

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Entwicklung technischer Produkte und Systeme
Gestaltung individueller
Produktentwicklungsprozesse
Design of technical products and systems
Configuration of individual product design processes

VDI 2221

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.



Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweise	4
3 Begriffe	4
4 Spezifische Produktentwicklungsprozesse	5
4.1 Modellierung von Produktentwicklungsprozessen	6
4.2 Kontextfaktoren der Produktentwicklung	10
5 Gestaltung des spezifischen Produktentwicklungsprozesses	14
5.1 Analyse des Entwicklungskontexts und Identifikation relevanter Kontextfaktoren	14
5.2 Ableiten von Referenzprozessen	16
5.3 Gestaltung spezifischer Produktentwicklungsprozesse	17
Anhang	
Beispiele	20
A1 Automobilzulieferer	21
A2 Automobilhersteller	22
A3 Maschinenbauunternehmen – Standard- und Sondermaschinen	27
A4 Hersteller von Elektrogeräten	32
A5 Studentisches Entwicklungsprojekt	38
Schrifttum	42

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	4
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Specific product design processes	5
4.1 Modelling product design processes	6
4.2 Contextual factors in product design	10
5 Configuring the specific product design process	14
5.1 Analysis of the design context and identification of relevant contextual factors	14
5.2 Deriving reference processes	16
5.3 Configuring specific product design processes	17
Annex	
Examples	20
A1 Automotive suppliers	21
A2 Automotive manufacturers	22
A3 Mechanical engineering companies – standard and special-purpose machines	27
A4 Manufacturers of electrical appliances	32
A5 Student design project	38
Bibliography	42

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2221

Einleitung

Die in dieser Richtlinie beschriebene Vorgehensweise zur Erstellung eines unternehmensspezifischen Entwicklungsprozesses resultiert aus dem seit der letzten Fassung der Richtlinie VDI 2221 aus dem Jahr 1993 in der Praxis stark zugenommenen Bedarf nach einer kontextspezifischen Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen. In der Industriepraxis wurde ein Ansatz vermisst, der bei der Überführung der in der VDI 2221 bisher dargestellten Logik des Entwickelns und Konstruierens in die unternehmerische Prozesslandschaft im Rahmen der Produktentwicklung unterstützt. Da es aufgrund der Vielzahl identifizierter Kontextfaktoren keine explizite Methode zur Umsetzung der Vorgehenslogik in einen kontextspezifischen Entwicklungsprozess geben kann, wurde eine neuartige, pragmatische Vorgehensweise vorgeschlagen. Diese Vorgehensweise basiert auf einem methodischen Rahmen, der, wie die Beispiele im Anhang zeigen, zu möglichen Entwicklungsprozessen führt, für die jedoch keine umkehrbar eindeutige Zuordnung zwischen Kontextfaktoren und Prozessmerkmalen möglich ist. Die Beispiele zeigen dennoch auf, dass sich Produktentwicklungsprozesse bezüglich ihrer übergeordneten Logik sehr ähnlich darstellen, jedoch gerade bei der Ausgestaltung und Einbindung in das unternehmensspezifische Umfeld verschieden ausfallen. Das bestätigt die Individualisierungsnotwendigkeit jedes Entwicklungsprozesses, der sich nicht aus einer starren Methode mit eindeutigen Ursache-Wirkungs-Beziehungen, wie etwa mit einem Konfigurator, erstellen lässt.

Das in VDI 2221 Blatt 1 beschriebene allgemeine Modell der Produktentwicklung geht von einem systematischen Ablauf der Produktentwicklung

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2221.

Introduction

The procedure for creating a company-specific design process, which is described in this standard, is the result of the large increase in the practical need for the context-specific configuration of product design processes, which took place since the last version of the standard VDI 2221 was published in 1993. Industrial practice required an approach, which provides support for the transfer of the logic of design and development described in VDI 2221 up to now to the corporate process landscape as part of product design. As the wide range of contextual factors identified means there cannot be an explicit method for turning the procedural logic into a context-specific design process, an innovative pragmatic procedure was proposed. This procedure is based on a methodical framework, which, as the examples in the Annex show, leads to possible design processes for which, however, a reversibly unique correspondence between contextual factors and process characteristics is not possible. The examples nevertheless show that product design processes are very similar in terms of their higher-level logic but differ in particular in terms of design and integration into the company-specific environment. This confirms the need to individualise all design processes, which cannot be created by means of a rigid method with unambiguous cause and effect relationships, for example using a configurator.

The general model of product design described in VDI 2221 Part 1 assumes a systematic product design process in which the design activity is sub-

aus, bei dem die Entwicklungstätigkeit in logische Phasen gegliedert wird, die sich durch Ziele, Aktivitäten, Reifegrad und Umfang unterscheiden. Dieses Modell abstrahiert einen realen Entwicklungsprozess. Iterationen oder die zeitgleiche Durchführung verschiedener Aktivitäten, z.B. im Rahmen des Simultaneous und Concurrent Engineering (VDI 2221 Blatt 1, Abschnitt 4.1.3) werden nicht dargestellt. Zur Umsetzung in einem realen Entwicklungsprozess ist die Berücksichtigung spezifischer Kontextfaktoren erforderlich. Kontextfaktoren sind die Faktoren, die Einfluss auf die Produktentwicklung haben und somit bei der Gestaltung des Entwicklungsprozesses berücksichtigt werden müssen. Im spezifischen Kontext eines Unternehmens können die Ziele, Aktivitäten und Ergebnisse von Produktentwicklungsprozessen unterschiedlich sein, jedoch lassen sie sich durch entsprechende Konkretisierungen aus dem allgemeinen Modell der Produktentwicklung ableiten.

Im Blatt 2 wird diese Ableitung aus der in VDI 2221 Blatt 1 beschriebenen allgemeinen Logik des Entwicklungsprozesses in einen spezifischen Entwicklungsprozess behandelt (siehe Bild 1).

divided into logical phases, which differ in terms of objectives, activities, volume and degree of maturity. The model is an abstract description of a real design process. Iterations or the simultaneous performance of various activities, for example as part of simultaneous and concurrent engineering (VDI 2221 Part 1, Section 4.1.3), are not shown here. For implementation in a real design process, it is necessary to take various specific contextual factors into account. Contextual factors are the factors, which have an effect on product design and are therefore to be taken into account in the configuration of the design process. In the specific context of a company, the objectives, activities and results of product design processes can differ, but they can be derived from the general model of product design by means of the relevant concretisations.

Part 2 deals with this derivation of a specific design process from the general logic of the design process described in VDI 2221 Part 1 (see Figure 1).

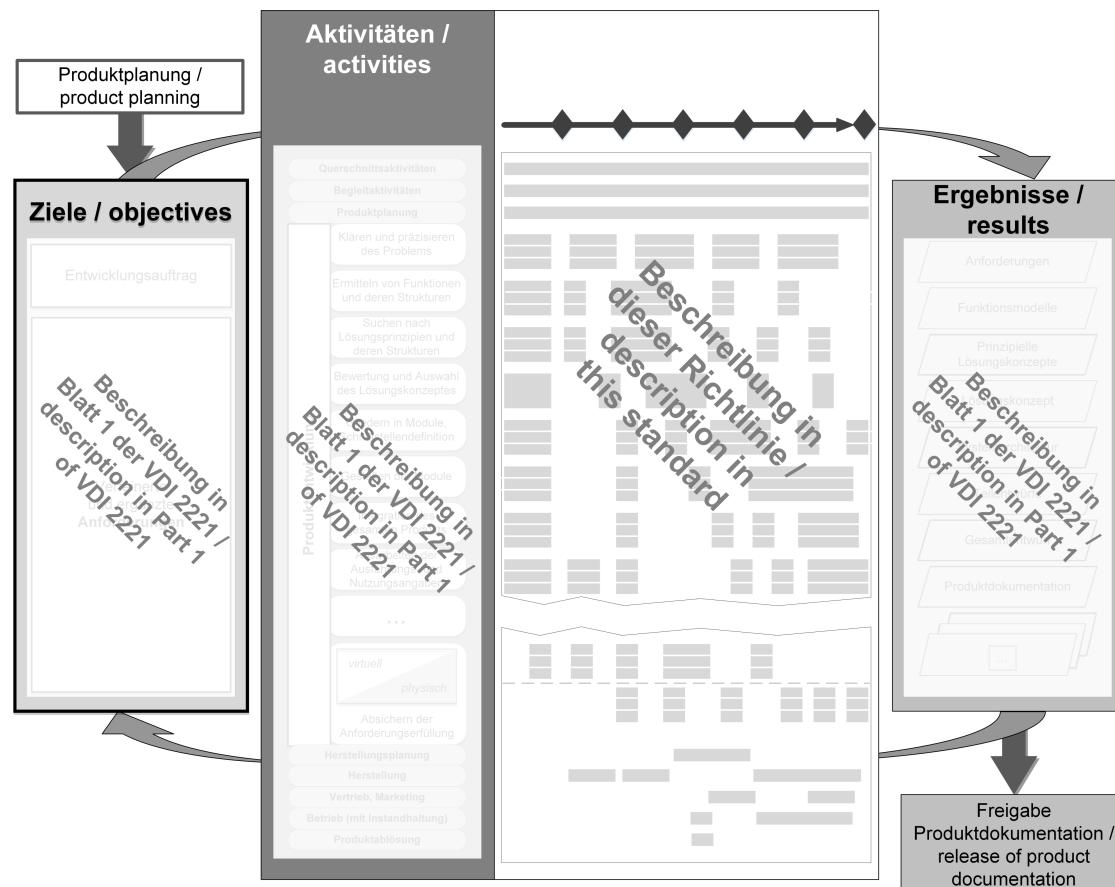


Bild 1. Zusammenhang zwischen VDI 2221 Blatt 1 und Blatt 2 /
Figure 1. The connection between VDI 2221 Part 1 and Part 2

Die Anpassung des allgemeinen Modells der Produktentwicklung an einen unternehmensspezifischen Kontext wird nachfolgend als „kontextspezifisches Modell der Produktentwicklung“ oder kurz als „spezifischer Produktentwicklungsprozess“ bezeichnet. Es ist möglich, dass in einem Unternehmen mehrere Modelle für spezifische Produktentwicklungsprozesse existieren, um z.B. den Besonderheiten unterschiedlicher Produktlinien oder einzelner Produkte oder Produktvariationen Rechnung zu tragen.

Da es sich bei der Gestaltung spezifischer Produktentwicklungsprozesse um eine komplexe Aufgabe handelt, wird dem Leser neben einer systematischen Handlungsanleitung (siehe Abschnitt 5) auch eine Orientierungshilfe in Form von fünf repräsentativen Fallbeispielen bereitgestellt (siehe Anhang). Darin werden die fallspezifischen Besonderheiten, aber auch die strukturellen Gemeinsamkeiten zwischen dem allgemeinen Modell der Produktentwicklung und den spezifischen Produktentwicklungsprozessen aufgezeigt. Hierfür wird in Abschnitt 4 zunächst die verwendete Prozessmodellierung dargestellt und die Bedeutung der Kontextfaktoren aufgezeigt.

1 Anwendungsbereich

Die Grundlagen und Vorgehensweisen der Richtlinienreihe VDI 2221 können auf alle Arten technischer Produkte und Systeme sowie die entsprechenden interdisziplinären Entwicklungs- und Entstehungsprozesse angewendet werden. Für Sonderaspekte und Details der methodischen Produktentwicklung und Lösungsfindung gelten gegebenenfalls zusätzliche VDI-Richtlinien.

Die Zielgruppen dieser Richtlinie sind

- Prozessverantwortliche und Leiter von Entwicklungsprojekten,
- Produktentwickler, Produktmanager und Prozessbeteiligte sowie
- Hochschullehrer und Studierende.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 2221 Blatt 1:2019-11 Entwicklung technischer Produkte und Systeme; Modell der Produktentwicklung

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die Begriffe nach VDI 2221 Blatt 1.

In the following, the adaptation of the general model of product design to a company-specific context is known as the “context-specific model of product design” or the “specific product design process” for short. It is possible for several models for specific product design processes to exist in a company, for example in order to do justice to the peculiarities of different product lines or individual products or product variants.

As the configuration of specific product design processes is a complex task, the reader is provided with systematic instructions for action (see Section 5) as well as an aid to orientation in the form of five representative case examples (see Annex). These show the case-specific peculiarities, but also the structural similarities between the general model of product design and the specific product design processes. For this purpose, Section 4 will show the process modelling used as well as the significance of the contextual factors.

1 Scope

The basics and procedures belonging to the series of standards VDI 2221 can be applied to all kinds of technical products and systems as well as the relevant interdisciplinary design and creation processes. If necessary, additional VDI Standards apply for special aspects and details of methodical product design and the search for solutions.

The target groups of this standard are

- those responsible for processes as well as leaders of design projects,
- product designers, product managers and those involved in processes, and
- university teachers and students.

2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 2221 Part 1:2019-11 Design of technical products and systems; Model of product design

3 Terms and definitions

For the purposes of this standard, the terms and definitions as per VDI 2221 Part 1 apply.

4 Spezifische Produktentwicklungsprozesse

Das Vorgehen in der Produktentwicklung unterliegt vielfältigen, miteinander in Wechselwirkung stehenden Kontextfaktoren, die sich zudem mit der Zeit ändern können. Für eine bestimmte Gruppe von Kontextfaktoren kann es mehrere geeignete Produktentwicklungsprozesse geben, umgekehrt kann ein spezifischer Produktentwicklungsprozess für verschiedene Kontexte passend sein. Für die Anpassung des allgemeinen Modells der Produktentwicklung an den jeweiligen Entwicklungskontext können demnach keine eindeutigen Ursache-Wirkung-Beziehungen angegeben werden [1]. Eine automatisierte Prozesskonfiguration ist damit nach heutigem Wissensstand nicht realisierbar. Vielmehr erfordert die Gestaltung des spezifischen Produktentwicklungsprozesses eine den jeweiligen Kontext berücksichtigende Synthese der in VDI 2221 Blatt 1 gezeigten Aktivitäten des allgemeinen Modells der Produktentwicklung mit jenem Prozesswissen, das z.B. in Form von bereits existierenden Referenzprozessen, Prozessdokumentationen oder Erfahrungswissen für das Unternehmen verfügbar ist (siehe Bild 2). Im Rahmen dieser Synthese wird der spezifische Produktentwicklungsprozess je nach Entwicklungsaufgabe entweder individuell oder systematisch durch Adaption von Prozessschritten von den verantwortlichen Organen zugeschnitten.

4 Specific product design processes

The procedure followed in product design is subject to a wide range of interacting contextual factors, which can change over time. For a certain group of contextual factors, there can be several suitable product design processes. Inversely, a specific product design process can be appropriate for different contexts. This means that unambiguous cause-and-effect relationships cannot be specified for the adaptation of the general model of product design to the design context in each case [1]. According to what we know today, therefore, an automated process configuration cannot be realised. In contrast, the configuration of the specific product design process requires a synthesis of the activities of the general model of product design described in VDI 2221 Part 1 with the process knowledge which is for example available to the company in the form of existing reference processes, process documentations or know-how and takes the context into account in each case (see Figure 2). As part of this synthesis, and depending on the design task in hand, the organs responsible tailor the specific product design either individually or systematically by adapting process steps.

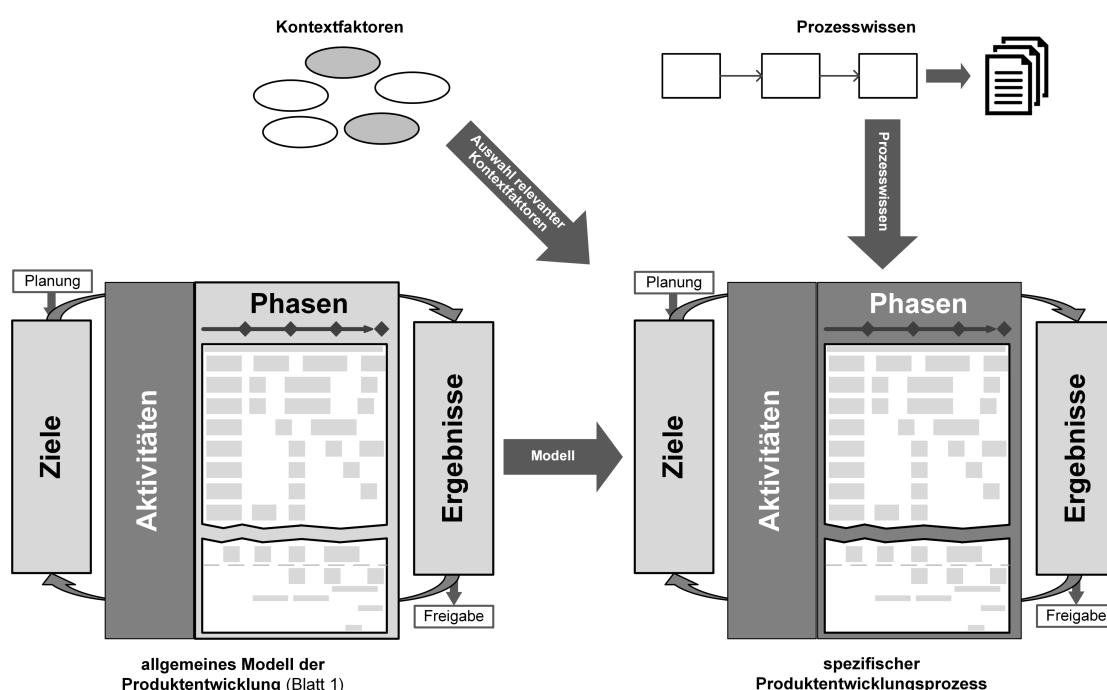


Bild 2. Synthese eines spezifischen Produktentwicklungsprozesses aus dem allgemeinen Modell der Produktentwicklung, Kontextfaktoren und aus verfügbarem Prozesswissen

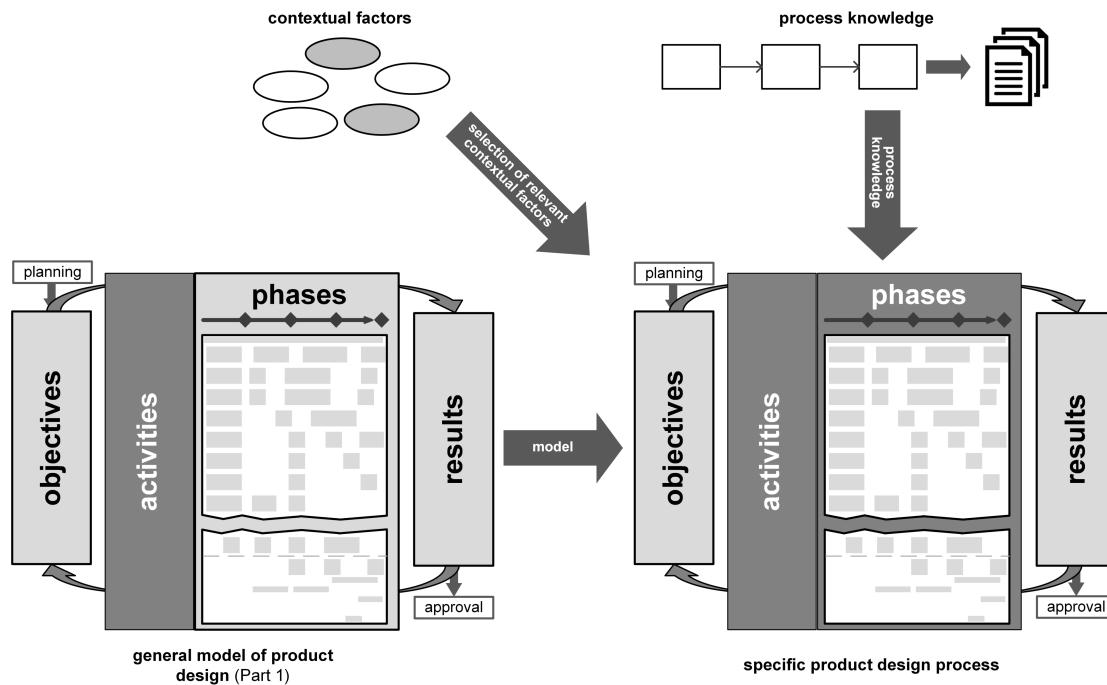


Figure 2. Synthesis of a specific product design process from the general model of product design, contextual factors and available process knowledge

Hierfür muss er stets im Hinblick auf seine Eignung zur Erreichung der Ziele im vorhandenen Kontext kritisch untersucht und im Falle von identifizierten Unstimmigkeiten und Defiziten angepasst werden. Das allgemeine Modell der Produktentwicklung bietet hierbei eine hilfreiche Orientierung, erleichtert eine durchgängige Begründung und Dokumentation der Prozessgestaltung und ermöglicht es internen und externen Projektbeteiligten, in kurzer Zeit Verständnis des spezifischen Produktentwicklungsprozesses zu erlangen.

4.1 Modellierung von Produktentwicklungsprozessen

Für eine Beschreibung von Entwicklungsprozessen, wie sie im Rahmen der Prozessgestaltung notwendig ist, stehen eine Vielzahl alternativer Modellierungsansätze zur Verfügung (siehe VDI 2221 Blatt 1), z.B.: Integrated Definition Method (IDEF0, IDEF3) [2], Gantt-Diagramm [3], Netzplantechniken (DIN 69900), erweiterte ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) [4], Design Structure Matrix (DSM) [5; 6], Petri-Netze [7], Signposting [8] sowie Business Process Model and Notation (BPMN).

BPMN (Geschäftsprozessmodell und -notation) ist eine grafische Spezifikationssprache in der Wirtschaftsinformatik und im Prozessmanagement. Sie stellt Symbole zur Verfügung, mit denen Fach-, Methoden- und Informatikspezialisten Geschäftsprozesse und Arbeitsabläufe modellieren und dokumentieren können.

For this purpose, the product design process has to be examined critically at all times in terms of its suitability for achieving the objectives in the existing context and are to be adapted when discrepancies and deficits are identified. The general model of product design provides a helpful orientation here, facilitates the consistent justification and documentation of the configuration of the process and allows internal and external personnel involved in the project to understand the specific product design process within a short time.

4.1 Modelling product design processes

A large number of alternative modelling approaches are available for describing design processes in the way required in the context of process configuration (see VDI 2221 Part 1), for example: Integrated Definition Method (IDEF0, IDEF3) [2], Gantt diagram [3], network techniques (DIN 69900), expanded event-controlled process chain (eEPK) [4], Design Structure Matrix (DSM) [5; 6], Petri networks [7], signposting [8] and Business Process Model and Notation (BPMN).

BPMN is a graphical specification language used in commercial information technology and process management. It provides symbols with which technical, methodological and IT experts can model business processes and work sequences.

Diese Ansätze ermöglichen es, ergänzende Informationen und Elemente in ein Modell zu integrieren und somit den Prozess mit einer höheren Detaillierung und Formalisierung zu beschreiben. Der Umfang der modellierten Informationen variiert dabei zum Teil erheblich. Informationen, die in einer detaillierten Darstellung berücksichtigt werden können, sind z.B. [9; 10]:

- Eingangsinformationen (Ergebnisse vorhergehender Aktivitäten und deren Dokumentationsart etc.)
- Aktivitäten (inklusive deren Abhängigkeiten zueinander sowie Angaben zu Dauer, Kosten etc.)
- Arbeitsergebnisse (inklusive deren Dokumentationsart, Ablageort und gegebenenfalls zusätzliche erforderliche Metadaten)
- Verantwortlichkeit für Eingaben, Aktivitäten und Ergebnisse (Personen, Rollen, Abteilungen)
- Arbeitsmittel (Vorlagen, Computerprogramme, Methoden, Ressourcen etc.)
- Termine
- Aktivitätsfortschritte, Meilensteine
- sonstige weitere Kennzahlen

Entwicklungsprozesse sollen im Unternehmen dafür sorgen, einerseits das Entwicklungsprojekt erfolgreich abwickeln zu können, andererseits den Entwickler selbst während des Prozesses zu unterstützen. Aus dieser Zielsetzung resultiert, dass auch bei der Beschreibung von Entwicklungsprozessen die Perspektiven des Managements und der Entwicklungstätigkeit berücksichtigt werden müssen. Prozessmodelle müssen folglich unterschiedlichen Verwendungszwecken genügen. Mögliche Verwendungszwecke von Prozessmodellen in der Produktentwicklung sind z.B. (nach [11]):

- Prozessvisualisierung
zur Darstellung und Kommunikation von Aktivitäten, Abhängigkeiten und Zuständigkeiten
- Prozessplanung
Auswahl von Aktivitäten, Prozessgestaltung und Strukturierung, Koordination von Zuständigkeiten und Ressourcen, Abschätzung und Optimierung von Kennwerten (Kosten, Dauer etc.)
- Prozessdurchführung und Kontrolle
Fortschrittsbeurteilung, Meilensteine, Prozesskorrektur und -änderung, Ressourcenkontrolle
- Prozessverbesserung
kontinuierliche Verbesserung des Prozesses, Wissensmanagement, Schulung von Mitarbeitern, Prozessdokumentation und Qualitätssicherung des Prozesses

These approaches make it possible to integrate additional information and elements into a model and thus describe the process in a more detailed and formalised way. The volume of the information modelled varies considerably in some cases. Information which can be taken into account in a detailed description is for example [9; 10]:

- input information (results of prior activities and their documentation, type, etc.)
- activities (including their interdependencies and information on duration, costs, etc.)
- work results (including their documentation type, storage location and metadata which may additionally be necessary)
- responsibility for inputs, activities and results (persons, roles, departments)
- working materials (templates, computer programmes, methods, resources, etc.)
- deadlines
- progress of activities, gates
- other significant key figures

In a company, the purpose of design processes is to ensure that the design project can be completed successfully while supporting the designer himself during the process. The result of this aim is that the perspectives of management and design activity have to be taken into account in the description of design processes too. Process models shall therefore serve differing purposes. A few possible purposes of process models in product design are for example (according to [11]):

- process visualisation
mapping and communication of activities, dependencies and responsibilities
- process planning
selection of activities, configuration and structuring of processes, coordination of responsibilities and resources, estimation and optimisation of key figures (costs, duration, etc.)
- process execution and verification
progress assessment, gates, process correction and alteration, resource verification
- process improvement
constant improvement of the process, knowledge management, training of employees, process documentation and quality assurance for the process

Je nach Verwendungszweck gibt es einen unterschiedlichen Bedarf an Informationen, die in einem Prozessmodell zu berücksichtigen und darzustellen sind. Die oben genannten Modellierungsansätze sind unterschiedlich gut für die verschiedenen Zwecke geeignet [12].

Zur Darstellung der spezifischen Produktentwicklungsprozesse aus den Fallbeispielen (siehe Anhang) wird die Struktur des integrierten Produktentstehungs-Modells (iPeM) [13] verwendet und in der Terminologie angepasst. Hierdurch sind die strukturellen Gemeinsamkeiten, aber auch die fallspezifische Konkretisierung zwischen dem allgemeinen Modell der Produktentwicklung und den spezifischen Produktentwicklungsprozessen in geeigneter Weise darzustellen. Das spezifische Modell des Produktentwicklungsprozesses (siehe Bild 3) beinhaltet

- die Ziele der Produktentwicklung,
- die Aktivitäten und Phasen der Produktentwicklung, sowie
- die Ergebnisse, das heißt die Artefakte, die in den Prozessen entstehen.

Das in Bild 3 gezeigte Prozessmodell basiert zunächst auf den in VDI 2221 Blatt 1 eingeführten Produktlebenszyklusaktivitäten (siehe dort Bild 6) und dem Problemlöseprozess, den Aktivitäten des allgemeinen Modells der Produktentwicklung (siehe dort Bild 10) und den Begleit- und Querschnittsaktivitäten, die sich aus der Einbindung der Produktentwicklung in die unternehmerische Prozesslandschaft ergeben (siehe dort Tabelle 4 und Tabelle 5).

Zur Berücksichtigung der Einbettung der Produktentwicklung in den Produktlebenszyklus kann es erforderlich sein, den spezifischen Produktentwicklungsprozess gegenüber dem allgemeinen Modell der Produktentwicklung um vor- und nachgeschaltete Phasen und Aktivitäten des Produktlebenszyklus zu erweitern (siehe Abschnitt 5 und Anhang). Damit kann auch eine Anpassung der Ein- und Ausgangsgrößen der Produktentwicklung bzw. deren Erweiterung erforderlich werden.

Depending on the purpose, there are differing requirements with regard to the information, which are to be taken into account and mapped in a process model. The modelling approaches named above are not all equally suitable for the various purposes [12].

To map the specific product design processes from the case examples (see Annex), the structure of the integrated product creation model (iPeM) [13] is used and the terminology adapted. As a result, the structural similarities, but also the case-specific concretisation between the general model of product design and the specific product design processes shall be mapped in a suitable way. The specific model of the product design process (see Figure 3) includes

- the objectives of product design,
- the activities and phases of product design, and
- the results, i.e. the artefacts created in the processes.

The process model shown in Figure 3 is initially based on the product lifecycle activities introduced in VDI 2221 Part 1 (see Figure 6 there) and the problem-solving process, the activities of the general model of product design (see Figure 10 there) and the accompanying and cross-cutting activities resulting from the integration of product design into the corporate process landscape (see Table 4 and Table 5 there).

In order to take the integration of product design into the product lifecycle into account, it can be necessary to extend the specific product design process of the product lifecycle in comparison with the general model of product design by adding upstream and downstream phases and activities (see Section 5 and Annex). This can make it necessary to adapt the input and output values of product design and/or extend them.

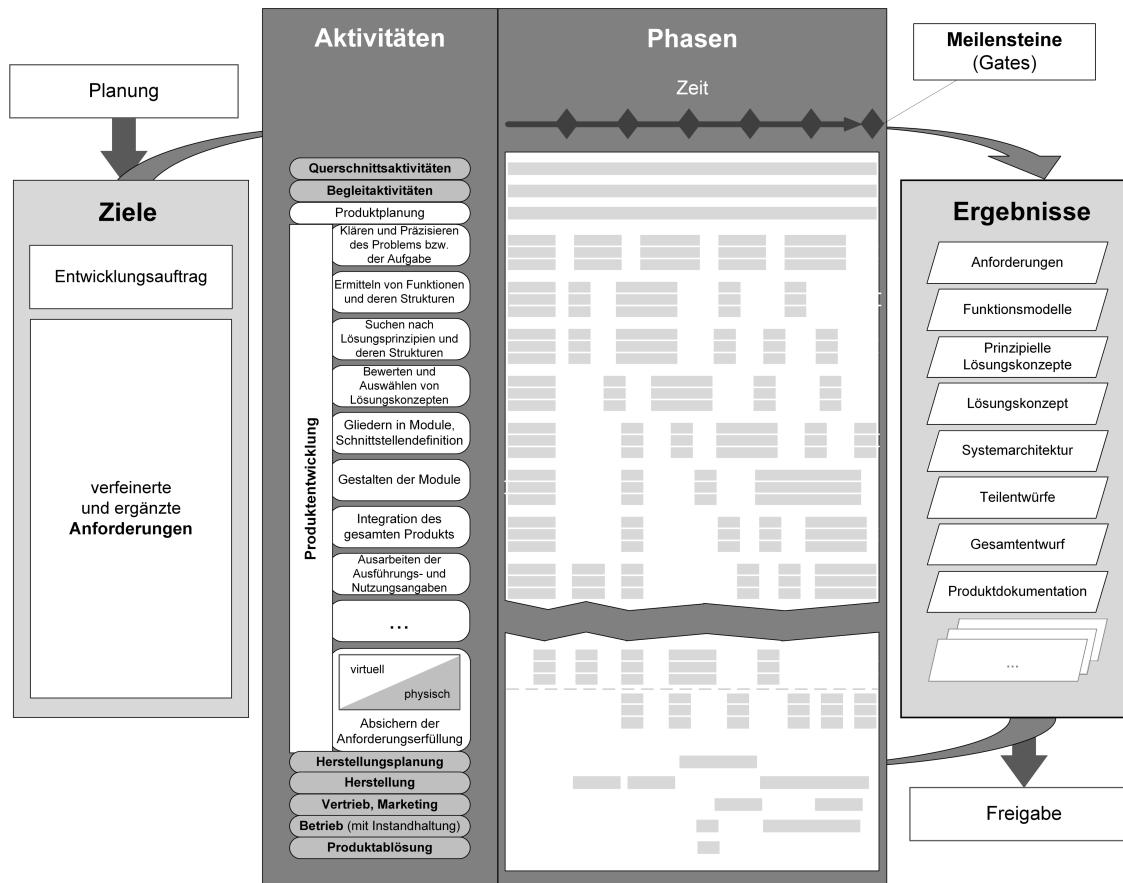


Bild 3. Spezifisches Modell eines Produktentwicklungsprozesses

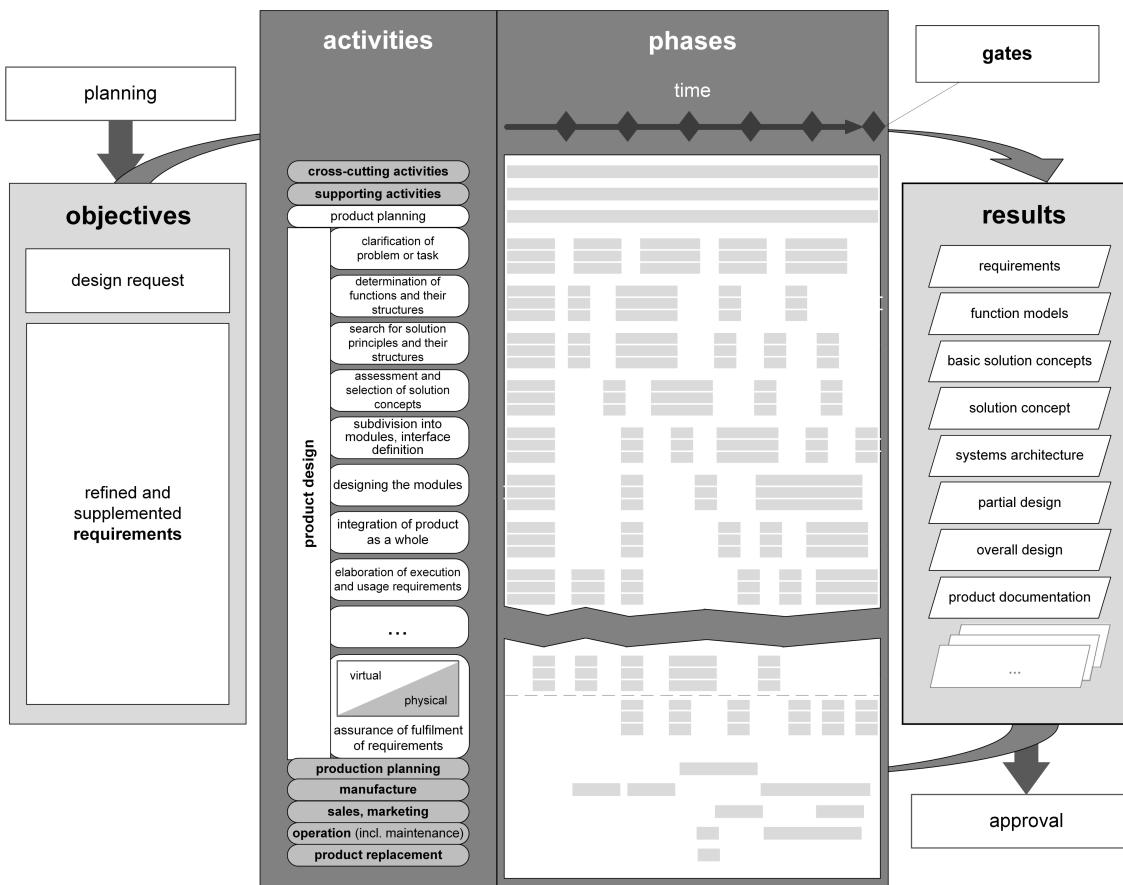


Figure 3. Specific model of a product design process

Während im allgemeinen Modell der Produktentwicklung das Endergebnis durch eine freigegebene Produktdokumentation definiert ist, kann das Ergebnis im spezifischen Entwicklungsprozess auch die Freigabe für eine nachgeschaltete Phase des Produktlebenszyklus, beispielsweise zur Markteinführung, sein. Durch Planung der logischen und zeitlichen Abfolge aller Aktivitäten wird der Produktentwicklungsprozess kreiert. Welche Aktivitäten dabei berücksichtigt werden müssen und wie sie voneinander abhängen, ergibt sich aus dem Kontext und dem Prozesswissen des Unternehmens. Die einzelnen Phasen geben zum einen die zeitliche Zuordnung der Aktivitäten, zum anderen die Abhängigkeit einzelner Aktivitäten zueinander wieder. Durch die Phasenbildung der Aktivitäten entstehen Muster. Typische Muster sind beispielsweise Iterationen, die dann entstehen, wenn Aktivitäten zeitverschoben wiederholt werden. Auf die Muster und deren Deutung wird sowohl allgemein (Bild 6, Abschnitt 5.3) als auch spezifisch in den Fallbeispielen im Anhang näher eingegangen.

4.2 Kontextfaktoren der Produktentwicklung

Der Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf die Produktentwicklung und die damit einhergehenden Aktivitäten und Prozesse wurde in empirischen Studien ermittelt [1]. Verallgemeinerbare Wechselwirkungen von Kontextfaktoren und konkreten Ausprägungen von Entwicklungsprozessen sind jedoch nicht umfassend zu beschreiben. Hier wird deshalb nur aufgezeigt, welche Kontextfaktoren grundsätzlich von Bedeutung für einen spezifischen Produktentwicklungsprozess sein können. Anhand von realen Beispielen werden im Anhang spezifische Produktentwicklungsprozesse aus dem allgemeinen Modell der Produktentwicklung abgeleitet und exemplarisch gezeigt, welchen Einfluss einzelne Kontextfaktoren dabei haben. Die Bedeutung verschiedener Kontextfaktoren ändert sich je nach Unternehmen oder Produkt. Aus Sicht des Unternehmens kann zunächst zwischen internen und externen Faktoren unterschieden werden (siehe Bild 4). Externe Kontextfaktoren beziehen sich auf das Umfeld, in dem das Unternehmen agiert.

Die externen Kontextfaktoren können folgenden Ebenen zugeordnet werden:

- makroökonomische Ebene (z. B. Gesellschaft und Umwelt)
- mikroökonomische Ebene (z. B. Markt und Kunde)

Interne Kontextfaktoren beschreiben das operative Umfeld der Produktenwicklung. Interne Kontextfaktoren sind u.a. der Entwicklungsauftrag, individuelle Voraussetzungen und Gruppenvoraus-

Whereas the final result is defined by an approved product documentation in the general model of product design, the result of the specific design process can also be approval for a downstream phase in the product lifecycle, for example market launch. The product design process is created by planning the logical and temporal sequence of all activities. Which activities have to be taken into account here results from the context and the process knowledge of the company. The individual phases reproduce the temporal assignment of the activities on the one hand and the interdependency of individual activities on the other. Phase formation for the activities brings about various patterns. Typical patterns are for example iterations, which come about when activities are repeated with a time delay. Details of the patterns and their interpretation are dealt with in general (Figure 6, Section 5.3) as well as specifically in the case examples in the Annex.

4.2 Contextual factors in product design

The effects of various contextual factors on product design and the associated activities and processes were determined in empirical studies [1]. Generalisable interactions between contextual factors and concrete manifestations of design processes do not need to be described comprehensively, however. For this reason, only the context factors which are basically of significance for a specific product design process are shown here. Using real-life examples, the Annex derives specific product design processes from the general model of product design and shows by way of an example, which influence individual contextual factors have in it. The significance of different contextual factors changes with the company or product. From the viewpoint of the company, an initial distinction can be made between internal and external factors (see Figure 4). External contextual factors relate to the environment in which the company acts.

The external contextual factors can be assigned to the following levels:

- macro-economic level (e.g. society and the environment)
- micro-economic level (e.g. market and customer)

Internal contextual factors describe the operational environment of product design. Internal contextual factors include the design request, individual requirements and group requirements. In this model,

setzungen und entsprechen in diesem Modell folgenden Ebenen:

- Organisationsebene (z. B. Unternehmensstruktur und -strategie, Branche)
- Projektebene (z. B. Innovationswesen und Projektmanagement)
- individuelle Ebene (z. B. Wissen und Kompetenzen)

In Tabelle 1 ist eine Übersicht von Gruppen bekannter Kontextfaktoren und die Zuordnung zu den Ebenen dargestellt. Sie kann als Anhaltspunkt bei der individuellen Gestaltung eines spezifischen Produktentwicklungsprozesses dienen.

Der Einfluss dieser Faktoren wurde im Rahmen empirischer Forschung in den Bereichen Produktentwicklung und Entwicklungsmanagement, Projektmanagement, Unternehmensführung, Organisationstheorie und Psychologie nachgewiesen [1].

they correspond with the following levels:

- organisational level (e.g. corporate structure and strategy, sector)
- project level (e.g. innovation and project management)
- individual level (e.g. knowledge and competences)

Table 1 shows an overview of groups of known contextual factors and their assignment to the different levels. It can serve as an indication in the individual configuration of a specific product design process.

The influence of these factors was proved in the context of empirical research and in the fields of product design and design management, project management, corporate management, organizational theory and psychology [1].

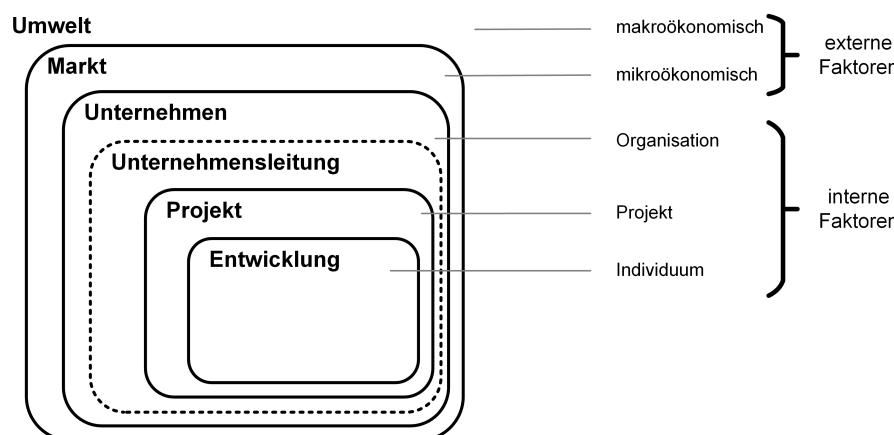


Bild 4. Einteilung der Kontextfaktoren der Produktentwicklung (nach [14])

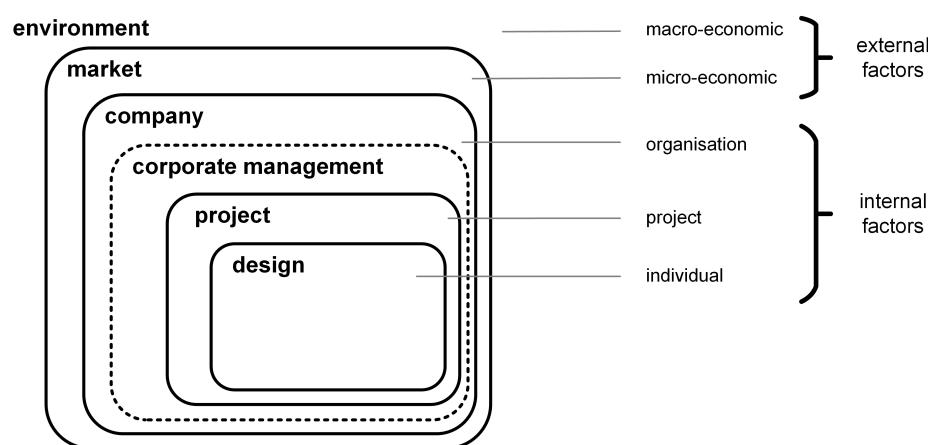


Figure 4. Subdivision of the contextual factors of product design (according to [14])

Tabelle 1. Gruppierung von Kontextfaktoren und Erläuterungen [15]

Kontextebenen		Unterteilung	Erläuterung
1	Makroökonomisch	1.1 Kultur	kulturelle Normen und Werte
		1.2 Gesellschaft	politisches Klima, Gesetzgebung, ökonomische Situation, Arbeitsmarkt, Steuern, ökologische Aspekte
2	Mikroökonomisch	2.1 Markt	Größe des Markts und Marktanteil, Nachfrage, Wettbewerb, Risiken, Exportanteil
		2.2 Ressourcen	Finanzen, Technologie, Rohstoffe, Energie, Fachkräfte
		2.3 Kunde	Erwartungshaltung, Verständnis und Dringlichkeit der Bedürfnisse, Kundenbindung
3	Organisation	3.1 Branche	Teilbereich der Wirtschaft, in dem das Unternehmen aktiv ist
		3.2 Unternehmensstruktur	Globalisierung, Unternehmensgröße, Rechtsform, Organisationsform (Hierarchien), Produktportfolio, Wachstumsstrategie, wirtschaftliche Situation
		3.3 Arbeitsumfeld	Arbeitszeit- und Vergütungsregelungen, Altersvorsorge, Weiterbildungsbiete, Gewerkschaftseinfluss, Bürokratie
		3.4 Unternehmensstrategie	Klarheit und Dynamik der Unternehmenszeile, Inhalte und Zeitraum der Unternehmensstrategie und Risikobereitschaft
		3.5 Unternehmenskultur	Arbeitsklima, Unternehmensverantwortung, kreativer Freiraum, informelle Kommunikation, Vertrauen und Offenheit, Wertschätzung und Belohnungssysteme
		3.6 Produktion	verfügbare Fertigungstechnologien, Flexibilität, Fertigungstiefe, Kapazität, Logistik, Prüfeinrichtung
		3.7 Stakeholder	am Unternehmen interessierte/involvierte Personen, Gruppen, fremde Unternehmen
		3.8 Zulieferer	Verfügbarkeit, Organisation der Zusammenarbeit, Standort
	Leitung	3.9 Werte, Leitmotiv	Engagement, Einbindung, Begeisterung
		3.10 Führungsstil	Handlungsfreiheit und Mitarbeit
		3.11 Führungskompetenz	Qualität der Planung, Koordination und Kommunikation, Effektivität
		3.12 Unternehmensleitung	Anzahl der beteiligten Personen, Motivation, Erfahrung, Führungskompetenz, Vertrauen
4	Projekt	4.1 Innovationswesen	Innovationskultur, -strategie, -management
		4.2 Projektmanagement	Projektziel, Auflagen, technische und wirtschaftliche Machbarkeit, Planungssicherheit, Organisationsform, verfügbare Ressourcen, Qualifizierung der Projektpartner, Prozessbeschreibung
		4.3 Produktentwicklungs-team	Gruppenorganisation, Arbeitsstandards, Fähigkeiten, Erfahrungen, Kommunikation, Diskussions- und Verhandlungskultur, Engagement und Motivation, Gruppenklima, Macht, Kundenbindung
		4.4 Erwartung an Entwicklungsergebnisse	Produktivität, Erfolgsdruck, Fehlerkosten, Qualität der Arbeitsergebnisse
		4.5 Projektumfeld	Arbeitsumfeld
		4.6 Entwicklungsauftrag	Eindeutigkeit und Verständlichkeit der Entwicklungsziele, Priorität, Kosten, Umsatzziele, Projektdauer, Verbindlichkeit von Anforderungen, Komplexität und Neuheitsgrad, Entwicklungsaufgabe, Patentlage, Risikobewertung
		4.7 Einsatz von Methoden und Tools	Kenntnis von Entwicklungsmethodik, Aufwand für Methodeneinsatz, Offenheit gegenüber neuen Methoden und IT-Werkzeugen und Unterstützung durch Management, Normwesen
		4.8 Fertigungstechnologie	Losgröße, Automatisierung und Standardisierung von Fertigungsprozessen
5	Individuum	5.1 Wissen	Wissen, Erfahrung, Expertise, Methodenkenntnisse
		5.2 Kompetenzen und Fertigkeiten	Analyse- und Synthesefähigkeit, Problemlösungskompetenz, räumliches Denken und Skizziervermögen, Kommunikationsvermögen, Verhandlungsgeschick und soziale Kompetenz
		5.3 individuelle Denk- und Arbeitsweise	individuelle Denkmuster und Methoden
		5.4 Persönlichkeitsmerkmal	Werte, Offenheit, Selbstdisziplin und Selbstvertrauen, Durchsetzungsvermögen, Integrität, Lernbereitschaft
		5.5 Motivation und Emotion	Enthusiasmus, Hartnäckigkeit, Humor

Tabelle 1. Gruppierung von Kontextfaktoren und Erläuterungen [15] (Fortsetzung)

Kontextebenen		Unterteilung	Erläuterung
		5.6 Leistungsvermögen	Belastbarkeit des Individuums
		5.7 Arbeitsergebnisse	Produktivität, Qualität, Vertrauen in eigene Ergebnisse
		5.8 Integrations- und Kooperationsvermögen	Teamfähigkeit
		5.9 Geschlecht	Geschlecht
		5.10 Alter	Alter und Erfahrung im Beruf

Table 1. Groupings of contextual factors and commentaries [15]

Context levels		Subdivision	Commentary
1	Macro-economic	1.1 culture	cultural norms and values
		1.2 society	political climate, legislation, economic situation, labour market, taxes, ecological aspects
2	Micro-economic	2.1 market	size of market and market share, demand, competition, risks, export percentage
		2.2 resources	finances, technology, raw materials, energy, skilled employees
		2.3 customer	expectations, understanding and urgency of the needs, customer loyalty
3	Organisation	3.1 sector	subarea of the economy in which the company is active
		3.2 corporate structure	globalisation, company size, legal form, form of organisation (hierarchies), product portfolio, growth strategy, economic situation
		3.3 working environment	working time and remuneration arrangements, retirement provisions, further training options, influence of trade unions, bureaucracy
		3.4 corporate strategy	clarity and dynamics of corporate aims, contents and period of corporate strategy and willingness to take risks
		3.5 corporate culture	work climate, corporate responsibility, creative space, informal communication, trust and openness, appraisal and reward systems
		3.6 production	available manufacturing technologies, flexibility, vertical integration, logistics, testing equipment
		3.7 stakeholders	persons, groups and external companies interested in the company
		3.8 suppliers	availability, organisation of cooperation, location
	Leadership	3.9 values, principles of leadership	commitment, integration, enthusiasm
		3.10 leadership style	cooperation and freedom to act
		3.11 leadership competence	quality of planning, coordination and communication, effectiveness
		3.12 corporate leadership	number of persons involved, motivation, experience, leadership competence, trust
4	Project	4.1 innovation	innovation culture, innovation strategy, innovation management
		4.2 project management	project aim, requirements, technical and economic feasibility, planning reliability, form of organisation, available resources, qualification of project partners, process description
		4.3 product design team	group organisation, work standards, skills, experience, communication, discussion and negotiation culture, commitment and motivation, group climate, power, customer loyalty
		4.4 expectation in terms of design results	productivity, pressure to succeed, error costs, quality of work results
		4.5 project environment	working environment
		4.6 design request	uniqueness and comprehensibility of the design aims, priority, costs, sales targets, binding nature of requirements, complexity and degree of innovation, design task, patents situation, risk assessment
		4.7 use of methods and tools	knowledge of design methodology, effort for use of methods, openness towards new methods and IT tools and support by management and standards

Table 1. Grouping of contextual factors and commentaries [15] (continued)

Context levels		Subdivision		Commentary
5	Individual	4.8	manufacturing technology	batch size, automation and standardisation of manufacturing processes
		5.1	knowledge	knowledge, experience, expertise, methodological know-how
		5.2	skills and competences	capacity for analysis and synthesis, problem-solving competence, 3D thinking and sketching ability, communication ability, skill in negotiation and social competence
		5.3	individual way of thinking and working	individual thought patterns and methods
		5.4	personality trait	values, openness, self-discipline and self-confidence, assertiveness, integrity, willingness to learn
		5.5	motivation and emotion	enthusiasm, tenacity, sense of humour
		5.6	efficiency	ability of the individual to cope with pressure
		5.7	work results	productivity, quality, trust in one's own results
		5.8	capacity for integration and cooperation	capacity for teamwork
		5.9	gender	gender
		5.10	age	age and professional experience

5 Gestaltung des spezifischen Produktentwicklungsprozesses

Die Gestaltung des spezifischen Produktentwicklungsprozesses in einem Unternehmen erfordert die Planung der logischen und zeitlichen Abfolge von Phasen und Aktivitäten sowie die Ergänzung um weitere Aktivitäten und gegebenenfalls das Weglassen einzelner Schritte. Die grundsätzliche Logik des allgemeinen Modells der Produktentwicklung bleibt, wie in VDI 2221 Blatt 1 beschrieben, erhalten.

Bei der Gestaltung eines spezifischen Produktentwicklungsprozesses wird auf vorhandenes Prozesswissen zurückgegriffen. Dabei wird von einer Prozessanalyse des derzeitigen Arbeitsablaufs bzw. der Analyse eines aus anderen Unternehmen oder Unternehmenssteilen bekannten Prozesses oder eines vorhandenen Referenzprozesses ausgegangen.

Um dabei alle relevanten Faktoren für die aktuelle Prozessgestaltung zu erfassen, muss der vorliegende Entwicklungskontext analysiert und das unternehmensinterne Prozesswissen bei der Gestaltung einbezogen werden. Auf dieser Basis wird entschieden, welche Varianten eines Produktentwicklungsprozesses aufgrund spezieller oder geänderter Kontextfaktoren (z.B. aus einer gesetzlichen Verpflichtung heraus) erstellt werden sollen.

5.1 Analyse des Entwicklungskontexts und Identifikation relevanter Kontextfaktoren

Eine Analyse des Entwicklungskontexts schließt interne und externe Faktoren ein. Die in Tabelle 1 aufgelisteten Faktoren sollten im individuellen Fall im Sinne einer Checkliste auf ihre Relevanz hin

5 Configuring the specific product design process

The configuration of the specific product design process in a company requires the planning of the logical and temporal sequence of phases and activities, enhancement through the inclusion of further activities and the omission of individual steps if necessary. The fundamental logic of the general model of product design remains as described in VDI 2221 Part 1.

Existing process knowledge is used in the configuration of the specific product design process. The starting point is a process analysis of the current work sequence or an analysis of a process known from other companies or company divisions or of an existing reference process.

In order to capture all factors relevant for the current process configuration, the existing design context shall be analysed and the process knowledge within the company shall be included in configuration. On this basis, a decision is made as to which variants of a product design process are to be created as a result of special or altered context factors (for example due to a legal obligation).

5.1 Analysis of the design context and identification of relevant contextual factors

An analysis of the design context includes internal and external factors. The factors listed in Table 1 should be verified for their relevance in each individual case in the form of a checklist. Here it is to

überprüft werden. Hier ist zu klären, welche Kontextfaktoren von besonderer Bedeutung für den spezifischen Produktentwicklungsprozess sind. Die folgenden Gruppen von Kontextfaktoren sind für die Prozessgestaltung häufig von Bedeutung (Erläuterungen siehe Tabelle 1):

- Markt (2.1)
- Kunde (2.3)
- Produktion (3.6)
- Zulieferer (3.8)
- Innovationswesen (4.1)
- Projektmanagement (4.2)
- Erwartung an Entwicklungsergebnisse (4.4)
- Entwicklungsauftrag (4.6)
- Einsatz von Methoden und Tools (4.7)
- Fertigungstechnologie, Stückzahlen (4.8)

Je nach Betrachtungszeitraum des zu gestaltenden Produktentwicklungsprozesses ist zu berücksichtigen, dass sich einige der Kontextfaktoren ändern können. Daraus ergeben sich verschiedene Betrachtungshorizonte:

- strategisch
Definition eines oder mehrerer Referenzprozesse durch Synthese von spezifischen Produktentwicklungsprozessen
- operativ
Ableitung des Projektplans für ein spezifisches Projekt bzw. für einen spezifischen Entwicklungsauftrag aus dem Referenzprozess
- situativ
Reaktion auf eine spezifische Projektsituation

Einige der Kontextfaktoren können für alle Gestaltungsschritte von Bedeutung sein. Entsprechend ist zu bewerten, ob sich relevante Kontextfaktoren voraussichtlich ändern werden. Faktoren, die einer geringen Dynamik unterliegen und somit den Entwicklungskontext langfristig beeinflussen, sind von strategischer Bedeutung.

Faktoren, die einer hohen Dynamik unterliegen, können besser operativ und situativ im erforderlichen Umfang berücksichtigt werden, was eine hohe Flexibilität und kurzfristige Anpassungsfähigkeit des spezifischen Produktentwicklungsprozesses erfordert und im Referenzprozess vorab zu berücksichtigen ist (siehe Bild 5). Man kann Faktoren mit hoher Dynamik entweder durch das spontane Anpassen eines vorgesehenen Prozesses begreifen oder mehrere kontextabhängige Varianten eines Produktentwicklungsprozesses vorsehen.

be clarified which contextual factors are of special importance for the specific product design process. The following groups of contextual factors are often of importance for the configuration of the process (see Table 1 for commentary):

- market (2.1)
- customer (2.3)
- production (3.6)
- supplier (3.8)
- innovation (4.1)
- project management (4.2)
- expectations in terms of design results (4.4)
- design request (4.6)
- use of methods and tools (4.7)
- manufacturing technology, piece numbers (4.8)

Depending on the analysed period within the product design process, it is to be taken into account that some of the contextual factors can change. This results in different time frames:

- strategic
definition of one or more reference processes through the synthesis of specific product design processes
- operational
derivation of a project plan for a specific project or a specific design request from the reference process
- situational
reaction to a specific project situation

Some of the context factors can be of importance for all steps belonging to configuration. As a result, it shall be assessed whether relevant contextual factors are expected to change. Factors, which are subject to low dynamics and therefore affect the design context in the long run are of strategic importance.

Factors subject to high dynamics can be better taken into account operationally and situationally to the required extent. This requires a high flexibility and short-term adaptability of the specific product design process and are to be taken into account in advance in the reference process (see Figure 5). Factors with high dynamics can be dealt with either by spontaneously adapting an intended process or by providing for several context-dependent variants of a product design process.

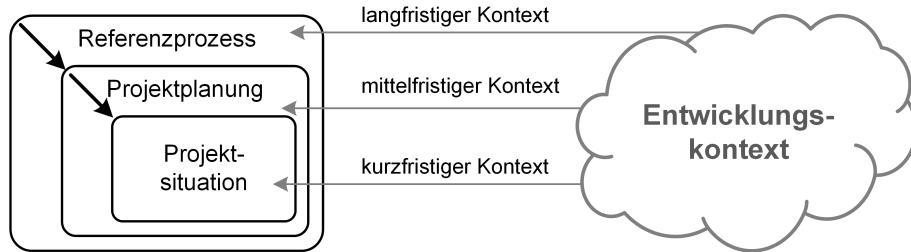


Bild 5. Relevanz der Kontextfaktoren für die Gestaltung spezifischer Produktentwicklungsprozesse (nach [16])

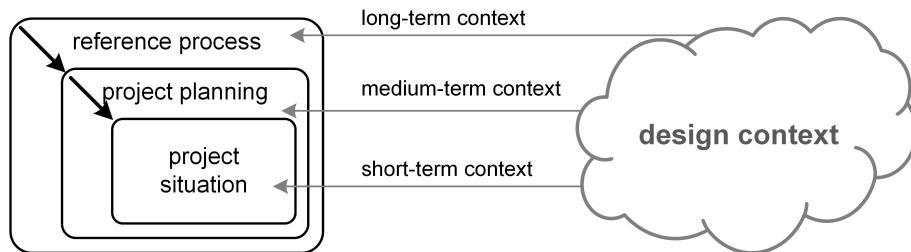


Figure 5. Relevance of the contextual factors for the configuration of specific product design processes (according to [16])

Je nach aktuellem Kontext (z.B. medizintechnisches Produkt) wird dann entschieden, nach welchem Prozess (z.B. erhöhter Aufwand bei der Produktsicherheit) vorzugehen ist.

5.2 Ableiten von Referenzprozessen

Bei wiederkehrenden oder unterschiedlichen Ausprägungen des Kontexts kann es erforderlich sein, unterschiedliche spezifische Produktentwicklungsprozesse zu gestalten. Zur Standardisierung ist es erforderlich, einen oder mehrere spezifische Produktentwicklungsprozesse als Referenzprozesse zu definieren. Basierend auf einem solchen Referenzprozess können nachfolgend individuelle Entwicklungsprojekte durchgeführt werden. Kriterien, die unterschiedliche Referenzprozesse erfordern können, sind z.B.:

- unterschiedliche Ausprägungen zentraler Kontextfaktoren (z.B. Wahl unterschiedlicher Produktionsstandorte, Prozesskonformität in unterschiedlichen Zuliefererketten, Zertifizierungsvorschriften in verschiedenen Märkten)
- unterschiedliche Gruppen ähnlicher Projekte, z.B.:
 - Neuentwicklungen, Produktanpassung oder Produktgenerationsentwicklung (Beispiel 1 – Automobilzulieferer, Beispiel 2 – Automobilhersteller),
 - Serienprodukte oder Einzel-/Sonderentwicklungen (Beispiel 3 – Maschinenbauunternehmen),

Depending on the context in each case (for example a product of medical technology), a decision is made as to which process is to be used (product safety for example requires increased effort).

5.2 Deriving reference processes

In the case of recurring or differing manifestations of the context, it can be necessary to form different specific product design processes. For standardisation, it is necessary to define one or more specific product design processes. On the basis of a reference process of this kind, individual design projects can subsequently be carried out. Criteria which can require different reference processes are, for example:

- different manifestations of central contextual factors (e.g. selection of different production sites, process conformity in different supplier chains, certification regulations in different markets)
- differing groups of similar projects, for example:
 - new developments, product adaptation or product generation development (example 1 – automotive supplier, example 2 – automotive manufacturer)
 - series products or individual/special developments (example 3 – mechanical engineering company)

- spezielle Produktfamilien (Beispiel 4 – Hersteller von Elektrogeräten),
- Entwicklung an einem oder mehreren Standorten (Beispiel 5 – studentisches Produktentwicklungsprojekt).

Die in den Klammern angegebenen Beispiele werden im Anhang erläutert.

5.3 Gestaltung spezifischer Produktentwicklungsprozesse

Bei der Erstellung eines spezifischen Produktentwicklungsprozesses sollen, ausgehend vom allgemeinen Modell der Produktentwicklung (VDI 2221 Blatt 1), die relevanten Kontextfaktoren identifiziert und mit dem vorhandenen Prozesswissen zusammengeführt werden (Bild 2 in Abschnitt 4).

Vorhandenes Prozesswissen findet sich in Form von bereits definierten Referenzprozessen, existierenden Prozess- und Projektplänen oder lässt sich aus gelebten Prozessen ableiten. Im Rahmen der Prozessgestaltung müssen neben den Produktentwicklungsaktivitäten alle erforderlichen weiteren Aktivitäten hinzugefügt werden (siehe „Aktivitäten“ in Bild 3, Abschnitt 4.1), die für die Produktentwicklung im Zusammenhang mit dem gesamten Produktlebenszyklus von Bedeutung sind. Diese werden als relevante Aktivitäten bezeichnet.

Im spezifischen Produktentwicklungsprozess werden alle relevanten Aktivitäten erfasst und den Phasen zugeordnet. In Bild 3 werden zusätzlich zu den Phasen auch Meilensteine als Synchronisationspunkte dargestellt. Ziel ist es, alle Abhängigkeiten zwischen den relevanten Aktivitäten untereinander sowie zu den Begleit- und Querschnittsaktivitäten zu berücksichtigen. Damit werden auch die Schnittstellen zu anderen relevanten Unternehmensfunktionen bei der Prozessgestaltung entsprechend eingebunden. Jeder spezifische Entwicklungsprozess ist in dieser Darstellung durch ein charakteristisches Muster gekennzeichnet (Bild 3). Darüber hinaus lassen sich typische Musterelemente wie Parallelaktivitäten, Vor- und Rücksprünge oder Iterationen erkennen. Die Gestaltung spezifischer Entwicklungsprozesse kann auch durch die Anpassung bestehender Prozesse erfolgen. Wenn nicht auf vorhandenes Prozesswissen zurückgegriffen werden kann, sollten die allgemeinen Aktivitäten der Produktentwicklung (VDI 2221 Blatt 1) zugrunde gelegt und mithilfe der identifizierten Kontextfaktoren angepasst werden. Mögliche Elemente der Prozessgestaltung sind in Tabelle 2 beispielhaft genannt und in Bild 6 schematisch dargestellt.

Basierend auf dem hier beschriebenen Vorgehen werden im folgenden Abschnitt fünf Fallbeispiele

- special product families (example 4 – manufacturer of electrical appliances)
- design at one or more locations (example 5 – student product design project)

The examples given in brackets are commented on in the Annex.

5.3 Configuring specific product design processes

Starting from the general model of product design (VDI 2221 Part 1), the relevant contextual factors are to be identified and merged with the existing process knowledge when a specific product design process is created (Figure 2 in Section 4).

Existing process knowledge is to be found in the form of already defined reference processes or existing process and project plans or can be derived from real-life processes. In addition to the product design activities (see “activities” in Figure 3, Section 4.1), all necessary further activities, which are of significance for product, design in connection with the entire product lifecycle have to be added as part of the configuration of the process. These are known as relevant activities.

In the specific product design process, all relevant activities are captured and assigned to the phases. In addition to the phases, Figure 3 shows gates as synchronisation points. The objective is to take all dependencies between the relevant activities and with regard to the accompanying and cross-cutting activities into account. This also allows the interfaces to other relevant corporate functions to be integrated when a process is configured. In this diagram, each specific design process is marked by a characteristic pattern (Figure 3). It also shows typical pattern elements such as parallel activities, jumps back or forward or iterations. Specific design processes can also be configured by adapting existing processes. If there is no existing process knowledge to fall back on, the general activities of product design (VDI 2221 Part 1) should be used as a basis and adapted using the contextual factors identified. Possible elements of process design are specified by way of examples in Table 2 and shown in diagram form in Figure 6.

On the basis of the procedure described here, the following section shows five case examples of

von Unternehmen gezeigt, für welche die spezifischen Produktentwicklungsprozesse und die für deren Anpassung jeweils relevanten Kontextfaktoren erläutert werden.

companies and explains the contextual factors relevant for their adaptation in each case.

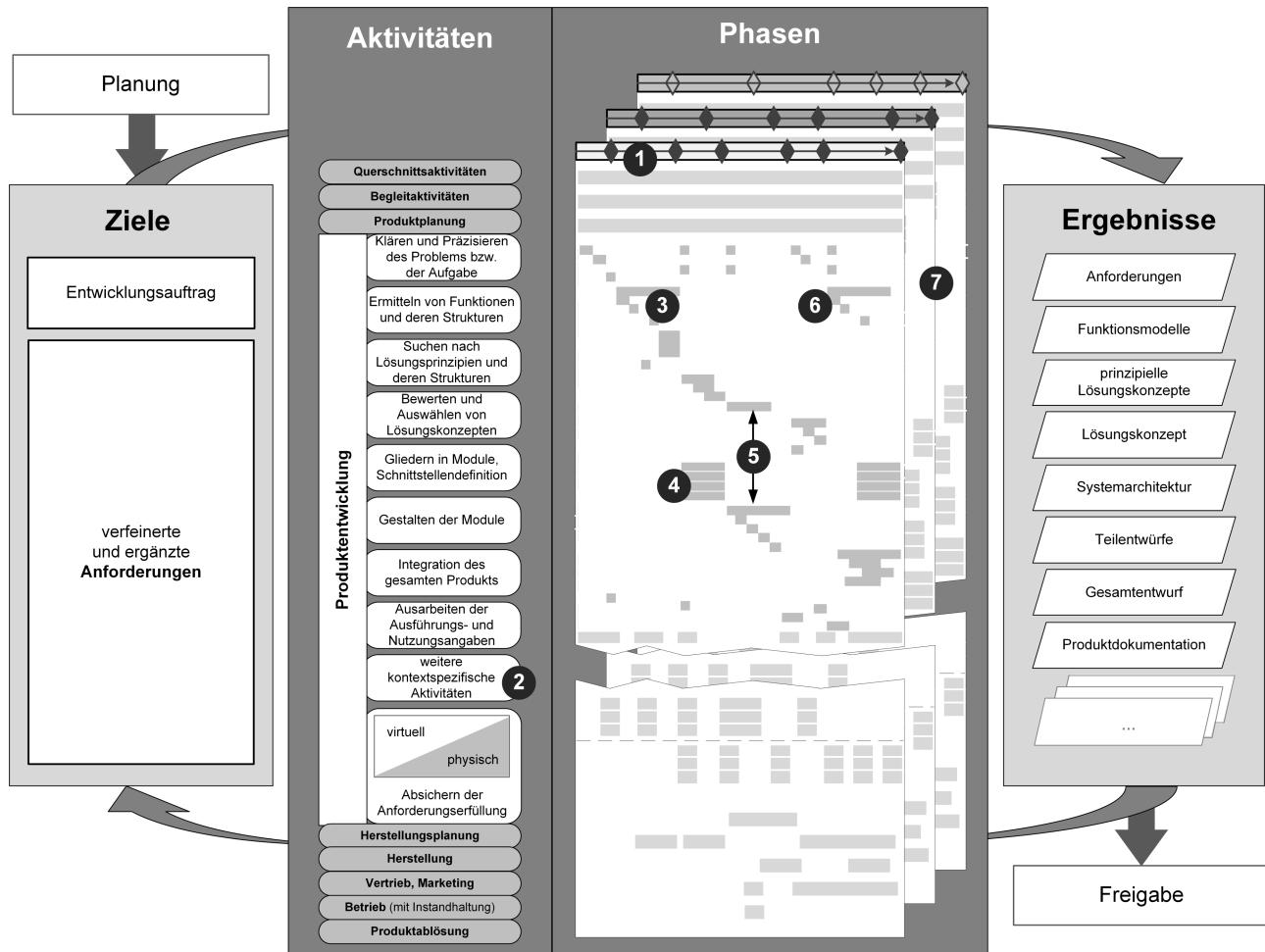


Bild 6. Spezifische Produktentwicklungsprozesse mit typischen Musterelementen (nach [15]) (Zur Erläuterung der Ziffern siehe Tabelle 2.)

Tabelle 2. Elemente der Prozessgestaltung

Nr.	Erläuterung
1	Umbenennung von Aktivitäten und Phasen (Nutzung der unternehmensinternen Terminologie)
2	Ergänzung relevanter Aktivitäten/Verzicht auf einzelne Aktivitäten
3	Untergliederung von Aktivitäten (sequenzielle Gliederung)
4	Vorziehen von Aktivitäten
5	Parallelisierung von Aktivitäten (parallele Gliederung)
6	Iteration von Aktivitäten (VDI 2221 Blatt 1, Tabelle 2)
7	Aufgliederung des Prozesses für verschiedene Gewerke und/oder Zulieferer in Teilprojekte

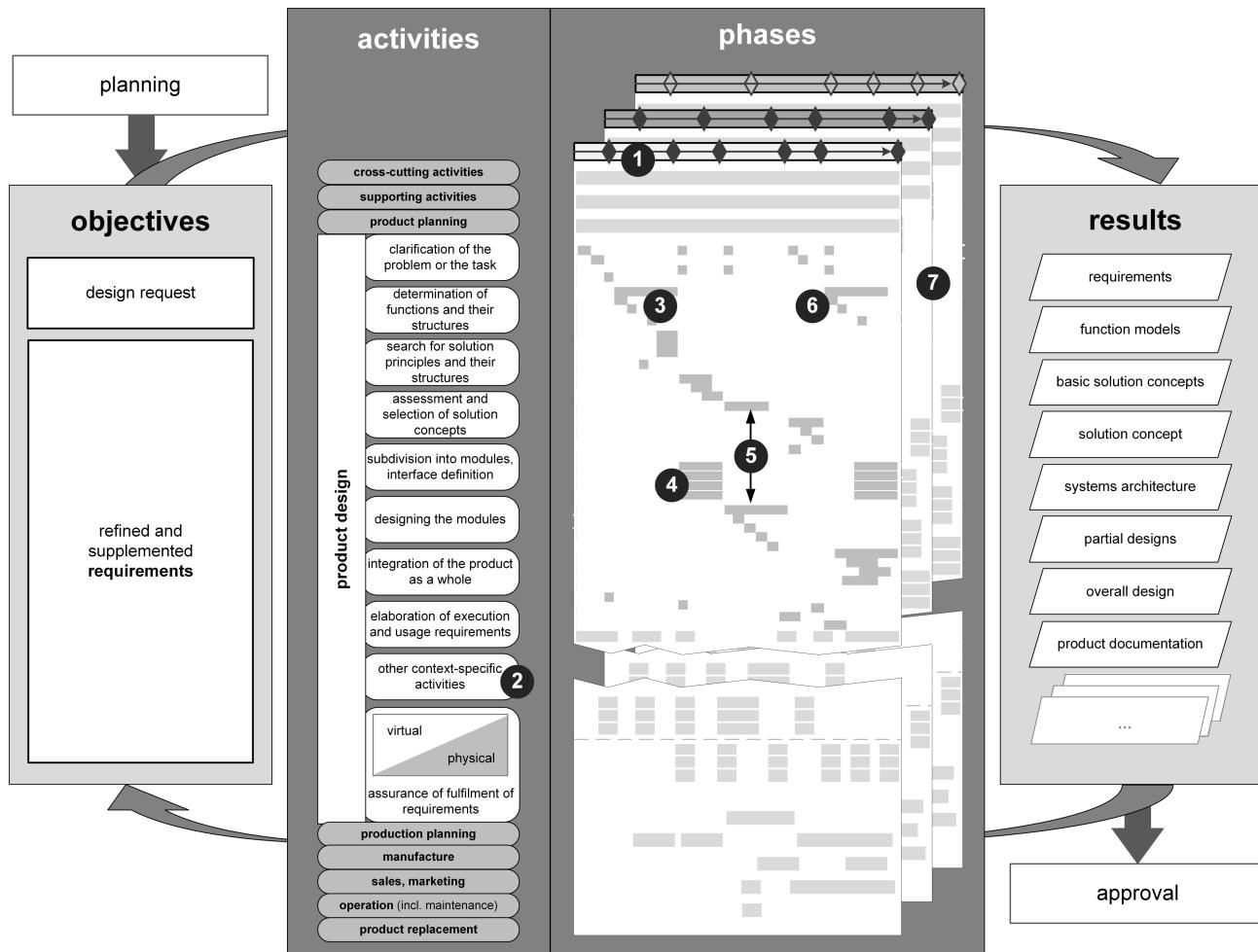


Figure 6. Specific product design processes with typical pattern elements (according to [15]) (For an explanation of the figures, see Table 2.)

Table 2. Elements of process configuration

No.	Commentary
1	renaming of activities and phases (use of the company-specific terminology)
2	addition of relevant activities/omission of individual activities
3	subdivision of activities (sequential structure)
4	prioritisation of activities
5	parallelisation of activities (parallel structuring)
6	iteration of activities (VDI 2221 Part 1, Table 2)
7	subdivision of the process for different trades and/or suppliers into subprojects

Anhang Beispiele

Die Beispiele zeigen, wie spezifische Entwicklungsprozesse in Abhängigkeit von den Kontextfaktoren gestaltet sind. Aufgrund der Vielfalt und der jeweiligen Ausprägung des Kontexts kann keine vollständige Darstellung aller möglichen Entwicklungsprozesse gegeben werden. Daher wurde bei der Beispielauswahl eine große Bandbreite und Verschiedenartigkeit der Kontextfaktoren und der beschriebenen Entwicklungsprozesse angestrebt.

In Tabelle A1 werden die ausgewählten Beispiele zur Orientierung in einer Gesamtübersicht dargestellt. Die einzelnen Fallbeispiele werden darin durch die Ausprägungen von häufig relevanten Kontextfaktoren charakterisiert. Der Leser kann so die Beispiele heraussuchen, die seinem eigenen Kontext ähnlich sind. Für die Erläuterung der Beispiele wurde folgende Struktur gewählt:

- Beschreibung des Entwicklungskontexts und
- Beschreibung des Entwicklungsprozesses und Konsequenzen für die Prozessgestaltung mithilfe des spezifischen Prozessmodells (Abschnitt 4.1).

Tabelle A1. Überblick über die Fallbeispiele und die spezifische Ausprägung wichtiger Kontextfaktoren

	Abschnitt	Fallbeispiele					
		Automobil-zulieferer	Automobil-hersteller	Maschinenbauunternehmen Standard- und Sonder-maschinenbau		Hersteller von Elektrogeräten	Studentisches Entwicklungs-project
		A1	A2	A3		A4	A5
Kontextfaktor	Markt	B2B, global	B2C, global	B2B, Europa	B2B, global	primär B2B, global	B2B, national
	Produktion	eigene und fremde Produktion	eigene und fremde Produktion	eigene Produktion	eigene Produktion	eigene Produktion, geringe fremde Produktion	keine, nur Prototypen
	Zulieferer	Tier-1, breites Zulieferernetzwerk	OEM, breites Zulieferernetzwerk	wenige spezialisierte	wenige spezialisierte	wenige spezialisierte	wenige spezialisierte
	Projektmanagement	2 bis 4 Jahre > 50 Personen simultaneous engineering	4 bis 6 Jahre > 500 Personen simultaneous engineering	bis zu 6 Monate 10 bis 15 Personen	bis 1 Jahr bis 10 Personen	bis 1 Jahr bis 30 Personen simultaneous engineering	4 Monate 7 Personen agile Projektorganisation
	Erwartung an Entwicklungsprozess	Verbesserung nach Auslieferung mit extrem hohen Kosten verbunden	Verbesserung nach Auslieferung mit extrem hohen Kosten verbunden	Verbesserung nach Auslieferung möglich	Verbesserung nach Auslieferung möglich	Verbesserung nach Auslieferung mit hohen Kosten verbunden	kein Anspruch auf Serienreife
	Entwicklungsauftrag	Automobil, Teilsystem	Automobil, Gesamtsystem	Verpackungsanlagen, Gesamtsystem	Verpackungsmaschinen, Gesamtsystem	Elektrogeräte, Gesamtsystem	mechatronische Systeme
		ca. 20 % Neu-entwicklung	ca. 30 % Neu-entwicklung	ca. 20 % Neu-entwicklung	ca. 40 % Neu-entwicklung	ca. 20 % Neu-entwicklung	ca. 70 % Neu-entwicklung
	Einsatz von Methoden	etabliert in vielen Anwendungsgebieten	etabliert in vielen Anwendungsgebieten	ausgewählte Methoden	wenige ausgewählte Methoden	etabliert in vielen Anwendungsgebieten	sehr hoch, zum Erlernen
	Fertigungstechnologie, Stückzahl	> 100 000	> 100 000	1	1 bis 10	> 20 000	–

Annex Examples

The examples show how specific design processes are configured depending on the contextual factors. Due to the variety and the manifestation of the context in each case, it is not possible to map all possible design processes completely. This is why a large bandwidth and a wide range of contextual factors and of the design processes described is aimed at.

Table A1 shows the selected examples in an overall overview for orientation purposes. It characterises the individual case examples by means of the manifestations of contextual factors, which are often of relevance. This allows the reader to select the examples, which resemble his own context. The following structure was chosen for the commentary of the examples:

- description of the design context and
- description of the design process and consequences for process configuration with the help of the specific product model (Section 4.1).

Table A1. Overview of the case examples and the specific manifestations of important contextual factors

	Section	Case examples					
		Automotive suppliers	Automotive manufacturers	Mechanical engineering companies Standard and special-purpose mechanical engineering	Manufacturers of electrical appliances	Student design project	
		A1	A2	A3		A4	A5
Contextual factor	market	B2B, global	B2C, global	B2B, Europe	B2B, global	primarily B2B, global	B2B, national
	production	internal and external production	internal and external production	internal production	internal production	internal production, low external production	none, prototypes only
	suppliers	tier 1, wide supplier network	OEM, wide supplier network	few specialised suppliers	few specialised suppliers	few specialised suppliers	few specialised suppliers
	project management	2 to 4 years > 50 persons simultaneous engineering	4 to 6 years > 500 persons simultaneous engineering	up to 6 months 10 to 15 persons	up to 1 year up to 10 persons	up to 1 year up to 30 persons simultaneous engineering	4 months 7 persons agile project organisation
	expectations towards the design process	improvement after delivery entails extremely high costs	improvement after delivery entails extremely high costs	improvement after delivery possible	improvement after delivery possible	improvement after delivery entails high costs	no claim to series maturity
	design request	automobile, subsystem	automobile, overall system	packaging machines, overall system	packaging machines, overall system	electrical appliances, overall system	mechatronic systems
		approx. 20% new development	approx. 30 % new development	approx. 20 % new development	approx. 40 % new development	approx. 20 % new development	approx. 70 % new development
	use of methods	established in many fields of application	established in many fields of application	selected methods	few selected methods	established in many fields of application	very high, for study purposes
	manufacturing technology, number of pieces	> 100 000	> 100 000	1	1 to 10	> 20 000	–

A1 Automobilzulieferer

A1.1 Beschreibung des Entwicklungskontexts

Der Markt in der Zuliefererindustrie ist gekennzeichnet durch einen hohen Grad der Globalisierung, zunehmende Sättigung der bereits erschlossenen Märkte und zusätzliche Herausforderungen in neuen Märkten. Neben diesen ökonomischen Randbedingungen der Automobilindustrie hat sich die Fahrzeugtechnik grundlegend weiterentwickelt. Hier hat insbesondere das Einfließen der Mikroelektronik in den Automobilbau zu innovativen Möglichkeiten der Steuerung und Regelung des Systems „Kraftfahrzeug“ geführt. Resultat ist eine zunehmende technische Komplexität moderner Fahrzeuge, was zu zusätzlichen Herausforderungen für Innovationen am Kraftfahrzeugmarkt führt. Im Vergleich zum allgemeinen Modell der Produktentwicklung unterscheidet sich das gezeigte Beispiel des Simultaneous Engineering (SE) bei einem Automobilzulieferer im Wesentlichen durch die in Tabelle A2 beispielhaft aufgeführten Prozessgestaltungen.

A1 Automotive suppliers

A1.1 Description of the design context

The market in the supply industry is characterised by a high degree of globalisation, increasing saturation of the developed markets and additional challenges in new markets. In addition to these basic economic conditions of the automotive industry, vehicle technology has advanced radically. Here, in particular the inclusion of microelectronics has led to innovative options for the open-loop and closed-loop control of the system known as the “vehicle”. The result is an increasing technical complexity of modern vehicles, and this leads to additional challenges in terms of innovations in the motor vehicle market. In comparison with the general model of product design, the example of simultaneous engineering (SE) shown here for an automotive supplier mainly differs in terms of the process configurations listed as examples in Table A2.

Simultaneous Engineering (siehe VDI 2221 Blatt 1, Abschnitt 2) hat als wichtiges Instrument zur Verbesserung der benötigten interdisziplinären Zusammenarbeit in Unternehmen in den letzten Jahren weite Verbreitung gefunden. Mit der Einführung von SE werden im Wesentlichen drei Ziele verfolgt [17]:

- Zeiteinsparung bei der Produktentwicklung und -erstellung
- Kostenreduzierung
- Qualitätsverbesserung, bezogen auf die Vorstellungen des Kunden

A1.2 Beschreibung des Entwicklungsprozesses und Konsequenzen der Prozessgestaltung

Mit dem Ziel einer Verkürzung der Produktentwicklungszeiten wird beim SE der Entwicklungsprozess neu organisiert. Eine hauptsächlich sequentielle Arbeitsweise wird durch eine koordiniert überlappte und parallele Arbeitsweise ersetzt. In der Zuliefererindustrie beginnt die Produktentwicklung häufig mit einer Anfrage des Kunden.

Darauf aufbauend werden – je nach Entwicklungsauftrag – die Phasen der Konzeptentwicklung, der Optimierung, der Serienentwicklung, des Serienanlaufs und des Serienhochlaufs durchlaufen.

In Bild A1 wird dargestellt, wie sich die theoretischen Denkansätze zum SE in die Praxis umsetzen lassen und welche Aktivitäten in den jeweiligen Phasen von Bedeutung sein können.

A2 Automobilhersteller

A2.1 Beschreibung des Entwicklungskontexts

In der Automobilindustrie werden Produkte oft in Produktgenerationen entwickelt. Darunter wird die Entwicklung verstanden, welche sowohl durch die Anpassung von Teilsystemen als Übernahmevariation als auch durch eine signifikante Neuentwicklung von Teilsystemen charakterisiert ist. Neu entwickelte Anteile der Produkte können sowohl durch Gestaltvariation als auch durch Variation von Lösungsprinzipien (z.B. durch den Einsatz neuer Technologien) realisiert werden. Neue Produktgenerationen basieren üblicherweise auf Referenzprodukten, die die grundsätzliche Architektur festlegen. Als Referenzprodukt können beispielsweise Vorgänger- oder Wettbewerbsprodukte verstanden werden, auf deren Grundlage die Entwicklung einer neuen Produktgeneration begonnen wird.

Over the last few years, simultaneous engineering (see VDI 2221 Part 1, Section 2) has become widespread as an important instrument for improving the necessary interdisciplinary cooperation in companies. The introduction of SE pursues the following principal objectives [17]:

- time savings in product design and production
- cost reduction
- quality improvement in relation to the ideas of the customer

A1.2 Description of the design process and consequences of process configuration

With SE, the design process is reorganised with the aim of reducing the product design times. A mainly sequential working method is replaced by a coordinated overlapping and parallel working method. In the supply industry, product design usually begins with a customer request.

On this basis, and depending on the design request, the phases of concept design, optimisation, series launch, and series ramp-up are passed through.

Figure A1 shows how the theoretical approaches to SE can be realised in practice and which activities can be of importance in each phase.

A2 Automotive manufacturers

A2.1 Description of the design context

In the automotive industry, products are often designed in the form of product generations. This term is used for design characterized by the adaptation of subsystems as variations to be adopted as well as by the significant redesigning of subsystems. Redesigned parts of the products can be realized by varying the form and by varying solution principles (for example with the help of new technologies). New product generations are usually based on reference products, which determine the fundamental architecture. Reference products are for example predecessor products or products of the competition on the basis of which the design of a new product is commenced.

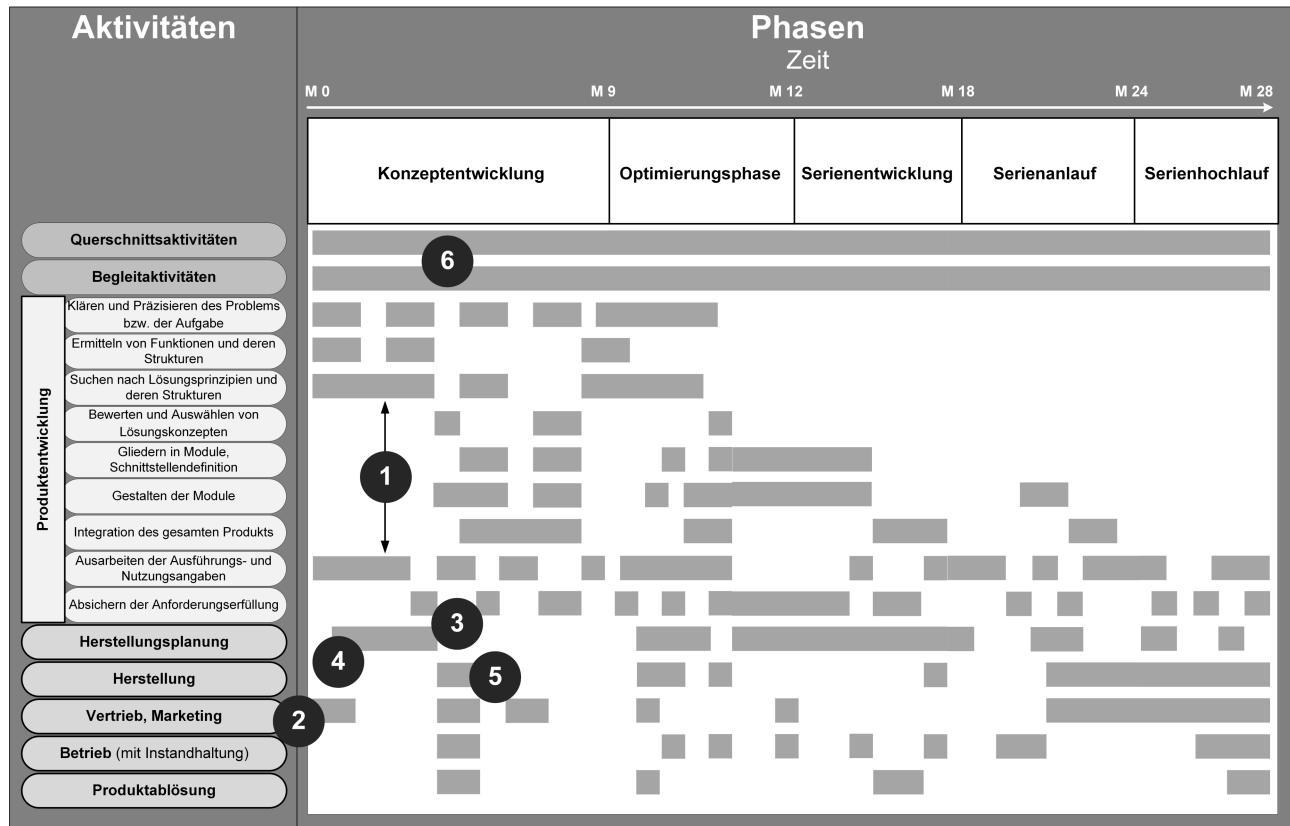


Bild A1. Prozessbeschreibung am Beispiel SE bei einem Automobilzulieferer (Zur Erläuterung der Ziffern siehe Tabelle A2.)

Tabelle A2. Maßnahmen der Prozessgestaltung am Beispiel SE bei einem Automobilzulieferer

Nr.	Erläuterung
1	Parallelisierung der Teilprozesse „Suche nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen“ und „Ausarbeitung der Ausführungs- und Nutzungsangaben“ durch aufgabenspezifische Arbeitsgruppen
2	Einbindung der Kunden ins Team zum frühzeitigen Abgleich zwischen Produkteigenschaften und Kundenwünschen
3	teamorientierte Entwicklung in Projektgruppen mit parallelem Einsatz von rechnerunterstützten Simulations- und Berechnungsverfahren sowie experimentellen Erprobungen und Eigenschaftsabsicherungen an Einzelementen unter Funktionsgesichtspunkten und am Gesamtsystem
4	frühzeitige Einbeziehung von Produktionsbereichen und Zulieferern zur fertigungs- und montagegerechten Gestaltung
5	frühzeitige Herstellung von Prototypen zur Validierung im Gesamtsystem
6	Einbinden unterschiedlicher Fachabteilungen (z.B. Qualitäts- und Kostenmanagement) in den Produktentstehungsprozess im Rahmen der Querschnitts- und Begleitaktivitäten

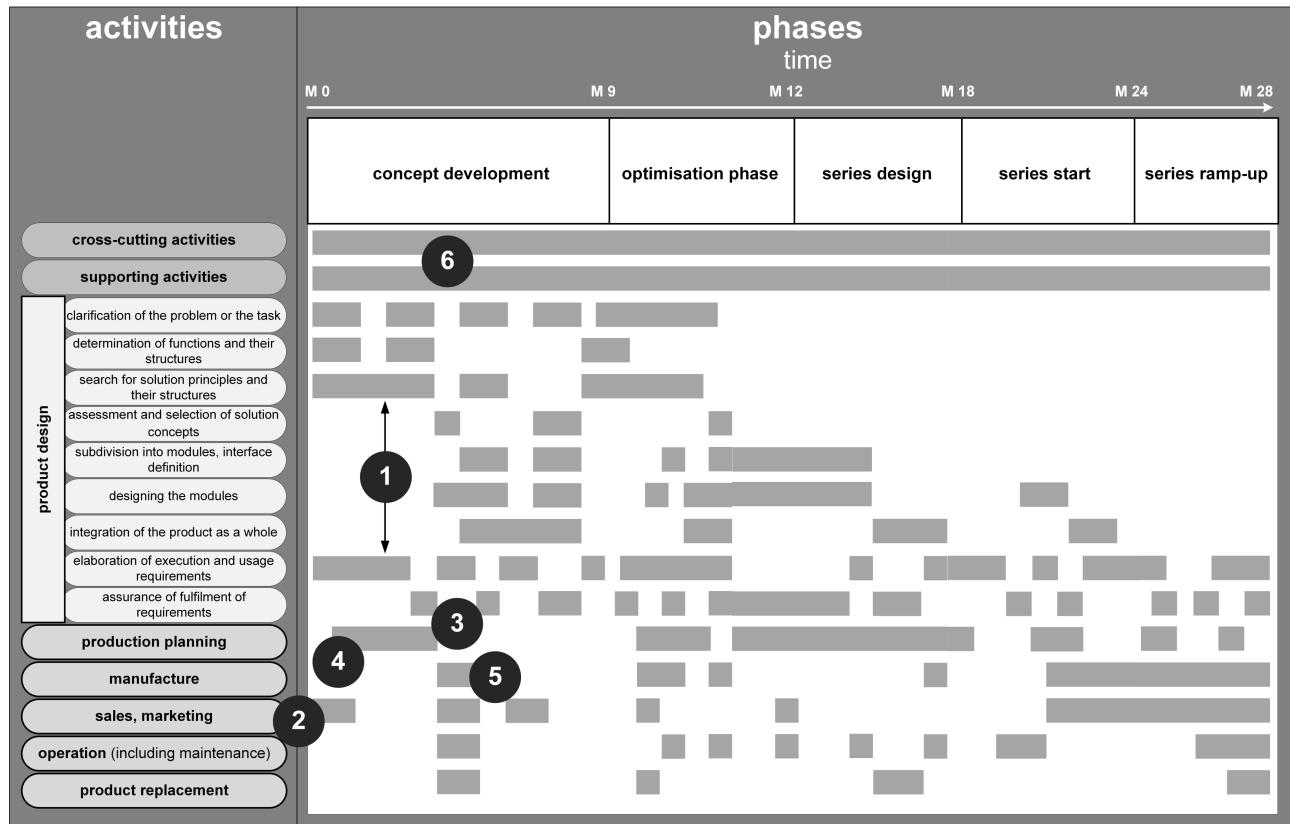


Figure A1. Process description: the example of SE for an automotive supplier (For an explanation of the figures, see Table A2.)

Table A2. Process design measures using the example of SE for an automotive supplier

No.	Commentary
1	parallelisation of the subprocesses “search for solution principles and their structures” and “elaboration of the details of execution and use” by means of task-specific workgroups
2	integration of the customers into the team for the timely coordination of product characteristics and customer requirements
3	team-oriented design in project groups with parallel use of computer-assisted simulation and calculation as well as experimental trials and assurance of properties for individual elements under functional aspects and for the overall system
4	timely inclusion of production areas and suppliers for a configuration which is suitable for manufacturing and assembly
5	timely manufacture of prototypes for validation in the overall system
6	integration of different specialist departments (such as quality and cost management) into the process of product creation as part of the accompanying and cross-cutting activities

Produkte werden auf diese Weise in unterschiedlichen Produktgenerationen entwickelt, um gleichzeitig

- das Risiko bei der Produktentwicklung überschaubar zu halten und um
- innovative Produkte auf dem Markt platzieren zu können.

A2.2 Beschreibung des Entwicklungsprozesses und Konsequenzen der Prozessgestaltung

Am Beispiel eines Fahrzeugentstehungsprozesses wird das Produkt in den frühen Phasen zunächst in einer ersten Produktbeschreibung anhand der Komponenten sowie der technischen Parameter beschrieben. Darauf aufbauend folgen die Phasen der Konzeptentwicklung, der Serienentwicklung, des Serienanlaufs und des Serienhochlaufs. In Bild A2 wird dargestellt, wie sich die theoretischen Denkansätze der Produktgenerationsentwicklung in die Praxis umsetzen lassen und welche Aktivitäten in den jeweiligen Phasen von Bedeutung sein können.

Im Vergleich zum allgemeinen Modell der Produktentwicklung unterscheidet sich das gezeigte Beispiel der Produktgenerationsentwicklung im Wesentlichen durch die in Tabelle A3 beispielhaft aufgeführten Prozessgestaltungen.

In this way, products are designed in different product generations in order to

- minimize the risk in product design and to
- be able to position innovative products in the market.

A2.2 Description of the design process and consequences of process configuration

Using the example of a vehicle creation process, the product is described in the early phases in an initial product description by means of the components and the technical parameters. The phases of concept design, series design, series start, and series ramp-up then follow. Figure A2 shows how the theoretical approaches of product generation design can be implemented in practice and which activities can be of significance in each phase.

In comparison with the general model of product design, the example of product generation design shown here mainly differs in terms of the process configurations given as examples in Table A3.

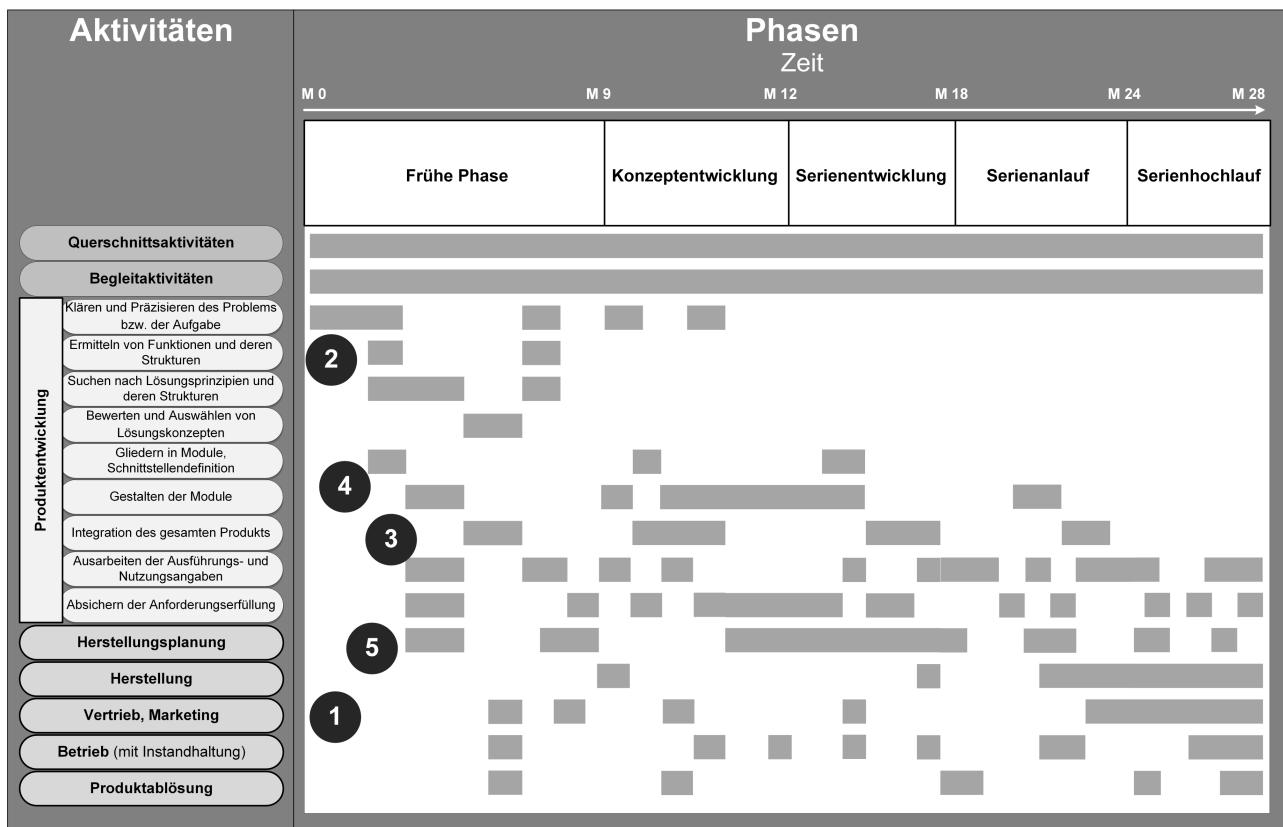


Bild A2. Prozessbeschreibung am Beispiel eines Automobilherstellers (Zur Erläuterung der Ziffern siehe Tabelle A3.)

Tabelle A3. Maßnahmen der Prozessgestaltung am Beispiel eines Automobilherstellers

Nr.	Erläuterung
1	Durch die Analyse der Referenzprodukte werden Informationen (z.B. die Kundenzufriedenheit, die Kosten, das Gewicht) genutzt, um frühzeitig neue Ziele zu beschreiben.
2	Die Funktionsstrukturen und Modulschnittstellen werden im Wesentlichen aus den Referenzprodukten übernommen.
3	Es erfolgt eine frühzeitige Integration überarbeiteter oder neu entwickelter Module in das Referenzprodukt, um die kritischen Elemente frühzeitig zu validieren.
4	Die kreative Entwicklungsleistung wird auf die Neuentwicklungsanteile fokussiert, um beispielsweise einen erweiterten Kundennutzen zu erzielen oder neue Gesetzesanforderungen zu erfüllen.
5	Bestehende Herstellungswerzeuge und Fertigungsinfrastrukturen können wiederverwendet werden und haben dadurch einen weitreichenden Einfluss auf die Gestaltung der Module.

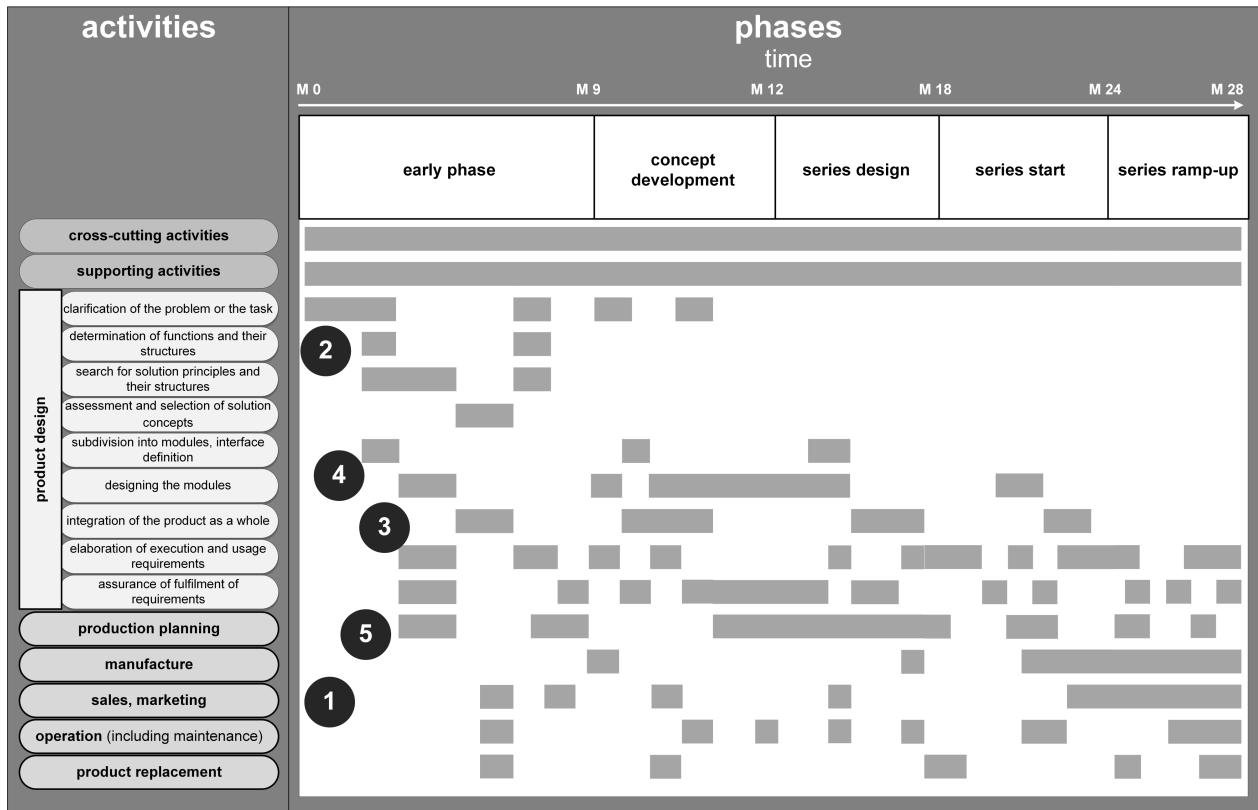


Figure A2. Process description: the example of an automotive manufacturer (For an explanation of the figures, see Table A3.)

Table A3. Process configuration measures: the example of an automotive manufacturer

No.	Commentary
1	As a result of the analysis of the reference products, information (for example on customer satisfaction, cost and weight) is used to describe new objectives at an early stage.
2	The functional structures and module interfaces are mainly taken over from the reference products.
3	Revised or newly designed modules are integrated into the reference product at an early stage in order to validate the critical elements in good time.
4	The creative design work focuses on the newly designed parts, for example in order to achieve enhanced customer benefit or fulfil new legal requirements.
5	Existing manufacturing tools and production infrastructures can be re-used, giving them a wide-ranging influence on the configuration of the modules.

A3 Maschinenbauunternehmen – Standard- und Sondermaschinen

A3.1 Beschreibung des Entwicklungskontexts

Mittelständische Unternehmen des Maschinenbaus gehören zu den wichtigsten Trägern der deutschen Wirtschaft. Die Produkte sind meist gekennzeichnet durch eine mittlere bis hohe Komplexität und eine große Anzahl von Varianten. Das Produktprogramm ist häufig unterteilt in Standardlösungen, die über einen Katalog bestellt werden können, und in kundenspezifische Sonderlösungen. Im Gegensatz zu den Standardprodukten erfordern die Sonderlösungen einen auftragsspezifischen Entwick-

A3 Mechanical engineering companies – Standard and special-purpose machines

A3.1 Description of the design context

Medium-sized mechanical engineering companies are some of the principal pillars of the German economy. The products are usually characterized by medium to high complexity and a large number of variants. The product range is often subdivided into standard solutions, which can be ordered via a catalogue, and customer-specific special solutions. In contrast to the standard products, the special-purpose solutions require an order-specific design effort. The customer-specific solutions have a

lungsaufwand. Die kundenspezifischen Lösungen besitzen eine höhere Produktkomplexität im Vergleich zu den Standardlösungen.

Kennzeichnend für das beschriebene Unternehmen ist, dass es seinen Hauptmarkt in Europa besitzt, gleichzeitig aber in wichtigen Märkten in Asien und den USA vertreten ist und teilweise auch dort produziert. Sondermaschinen werden fast ausschließlich im europäischen Markt verkauft, da für diese ein enger Kontakt zum Kunden notwendig ist. Der Wettbewerbsdruck bei den Standardmaschinen ist insbesondere durch neue Wettbewerber aus Asien stark angestiegen.

Die Zweiteilung des Produktprogramms in Standard- und Sondermaschinen spiegelt sich auch in der Aufbauorganisation des Unternehmens wider, allerdings in diesem Unternehmen nicht im Bereich der Produktentwicklung. Die Produktentwicklung als Organisationseinheit muss im betreffenden Unternehmen sowohl den Bereich der Sondermaschinen als auch den der Standardmaschinen bedienen. Die unterschiedlichen Anforderungen an Standard- und Sondermaschinen verlangten aber unterschiedliche Entwicklungsprozesse, abgestimmt auf die spezifischen Erfordernisse der jeweiligen Maschinen.

A3.2 Beschreibung des Entwicklungsprozesses und der Konsequenzen der Prozessgestaltung – Standardmaschinen

Der Entwicklungsprozess für Standardmaschinen ist – im Vergleich zur Entwicklung von Sondermaschinen im Unternehmen – durch eine Produktplanung gekennzeichnet, in der festgelegt wird, welche Produkte neu- oder weiterentwickelt werden müssen.

Dies erfolgt für den relevanten Markt auf Basis einer wohldefinierten Auswahl potenzieller, in der Regel jedoch anonymer Kunden bzw. Kundengruppen. Nach der Auswahl einer Idee oder mehrerer Ideen, die weiterverfolgt werden sollen, wird in der Produktdefinitionsphase das interne Lastenheft erstellt. Dieses erfolgt, indem die Aufgabenstellung präzisiert wird, Markt- und Wettbewerbsdaten zusammengetragen werden, das Produkt positioniert wird und wesentliche technische Daten festgelegt werden.

In der Konzeptphase werden, in Zusammenarbeit von Industriedesign, Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung, auf Basis eines abgestimmten Pflichtenhefts unterschiedliche Lösungskonzepte erarbeitet, erste Bauteile und Baugruppen erprobt sowie technisch und wirtschaftlich bewertet.

higher product complexity than the standard solutions.

It is characteristic for the company described that it has its principal market in Europe but is simultaneously represented in important markets in Asia and the US and partly produces there too. Special-purpose machines are almost exclusively sold in the European market, as they require close contact to the customer. The competitive pressure for standard machines has increased strongly, in particular due to new competitors from Asia.

The subdivision of the product range into standard and special-purpose machines is also mirrored in the structural organisation of the company, but not in the field of product design in the case of the company shown here. In the company in question, product design as an organisational unit shall serve the field of special-purpose machines as well as that of standard machines. However, the differing demands made on standard machines and special-purpose machines require different design processes coordinated with the specific requirements of the machines in each case.

A3.2 Description of the design process and the consequences of process design – Standard machines

In comparison with the design of special-purpose machines in a company, the design process for standard machines is characterised by a product planning process determining which products are to be newly designed or further developed.

This happens for the relevant market on the basis of a well-defined selection of potential but usually anonymous customers or customer groups. After the selection of one or more ideas, which are to be pursued further, the internal technical specification is created in the product definition phase. This is done by specifying the task more precisely, compiling data on the market and the competition, positioning the product and defining essential technical data.

In the concept phase, different solution concepts are elaborated and first components and modules tested and assessed technically and economically by means of cooperation between industrial design and the design of mechanics, electronics and software on the basis of a coordinated functional technical specification.

In der folgenden Phase der Serienentwicklung wird das ausgewählte Konzept detailliert ausgearbeitet und erprobt. Parallel dazu wird der Herstellungsprozess geplant und realisiert. Die Erprobung der Gesamtmaschine erfolgt im Unternehmen selbst und im Rahmen von ausgiebigen Feldtests bei potenziellen Kunden.

Nach Abschluss der Serienentwicklung werden erste Maschinen unter Nutzung des Serienproduktionsprozesses hergestellt, technische Probleme des Produkts an die Entwicklung rückgemeldet, die dafür Lösungen erarbeitet und umsetzt, bevor dann die Serienproduktion beginnt.

Im Vergleich zum allgemeinen Modell der Produktentwicklung unterscheidet sich das gezeigte Beispiel der Entwicklung von Standardmaschinen im Wesentlichen durch die in Bild A3 und Tabelle A4 beispielhaft aufgeführten Prozessgestaltungen.

A3.3 Beschreibung des Entwicklungsprozesses und Konsequenzen der Prozessgestaltung – Sondermaschinen

Bei der Entwicklung von kundenspezifischen Sondermaschinen ist der Entwicklungsbereich des beschriebenen Unternehmens bereits während der Auftragsklärung – noch vor der Auftragserteilung durch den Kunden – eingebunden.

Die Entwicklung unterstützt den Vertriebsbereich bei der Analyse der prinzipiellen Machbarkeit der Maschinen.

In the subsequent phase of series design, the concept selected is elaborated in detail and tested. In parallel, the manufacturing process is planned and implemented. The machine as a whole is tested in the company itself and on the premises of potential customers as part of extensive field tests.

After completion of series design, first machines are manufactured using the series production process and technical problems of the product are fed back to the designers, who elaborate and realise solutions to the problems and implement them before series production starts.

In comparison with the general model of product design, the example of standard machine design shown here mainly differs in terms of the process configurations shown as examples in Figure A3 and Table A4.

A3.3 Description of the design process and consequences of process configuration – Special-purpose machines

In the design of customer-specific special-purpose machines, the design division of the company described is already integrated during order clarification before the customer places the order.

The design division supports the sales and distribution division in the analysis of the fundamental feasibility of the machines.

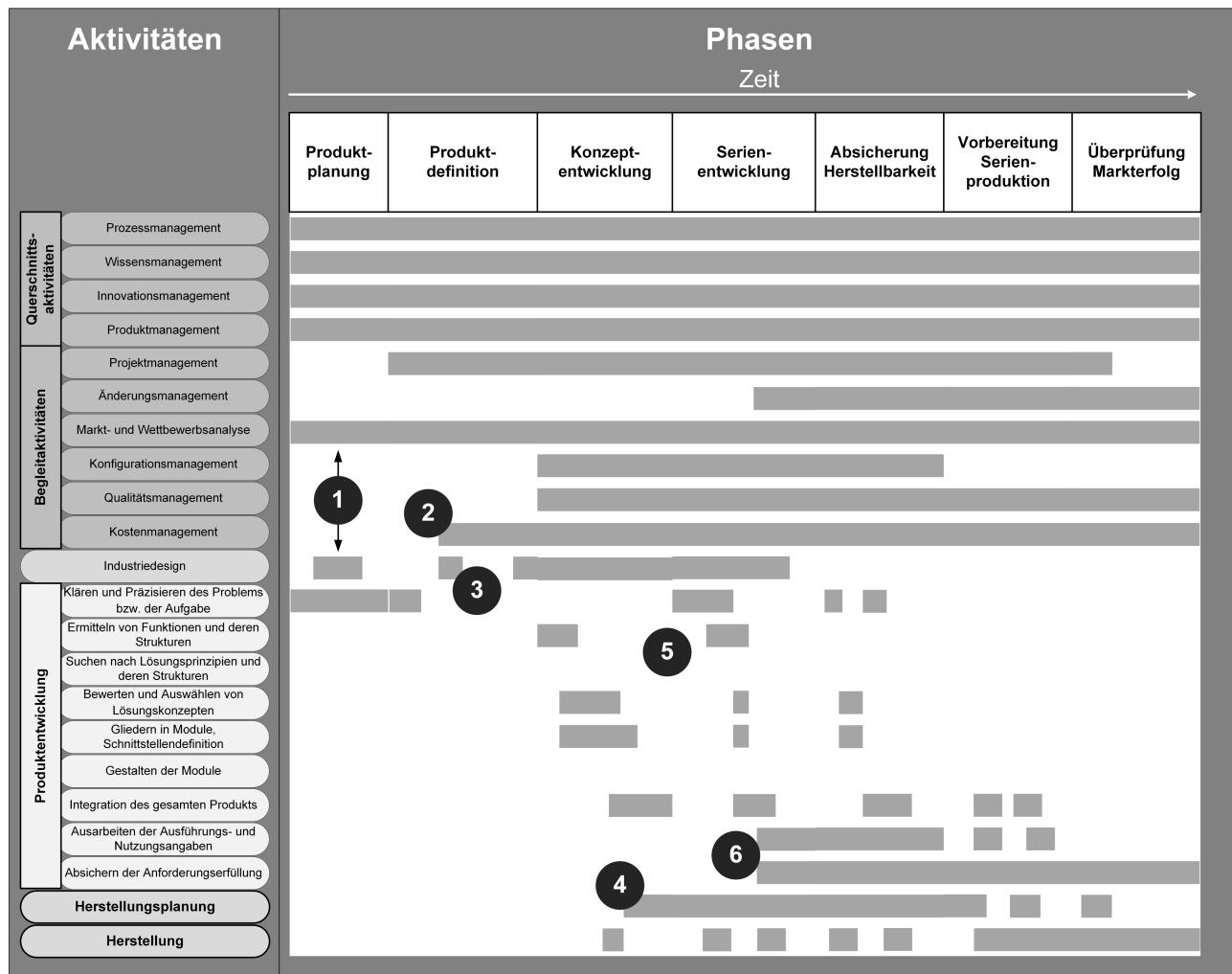


Bild A3. Prozessbeschreibung am Beispiel Entwicklung von Standardmaschinen im Maschinenbau (Zur Erläuterung der Ziffern siehe Tabelle A4.)

Tabelle A4. Maßnahmen der Prozessgestaltung am Beispiel Entwicklung von Standardmaschinen im Maschinenbau

Nr.	Erläuterung
1	Intensive Zusammenarbeit zwischen der Produktentwicklung im Unternehmen, den Querschnittsbereichen sowie dem Industriedesign in der Produktplanung zur Ideengenerierung. Dabei kann auf ausführliche Informationen der Markt- und Wettbewerbsanalyse zurückgegriffen werden.
2	Aufgrund des starken Wettbewerbsdrucks findet ein konsequentes Kostenmanagement statt, das den Entwicklungsprozess, beginnend mit der Produktdefinition, begleitet und auf die Einhaltung der definierten Zielherstellkosten achtet.
3	Wichtig für die Wiedererkennung der Maschinen, für die Gestaltung einer fortschrittlichen, ergonomischen Nutzerschnittstelle, aber auch zur Vermittlung der Corporate Identity des Unternehmens, ist das Industriedesign. Es ist im betrachteten Unternehmen als fester Bestandteil der Entwicklungsarbeit eng in den Entwicklungsprozess einzbezogen. Das Industriedesign begleitet den Entwicklungsprozess bis zur Serienfreigabe der Maschinen (siehe hierzu auch VDI/VDI 2424).
4	Die Planung und Realisierung des Produktionsprozesses erfolgt frühzeitig, parallel zur Maschinenentwicklung.
5	Grundlegende Phasen im Produktentwicklungsablauf aus dem allgemeinen Modell der Produktentwicklung (Ermitteln von Funktionen und deren Struktur, Gliedern in Module, Schnittstellendefinition, Integration des gesamten Produkts) werden in unterschiedlichen Phasen der Produktentwicklung mehrfach durchlaufen.
6	Bei Standardmaschinen wird besonderer Wert auf die Absicherung der Herstellbarkeit gelegt, um so eine hohe Qualität der Maschinen zu erreichen. Die Absicherung erfolgt durch frühzeitige Bauteil- und Baugruppenerprobung, Prototypenprobungen im Unternehmen und im Feld bei potenziellen Kunden.

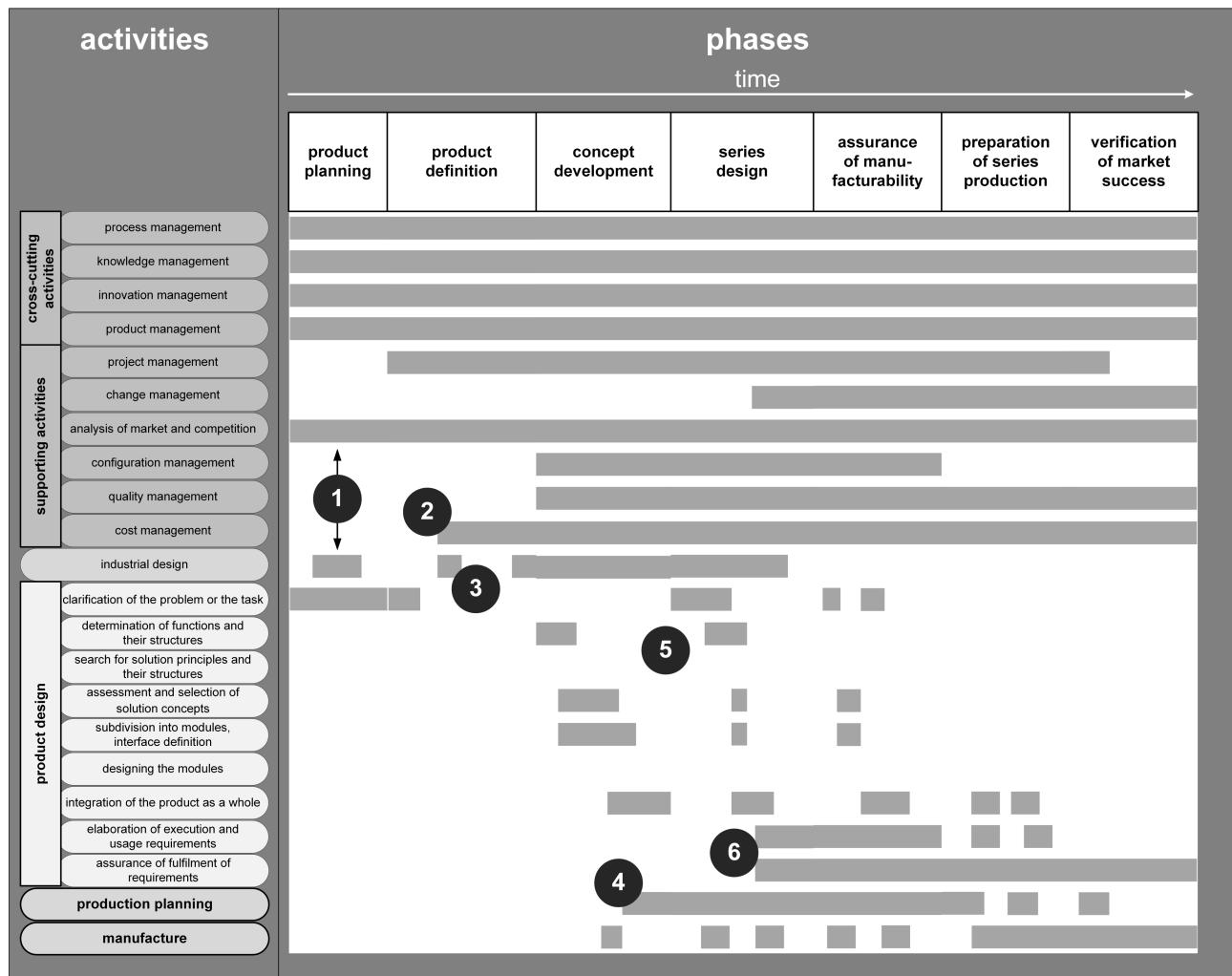


Figure A3. Process description: the example of the design of standard machines in mechanical engineering
(For an explanation of the figures, see Table A4.)

Table A4. Process configuration measures using the example of the design of standard machines in mechanical engineering

No.	Commentary
1	Intensive cooperation between corporate product design and the cross-cutting areas as well as industrial design in product planning in order to generate ideas. Detailed information provided by the analysis of the market and the competition can be resorted to here.
2	As a result of the strong competitive pressure, consistent cost management accompanies the design process starting with the product definition and ensures that the manufacturing costs aimed at are complied with.
3	Industrial design is important for making the machines recognisable and configuring an advanced ergonomic user interface, but also for communicating the corporate identity of the company. In the company considered here, industrial design is closely integrated into the design process as a permanent component of design work. Industrial design accompanies the design process up until the series approval of the machines (see also VDI/VDID 2424 here).
4	The planning and implementation of the production process are performed as early as possible and in parallel with the designing of the machine.
5	Fundamental phases of the product design process stemming from the general model of product design (determination of functions and their structure, subdivision into modules, interface definition, integration of the product as a whole) are run through several times in different phases of product design.
6	In the case of standard machines, special value is attached to assuring the manufacturability in order to achieve high quality for the machines. Assurance takes place by means of the timely testing of components and modules as well as prototype testing in the company and in the field on the premises of potential customers.

In der Phase der Angebotserstellung sind vom Entwicklungsbereich Lösungskonzepte zu erarbeiten und deren Kosten abzuschätzen („Projektierung“).

Nach der Auftragserteilung durch den Kunden erfolgt die detaillierte Entwicklung der Maschinen durch Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung. Dabei sind gegebenenfalls noch einmal, aufgrund der Forderungen des mit dem Kunden vereinbarten Lastenhefts, Änderungen der technischen Spezifikation oder Konzeptanpassungen notwendig. Die Maschinen werden in großen Teilen aus bestehenden Baugruppen zusammengesetzt, wobei hier auch auf Komponenten der Standardmaschinen zurückgegriffen wird. Für spezifische Funktionen werden neue Lösungen erarbeitet. Teilebeschaffung, Teilefertigung und Montage von Baugruppen der Gesamtmaschine erfolgen parallel zur Entwicklung der Maschine. Die Validierung umfasst jeweils die Absicherung der Funktion einzelner Baugruppen sowie der Gesamtmaschine bis hin zur Abnahme der Maschine beim Kunden. Ein konsequentes Kostenmanagement während der Entwicklung und Realisierung der Maschine ist essenziell, um so den wirtschaftlichen Erfolg des Projekts abzusichern.

Im Vergleich zum allgemeinen Modell der Produktentwicklung unterscheidet sich das gezeigte Beispiel der Entwicklung von Sondermaschinen im Wesentlichen durch die in Bild A4 und Tabelle A5 beispielhaft aufgeführten Prozessgestaltungen.

A4 Hersteller von Elektrogeräten

A4.1 Beschreibung des Entwicklungskontexts

Das Unternehmen entwickelt handgeführte und teilstationäre Elektrogeräte niedriger bis mittlerer Komplexität, die ausschließlich in Serie produziert werden. Das Produktprogramm umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte, die wiederum in mehreren Varianten angeboten werden. Die Produkte werden von Konsumenten und industriellen Kunden gekauft. Die Entwicklung der Produkte orientiert sich im Wesentlichen an den Anforderungen der industriellen Kunden. Der Vertrieb der Produkte erfolgt weltweit über den Fachhandel.

Das Unternehmen verfolgt das strategische Ziel der Innovationsführerschaft bei Kerntechnologien der Produkte. Neben der technischen Funktionalität legt das Unternehmen sehr großen Wert auf das Industriedesign seiner Geräte.

In the offer creation phase, solution concepts are to be elaborated by the design department and their costs estimated (“project planning”).

After the customer places the order, the machines are designed in detail in terms of mechanics, electronics and software. As a result of the demands made in the technical specification agreed upon with the customer, changes of the technical specification or concept adjustments may be necessary. Large parts of the machines are assembled from existing modules. Components of the standard machines are used here too. New solutions are elaborated for specific functions. Acquisition and manufacture of parts as well as the assembly of modules belonging to the machine as a whole are performed in parallel with the design of the machine. Validation comprises the assurance of the function of individual modules in each case and that of the machine as a whole up until the approval of the machine by the customer. Consistent cost management during design and realization of the machine is essential in order to ensure the economic success of the machine.

In comparison with the general model of product design, the example of the development of special-purpose machines shown here mainly differs in terms of the process configurations shown as examples in Figure A4 and Table A5.

A4 Manufacturers of electrical appliances

A4.1 Description of the design context

The company designs hand-held and semi-stationary electrical appliances of low to medium complexity, which are all produced in series. The product range includes a large number of different products, which are in turn available in several variants. The products are purchased by consumers and industrial customers. The design of the products mainly follows the requirements of the industrial customers. The specialist trade takes care of the sale and distribution of the products worldwide.

The company pursues the strategic aim of innovation leadership for core technologies used in the products. Besides the technical functions, the company attaches great value to the industrial design of its appliances.

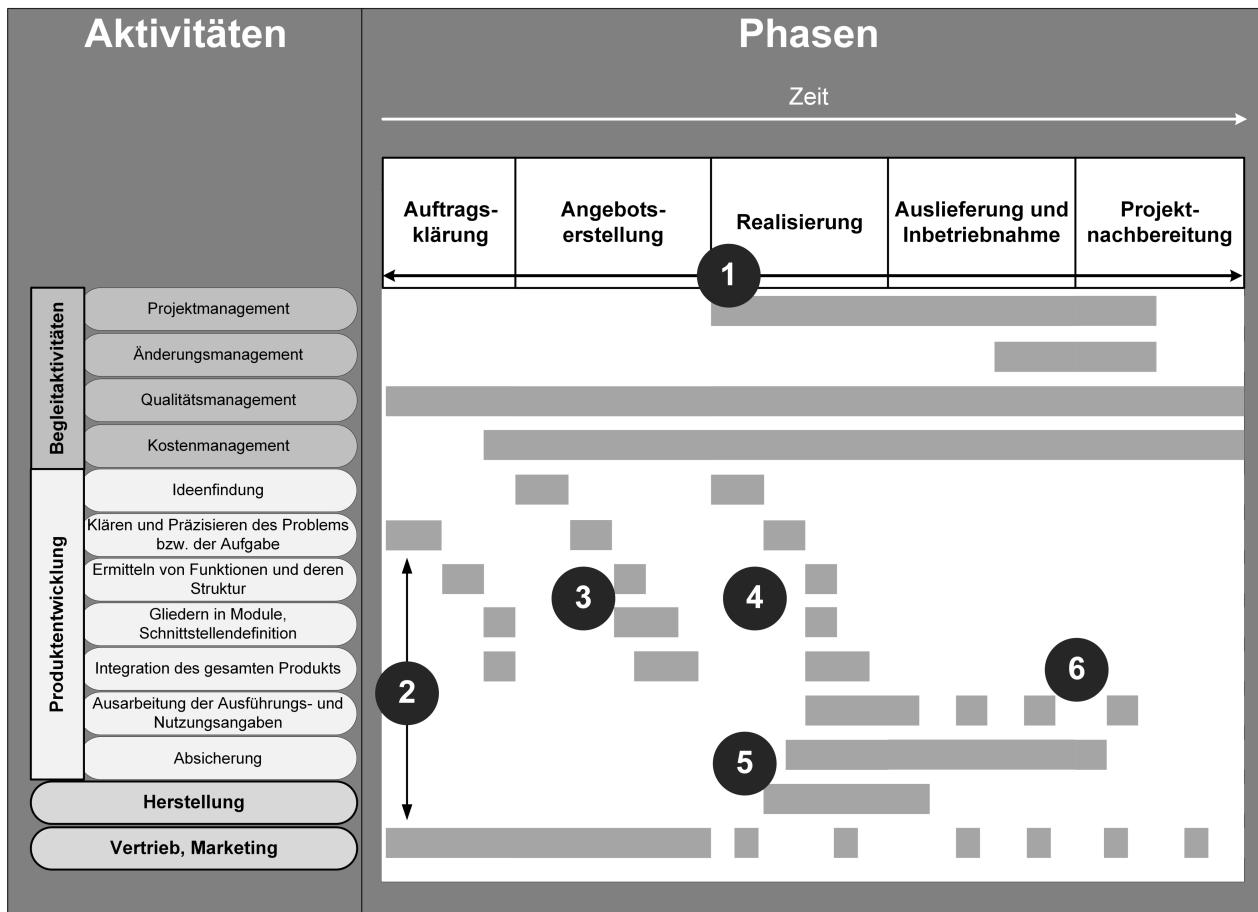


Bild A4. Prozessbeschreibung Beispiel Entwicklung von Sondermaschinen im Maschinenbau (Zur Erläuterung der Ziffern siehe Tabelle A5.)

Tabelle A5. Maßnahmen der Prozessgestaltung am Beispiel „Entwicklung von Sondermaschinen im Maschinenbau“

Nr.	Erläuterung
1	Entwicklungsarbeit findet in allen Phasen, von der Auftragsklärung bis zur Projektnachbereitung, statt. Zwischen den Phasen Auftragsklärung und Angebotserstellung sowie Angebotserstellung und Realisierung können längere Wartezeiten liegen.
2	Die Entwicklung ist bereits während der Klärung des Auftrags durch den Vertrieb mit eingebunden. Die Produktentwicklung hat direkten Kundenkontakt, um die genauen technischen Anforderungen an die Maschinen und die technische Machbarkeit zu klären. Erste Ansätze zur möglichen Realisierung werden auf Basis bekannter Baugruppen erarbeitet. Die Erkenntnisse aus der Auftragsklärung sind die Basis für den Angebotspreis bzw. für die Entscheidung, ob ein Angebot abgegeben wird oder nicht.
3	In der Phase der Angebotserstellung werden von der Entwicklung in enger Abstimmung mit dem Vertrieb prinzipielle Lösungskonzepte für die Aufgabenstellung erarbeitet und bewertet. Dazu werden erneut die Arbeitsschritte von der Ideenfindung bis zur Integration durchlaufen. Im betrachteten Unternehmen wird in dieser Phase ein Projektleiter benannt, der mit der Auftragserteilung die Verantwortung für das Projekt übernimmt.
4	Die endgültige Auftragserteilung durch den Kunden ist häufig mit Änderungen des Lastenhefts und des Zielpreises verbunden, sodass in der Realisierungsphase erneut der Prozess der Lösungssuche durchlaufen werden muss.
5	Typisch für den Sondermaschinenbau ist der frühzeitige Beginn der Herstellung der Maschinen. Beschaffungsprozesse für Komponenten, Vormontage von Baugruppen, Montage der Gesamtmaschinen müssen beginnen, bevor die Entwicklungsarbeiten komplett abgeschlossen sind.
6	Ausführungs- und Nutzungsunterlagen werden angepasst und auf den aktuellen Stand gebracht, bis die endgültige Abnahme der Maschine durch den Kunden erfolgt ist.

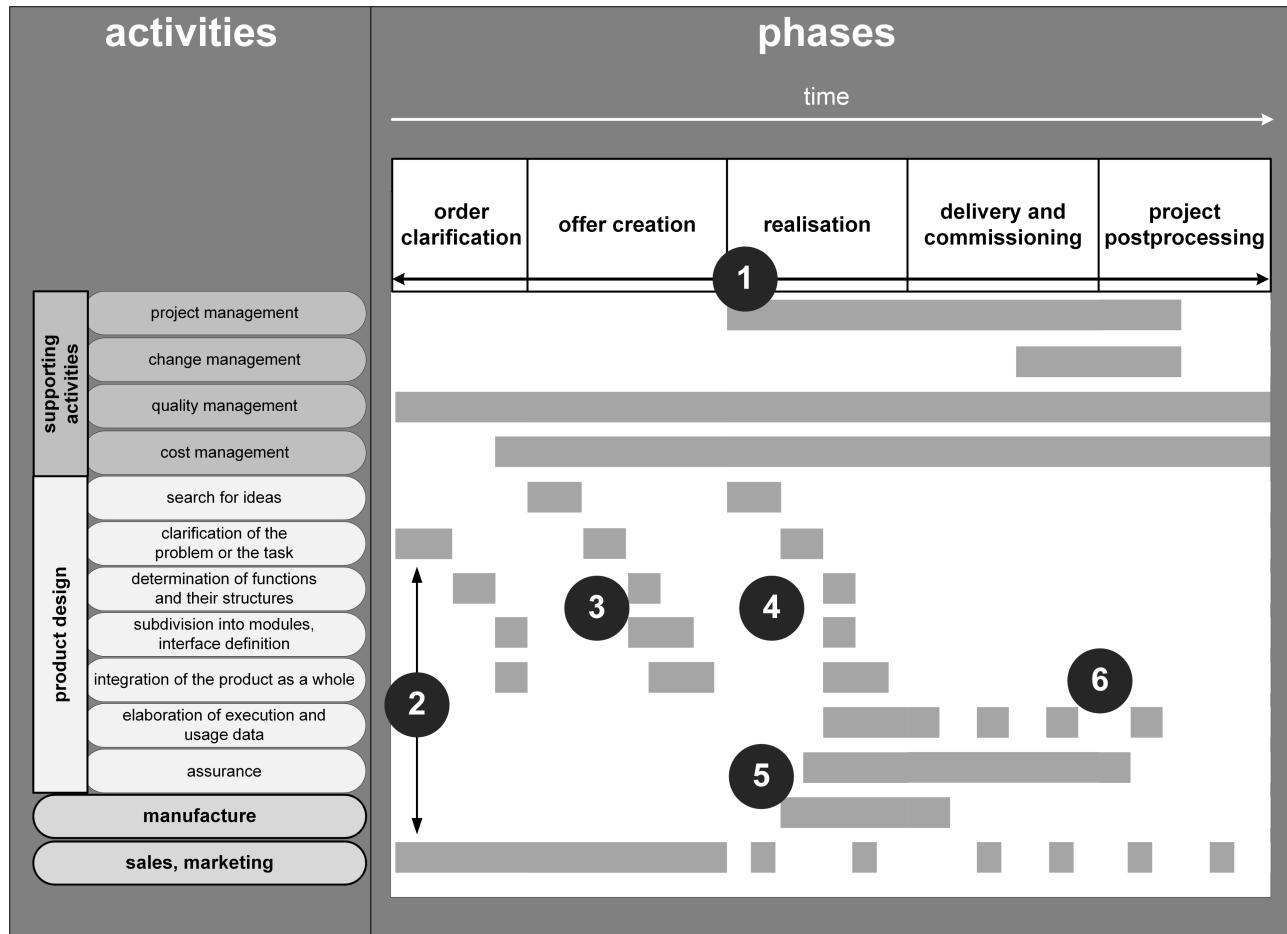


Figure A4. Process description: the example of the design of special-purpose machines in mechanical engineering (For an explanation of the figures, see Table A5.)

Table A5. Process configuration measures: the example “design of special-purpose machines in mechanical engineering”

No.	Commentary
1	Design work takes place in all phases, from order clarification to project postprocessing. There can be relatively long waiting times between order clarification and order creation and between order creation and realisation.
2	Design is integrated early on during the clarification of the order by sales and distribution. The product design division is in direct contact with the customer in order to clarify the precise technical demands made on the machines as well as the technical feasibility. Some initial approaches to possible realisation are elaborated on the basis of well-known modules. The knowledge gained from order clarification forms the basis for the price quoted and/or the decision as to whether an offer is to be provided or not.
3	In the order creation phase, design in close coordination with sales and distribution elaborates and assesses basic solution concepts for the task in hand. For this purpose, the work steps – from finding an idea to integration – are run through again. In the company considered here, a project leader who takes responsibility of the project when the order is placed is appointed in this phase.
4	The final order placement by the customer is often accompanied by changes in the technical specification and the target price, with the result that the process of finding a solution has to be run through again in the implementation phase.
5	Typically, the production of special-purpose machines starts early. Acquisition processes for components, the preassembly of modules and the assembly of the machines as a whole have to begin before the design work has been totally completed.
6	Documentation on execution and use is adapted and updated prior to the final approval of the machine by the customer.

Die Wettbewerbssituation ist einerseits gekennzeichnet durch eine kleine Anzahl von Wettbewerbsunternehmen aus Europa, Asien und Nordamerika, die größer sind als das eigene Unternehmen, andererseits durch eine kleinere Anzahl von Wettbewerbern, die sich auf das Hochpreissegment konzentrieren. Neue Wettbewerber, insbesondere aus Asien, die sich im Niedrigpreissegment bewegen, drängen in den Markt.

Das Unternehmen produziert seine Geräte in Deutschland und Asien.

A4.2 Beschreibung des Entwicklungsprozesses und Konsequenzen der Prozessgestaltung

Als Reaktion auf die sich verändernde Wettbewerbssituation wurden in der Vergangenheit die Entwicklungszeiten deutlich reduziert, bei gleichbleibend hoher Produktqualität.

Der Entwicklungsbereich des Unternehmens ist entsprechend den Produktgruppen in unterschiedliche Bereiche aufgeteilt. Die einzelnen Bereiche sind für die komplette Entwicklung der jeweiligen Produktgruppe bis hin zur Markteinführung verantwortlich. Grundlegende Technologien, die in allen Produkten genutzt werden, werden in einem eigenen Bereich entwickelt. Es ist die Aufgabe der Technologieentwicklung, die spezifischen Produktentwicklungsprojekte mit neuen, abgesicherten Technologien zu versorgen.

Das Industriedesign entsteht in Zusammenarbeit mit einem externen Designbüro, das während des Entwicklungsprozesses sehr eng mit den Entwicklungsbereichen im Unternehmen zusammenarbeitet. Alle Entwicklungsbereiche pflegen eine enge Zusammenarbeit mit ausgewählten Kunden, um Kundenwünsche genau zu erfassen und gezielt in Produkte umzusetzen.

Im Vergleich zum allgemeinen Modell der Produktentwicklung unterscheidet sich das gezeigte Beispiel der Entwicklung von Elektrogeräten im Wesentlichen durch die in Bild A5 und Tabelle A6 beispielhaft aufgeführten Prozessgestaltungen.

The competitive situation is characterised by a small number of competitors from Europe, Asia and North America, which are larger than one's own company and by a smaller number of competitors concentrating on the high-price segment. New competitors, especially from Asia, which move in the low-price segment are forcing their way into the market.

The company produces its appliances in Germany and Asia.

A4.2 Description of the design process and consequences of process configuration

As a reaction to the changing competitive situation, the design times were reduced considerably in the past while the product quality remained constant.

The design division of the company is subdivided into different areas according to the product groups. The individual divisions are responsible for the complete design of the product group in question up until market launch. Fundamental technologies used in all products are designed in a special division. The task of technology design is to supply the specific product design projects with new assured technologies.

Industrial design comes into being in conjunction with an external design bureau, which cooperates closely with the design divisions of the company during the design process. All design divisions maintain close cooperation with selected customers in order to precisely record customer requirements and implement products designed to meet these requirements.

In comparison with the general model of product design, the example of the design of electrical appliances shown here mainly differs as to the process configurations listed as examples in Figure A5 and Table A6.

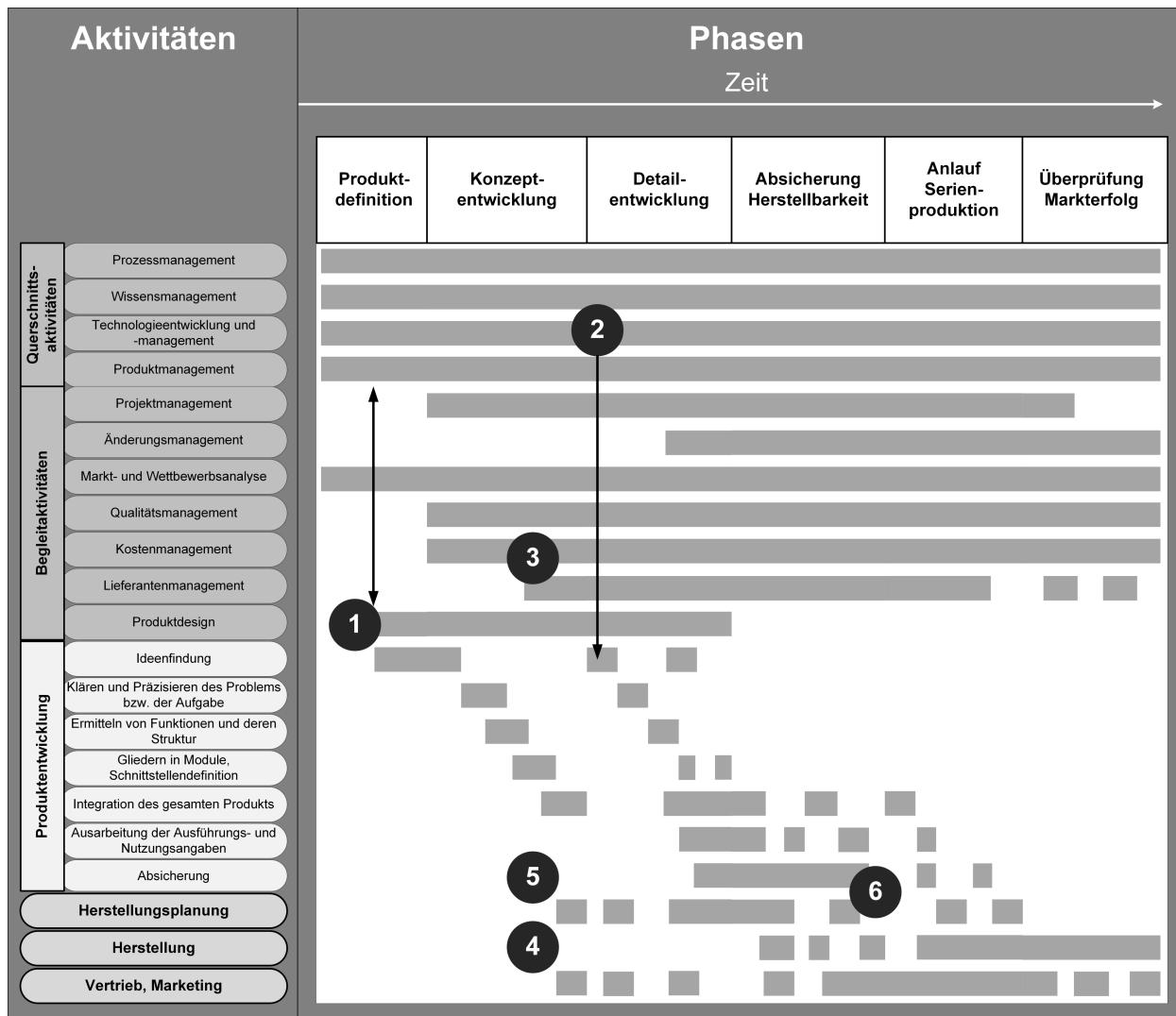


Bild A5. Prozessbeschreibung am Beispiel Entwicklung von Elektrogeräten (Zur Erläuterung der Ziffern siehe Tabelle A6.)

Tabelle A6. Maßnahmen der Prozessgestaltung am Beispiel Entwicklung von Elektrogeräten

Nr.	Erläuterung
1	Produktentwicklung, Industriedesign und Technologieentwicklung erarbeiten in Abstimmung mit dem Produktmanagement erste Ideen für die Neuentwicklung eines Produkts oder die Weiterentwicklung eines vorhandenen Produkts. Das Produktmanagement führt kontinuierlich Markt- und Wettbewerbsanalysen durch und erstellt auf dieser Basis, unter Berücksichtigung der Unternehmensstrategie, Lastenhefte für die Elektrogeräte.
2	Die Technologieentwicklung unterstützt die Konzeptentwicklung und liefert abgesicherte Technologien für die eigentliche Geräteentwicklung zu.
3	Da für das Produkt ein hoher Anteil an Komponenten zugekauft wird, ist eine Einbindung des Lieferantenmanagements bereits bei der Konzeptentwicklung erforderlich. So kann das Lieferantenmanagement frühzeitig geeignete Lieferanten auswählen, um mit diesen parallel zur Entwicklung Lieferbedingungen zu klären.
4	Die geeigneten Vertriebs- und Marketingaktivitäten werden frühzeitig geplant, um die festgelegten Absatzzahlen für neue Geräte zu sichern. Geplante Stückzahlen beeinflussen wesentlich die von der Entwicklung zu erarbeitenden technischen Lösungen für die Elektrogeräte.
5	Zur Herstellungsplanung gehört für jedes Elektrogerät auch die Planung und Beschaffung der notwendigen Werkzeuge. Aufgrund langer Beschaffungszeiten für die Werkzeuge ist die Herstellungsplanung frühzeitig in den Entwicklungsprozess einzubinden.
6	Um das geforderte hohe Qualitätsniveau der Elektrogeräte zu erreichen, muss sichergestellt sein, dass sich die Geräte mithilfe der geplanten Herstellungsprozesse wie gefordert fertigen lassen. Dazu sind der Herstellungsprozess und das Produkt iterativ zu optimieren.

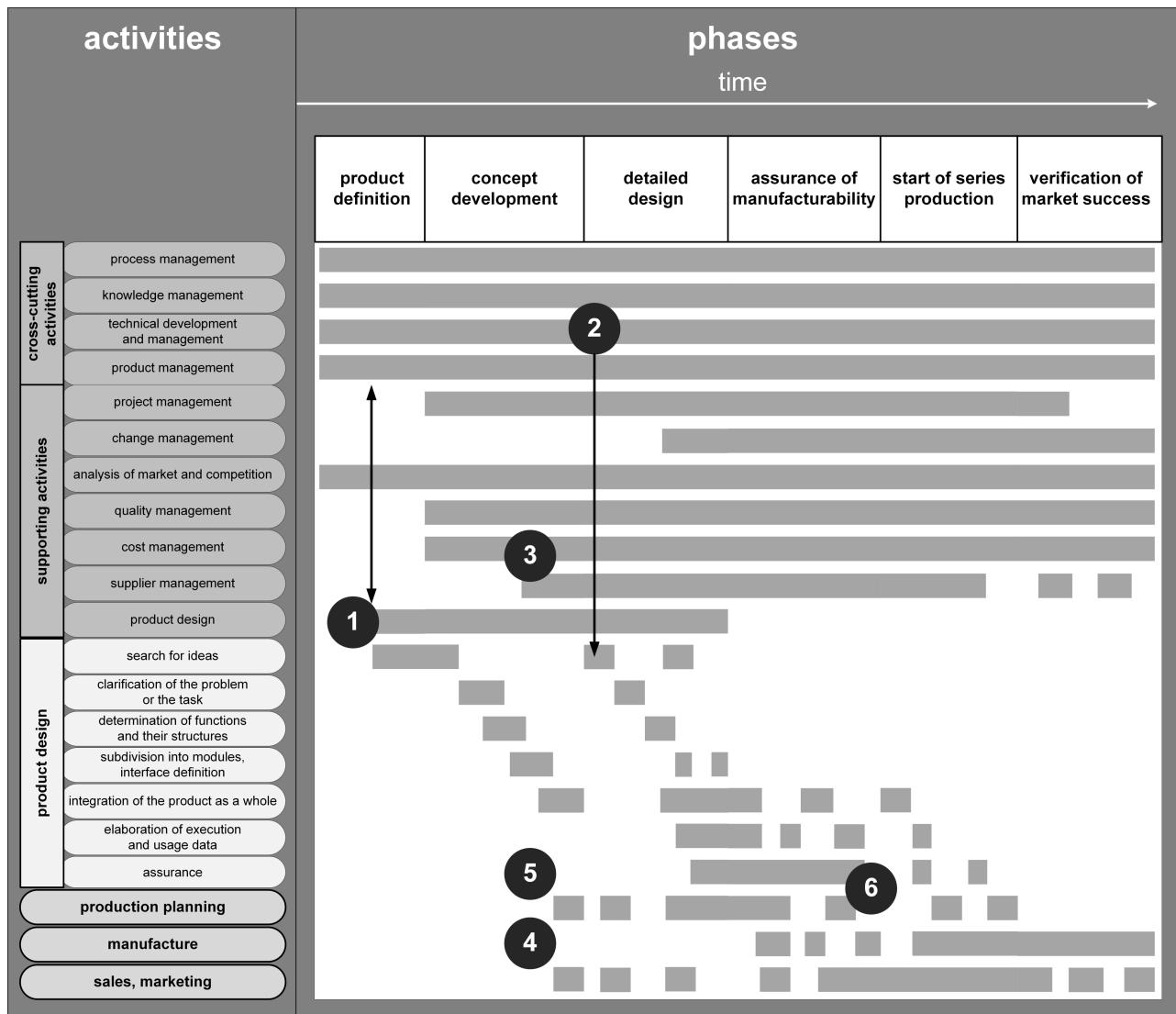


Figure A5. Process description: the example of the design of electrical appliances (For an explanation of the figures, see Table A6.)

Table A6. Process design measures using the example of the design of electrical appliances

No.	Commentary
1	In coordination with product management, product design and industrial design and technology elaborate initial ideas for designing a new product or redesigning an existing one. Product management constantly performs analyses of the market and the competition. On this basis, technical specifications for the electrical appliances are created while taking the corporate strategy into account.
2	Technology design supports concept design and provides assured technologies for the actual design of the appliances.
3	As a large proportion of components are newly purchased for the product, it is necessary to integrate supplier managements early on during concept design. In this way, supplier management can select suitable suppliers at an early stage in order to clarify delivery conditions in parallel with design.
4	The appropriate sales and marketing activities are planned at an early stage in order to secure the defined sales figures for new appliances. Planned numbers of pieces have a great effect on the solutions for the electrical appliances to be elaborated by the design division.
5	For each electrical appliance, the planning and acquisition of the necessary tools is part of production planning. As a result of long acquisition times for the tools, production planning are to be integrated into the manufacturing process at an early stage.
6	In order to achieve the necessary high quality standard of the electrical appliances, it has to be guaranteed that the appliances can be produced as required by means of the manufacturing processes planned. The manufacturing process and the product shall be iteratively optimized for this purpose.

A5 Studentisches Entwicklungsprojekt

A5.1 Beschreibung des Entwicklungskontexts

Das studentische Entwicklungsprojekt wird in einem Masterstudiengang des Maschinenbaus angeboten, um über eine Laufzeit von fünf Monaten Methoden und Prozesse der Produktentwicklung zu vermitteln und diese an realen Aufgabenstellungen in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner anzuwenden [19].

Die Zielsetzung des Entwicklungsprojekts liegt in der Erarbeitung und Entwicklung von Produktkonzepten mit hohem Innovationspotenzial.

Darüber hinaus ist ein wesentlicher Schwerpunkt die Nachweisführung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit, was den Aufbau von Prototypen erfordert. Innovationsprojekte sind gekennzeichnet durch einen im Vergleich zum industriellen Kontext hohen Neuentwicklungsanteil, flexible Prozessstrukturen und die intensive Nutzung verschiedener Entwicklungsmethoden und Tools.

Durch eine geringe Fehlerauswirkung bei Konzeptstudien im Vergleich zu Serienentwicklungen sind die Validierungsumfänge bei dieser Art der Produktentwicklung gering.

A5.2 Beschreibung des Entwicklungsprozesses und Konsequenzen der Prozessgestaltung

In der Recherche phase wird ein vorgegebenes Suchfeld auf Basis einer groben Aufgabenstellung untersucht, notwendige Informationen über die relevanten Märkte, Technologien und zukünftige Trends werden analysiert und Wissensspeicher für nachfolgende Phasen befüllt.

In der Profilphase wird die Aufgabenstellung kontinuierlich weiter konkretisiert und es werden alternative Produktprofile erarbeitet. Produktprofile definieren Bedarfssituationen am Markt, unter Berücksichtigung der Ziele, Anforderungen und Randbedingungen, betonen hierbei Kunden- und Anbieternutzen und charakterisieren das zukünftige Produkt in seinen grundlegenden Eigenschaften.

Anschließend werden die Produktprofile mit dem höchsten Innovationspotenzial in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner ausgewählt.

Eine verstärkte Integration des Kunden sowie der Nutzergruppe in dieser Phase ermöglicht eine erste Beurteilung des Innovationspotenzials.

Auf Basis der ausgewählten Produktprofile erfolgt die Erarbeitung von alternativen Lösungsprinzipien und ersten Struktrentwürfen. Die Validierung

A5 Student design project

A5.1 Description of the design context

The student design project is offered in a master's course in mechanical engineering, communicates methods and processes of product design over a period of five months [19] and uses them for real tasks in conjunction with an industrial partner.

The objective of the design project is to elaborate and design product concepts with a high innovative potential.

In addition, one of the main focuses is to demonstrate the technical and economic feasibility, and this requires prototypes to be built. In comparison with the industrial context, innovation projects are characterised by a high proportion of new designs, flexible process structures and the intensive use of different design methods and tools.

The low effects of errors in concept studies in comparison with series designs means that the validation volumes for this type of product design are low.

A5.2 Description of the design process and consequences of process configuration

In the research phase, a prespecified search field is examined on the basis of a general definition of the task, necessary information on the relevant markets, technologies and future trends is analysed and knowledge stores are filled for subsequent phases.

In the profile phase, the task in hand is constantly further concretised and alternative product profiles are elaborated. Product profiles define demand situations in the market while taking the aims, requirements and basic conditions into account. Here they emphasise the benefits for customers and suppliers and characterise the basic properties of the future product.

Subsequently, the product profiles with the highest innovative potential are selected in conjunction with the industrial partner.

Increased integration of the customer and the user group in this phase allows an initial assessment of the innovative potential to be made.

On the basis of the product profiles selected, alternative solution principles are elaborated along with initial structural designs. Validation takes place in

erfolgt hierbei in Form von einfachen Funktionsprototypen zumeist auf Teilsystemebene.

In der Konzeptphase werden die ausgewählten Lösungskonzepte und die zugehörigen Strukturlösungen (Systemarchitekturen) konkretisiert, modularisiert und anschließend in das gesamte Produkt integriert. Neben der Entwicklung und Validierung wird hier bereits die Fertigung der Prototypen für diese und die nachfolgende Phase geplant.

In der Prototypenphase werden Prototypen hergestellt und anschließend unter Kunden- und Nutzer-einbindung validiert. So werden Ziele und Anforderungen für potenzielle Serienentwicklungsprojekte weiter konkretisiert und das Innovationspotenzial erneut beurteilt.

Im Vergleich zum allgemeinen Modell der Produktentwicklung unterscheidet sich das gezeigte Beispiel eines studentischen Entwicklungsprojekts im Wesentlichen durch die in Bild A6 und Tabelle A7 beispielhaft aufgeführten Prozessgestaltungen.

the form of simple functional prototypes, mainly on subsystem level.

In the concept phase, the solution concepts selected and the associated structural designs (systems architectures) are concretised, modularised and then integrated into the product as a whole. In addition to design and validation, the production of the prototypes for this phase and the subsequent one is already planned here.

In the prototype phase, prototypes are produced and then validated while taking customer and user integration into account. In this way, objectives and requirements of potential series design projects are further concretised and the innovative potential is assessed once more.

In comparison with the general model of product design, the example of a student design project shown here mainly differs in terms of the process configurations listed as examples in Figure A6 and Table A7.

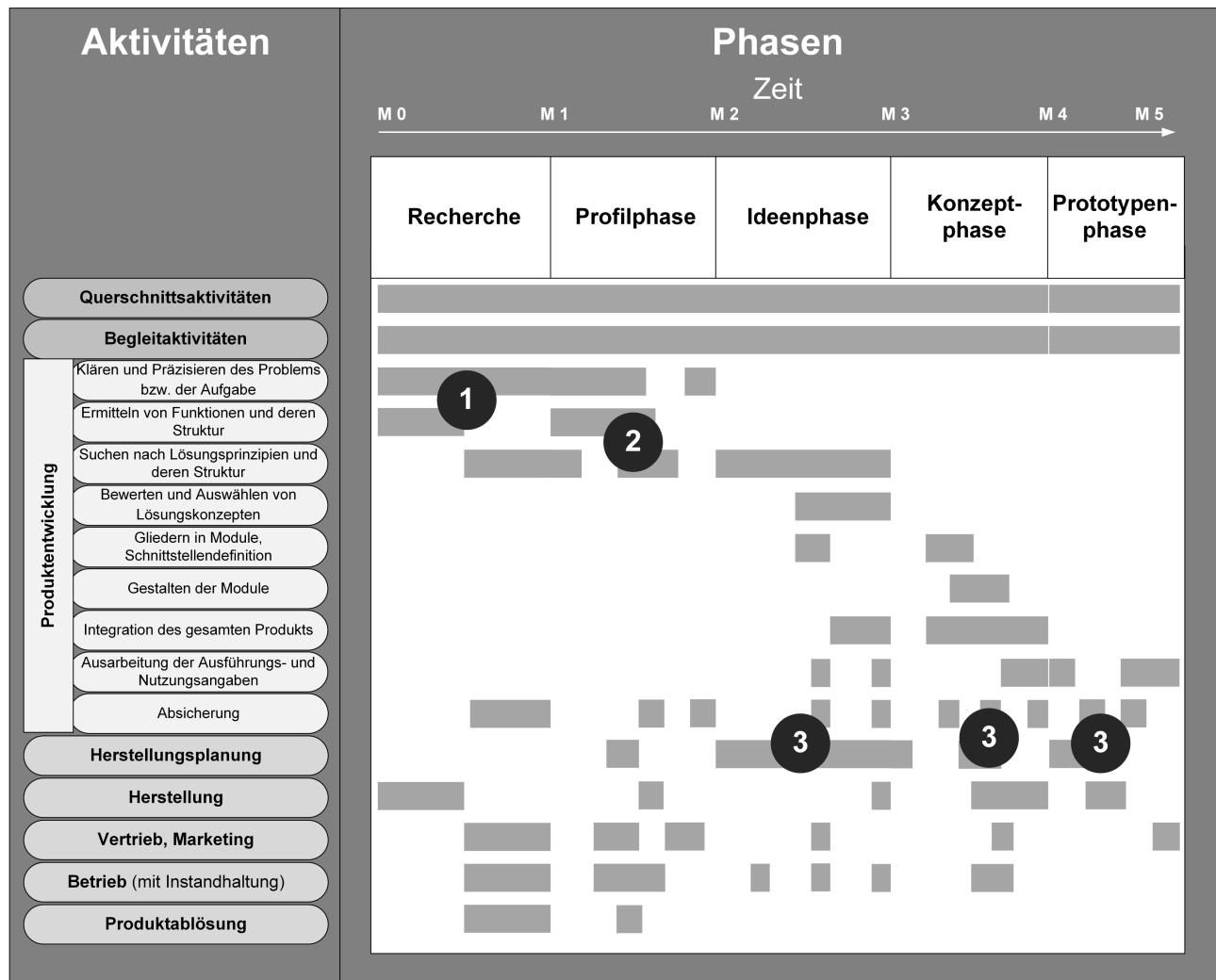


Bild A6. Prozessbeschreibung am Beispiel eines studentischen Entwicklungsprojekts (Zur Erläuterung der Ziffern siehe Tabelle A7.)

Tabelle A7. Maßnahmen der Prozessgestaltung am Beispiel eines studentischen Entwicklungsprojekts

Nr.	Erläuterung
1	Zur Klärung der Ausgangssituation recherchieren die Studierenden Informationen bezüglich Funktionen und Lösungsprinzipien sowie bezüglich Informationen zu Herstellung, Vertrieb, Instandhaltung und Produktablösung bestehender Produkte.
2	Parallel zur Entwicklung der Produktprofile definieren die Studierenden mögliche Funktionen und suchen nach Lösungsprinzipien.
3	Zur fortlaufenden Validierung werden sowohl virtuelle als auch physische Prototypen mit unterschiedlichen Detailierungsgraden erstellt. Hierfür werden neben der Suche nach Lösungsprinzipien auch erste Module gegliedert, gestaltet und in das Gesamtsystem integriert.

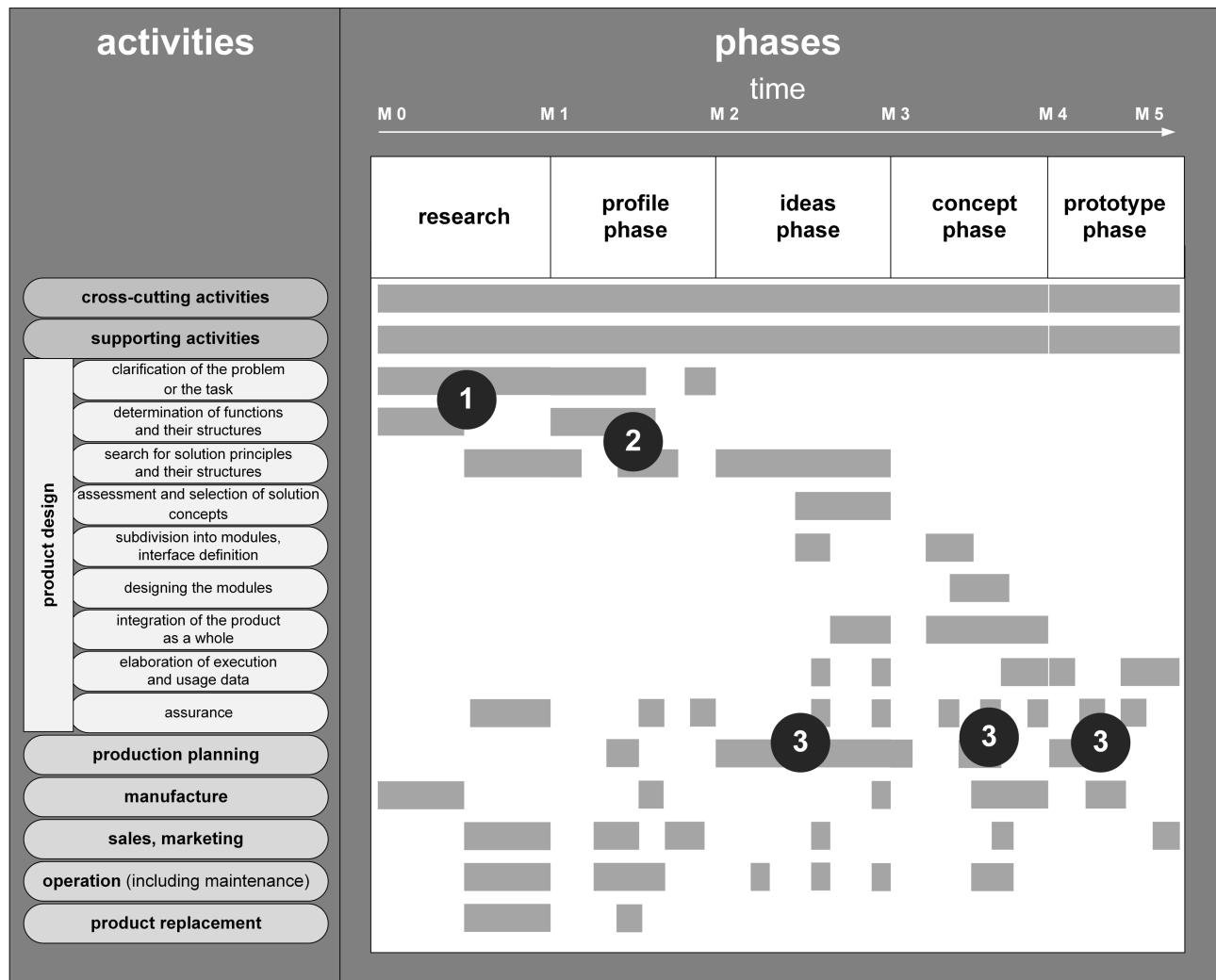


Figure A6. Process description: the example of a student design project (For an explanation of the figures, see Table A7.)

Table A7. Measures belonging to process configuration: the example of a student design project

No.	Commentary
1	To clarify the initial situation, the students research information on functions and solution principles as well as details of manufacture, sales and distribution, maintenance and product replacement for existing products.
2	In parallel with the design of the product profiles, the students define possible functions and search for solution principles.
3	For the purposes of continuous validation, virtual as well as physical prototypes with varying degrees of detail are created. For this, besides the search for solution principles, the first modules are structured and designed and then integrated into the overall system.

Schrifttum / Bibliography

Technische Regeln / Technical rules

DIN 69900:2009-01 Projektmanagement; Netzplantechnik; Beschreibungen und Begriffe (Project management; Project network techniques; Descriptions and concepts). Berlin: Beuth Verlag

VDI 1000:2017-02 VDI-Richtlinienarbeit; Grundsätze und Anleitungen (VDI Standardisation Work; Principles and procedures). Berlin: Beuth Verlag

VDI 2221 Blatt 1:2019-11 Entwicklung technischer Produkte und Systeme; Modell der Produktentwicklung (Design of technical products and systems; Model of product design). Berlin: Beuth Verlag

VDI/VDID 2424: Industriedesign (Industrial Design), in Vorbereitung / in preparation

Weiterführende technische Regeln / Further technical rules

VDI 2519 Blatt 1:2001-12 Vorgehensweise bei der Erstellung von Lasten-/Pflichtenheften (Procedures for the compilation of tender and performance specifications). Berlin: Beuth Verlag

Literatur / Literature

- [1] Gericke, K.; Meißner, M.; Paetzold, K.: Understanding the Context of Product Development. In: Lindemann, U.; Venkataraman, S.; Kim, Y.; Lee, S.; Cantamessa, M.; Yannou, B. (eds.): Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED. Glasgow: The Design Society, 2013
- [2] Knowledge Based Systems Inc., 2010, IDEF Family of Methods – A Structured Approach to Enterprise Modeling & Analysis. IDEF Fam. Methods (Online). <http://www.idef.com/>. (abgerufen am / accessed on 09. September 2019)
- [3] Gantt, H. L.: Organizing for Work. Harcourt New York: Brace and Howe, 1919
- [4] Scheer, A.-W.: ARIS – Vom Geschäftsprozess Zum Anwendungssystem. Berlin, Heidelberg: Springer, 2002
- [5] Steward, D. V.: The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems. IEEE Trans. Eng. Manag., 28 (1981) 3, pp. 71–74
- [6] Eppinger, S. D.; Browning, T. R.: Design Structure Matrix Methods and Applications Engineering Systems, Cambridge MA: MIT University Press 2012
- [7] Richter-von Hagen, C.; Stucky, W. (Hrsg.): Business-Process- und Workflow-Management. Prozess-verbesserung durch Prozessmanagement. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2004
- [8] Clarkson, P. J.; Hamilton, J. R.: Signposting. A Parameter-Driven Task-Based Model of the Design Process. Res. Eng. Des. 12 (2000) 1, pp. 18–38
- [9] Kreimeyer, M. F.: A Structural Measurement System for Engineering Design Processes. München: Technische Universität München, 2009
- [10] Browning, T. R.; Fricke, E.; Negele, H.: Key Concepts in Modeling Product Development Processes. Syst. Eng. 9 (2006) 2, pp. 104–128
- [11] Browning, T. R.: On the Alignment of the Purposes and Views of Process Models in Project Management. J. Oper. Manag. 28 (2010) 4, pp. 316–332
- [12] O'Donovan, B.; Eckert, C.; Clarkson, J.; Browning, T. R.: Design Planning and Modelling, Design Process Improvement: A Review of Current Practice, C. Eckert, and J. Clarkson, eds. London: Springer, 2005, pp. 60–87
- [13] Albers, A.; Braun, A.: A Generalized Framework to Compass and to Support Complex Product Engineering Processes. Int. J. Prod. Dev. 15 (2011) 1, pp. 6–25
- [14] Hales, C.; Gooch, S.: Managing Engineering Design. London: Springer-Verlag, 2004
- [15] Bender, B.; Gericke, K.: Entwicklungsprozesse. Lindemann, U. (Hrsg.) Handbuch Produktentwicklung. München: Hanser Verlag, 2016
- [16] Meißner, M.; Gericke, K.; Gries, B.; Blessing, L.: Eine Adaptive Produktentwicklungsmethodik als Beitrag Zur Prozessgestaltung in der Produktentwicklung. Symposium Design for X, Tagungsband 16 (2005), pp. 67–76
- [17] Ehrlespiel, K.; Meerkamm, H.: Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, München: Carl Hanser Verlag, 2013
- [18] Albers, A.; Bursac, N.; Wintergerst, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung Und Herausforderungen Aus Einer Entwicklungsmethodischen Perspektive. Stuttgarter Symp. für Produktentwicklung (2015), p. 10
- [19] Albers, A.; Bursac, N.; Heimicke, J.; Walter, B.; Reiß, N.: 20 Years of Co-Creation Using Case Based Learning. An Integrated Approach for Teaching Innovation and Research in Product Generation Engineering. Proceedings of 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning – ICL20172, Budapest, Hungary: (2017), pp. 1014–1025