sind das Management von Produktentwicklungsprozessen und Transport- und Mobilitätsmanagement mit den Aspekten der ressourcensparenden Gestaltung von Transportsystemen und Maritimes Transportsystemen.

Stephan große Austing



Stephan große Austing war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Department für Informatik an der Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg. Er war sowohl an der Lehre als auch an der Forschung in der Abteilung Business Engineering beteiligt.

Seine Themenschwerpunkte sind:

- Komplexitätsbegriff und Komplexitätsmessung in der Produktentwicklung
- Manuelle und automatische Analysemethoden für Produktmodelle
- Quantitative Bewertung von Entwicklungsprozessen

Seit 2012 ist er CAD System Engineer bei der Big Dutchman International GmbH.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	8
	Der didaktische Aufbau des Moduls.....	10
2	GRUNDELEMENTE DER PRODUKTENTWICKLUNG.....	13
2.1	Produkt und Produktentwicklung	13
2.2	Produktmodell.....	15
2.3	Entwicklungsprojekt und Entwicklungssystem.....	16
2.4	Entwicklungsdisziplinen und -domänen.....	16
2.5	Methodik und Werkzeuge	17
2.6	Technologien.....	17
2.7	Entwicklungsprozesse	18
2.8	Lösungselemente und Standardkomponenten	18
2.9	Produktion und Produktlebenszyklus	19
3	VORGEHENSMODELLE IN DER PRODUKTENTWICKLUNG.....	22
3.1	Systemisches Vorgehen	24
3.2	Mikroebene	27
3.3	Problemlösungsansätze	28
3.4	Vorgehensmodelle	30
3.4.1	Historische Entwicklung	31
3.4.2	Konstruktionssystematiken	32
3.4.3	VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte	35
3.4.4	VDI 2206 - Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme	37
4	WERKZEUGE DER PRODUKTENTWICKLUNG.....	42
4.1	Softwarewerkzeuge	42
4.1.1	Konzeptuelle Modellierungswerkzeuge	43
4.1.2	Werkzeuge für Software-Prototypen.....	46
4.1.3	Computer-Aided-Design (CAD)	48
4.1.4	2D-Modelle	48
4.1.5	3D-Modelle	50
4.1.6	Physikalische Modelle (Virtuelle Prototypen).....	52
4.2	Electronic Design Automation (EDA)	56
4.3	Unterstützungswerkzeuge	57
4.4	Produktdatenmanagementsysteme	59

5	HERAUSFORDERUNGEN DER PRODUKTENTWICKLUNG.....	63
5.1	Marktanforderungen	64
5.1.1	Innovationsmanagement und kundenorientiertes Entwickeln	64
5.1.2	Ressourcenschonende Produktentwicklung	69
5.1.3	Innovationsfeld Automobilelektronik	70
5.2	Integrierte Produktentwicklung	71
5.2.1	Systems Engineering	72
5.2.2	Eingebettete Systeme	73
5.3	Normative Anforderungen	77
5.3.1	CMMI & (Automotive)SPICE	77
5.3.2	V-Modell XT	79
5.3.3	ISO 9000 Familie.....	80
6	ENTWICKLUNGSPLANUNG	84
6.1	Projektmanagement-Dreieck.....	84
6.2	Der Projektmanagement-Regelkreis	85
6.3	Projektstruktur	86
6.4	Planung	87
6.4.1	Netzplantechnik.....	88
6.4.2	Critical Path Method	88
6.4.3	Pufferzeiten	90
7	ZEIT-UND KOSTENMESSUNG.....	93
7.1	Fertigstellungsgrad	93
7.2	Soll-Ist-Vergleich.....	94
7.3	Kostenkontrolle	95
7.4	Erfolgskontrolle und Steuerungseingriffe	97
8	LEISTUNGS- UND QUALITÄTSMESSUNG	100
8.1	Leistungsmessung.....	100
8.1.1	Produktivität und Effizienz	100
8.1.2	Controlling von Forschungs- und Entwicklung	101
8.2	Qualitätsmessung.....	104
8.2.1	Anforderungsbewertung	105
8.2.2	Qualitätsmodellierung	106
9	OPTIMIERUNG DER PRODUKTENTWICKLUNG	112
9.1	Strukturoptimierung	112
9.1.1	House-of-Quality	113

9.1.2	Design Structure Matrix	114
9.1.3	Structural Complexity Management	116
9.2	Prozessoptimierung	117
9.2.1	Hebelwirkungen und Handlungselemente	118
9.2.2	Modellierung von Entwicklungsprozessen	121
9.2.3	Bewertung von Prozessen	125
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	130
11	SCHLÜSSELWORTVERZEICHNIS	132
12	GLOSSAR	134
13	LITERATURVERZEICHNIS	136

KAPITEL 1: EINLEITUNG

1 EINLEITUNG

Industrielle Produkte bestimmen unser Leben. Kaum vorzustellen wäre das Erreichen unserer Lebensqualität ohne industriell hergestellte Güter. Unser Wohlergehen fußt auf einem engmaschigen Netz von ineinandergreifenden Produktionstechnologien. Produzierende Unternehmen sind eingebunden in Kunden-Lieferanten-Netzwerke. Nur wenige Prozent der gesamten Wertschöpfung finden beim OEM, dem Original Equipment Manufacturer statt.

So wird ein Schiff auf einer Werft nur intelligent zusammengesetzt; die Komponenten zu einem Produkt integriert. Das gleiche gilt für die Kompetenzen, die zusammenkommen müssen, um ein Endkundenprodukt, ein Vorprodukt oder ein Investitionsgut zu konzipieren und die Art und Weise der Fertigung festzulegen. Das notwendige Wissen steckt in vielen, vielen Köpfen, die zusammenarbeiten müssen.

Schnell und marktgerecht Produkte zu entwerfen ist das Handwerkzeug der Produktinnovation. Denn es ist zwar ein kreativer Prozess, aber keine Kunst ein Produkt zu entwickeln. Die Invention (die Erfindung) und die Entwicklung (Ausgestaltung) bzw. der oft verwendete Begriff Produktentstehung unter Einbeziehung der Produktionsvorbereitung und die Markteinführung sind die wesentlichen Komponenten der Innovation.

Dieses Studienmaterial ist verständlicherweise keineswegs in der Lage, die Inhalte einer Ingenieurausbildung zu vermitteln. Aber sie soll einen Überblick über das ingenieurmäßige Arbeiten geben. Denn dies macht neben dem Fachwissen eine gute Arbeit in der Produktentstehung aus. Die Entwicklungsaufgabe erscheint riesig, ist extrem komplex und zudem noch unscharf formuliert. Denn das genaue Aussehen des Produktes kennt man zu Beginn noch nicht. Wie also anfangen, den roten Faden finden, an dem man das Knäuel entknoten und sauber aufwickeln kann?

Wesentliches Erfolgskriterium einer jeden komplexen Aufgabe ist dessen Strukturierung, um Ordnung zu schaffen, die Aufgaben zu klären, die beteiligten Menschen kooperativ und engagiert zusammenzubringen und den Überblick zu behalten. Das macht die Produktentwicklung erfolgreich im Sinne der Entwicklung des gedachten Produktes.

Denn eines ist klar: Die Produktentwicklung kann noch so gut laufen und effizient und zielgerichtet durchgeführt werden – allein entscheidend für den Erfolg des Produktes auf dem Markt ist sie nicht. Die Produktentwicklung ist nur ein Baustein für den Erfolg. Wird das falsche Produkt richtig und gut entwickelt, wird es das Unternehmen trotzdem nicht zum Erfolg führen. Das gilt es im Hinterkopf zu behalten, wenn wir über gute und effiziente Entwicklung sprechen. Oder über geschaffene Werte durch die Arbeit der Entwickler. Diese sind nur Buchwerte, solange es nicht gelingt das Produkt zu geplantem Preis und Kosten auf dem Markt erfolgreich zu platzieren.

Aber effiziente Produktentwicklung wird Kosten sparen, und strukturiertes Vorgehen und Transparenz verringern das immanente Risiko einer Produktenwicklung:

Fehlentscheidungen und das Nichterkennen von technischen Hindernissen. Einer der führenden Entwickler eines deutschen Sportwagenherstellers sagt klar: Es sind nur eine Handvoll Teile eines so komplexen Produktes wie eines Autos, die den Entwicklungserfolg gefährden. Nur welche das seien, weiß man leider oft viel zu spät.

Das Modul fokussiert auf die Entwicklung technischer Produkte. Es ist wichtig im Hinterkopf zu haben, dass in der Prozess-, Pharmaindustrie oder auch z. B. im Bankwesen und Dienstleistungsbereich Produkte entwickelt werden. Dort sind Vorgehen, Arbeitsweise und Begriffe leider nicht identisch. Aber die hier behandelten Methoden und Verfahren finden sich im Muster dennoch in anderen Bereichen wieder. Es sollte dem Leser als Übung dienen, das Vorgestellte auf andere Bereiche der Produktentwicklung abzubilden.

Die Produktentwicklung ist organisatorisch in der Regel als Projekt aufgestellt. Es liegt daher nahe, die Methoden des Projektmanagement an dieser Stelle als Ordnungs- und Strukturierungswerkzeug zu verwenden. Daher ergänzt diese Thematik die Methoden der Produktentwicklung und findet hier breitere Berücksichtigung, als das der Name des Moduls zunächst vermuten lässt. Aber es geht, wie gesagt, um das ingenieurmäßige Entwickeln. Und die Methoden des Projektmanagements geben Strukturen, Ordnungsrahmen, Controlling und Steuerungsmechanismen.

Zu Beginn gilt es, die Begriffs-, Technik- und Verfahrenswelt der Produktentstehung kennenzulernen. **Kapitel 2** stellt eine Reihe von Begrifflichkeiten vor, die sich mit dem Objekt unserer Bemühungen in der Produktentwicklung beschäftigen. Was ist ein Produkt und was das Ergebnis der Produktentwicklung? Wie werden die Arbeitsschritte strukturiert und was ist z. B. der Lebenszeitraum eines Produktes?

Mit diesem Rüstzeug geht es dann zu den Vorgehensmodellen in der Produktentwicklung in **Kapitel 3**. Das Kapitel setzt sich mit dem Systembegriff auseinander, der entscheidend für die Handhabung der Komplexität des Produktes ist. Ist dieser Begriff geklärt, wird der Handlungsrahmen der Produktentwicklung abgesteckt. Wie komme ich zu meinem Produkt? Dabei lassen wir hier Kreativitätstechniken aus, aber geben der Arbeit des Entwicklers eine Struktur. Nun ist eigentlich geklärt, was zu tun ist.

Kapitel 4 stellt die Werkzeuge der Produktentwicklung vor. Welche Werkzeuge helfen mir? Aus Gründen der Anschaulichkeit wird die Thematik am Beispiel des Computer Aided Designs (CAD), also der Modellierung der Gestalt des Produktes, dargestellt. Das Kapitel geht aber auch auf die Arbeitswerkzeuge der Software- und Elektronikentwicklung ein. Neben den direkten Arbeitswerkzeugen schließt das Kapitel mit der Thematik der Produktdatenmanagementsysteme. Diese sind Werkzeuge, die helfen, die Komplexität der Produktentwicklung und des Produktes selbst zu beherrschen.

Damit dürfte theoretisch das Studienmaterial abgeschlossen sein. Allerdings zeigt **Kapitel 5** mit dem Titel „Herausforderungen der Produktentwicklung“, welches die kritischen Elemente der Produktentwicklung sind. Worauf ist zu achten?

Welche Aspekte sind als Manager zu berücksichtigen? Welches ist der normative Rahmen, in dem die Produktentwicklung zu gestalten ist?

Der weitere Verlauf des Studienmaterials ist eine Sammlung von Methoden, mit denen den in Kapitel 5 identifizierten Herausforderungen zu begegnen ist. Methoden zur „Entwicklungsplanung“ werden in **Kapitel 6** dargestellt. Wird ein Entwicklungsprojekt als Produktionsprozess verstanden, gibt es eine Einbringungsmenge (Zeit und Geld) und eine Ausbringungsmenge (Entwicklungsergebnisse mit einer bestimmten Entwicklungsqualität und Umfang).

Kapitel 7 gibt einen kurzen Überblick über die **Einbringungsmenge**. Das Kapitel ist recht kurz gehalten; das Thema wird nur der Vollständigkeit halber vorgestellt, da es hier eine hohe Übereinstimmung mit dem klassischen Projektcontrolling gibt. Das gilt nicht mehr für die „**Leistungs- und Qualitätsmessung**“, die in **Kapitel 8** eingeführt wird. Wie messe ich den Output, die Ausbringungsmenge eines Entwicklungsprozesses? Oder wie schätze ich den aktuellen Fortschritt ein? Ein kleines bisschen wurde oben schon angesprochen, dass wir leider den Markterfolg nicht als Messlatte heranziehen können, wenn wir „nur“ treu unsere gestellte Entwicklungsaufgabe effizient erfüllen wollen.

Neben diesen analytischen Fragestellungen schließt der Studententext mit dem **Kapitel 9 „Optimierung der Produktentwicklung“**. Hier werden Methoden vorgestellt, um auf operativer Ebene die Struktur des Produktes zu verbessern und um auf taktischer Ebene das Vorgehen zu optimieren.

Mit den hier vermittelten Kompetenzen sollte der Leser/die Leserin in der Lage sein, aus Managementsicht Gesprächs- und Kooperationspartner der Produktentwickler zu sein. Denn Innovationsmanagement ist immer ein Teamwork der Beteiligten. Ein Einblick in das methodisch-organisatorische Rüstzeug des Ingenieurs hilft dabei.

Der didaktische Aufbau des Moduls

- Vorangestellt sind jedem Kapitel bzw. Abschnitt die Lernziele. Sie beschreiben, welche Kenntnisse und Fähigkeiten Sie nach dem Durcharbeiten des jeweiligen Kapitels erworben haben sollten.
- Die Darstellung des Themas erfolgt in einem Basistext mit Grafiken und Tabellen, die die grundlegenden Zusammenhänge anschaulich machen und das Verständnis erleichtern.
- Aufgaben zur Lernkontrolle am Ende jedes inhaltlichen Abschnitts helfen Ihnen zu kontrollieren, ob Sie das Gelesene verstanden und gelernt haben.
- Aufgaben mit Bezug zur eigenen Berufstätigkeit haben hier nochmals die Funktion, Ihre beruflichen Erfahrungen im Kontext des Themas zu reflektieren. Sie sollen einen Bezug zum Gelernten herstellen und es soll Ihnen so ermöglicht werden, sich kritisch und praxisnah mit der Thematik auseinander zu setzen.

- Im Anhang des Studienmaterials finden Sie ein vollständiges Verzeichnis der zitierten Literatur. Diese umfasst sowohl die Grundlagenliteratur als auch wissenschaftliche Arbeiten, die speziellere Themen und Aspekte behandeln.
- Das Glossar im Anhang hilft wichtige Begriffe nochmal nachzuschlagen. Zum Verständnis der Fachbegriffe sollte jedoch auch das erste Kapitel beachtet werden.
- Online-Aufgaben. In der internetgestützten Lernumgebung finden Sie Online-Aufgaben zur Überprüfung des Gelernten. Die Aufgaben sollen Ihnen helfen, verbliebene Wissenslücken sowie Unsicherheiten aufzudecken. Sie erhalten auf Ihre Antworten ein Feedback des Mentors bzw. der Mentorin. Die Aufgaben werden benotet.

KAPITEL 2: GRUNDELEMENTE DER PRODUKTENTWICKLUNG

Lernziele des Kapitels

Nach Bearbeitung dieses Kapitels sollten Sie in der Lage sein

- grundlegende Begriffe der Produktentwicklung zu definieren;
- den Lebenszyklus eines Produktes abzugrenzen.

2 GRUNDELEMENTE DER PRODUKTENTWICKLUNG

*„Es gibt Momente in der Geschichte, da treffen ein Unternehmer, eine Technik und die Bedürfnisse der Menschen zusammen.“
Bill Gates*

Was ist unter Produktentwicklung zu verstehen und wie läuft sie ab? Was sind Methoden und Technologien? Diese für geübte Entwickler vielleicht unscheinbaren Fragen sind oftmals wesentlich schwieriger zu beantworten, als es zunächst den Anschein hat. Insbesondere für Personen ohne technischen Hintergrund kann die Begriffswelt der Entwicklung verwirrend sein. Dieses Kapitel führt daher die grundlegenden Begriffe ein. Es ist für „fachfremde“ Personen geschrieben und es werden keine Erfahrungen in der Entwicklung vorausgesetzt. Leser, die bereits ein technisches Studium abgeschlossen haben, können dieses Kapitel überspringen.

2.1 Produkt und Produktentwicklung

Fernseher, Tiefkühlpizza und Fahrrad sind klassische Beispiele für Produkte, die man im Supermarkt oder im Fachhandel erwerben kann. Als Produkte werden jedoch nicht nur materielle Waren bezeichnet: Software oder Musikdateien sind Beispiele für immaterielle Produkte. Ein weiteres Beispiel sind Banken, die sogenannte „Finanzprodukte“ anbieten. Im Rahmen dieses Skriptes beschränken wir uns jedoch vorwiegend auf technische Produkte. Hierunter fallen zum Beispiel:

- Endgeräte wie Fernseher, Mixer oder Kaffeemaschinen,
- Komplexe Werkzeuge und Maschinen wie Schweißgeräte, Buchscanner oder Produktionsanlagen,
- Komponenten für andere Produkte wie Software, Chips oder andere Bauteile,
- Fahrzeuge wie Autos oder Flugzeuge.

Produkte wie Versicherungen und Tiefkühlpizzen unterliegen ebenfalls methodischen Produktentwicklungen, die jedoch hier nicht betrachtet werden. In einigen Fällen hängt jedoch die Entwicklung und Produktion solcher Produkte eng mit der Entwicklung von technischen Produkten wie zum Beispiel eines industriellen Backofens für Pizzen zusammen.

Der Begriff Produkt kann des Weiteren unterschieden werden zwischen dem Konzept und der Instanz. Wenn wir ein Brausegetränk im Supermarkt kaufen, so kaufen wir nicht das Produkt im Sinne des Konzepts mit dem Rezept des Getränks und der Flaschengestaltung sondern nur eine Instanz. Eben genau diese Menge der süßen Flüssigkeit und eben diese Flasche. Sprachlich wird selten zwischen diesen beiden Dimensionen des Begriffes unterschieden, da aus dem Kontext deutlich wird, welcher Begriff gemeint ist. Auch in Kontext dieses Skriptes werden beide Bedeutungen häufig homonym benutzt.

Das Verhältnis von Konzept und Instanz eines Produktes soll an dieser Stelle kurz thematisiert werden, um die Rolle der Produktentwicklung zu beschreiben.

Als Produkt im engeren Sinne sind alle Informationen zu verstehen, die im Rahmen der Produktentwicklung erzeugt werden. Hierunter fallen sehr unterschiedliche Daten wie die folgenden Beispiele demonstrieren:

- Beschreibung von Körpern wie Flaschen oder Karosserien
- Auswahl der Materialien
- Softwarecode
- Montageanleitungen
- Test- und Prüfberichte
- Richtlinien für die Gestaltung des Aussehens gemäß der Marke
- Analysen der Anforderungen potenzieller Kunden
- Auswahl der Fertigungsverfahren und Technologien
- Eingabedaten für programmierbare Produktionsanlagen

Mit Hilfe des Produktes beziehungsweise der Produktinformationen werden Waren erzeugt, die schließlich verkauft werden. Dies wird am Beispiel eines Softwareherstellers deutlich, dessen Produkt überwiegend in Form von Quellcode und dessen Dokumentation vorliegt. Diesen Quellcode kann er in ein Programm umwandeln, welches dann auf CDs gebrannt wird. Diese CDs werden dann schließlich als Ware verkauft. Der Kunde erhält nicht das eigentliche Produkt, sondern nur ein Abbild des Produktes in Form einer Ware.



Abbildung 1: Bedeutung des Begriffs Produkt

Das Verhältnis von Entwicklung, Produkt und Ware wird durch Abbildung 1 verdeutlicht: Ein Produkt im Sinne der Produktentwicklung dient der Erzeugung von Waren. In der Regel geschieht dies wie oben beschrieben, indem in einem Produktionsprozess eine materielle Ware hergestellt wird. Es wird in diesem Zusammenhang auch von Produkt und Produktinstanz gesprochen. Die Instanziierung stellt aber nur eine Möglichkeit dar, um mit Hilfe eines Produktes Waren zu erzeugen. Die Firma Zynga entwickelt Spiele wie Farmville und bietet sie kostenlos zum Spielen an. Der Zugang zum Spiel stellt keine Ware da, da es kein knappes Gut ist. Die Spieler können allerdings virtuelle Gegenstände kaufen für echtes Geld, um im Spiel schneller voranzukommen oder um andere Vorteile zu besitzen. Zynga erzeugt somit Waren, indem das Produkt genutzt wird, um ein Bedürfnis zu erzeugen. Nur wenige Produkte werden nicht dafür genutzt, um Waren zu erzeugen. Zum Beispiel ist der Mars-Rover ein Produkt der NASA, das nicht als Ware angeboten wird.

Unter Produktentwicklung ist bei Beachtung dieser Differenzierung der Vorgang der Erzeugung von Produktinformationen zu verstehen. Dieser Vorgang startet

mit der Konzeption des Produktes und dauert solange bis das Produkt in Waren transformiert werden kann. Dieser Prozess kann auch als Verfeinerung von zunächst sehr groben Informationen hin zu einem sehr detaillierten Modell verstanden werden.

2.2 Produktmodell

In der modernen Produktentwicklung ist der Begriff des Produktmodells sehr wichtig. Ursprünglich wurden hierunter vorwiegend physische Miniaturversionen des späteren Produkts, zum Beispiel für den Windkanal aus Ton oder für die Präsentation, beim Kunden verstanden. Solche Produktmodelle spielen heute zum Beispiel in der Architektur noch eine große Rolle. Generell hat jedoch der Computer solche physischen Modelle durch rechnerbasierte Produktmodelle ersetzt. In einigen Büchern wird in diesem Zusammenhang noch vom „virtuellen Produktmodell“ gesprochen, was wir aber in diesem Skript vermeiden.

Vor allem in der klassischen Konstruktionslehre werden Produktmodelle noch als Beschreibungen von physischen¹ Eigenschaften des Produktes wie zum Beispiel die Oberfläche eines Autos verstanden. Allgemein setzt sich jedoch durch, dass Produktmodelle auch wesentlich abstraktere Informationen über ein Produkt abbilden. Das Zusammenspiel der Funktionen in einem Funktionsmodell oder die Logik eines Schaltbausteins sind auch als Produktmodelle zu verstehen. Generell kann jede Art von Produktinformationen als Produktmodell interpretiert werden, so dass ein Produktmodell auch einfach als abgrenzbarer Teil der Produktinformationen definiert werden kann. In der Regel sind diese Modelle zweckorientiert und es existieren spezielle Werkzeuge wie zum Beispiel ein CAD-Programm, so dass man sie von anderen Produktmodellen abgrenzen kann. Das Produktmodell ist die rechnerinterne Repräsentation des Produktes.

Ein Produktmodell wird in zunehmendem Maß nicht nur als ein Teil der Produktinformationen gesehen, sondern als die Gesamtheit aller Produktinformationen. Da die Teilmodelle, aus denen dieses Gesamtmodell besteht, miteinander vernetzt sein sollten, um Abhängigkeiten in der Entwicklung zu beachten, wird auch vom integrierten Produktmodell gesprochen. Die Teilmodelle werden dann auch als Partialmodelle oder Domänenmodelle² bezeichnet. Die Bedeutung des Produktmodells entspricht in dem Fall sehr stark dem des Produkts im engeren Sinne, der im vorherigen Abschnitt diskutiert wurde. Im Rahmen dieses Skriptes wird als Produktmodell die Gesamtheit aller Informationen über das Produkt bezeichnet. Als Partialmodelle verstehen wir funktional, methodisch oder durch Werkzeugunterstützung abgrenzbare Teile des Produktmodells. Für die Gesamtheit aller digitalen Partialmodelle wird auch gerne der Begriff des Virtuellen Pro-

¹ Es wird auch gelegentlich von „realen“ Eigenschaften gesprochen. Diese Abgrenzung ist an dieser Stelle nicht sehr nützlich, da der Realitätsbegriff bereits sehr abstrakt ist. Ist zum Beispiel eine Anforderung oder eine Funktion „real“?

² Domänen hier im Sinne von Disziplin. Siehe Abschnitt 2.4.

duktes genutzt. Das Virtuelle Produkt sollte geeignet sein, Untersuchungen wie am physikalischen Modell durchzuführen (Digital Mock-Up).

2.3 Entwicklungsprojekt und Entwicklungssystem

Produkteentwicklungen haben in der Regel einen begrenzten Zeitraum und können klar von anderen Tätigkeiten abgegrenzt werden. Außerdem unterscheiden sich Entwicklungen oftmals in vielen Aspekten, auf Grund der unterschiedlichen Charaktere der Produkte. Daher werden Entwicklungen meistens in Form von Entwicklungsprojekten durchgeführt. Lindemann (2009, 334) definiert ein Entwicklungsprojekt wie folgt: „Ein komplexes, einmaliges Vorhaben mit festgelegtem Ziel, definierten Umfängen in Zeit und Ressourcen, welches umgesetzt und kontrolliert wird.“ Ressourcen sind hierbei ein Oberbegriff für Gegenstände, Dienstleistung und auch verfügbare Mitarbeiter. Die Definition setzt voraus, dass für ein Projekt eine ordentliche Projektplanung durchgeführt wird. In der Umgangssprache hat es sich inzwischen aber auch eingebürgert, viele andere längerfristige Tätigkeiten mit einem Ziel als Projekt zu bezeichnen.

Eine Produktentwicklung wird durch die beteiligten Projektmitarbeiter durchgeführt. Neben den Entwicklern beeinflussen aber auch andere Elemente den Erfolg eines Entwicklungsprozesses. Dieses können z. B. verfügbare technische Ressourcen, eingesetzte Methoden oder weitere Personen mit Bezug zum Projekt (Stakeholder) sein. Diese Elemente stehen wiederum in Beziehung zueinander. Die Gesamtheit dieser Elemente wird als das Entwicklungssystem verstanden, welches das Produkt erzeugt. In der Regel kann man einzelne Entwicklungsabteilungen oder Projektteams als Entwicklungssysteme auffassen. Der Detailgrad des Modells wird durch die erkennbare Relevanz für den Entwicklungserfolg bestimmt. Es hängt also von der jeweiligen Gegebenheit ab, ob zum Beispiel eine bestimmte Rechnerausstattung der Mitarbeiter als relevantes oder zu vernachlässigendes Element zu betrachten ist.

2.4 Entwicklungsdisziplinen und -domänen

Disziplinen (Einzelwissenschaften, Fächer) sind allgemein Teile des Wissens. Im Kontext der Produktentwicklung bezieht sich die Disziplin meistens auf die Methodik einer Wissenschaft oder eine grundlegende Technologie. Zum Beispiel kann man die klassische Konstruktionslehre an ihrer Methodik unterscheiden, während die Elektrotechnik an der elektrischen Technologie festgemacht wird. Eine Disziplin kann nicht streng abgegrenzt werden aber unterscheidet sich meistens erkennbar in Sprache, Methodik und Kultur, die durch eine Ausbildung geprägt werden.

Ein wichtiger Trend, der auch in diesem Skript thematisiert wird, ist die Zusammenarbeit zwischen Disziplinen. Viele Produkte können nur durch die Zusammenarbeit von Experten aus verschiedenen Fächern entwickelt werden. In diesem Zusammenhang spricht man von interdisziplinärer Entwicklung. Durch die unterschiedlichen Herangehensweisen und Kulturen stellt dies oftmals eine große

Herausforderung dar. Oftmals wird parallel auf verschiedenen Ebenen am selben Produkt gearbeitet, was einen hohen Koordinationsaufwand bedeutet.

Der Begriff Domäne (Domain) ist mit Disziplin stark verbunden und beide Begriffe werden auch oftmals synonym verwendet. Insbesondere im Bereich der Softwareentwicklung hat sich jedoch die Bedeutung des Begriffes in Richtung Problem- oder Anwendungsbereich entwickelt. Diese Trennung soll auch in diesem Skript vorgenommen werden. Wichtige Domänen, die oftmals Pioniere in der Produktentwicklung sein müssen, sind zum Beispiel die Luft- und Raumfahrt, der Automobilbau (siehe auch Abschnitt 5.2.2) oder viele Arten von Konsumentenelektronik. Eine Disziplin kann auch als Domäne fungieren, wenn zum Beispiel ein Produkt zur Unterstützung einer bestimmten Methode entwickelt wird.

2.5 Methodik und Werkzeuge

Methodiken in der Produktentwicklung stellen Erfahrungen und empfehlenswerte Vorgehensweisen in Form von Regeln und auch Werkzeugen dar. Mit ihnen kann man zum Beispiel bestimmte Eigenschaften einer Produktentwicklung wie Qualität sichern oder zumindest fördern. Eine Methodik kann definiert werden als „planmäßiges, regelbasiertes Vorgehen, nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind, um ein gewisses Ziel zu erreichen“ (Lindemann, 2009: 333). Die Frage nach der richtigen Methodik oder deren Unterstützung ist eine entscheidende Frage in der Produktentwicklung. Viele Methodiken versprechen wesentliche Vorteile, die aber empirisch nicht bestätigt sind. Daher ist die „richtige“ Methodik in der Produktentwicklung oftmals Erfahrung. Es lassen sich Trends oder auch Hypes um Methoden beobachten. Methoden sind einzelne Verfahren und Arbeitsweisen, die innerhalb der Methodik zum Einsatz kommen. Eng mit Methoden sind Werkzeuge verbunden, die das Verfahren unterstützen oder auch manchmal erst ermöglichen. Als Werkzeuge sind hierbei vorwiegend nicht Handwerkzeuge wie Schraubendreher oder Zirkel zu verstehen, sondern Computerprogramme oder auch komplexe Testanlagen. Viele Methoden sind nur durch den Einsatz von Computern und entsprechenden Programmen möglich. Allerdings müssen Werkzeuge nicht an eine Methode gebunden sein, sondern vereinfachen oder ermöglichen generell Tätigkeiten in der Produktentwicklung. Im Kapitel 4 werden einige wichtige Werkzeuge vorgestellt.

2.6 Technologien

Die Menge der verfügbaren Technologien im Sinne der Produktentwicklung bestimmt die Möglichkeiten, ein Produkt oder eine Produktentwicklung zu gestalten. Eine Technologie muss nicht als komplexer Apparat oder als Software vorliegen, sondern es kann sich zum Beispiel um einen einfachen Werkstoff handeln, der bestimmte Eigenschaften aufweist. Im Rahmen der Produktentwicklung können Technologien vor allem daran unterschieden werden, wie sie die Produktentwicklung beeinflussen.

- *Entwicklungstechnologie:* Erweitert die Möglichkeiten des Entwicklungsprozesses meistens in Form von Werkzeugen. Zum Beispiel sind für die Chipentwicklung Programme zum effizienten Entwurf und Test unverzichtbar. Als Technologie können außerdem Programmiersprachen oder auch spezielle Testverfahren angesehen werden.
- *Produkttechnologie:* Diese Technologien gehen in die Waren ein und bestimmen oder beeinflussen die Funktionalität der Ware. In vielen Fällen werden Produkte erst durch entsprechende Technologien möglich. Zum Beispiel sind Tablet-Computer erst durch Technologien zur Berührungssteuerung und Technologien, die Rechenleistung und Anzeige gewichtssparend zur Verfügung stellen, sinnvoll geworden.
- *Fertigungstechnologie:* Durch eine Fertigungstechnologie wird bestimmt, welche Waren angefertigt werden können und zu welchem Aufwand. Historisch ist vor allem die Übernahme der Fließbandarbeit für die Automobilindustrie durch Henry Ford ein wichtiges Beispiel für die Anwendung einer Fertigungstechnologie. Hiermit konnten die Produktionskosten erheblich gesenkt werden und das Auto wurde zur Massenware. Heute sind zum Beispiel Halbleiter-Fertigungstechnologien relevant, die eine höhere Dichte an Schaltungen in einem Chip ermöglichen und somit die Leistungsfähigkeit bestimmen.

Im Rahmen des Innovationsmanagements werden vor allem Hochtechnologien (High-Tech) diskutiert, die sich durch Neuigkeit oder Komplexität der angewandten Methoden auszeichnen. Der Begriff ist allerdings nicht eindeutig definiert und wird oftmals lediglich benutzt, um Technologien zu bewerben.

2.7 Entwicklungsprozesse

Die Beschreibung von betrieblichen Vorgängen in mehr oder weniger geordneter Abfolge als Prozessen erlangt eine immer höhere Bedeutung. Ein Prozess wird hierbei nicht als kontinuierliche Aktivität verstanden, sondern als eine wohl definierte Abfolge von Prozessschritten, die durch eine Prozessinstanz (die konkrete Abfolge von Aktivitäten innerhalb eines Projektes oder bei der Verarbeitung einer Reisekostenrechnung) durchlaufen wird. Diese Prozesse kann man formal beschreiben. Diese Formalisierung von Geschäftsprozessen ist üblich, um sie zu dokumentieren, zu kommunizieren und zu untersuchen.

Als Entwicklungsprozesse werden im Rahmen dieses Skriptes Prozesse für die Entwicklung ähnlicher Produkte verstanden. Solche Prozesse bestehen oftmals aus einer definierten Abfolge von Synthese- (Erstellung von Produktmodellen) und Analyseschritten (Testschritten), die gegebenenfalls zu Rücksprüngen im Entwicklungsprozess führen können.

2.8 Lösungselemente und Standardkomponenten

Bei der Entwicklung von Produkten kommen oftmals ähnliche Probleme vor, für die bereits bewährte Lösungen vorliegen. Zum Beispiel müssen in der Konstruktion sehr häufig Komponenten fest miteinander verbunden oder in der Software-

entwicklung eine gute Strukturierung von Programmlogik und Benutzeroberfläche gefunden werden. Für diese „Standardprobleme“ existieren in den verschiedenen Disziplinen Lösungsmuster, die auf der Erfahrung von versierten Entwicklern beruhen. So ist eine Schraube ein Lösungsmuster für eine spezielle Art von Verbindung.

Neben Mustern spielen Standardkomponenten von Produkten eine entscheidende Rolle. Hierunter sind bereits vor der Produktentwicklung vorhandene Elemente zu verstehen, die in vielen verschiedenen Produkten eingesetzt werden können. Bekannte physische Beispiele sind Schrauben und Muttern, die nach DIN-Norm standardisiert sind. Eben genau die Schraube M4 20mm. Aber auch in der Chipentwicklung sind logische Bausteine vorhanden und in der Softwareentwicklung sind sogenannte „Bibliotheken“ unverzichtbar.

Im Rahmen dieses Skriptes ist es wichtig zu verstehen, dass Produkteentwickler nicht „bei null“ anfangen, sondern immer auf ein großes Repertoire an Lösungselementen und Bausteinen und auch auf Vorentwicklungen zurückgreifen. Eine große Herausforderung hierbei ist, die richtigen Elemente für das spezifische Produkt auszuwählen und so zu kombinieren, dass das Ergebnis den Anforderungen an das Produkt entspricht. Es gehört zum Handwerkszeug eines Entwicklers, hierzu die verfügbaren Lösungsmuster und Komponenten mit deren Eigenschaften und Limitierungen zu kennen. Zudem hat der Entwickler zu berücksichtigen, ob und wie er die Wiederverwendung seiner Ergebnisse ermöglichen soll.

2.9 Produktion und Produktlebenszyklus

In der Produktion werden Waren auf Basis der Produktinformationen, die in der Produktentwicklung festgelegt wurden, erzeugt. Beide Aufgaben lassen sich auch bei vielen komplexen Produkten erstaunlich gut voneinander trennen, so dass einige Firmen gar die Produktion komplett an andere Firmen vergeben. Bekannte Beispiele hierfür sind Apple und Nike, die nur sehr wenige oder gar keine Produkte selber produzieren und diese von Firmen in Niedriglohnländern produzieren lassen. Auch Service-Dienstleistungen lassen sich an andere Unternehmen vergeben.

Dem gegenüber stehen Produkte, die von derselben Firma entwickelt und hergestellt werden. Hier ist insbesondere die Automobilindustrie zu nennen, die zwar viele Komponenten durch Zulieferer entwickeln und produzieren lässt, aber die wesentliche Endmontage selbst vornimmt. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Beispielen ist nämlich die Fertigung auch ein wissensintensiver Prozess und wettbewerbsentscheidend. Bei solchen Firmen wird die Produktentwicklung und Produktion stärker integriert betrachtet und auch unter dem Begriff „Produktentstehung“ zusammengefasst.

Eine Erweiterung dieser Sichtweise ist der Produktlebenszyklus, der eine Betrachtung des Produktes von der Entwicklung, über die Produktion und Nutzung bis zur Entsorgung propagiert. Im Rahmen dieser Sichtweise endet die Produktentwicklung nicht mehr mit der Produktion (Start of Production, SOP), sondern ist eng mit dem fortlaufenden Management der Produktion, der Produktdienst-

leistungen und der Entsorgung verknüpft und entwickelt alle Aspekte kontinuierlich fort. Für das Management des Produktlebenszyklus hat sich der Begriff des Product Lifecycle Managements etabliert.

Aufgaben zur Lernkontrolle

1. *Aus welchen Informationen besteht das Produktmodell zur Herstellung eines Sportschuhs? Nennen Sie mindestens drei Partialmodelle!*
2. *Was sind Entwicklungsaktivitäten bei der Entwicklung eines Sportschuhs?*
3. *Ist eine Methodik eine Technologie im Sinne der Produktentwicklung? Begründen Sie!*

Aufgaben mit Bezug zur Berufstätigkeit

Beschreiben Sie, was typische Lösungselemente bei der Produktentwicklung in Ihrem Unternehmen sind! Wie können Sie diese Elemente sinnvoll strukturieren?

Beschreiben Sie Ihre Firma oder Ihre Abteilung grafisch als Entwicklungssystem! Fassen Sie hierbei die Komponenten als Knoten eines Graphen auf und fügen Sie Relationen ein! Nennen Sie beteiligte Disziplinen, Domänen, Methodiken, Werkzeuge und Technologien!

Literatur zur Vertiefung

Dieses Kapitel definiert Grundbegriffe der Konstruktion, die leider nicht über die bestehende Literatur einheitlich gehandhabt werden. Zur Vertiefung sei hier auf die Empfehlungen der folgenden Kapitel verwiesen. Insbesondere die Definitionen sind aufmerksam zu lesen.