

Modulare Produktentwicklung leistet mehr

Warum Produktarchitektur und Projektorganisation *gemeinsam* gestaltet werden müssen

von Jan Göpfert und Michael Steinbrecher*

erschienen in: Harvard Business Manager, Heft 3/2000

Einleitung

Ein Automobil besteht aus mindestens 10.000, ein Flugzeug aus ungefähr 100.000 oftmals stark interagierenden Teilen. Daran zeigt sich, dass Produktentwicklungsprozesse heute extrem komplex sein können, denn diese Vielzahl von Teilen muss im Zuge des Entwicklungsprozesses zu einem funktionierenden Ganzen zusammengefügt werden. Modularisierung, also die Gestaltung eines Systems aus weitgehend unabhängigen Modulen, stellt dabei eine Möglichkeit dar, diese Komplexität beherrschbar zu machen. Einerseits läßt sich durch eine modulare Produktgestaltung die technische Komplexität reduzieren. Dieser Aspekt der Modularisierung ist allseits bekannt. Um aber ein Optimum an Kosten und Durchlaufzeit im gesamten Produktentstehungsprozeß zu erzielen, ist es entscheidend, dass die Prinzipien der Modularisierung auch auf die organisatorische Gestaltung der Entwicklungsorganisation angewandt werden: Warum? Es bestehen enge Wechselwirkungen zwischen beiden Aspekten, und diese haben zur Konsequenz, dass nur eine gemeinsame Gestaltung von Technik und Organisation zu optimalen Ergebnissen führt. Genau hier setzt dieser Artikel an: Es wird eine Methode vorgestellt, die technische und organisatorische Modularisierung miteinander verknüpft. Darüber hinaus wird an einem Fallbeispiel aus der Automobilindustrie die Praxistauglichkeit der Methode aufgezeigt.

* Dr. Jan R. Göpfert, id-consult Innovations- und Technologieberatung, Franz-Prüller-Str. 15, 81669 München, e-mail: goepfert@id-consult.de, Telefon: (089) 480 88 280.

Dr. phil. Michael Steinbrecher, DaimlerChrysler AG, Forschung Gesellschaft und Technik, Alt Moabit 96A, 10559 Berlin, e-mail: Michael.Steinbrecher@DaimlerChrysler.com, Telefon: (030) 39982 307.

Die technische und organisatorische Komplexität heutiger Produkte ist ein Kernproblem der Produktentwicklung. In technischer Hinsicht muss eine Vielzahl von Teilen im Zuge des Produktentwicklungsprozesses zu einem funktionierenden Ganzen zusammengefügt werden. Aus organisatorischer Sicht müssen viele Aktivitäten organisiert, zeitlich koordiniert und auf verschiedene Aufgabenträger verteilt werden, die zudem räumlich oft weit voneinander entfernt sind. Entsprechend komplex werden die Entwicklungsprojekte, aus denen solche Produkte hervorgehen. Die *technische Komplexität* eines Produkts spiegelt sich also unmittelbar in der *organisatorischen Komplexität* des Entwicklungsprozesses wider.

Das führt zu einer Reihe von Schwierigkeiten, wovon hier nur einige exemplarisch genannt seien:

- Schwer überschaubares Gesamtprodukt aufgrund der hohen Zahl an technischen Komponenten und ihren Beziehungen,
- unvorhersehbare Interaktionseffekte zwischen Komponenten, die die Produktfunktionalität beeinträchtigen und somit zu langwierigen Entwicklungsprozessen führen können,
- unklare Verteilung von Zuständigkeiten wegen allzuvieler Aufgabenträger und Projektbeteiligter,
- hoher Koordinations- und Abstimmungsbedarf zwischen den einzelnen internen und externen Aufgabenträgern (wie zum Beispiel unterschiedlichen Projektteams, Zulieferern und externen Entwicklungspartnern) durch technische und organisatorische Interdependenzen,
- unterschiedliche, teilweise gegensätzliche Anforderungen an die technische und organisatorische Gestaltung aufgrund der vielen am Entwicklungsprozeß beteiligten Personen und Unternehmen.

Es gilt daher, die Komplexität im Produktentwicklungsprozeß zu beherrschen und, wenn möglich, zu reduzieren.

In diesem Beitrag wird gezeigt:

1. warum erst eine gemeinsame technische *und* organisatorische Modularisierung Komplexität in der Produktentwicklung wirkungsvoll reduziert, und
2. mit welchen Methoden und Instrumenten eine solche gemeinsame technische und organisatorische Modularisierung in der Praxis des Entwicklungsprozesses erfolgreich umgesetzt werden kann.

Modularisierung als Prinzip der Vereinfachung

Die Komplexität eines Systems läßt sich prinzipiell verringern, indem die Anzahl der Systemelemente sowie Anzahl und Intensität der Beziehungen zwischen diesen Elementen reduziert wird. Genau das ist das methodische Prinzip der Modularisierung. Modulare Systeme sind nämlich dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einer möglichst überschaubaren Zahl von Einheiten bestehen, die so definiert worden sind, dass zwischen ihnen nur relativ wenige und schwache Beziehungen existieren. Auf diese Weise gebildete Einheiten sind also relativ unabhängig voneinander und werden *Module* genannt. Zugleich sind die internen Beziehungen zwischen den Subelementen, aus denen die Module bestehen, relativ stark ausgeprägt.

Werden Systeme auf diese Weise modular gestaltet, so ergibt sich der Vorteil, dass mit den Modulen überschaubare ‚Inseln der Komplexität‘ entstehen, die sich relativ unabhängig voneinander bearbeiten lassen. In einem weiteren Schritt können dann die Beziehungen und Schnittstellen zwischen den Modulen gestaltet werden, ohne daß dabei die komplizierte Detailstruktur der Module zu berücksichtigen ist. Dieses einfache Prinzip ist, wie im folgenden gezeigt wird, sowohl auf die technische als auch auf die organisatorische Gestaltung im Produktentwicklungsprozeß anwendbar.

Technisch Modularisieren: die modulare Produktarchitektur

Modularisierung als Prinzip zur Beherrschung von Komplexität bedeutet also – in technischer Hinsicht –, für ein Produkt relativ unabhängige Komponenten, Baugruppen und Montageeinheiten zu definieren, die nur durch wenige, aber präzise definierte Schnittstellen miteinander verbunden sind. Bei materiellen Produkten, um die es hier gehen soll, sind zwei Dimensionen der Unabhängigkeit besonders relevant: (1) Die *funktionale Unabhängigkeit*; sie ist dann gegeben, wenn eine Komponente eine bestimmte Funktion unabhängig von anderen Komponenten erfüllt, und (2) die *physische Unabhängigkeit*; sie liegt vor, wenn die Komponente sich durch eine entsprechende Schnittstellengestaltung von anderen Komponenten physisch trennen läßt. Je höher die Unabhängigkeit der Komponenten eines Produkts hinsichtlich *beider* Dimensionen ausgeprägt ist, desto größer ist das Maß an *Modularität*. Anhand dieser Dimensionen lassen sich verschiedene Typen von Produktarchitekturen klassifizieren (siehe Abbildung 1).

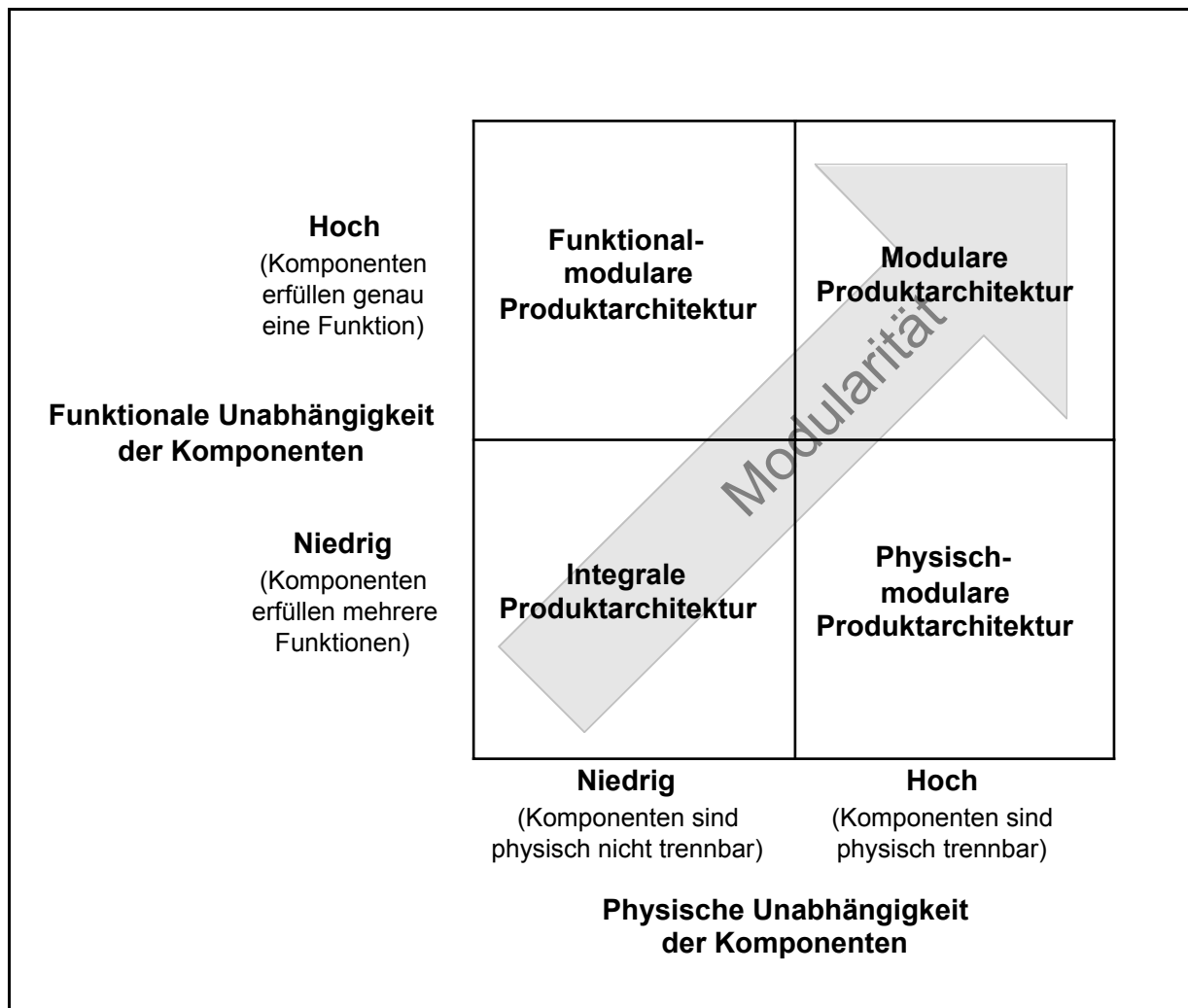


Abbildung 1: Typen von Produktarchitekturen

Eine *modulare Produktarchitektur* zeichnet sich dadurch aus, daß ihre Komponenten *funktional und physisch* relativ unabhängige, abgeschlossene Einheiten darstellen. Damit unterscheidet sie sich insbesondere von der *integralen Produktarchitektur*, bei der die Bestandteile eines Produkts sowohl physisch als auch funktional hohe Abhängigkeiten aufweisen. Beispiel einer modularen Produktarchitektur ist eine Spiegelreflexkamera, bei der Kameragehäuse, Objektiv und Blitzlicht jeweils funktional und physisch relativ unabhängige Einheiten darstellen: Zum einen erfüllt jedes dieser ‚Module‘ weitgehend unabhängig von den anderen Komponenten eine bestimmte Funktion des Produkts, zum anderen sind diese Module physisch einfach voneinander trennbar. Dagegen liegt der klassischen Sucherkamera eine integrale Produktarchitektur zugrunde, da ihre Komponenten funktional stark voneinander abhängen und zudem physisch untrennbar miteinander verbunden sind (so ist das Objektiv zugleich Teil des Kameragehäuses).

Modulare Produktarchitekturen besitzen gegenüber integralen Produktarchitekturen eine Reihe von *Vorteilen* - in der Entwicklung, der Produktion sowie der späteren Nutzung des Produkts. Insbesondere läßt sich durch die Modularisierung die Komplexität des Entwicklungsprozesses wirkungsvoll reduzieren: Die *Entkopplung* der Module bewirkt, daß sich die Gesamtkomplexität des Produktes auf die verschiedenen Module verteilt, die jeweils relativ unabhängig voneinander entwickelt werden können. Die Beziehungen der Module beschränken sich dabei auf wenige, eindeutig definierbare Schnittstellen (etwa den Bajonettverschluß zwischen Kameragehäuse und Objektiv). Durch die funktionale und physische Abgeschlossenheit wird auch eine separate *Kontrolle* einzelner Module ermöglicht. Der Entwicklungsprozess kann darüber hinaus noch weiter vereinfacht werden, wenn sich bereits entwickelte Module *wiederverwenden* lassen. Des weiteren lassen sich modulare Produktarchitekturen durch den *Austausch* einzelner Module auf einfache Weise modifizieren beziehungsweise durch Hinzufügen neuer Module einfach *erweitern*. Neue Produkte entstehen dann lediglich durch die *Kombination* bestehender Module nach dem Baukastenprinzip. Auf diese Weise können mit relativ geringem Entwicklungsaufwand *Produktvarianten* und ganze *Produktfamilien* entwickelt werden. Die Vorteile der Modularisierung lassen sich insbesondere dann erschließen, wenn die verschiedenen Module und ihre Schnittstellen *standardisiert*, also unternehmensintern oder gar unternehmensübergreifend vereinheitlicht werden. Durch die Wiederverwendung standardisierter Komponenten wird die Zahl der zu entwickelnden Komponenten deutlich verringert. Durch unternehmensübergreifend gültige Standards bietet sich zudem für Fremdhersteller die Möglichkeit, Module anzubieten. So haben sich am Markt beispielsweise Fremdhersteller etabliert, die sich auf die Entwicklung von Objektiven für bestehende Kamerafabrikate spezialisiert haben.

Allerdings bringt die Modularisierung auch potentielle *Nachteile*: Da die Module jeweils eigenständige, möglichst wiederverwendbare Einheiten darstellen, fallen modulare Produkte oft größer und schwerer aus als integrale Produkte, bei denen die Komponenten produktspezifisch optimiert und aufeinander abgestimmt werden können. Durch die Verwendung derselben Module in verschiedenen Produkten ergeben sich zudem weniger Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung, möglicherweise fehlt es gar an ‚Produktintegrität‘, dem optimalen Zusammenspiel der Komponenten. Tabelle 1 faßt die genannten Nutzen- und Gefahrenpotentiale der Modularisierung zusammen:

<i>Effekte der Modularisierung</i>	<i>Vorteile in der Entwicklung</i>	<i>Vorteile in der Produktion</i>	<i>Vorteile in der Nutzung</i>	<i>Nachteile</i>
<i>Entkopplung</i>	Weniger Schnittstellen Parallelisierung der Entwicklung	Geringerer Montageaufwand durch weniger Schnittstellen	Montage und Demontage durch den Nutzer möglich	Aufwendige Konstruktion, Spezifikation und Realisierung der Schnittstellen
<i>Wiederverwendung</i>	Geringerer Entwicklungsaufwand durch Verwendung bereits entwickelter Module	Kostensenkung und geringere Fehlerrate durch Skalen- und Lernkurveneffekte	Weiterverwendung einzelner Module in anderen Produkten	Geringe Produktdifferenzierung
<i>Austauschbarkeit</i>	Einfache Veränderung der Produktarchitektur durch Austausch einzelner Module	Vereinfachter Austausch von fehlerhaften Modulen in der Produktion	Vereinfachte Reparatur des Produktes durch Austausch defekter Module	Beschränkung der Reparaturmöglichkeiten auf Modulaustausch
<i>Erweiterbarkeit</i>	Erweiterung der Produktfunktionalität durch Hinzufügen von Modulen	Produkterweiterung erfordert keine produktionstechnische Veränderung	Nachträgliche Produkterweiterung möglich	Fehlende Produktintegrität
<i>Standardisierbarkeit</i>	Verwendung existierender Lösungen durch Vereinheitlichung von Modulen und Schnittstellen	Reduzierung der Komponentenvielfalt Verwendung marktverfügbarer Komponenten	Bessere Verfügbarkeit und günstigere Preise durch konkurrierende Anbieter	Geringe Originalität Substituierbarkeit von Modulen Suboptimale Produktleistung
<i>Kontrollierbarkeit</i>	Vereinfachter Funktionstest im Entwicklungsprozeß	Fehlerreduzierung durch Prüfung der Module vor dem Einbau	Vereinfachte Identifikation defekter Module	Einzelkontrolle von Modulen garantiert nicht Funktion des Gesamtproduktes
<i>Kombinierbarkeit</i>	Kombination von Modulen im Baukastenprinzip	Einfache Herstellung von Produktvarianten und Produktfamilien	Individuelle Zusammenstellung und Gestaltung des Produktes	Erstellung von Baukästen kombinierbarer Module aufwendig

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Modularisierung

Die Entscheidung für eine bestimmte Form der Produktarchitektur stellt also für jedes Unternehmen eine fundamentale Weichenstellung dar, die weitreichende Konsequenzen für das Produkt, seinen Entwicklungsprozess, die spätere Herstellung, Nutzung und schließlich auch Entsorgung hat. Daher verwundert es sehr, daß es in der Produktentwicklungspraxis bis heute an Methoden fehlt, um alternative Produktarchitekturen darzustellen und zu bewerten. Bevor eine solche Methode vorgestellt wird, sollen jedoch zunächst die organisatorischen Implikationen der Modularisierung diskutiert werden.

Organisatorisch Modularisieren: die modulare Entwicklungsorganisation

Zur Realisierung eines Produkts bedarf es eines Handlungsrahmens, in dem sämtliche Aktivitäten zielgerichtet gebündelt werden. Üblicherweise erfolgt die konkrete Entwicklungsarbeit heute in Form von Projekten, die oftmals ebenfalls extrem komplex sind. Zu dem technischen Gestaltungsproblem kommt daher im Produktentwicklungsprozeß ein organisatorisches.

Das besondere Problem bei der organisatorischen Gestaltung des Entwicklungsprojekts liegt darin, daß die zu erfüllenden Entwicklungsaufgaben im Vorhinein oft nicht oder nur unvollständig bekannt sind. Aufgrund dieser Unklarheit ist eine möglichst flexible Form der Organisation erforderlich, die „auf Innovationen geschmeidig reagiert“.

Die Anwendung der Prinzipien der Modularisierung auf Organisationseinheiten hat zwei wesentliche Vorteile: Zum einen kann so die organisatorische Komplexität, analog zur technischen, reduziert werden, zum anderen läßt sich damit die im Entwicklungsbereich notwendige Flexibilität schaffen. Organisatorische Einheiten einer modularen Entwicklungsorganisation lassen sich des Weiteren, ähnlich den Modulen eines modularen Produktes, wiederverwenden, austauschen, erweitern und kombinieren, ohne die gesamte Projektorganisation umgestalten zu müssen. Eine modulare Entwicklungsorganisation ist also charakterisiert durch definierte organisatorische Einheiten (Entwicklungsteams, Zulieferer, ...), die jeweils *abgeschlossene Aufgabenumfänge* relativ autonom bearbeiten können. Um diese relative Abgeschlossenheit zu erzielen, sind Aufgabenumfänge nicht mehr klassisch funktional zu gliedern, sondern müssen prozeßorientiert an inhaltlichen und zeitlichen Aufgabenzusammenhängen ausgerichtet werden. Zudem erhalten die organisatorischen Einheiten *dezentrale Entscheidungskompetenz* und *Ergebnisverantwortung*. Die Abstimmung zwischen den Einheiten erfolgt in Form einer *direkten, nicht-hierarchischen Koordination*, wobei die Informations- und Kommunikationstechnologie als Koordinationsmittel an Bedeutung gewinnt.

Damit verschwimmen zugleich die klassischen Unternehmensgrenzen. Die modulare Entwicklungsorganisation stellt vielmehr eine temporäre Zweckgemeinschaft dar, die sich aus organisatorischen Einheiten ganz unterschiedlicher Provenienz zusammensetzt. Dadurch können situations- und bedarfsgerecht Entwicklungskompetenzen zusammengeführt werden, um der Dynamik des Entwicklungsprozesses optimal Rechnung zu tragen.

Im Hinblick auf den zu beobachtenden Trend global ausgerichteter Wertschöpfungsnetze ist eine modulare Organisationsform die passende Antwort auf die immense technisch-organisatorische Komplexität, die es zu bewältigen gilt.

Technische und organisatorische Modularisierung beeinflussen sich

Zwischen technischer Konzeption des Produkts und Gestaltung der Entwicklungsorganisation ergeben sich vielfältige Wechselbeziehungen. Sie liegen darin begründet, dass jede *technische* Schnittstelle zwischen zwei Komponenten, für die unterschiedliche organisatorischen Einheiten zuständig sind, *organisatorischen* Koordinationsbedarf erzeugt.

Um diesen Koordinationsbedarf im Sinne eines effizienten Entwicklungsprozesses möglichst gering zu halten, sind daher Produktarchitektur und Projektorganisation aufeinander abzustimmen – Technik und Organisation sollten einander also entsprechen.

Technische und organisatorische Gestaltung lassen sich als zwei Dimensionen in den jeweils möglichen Ausprägungsformen ‚integral‘ und ‚modular‘ verstehen. Dementsprechend sind idealtypisch vier Arten von Produktentwicklung zu unterscheiden, die unterschiedliche Grade der Entsprechung zwischen Produktarchitektur und Entwicklungsorganisation aufweisen (siehe Abbildung 2).

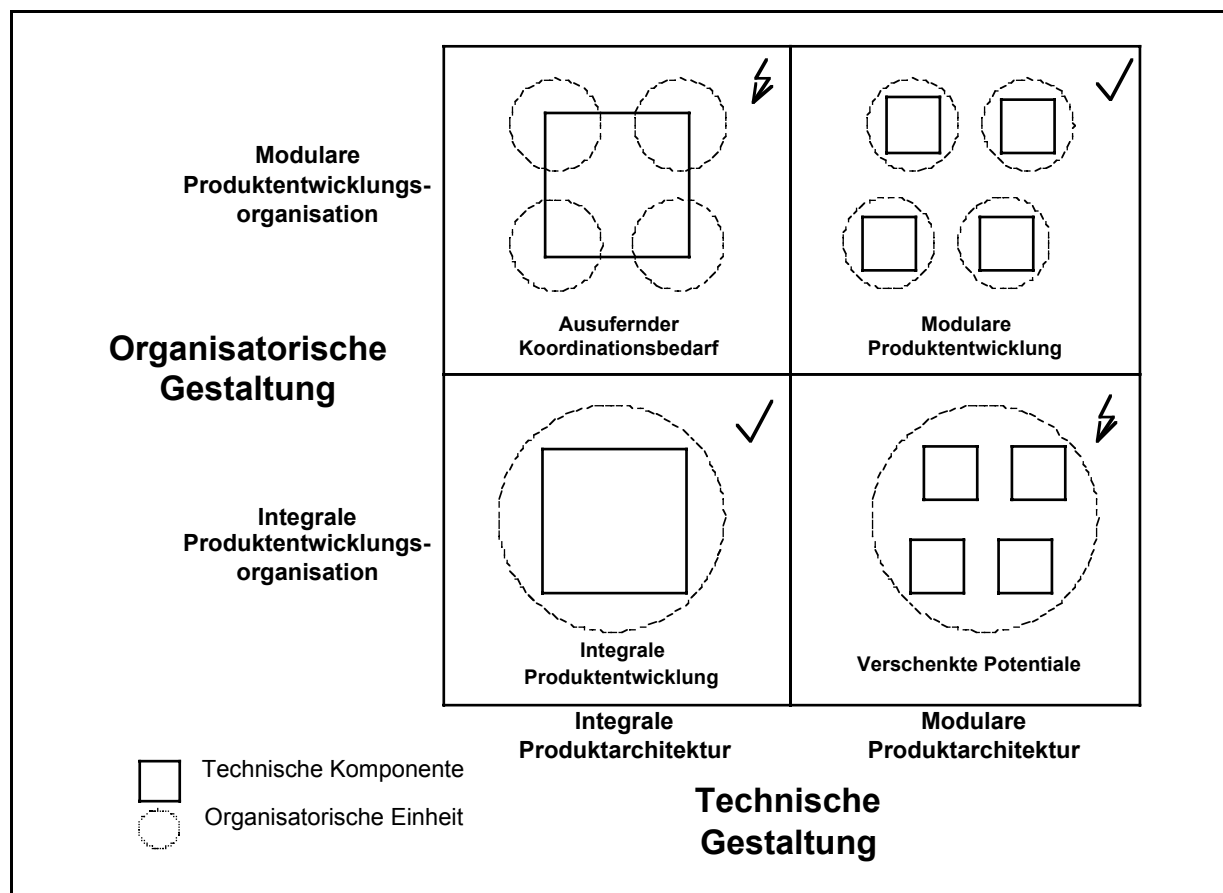


Abbildung 2: Typen der Produktentwicklung

- (1) *„Integrale Produktentwicklung“*: Produktarchitektur wie auch Produktentwicklungsorganisation sind integral gestaltet. Den zahlreichen technischen Schnittstellen des integralen Produkts wird auf organisatorischer Ebene durch eine eng gekoppelte, koordinationsintensive Organisationsform entsprochen. So kann dieser Entwicklungstyp maßgeschneiderte, leistungsfähige Produktlösungen von hoher Integrität hervorbringen. Aufgrund des hohen Koordinationsbedarfs wird die Entwicklungstätigkeit größtenteils innerhalb einer Organisationseinheit geleistet.
- (2) *„Ausufernder Koordinationsbedarf“*: Ein integrales Produkt wird durch eine modularisierte Organisation entwickelt. Trotz starker technischer Interdependenzen wird die Entwicklungstätigkeit auf eine Vielzahl organisatorischer Einheiten verteilt. Damit wird eine aufwendige Koordination über organisatorische Grenzen hinweg notwendig. Abstimmungsschwierigkeiten schlagen sich möglicherweise in mangelnder Produktintegrität und Gesamtfunktionalität nieder.
- (3) *„Verschenkte Potentiale“*: Ein modulares Produkt wird von einer integralen Organisation entwickelt. Bei diesem Entwicklungstyp werden die organisatorischen Potentiale der Modularisierung nicht ausgeschöpft. Obwohl aufgrund nur schwach interdependenter Module möglich, wird das Produkt nicht in einem verteilten, flexiblen Netz lose gekoppelter, spezialisierter Entwicklungspartner entwickelt, sondern im Rahmen einer traditionellen, geschlossenen Organisationsform.
- (4) *„Modulare Produktentwicklung“*: Sowohl die Produktarchitektur als auch die Entwicklungsorganisation sind modular gestaltet. Da die Module des Produkts definitionsgemäß nur schwach ausgeprägte Abhängigkeiten aufweisen, können sie von verschiedenen organisatorischen Einheiten relativ autonom bearbeitet werden. Sofern die Schnittstellen zwischen den Modulen eindeutig definiert sind, können sehr effiziente, stark entkoppelte Koordinations- und Kooperationsformen eingesetzt werden.

Eine Entsprechung von Produktarchitektur und Produktentwicklungsorganisation ist sowohl im Fall der integralen Produktentwicklung (Fall 1) als auch im Fall der modularen Produktentwicklung (Fall 4) gegeben. Erste empirische Befunde belegen, daß diese beiden Typen der Produktentwicklung erfolgreicher sind als die Fälle 2 und 3, in denen Produktarchitektur und Entwicklungsorganisation nicht zueinander ‚passen‘.

Speziell für die hier interessierende ‚Modulare Produktentwicklung‘ bedeutet dies, *daß sich die Potentiale der Modularisierung erst dann voll ausschöpfen lassen, wenn die modulare Produktarchitektur und die modulare Produktentwicklungsorganisation gemeinsam gestaltet und somit aufeinander abgestimmt werden.*

Von diesen Überlegungen ausgehend entstand ein Kooperationsprojekt zwischen dem "Institut für Innovationsforschung und Technologiemanagement" der Ludwig-Maximilian-Universität München und dem Forschungsbereich "Gesellschaft und Technik" der DaimlerChrysler AG in Berlin mit dem Ziel, ein wissenschaftlich fundiertes und zugleich praxistaugliches Verfahren zu entwickeln, das eine aufeinander abgestimmte technische und organisatorische Modularisierung im Produktentwicklungsprozeß ermöglicht.

Das Ergebnis dieses Kooperationsprojekts war METUS[®], ein Verfahren zur konzeptionell-planerischen Unterstützung der technischen und organisatorischen Modularisierung im Entwicklungsprozeß.

Produkt und Organisation mit METUS[®] gemeinsam gestalten

Die Grundidee der METUS[®]-Methodik* besteht darin, die Überlagerung von technischen und organisatorischen Strukturen zunächst transparent darzustellen und damit einer aufeinander abgestimmten gemeinsamen Gestaltung zugänglich zu machen (siehe Abbildung 3).

Die *technische Struktur* stellt die Architektur des Produkts aus zweierlei Perspektiven dar: Während die *Funktionsstruktur* beschreibt, welche Haupt- und Teilfunktionen das Produkt zu erfüllen hat und durch welche Komponenten diese Funktionen jeweils realisiert werden, beschreibt die *Baustruktur* den physischen Zusammenbau der Komponenten zu Baugruppen, Modulen und schließlich zum Gesamtprodukt. Dadurch ergibt sich die in Abbildung 3 dargestellte Rautenform. Eine modulare Produktarchitektur ist gemäß der zuvor gelieferten Definition dadurch erkennbar, daß den Modulen jeweils bestimmte Funktionen eindeutig zugeordnet sind.

* Die Auflösung des Akronyms ergibt: **M**anagement **E**ngineering **T**ool for **U**nified **S**ystems

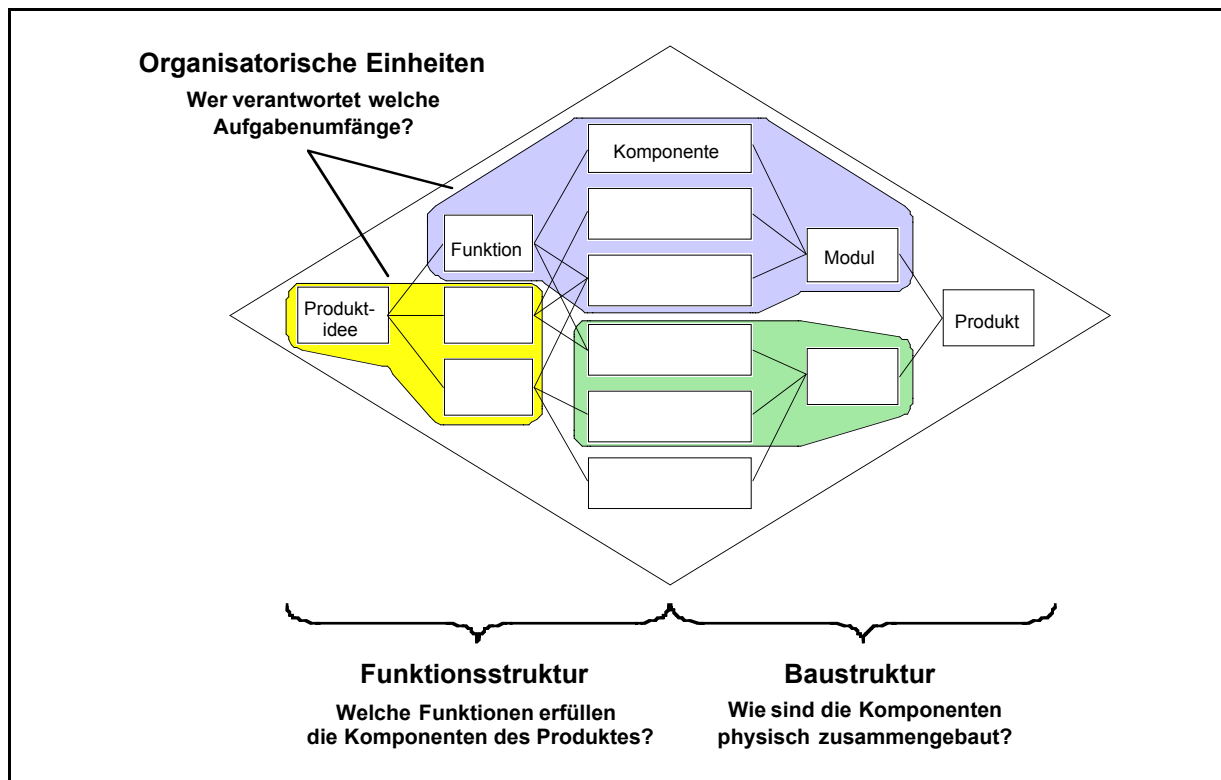


Abbildung 3: Darstellung von Produktarchitektur und Projektorganisation in METUS®

Die Produktarchitektur wird überlagert durch die organisatorische Struktur der Projektorganisation: Die definierten Funktionen, Komponenten, Module oder Montageeinheiten werden als Aufgabenumfänge aufgefaßt und bestimmten organisatorischen Einheiten zugeordnet (siehe Abbildung 3). Durch die unmittelbare, auch visuell erkennbare Verknüpfung zwischen der technischen Struktur des Produkts und der Struktur der Projektorganisation wird die geforderte gemeinsame technische und organisatorische Modularisierung möglich: Eine 'Modulare Produktentwicklung' im Sinne der obigen Definition bedeutet, daß – ausgehend von einer modularen Produktarchitektur – organisatorischen Einheiten jeweils die Verantwortung für alle mit einem bestimmten Modul verbundenen Aufgabenumfänge zugeordnet werden. Im Idealfall reduziert sich der Koordinationsbedarf dann auf das Management der Schnittstellen zwischen den Modulen. In der Realität sind natürlich immer auch übergeordnete Instanzen notwendig, die für die Gesamtkoordination des Entwicklungsprojektes sorgen. Zudem existieren meist auch Produktfunktionen, die sich nur im Zusammenspiel mehrerer Module realisieren lassen und insofern Koordinationsbedarf zwischen den betroffenen Modulen nach sich ziehen (bei einem Fahrzeug beispielsweise die Funktion 'Crashsicherheit'). Die Notwendigkeit, daß verschiedene Organisationseinheiten sich in bezug auf ein bestimmtes technisches Modul abstimmen müssen, wird durch die gemeinsame Betrachtung von Produktarchitektur und Projektorganisation gemäß der METUS®-Methodik allen am Prozeß Beteiligten unmittelbar klar: Sie ist immer dann gegeben, wenn eine *technische* Beziehungslinie verschiedene *organisatorische* Einheiten verbindet.

Wie wird METUS® zur Optimierung von Entwicklungsprozessen eingesetzt ?

Der gemeinsame technische und organisatorische Gestaltungsprozess bringt es mit sich, daß viele teilweise widersprüchliche Anforderungen integriert werden müssen, die meist von verschiedenen Funktionsbereichen eines oder mehrerer Unternehmen vertreten werden. Während etwa aus Sicht der Entwicklung und des Einkaufs eine Integration der Pedalerie in das Cockpitmodul eines Fahrzeuges durchaus sinnvoll sein kann, würde diese Lösung aufgrund der Größe des Moduls möglicherweise in der Logistik und Endmontage große Schwierigkeiten bereiten. Die Gestaltung kann daher nur in einem offenen, transparenten Kommunikationsprozeß unter Beteiligung aller betroffenen Bereiche vorgenommen werden. Erst die Zusammenführung der Kompetenzen innerhalb und außerhalb des Unternehmens mit ihren verschiedenen Perspektiven erlaubt eine vollständige Erfassung der Anforderungen an die technische und organisatorische Gesamtlösung.

Aus diesem Grunde wird METUS® in interdisziplinären Workshops eingesetzt. Im Rahmen solcher Workshops konzipiert eine Gruppe von Experten aus Entwicklung, Produktion, Marketing, Einkauf und weiteren, für das spezifische Entwicklungsprojekt relevanten Funktionsbereichen, verschiedene technische und organisatorische Gestaltungsalternativen. Zur Unterstützung der oftmals sehr komplexen Zusammenhänge wurde ein spezielles Softwaretool (‘METUS® für Windows’) entwickelt, mit dessen Hilfe die Gestaltungsalternativen visualisiert und bearbeitet werden können.

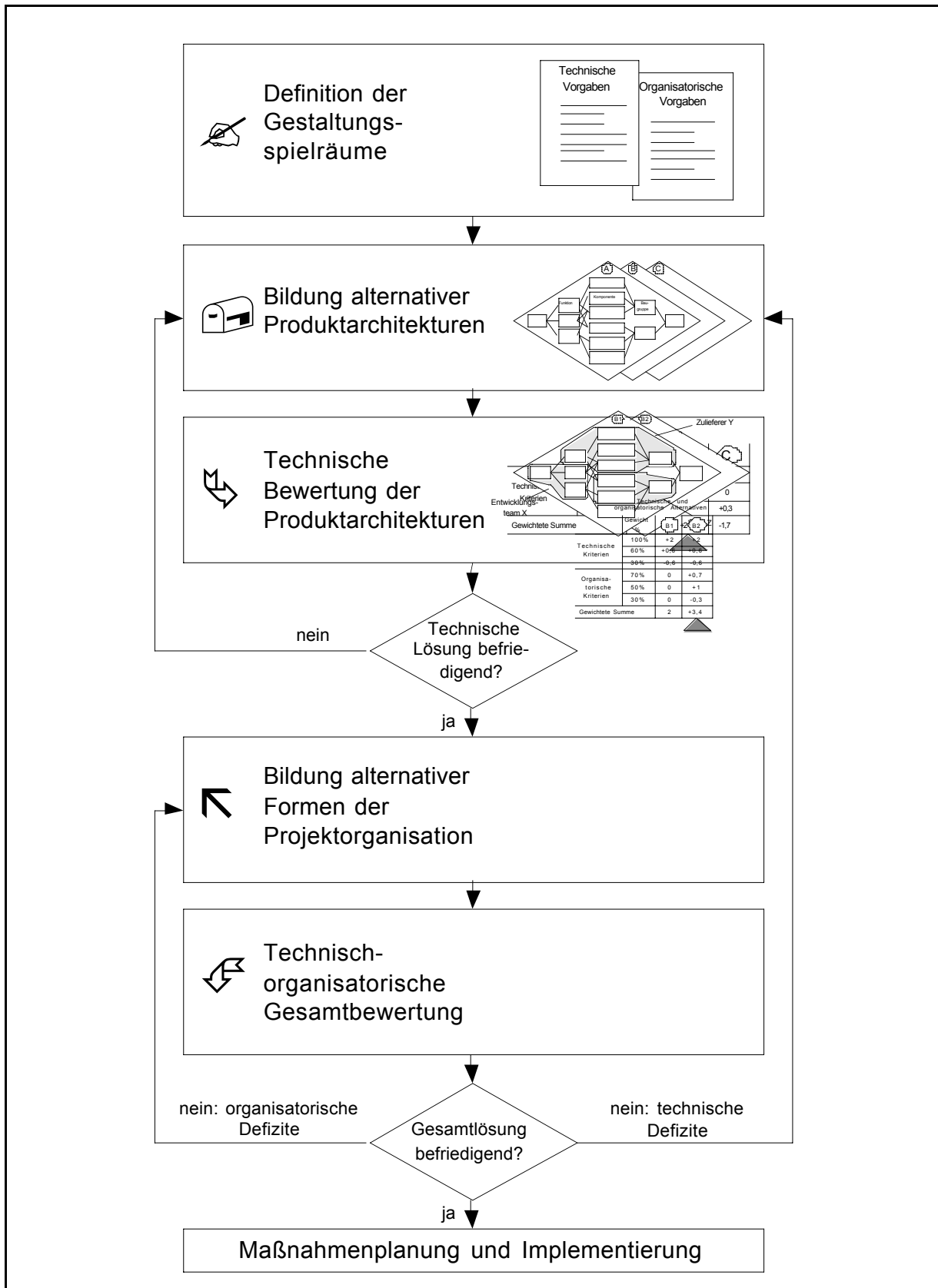


Abbildung 4: Das methodische Vorgehen von METUS®

Die von den Experten in Gruppenarbeit erarbeiteten technischen und organisatorischen Gestaltungsalternativen spiegeln jeweils unterschiedliche Anforderungen an die Modularisierung wider. Dieser bewußt erzeugte und allen Beteiligten transparente Konflikt wird dadurch gelöst, daß die erarbeiteten Alternativen mit Hilfe einer zuvor definierten und gewichteten Kriterienliste im Team bewertet werden. Resultat dieser Bewertung ist die Auswahl der besten Gestaltungsalternative, die sowohl in technischer als auch organisatorischer Hinsicht solange verbessert wird, bis eine von allen Beteiligten akzeptierte Gesamtlösung gefunden ist. Dieser konfliktträchtige Gruppenprozeß wird von einem erfahrenen, mit dem Verfahren vertrauten Moderator geleitet. Die einzelnen Phasen der METUS®-Methodik sind in Abbildung 4 dargestellt.

METUS® in der Entwicklungspraxis

Die METUS®-Methodik wurde in einer Reihe von Entwicklungsprojekten in der Automobil- und Schienenfahrzeugindustrie eingesetzt. In der Erstanwendung wurde das *Cockpitmodul* der neu entwickelten Baureihe W 203 (C-Klasse) von Mercedes-Benz sowohl in technischer als auch in organisatorischer Hinsicht strukturiert. Dadurch konnte eine Vielzahl von Einzelkomponenten in montagefertige Module integriert werden. Die Projektorganisation wurde, angeregt durch die methodengestützte Analyse des Koordinationsbedarfs im Vorgängerprojekt, reorganisiert. Insgesamt konnte die Zahl der Zulieferer deutlich reduziert werden, wobei die einzelnen Zulieferumfänge jeweils zunahmten. In ähnlicher Weise wurden u.a. Gestaltungsalternativen für *Kühl- und Dachmodul* einer weiteren PKW-Baureihe konzipiert, die *Gesamtkonzeption* eines neu zu entwickelnden Transporters vorgenommen und ein *Hinterachs-Konzept* für schwere LKW entwickelt.

Abbildung 5 zeigt das Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen den Zulieferunternehmen Alto-tech, Brose und Norton sowie der BMW AG. In einem gemeinsamen Workshop wurde ein *innovatives Türmodul* mit entsprechender Projektorganisation konzipiert. Dabei wurde auch die Montagereihenfolge der Komponenten und Baugruppen des Türmoduls festgelegt, die durch eine zusätzliche Numerierung dargestellt ist.

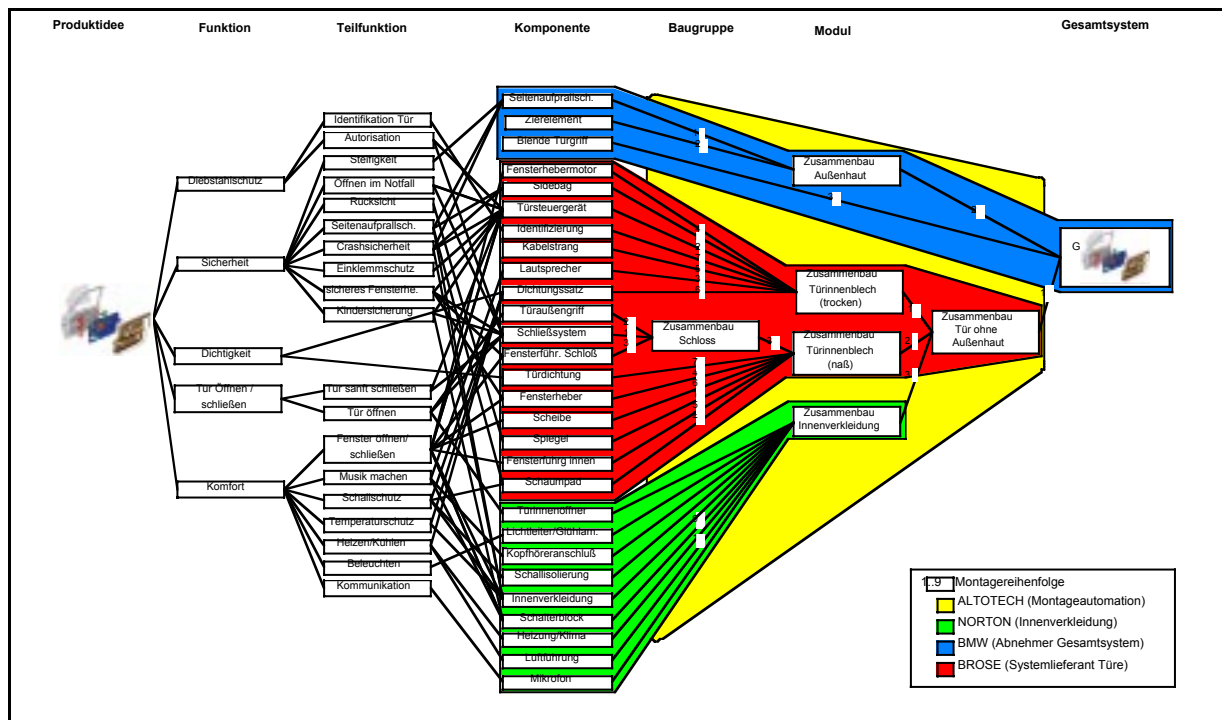


Abbildung 5: Produktarchitektur und Projektorganisation eines innovativen Türmoduls

Ihre bislang umfassendste Anwendung erfuhr das Verfahren bei der Konzeption einer neuen Produktplattform einer *modularen Elektrolokomotive* der Firma ADTRANZ. In einem Zeitraum von drei Monaten wurden mit Hilfe der Methode METUS® die Produktarchitektur sowie grundlegende organisatorische Strukturen entwickelt. Die über 7.000 Einzelteile des Vorgängermodells wurden in 40 montagefertige Module zusammengefaßt. Aufbauend auf dieser modularen Produktarchitektur wurde eine einheitliche Produktplattform definiert, aus der sich kostengünstig Produktvarianten ableiten lassen.

Auf der organisatorischen Seite wurde die Zahl der Zulieferer von über 200 auf 40 Zulieferer reduziert. Die ehemals sehr komplexe und koordinationsintensive Entwicklungsorganisation konnte damit in eine klare, an der Technik orientierten Organisationsstruktur mit eindeutig zugeordneten Kompetenzen überführt werden.

Durch die systematische gemeinsame technische und organisatorische Produktgestaltung mit METUS® konnten die Teilekosten der Lok um mehr als 10% und die Gesamtkosten um 18% gesenkt werden konnten. Das Einsparungspotential im Bereich der Prozeßkosten dürfte noch um einiges höher liegen, läßt sich aber zu diesem Zeitpunkt noch nicht genau quantifizieren. Auch die Durchlaufzeiten der einzelnen Prozeßschritte sowie vor allem die Dauer der Endmontage ließen sich mit Hilfe der METUS®-Methodik deutlich senken.

Fazit

Mit dem Gestaltungsprinzip Modularisierung läßt sich sowohl technische als auch organisatorische Komplexität bewältigen. Allerdings sind beide Gestaltungsaspekte eng miteinander verknüpft. Daher lassen sich die Potentiale der Modularisierung erst dann voll ausschöpfen, wenn Produktarchitektur und Projektorganisation gemeinsam gestaltet und aufeinander abgestimmt werden – nur dann kann von „modularer Produktentwicklung“ gesprochen werden.

Wir bewegen uns mit dieser gemeinsamen Betrachtung von Technik und Organisation an der Schnittstelle zwischen Ingenieur- und Organisationswissenschaft: Beide Bereiche müssen konzeptionell und methodisch zusammengeführt werden. METUS® ist eine in der Produktentwicklungspraxis erfolgreich eingesetzte Methode, die mit genau dieser Zielsetzung entwickelt wurde.

Von den bisherigen Anwendern werden als wesentliche Merkmale von METUS® immer wieder die im Entwicklungsprojekt geschaffene Transparenz sowie die fruchtbaren, strukturierten Diskussionen über technische und organisatorische Aspekte genannt. Allerdings liegen genau hier auch potentielle Widerstände gegen die Vorgehensweise: Die geschaffene Transparenz kann von den Beteiligten durchaus als bedrohlich empfunden werden, da möglicherweise die Ineffizienz bestehender technischer und organisatorischer Strukturen offensichtlich wird. Zugleich erfordert die bereichsübergreifende Zusammenarbeit, andere Sichtweisen zu akzeptieren und in den Gestaltungsprozeß einfließen zu lassen. Die durch METUS® angestoßenen strukturellen Veränderungen bedeuten somit oftmals schmerzhaftes Verschieben bestehender Machtverhältnisse, Kompetenzen und Zuständigkeiten.

Der Einsatz von METUS® erfordert daher die Bereitschaft des Unternehmens, überkommene Strukturen im interdisziplinären Diskurs zu hinterfragen und gemeinsam nach besseren Lösungen zu suchen – technisch *und* organisatorisch.

Literaturverzeichnis

- T. J. Allen: Organizational Structure, Information Technology, and R&D Productivity, in: *IEEE Transactions on Engineering Management*, 33, 4, 1986, 212-217.
- C. Y. Baldwin, K. B. Clark: Modularisierung: Ein Konzept wird universell, in: *Harvard Business Manager*, 2, 1998, 39-48.
- K. B. Clark, T. Fujimoto: *Product development performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry*, in: Harvard Business School Press, Boston, 1991.
- S. D. Eppinger, D. E. Whitney, R. P. Smith, D. A. Gebala: A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development, in: *Research in Engineering Design*, 6, 1994, 1-13.
- T. Fujimoto, M. Iansiti, K. B. Clark: External Integration in Product Development, in: T. Nishiguchi (Hrsg.): *Managing Product Development*, Oxford University Press, Oxford, 1996, 121-161.
- J. Göpfert: *Modulare Produktentwicklung. Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation*, Gabler, Wiesbaden, 1998.
- R. K. Gulati, S. D. Eppinger: The Coupling of Product Architecture and Organizational Structure Decisions, Working Paper, Sloan School of Management, MIT, Cambridge, 1996.
- A. Picot, R. Reichwald, R. T. Wigand: *Die grenzenlose Unternehmung. Information, Organisation und Management*, Gabler, Wiesbaden, 1996.
- S. Schrader, J. Göpfert: Task Partitioning among Manufacturers and Suppliers in New Product Development Teams, in: H. G. Gemünden, T. Ritter, A. Walter (Hrsg.): *Relationships and Networks in International Markets*, Pergamon, Oxford, New York, 1997, 248-268.
- M. Steinbrecher: Systemisch-evolutionäres Management. Von der Notwendigkeit ganzheitlichen Denkens und Handelns, in: K. Götz (Hrsg.): *Theoretische Zumutungen*, Carl Auer, Heidelberg, 1994, 194-216.