

METHODISCHE BESTIMMUNG DER SYSTEMGRENZEN IM PRODUKTENTWICKLUNGSPROZEß

Sandro Wartzack

Abstract

Modularisieren im Produktentwicklungsprozeß bedeutet „Festlegen der Systemgrenzen“. Diese Aktivität hat einen starken Einfluß auf „make or buy“- Entscheidungen von Subsystemen, die wiederum die meisten Produktentwicklungen betrifft. Für einen „Original Part Manufacturer“ (OEM) ist die Festlegung der Systemgrenzen ein wichtiger Schritt, um die Subsysteme festzulegen, die auf möglichst ökonomische Weise beschafft werden können. Für den Zulieferer bedeutet dies die Frage, bis zu welcher Systemgrenze ein Zulieferumfang am wirtschaftlichsten entwickelt und gefertigt werden kann. Der folgende Beitrag befaßt mit der methodischen Bestimmung der Systemgrenzen eines technischen Produktes und trägt damit zum Thema ‚Produktstrukturierung im Produktentwicklungsprozeß‘ bei.

1 Einleitung

Durch die ständig steigende Komplexität können aktuelle und zukünftige Produkte in vielen Fällen nicht mehr durch ein Unternehmen auf wirtschaftliche Weise hergestellt werden. Für eine schnelle und wirtschaftliche Entwicklung ist es notwendig, daß Hersteller mit Zulieferern kooperieren, um somit das jeweilige, spezifische Produkt- und Prozeßwissen gemeinsam zu nutzen und in den gesamten Produktentwicklungsprozeß zu integrieren. Voraussetzung für eine solche Kooperation ist die Modularisierung des entsprechenden Produkts.

In der Konstruktionsmethodik ist das Thema „Modularisierung“ eng mit dem Arbeitsabschnitt „Produktstrukturierung“ verbunden, der am Übergang von der Konzeptphase (VDI2221: Modularisieren der Prinzipiellen Lösung [1]) zur Entwurfsphase (Pahl/Beitz: Entwickeln der Baustruktur [2]) stattfindet. Modularisierung erfordert Ordnungskriterien zur Produktstrukturierung. In der Literatur können die Begriffe „Baustruktur“ und „Bauweise“ als Beispiel für solche Ordnungskriterien gefunden werden [2-3]. Für die industrielle Verwendung sind die Kriterien allerdings zu grob, da diese Kriterien bereits den Fertigungsprozeß implizieren. Dies ist ein im Konstruktionsprozeß oft begangener Fehler, der sich dadurch zeigt, daß eine zu frühe Konzentration auf den Werkstoff und den Herstellprozeß erfolgt, wobei diese Konzentration allerdings erst nach der eigentlichen Produktstrukturierung (Bauteilsegmentierung) erfolgen sollte („form follows function, structure follows form, material/process follows structure“).

2 Produktstrukturierung

Zum verbesserten Verständnis soll das methodische Vorgehen zur Bestimmung der Systemgrenzen anhand eines einfachen Beispiels einer Kastenstruktur, die eine Systemgrenze aufweisen soll, demonstriert werden. Zur Darstellung möglicher Systemgrenzen (Definition der Schnittstellen) werden in einem ersten Schritt Schnittdarstellungen benötigt, die in der Lage sind, die einzelnen Module zu repräsentieren. Im Falle der Kastenstruktur kann hierbei von einem rechteckigen Querschnitt ausgegangen werden (Bild 1a). Komplexere Produkte erfordern ggf. mehrere und komplexere Schnittdarstellungen.

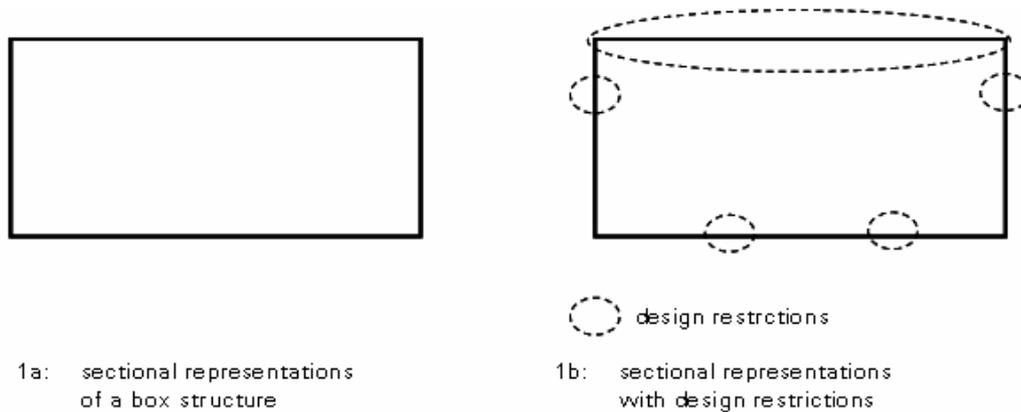


Bild 1: Schnittdarstellung einer Kastenstruktur

In nächsten Schritt sind die Konstruktionsrestriktionen zu definieren, mit denen Wirkstrukturen oder Funktionsflächen / -bereiche und Verbindungsflächen zu Subsystemen gekennzeichnet werden. Diese Restriktionen dürfen zukünftig – zur klaren Zuordnung der Subsysteme und Funktionsflächen zu einem Modul – nicht auf einer möglichen Systemgrenze liegen. In Bild 1b sind beispielhaft Konstruktionsrestriktionen an einigen Positionen eingezeichnet. Dies können beispielsweise Dicht-, Paß- oder Designflächen bzw. Fügestellen montierter Bauteile sein.

Nach Festlegung der Konstruktionsrestriktionen wird ein Pfad festgelegt, nach dem mögliche Systemgrenzen variiert werden können. Die konsequente Variation der Schnittstellen außerhalb der Restriktionen führt zur Entwicklung von Modularisierungsvarianten. Bild 2 zeigt eine Auswahl von Modularisierungsvarianten für das betrachtete Beispiel der Kastenstruktur.

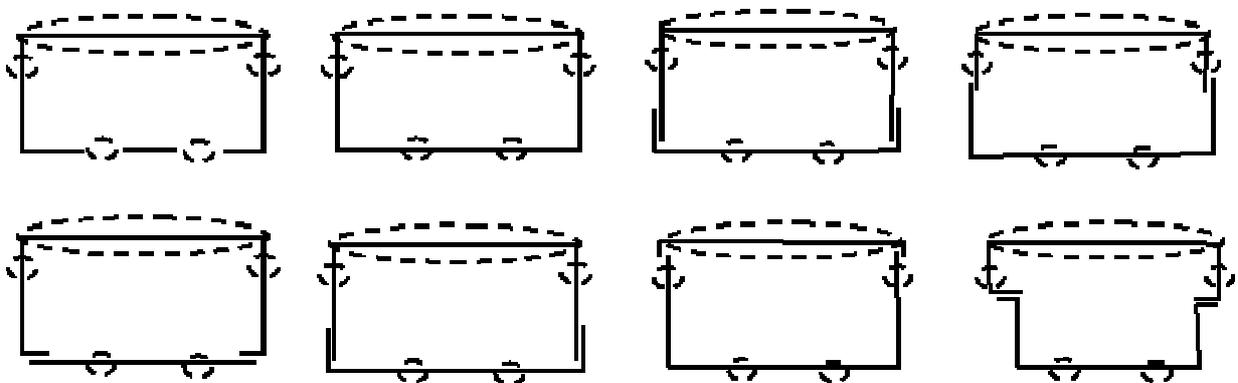


Bild 2: Modulare Konstruktionsvarianten einer Kastenstruktur

Nach Generierung der Modularisierungsvarianten werden diese zur Grobauswahl bzw. zur Verwerfung nicht zielführender Varianten bewertet. Anforderungen sind hierbei die Anforderungen des Endkunden bzw. Anforderungen aus dem Produkterstellungsprozeß der Kooperationspartner (OEM und Zulieferer). Während die Endkundenanforderungen eher Aspekte zu Funktions- und Qualitätsmerkmalen repräsentieren, befassen sich die Anforderungen aus dem Produkterstellungsprozeß mit Aspekten wie einfache und sichere Montage, Qualität, grobe Toleranzen etc. All diese Anforderungen werden gesammelt, strukturiert und analog [3, 4] in Bewertungskriterien umgewandelt und zu groben Kriterienclustern zusammen gefaßt. Weiterhin werden die Modularisierungsvarianten hinsichtlich dieser grob geclusterten Kriterien in einer einfachen Punktbewertung (0-5 Punkte bzw. ++, +, 0, -, --, K.O.) bewertet (Bild 3). Die Bewertung einer Variante mit einem „K.O.“ in einem Kriterienbereich spiegelt wider, daß bei dieser Variante grundlegende konzeptionelle Probleme bestehen, die dieses

Konzept ausscheiden lassen. Nach durchgeführter Bewertung werden Modularisierungsvarianten mit mindestens einem K.O. Wert oder überwiegend negativer Bewertung verworfen.

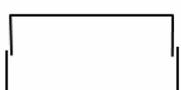
	OPTICS	ASSEMBLY	TOLERANCES	MECHANICS	...
	+	K.O.	+	0	
	+	+	+	+	
	0	0	K.O.	+	
	0	0	K.O.	+	
	0	0	+	0	
	0	+	+	0	

Bild 3: Bewertung der modularen Konstruktionsvarianten

3 Markt Analyse

Theoretisch könnten nun auf Basis der vorausgewählten Varianten eine nähere Konzeptdetaillierung und eine weitere detaillierte technisch/wirtschaftliche Bewertung erfolgen. Es käme dabei eine generische Lösung heraus, d.h. ein Produktkonzept, das auf den gesamten Markt möglichst gut abgestimmt ist. Allerdings kann solch eine generische Lösung nur ein Kompromiß sein und damit die Anforderungen der Segmente des Markts unterschiedlich gut erfüllen. Beispielsweise ist es denkbar, daß die generische Lösung sehr gut die Anforderungen des „low-cost“ und unteren Marktsegments, denkbar schlecht aber die Anforderungen des oberen und Luxussegments erfüllt.

Von daher muß in einem weiteren Schritt eine Analyse des Marktes erfolgen, bei der identifiziert wird, in welchem Marktsegment das zukünftige Produkt am erfolgreichsten sein kann. Nach Kenntnis dieses Ziel-Marktsegments wird in einem abschließenden Schritt die Detaillierung der Modulvarianten unter Berücksichtigung der Markttrends durchgeführt.

Im Rahmen der Marktanalyse muß geklärt werden, in welchem Segment die spezifischen Rahmenbedingungen des Unternehmens am besten genutzt werden können. Dies bedeutet: In welchem Segment sind (Markt-) Kriterien wichtig, die das Unternehmen besonders gut erfüllt bzw. Kriterien unwichtig, die das Unternehmen schlecht erfüllt. Hierzu empfiehlt sich die Methode der SWOT-Analyse (Strength, Weakness, Opportunities, Threats).

Im Gegensatz zur bereits angesprochenen Bewertung aus Kunden-/Prozeßsicht geht es hierbei nicht um Kriterien wie Fertigbarkeit, Erfüllung der Spezifikationen, Funktionen und Qualitätsmerkmale, sondern um Kriterien wie sie klassisch vom Markt gefordert werden, wie Steigerung von Sicherheit, Komfort, Oberflächenqualität, Senkung von Kosten, Risiko oder lokale Aspekte wie globale Fertigungsmöglichkeiten bzw. Vertriebsnetz. In einer weiteren Punktbewertung (0-5 Punkte oder ++, +, 0, -, --, K.O.) werden nun die Stärken und Schwächen des Unternehmens bewertet (SWOT Werte) (Bild 4).

MARKET CRITERIA	SAFETY	COMFORT	DESIGN	COSTS	RISK	GLOBAL PRODUCTION	SALES NETWORK
SWOT VALUE	4	3	2	5	1	1	3

Bild 4: Bewertung der Stärke und Schwäche eines Unternehmens

Im nächsten Schritt wird definiert, in welcher Ausprägung (Gewichtung) das jeweilige Segment die Erfüllung der Marktkriterien erfordert. Bild 5 zeigt eine Bewertung, bei der für die einzelnen Marktsegmente die Anforderungen an die Marktkriterien definiert wurden. In dem Beispiel aus der Automobilindustrie wird z.B. gezeigt, daß die unteren Marktsegmente geringe Anforderungen an Komfort, dafür aber höhere Anforderungen an Sicherheit und sehr hohe Anforderung an Kosten stellen.

MARKET CRITERIA	SAFETY	COMFORT	DESIGN	COSTS	RISK	GLOBAL PRODUCTION	SALES NETWORK
SWOT VALUE	4	3	2	5	1	1	3
LUXUS	5	5	5	2	3	1	4
UPPER CLASS	5	4	3	2	3	2	4
LOWER CLASS	3	3	2	4	3	3	4
LOW COST	3	1	1	5	3	5	4

Bild 5: Anforderungen des Marktsegments an Marktkriterien

Im nächsten Schritt werden nun die Stärke und Schwäche des Unternehmens mit den Anforderungen des Marktsegments korreliert. Wie in Bild 6 zu erkennen ist, erfolgt dies durch Multiplikation des jeweiligen SWOT-Wertes aus Bild 4 mit der Gewichtung aus der Matrix in Bild 5 für jedes Marktkriterium. Die Addition in jeder Zeile ergibt einen finalen Wert, der das Maß für das Zielsegment der zu entwickelnden Modulvariante repräsentiert.

MARKET CRITERIA	SAFETY	COMFORT	DESIGN	COSTS	RISK	GLOBAL PRODUCTION	SALES NETWORK	TOTAL
LUXUS	20	15	10	10	3	1	12	71
UPPER CLASS	20	12	6	10	3	2	12	65
LOWER CLASS	12	9	4	20	3	3	12	63
LOW COST	12	3	2	25	3	5	12	62

Bild 6: Korrelation des "SWOT-Wertes" mit der "Gewichtung" für jedes Marktkriterium

4 Trend-basierte Bewertung von modularen Konstruktionsvarianten

Mit Kenntnis des Ziel-Marktsegments ist es nun einfacher, die Trends für genau dieses Segment zu recherchieren und zu analysieren. Interessierende Trends sind z.B. in diesem Zusammenhang Trends zu Innovationen, Kostenreduktionsmaßnahmen, Design etc. Die ermittelten Trends dienen als Randbedingungen für eine anschließende einfache Punktbewertung (0-5 Punkte bzw. ++, +, 0, -, --, K.O.) der nach der Vorauswahl übrig gebliebenen, modularen Konstruktionsvarianten, wobei diese nun detaillierter ausgeführt werden. So ist es z.B. möglich, daß bei einzelnen Teilbewertungen vermeintlich angenommene Nachteile unter Berücksichtigung der Trends ausgeglichen werden können. Auch nach Abschluß dieser Bewertung werden die gering bewerteten Varianten verworfen. Für die übrig gebliebenen Varianten wird im nächsten Schritt eine detaillierte Betrachtung der Verbindungselemente an der Modulschnittstelle durchgeführt. Bei der Synthese möglicher Verbindungstypen, d.h. bei der Generierung alternativer Verbindungsmöglichkeiten können Konstruktionskataloge (z.B. [5]) oder Softwarelösungen wie ‚TechOptimizer‘ unterstützen. Auf Basis dieser Verbindungsalternativen werden im nächsten Schritt den verbliebenen modularen Konstruktionsvarianten bestgeeignete Verbindungslösungen zugeordnet. Die endgültige Auswahl der optimalen Schnittstelle erfolgt dann in einer finalen technisch/wirtschaftlichen Bewertung durch die Bewertung der modularen Konstruktionsvarianten in Zusammenhang mit der dafür jeweilig ausgewählten Verbindungslösung. Die durch diese finale Bewertung gefundene Schnittstellenvariante wird dann im weiteren Entwicklungsprozeß verfolgt.

5 Zusammenfassung

Dieser Bericht befasst sich mit einem methodischen Ansatz zur Auswahl der bestgeeigneten Systemgrenze eines modular strukturierten Produkts. Der Ansatz ist nicht als allgemeingültiges "Kochrezept" zu verstehen, sondern will vielmehr demonstrieren, wie in industriellen Entwicklungsprojekten durch Variation von Elementen der Konstruktionsmethodik die genannte Aufgabenstellung gelöst werden kann.

Den Ausgangspunkt hierzu bildet die Abgrenzung der Produktstruktur zur Baustruktur. Die weitere Ermittlung der bestgeeigneten Systemschnittstelle erfolgt dann auf Basis von Schnittdarstellungen, die bestimmte Bereiche als Systemgrenzen ausschließen (Konstruktionsrestriktionen). Unter Berücksichtigung dieser Konstruktionsrestriktionen werden modulare Konstruktionsvarianten generiert und in Bezug auf Kundenanforderungen bewertet. Diese Bewertung reduziert die Anzahl möglicher Lösungen für modulare Konstruktionsvarianten. Soweit in einem Entwicklungsprojekt die Ermittlung des Marktsegmentes noch nicht erfolgt ist, trägt deren Berücksichtigung in einem weiteren Schritt dazu bei, um durch erneute Bewertungen die Lösungsmenge einzuengen. Da die Bestimmung der bestgeeigneten Systemgrenzen in einem engen Zusammenhang zu den vorhandenen Montagemöglichkeiten steht ist es notwendig, die Konstruktionsvarianten in Kombination mit den Verbindungselementen in einer abschließenden technisch / wirtschaftlichen Bewertung zu betrachten.

6 Literatur

- [1] N.N.: VDI-Richtlinie 2221 – Methodik zum Entwickeln und Konstruieren. Beuth-Verlag, Berlin, 1986.
- [2] Pahl G. Beitz W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin 1997.
- [3] Wartzack, S.: Predictive Engineering – Assistenzsystem zur multikriteriellen Analyse alternativer Produktkonzepte, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001.
- [4] Breiing, A; Knosala, R.: Bewerten technischer Systeme. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1997.
- [5] Roth, K. H.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen Band 2, Springer Verlag, Berlin, 2001

Dr.-Ing. Sandro Wartzack
Am Vesperbild 23, D-96103 Hallstadt
Tel: +49-951-7002041
Email: swartzack@arcor.de