

Pimp my ride by OEM

Die deutsche Automobilindustrie auf dem Weg zu „mass customization“ und die Auswirkungen auf die Kundenbestellung, PPS und Logistik

Wilmjakob Johannes Herlyn, Volkswagen AG, Lehrbeauftragter der TU Braunschweig und der FH Braunschweig Wolfenbüttel

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	2
1.1.	Vorbemerkung	2
1.2.	Einführung	2
1.3.	Stufen der Individualisierung	3
2.	Bestellung von individuellen Fahrzeugen	4
2.1.	Individualisierungswünsche und Bestellunterlagen	4
2.1.1.	Individualisierung durch Auswahl von Ausstattungen	5
2.1.2.	Individualisierung über Spezialmodelle und Sonderfahrzeuge einiger Hersteller	6
2.1.3.	Individualisierung durch persönliche Änderungswünsche	8
2.2.	Bestellung und Produktdefinition in der Automobilindustrie	8
2.2.1.	Produktpyramide und Produktdefinition mit sog. „Optionen“	8
2.2.2.	Erweiterung der Produktdefinition um spezielle und individuelle „Optionen“	9
3.	Produktions- und Materialflussstruktur im Automobilbau	10
3.1.	Produktionsbereiche in der Automobilindustrie	10
3.2.	Der „nachgelagerte“ Sonderwagenbau	11
3.3.	Integrierte Spezialfertigung	12
4.	Produktionssteuerung und Logistik	14
4.1.	Fahrzeugeinplanung	14
4.2.	Fahrzeugsteuerung	14
4.3.	Teilesteuerung und Materialbereitstellung	15
5.	Zusammenfassung und Ausblick	16
	Literatur	18

1. Einleitung

1.1. Vorbemerkung

„Pimp my ride“ ist eine Kultsendung des amerikanischen Musiksenders „MTV“, die auch in anderen Ländern, u. a. in Deutschland, ausgestrahlt wird. In der Sendung wird gezeigt, wie die kalifornische Tuningfirma „West Coast Custom“ alte und kaputte Fahrzeuge wieder „aufmotzt“. Dabei geht es nicht nur darum, den alten Zustand wiederherzustellen, sondern durch besonders originelle und auffallende „crazy features“ dem Fahrzeug eine „individuelle“ Note zu geben, die es von jedem anderen Serienauto deutlich unterscheidet. Häufige Änderungen sind besondere Lackierung, überdimensionierte Spoiler, Kotflügel oder Felgen, Fahrwerkänderungen, extravagante Audio-/Multimediasysteme und „krasse“ Ein- und Umbauten der Innenausstattungen (Sitzbezüge, Verkleidungen,). Diese Art der Individualisierung, könnte man auch als „garage customization“ bezeichnen, die nicht mit der Serienfertigung des OEM zu tun hat. Bei „mass customization“ geht es um die Individualisierung in der industriellen Massenfertigung, unter sog. „Serienbedingungen“.

1.2. Einführung

Das Individualisieren von Serienfahrzeugen hat, insbesondere in Deutschland, eine lange Tradition, vor allem durch Zubehör- und Tuningfirmen wie Alpina, Irmischer, Öttinger, RUF oder Abt, um nur ein paar bekannte Firmen zu nennen. Die meisten dieser Tuningfirmen konzentrieren ihre Aktivitäten auf bestimmte Marken und bestimmte Fahrzeugkomponenten (Fahrwerk, Motor, Optik). Vor einigen Jahren haben die Fahrzeughersteller festgestellt, dass sich hier aus einer Nische ein attraktiver Markt entwickelt hat. Nach und nach haben sich vor allem die deutschen Hersteller in dieses Marktsegment vorgewagt. Inzwischen haben sogar Automobilzulieferer, wie bspw. der Sitzhersteller „Recaro“, die Individualisierung ihrer Produkte entdeckt und bieten diese zusätzlich, wie die o. g. Tuningfirmen, über den Fahrzeughandel an. Dies hat vor allem folgende Gründe:

1. Erweiterung der Klientel um solche Kunden, denen Serienfahrzeuge nicht ausreichen und die einmalige Fahrzeuge fahren möchten und Bindung dieser nachfragestarken Käuferschicht an die Marke
2. Erschließung einer zusätzlichen Einnahmequelle mit höheren Gewinnmargen
3. Aufbau von einem positiven, kundenorientierten Markenimage
4. Aufbau von technischer Kompetenz für Individuallösungen in Verbindung mit Serienlösungen und Erzielung von Synergieeffekte
5. Einführung von kundenorientierten Prozessen in Technik, Fertigung, Logistik und Vertrieb und Umbau zum „mass customization enterprise“

Der letzte Punkt ist insofern besonders interessant, weil er für die deutsche Automobilindustrie die Möglichkeit bietet, einen Wettbewerbsvorteil im Sinne eines Alleinstellungsmerkmals gegenüber der weltweiten Konkurrenz zu erlangen.

Die Individualisierung von Fahrzeugen basiert auf einer baukastenorientierten modularen Produktstruktur. Stichworte sind hier: Standardisierung von Teilen und Baugruppen, Typisierung der Produktpalette (Plattformstrategie), Modularisierung von Baugruppen nach dem Baukastenprinzip, montagefähige Baugruppen, Aggregaten und Module. Diese technisch-konstruktiven Grundlagen bilden die Voraussetzung für eine Individualisierung, sind jedoch nicht Inhalt dieses Beitrages. Dieser konzentriert sich auf die Auswirkungen der Individualisierung der Produkte im Bestellprozess und auf die Konsequenzen für die Produktionssteuerung und Logistik und stellt einige grundlegende Lösungsansätze dar.

1.3. Stufen der Individualisierung

Die Automobilindustrie war schon häufig Vorreiter für neue Trends in der Wirtschaft (Einführung von Fließband, Just-in-Time/Just-in-Sequence, Standardisierung von Teilen, einheitliche Produktionssysteme). Auch bei der Individualisierung von komplexen Serienprodukten spielt sie eine herausragende Rolle. Die Individualisierung des Serienproduktes „Fahrzeug“ hat schon eine längere Geschichte in Deutschland und erfolgte in mehreren Entwicklungsstufen:

In der **ersten** Stufe, die bereits in den siebziger Jahren des letzten Jh. begann, wurden von den Fahrzeugherstellern konsequent verschiedene Fahrzeugtypen entwickelt, die vom Kunden durch Auswahl „seiner“ Ausstattungen individuell modifiziert werden konnten. Vorher konnte ein Kunde nur Fahrzeuge mit den vom Hersteller vorgegebenen Ausstattungen nehmen. Dabei gab es nur wenige Fahrzeugvarianten. Beim Käfer gab es jeweils nur einen Motor und Getriebe, jedoch schon mehrere Lackierungen. Mit der Einführung des Golfs veränderte sich drastisch. Heute gibt es bei jedem Modell deutscher Hersteller sehr lange Ausstattungslisten. (Nagel 2005, S. 72 ff.)

In der **zweiten** Stufe erfolgte die Ausweitung des Angebotes um spezielle hochwertige Modelle mit besonderen Aggregaten und Ausstattungen. Diese Spezialfahrzeuge basieren auf Serienfahrzeugen, die häufig erst nach der Serienfertigung umgebaut werden. Zu den Spezialfahrzeugen gehören auch solche für besondere Berufsgruppen, Firmen oder für besondere Anwendungszwecke im Freizeitbereich. Die technischen Lösungen werden oft in enger Verbindung mit darauf spezialisierten eigenen Firmen bzw. Lieferanten entwickelt und gefertigt. Der Vorteil für den Kunden ist, dass die Qualität und Sicherheit durch den OEM garantiert wird und er selber keine Gewährleistungsansprüche verliert.

In der **dritten** Stufe sind die Hersteller dazu übergegangen, auch individuelle Sonderwünsche der Kunden zu erfüllen, die in keinem Katalog verzeichnet sind. Dadurch kann der Kunden sein Fahrzeug zu einem echten Unikat machen, das sich von allen anderen Fahrzeugen der Marke und Baureihe unterscheidet. So können Kunden ihr Familienwappen auf den Sitzbezug nähen lassen, eine ganz bestimmte Soundanlage eingebaut be-

kommen oder die Motorcharakteristik sportlich tunen oder kraftstoffsparend verändern lassen – um nur einige Beispiele zu nennen.

In der **vierten** Stufe, die bisher noch am Anfang steht, wird es möglich sein, auch biometrische Daten des Kunden oder persönliche Vorlieben bei der technischen Auslegung von Fahrzeugkomponenten (Geometrie, Optik, Haptik und Akustik) zu berücksichtigen. Diese Stufe wird häufig als eigentliches Ziel von „mass customization“ gesehen.

Die Formen und Stufen der Individualisierung schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern sind eng miteinander verbunden und ergänzen sich.

2. Bestellung von individuellen Fahrzeugen

2.1. Individualisierungswünsche und Bestellunterlagen

Die Individualisierung von Serienfahrzeugen kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Entsprechend dieser unterschiedlichen Möglichkeiten kann sich die Bestellung aus verschiedenen Bestellangaben und Unterlagen zusammensetzen, wie aus der Abb. 1. zu ersehen ist.

1. Grundlage ist immer ein Serienfahrzeug, das in einem Serienkatalog beschrieben wird und aus dem der Kunde „sein“ Fahrzeug und „seine“ Ausstattungen individuell auswählt.
2. Darüber hinaus gibt es Speziale Kataloge, in denen die Spezialmodelle und die speziellen Ausstattungen für besondere Kundengruppen oder besondere Anwendungszwecke verzeichnet sind.
3. Viele Modelle können in Absprache mit dem Hersteller durch individuelle Wünsche, die der Kunde beschreibt, weiter verändert werden. Beim Hersteller kann es dafür einen Beispielkatalog geben, an dem sich der Kunde orientieren kann.
4. Schließlich gibt es noch diverse Kataloge für Zubehör, Umbauten oder Tuningmaßnahmen. Der Einbau von Zubehör und die Tuningmaßnahmen haben mit der Serienfertigung des OEM nichts zu tun, sondern werden von dem Automobilhändler oder darauf spezialisierten Firmen durchgeführt.

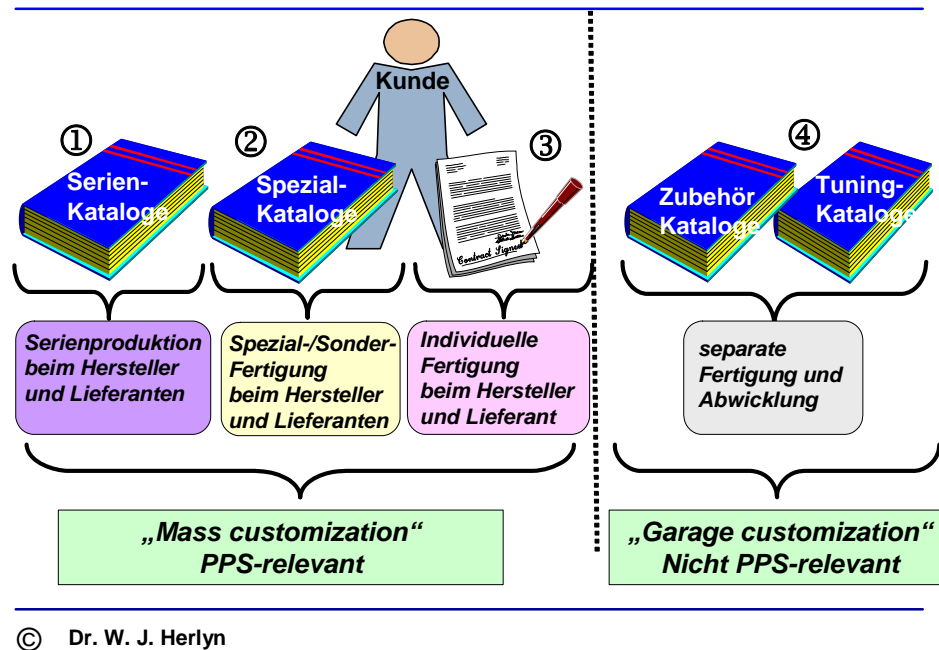


Abb. 1: Differenzierte Bestellunterlagen zur Individualisierung und PPS-Relevanz

Wie ersichtlich, können gleichzeitig mehrere unterschiedliche Bestellungen erfolgen, um ein Fahrzeug zu individualisieren. Für PPS und Logistik sind nur die ersten drei Bestellung und Bestellunterlagen PPS-relevant, da nur diese die Produktion und Logistik des OEM beeinflussen, also geplant und gesteuert werden müssen. Zubehör- und Tuningbestellung sind für PPS und Logistik des OEM nicht relevant und werden hier nicht weiter behandelt.

2.1.1. Individualisierung durch Auswahl von Ausstattungen

Bis in die 70.er Jahre des 20.Jh. produzierten die Hersteller die Fahrzeuge mit wenigen Varianten und nach internen Vorgaben und der Händler musste diese verkaufen. Seitdem hat es sich zunehmend durchgesetzt, dass der Kunde sein Fahrzeug selber aus verschiedenen Ausstattungen auswählt. Heute gibt es umfangreiche Kataloge mit hunderten von Zusatzausstattungen, mit denen der Kunden sein Fahrzeug individuell verändern kann (Nagel 2005, S. 72 ff., Braess 2006, S. 56 ff) Diese grundlegende Form der Individualisierung begann zunächst in den heimischen Absatzmärkten, wo die Nachfrage entsprechend groß und differenziert war. Vor allem in Europa und Japan entwickelte sich der Verkäufer- zum Käufermarkt, während es bspw. in den USA bis heute noch ein anderes Kaufverhalten gibt. Dort möchten viele Kunden ein Fahrzeug kaufen und sofort mitnehmen. Aber auch heute noch werden für viele Exportmärkte, vor allem in Übersee, die Fahrzeuge durch den Importeur und nicht vom Kunden bestellt. Dies hat sowohl produktionstechnische als auch logistische Gründe. In einigen Ländern erfolgt noch in geringem Umfang eine Anpassung der Importfahrzeuge an den nationalen Markt durch den Importeur. Dies betrifft sich vor allem einfach einbaubare Teile, wie Radios, Felgen, Anhängerkupplung, und ähnelt damit dem Einbau von Zubehör.

2.1.2. Individualisierung über Spezialmodelle und Sonderfahrzeuge einiger Hersteller

Einen immer größeren Umfang nehmen die sog. „Spezialmodelle“ und „Sonderfahrzeuge“ der Fahrzeughersteller ein, die nicht in den normalen Serienkatalogen, sondern in Spezialkatalogen und separaten Internet-Seiten zu finden sind. Die Spezialfahrzeuge sind besonders hochwertig ausgestattet, haben aufgerüstete Motore und anders ausgelegte Fahrwerke und können häufig durch vielfältige Ausstattungsangebote dem Kundengeschmack angepasst werden (Knolmayer 1999, S. 67 ff.) Inzwischen bieten alle deutschen Premiumhersteller solche Spezialmodelle mit exklusiven Ausstattungen an.

BMW: BMW bietet neben seinen Serienmodellen seine sog. „M-Modelle“ an, die mit besonders starken Motoren und einem sportlich ausgelegten Fahrwerk ausgerüstet sind. Natürlich werden dafür auch die Innenausstattung und das Äußere dem sportlichen Image der Fahrzeuge angepasst. Daneben konzentriert sich BMW auf ein umfangreiches Zubehörangebot, in dem Räder, Reifen, Multimediageräte, Spoiler usw. angeboten werden, die es als Serienausstattung nicht gibt. Die Möglichkeiten dieser Individualisierung sind aber begrenzt, da dafür vorwiegend nur einfach einzubauende Teileumfänge in Frage kommen (s. www.bmw.ag).

Mercedes: Die Marke Mercedes hat vor einigen Jahren die Tuningfirma AMG, mit der sie bereits lange zusammengearbeitet hat, übernommen und in den Konzern integriert. Mercedes bietet seine sog. „AMG-Modelle“ an, die sich durch hochwertige und PS-starke Motorversionen auszeichnen (s. www.mercedes-benz.de) Dies bedingt auch eine Veränderung am Fahrwerk. Zudem sind auch die Innenausstattung und die äußere Erscheinung der AMG-Fahrzeuge dem sportlichen Anspruch angepasst. Zudem gibt es unter der Bezeichnung „designo“ die Möglichkeit, bestimmte Baureihen durch eine hochwertige und designorientierte Innenausstattung zu veredeln. Darüber hinaus können die unterschiedlichen Mercedes-Modelle durch den Kunden noch weiter individualisiert werden.

Porsche Der Sportwagenhersteller Porsche bietet zu Rennwagen aufgerüstete Spezialmodelle an. . Dafür hat Porsche ein eigenes Sportwagenzentrum, in dem die Porschefahrzeuge zu Rennwagen umgebaut werden. Außerdem bietet Porsche seinen Kunden unter Porsche exclusive und unter der Bezeichnung „Tequipment“ eine technische Aufwertung seiner ohnehin sportlichen Serienmodelle an (s. www.porsche.com).

Volkswagen: Die Volkswagen AG hat vor kurzem eine eigene Gesellschaft, die Volkswagen Individual gegründet, die sich auf die Individualisierung der Marke Volkswagen spezialisiert hat. Diese bietet die sog. „Individual-Modelle“ und die „R-Baureihe“ an, die sich durch besonders hochwertige Motorisierungen und sportliche Ausstattungen auszeichnet. Darüber hinaus ermöglicht VW Individual auch den Umbau von Serienmodellen zu sog. „Unikaten“; so werden die Fahrzeuge bezeichnet, die nach Kundenvorgaben ganz individuell verändert werden (s. www.volkswagen.de). Solche eigenständigen Tochterfirmen der OEM's sind sehr flexibel, reagieren schnell auf Kundenwünsche und können Lösungen anbieten, die in der Serienfertigung des OEM stören bzw. nicht umgesetzt werden können. Zur Aufwertung gehören auch Kommunikations-, Multimedia- und Infotainmentssysteme oder mobile Office-Lösungen.

Audi: Die Audi AG bietet ebenfalls über eine eigene Firma, die quattro GmbH (s. www.audi.de) diverse spezielle Audi-Modelle an. Auf Basis der Serienmodelle sind dies die sog. „S-Modelle“, also S3, S4, S6 oder S8 oder auch spezielle sog. „DTM-Modelle“. Innen- und Außentrimm werden über die „S line“ Ausstattungslinie aufgewertet und können über Audi „exclusive“ weiter verändert werden (s. Abb. 2). So kann der Kunde sogar die Dekoreinlagen und Blenden im Cockpit und in den Türen aus verschiedenen Holzarten und Maserungen bestimmen. Audi bietet seinen Kunden für den Innenraum die zwei Lederarten „Feinnappa“ und „Valcona“ in jeweils achtzehn Farbtöne zur Auswahl an. Bei den Sitzbezügen kann der Kunde sein Lieblingsmaterial aus verschiedenen Stoffqualitäten und Farben aussuchen. Dazu kommen weitere Individualisierungsangebote im Bereich Multimedia, Kommunikation usw. Diese Komplexität und die besonderen Abläufe erfordern eine qualifizierte Kundenberatung, die wesentlich intensiver und persönlicher sein muss als bei den Serienmodellen. Deshalb gibt es dafür auch speziell ausgebildetes Verkaufspersonal im Autohandel und beim Hersteller.

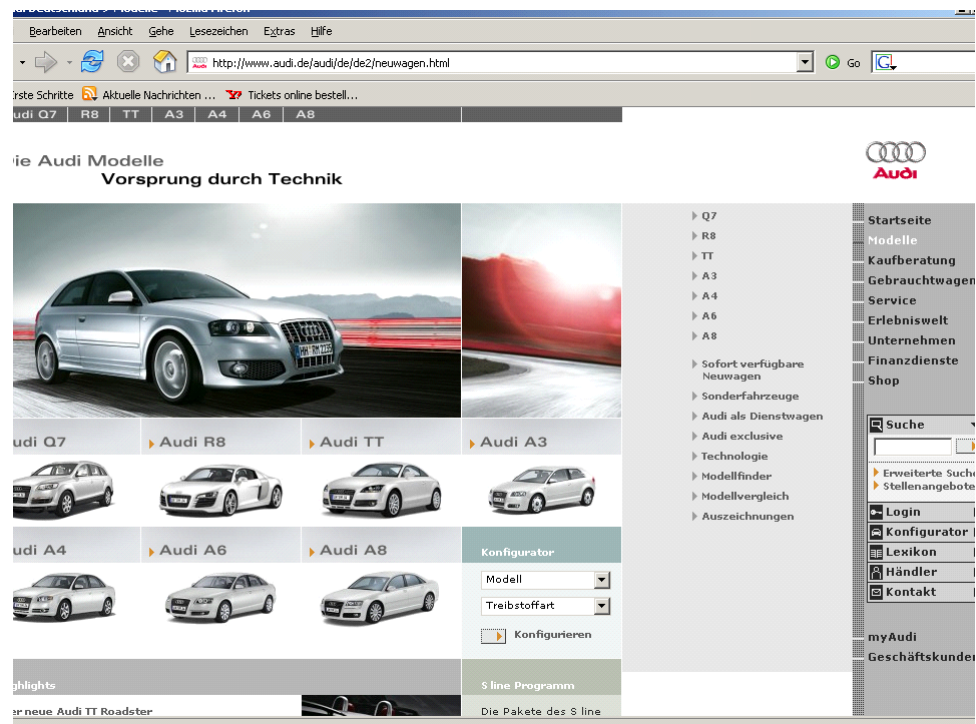


Abb. 2. : Übersicht der von Audi angebotenen Modelle im Internet

Bis auf Porsche bieten alle deutschen OEM'S auch sog. „Sonderfahrzeuge“ an, die für besondere Einsatzzwecke und besondere Käufergruppen ausgerüstet oder umgebaut werden. Am bekanntesten sind wohl die sog. „Behördenfahrzeuge“, also Polizei- und Postfahrzeuge oder Fahrzeuge für bestimmte Berufsgruppen wie Taxis, Fahrschulen, Krankenwagen oder Feuerwehr. Hierzu können aber auch Dienstwagen oder Firmenfahrzeuge für Großabnehmer gerechnet werden, die nach den Vorgaben und dem Corporate Design des jeweiligen Abnehmers verändert wird, dies betrifft z.B. die Firmenfarbe, Logos, besondere Einbauten für den Außendienst usw.

Zu den Spezialfahrzeugen gehören auch Wohnmobile und Campingfahrzeuge, für die vor allem leichte Nutzfahrzeuge geeignet sind. Diese Fahrzeuge werden vom OEM häufig gemeinsam mit darauf spezialisierten Unternehmen hergestellt; bekannte Firmen sind bspw. Karman, Westfalia oder Hymer. Diese Unternehmen fungieren entweder als Aufbauhersteller des OEM's oder sie bieten eigenständig Um- und Ausbauten der Serienmodelle verschiedener Marken an. Teilweise bieten diese Firmen sogar Bausätze an, mit denen der Kunde sein Fahrzeug selber um- und ausbauen kann.

2.1.3. Individualisierung durch persönliche Änderungswünsche

Vielen Kunden reichen die o. g. Möglichkeiten der Individualisierung noch nicht aus. Sie möchten ihr Fahrzeug zu einem echten Unikat machen, das es kein zweites Mal geben kann. Hierbei wird das Fahrzeug nach den ganz persönlichen Wünschen und Vorstellungen des Kunden – natürlich nur in einem bestimmten technischen Rahmen - verändert. Die Änderungswünsche, die der Kunde vorgibt, werden vom OEM und seinen Lieferanten technisch-konstruktiv umgesetzt, dokumentiert und getestet, bevor sie gefertigt werden können [Oestreich/Teich 2005, 49 ff]. Wie bereits oben geschildert, bieten inzwischen alle deutschen Hersteller diese Individualisierungsmöglichkeit an.

Die extremste Form der Individualisierung stellen biometrische Merkmale dar, nach denen einzelne Teile und Baugruppen des Fahrzeuges modifiziert werden, mit denen der Fahrer in Berührung kommt. Damit wird das Fahrzeug bzw. einzelne Komponenten genau auf eine einzelne Person angepasst, also „maßgeschneidert“ gefertigt, was am weitesten dem Ziel von mass customization entspricht (Piller 1998, S. 875 ff.). In diesen Bereich haben sich die Fahrzeughersteller bisher noch nicht vorgewagt.

2.2. Bestellung und Produktdefinition in der Automobilindustrie

2.2.1. Produktpyramide und Produktdefinition mit sog. „Optionen“

Grundlage der Individualisierung von Serienfahrzeugen ist eine bestimmte Gliederung der Produktpalette, die bereits im Entwicklungsprozess vorgegeben wird. Diese Gliederung kann in Form einer Pyramide (s. Abb. 3) dargestellt werden und beginnt mit der Festlegung von Baureihen und Typen (entsprechend der Karossergröße bzw. der sog. Plattform). Die Definition der unterschiedlichen Modelle erfolgt bei den meisten Herstellern durch die Kombination von Karosserieform mit Motor und Getriebe. Nach der Modellfestlegung wird auf der untersten Ebene die Produktdefinition durch die verschiedenen Ausstattungsmöglichkeiten vervollständigt. Durch Kombinationen der unterschiedlichen Ausstattungsvarianten ergibt sich eine astronomische Anzahl von möglichen Fahrzeugvarianten. Die Produktvarianten können mit Hilfe sog. „Optionen“ und „Optionsfamilien“ als booleschen Verband definiert werden [Herlyn 1990, S. 25 ff]. Die Gesamtmenge der Modelle wird über sog. „Basis-Optionen“ bestimmt. Die Teilmengen werden durch die Ausstattungsalternativen der Optionsfamilien definiert, aus denen jeweils genau eine „Zusatz-Option“ ausgewählt werden muss. Deshalb gibt es für die verschiedenen Modelle einer Marke jeweils modell-

spezifische Kataloge, in denen die alternativen Ausstattungen aufgeführt sind, unter denen der Kunde seine Wahl treffen muss.

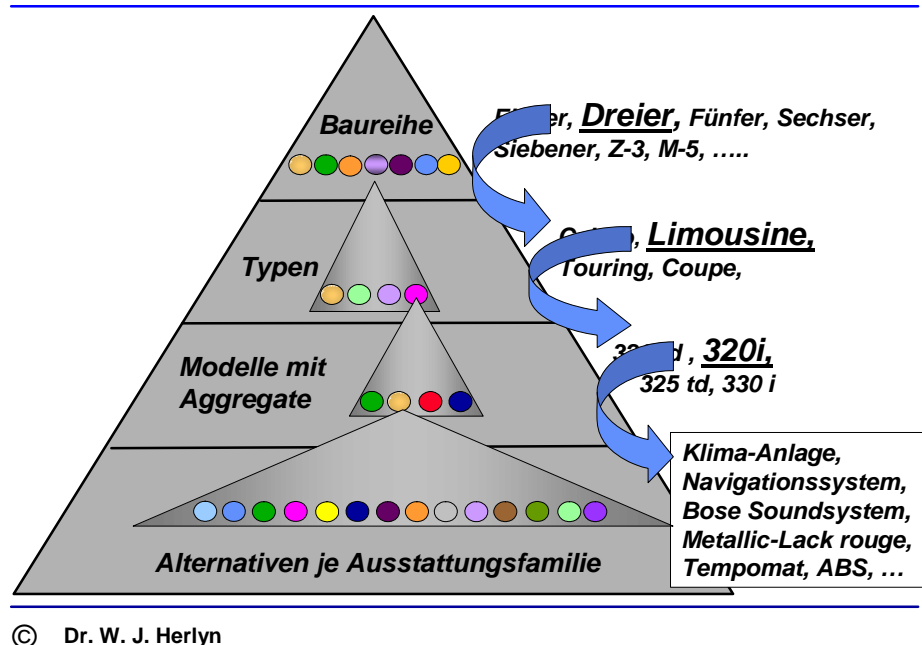
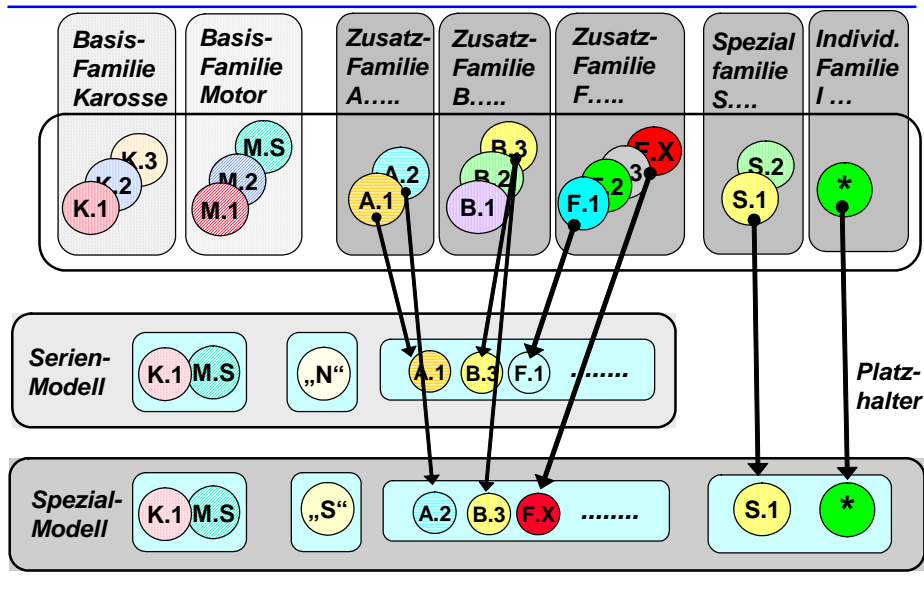


Abb. 3: Produkttypisierung und Definitionspyramide von Fahrzeugen

2.2.2. Erweiterung der Produktdefinition um spezielle und individuelle „Optionen“

Die Optionen für die normalen Serienausstattungen reichen für die Definition der Spezial- und Sonderfahrzeuge und der individuellen Kundenwünsche nicht aus. Um eine konsistente Produktdefinition zu erhalten – dies ist für PPS und Logistik besonders wichtig - müssen die Optionsfamilien um Spezial- und Individualfamilien erweitert werden. Während die bekannten Spezial-Optionen direkt „verschlüsselt“ werden, können für die Individual-Optionen zunächst nur „Platzhalter“ definiert werden (s. Abb.4). Diese werden zur Referenzierung mit den individuellen Kundenwünschen benötigt, da die technische Beschreibung des Kundenwunsches erst später vorliegt. Denn aus den Kundenangaben leiten die Ingenieure des OEM die technisch-konstruktiven Daten und Fertigungsunterlagen erst ab. Diese Spezial-Optionen und Platzhalter werden nicht nur zur Steuerung der Spezialfahrzeuge, sondern auch zur Steuerung der Serienfertigung benötigt! Wenn beispielsweise ein individueller Bezug für die Sitzfertigung gewünscht wird, können die serienmäßigen vorgesehenen Sitzbezüge „unterdrückt“ und später durch die jeweiligen individuellen Sitzbezüge ersetzt werden. Dieser Zusammenhang kann in einer erweiterten Komplex-Stückliste abgebildet und im PPS-System ausgewertet werden (s. Herlyn, 1990, S. 64ff).



© Dr. W. J. Herlyn

Abb. 4: Produktdefinition mit Optionsfamilien für Serien-, Spezial- und Individual-Optionen

3. Produktions- und Materialflussstruktur im Automobilbau

3.1. Produktionsbereiche in der Automobilindustrie

In der Automobilindustrie gibt es eine bestimmte Produktionsstruktur mit typischen Fertigungsbereichen, die bei allen OEM's mehr oder weniger zu finden ist. Die wichtigsten Fertigungsbereiche sind:

1. Die Fertigung und Lieferung von Kaufteilen aus der Zulieferindustrie
2. Die Eigenfertigung von Teilen und Baugruppen des Fahrzeugherstellers
3. Die Aggregatefertigung von komplexen Baugruppen wie Motor oder Getriebe
4. Die Fahrzeugfertigung, die sich in den Karossen-Rohbau, die Lackierung, die Endmontage und das Finish unterteilt

Die grundlegende Organisationsform in der Automobilindustrie ist das Fließprinzip. Dieses Prinzip gilt nicht nur in der Vor- und Endmontage, sondern wird möglichst weitgehend auch in den anderen Fertigungsbereichen umgesetzt. Das Fließprinzip kann vor allem dann sinnvoll angewendet werden, wenn das Produkt montagefähig konstruiert wurde, d. h. die Produktstruktur muss modular sein. Teile- und Baugruppenvarianten müs-

sen einheitliche technische Schnittstellen haben, damit diese gegenseitig austauschbar sind. Dies gilt auch für die speziell bzw. individuell angefertigten Teile und Baugruppen. Die Fertigungsbereiche werden von jedem Teil in einer jeweils typischen Form durchlaufen. Letztlich wird jedes Teil im Fahrzeug direkt oder indirekt über eine Baugruppe oder einem Aggregat verbaut. Die Fertigungsbereiche können durch bestimmte definierte Erfassungspunkte, die zur Planung, Steuerung, Abrechnung und Kontrolle des Produktions- und des Materialflusses dienen eindeutig voneinander abgegrenzt werden. Der zentrale Erfassungspunkt, auf den sich die wichtigsten Planungs- und Steuerungsaktivitäten beziehen, ist der Erfassungspunkt „Fahrzeug Fertig“ (FF). Von diesem Erfassungspunkt aus werden nach dem Pull-Prinzip alle Fertigungsbereiche bis hin zum Lieferanten beauftragt, gesteuert und kontrolliert. Dazu werden weitere Erfassungspunkte benötigt. Aufgrund der differenzierten Erfassungspunkte können die Verzweigungen und Zusammenführung der Materialströme genau geplant, gesteuert und verfolgt werden. An jedem Erfassungspunkt kann ein Soll-Ist-Vergleich erfolgen und gegebenenfalls eine Steuerungskorrektur vorgenommen werden. Aufgrund der Serien-, Spezial- und Individual-Optionen eines Fahrzeuges können Entscheidungen über die Steuerung des konkreten Produktions- und Materialflusses vorgenommen werden.

3.2. Der „nachgelagerte“ Sonderwagenbau

Der Umbau oder Einbau von speziellen Ausstattungen bei Spezial- und Sonderfahrzeugen findet häufig erst nach dem Finish des Serienfahrzeuges, in dem sog. „Sonderwagenbau“ statt (s. Abb. 5). Dieser Sonderwagenbau erfolgt bei vielen Herstellern in besonderen Hallen, die teilweise nach dem Werkstattprinzip organisiert und damit relativ flexibel sind. Häufig wird der Um- und Ausbau auch von anderen Firmen und sog. „Aufbauherstellern“ vorgenommen. Die dafür benötigten speziellen Teile, Baugruppen und Aggregate werden in Sonderfertigungsbereichen – quasi parallel zur Serienfertigung – hergestellt. Die Anlieferung in den Sonderwagenbau erfolgt in einem separaten Materialfluss. Der nachgelagerte Sonderwagenbau hat sich bei vielen Fahrzeugherstellern etabliert und bewährt. Dennoch hat dieser Prozess gravierende Nachteile. So werden bereits eingebaute Serienteile gegen Spezialteile ausgetauscht, häufig müssen bestimmte Teile zum Einbau der Spezialteile zunächst entfernt und später wieder eingebaut werden. So müssen Innenverkleidungen entfernt werden, um neue Kabel zu verlegen, für die Befestigung von Teilen müssen zusätzliche Löcher gebohrt oder Halter angeschweißt werden, für den Einbau eines Hochdaches muss die Karosserie aufgeschweißt werden usw. usf.. Dadurch entstehen unnötige, zusätzliche Kosten und Arbeitsaufwände sowie Qualitätsprobleme, da auch bei bereits geprüften Teileumfängen erneut Probleme auftreten können. Die separate logistische Abwicklung ist aufwändig und teuer. Der Fertigungsprozess und die Auftragsabwicklung sind insgesamt sehr zeitintensiv, die Durchlaufzeiten verlängern sich, so dass der Kunde je nach Individualisierungsgrad sehr lange auf sein Fahrzeug warten muss. Hieraus ergeben sich diverse Ansatzpunkte zur Prozessverbesserung. Dabei ist das generelle Ziel, möglichst viele Prozessschritte in den normalen Serienablauf der Fahrzeug-, Aggregate- und Teilefertigung zu integrieren.

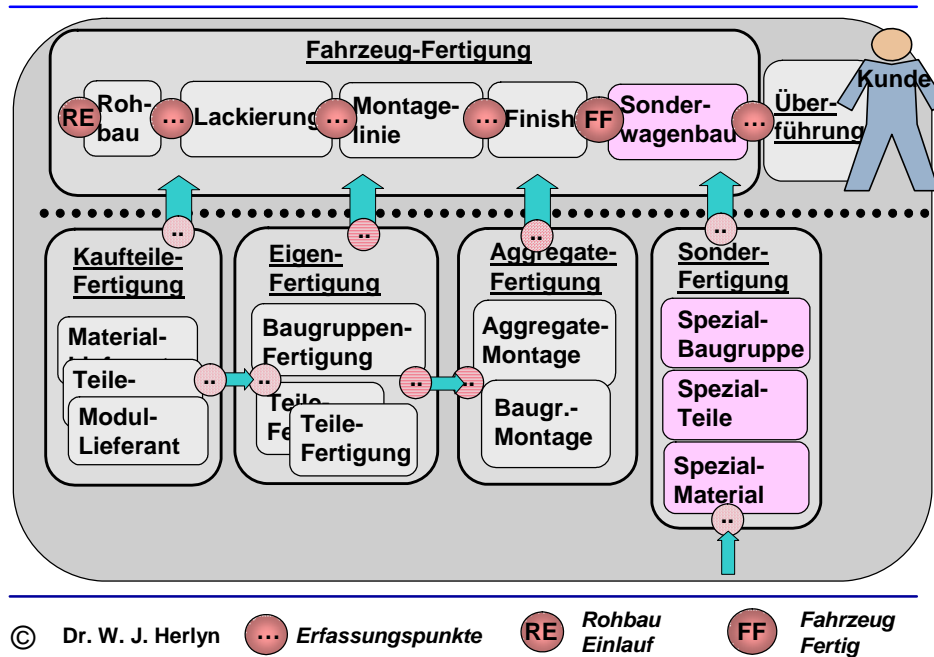


Abb. 5: Serienfertigung mit nachgelagertem Sonderwagenbau

3.3. Integrierte Spezialfertigung

Wie geschildert, hat der nachgelagerte Sonderwagenbau viele Vorteile gegenüber der Serienfertigung, aber auch viele Nachteile. Deshalb sind die Automobilhersteller dazu übergegangen, möglichst viele Arbeiten und Abläufe für Spezialfahrzeuge und Spezialteile in die bestehenden Fertigungsprozesse zu integrieren oder mit der Serienfertigung zu verbinden. So werden bestimmte Spezialteile, die in Sonderfertigung hergestellt wurden, nicht mehr in den Sonderwagenbau, sondern direkt in die Serienfertigung geliefert und dort eingebaut (s. Abb. 6). In einigen Fällen werden in der Serienfertigung bestimmte Teile nicht oder nur „provisorisch“ ins Fahrzeug eingebaut, weil diese im Sonderwagenbau wieder entfernt werden müssen. Dadurch ergeben sich enorme Einspareffekte, die Fertigungszeiten werden wesentlich reduziert und die Fertigungsqualität erhöht sich. Ein weiterer positiver Effekt ist die Verkürzung der Durchlaufzeiten und logistischen Abwicklung und die Erzielung von Synergieeffekten im laufenden Prozess. Für den Kunden ergibt sich dadurch letztlich eine schnellere Auslieferung. Die integrierte Spezialfertigung erfordert jedoch einige Eingriffe in die bestehenden Serienprozesse. Insbesondere wird die Einplanung, Steuerung und Kontrolle des Produktions- und Materialflusses wesentlich komplexer und aufwändiger. Die notwendigen Informationen zur Planung und Steuerung der Fahrzeuge und Teile kann jedoch aus den Spezial- und Individual-Optionen der Bestellung abgeleitet werden. Falls in der Bestellung eine Sonderlackierung angegeben wurde, wird das Fahrzeug nicht in die Serienlackierung, sondern in die Sonderlackierung geleitet (s. unten).

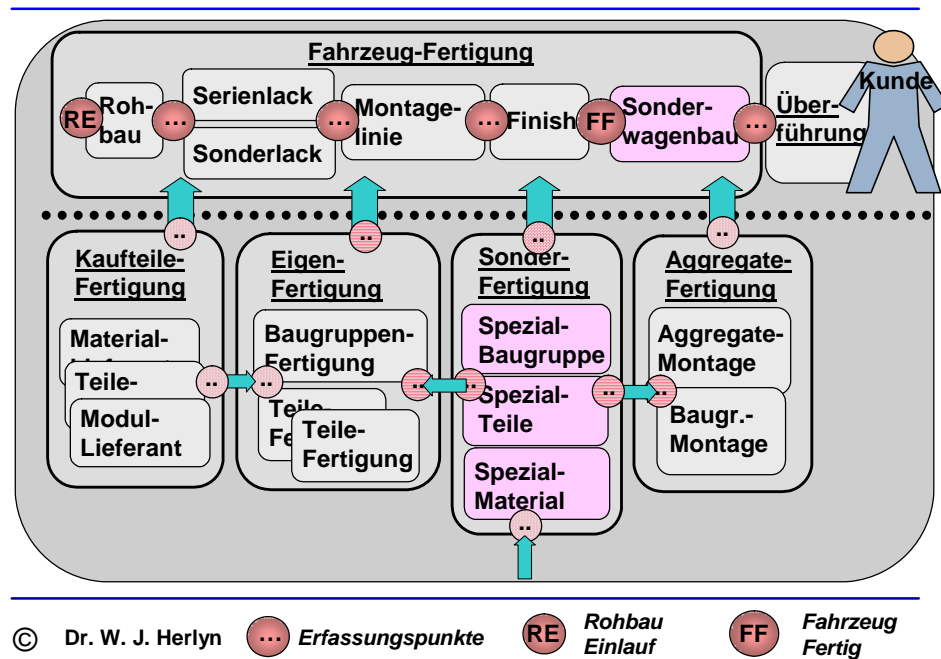


Abb. 6: Integrierte Spezialfertigung von Teilen und Baugruppen

Selbst biometrische Daten oder materialbezogene Eigenschaften, die eine vollständige Individualisierung erlauben, können mit Hilfe der individuellen Optionen direkt oder indirekt „verschlüsselt“ werden. Aus den Angaben lassen sich konkrete geometrische, optische, technische oder funktionale Daten ableiten, die bei der Fertigung zu berücksichtigen sind. Für bestimmte vorgegebene Teilearten, bspw. für den Sitzbezug, werden die konkreten Daten zum Material, zur Farbe, zum Muster und Keder bis hin zum Zuschnitt (Abmessungen, Polsterausformung) aus diesen individuellen Angaben des Käufers abgeleitet. Eine solche extreme Individualisierung ist jedoch nur möglich, wenn es dafür elektronisch gesteuerte, flexible Fertigungseinrichtungen gibt, die parametrisiert gesteuert werden können. Dies wäre die weitestgehende Form von „mass customization“ (Piller, 1998, S.57 ff.), die aber von der Automobilindustrie bisher noch nicht erreicht wurde. Es bleibt in der Zukunft noch zu klären, wie weit eine solche Individualisierung bei einem Fahrzeug, das meistens von verschiedenen Personen genutzt wird, überhaupt sinnvoll ist. Vielleicht sind andere technische Lösungen wie bspw. elektronische Konfiguratoren im Fahrzeug sinnvoller, die eine personalisierte Einstellung ermöglichen, wie dies bei der elektronischen Sitzpositionierung mit Spiegeleinstellung etc., die für mehrere Personen programmiert werden kann, der Fall ist.

4. Produktionssteuerung und Logistik

4.1. Fahrzeugeinplanung

Die Einplanung von Fahrzeugen in das Produktionsprogramm eines Werkes erfolgt für den Erfassungspunkt „Fahrzeug Fertig“. Anhand der Optionen in der Bestellung kann regelbasiert entschieden werden, welches Fahrzeug in welchem Werk gefertigt wird, da nicht in jedem Werk jedes Fahrzeug bzw. jede Fahrzeugvariante gefertigt werden kann. Aufgrund der bekannten Fahrzeugdurchlaufzeiten erfolgt eine Rückwärtsterminierung, in der für jeden Fertigungsbereich ein Anfangstermin ermittelt wird. Zur Einplanung gehört auch die Festlegung der sog. „Rohbauaufgabe“, die sich auf den Erfassungspunkt „Rohbau Einlauf“ (RE) bezieht (s. Abb. 5 und Abb. 6). Danach erfolgt die Planung des Lack-Programms. Das Rohbauprogramm und das Lackprogramm und die Fahrzeugreihenfolgen können aufgrund von Fertigungsrestriktionen von der Endmontage abweichen. Die Belegung der Endmontagelinien ist eine der wichtigsten Planungsaktivitäten in PPS, da hier die Variantenvielfalt am größten ist und die längsten Fertigungszeiten vorkommen. Nach der Montagelinienbelegung kann das Programm des Sonderwagenbaus ausgeplant werden. Anhand des Produktions- und Materialflusses ist leicht nachvollziehbar, dass Fahrzeug mit Spezial- und Individual-Optionen eine längere Durchlaufzeit als Serienfahrzeuge haben. Um denselben Fertigstellungstermin zu erreichen, muss demnach der Rohbau früher beginnen als bei Serienfahrzeugen. Für die Spezial- und Individualfahrzeuge gelten zudem besondere Fertigungsrestriktionen, d.h. es kann immer nur eine begrenzte Anzahl von Spezialfahrzeugen neben den Serienfahrzeugen produziert werden. Auch diese Planung erfolgt regelbasiert mit Hilfe der Optionen. Für die jeweils betroffenen Fertigungsbereiche werden für Spezial- oder Individual-Optionen entsprechende Kapazitätsgrenzen usw. in Tabellen vorgegeben. Bei der Einplanung von Spezial- und Individualfahrzeugen werden zudem die längeren Fertigungs- und Lieferzeiten für die Spezialteile berücksichtigt.

4.2. Fahrzeugsteuerung

Die Fahrzeugsteuerung ist, auf Grundlage der Einplanungsvorgaben, für die durchgängige Steuerung jedes einzelnen Fahrzeuges zuständig und erstellt für jeden Fahrzeugfertigungsbereich die konkreten, verbindlichen Aufträge. Der Start der Fahrzeugproduktion, also die Freigabe der Rohbauaufgabe, erfolgt erst dann, wenn die Fertigung der Fahrzeuge durch die tatsächlich vorhandenen Kapazitäten abgesichert ist; bei Spezialfahrzeugen müssen insbesondere Zusagen für die Spezialteilebelieferung von den Lieferanten vorliegen. Vor jedem Fertigungsabschnitt, den das Fahrzeug durchlaufen muss, wird abgeprüft, ob eine Individualisierung stattfindet und ob das Fahrzeug aus dem normalen Fertigungsprozess aus- und in einen speziellen Fertigungsbereich eingeschleust werden muss. Falls eine Spezialfertigung mit verzweigtem Materialfluss erforderlich ist, wird das Fahrzeug hinterher wieder in die normale Fertigungslinie zurückgeführt. Dies kann beispielhaft anhand eines Fahrzeugs mit Speziallackierung aufgezeigt

werden (s. Abb. 7). Die Fahrzeuge mit Sonderlackierung werden nicht in die vollautomatisierte Lackieranlage transportiert, da diese für eine begrenzte Anzahl von Serienlacken ausgelegt sind. Im Serienablauf werden, aus Qualitäts- und Kostengründen, immer Fahrzeuge mit derselben Serienfarbe zu einem Farbblock zusammengefasst und durch die Lackanlage gefahren. Die Fahrzeuge mit Sonderlackierung werden zu einem separaten Lackierbereich transportiert, in dem die Fahrzeuge -ähnlich wie in einer Lackierwerkstatt – und nur teilautomatisiert lackiert werden. Anschließend wird das speziell lackierte Fahrzeug wieder in ein gemeinsames Karosserienhaus transportiert, das vor der Endmontage liegt. Aus dem Karosserienhaus, das als Sortierspeicher fungiert, wird der Einlauf der Serien- und Spezialfahrzeuge in die Endmontage – bezogen auf den Erfassungspunkt Einlauf Endmontage (EE) – gesteuert und dadurch die Reihenfolge in der Montagelinie bestimmt. Aufgrund unterschiedlicher Ausstattungen sind die Arbeitsinhalte und Arbeitszeiten sehr unterschiedlich, deshalb ist hier eine permanente Optimierung der Reihenfolge zwischen Spezial-, Individual- und Serienfahrzeugen erforderlich.

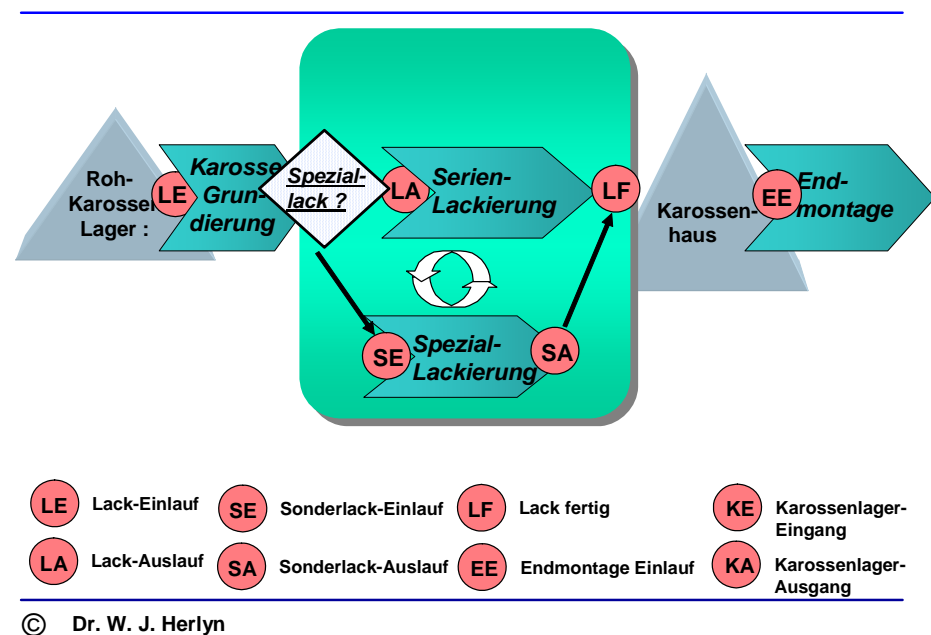


Abb. 7: Steuerung von Fahrzeugen mit Speziallackierung

4.3. Teilesteuerung und Materialbereitstellung

Die Teilesteuerung erfolgt für jeden Fertigungsbereich, den das Fahrzeug durchläuft, mit Hilfe der jeweiligen Erfassungspunkte. Für die Endmontage ist dies der Erfassungspunkt „Einlauf Endmontage“ (EE). Das Fahrzeug wird erst dann für die Endmontagelinie freigegeben, wenn alle Teile an der Linie bzw. in der Vormontage verfügbar sind. An der Endmontagelinie sollte es beim Einbau möglichst keine oder wenig Unterschiede zwischen Serienteilen und Spezialteilen geben. Sinnvoll ist es, die Baugruppenvarianten in der Vormontage zu fertigen und diese Fahrzeugsequenz ans Endmontageband zu liefern. Bei Kaufteilen ist eine JiT- oder JiS-Anlieferung, eine Warenkorblieferung oder eine Kommissionierung in Montagesequenz be-

sonders geeignet (Herlyn 2005, S. 66/67). Die Abbildung 8 zeigt beispielhaft einen Kommissionierungsprozess. Sobald das Fahrzeug den Erfassungspunkt EE erreicht hat, wird ein Kommissionier-Auftrag erstellt und die Materialbereitstellung ausgelöst. Häufig liegen die Spezialteile in einem Sonderlager im direkten Zugriff der Kommissionierung. Neben der Teilenummer sind diese Spezialteile oftmals mit der Spezial-Option oder der Kundenauftragsnummer ausgezeichnet. Dadurch wird die Zuordnung der Spezialteile oder der individuelle gefertigten Teile zu dem jeweiligen Spezialfahrzeug gewährleistet und für den Mitarbeiter erleichtert.

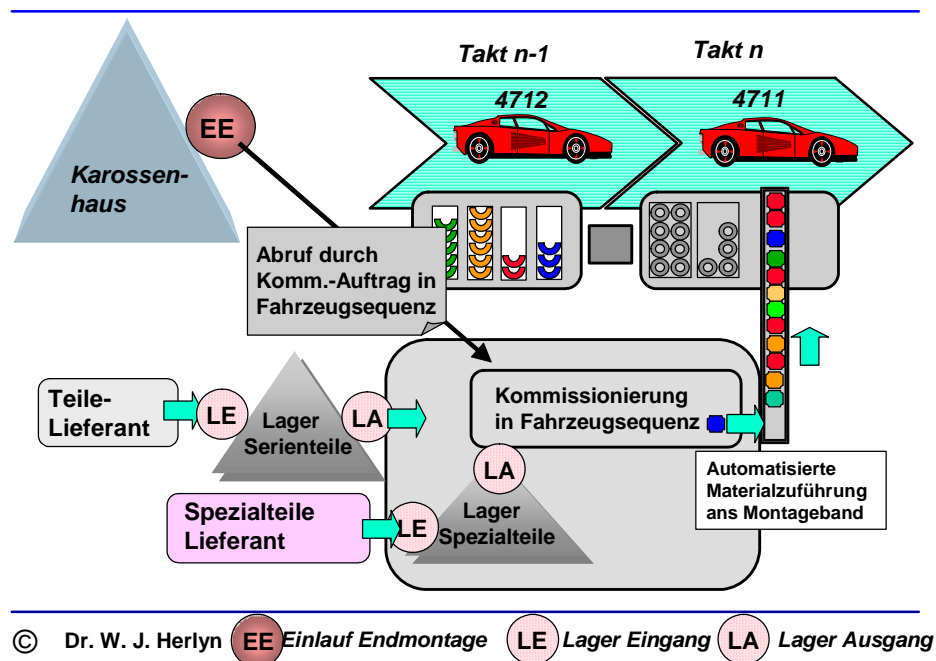


Abb. 8: Abruf und Bereitstellung von Spezialteilen

Ein gutes Beispiel bietet auch die Fertigung der AMG-Modelle in den Mercedes-Montagewerken. Die Herstellung von AMG-Motoren erfolgt in einer äußerst modernen AMG-Motorenfabrik (s. www.amg.de). Die dort gefertigten Motoren werden in die Produktionswerke von Mercedes transportiert. AMG- und Serienmotoren werden dort gemeinsam „just-in-sequence“ an die Montagebänder geliefert, über die auch die Serienmodelle laufen. Dies Prinzip wird auch bei anderen Spezialteilen angewendet, die eine „Serienvorbauung“ erlauben.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Wie geschildert, ist die deutsche Automobilindustrie auf dem Wege zu „mass customization“. Dies gilt insbesondere für die Premiumhersteller. Dabei erfolgte die Individualisierung der Fahrzeuge nicht auf einmal, sondern wurde schrittweise entwickelt und ausgebaut. Dieser Entwicklungsprozess ist noch lange nicht abgeschlossen. Die Grundlagen dafür wurden in den Siebziger Jahren des letzten Jh. gelegt, als die deutschen Fahr-

zeughersteller zur Modularisierung ihrer Produkte übergangen und immer mehr Ausstattungsvarianten anboten. Die Kunden erhielten jetzt die Möglichkeit, die Ausstattungen ihres Fahrzeugs selber zu bestimmen, die endgültige Produktdefinition legte erst der Kunden mit Hilfe von Ausstattungs-Optionen fest. Die Individualisierung der Fahrzeuge wurde durch Spezialmodelle und durch Spezial- und Individual-Optionen im Laufe der Zeit immer mehr erweitert. Dadurch wurde eine differenzierte und regelbasierte Planung und Steuerung der Fahrzeuge, Aggregate und Teile mit Hilfe der Optionen erforderlich und möglich. Auf der Basis eines eindeutig definierten Produktions- und Materialflusses können an den entsprechenden Erfassungspunkten die Fahrzeuge und Teile durch die Einrichtung von Weichen und Sortierungsspeichern differenziert gesteuert werden. Nach und nach wurden so die individualisierten Fahrzeuge und Teile in den Serienablauf integriert. Auf diese Weise bauten und bauen die deutschen OEM's im Laufe der Zeit technische Kompetenz und Wissen für „mass customization“ auf. Auf diesem Weg werden sukzessiv die Prozesse, Abläufe und Dokumente, Produktion und Materialfluss in Richtung einer kundenorientierter Fertigung und Abwicklung weiterentwickelt und umgestellt. Die PPS und Logistik und die entsprechenden EDV-Systeme werden laufend weiterentwickelt und angepasst. So sind die deutschen Hersteller langsam aber sicher auf dem Weg, sich einen Vorsprung gegenüber dem Wettbewerb zu erarbeiten und ihre Marktposition zu stärken. Die Nachfrage nach individualisierten Spezialmodellen zeigt dies. Bei Audi wurden 2005 über 115.000 Fahrzeuge als S line Modelle der quattro GmbH gebaut und weitere 12.000 Fahrzeuge für die Kunden noch weiter individualisiert, das sind ca. 15% der produzierten Fahrzeuge. Bei hochwertigen Audi-Modellen, wie dem A-8, ist der Anteil noch höher.

Literatur

- Braess, Hans-Hermann (Braess 2006):** Paradigmenwechsel im Automobilbau – Eine übergreifende Betrachtung, in: ATZ/, Nr. 1, 2006, S. 52 – S. 56.
- Herlyn, Wilmjakob (Herlyn 1990):** Zur Problematik der Abbildung variantenreicher Erzeugnisse in der Automobilindustrie, Dissertation Universität Göttingen, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16, Nr. 52, VDI-Verlag Düsseldorf 1990.
- Herlyn, Wilmjakob (Herlyn 2004):** Bedarfsermittlung, Montage- und Abrufsteuerung von variantenreichen Erzeugnissen am Beispiel des Moduls Cockpit, in: logistik management, 6 Jg., Nr. 1 (2004), S 58 – 68.
- Knolmayer, Gerhardt F (Knolmayer 1999):** Kundenorientierung, Mass Customization und optimale Variantenvielfalt, in: Grünig R., Pastier M. (Hrsg.), Strategisches Management und Marketing – Festschrift zum 60. Geburtstag von Richard Kühn, Bern Stuttgart Wien, Haupt 1999, S. 67 – 99.
- Lindemann, Udo et al. (Lindemann 2002):** Massenproduktion mit Losgröße 1, in: ZWF, Jg. 97, 2002, S. 269 – 272.
- Nagel, Peter (Peter 2005):** Modellpolitik der Automobilhersteller, in: ZfAW, 6 Jg., Nr. 4 (2005), S. 72 – 75.
- Oestreich, Erik; Teich, Tobias (Oestreich/Teich 2006):** Produktkonfiguration auf der Grundlage dynamischer Dokumentenstruktur, in: pps management Heft 1, 2005, S. 49 – 51.
- Piller, Frank T. (Piller 1998):** Kundenindividuelle Massenproduktion, in: WISU 27 Jg. (1998), Heft 8/9, S. 875 - 879.
- Audi AG und quattro GmbH:** s. www.audi.de
- AMG GmbH:** www.mercedes-amg.de
- BMW AG:** www.bmw.com
- Mercedes-Benz AG:** www.mercedes-benz.de und www.amg.de
- Porsche AG:** www.porsche.com
- Volkswagen AG und Volkswagen Individual GmbH:** www.volkswagen.de