

## **EIN METHODISCHER ANSATZ ZUR INDUZIERTEN KOSTENKALKULATION INDIVIDUALISIERTER PRODUKTE**

*Andreas Gahr, Udo Lindemann*

### **Zusammenfassung**

Kundenindividuelle Serienprodukte können als Trends in der heutigen Produktentwicklung angesehen werden. Zurückzuführen ist dieser Trend auf die zunehmende Markt- und Kundenorientierung sowie die verschärften globalen Wettbewerbsbedingungen. Insbesondere ist für technisch aufwendige individualisierte Produkte nicht geklärt, wie diese kostengünstig entwickelt bzw. gestaltet werden können (Design to Cost). Der folgende Beitrag stellt einen methodischen Ansatz zur leistungsinduzierten Kostenkalkulation vor, mit dessen Hilfe die Kosten eines individualisierten Produktes frühzeitig festgelegt und verursachungsgerecht kalkuliert werden können. Basis dieses Ansatzes sind Unternehmensaktivitäten mit hinterlegten Kosteninformationen, die zur Bearbeitung der Kundenwünsche notwendig sind. Zusätzlich wird ein Softwareprototyp zur Unterstützung des methodischen Ansatzes vorgestellt. Hierbei lassen sich die Aktivitäten, z. B. prozessorientiert, durch graphische Anordnung und Verknüpfung einfach und übersichtlich darstellen. Basierend auf dieser Anordnung von Aktivitäten werden die jeweiligen Kosten für die Individualisierung berechnet. Weitere Zusatzinformationen, wie beispielsweise ein Unsicherheitsfaktor oder eine Risikozahl, erlauben eine zuverlässige Aussage über die Güte der Kostenkalkulation.

### **1 Einleitung**

Verschärfte Wettbewerbsbedingungen, wie beispielsweise steigender Wettbewerbsdruck, zunehmende Marktsegmentierung, steigende Sättigung der Absatzmärkte und zunehmende Globalisierung sowie immer anspruchsvollere Kunden mit divergierenden Wünschen stellen die Produktionsunternehmen vor neue Herausforderungen. Stand vor einigen Jahrzehnten die Rationalisierung der Produktion im Vordergrund, so tritt heutzutage der Kunde in das Rampenlicht des unternehmerischen Handelns. Dies macht sich bemerkbar in einem zunehmenden Wechsel vom Verkäufer- zum Käufermarkt und erfordert neue Strategien, die den gesteigerten Ansprüchen der Kunden gerecht werden [10]. Ein strategisches Konzept, das diese Problematik aufgreift und Bedeutung erlangt, ist die kundenindividuelle Massenfertigung (engl. Mass Customization) [13]. Mass Customization stellt eine hybride Wettbewerbsstrategie dar, die versucht Kostenführerschaft und Differenzierung in Einklang zu bringen. Die Hauptunterschiede zur Variantenfertigung sind zum einen, dass der Kunde genau das bekommt, was er will und nicht aus vordefinierten Varianten auswählen muss und zum anderen, dass die Entwicklung und Fertigung neuer Produkte nicht aufgrund von Marktbedürfnissen primär ausgelöst wird, sondern aufgrund von individuellen Kundenanfragen. Unter einem individualisierten Produkt wird somit ein auf den einzelnen Kunden angepasstes Produkt (Sachprodukt und/oder Dienstleistung) verstanden, das zu Konditionen (z. B. Preis, Lieferzeit und Qualität) angeboten wird, die denen von Serienprodukten ähneln.

Die wirtschaftliche Planung und Gestaltung individualisierter Produkte stellt dabei die Produktentwicklung vor neue Herausforderungen [11]. Dies betrifft zum einen die gezielte wirtschaftliche Vorplanung bzw. Vorentwicklung der Produktstrukturen zur Festlegung von Produkteigenschaften und von Freiheitsgraden. Das Produkt wird damit in der Entwicklung nicht endgültig festgelegt, sondern erst in einem individuellen Adaptionsprozess hinsichtlich seiner spezifischen Anforderungen beschrieben und in seinen Eigenschaften definiert. Das Ergeb-

nis der Strukturplanung ist also kein einzelnes Produkt bzw. eine begrenzte Anzahl an Produktvarianten, sondern vielmehr ein flexibles Produktspektrum, das über festgelegte Freiheitsgrade und Freiräume verfügt (vgl. Bild 1). Zum anderen betrifft es die kosteneffiziente Ablaufgestaltung einer Produktpassung an den Kundenwunsch. Dieser individuelle Produktadaptionsprozess ist durch die Phasen Kundeninteraktion, in der die spezifischen Kundenanforderungen und -wünsche erfasst werden, Übersetzung der Kundenwünsche in eine individuelle Produktdefinition/-gestaltung sowie Umsetzung/Herstellung gekennzeichnet [10].

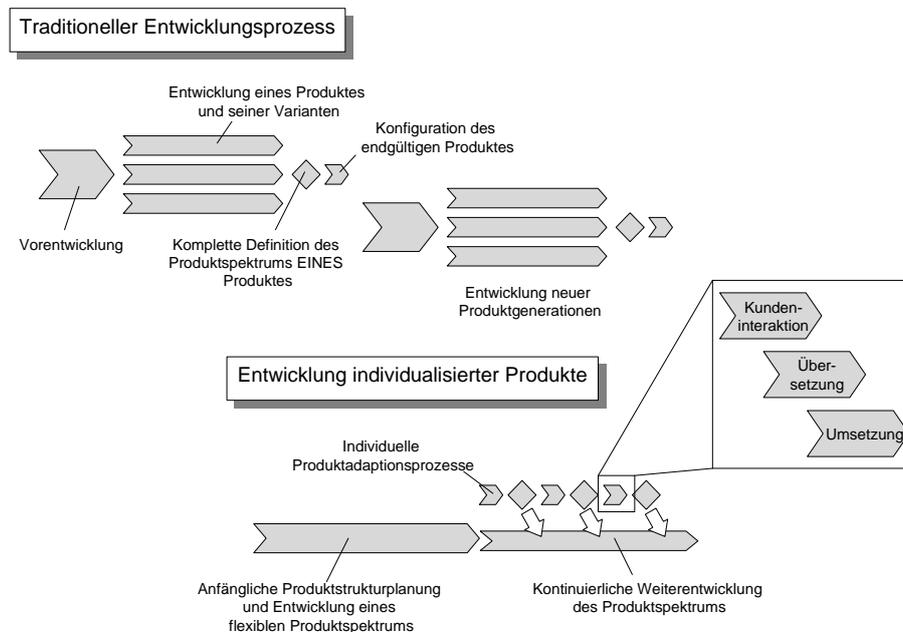


Bild 1: Vergleich herkömmlicher und neuer Entwicklungsprozess [12]

Im folgenden Beitrag wird auf einen methodischen Ansatz zur leistungsinduzierten Kostenkalkulation für individualisierte Produkte eingegangen. Unter dem Begriff leistungsinduzierte Kosten werden diejenigen Kosten verstanden, die unmittelbar durch die Bearbeitung des Kundenwunsches im Unternehmen entstehen. Ziel dieses Ansatzes ist die kosteneffiziente Entwicklung, d. h. die Phasen der Produktstrukturplanung und der Produktadaptation methodisch zu unterstützen. Der Fokus dieser Methodik soll dabei weniger auf der Seite des unternehmensübergreifenden betrieblichen Rechnungswesens liegen sondern vielmehr auf der Seite des individuellen kostengünstigen Konstruierens durch den Entwickler. Hierbei ist wichtig, die Kostenschwerpunkte eines Produktes zu ermitteln, um möglichst frühzeitig einen Einfluss auf die Kosten zu erhalten. Der folgende Beitrag gliedert sich in drei Abschnitte: Im ersten Abschnitt werden die Anforderungen an eine Kostenkalkulation individualisierter Produkte beschrieben. Anschließend wird ein methodischer Lösungsansatz vorgestellt, der auf Grundlagen der Prozesskostenrechnung basiert. Im dritten Abschnitt wird ein Softwareprototyp zur Unterstützung der leistungsinduzierten Kostenkalkulation vorgestellt.

## 2 Anforderungen an eine Kostenkalkulation in der Produktentwicklung

Die Anforderungen an eine Kostenkalkulation individualisierter Produkte leiten sich sowohl aus allgemeinen und betriebswirtschaftlichen als auch aus ingenieurwissenschaftlichen Forderungen ab. Zudem muss die Kalkulation den speziellen „Design to Cost“ Forderungen individualisierter Produkte gerecht werden (vgl. Bild 2). In der betriebswirtschaftlichen Literatur werden verschiedene Kriterien für ein Verfahren zur Kostenrechnung genannt. Hauptsächlich werden folgende allgemeine Anforderungen genannt, die ebenso für ein Verfahren zur Kos-

tenkalkulation individualisierter Produkte Gültigkeit besitzen: Ersteller- und Benutzerfreundlichkeit, Einfachheit und Schnelligkeit des Verfahrens sowie Flexibilität, Konsistenz, Transparenz, Modularität und Dokumentationsfähigkeit der Kostendaten und die Koordination mit anderen Instrumenten (z. B. SAP), die die Entscheidungsfindung unterstützen (vgl. [15]).

Aus der betriebswirtschaftlichen Sichtweise ist eine Verrechnung der vom (individualisierten) Produkt hervorgerufenen Kosten nach dem Verursachungsprinzip entscheidend. Dabei muss auf die Vollständigkeit der erfassten Kosten besonderer Wert gelegt werden, da die Ergebnisse der Kalkulation sonst zwangsläufig zu falschen Entscheidungen führen. Ein weiterer Punkt ist die realitätsnahe Abbildung der Zusammenhänge zwischen Produkt- und Leistungsverzehr. Dementsprechend müssen sich die Struktur und die Höhe der Kosten entsprechend der tatsächlichen Beziehung zwischen Ursache und Wirkung hinreichend genau niederschlagen [8].

<b>Anforderungen durch ...</b>	<p><b>... allgemeine Ansprüche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Ersteller- und Benutzerfreundlichkeit</li> <li>❖ Einfachheit und Schnelligkeit des Verfahrens</li> <li>❖ Flexibilität, Konsistenz, Transparenz, Modularität und Dokumentationsfähigkeit der Daten</li> <li>❖ Koordination mit anderen Instrumenten der Entscheidungsunterstützung</li> </ul>
	<p><b>... betriebswirtschaftliche Ansprüche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Verursachungsgerechte Verrechnung der Kosten</li> <li>❖ Realitätsnahe Kostenallokation</li> <li>❖ Vollständige Kostenerfassung</li> </ul>
	<p><b>... ingenieurwissenschaftliche Ansprüche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Transparente Kosteneinflussgrößen</li> <li>❖ Kontinuierliche Konkretisierung der Kostenaussage mit steigendem Informationsniveau</li> <li>❖ Darstellung von Unsicherheiten in der Kalkulation</li> </ul>
	<p><b>... „Design to Cost“ Ansprüche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Zielkostenorientierte Produkterstellung (Entwicklung, Produktion, Vertrieb, usw.)</li> <li>❖ Produkterstellungsbegleitende Regelung von Ist-Kosten</li> <li>❖ Auftrags- bzw. Kundenspezifische Kostenallokation</li> <li>❖ Integrierte Betrachtung aller Produktlebensphasen</li> </ul>

Bild 2: Anforderungen zur frühzeitigen Kostenkalkulation individualisierter Produkte in der Produktentwicklung

Aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht ist es notwendig die Kosteneinflussgrößen auf Produktseite schnell und einfach zu lokalisieren. Hier darf nicht nur der kausale Zusammenhang zwischen Einflussgrößen und Kosten gekennzeichnet werden, sondern es muss auch der quantitative Zusammenhang, d. h. die Höhe des Einflusses, deutlich werden [8]. Da zu Beginn der Produktentwicklung erfahrungsgemäß nur wenige Produktinformationen – geschweige denn Kosteninformationen – vorhanden sind, ist eine kontinuierliche Konkretisierung der Kostenaussage mit dem steigenden Informationsniveau der Produktentstehung sicherzustellen. Die in der Praxis eingesetzten Hilfsmittel zur Kostenkalkulation in der Produktentwicklung weisen fast ausschließlich relative oder absolute Kosteninformationen auf. Ein Hinweis auf Unsicherheiten in der Kalkulation wird vernachlässigt, was häufig zu falschen Entscheidungen führt, da die eingegebenen Werte oft nicht nachvollziehbar bzgl. Si-

cherheit dokumentiert werden. Somit ist die Darstellung von Unsicherheiten in der Kalkulation ein entscheidender Faktor zur Steigerung der Verlässlichkeit einer Kostenaussage.

Neben den allgemeinen, betriebswirtschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Anforderungen, beeinflussen spezielle „Design to Cost“ Anforderungen die frühzeitige Kostenkalkulation in der Produktentwicklung für individualisierte Produkte. Zunächst ist es wichtig, eine möglichst zielkostenorientierte Produkterstellung zu gewährleisten. Diese Forderung ist insofern wichtig, da eine wesentliche Grundanforderung an individualisierte Produkte – wie bereits in der Einleitung beschrieben – die Erstellung zu serienfertigungsähnlichen Konditionen (Preis, Lieferzeit und Qualität) ist. Somit bildet das Zielkostenmanagement ein wesentliches Element bei der Entwicklung individualisierter Produkte [5]. In Anlehnung an Ehrlenspiel et al. [3] kann die Produktentwicklung und insbesondere die produkterstellungsbegleitende Kostenkalkulation als Regelkreis, in Analogie zum Regelkreis der Steuerungstechnik, aufgefasst werden. Der zu regelnde Prozess, z. B. das Übersetzen eines Kundenwunsches in Produktspezifikationen, bildet dabei die Regelstrecke. Aufgabe der Methodik zur frühzeitigen Kalkulation ist die Überwachung des Ist-Zustands des Prozesses und der Vergleich mit dem Soll-Zustand der Führungsgröße. Wird eine Abweichung erkannt, so muss eine geeignete Mitteilung den Entwickler darauf hinweisen. Zur Beurteilung der Profitabilität eines Kundenwunsches bzw. eines Kundenauftrages ist eine direkte Zuordnung der Kosten auf den einzelnen Kunden notwendig. Nicht alle praktisch angewandte Kostenrechnungssysteme sind darauf vorbereitet. Meist sind sie aufgrund der vorherrschenden industriellen Orientierung wenig auf Bereiche des Verkaufs, Vertriebs, der Logistik oder der Entwicklung ausgerichtet. Mit zunehmender Dienstleistungsorientierung gewinnen jedoch gerade diese Bereiche an Bedeutung [4]. Letztendlich ist eine integrierte Betrachtung aller Produktlebensphasen notwendig. Beispielsweise dürfen die Entsorgungskosten eines individualisierten Produktes in der Kalkulation nicht unberücksichtigt bleiben da der Gesetzgeber zur Abfallverminderung in Deutschland eine Rücknahme von ausgedienten Produkten voll oder teilweise zu Lasten des Produzenten anordnen kann [3].

### 3 Ansatz zur Kostenkalkulation mittels Individualisierungspfad

Ein in der betriebswirtschaftlichen Literatur weit verbreiteter methodischer Ansatz zur verursachungsgerechten Kalkulation ist die prozessorientierte Kostenrechnung. Dabei wird hierfür der Begriff „Activity Based Costing“ (ABC) [7] im anglo-amerikanischen Raum und der Begriff „Prozesskostenrechnung“ (PKR) [6] im deutschsprachigen Gebiet verwendet. In der Literatur wird kontrovers diskutiert ob und in welcher Form sich die Inhalte von ABC und PKR unterscheiden. In der Praxis sind die Verfahrensgrenzen nicht scharf, weil die Konzepte auf der gleichen Grundidee basieren. Deshalb lassen sich in der Praxis Gestaltungsformen finden, die nicht eindeutig entweder als Prozesskostenrechnung oder als Activity Based Costing klassifiziert werden können [2]. Anstelle einer detaillierten Betrachtung von PKR und ABC wird im Folgenden nur auf das Grundkonzept beider Verfahren eingegangen, das ebenso die Grundlage für den methodischen Ansatz zur Kostenkalkulation individualisierter Produkte bildet.

Die Gemeinsamkeit beider Verfahren (PKR und ABC) basiert auf der Überlegung, dass Produkte oder Dienstleistungen deshalb Kosten verursachen, weil sie Aktivitäten im Unternehmen erfordern, beispielsweise „Material einkaufen“ in der Kostenstelle „Einkauf“. Für diese Aktivitäten sucht man den Faktor, der die Höhe der Kosten am meisten beeinflusst, die „Bezugsgröße“ oder auch „Kostentreiber“ genannt. Im obigen Beispiel könnte dies die „Anzahl der Bestellungen“ sein [14].

Analog zu dieser Grundidee und in Anlehnung an die Pfadkostenrechnung [14] wurde der Ansatz zur leistungsinduzierten Kalkulation individualisierter Produkte entwickelt. Im Mittelpunkt der Pfadkostenrechnung, die im Bereich des schweizerischen Gesundheitswesens

entwickelt wurden, stehen Patientenbehandlungsabläufe, die so genannten Patientenpfade. Diese standardisierten Pfade dienen zum einen zur standardisierten Behandlung einzelner Patienten und zum anderen kostenmäßigen Planung und Kalkulation der von Behandlungsabläufen. Analog zu den Behandlungsabläufen stehen bei der leistungsinduzierten Kalkulation die einzelnen Aktivitäten eines Unternehmens im Vordergrund, die aufgrund des Auftragsabwicklungsprozesses eines individuellen Produktes durchlaufen werden müssen. Die einzelnen Aktivitäten werden im so genannten Individualisierungspfad zusammengefasst (vgl. Bild 3). Dieser Individualisierungspfad kann als eine Art Richtlinie, Leitlinie bzw. Standardprozess gesehen werden, der bereits vor der eigentlichen Produktadaption entwickelt wird.

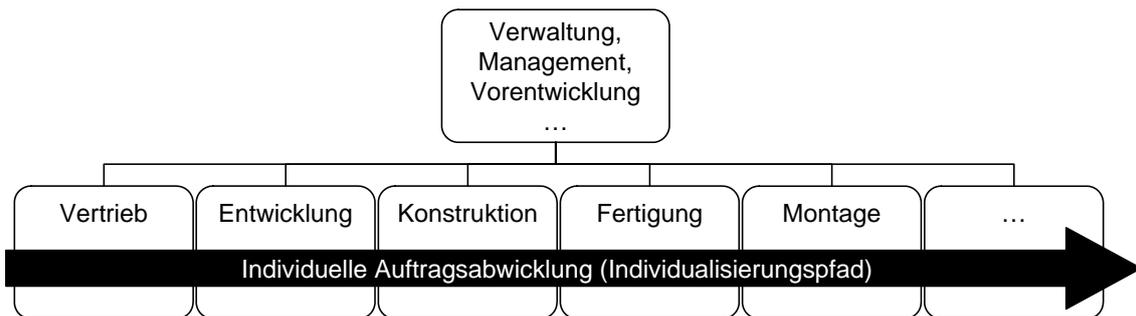


Bild 3: Der Individualisierungspfad eines einzelnen Kundenauftrags verbindet die Abteilungen (in Anlehnung an [14])

Der Individualisierungspfad beinhaltet ein standardisiertes Vorgehen zur optimalen Umsetzung eines Kundenwunsches. Diese Pfade können natürlich nur dort entwickelt werden, wo bereits in der Vorentwicklung (Produktstrukturplanung) entsprechende Individualisierungsfreiheiten festgelegt worden sind. Somit wird es entsprechend der Freiheitsgrade verschiedene Individualisierungspfade geben (z. B. einen Pfad für die ergonomische Anpassung einer Griffmulde an die jeweilige Kundenhand oder einen Pfad für die geometrische Anpassung eines Behälters innerhalb der Freiheitsgrade). Jeder Durchlauf eines Pfades „induziert“ Kosten im Unternehmen, da verschiedene Aktivitäten geleistet werden müssen. Aus der Sicht des Kostencontrollings stellen jedoch diese Individualisierungspfade auch fest vordefinierte Zielvorgaben für den Realisierungsaufwand eines Kundenwunsches dar. Folglich kann mit Hilfe der Pfade eine zielkostenorientierten Produkterstellung gewährleistet werden. Pro Individualisierungspfad werden die einzelnen Aktivitäten mit Standard-Verbrauchsfunktionen und Standard-Kostentreiber hinterlegt. Beispielsweise erhält die Aktivität „Kundenwunsch aufnehmen“ für die Anpassung einer Griffmulde eine feste Zeitvorgabe von 0,5 Minuten (Kostentreiber) sowie einen Aktivitätskostensatz von 0,4 EUR/Min. Mit Hilfe dieser Vorgaben lassen sich die Selbstkosten in Form von Prozesskosten für den jeweiligen Kundenwunsch bzw. Kundenauftrag berechnen. Bei der Erstellung der Individualisierungspfade wird nicht nur die kosteneffiziente Abwicklung eines Kundenwunsches betrachtet, gleichermaßen wird ein definierter Qualitätsstandard berücksichtigt, der für die Kundenwunschumsetzung erforderlich ist.

Die Gestaltung bzw. Konfiguration der einzelnen Individualisierungspfade kann mit Hilfe von modularen, standardisierten Prozessbausteinen, die in einem so genannten Prozessbaukasten niedergelegt sind, erfolgen [1]. Für die Gestaltung eines Pfades sind drei Konkretisierungsstufen vorgesehen (vgl. Bild 4). Zuerst werden die von dem möglichen Kundenwunsch betroffenen Unternehmensbereiche identifiziert. Anschließend werden die einzelnen Aufgaben der verschiedenen Bereiche festgehalten. Beispielsweise die Aufgabe „Anforderungsklä- rung“ im Bereich der Konstruktion. Dieser Schritt ermöglicht die Integration verschiedener Vorgehensmodelle aus den unterschiedlichen Unternehmensbereichen (z. B. Münchener Vorgehensmodell [9] oder VDI Richtlinie 2221 für die Entwicklung/Konstruktion) und erhöht dadurch den Grad der Vollständigkeit einer Kalkulation, da wesentliche Bearbeitungsschritte

nicht übersehen werden können. Im nächsten Schritt werden die Aktivitäten aus dem Prozessbaukasten hinzugefügt, die zur Durchführung der einzelnen Aufgaben notwendig sind.

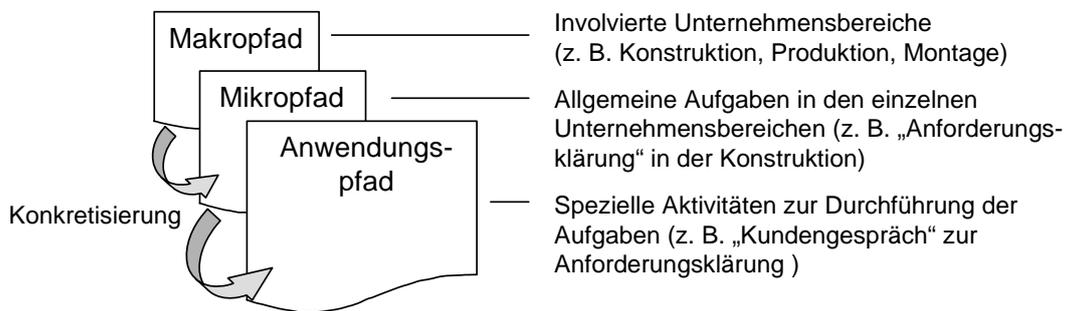


Bild 4: Kaskaden-Modell zur Gestaltung eines Individualisierungspfades

Das Ergebnis dieses Vorgehens ist ein Anwendungspfad mit den bereits angesprochenen Standard-Vorgaben, die für das Zielcontrolling notwendig sind. Diese „fertigen“ Individualisierungspfade werden in einer Datenbank abgelegt. Durch geeignete Suchalgorithmen können diese Pfade während der Produktadaption wieder aufgefunden werden. Ein günstiger Nebeneffekt des oben beschriebenen Vorgehens zur Gestaltung der Individualisierungspfade ist die modulare Bauweise eines Pfades. Dadurch können einzelne Teilbereiche ebenso für andere Individualisierungspfade genutzt werden. Folglich werden bereits in der Vorentwicklung verschiedene Individualisierungsszenarios erstellt, auf die in der anschließenden Produktadaptionsphase schnell und aufwandsarm zurückgegriffen werden kann. Sollte jedoch ein neuartiger Kundenwunsch nicht mit einem bereits vorgefertigten Pfad übereinstimmen, so kann ein ähnlicher Pfad, z. B. basierend auf den jeweiligen Aufgaben, herangezogen und adaptiert werden. Dieser wird für zukünftige Kundenwünsche der gleichen Art ebenso in der Datenbank abgelegt.

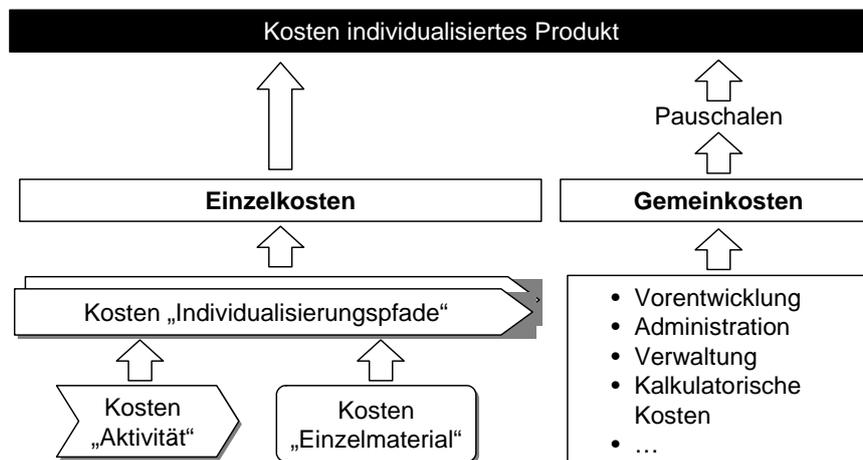


Bild 5: Kostenarten der leistungsinduzierten Kostenrechnung

Die Selbstkosten eines individualisierten Produktes berechnen sich zum einen aus den Einzelkosten und den Gemeinkosten (vgl. Bild 5). Da nicht alle Unternehmensbereiche (z. B. Verwaltung) oder Aktivitäten (z. B. in der Vorentwicklung) einem einzelnen individualisierten Produkt (Kostenträger) direkt zugerechnet werden können, werden diese Gemeinkosten mittels definierter Kostensätze oder Pauschalen dem einzelnen Produkt zugerechnet. Die Kosten der Individualisierungspfade mit seinen Aktivitäts- und den Materialkosten können dem individualisierten Produkt direkt zugerechnet werden und entsprechen somit den Einzelkosten einer Vollkostenrechnung.

## 4 Rechnerhilfsmittel zur Kostenkalkulation indiv. Produkte

Zur Unterstützung der leistungsinduzierten Kalkulation individualisierter Produkte wurde ein rechnerbasierter Softwareprototyp, das so genannte „CoCoS“ (Cost-Consulting-System), entwickelt. Die Benutzeroberfläche (vgl. Bild 6) des CoCoS verfügt auf der aktuellen Leistungsstufe über folgende drei Bereiche: Ein Bereich für den Aufbau und die Modifikation von Individualisierungspfaden (Bereich I), ein weiterer zur Eingabe von Standard-Vorgaben sowie zusätzlichen Kosteninformationen (u. a. Ressourcenverbrauch, Kostentreiber) (Bereich II) und ein dritter Bereich für den Zugriff auf einzelne Aktivitäten, Module von Individualisierungspfaden oder ganze Individualisierungspfade (Bereich III).

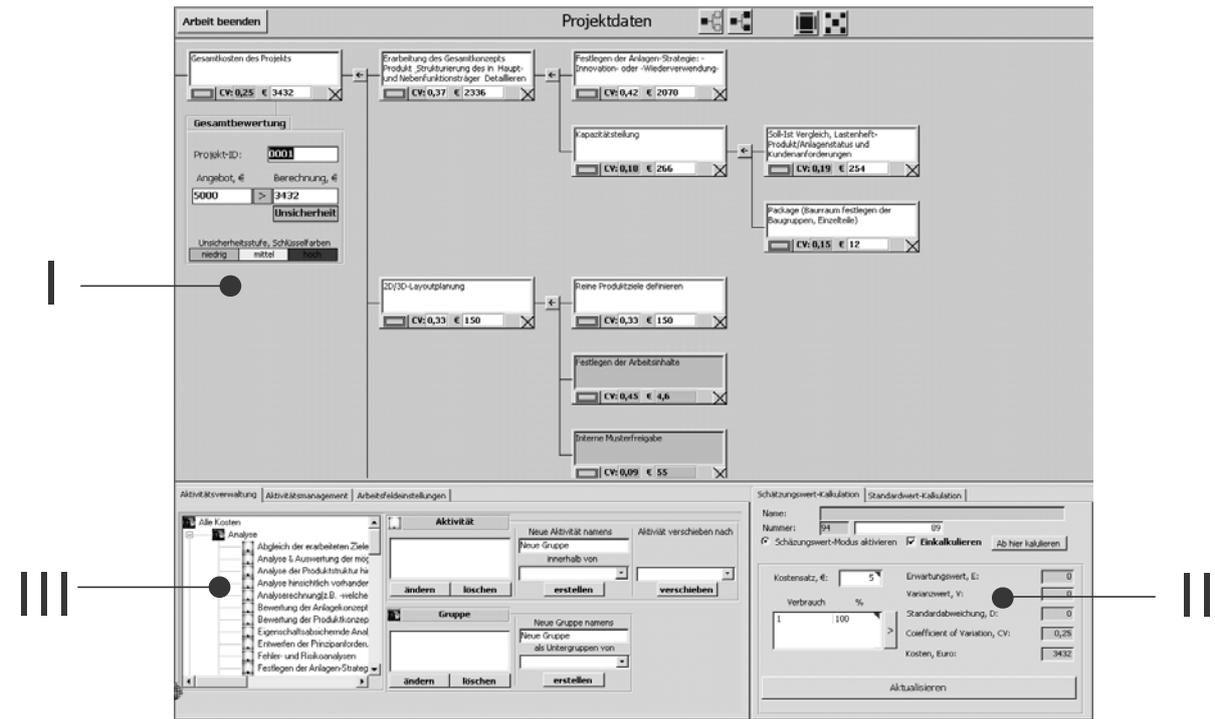


Bild 6: CoCoS-Tool zur Kalkulation von Adoptions- und Herstellkosten

In Bereich I werden die einzelnen Individualisierungspfade durch die graphische Anordnung und Verknüpfung von Aktivitäten, die zur Adaption und Herstellung eines individualisierten Produktes notwendig sind, erstellt. Dazu werden die einzelnen Aktivitäten aus Bereich III, der Aktivitätsdatenbank entnommen. Das Vorgehen zur Gestaltung der Pfade entspricht dabei dem Kaskaden-Modell (vgl. Bild 4). Zuerst werden die einzelnen Unternehmensbereiche definiert. Anschließend werden die jeweiligen Aufgaben definiert und nochmals unterteilt in die einzelnen Aktivitäten. Durch dieses Vorgehen entsteht eine hierarchische Baumstruktur von Aufgaben und Aktivitäten. Die einzelnen Zweige können aus Gründen der Übersichtlichkeit ausgeblendet werden. Nachdem die einzelnen Aktivitäten den Aufgaben zugeordnet worden sind, werden die jeweiligen Kostendaten eingetragen. Dies erfolgt mit Hilfe des Bereiches II (vgl. Bild 7). Hier können zum einen die Standardvorgaben für die Aktivitäten eingetragen werden, die für das Controlling notwendig sind, und zum anderen Ist- oder geschätzte Verbrauchswerte, aus denen sich die Aktivitätskosten berechnen lassen. Durch die Möglichkeit Schätzwerte einzutragen kann bereits zu einem frühen Zeitpunkt eine Vorkalkulation durchgeführt werden. Die einzelnen Aktivitätskosten werden jeweils an die übergeordnete Aktivität oder Aufgabe, nach dem Mutter-Kind-Prinzip, vererbt. Somit werden an der Spitze der hierarchischen Baumstruktur die Gesamtkosten für den jeweiligen Individualisierungspfad bzw. dem individuellen Produkt angezeigt.

Nachdem ein oder mehrere Individualisierungspfade in Bereich I angelegt worden sind, kann nun mit der Zuordnung der Kosteninformationen begonnen werden. Für die Durchführung einer (Vor-)Kalkulation wird vom Benutzer der Kostensatz für die jeweilige Aktivität (z. B. 55 EUR/Stunde) und der geschätzte Verbrauch eingetragen. In dem vorliegenden Softwareprototyp können hierzu drei Zahlenwerte bezüglich dem Verbrauch und der Wahrscheinlichkeit des Verbrauchs eingetragen werden. In Bild 7 wurde somit für die Aktivität „Kundenwunschanalyse“ ein Verbrauch von 0,5 Std. zu 50% Wahrscheinlichkeit, 1 Std. zu 30% und 2 Std. zu 20 % Wahrscheinlichkeit eingetragen. Die Eingabe von konkreten Wahrscheinlichkeiten ist in der Praxis jedoch unüblich und kaum realisierbar. Aus diesem Grund wird für eine zukünftige Leistungsstufe eine graphische Eingabe der Verbrauchswerte und Wahrscheinlichkeiten angestrebt. Aus diesen Eingaben werden anschließend automatisch sechs spezifische Werte einer Aktivität berechnet: der Erwartungswert (E), die Varianz (V), die Standardabweichung (D), der Unsicherheitswert (CV), der Risikowert (R) (in Bild 7 nicht dargestellt) sowie der geschätzte Kostenwert.

Bild 7: Eingabe von geschätzten Verbrauchswerten für eine Aktivität

Der Erwartungswert (E) des geschätzten Verbrauchs wird laut folgender Formel berechnet:

$$E = \sum_i x_i \cdot p_i ; i = \text{Anzahl der Verbrauchswerte} \quad (1)$$

mit  $x_i$  = geschätzter Verbrauch und  $p_i$  = die Wahrscheinlichkeit in %. Im obigen Beispiel liegt der Erwartungswert  $E = 0,5 \times 0,5 + 1 \times 0,3 + 2 \times 0,2$  bei 0,95 Stunden für die Aktivität „Kundenwunschanalyse“. Die geschätzten Kosten der Aktivität errechnen sich aus dem Produkt von Erwartungswert und Kostensatz. Für das Rechenbeispiel ergeben sich somit 52,25 EUR für die Aktivität „Kundenwunschanalyse“.

Neben den Kosten für die einzelne Aktivität wird ein Koeffizient für die Unsicherheit der Schätzung, der so genannte CV-Wert, berechnet sowie ein Risikowert (R). Die Kennzahl für die Unsicherheit setzt sich aus der Standardabweichung (D) bzw. der Varianz (V) und dem Erwartungswert (E) gemäß folgender Formel zusammen:

$$CV = \frac{D}{E} \quad (2)$$

$$D = \sqrt{V} \quad (3)$$

$$V = \sum_i p_i (x_i - E)^2 ; i = \text{Anzahl der Verbrauchswerte} \quad (4)$$

Die Varianz ist in der Statistik ein Streuungsmaß, d. h. ein Maß für die Abweichung einer Variablen von ihrem Erwartungswert und somit ein Anhaltswert für die Unsicherheit des geschätzten Verbrauchs. Ihr Nachteil ist, dass sie eine andere Einheit als die Daten besitzt. Man verwendet daher oft auch die Standardabweichung, die als Quadratwurzel aus der Varianz definiert ist.

Die Risikozahl (R) für die jeweilige Aktivität wird mit Hilfe des CV-Wertes und dem Anteil der Aktivitätskosten an den Gesamtkosten des individuellen Produkts berechnet:

$$R = CV \cdot \frac{\text{Kosten}_{\text{Aktivität}}}{\text{Kosten}_{\text{Gesamt}}} \quad (5)$$

Dabei können sich je nach Zielsetzung, d. h. Berechnung der Kosten auf Voll- oder Teilkostenbasis, die Gesamtkosten entweder aus Einzel- und Gemeinkosten oder nur den Einzelkosten zusammensetzen (vgl. Bild 5).

Mit Hilfe der Risikozahl wird dem Benutzer transparent dargestellt, bei welchen der Aktivitäten der größte Ermittlungs- bzw. Detaillierungsbedarf liegt. Je höher die Risikozahl ist, desto genauer muss die Aktivität kalkuliert werden, um eine bestimmte Genauigkeit des Gesamtergebnisses zu erreichen. Die Risikozahl eignet sich vor allem für eine ABC-Kostenanalyse (Pareto-Analyse) zum Aufdecken von potenziellen Unstimmigkeiten in der Kalkulation.

## 5 Fazit

Kundenindividuelle Produkte können als Trend in der Produktentwicklung angesehen werden und stellen damit eine Erweiterung des bisherigen Variantenansatzes dar. Dennoch müssen diese extrem variantenreichen Produkte in einem angemessenen Zeitrahmen und wirtschaftlich entwickelt und hergestellt werden. Mit Hilfe des in diesem Beitrag vorgestellten methodischen Ansatzes zur leistungsinduzierten Kalkulation können die Kosten für ein individualisiertes Produkt bereits frühzeitig festgelegt werden. Dabei dienen so genannte Individualisierungspfade als eine Art Standardvorgehen für die Produktadaption. Die Basis eines Individualisierungspfades bilden Unternehmensaktivitäten, die mit Kosteninformationen hinterlegt wurden und somit eine Kostenaussage über das individuelle Produkt erlauben. Zusätzlich beinhalten die Pfade Zielvorgaben (z. B. bzgl. Ressourcenverbrauch), die das Kostencontrolling erleichtern. Mittels des vorgestellten Softwareprototypen lassen sich die Individualisierungspfade durch die graphische Anordnung und Verknüpfung von Aktivitäten einfach und übersichtlich erstellen. Basierend auf dieser Anordnung von Aktivitäten werden die jeweiligen Kosten für die Individualisierung berechnet. Zusätzlich erlauben weitere Hilfswerte, beispielsweise ein Unsicherheitsfaktor oder eine Risikozahl, eine zuverlässige Aussage über die Güte der Kostenkalkulation.

Für die Unterstützung und die Förderung der vorliegenden Forschungsarbeit im Rahmen des Teilprojektes P4 im Sonderforschungsbereich 582 „Marktnahe Produktion individualisierter Produkte“ der Technischen Universität München (<http://www.sfb582.de/>) bedanken sich die Autoren bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

## 6 Literatur

- [1] Baumberger, C.; Lindemann, U.; Ponn, J.: Prozessanforderungen und -gestaltung der Übersetzung individueller Kundenwünsche in Produktdefinitionen. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): Beiträge zum "14. Symposium Design for X", 13. und 14. Oktober 2003, Erlangen, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, 2003

- [2] Coners, A.; Gerrit, v. d. H.: Time-Driven Activity-Based Costing: Motivation und Anwendungsperspektiven. In: Controlling & Management, 48. Jg., Februar 2004, S. 108-118, Gabler, 2004
- [3] Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.: Kostengünstig Konstruieren. Berlin, Springer 2002
- [4] Fickert, R.: Customer Costing. In: Fickert, R. (Hrsg.): Customer Costing; Schriftenreihe des Instituts für Rechnungslegung und Controlling, Bd. 6, Bern, Haupt, 1998
- [5] Gahr, A.; Lindemann, U.; Saltykov, A.: Implementation of target costs in mass customization design processes. In: Proceedings of International Design Conference, Dubrovnik, 19.-21.05 2004
- [6] Horváth, P.: Controlling. München, Vahlen, 1998
- [7] Kaplan, R.; Cooper, R.: Prozesskostenrechnung als Managementinstrument. Frankfurt/Main, Campus, 1999
- [8] Kümper, R.: Ein Kostenmodell zur verursachungsgerechten Vorkalkulation. In: Eversheim, W.; Klocke, F.; König, W.; Pfeifer, T.; Weck, M. (Hrsg.): Berichte aus der Produktionstechnik, Aachen, Shaker, 1996
- [9] Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte. Berlin, Springer, 2004
- [10] Lindemann, U.; Baumberger, G.C.; Freyer, B.; Gahr, A.; Ponn, J.; Pulm, U.: Entwicklung individualisierter Produkte. In: Reinhart, G.; Zäh, M.F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung, Berlin, Springer, 2003
- [11] Lindemann, U.; Ponn, J.: Produktindividualisierung – wirtschaftliche Planung und Gestaltung. In: Lindemann, U. (Hrsg.): Marktnahe Produktion individualisierter Produkte – Industriekolloquium des Sonderforschungsbereichs 582, München, 29.04.2004, München, Utz, 2004
- [12] Lindemann, U.; Pulm, U.: Enhanced Product Structuring and Evaluation of Product Properties for Mass Customization. In: Proceedings of the 1st World Congress on Mass Customization and Personalization, Hong Kong (China), 01./02.10.2001, (CD)
- [13] Piller, F.: Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Wiesbaden, DUV, 2001
- [14] Rieben, E.; Müller, H.-P.; Holler, T.; Rufin, G.: Pfadkostenrechnung als Kostenträgerrechnung – Kalkulation und Anwendung von Patientenpfaden. Landsberg/Lech, ecomed, 2003
- [15] Saxe, M.: Aktivitätsorientierte Kostenrechnung. In: Meyer, C.; Hässig, K.; Helbling, C.; Pfaff, D. (Hrsg.): Beiträge des Instituts für Rechnungswesen und Controlling der Universität Zürich, Bd. 12, Zürich, Schulthess Juristische Medien AG, 2000

Dipl.-Ing. Andreas Gahr  
 Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
 Lehrstuhl für Produktentwicklung  
 Technische Universität München  
 Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching  
 Tel: +49-89-289-15126  
 Fax: +49-89-289-15144  
 Email: gahr@pe.mw.tum.de  
 lindem@pe.mw.tum.de  
 URL: <http://www.pe.mw.tum.de>