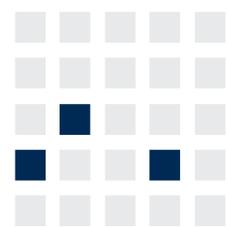


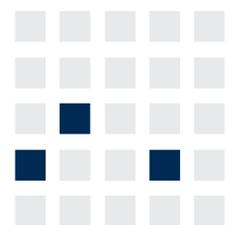


Internet of Things / Industrial Internet Produktentwicklung



Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Prozesse und Systeme

Universität Potsdam



Chair of Business Informatics
Processes and Systems

University of Potsdam

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gronau
Lehrstuhlinhaber | Chairholder

Mail August-Bebel-Str. 89 | 14482 Potsdam | Germany
Visitors Digitalvilla am Hedy-Lamarr-Platz, 14482 Potsdam
Tel +49 331 977 3322

E-Mail ngronau@lswi.de
Web lswi.de



Definition und Einordnung in den Produktlebenszyklus

Vorgehensmodelle der Produktentwicklung

Entwicklungskosten

Methoden der Produktentwicklung

Lernziele

- Ziele der Produktentwicklung und Verortung im Produktlebenszyklus verstehen
- Vor- und Nachteile der Digitalisierung bei der Produktentwicklung kennen
- Verstehen was FMEA bedeutet und welche Ziele mit Ihrer Anwendung verfolgt werden
- Verstehen in welcher Phase der Konstruktion FMEA verwendet wird
- Verhältnis von Herstellkosten und dem Kostenaufwand für Änderungen im Produktentstehungsprozess verstehen



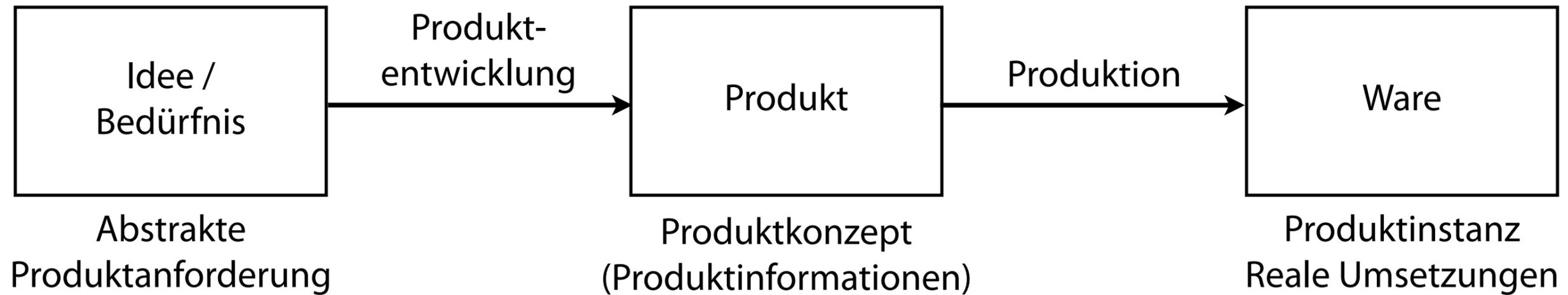
Definition und Einordnung in den Produktlebenszyklus

Vorgehensmodelle der Produktentwicklung

Entwicklungskosten

Methoden der Produktentwicklung

Zum Begriff der Produktentwicklung



- Produkt: Konzepte bzw. Produktinformationen
- Zweck von Produkten: Grundlage für die Herstellung von Waren
- Basis für Produktkonzepte: z. B. Test-/Prüfberichte, Materialauswahl, Softwarecode, Montageanleitungen, Corporate Design Anforderungen, Anforderungsanalysen, Auswahl von Fertigungsverfahren, Technologieauswahl, Eingabedaten für programmierbare Produktionsanlagen, Kostenanalysen, ...
- Produktentwicklung: systematische Anwendung (vgl. Vorgehensmodelle) von Methoden zur Erzeugung von Produktinformationen

„Die integrierte, multidisziplinäre Produktentwicklung umfasst alle Tätigkeiten und Disziplinen, die das Produkt und sein zur **Produktion, Betrieb** und **Entsorgung** benötigtes Umfeld (Werkzeuge, Vorrichtungen, Maschinen, Anlagen, ...) über den **Produktlebenszyklus**, alle beteiligten Disziplinen und die Zuliefererkette beschreiben. Das Ergebnis ist eine vollständige **Produktdefinition** („Intellectual Product“), die aus sichten- und phasenorientierten Produktstrukturen und allen zugehörigen Dokumenten und Konfigurationen besteht.“

Wandel der Rahmenbedingungen für die Produktentwicklung

Warum Entwicklungsplanung und -methoden?

Sättigung der angestammten Kernmärkte und Verschiebung der globalen Absatzschwerpunkte

Neue Produkthanforderungen (z. B. Nachhaltigkeit, Services)

Angleichende Leistungs- und Qualitätsstandards

Wertewandel und differenzierte Ansprüche der Kunden (Marktfragmentierung)

Gestiegene Innovationsdynamik

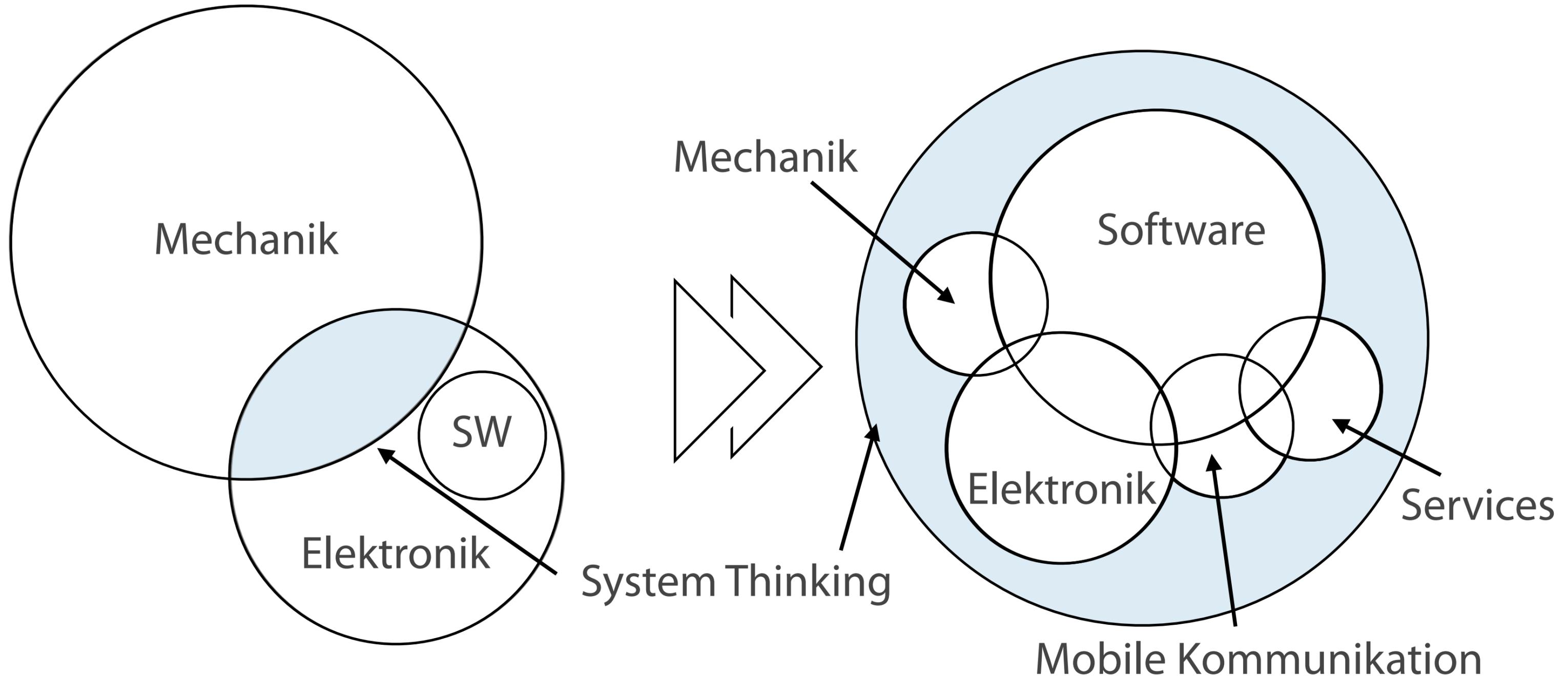
Systemintegration und Mechatronisierung

Outsourcing und Forschungs Kooperationen

Beispielhafte Trends im Bezug zur Automobilindustrie

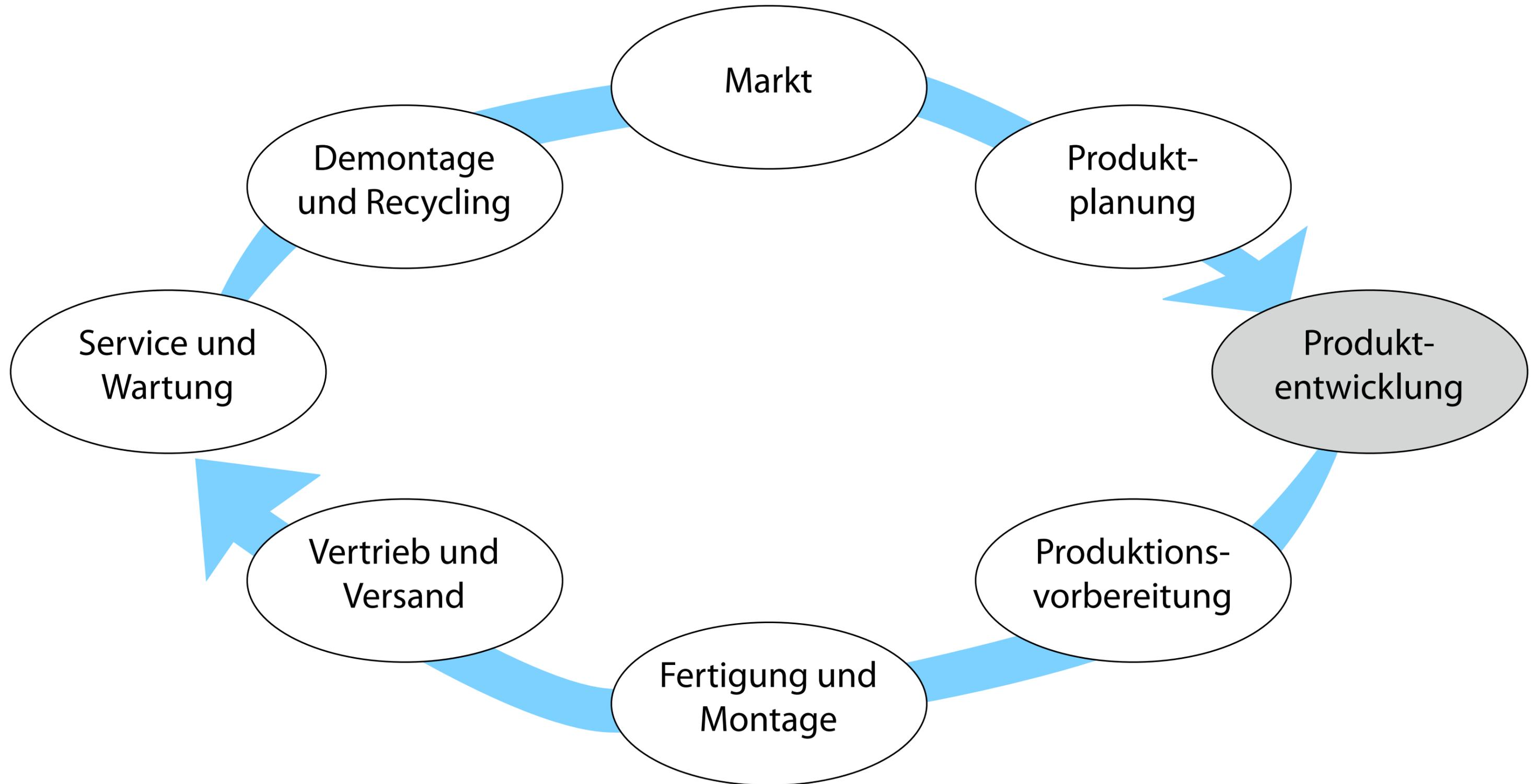
Die Rahmenbedingungen für die Produktentwicklung haben sich erheblich geändert.

Die Bedeutung der Informatik für die Produktentwicklung

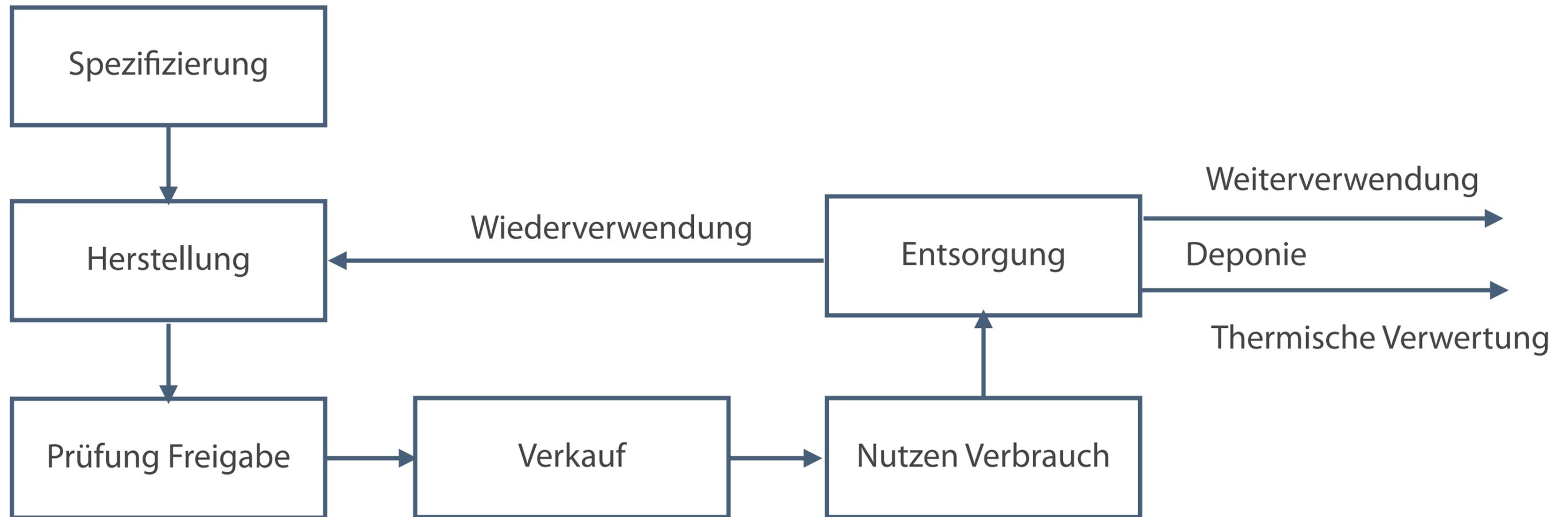


Vom einfachen Produkt zur komplexen und integrierten Lösungen.

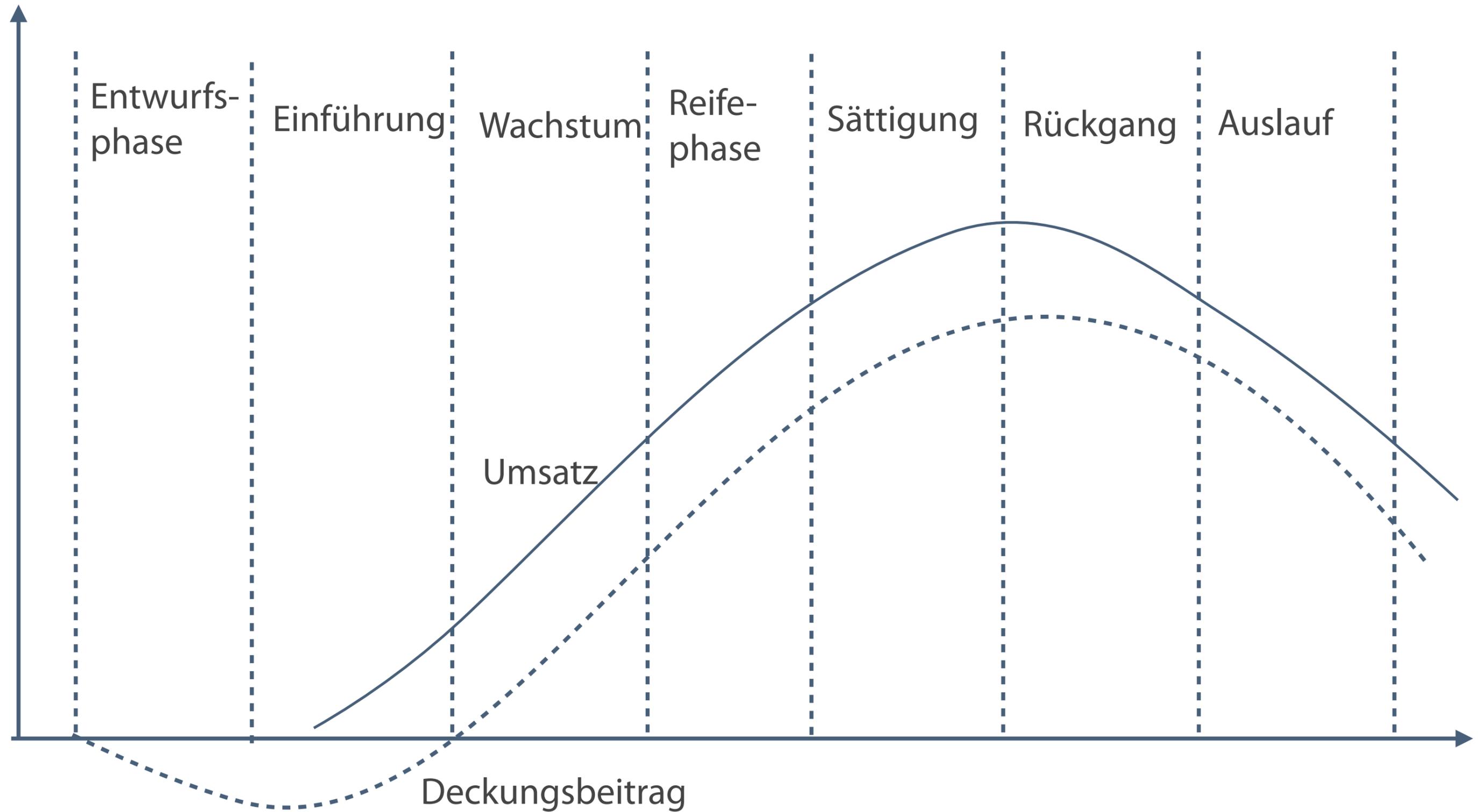
Einordnung in den Produktlebenszyklus



Technischer Produktlebenszyklus



Wirtschaftlicher Produktlebenszyklus





Definition und Einordnung in den Produktlebenszyklus

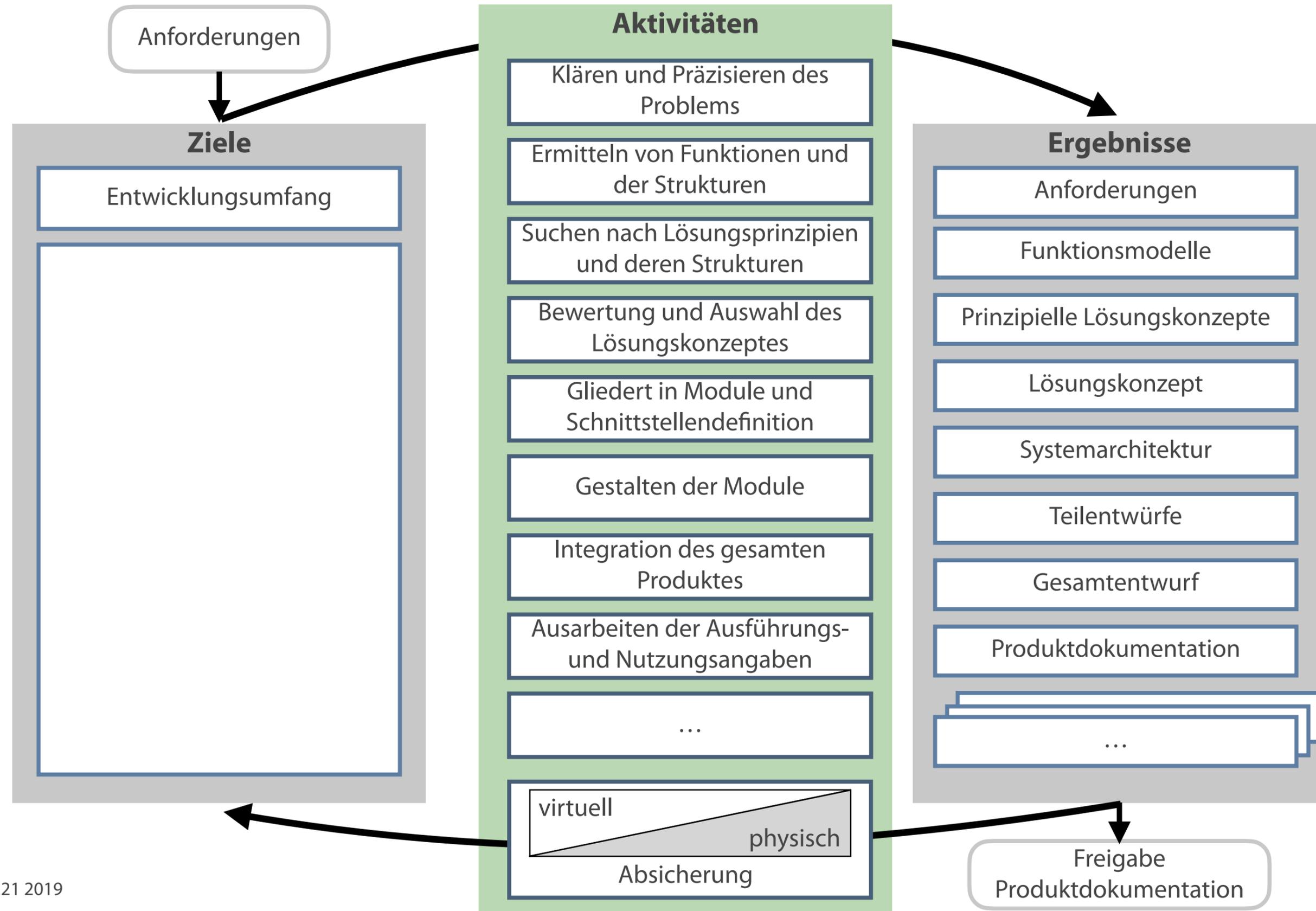
Vorgehensmodelle der Produktentwicklung

Entwicklungskosten

Methoden der Produktentwicklung

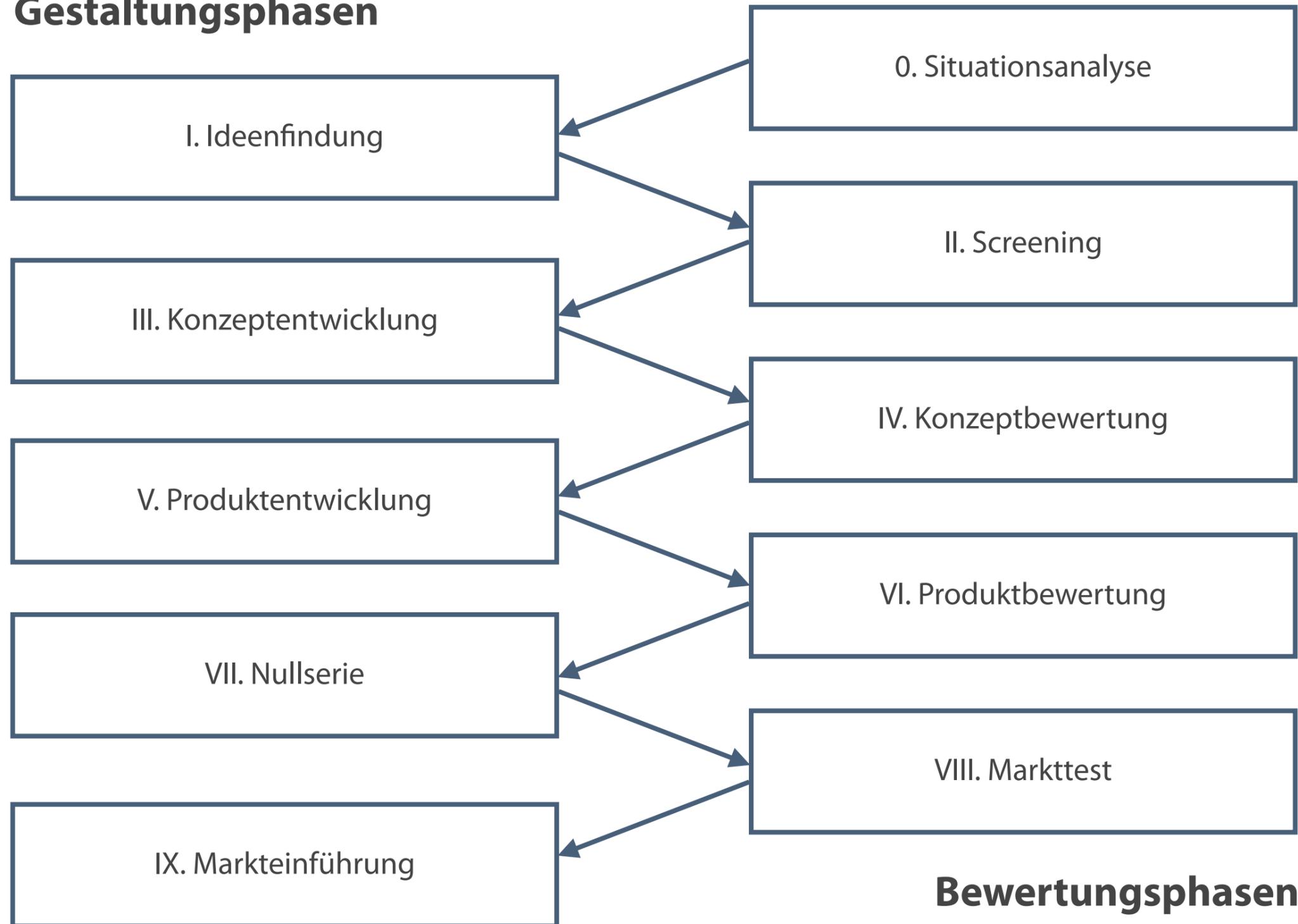
Richtlinie VDI 2221 Blatt 1– Entwicklung technischer Produkte und Systeme

Modell der Produktentwicklung

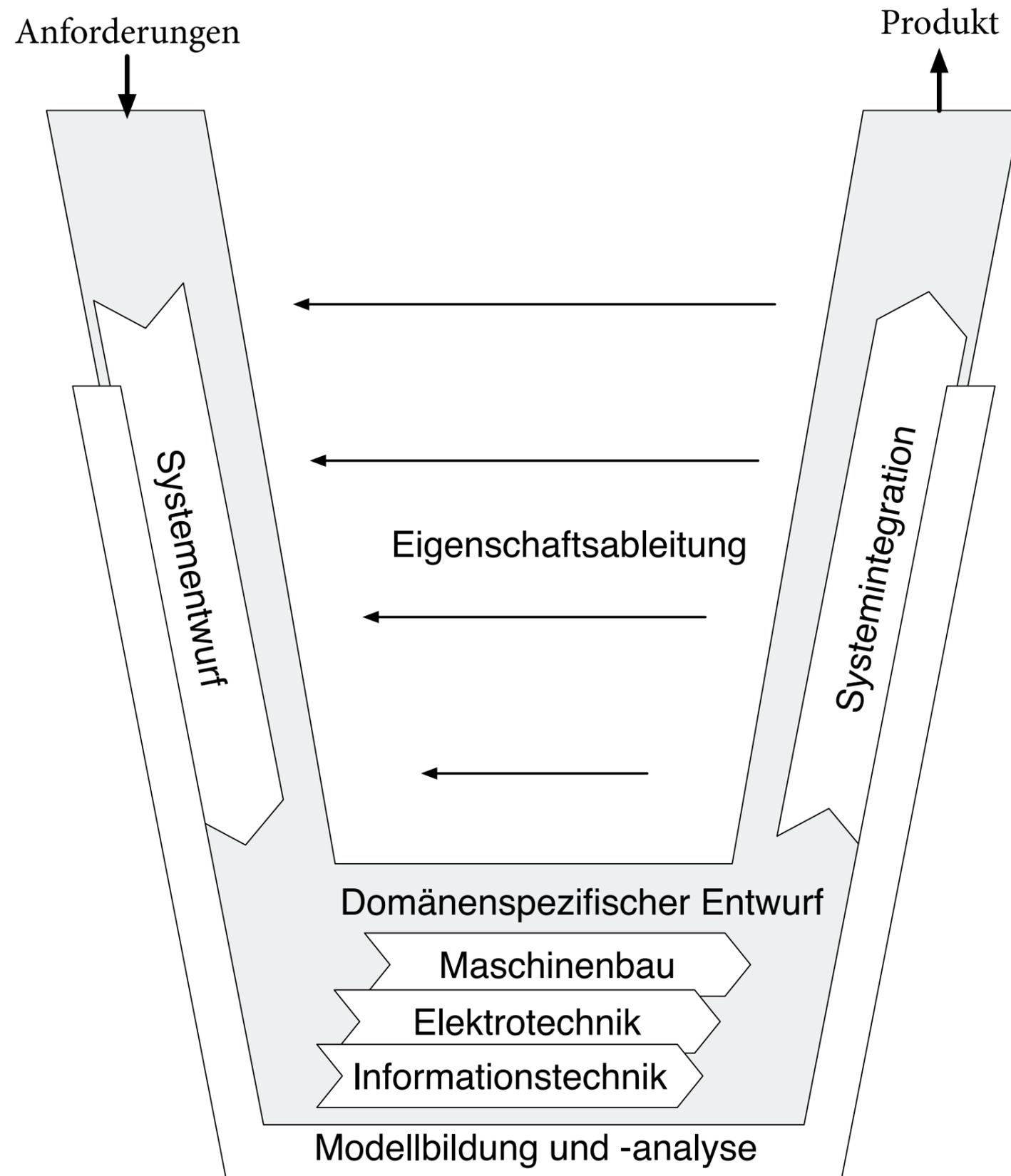


Phasenmodell der Produktentwicklung

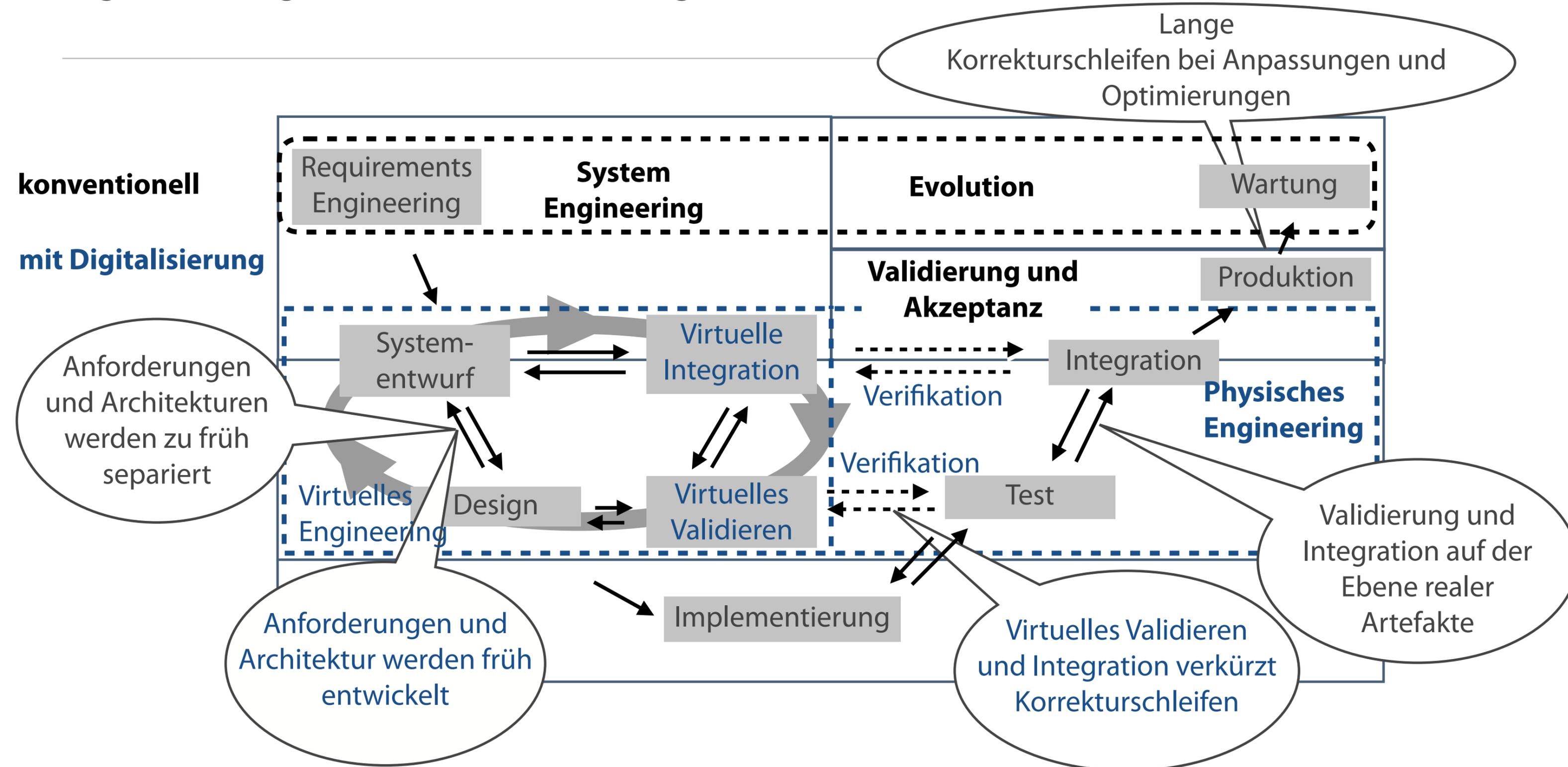
Gestaltungsphasen



V-Modell der VDI-Richtlinie 2206



Digitalisierung der Produktentwicklung



Während das konventionelle Vorgehen Nachteile wegen seiner Abhängigkeit von physischen Artefakten besitzt, ermöglicht die Virtualisierung einen vorgezogenen Erkenntnisgewinn.

Digitalisierung der Produktentwicklung

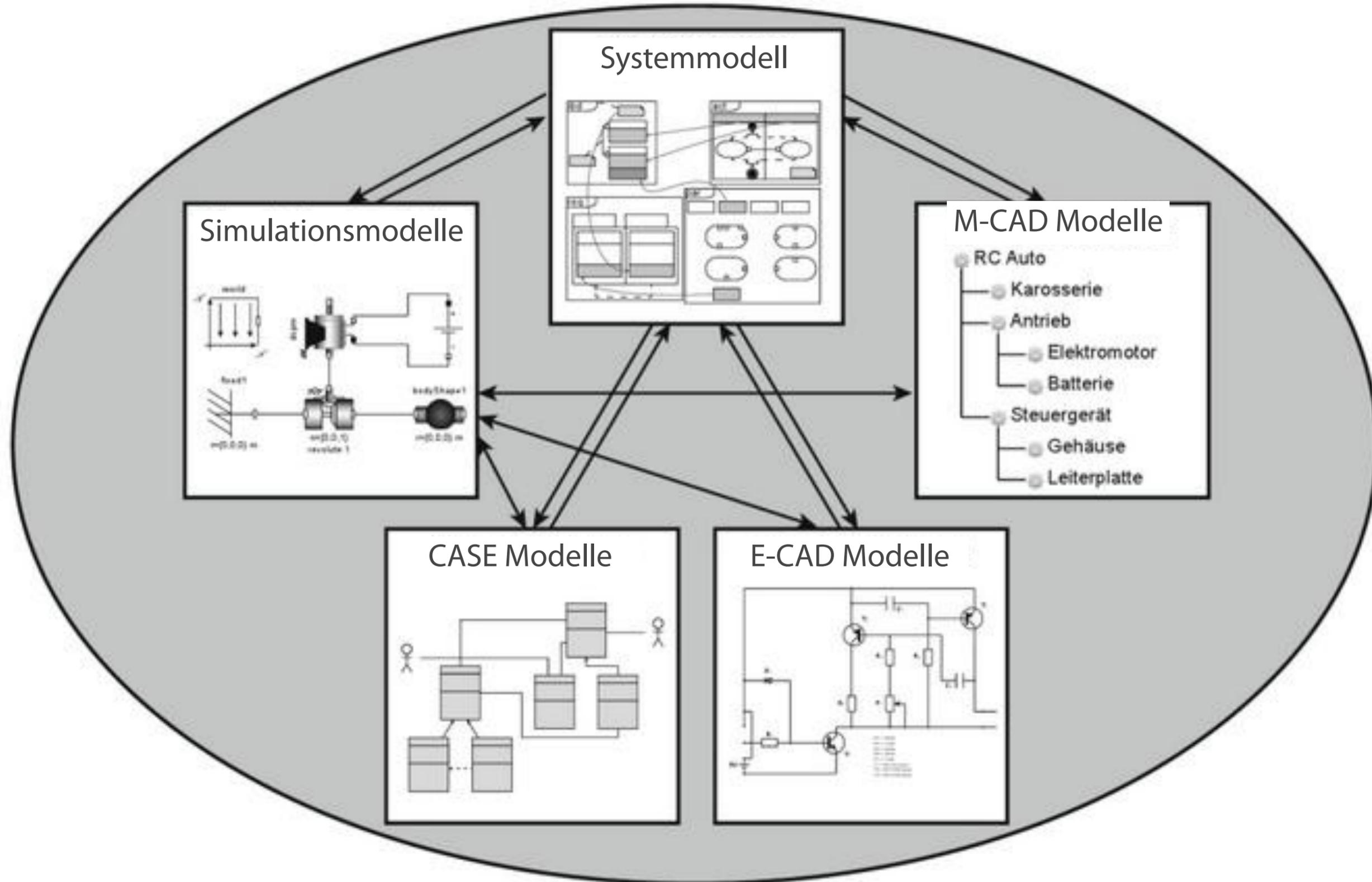
Vorteile

- Mathematisch genaue, vielseitig einsetzbare Daten (Feasibility-Untersuchung, Simulation, Animation, Rapid Prototypen, Virtual Reality)
- Unkomplizierter und schneller Datentransfer an andere Abteilungen und Lieferanten
- Früher Beginn der Feasibility (Beurteilung) -> kürzere Entwicklungszeiten
- Zusätzliche/schnellere Variationsmöglichkeiten durch digitale Modelle
- Höhere Effizienz der Designer

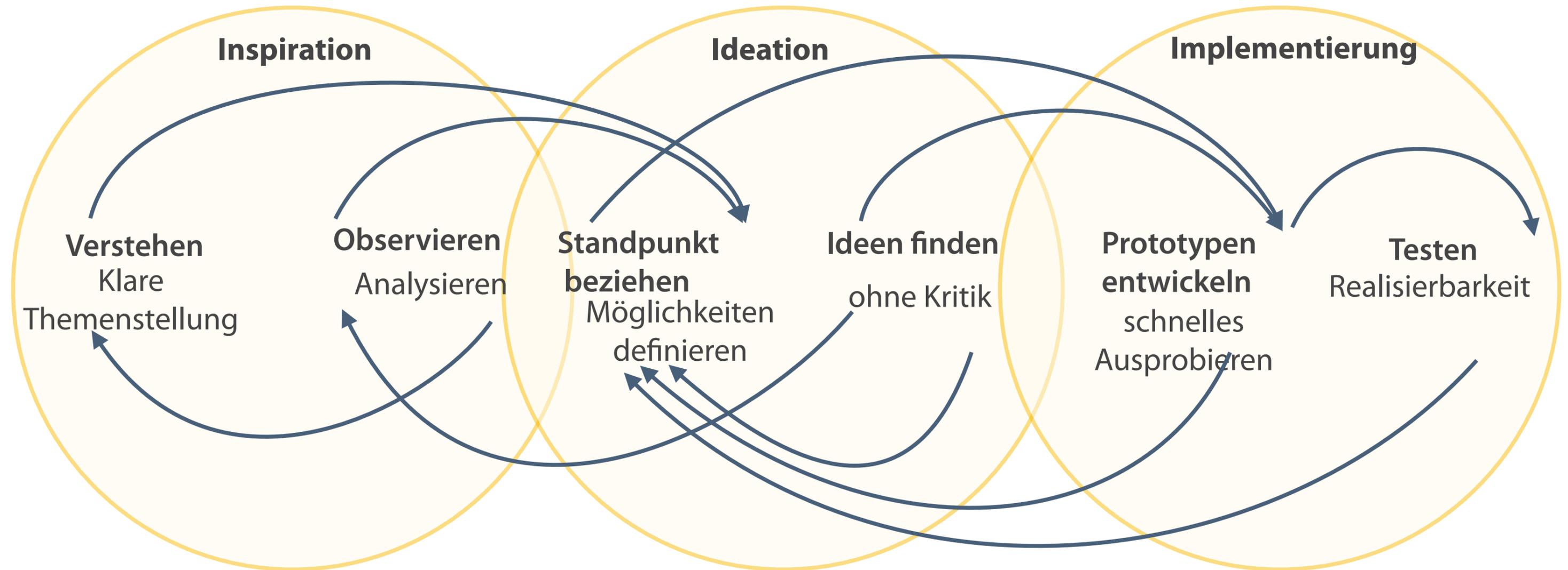
Nachteile

- Schwierige Beurteilung digitaler (fehlende Haptik und Kontextsensitivität (z. B. alle Licht-/Schatteneffekte))
- Teure und aufwendige Infrastruktur

Modellbasierte Produktentwicklung (MBSD)



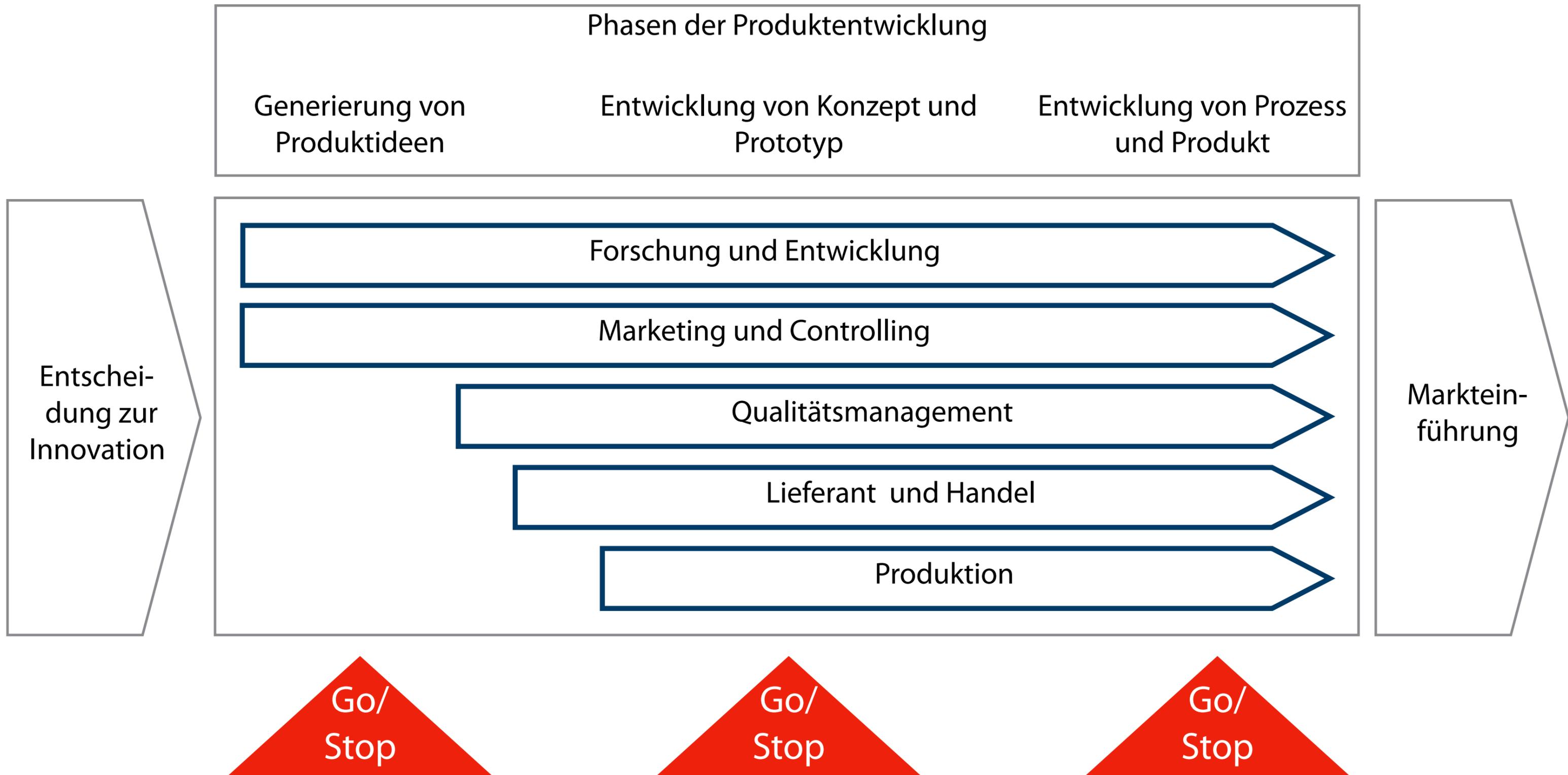
Design Thinking



Ansatz zur nutzerorientierten Sichtweise in der Produktentwicklung

Prinzipien: Haptik, Empathie, Kreativität, Ideen-Sozialisation, Selbst-Reflektion, Prototyping

Simultaneous Engineering (SE)



Merkmale des Simultaneous Engineering

Organisation der Arbeit

- Arbeiten im SE-Team
- Ablaufplan mit Meilensteinen, Zwischenversionen und Freigabebesprechung
- Parallelisierung von Produkt-, Fertigungs- und eventuell Vertriebsentwicklung

Vorteile

- Wissenskonzentration/-austausch
- Frühzeitiges Erkennen und Lösen von Problemen
- Gegenseitiges Verständnis für Schwierigkeiten
- Weniger Anpassungs- und Änderungsbedarf nach Serienanlauf

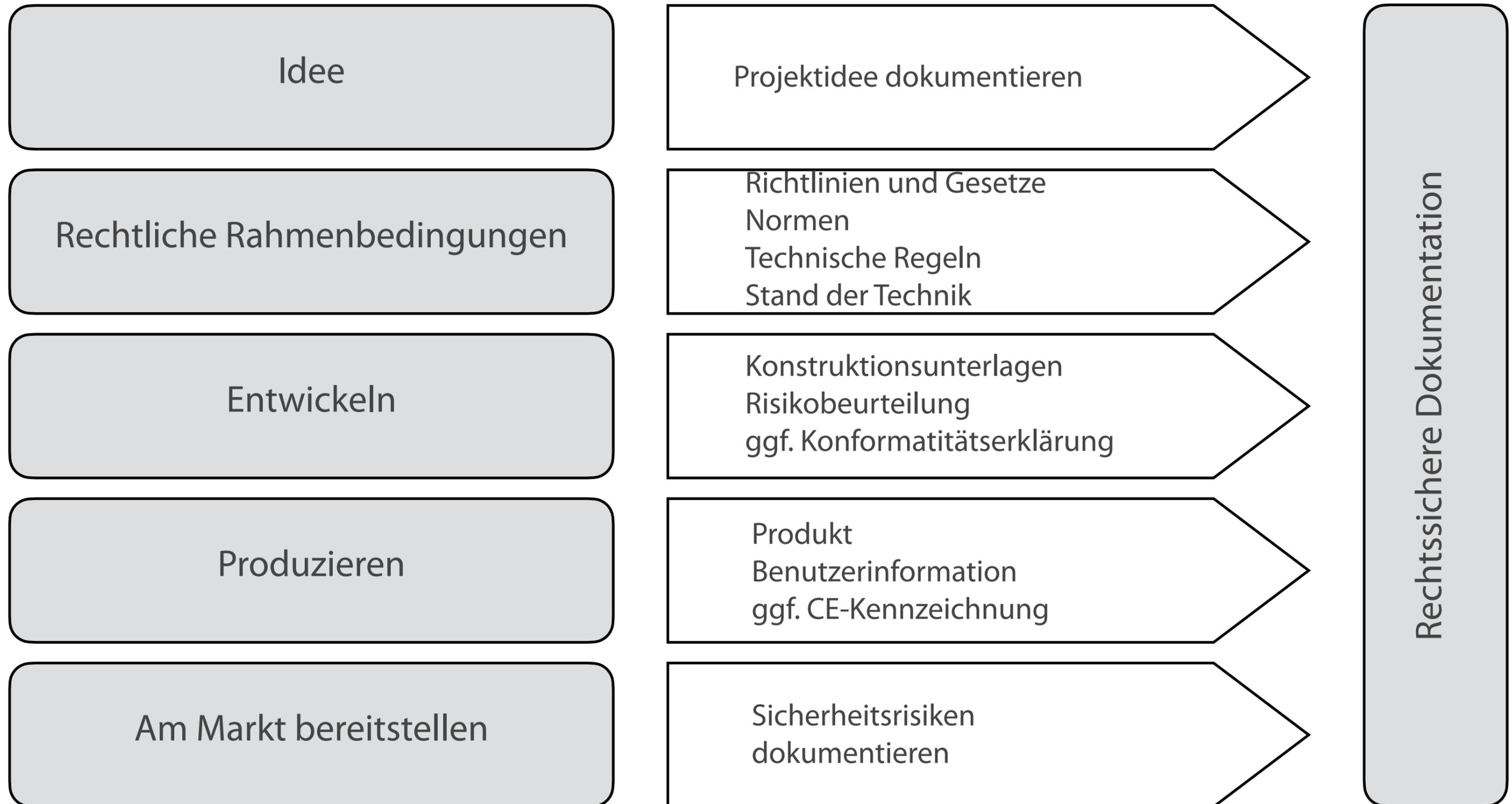
Gestaltung der Arbeit

- Mehr Zeit für Aufgabenklärung und Konzeptphase auf Kosten der Realisierung
- Integration von Kunden und Lieferanten in das SE-Team
Eigenschaftsfrüherkennung durch virtuelle Produktabbildung
- Einsatz effektiver Konstruktionswerkzeuge
- Reduzierung der Besprechungsdokumentation durch gute Kommunikation

Nachteile

- Beginn neuer Phasen ohne abgeschlossene Information aus vorherigen Phasen
- Ständige Berücksichtigung der Fortschritte aus anderen Phasen
- Straffes Projektmanagement notwendig (insb. Informationskoordination, Zeit)

Rechtssichere Dokumentation





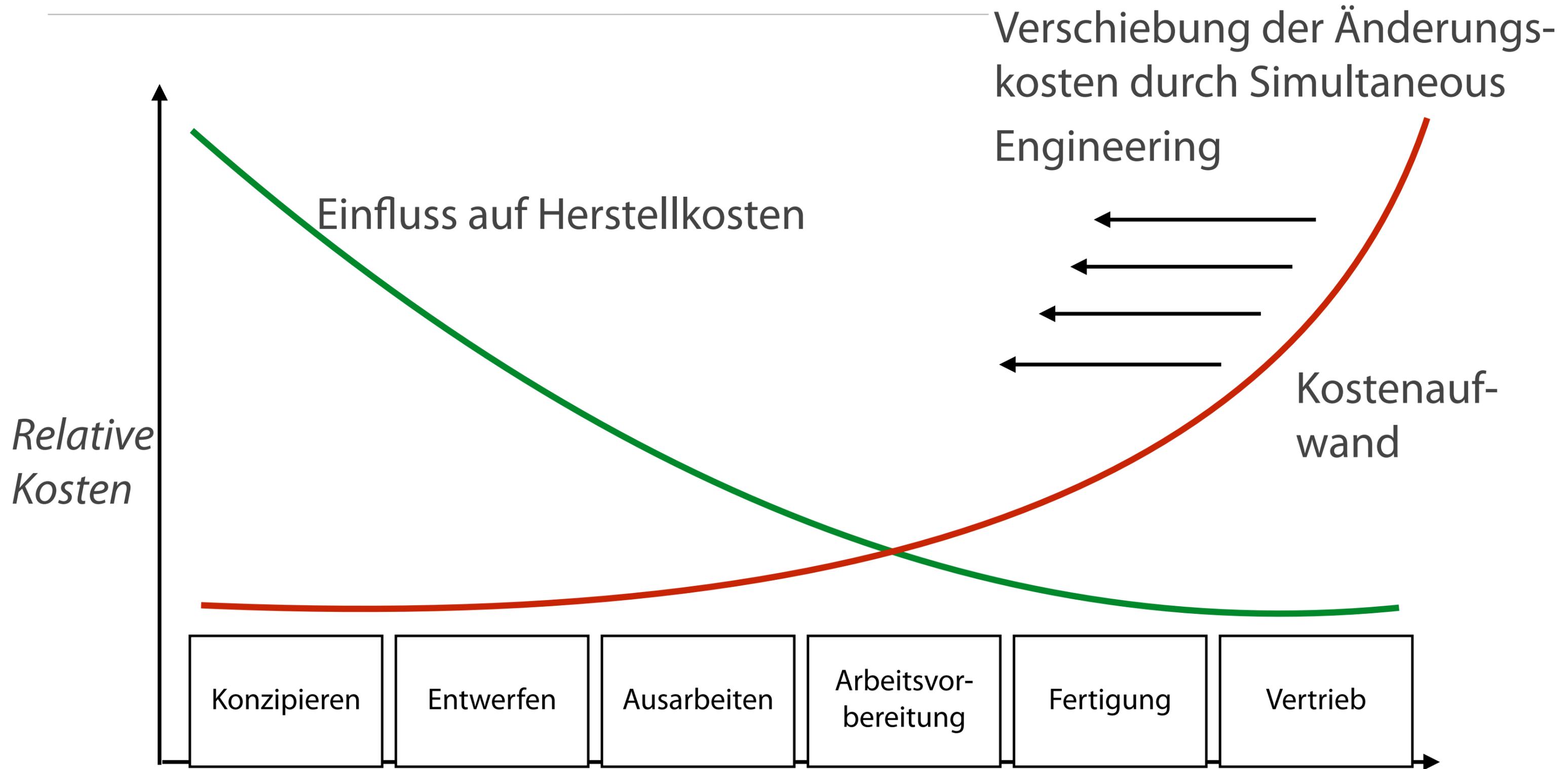
Definition und Einordnung in den Produktlebenszyklus

Vorgehensmodelle der Produktentwicklung

Entwicklungskosten

Methoden der Produktentwicklung

Kostenbeeinflussung



Komplexitätsmanagement

Komplexitätsmanagement in der Produktentstehungsphase

- Komplexitätsvermeidung
- Vorfeldmarketing
 - Wertanalyse
 - Schaffung konstruktiver Optionen
-

- Komplexitätsreduzierung
- Reduktion der Halbzeugvielfalt
 - Reduktion der Rohstoffvielfalt
 - Zahl der Gleichteile erhöhen
-

- Komplexitätsbeherrschung
- Systematische Abstimmung der Projektgruppen, die unterschiedliche Varianten entwickeln
 - Substitution von Hardwarefunktionalität durch Software

Komplexitätsmanagement in der Produktherstellungsphase

- Komplexitätsreduzierung
- Reduktion der Fertigungstiefe
 - Reduktion der Programmbreite
-

- Komplexitätsbeherrschung
- Segmentorientierte Auftragsabwicklung
 - Fertigungssegmentierung
 - Verschiebung des Variantenbestimmungspunktes in Richtung Ende der Wertschöpfungskette

Möglichkeiten der Komplexitätsreduzierung durch Produktmodularisierung

Produktmodularisierung

- Minimierung der Kosten in der Produktherstellung
- Economies of scale eher aus den Bestandteilen von Produkten als aus den Produkten selbst generiert
- Maximierung der individuellen Kundenbedürfnisse
- Kundennähe durch die Vielzahl von konfigurierbaren Produkten
- Vorteil einer hohen Endproduktvielfalt mit begrenzter Innenwirkung

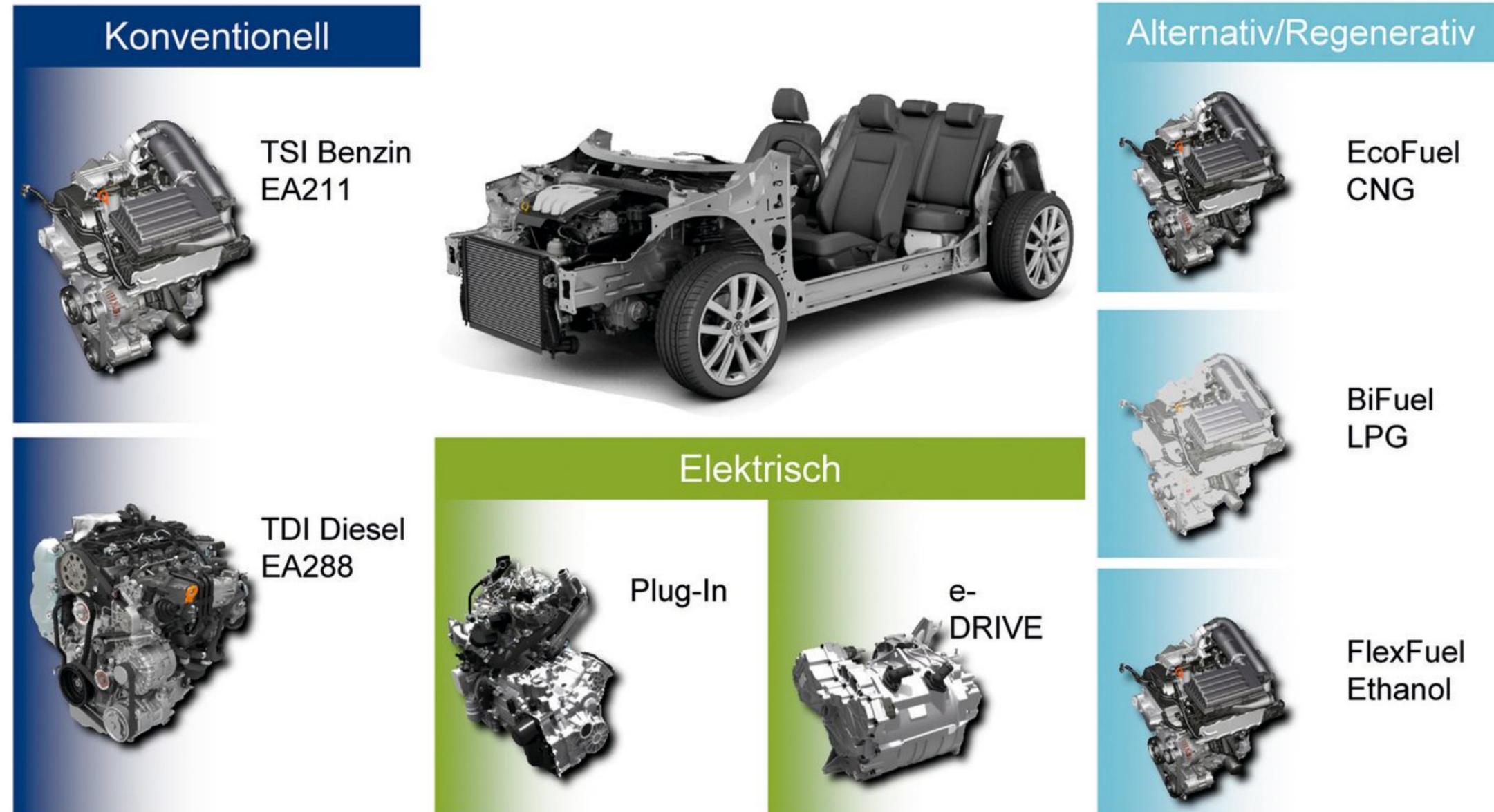
Definition

Produktmodularisierung ist die geeignete Gliederung eines Produktes, indem die Abhängigkeiten zwischen den Elementen (Modulen) verringert bzw. die Schnittstellenvarianten reduziert werden.

Die Vereinheitlichung von Produktkomponenten und ggf. Nutzung eines Modulbaukastens zur Erhöhung der Anzahl von Gleichteilen führt zur Komplexitätsreduktion und Kosteneinsparungen

Möglichkeiten der Komplexitätsreduzierung durch Produktmodularisierung

Produktmodularisierung - Modularer Querbaukasten Volkswagen



Auf Basis der gegebenen Fahrzeugbaureihe bzw -karosserie können entsprechend der Kundenanforderungen unterschiedliche Antriebe frei montiert werden

Verkürzung der Time-to-Market durch Modularisierung

Klassische Produktionsumgebungen ungenügend um marktwettbewerblichen Anforderungen an e.g. pharmazeutische Industrie zu bedienen

Benötigte Leistungsparameter

- Schnelle Reaktionsfähigkeit auf Marktbedürfnisse
- Anpassung an verkürzte Produkt-Lebenszyklen
- Anpassung an Spezialisierung von Produktpaletten

Lösung: Verkleinerung der Produktions-Volumina. Diese geht einher mit Modularisierung der Anlagenbauweise

Beinhaltete Leistungsparameter

- Kurze Bauzeit an Produktionsstandort
- Schnelle Inbetriebnahme
- Hohe Verfügbarkeit durch Mobilität
- Schneller Umbau
- Zusammenstellung von Modulen anhand Spezifika des Kunden

**Schlußfolgerung, wenn diese nicht benötigt wird, bitte löschen.
Zweite Zeile, wenn nötig.**

Verkürzung der Time-to-Market durch Modularisierung





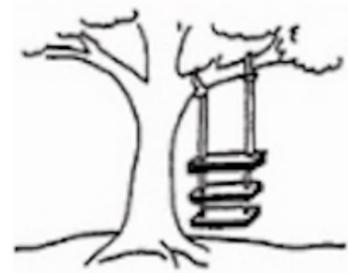
Definition und Einordnung in den Produktlebenszyklus

Vorgehensmodelle der Produktentwicklung

Entwicklungskosten

Methoden der Produktentwicklung

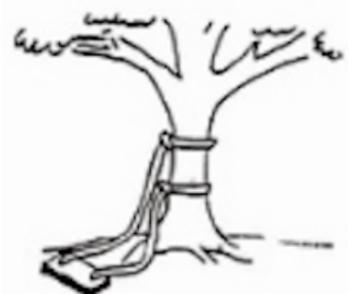
Warum Entwicklungsplanung und -methoden?



So hat es der Kunde beschrieben.



So wurde seine Anforderungen verstanden (und dokumentiert).



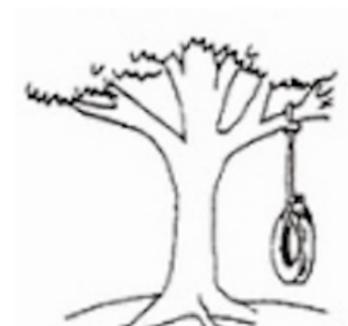
So wurde es entworfen.



So wurde es gebaut.



So wurde es installiert.



Und das hätte der Kunde eigentlich gebraucht ...

Hilfestellung durch Entwicklungsmethoden

- Keine wichtigen Anforderungen vergessen
- Innovative Konzepte entwickeln und umzusetzen
- Entwicklungsrisiken erkennen und Komplexität zu beherrschen
- Die (Konzept-) Qualität sicherzustellen und Fehler vermeiden
- Produkt- und Entwicklungskosten senken
- Die richtigen Produkte zur richtigen Zeit auf den Markt bringen

Entwicklungsmethoden dienen der Bewältigung der zunehmenden Entwicklungskomplexität und machen das Entwicklungsrisiko beherrschbar.

Produktplanung: Definition und Konzeption des Produktes

Ergebnisse

Methoden

Strategiefindung	Markt- und Produktstrategie	SWOT-Analyse Szenarioanalyse Portfolioanalyse
Kunden identifizieren	Listen der Kunden Ggf. Periodisierung nach Wichtigkeit	ABC-Analyse der Kunden
Kundenanforderungen identifizieren	Kundenanforderungen Gewichtung nach Bedeutung für den Kunden	Kundenbefragungen Beschwerdenmanagement, Kano- Modell ABC-Analyse der Kundenanforderungen
Kundenanforderungen übersetzen	Kritische Designmerkmale (Qualitätskriterien)	Quality Function Deployment (QFD)
Merkmalsausprägungen für Qualitätsbeurteilung festlegen	Messgrößen & Messverfahren	

Vorgehensweisen und Merkmale beim Konstruieren

<i>Phasen</i>	<i>Ergebnisse</i>	<i>Methoden</i>
Situation analysieren	Anforderungsliste	Input: Lasten- und Pflichtenheft
Funktionen und Strukturen ermitteln	Funktionsstrukturen	Wertanalyse
Lösungsprinzipien und deren Strukturen suchen	Prinzipielle Lösungen	Kreativitätstechniken (z.B. TRIZ), Wertanalyse Bewertung anhand der Anforderungsliste
In realisierbare Module gliedern	Modulares Strukturen Definition von Schnittstellen	
Maßgebende Module gestalten	Vorentwürfe	Fehlerbaumanalyse FMEA Produkt
Gesamtes Produkt gestalten	Gesamtentwurf Technische Spezifikation	Fehlerbaumanalyse FMEA Produkt
Ausführungs- und Nutzungsangaben ausarbeiten	Produktdokumentation	

Bewertung von QFD

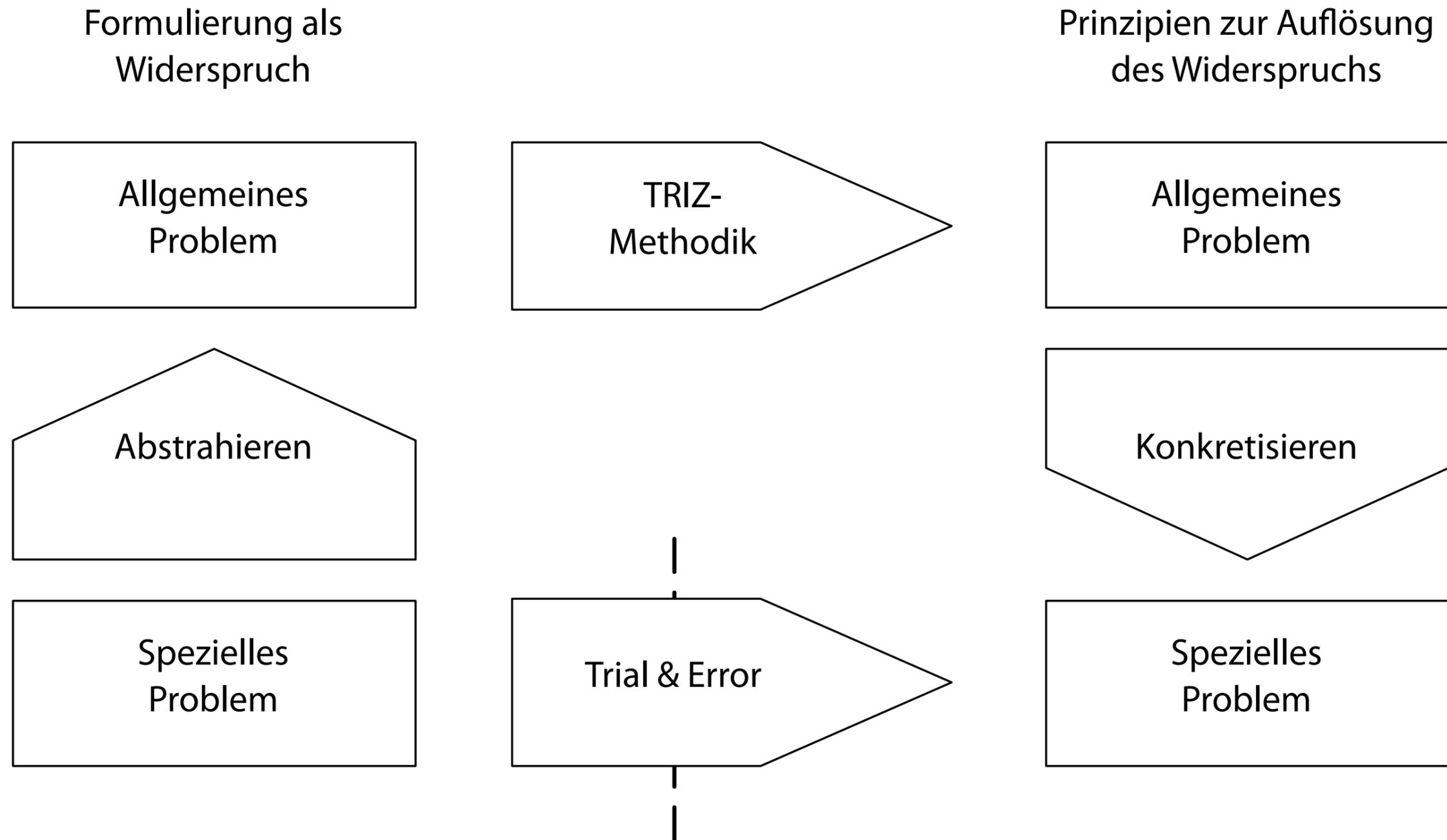
Vorteile

- Systematische Berücksichtigung der Kundenanforderungen
- Vermeiden von Fehlern aufgrund unzureichender Planung, Entwicklung und Konstruktion
- Konzentration der Ressourcen auf wichtige Merkmale
- Transparentes Darstellen von Zielkonflikten
- Verbesserung der Kommunikation und Motivation

Nachteile

- Größerer Arbeitsaufwand in der Entwicklungsphase
- Kosten der Methode sehr viel leichter quantifizierbar als der Nutzen
- Hohe Komplexität des QFD-Prozesses, rasch unüberschaubare Matrizen und Tabellen
- Hierarchische Unternehmensstrukturen müssen aufgebrochen werden
- Ergebnis hängt stark von der Eingabe der Kundenanforderungen ab

TRIZ: Theorie des erfinderischen Problemlösens



TRIZ ist eine Kreativitätstechnik mit hohem Grad an Systematik, deren Grundlage 40 Innovationsprinzipien bilden.

TRIZ -Matrix

40 Innovationsprinzipien

1. Zerlegung
2. Abtrennung
3. Örtliche Qualität
4. Asymmetrie
5. Kopplung
6. Universalität
7. Integration
8. Gegengewicht
9. Vorherige Gegenwirkung
10. Vorherige Wirkung
11. Prinzip des "vorher untergelegten Kissens"
12. Äquipotentialität
13. Funktionsumkehr (Inversion)
14. Kugelähnlichkeit (Sphäroidalität)
15. Dynamisierung
16.

		Sich verschlechternder Parameter									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zu verbessernder Parameter		Masse des beweglichen Objekts	Masse des unbeweglichen Objekts	Länge des beweglichen Objekts	Länge des unbeweglichen Objekts	Fläche des beweglichen Objekts	Fläche des unbeweglichen Objekts	Volumen des beweglichen Objekts	Volumen des unbeweglichen Objekts	Geschwindigkeit	Kraft
1	Masse des beweglichen Objekts			15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 35		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38,	8, 10, 18, 37
2	Masse des unbeweglichen Objekts				10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35
3	Länge des beweglichen Objekts	8, 15, 29, 34				15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4
4	Länge des unbeweglichen Objekts		35, 28, 40, 29				17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10
5	Fläche des beweglichen Objekts	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4				7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2
6	Fläche des unbeweglichen Objekts		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39						1, 18, 35, 36
7	Volumen des beweglichen Objekts	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17				29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37
8	Volumen des unbeweglichen Objekts		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14						2, 18, 37
9	Geschwindigkeit	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34			13, 28, 15, 19
10	Kraft	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	

Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

- Systematische Vorgehensweise, um mögliche Fehlerursachen, Fehler und Fehlerfolgen bereits vor der Entstehung aufzuzeigen, zu bewerten und Maßnahmen zu deren Vermeidung festzulegen
- Kann auch zur Risikobeurteilung vorhandener Bauteile verwendet werden
- Unterschieden werden Produkt- und Prozess-FMEA
- Verwendung von Formblättern
- Risikobewertung durch Gewichtung von Bedeutung, Auftretenswahrscheinlichkeit und Entdeckungswahrscheinlichkeit

Ziele und Nutzen

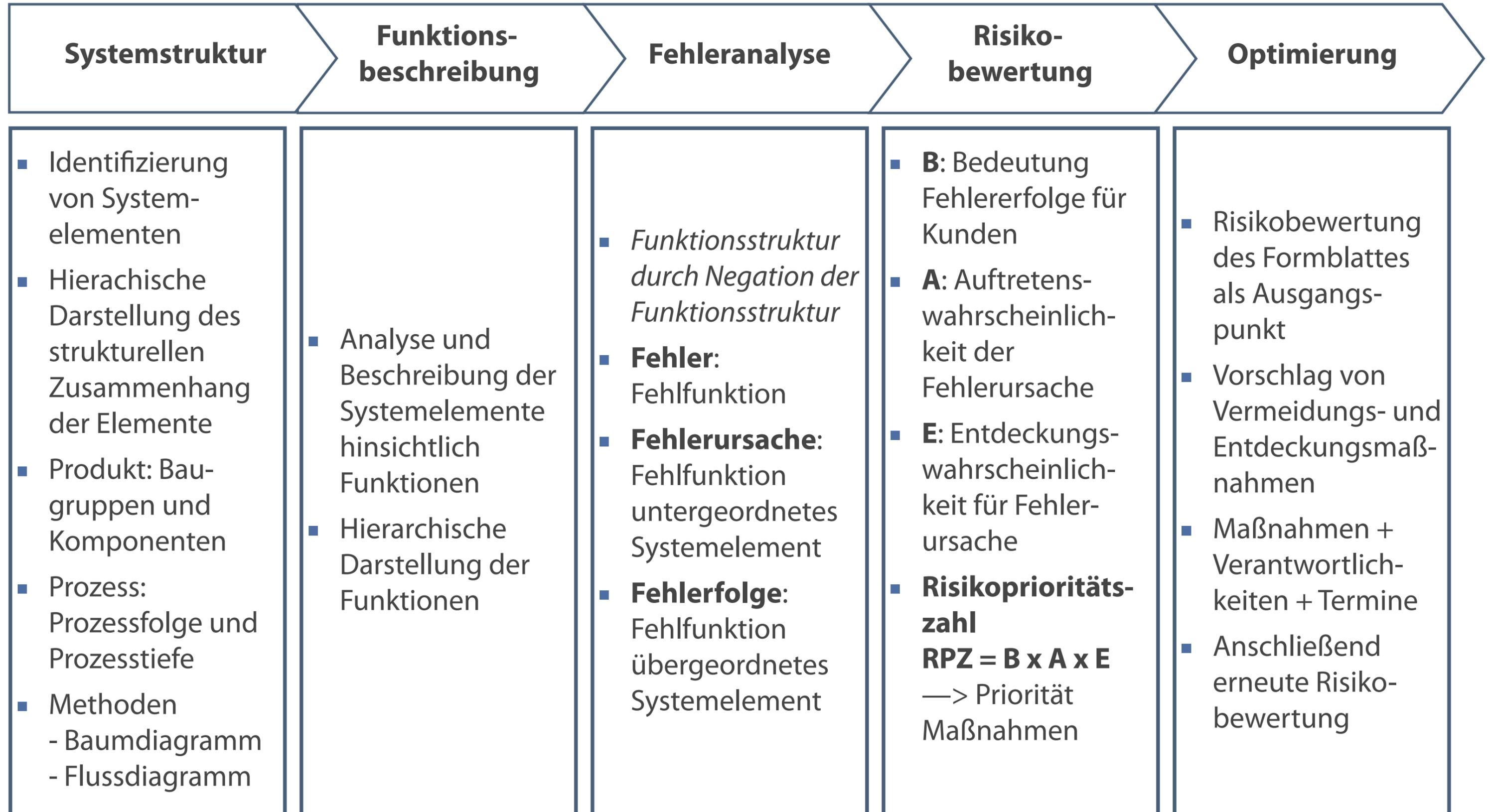
- Fehler und Fehlerursachen frühzeitig erkennen
- Kritische Produktkomponenten identifizieren
- Risiken abschätzen und beurteilen
- Prioritäten bei der Prävention von Fehlern setzen
- Kommunikation und Wissensweitergabe verbessern

Anlässe zum Erstellen einer FMEA

- Neuentwicklung von Produkten und Prozessen
- Änderungen von Produkten und Prozessen
- Beurteilung von Sicherheits- und Problemteilen
- Risikobewertung
- Einsatz neuer Verfahren oder Methoden

Durch frühzeitige Identifikation von Fehlerursachen können Fehler verhindert werden.

Durchführung der FMEA



FMEA-Formblatt

				Objekt: Fahrzeugscharniere				
Verantwortliches Team: Montageteam Band 5				Datum:.....				
				Revisionsdatum:				
Mögliche Fehlerfolge	B	Mögliche Fehler	Mögliche Fehlerursachen	Vermeidungsmaßnahmen	A	Entdeckungsmaßnahmen	E	RPZ
Scharniere laufen unsauber	7	Einzelteile passen nicht genau ineinander	Material ist verzogen	Stichprobenartige Wareneingangsprüfung	6	Messkontrolle	8	336
			Material ist schlecht verarbeitet		5		6	210
			Deformation		2		2	28
		Kugellager sind fehlerhaft	Verunreinigung der Kugellager	Stichprobenartige Wareneingangsprüfung	3	Sauberkeitskontrolle	2	42
			Kugellager sind deformiert	Stichprobenartige Wareneingangsprüfung	2	Behebung	2	28
			Kugellager sind verzogen		4	Visuelle Kontrolle	3	84

Vor- und Nachteile der FMEA

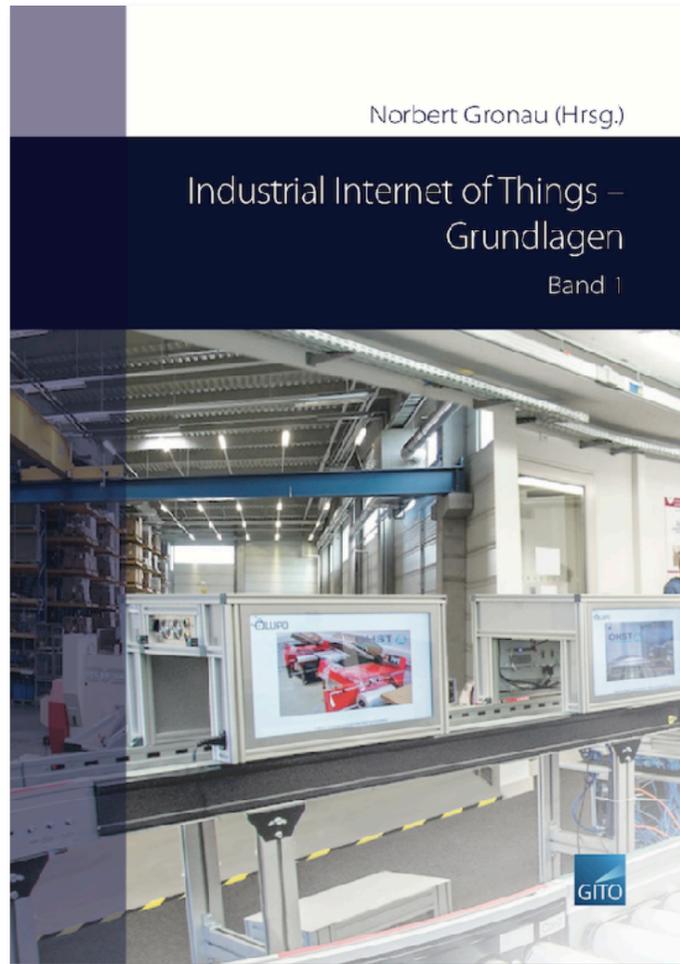
Vorteile

- Identifizieren und Bewerten möglicher Fehler und Fehlerursachen vor deren Entstehung
- Prioritätenbildung bei der Behandlung potenzieller Fehler
- Methode zur Darstellung von Expertenwissen zu einzelnen Aspekten eines Produktes oder Prozesses

Nachteile

- Größerer Arbeitsaufwand in der Entwicklungsphase
- Kosten der Methode sehr viel leichter quantifizierbar, als der Nutzen
- Durch vermeintlich exakte Berechnung des Risikos wird Objektivität der Methode vorgetäuscht

Zum Nachlesen



Kontakt

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gronau
Lehrstuhlinhaber | Chairholder

Mail August-Bebel-Str. 89 | 14482 Potsdam | Germany
Visitors Digitalvilla am Hedy-Lamarr-Platz, 14482 Potsdam
Tel +49 331 977 3322

E-Mail ngronau@lswi.de
Web lswi.de

Gronau, N.:
Industrial Internet of Things – Grundlagen
Berlin 2018, ISBN 978-3955452476 und 978-3955452612



Literatur

Altschuller, G.; Seljuzki, A.: Flügel für Ikarus – Über die moderne Technik des Erfindens. Verlag MIR Moskau und Urania-Verlag, Moskau 1983.

Babick, F.: Eigenschaften von Stoffsystemen und Produktentwicklung, https://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ifvu/mvt/downloads/produktentwicklung/produktentwicklung_folien.pdf (letzter Zugriff 26.04.2016), 2014.

Baumberg, C.: Vorlesung Entwicklungsplanung und -methoden, Einführung, https://w3-mediapool.hm.edu/mediapool/media/fk09/fk09_lokal/03_die_fakultaet/personen_1/vorlesungsteaser_lb/Baumberger_Entwicklungsplanung_und_-methoden.pdf (letzter Zugriff: 26.04.2016).

Bender, K. (Hrsg.): Embedded Systems - qualitätsorientierte Entwicklung. Springer, 2004.

Braess, H.; Seifer, U.: Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, Vieweg, 2001.

Brown, T.: Design Thinking. In: Harvard Business Review. Juni 2008, S. 84–92.

Ebert, C.: Produktentwicklung im Zeitalter von Industrie 4.0, www.ias.uni-stuttgart.de/lehre/vorlesungen/ringvorlesung/Produktentwicklung_VirtualEngineering_Trends_Keynote.pdf (letzter Zugriff 26.04.2016), Stuttgart 2015.

Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, Hanser, 2006.

Eigner, M.; Roubanov, D.; Zafirov, R. (Hrsg.): Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung, Springer, 2014.

Gausemeier, J.; Plass, C.; Wenzelmann, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung - Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Hanser, 2009.

Graner, M.: Methodeneinsatz in der Produktentwicklung: bessere Produkte, schnellere Entwicklung, höhere Gewinnmargen. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.

Gronau, N.: Wandlungsfähige Informationssystemarchitekturen - Nachhaltigkeit bei organisatorischem Wandel. Berlin, 2003.

Juran, J. M., Critical Evaluations in Business and Management, Edited by John C. Wood und Michael C. Wood, 1991.

Karlsson, C.; Ahlström, P.: The difficult path to lean product development, In: Journal of Product Innovation Management, Volume 13, Issue 4,

Köhler, P.: Rapid Prototypen (RP), www.bs-wiki.de/mediawiki/images/Rapid_Prototyping-P.Köhler.pdf (letzter Zugriff 28.04.2016), Universität Duisburg-Essen Institut für Produkt Engineering.

Kühnl, C.: Software gibt den Takt vor. Megaphon. Eng. 2 , 2010 , S. 24-25.

Literatur

Macht, M. A.: Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping, <https://docplayer.org/2631900-Ein-vorgehensmodell-fuer-den-einsatz-von-rapid-prototyping.html> (letzter Zugriff 12.05.202), Dissertation Technische Universität München, 1999.

Peters, T.; Watermann, R.: Auf der Suche nach Spitzenleistung: Was man von den bestgeführten US-Unternehmen lernen kann. Landsberg, 1986.

Pfeifer, T.: Praxisbuch Qualitätsmanagement. Hanser, 2001.

Plattner, H.; Meinel, C.; Weinberg, U.: Design-Thinking. Innovation lernen – Ideenwelten öffnen. München, 2009.

Schuh, G.: Produktkomplexität managen. Hanser, 2005.

Schuh, G.: PLM (Product Lifecycle Management). In: Gronau, Norbert ; Becker, Jörg ; Leimeister, Jan Marco ; Sinz, Elmar ; Suhl, Leena (Herausgeber): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik – Online-Lexikon. Neunte Auflage. Berlin : GITO, 22.11.2016. <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de> (Abruf: 09.01.2018).

Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement. Berlin, Heidelberg 2007.

Schulze, L.: Arbeitsmaterial zur Vorlesung Produktentwicklung. TU Dresden, Institut für Feinwerktechnik und Elektronik-Design, 2013.

Spur, G.: Fabrikplanung. München, Wiens, Hanser Verlag, 1994.

Spur, G.: Fabrikbetrieb, Hanser Verlag, 1993.

Syska, A.: Produktionsmanagement, Das A - Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, Wiesbaden, 2006.

VDI 2221: Entwicklung technischer Produkte und Systeme - Modell der Produktentwicklung, Blatt 1, 2019.

VDI 2222: Konstruktionsmethodik - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien, Verein Deutscher Ingenieure, 1997.

Volkswagen: <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/modularer-querbaukasten-3655>, 2013.