

7 Zusammenfassung

Die heutigen Absatzmärkte in den Industrienationen sind durch eine hohe Wettbewerbsintensität, inhomogene, schnell veränderliche Kundenwünsche und eine sinkende Prognostizierbarkeit gekennzeichnet. Um der Monotonie von Massengütern entgegenzuwirken, verkürzen sich die Produktlebenszyklen zunehmend. Unter diesen Bedingungen führt die klassische kundenanonyme Variantenproduktion in vielen Branchen nicht mehr zum wirtschaftlichen Erfolg.

Marktsegmentierung

Zukunftsorientierte Unternehmen streben daher die simultane Verknüpfung von Kostenführerschaft und Differenzierung an. Diese als „Mass Customization“ bzw. „kundenindividuelle Massenproduktion“ bekannt gewordene Wettbewerbsstrategie ermöglicht das Angebot kundenindividueller Produkte zu einem Preis, der mit Standardprodukten vergleichbar ist bzw. aufgrund des Mehrwerts von den Kunden akzeptiert wird. Zu den technologischen Voraussetzungen zählen flexible Produkttechnologien, flexible Produktionstechnologien, flexible Maschinen, Anlagen sowie moderne Informations- und Kommunikationstechnologien.

kundenindividuelle
Massenproduktion

Für produzierende Unternehmen liegen die höchsten erschließbaren Potenziale in dem Anwendungsfeld „mechatronische Produkte“. Durch die funktionelle Integration von Mechanik, Elektronik und Software kann die Grenze zwischen den zu standardisierenden und den zu individualisierenden Systemfunktionen in aufwandsreduzierte Bereiche verschoben werden. Software avanciert somit zur variantenbestimmenden Komponente mechatronischer Systeme.

mechatronische Produkte

Zur erfolgreichen Umsetzung der kundenindividuellen Massenproduktion sind Zulieferer und Hersteller wechselseitig voneinander abhängig. Mit der Bereitstel-

Zulieferer und Hersteller

lung individualisierbarer, mechatronischer Systeme unterstützt der Zulieferer den Hersteller bei der endkundenspezifischen Anpassung seiner Produkte. Der Hersteller gewährt dem Zulieferer im Gegenzug einen direkten Zugang zum Absatzmarkt, damit dieser seine Zuliefersysteme auf die marktseitigen Randbedingungen ausrichten kann. Aus Zulieferersicht ist neben der Anpassung an die individuellen Endkundenwünsche die Entwicklung von Systemen bedeutsam, die mit geringem Aufwand an das Markenimage unterschiedlicher Hersteller angepasst werden können.

Entwicklung

Die hohe Bedeutung der Produktentwicklung für die Umsetzung der kundenindividuellen Massenproduktion resultiert aus der Tatsache, dass während der Produktentwicklung ca. 75% der Produktkosten festgelegt werden. Erfolgsentscheidend ist darüber hinaus eine enge Verzahnung der Entwicklung mit dem Marketing und der Herstellungsvorbereitung.

Entwicklungsmethodik

Kernelement der vorliegenden Habilitationsschrift stellt daher eine Entwicklungsmethodik zur Neuentwicklung eines kundenindividuellen Baukastens für mechatronische Systeme dar. Aufbauend auf den klassischen Konstruktionssystematiken wird ein systematisches Vorgehen zur wirtschaftlichen Erfüllung eines breiten Spektrums kundenindividueller Wünsche bereitgestellt.

kundenindividueller
Baukasten

Der eingeführte Begriff „kundenindividueller Baukasten“ bezeichnet ein Baukastensystem, aus dem ein definiertes Spektrum an kundenindividuellen Produkten abgeleitet wird. Im Gegensatz zu bislang bekannten Baukästen basiert der kundenindividuelle Baukasten auf einem prospektiven und revolutionären Entwicklungsansatz. Der Baukasten wird mit dem Ziel entwickelt, zukünftigen Anforderungen an neue Produkte zu genügen. Die besondere Herausforderung besteht darin, entgegen der weit verbreiteten industriellen Praxis nicht auf Erfahrungen mit bereits abgewickelten Kundenaufträgen zurückgreifen zu können, sondern vorausschauend einen Entwicklungsrahmen für zukünftige Kundenaufträge zu schaffen. Als Rückgrat des kundenindividuellen Baukastens dient die für alle abgeleiteten Produkte gemeinsame Produktarchitektur. Die Individualisierung erfolgt über eine Auswahl aus Standard-Komponenten, diskret abgestuften sowie kontinuierlich variierenden Komponenten und über die kundenindi-

viduelle Kopplung sich ergänzender Variationsmechanismen.

Die vorgestellte Entwicklungsmethodik setzt bereits während der Planung der kundenindividuellen Anforderungen eine klare Trennung zwischen Produkteigenschaften, die als Standards realisiert werden, und solchen, die variabel gestaltbar sein sollen (Phase 1). Diese im Pflichtenheft verankerte Differenzierung in „Standards“, „diskret abgestuft“ und „kontinuierlich variierend“ wird während des gesamten nachfolgenden Entwicklungsprozesses aufrechterhalten. Aus den Anforderungen heraus wird eine funktionale Produktarchitektur entwickelt (Phase 2). Teilfunktionen und Funktionsstrukturen werden gemäß der zugesprochenen Variabilität und den beteiligten Disziplinen partitioniert. In Phase 3 der Entwicklungsmethodik werden geeignete Wirkprinzipien für die Teilfunktionen ermittelt und disziplinübergreifend miteinander vernetzt. Im Zusammenspiel der Disziplinen Mechanik, Elektronik und Software wird insbesondere die wechselseitige Verträglichkeit der Wirkprinzipien, Effekte und Algorithmen geprüft und sichergestellt.

Die auf der Basis der Prinziplösung erzeugte physische Produktarchitektur bildet das logische Rückgrat des kundenindividuellen Baukastens (Phase 4). Mit dieser gemeinsam genutzten Struktur werden die Voraussetzungen für eine gleichzeitige Standardisierung und Individualisierung geschaffen. Standard-Komponenten, diskret abgestufte und kontinuierlich variierende Komponenten werden gekapselt, um ihre Unabhängigkeit und Rekombinierbarkeit zu gewährleisten. Zwischen den Komponenten werden standardisierte Schnittstellen geschaffen. Somit ist der kundenindividuelle Baukasten sowohl auftragsneutral als auch auftragsbezogen erweiterbar. In Phase 5 der Entwicklungsmethodik werden die modularen Strukturen und gekapselten Komponenten ausgearbeitet. Die gekoppelten Variationsmöglichkeiten werden einer Funktions- und Kompatibilitätsprüfung unterzogen. Abschließend werden die in den Phasen 1-5 erarbeiteten Ergebnisse anwendungsgerecht dokumentiert (Phase 6). Über die produktbezogene Dokumentation hinaus werden Abläufe und Regeln zur Handhabung des kundenindividuellen Baukastens festgelegt.

Phasen 1-3 der
Entwicklungsmethodik

Phasen 4-6 der
Entwicklungsmethodik

Methodeneinsatz	Die Entwicklungsmethodik basiert auf den klassischen Konstruktionssystematiken und erweitert diese um die Aspekte einer kundenindividuellen Massenproduktion mechatronischer Systeme. Zur Anwendung kommen eine Vielzahl an Methoden, wie z.B. Quality Function Deployment, Funktionsgliederung, Product Line Approach, Modularisierung, Skalierung, Differenzial- und Integralbauweise, Architekturbewertung sowie Kompatibilitätsprüfung. Im Vorgehen wird explizit zwischen Standardkomponenten, diskret abgestuften und kontinuierlich variierenden Komponenten unterschieden.
auftragsbezogene Anwendung	Anhand von Beispielen aus der Fahrzeugkonfiguration werden Mechanismen zur Erfassung von Individualisierungsinformationen für die auftragsbezogene Produktableitung aus dem kundenindividuellen Baukasten verdeutlicht. Des Weiteren werden Methoden zur verursachungsgerechten Angebotskalkulation vorgestellt. Hiermit wird ein verursachungsgerechter Angebotspreis für Sonderwünsche, die nicht in dem kundenindividuellen Baukasten enthalten sind, berechnet. Bei der Auftragsabwicklung werden die Nutzungsregeln des kundenindividuellen Baukastens angewendet. Durch die konsequente Anwendung des kundenindividuellen Baukastens werden die Reaktionszeiten zur Bearbeitung von Kundenaufträgen deutlich reduziert.
flexible Produkttechnologien	Der Einsatz flexibler Produkttechnologien stellt ein Kernelement zur Realisierung der kontinuierlichen Variation innerhalb des kundenindividuellen Baukastens dar. Diese „built-in-flexibility“ ermöglicht eine Verschiebung des Individualisierungszeitpunkts in die Inbetriebnahme bzw. Nutzungsphase des Produkts. Zur Verdeutlichung werden bereits realisierte Produktbeispiele, wie z.B. frei programmierbare Kombiinstrumente, fahrdynamischer Sitz oder adaptives Fahrwerk vorgestellt.
Zielkostenmanagement	Zur entwicklungsbegleitenden Anpassung der Struktur der Produktkosten an die Marktanforderungen wird das Zielkostenmanagement eingesetzt. Der Schwerpunkt dieses Konzepts zur Kostenplanung, Kostensteuerung und Kostenkontrolle liegt in den frühen Entwicklungsphasen.
Herstellungsvorbereitung	Im Sinne des Simultaneous Engineering wird bereits parallel zur Entwicklung des kundenindividuellen Baukastens die Herstellung vorbereitet. Abhängig von der

Differenzierung in Standard-Komponenten, diskret abgestuften und kontinuierlich variierenden Komponenten, wird massenhaft, teilfamilienbasiert oder mit Hilfe flexibler Produktionstechnologien hergestellt. Mit der Festlegung von Vorzugstechnologien werden baukastenweit und –übergreifend einheitliche Fertigungsprozesse, Maschinen und Anlagen verwendet. Hierdurch kommen Standardisierungseffekte wie robuste Prozesse, Qualitätssteigerung und Kostendegression zum Tragen. Innovative flexible Produktionstechnologien werden langfristig geplant und vorausentwickelt. Die anwendungsspezifische Ausgestaltung der Herstellungsverfahren wird eng mit der Produktentwicklung verzahnt. Flexible Maschinen und Anlagen sind in der Lage, eine Bandbreite unterschiedlicher Merkmalsausprägungen herzustellen, fangen Volumenschwankungen auf und gewährleisten Produktionskontinuität.

Die Einführung, Umsetzung und Aufrechterhaltung eines kundenindividuellen Baukastens erfordert einen tiefgreifenden Wandel von Verhalten und Wertvorstellungen in allen klassischen Schlüsselfunktionen eines Unternehmens. Erfolgsentscheidend für ein professionelles Veränderungsmanagement zum kundenindividuellen Massenproduzenten sind die folgenden Handlungsfelder. Im Mittelpunkt des Handlungsfelds „Führung“ steht die Weichenstellung der Unternehmensleitung, ausgewählte Produktbereiche im Sinne der kundenindividuellen Massenproduktion auszurichten. Durch das Handlungsfeld „Kommunikation“ werden Überzeugungs- und Identifikationsprozesse bei den Beteiligten angestoßen und gesteuert. Kernelement stellt das Handlungsfeld „Veränderungsprozessmanagement“ dar. Im Vorfeld des Veränderungsprozesses gilt es, einen Überblick über die Vielfalt der zu berücksichtigenden Aspekte zu gewinnen. Ziele, Inhalte und Voraussetzungen der Veränderungsinitiative bzw. des Veränderungsprojekts werden zwischen Auftraggeber und Projektleitung verhandelt und schriftlich vereinbart. Die Erreichung der vereinbarten Ziele wird mit Hilfe einer Veränderungsprojektplanung und –verfolgung gewährleistet. Das Handlungsfeld „Methodenbereitstellung und Trainings“ fokussiert die Befähigung von Führungskräften und Mitarbeitern im Veränderungsprozess. Im Zuge des Handlungsfelds „Lernen und Methoden Anpassung“ werden Lernprozesse in der Organi-

Veränderungs-
management

sation unterstützt und eingesetzte Methoden bei Bedarf unternehmensspezifisch angepasst. Die Zusammenhänge des Veränderungsmanagements werden anhand des Beispiels eines Automobilzulieferers verdeutlicht, der sich aus einer Massenherstellung heraus in ausgewählten Produktbereichen zu einem kundenindividuellen Massenproduzenten entwickelt.

Fazit

Mit der vorliegenden Arbeit wird ein Überblick über das Themenfeld „Mass Customization“ gegeben und den besonderen Erfordernissen der Entwicklung mechatronischer Produkte Rechnung getragen. Durch die strukturiert bereitgestellten Methoden und Vorgehensweisen werden produzierende Unternehmen befähigt, sich als kundenindividuelle Massenproduzenten am Markt zu positionieren und die zugehörigen Wettbewerbsvorteile zu erschließen. Hiermit stehen neue Geschäftsmodelle zur Verfügung, mit denen Unternehmen flexibel auf unterschiedlichen Absatzmärkten agieren können. Insbesondere bietet sich eine Kombination der reinen Massenproduktion mit der kundenindividuellen Massenproduktion in regional unterschiedlichen Märkten an.