

# ***Produktionsplanung bei einer Quintillionen Produktvarianten – (wie) geht das ?***

## ***Zur Produktionsprogrammplanung im Automobilbau***

***Vortrag auf der Tagung der Arbeitsgruppe „SCM“ der GOR e.V.***

***Freitag, den 12. Okt. 2012 , c/o Capgemini, München***

***Referent: Dr. Wilmjakob Herlyn, Lehrbeauftragter an der Ostfalia Hochschule***

# Gliederung des Vortrags <sup>\*)</sup>

---

**1. Die Variantenexplosion in der Automobilindustrie – Einführende Bemerkungen zur Produktionsprogrammplanung im Automobilbau**

**2. Die ideale Produktdefinition und deren Bedeutung für die Produktionsprogrammplanung und -steuerung**

**3. Die Umsetzung der idealen Produktdefinition für Fahrzeuge (PKW)**

**4. Erstellung von Produktionsplänen und Produktionsprogrammen für Fahrzeuge - und Aggregate**

**5. Kurze Zusammenfassung**

*\*) Der Vortrag basiert auf einigen Abschnitten aus dem Buch: „PPS im Automobilbau“ <sup>2)</sup>*

# Literaturhinweise

---

- 1) **BMW AG** : „*KOVP - Der kundenorientierte Vertriebs- und Produktionsprozess*“, München, (2005)
- 2) **Herlyn, W.** : „*PPS im Automobilbau - Produktionsprogrammplanung und -steuerung von Fahrzeugen und Aggregaten*“, München, (2012)
- 3) **Klug, F.** : „*Logistikmanagement in der Automobilindustrie*“, Springer Verlag, Berlin, (2010)
- 4) **Meyr H.**: „*Kurz- und mittelfristige Planung in der Automobilindustrie zwischen Heute und Morgen*“, Universität Augsburg , Lehrstuhl für Produktion und Logistik, (2002)
- 5) **Rosenberg, Otto** : „*Variantenfertigung*“, in: Kern et al: „*Handwörterbuch der Produktionswirtschaft*“, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, (1996)
- 6) **Vladimirov, D. A.** : „*Boolesche Algebren*“, Akademie Verlag Berlin, (1978)

---

# ***Die Variantenexplosion in der Automobilindustrie -***

## ***Einführende Bemerkungen zur Produktionsprogrammplanung im Automobilbau***

## Vorbemerkung

---

### ***Warum gerade eine Quintillionen ?***

*Diese Zahl ist in der Literatur belegt <sup>4)</sup>*

*Die höchste ausgeschriebene Zahl, die im Duden steht*

### ***Wie viel ist eine Quintillionen ?***

***10<sup>30</sup>*** also eine „Eins“ mit dreißig Nullen

***1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000***

*Wie viele Fahrzeugvarianten bietet ein Massenhersteller an ?*

*Wie viele Einzelteile werden dafür benötigt ?*

*Ohne die exakten Zahlen zu kennen kann man jedoch abschätzen, dass die Anzahl der Produktvarianten um ein Vielfaches größer ist, als die Anzahl die benötigten Einzelteile !*

# Die vier Abbildungs-Ebenen

---

*Um die Komplexität der Produktbeschreibung zu reduzieren, wird die Beschreibung der Varianten auf vier Abbildungs-Ebenen aufgeteilt, die miteinander verbunden bzw. verknüpft sind:*

- 1. Die Produkt-Ebene**
- 2. Die Struktur-Ebene**
- 3. Die Baukasten-Ebene**
- 4. Die Teile-Ebene**

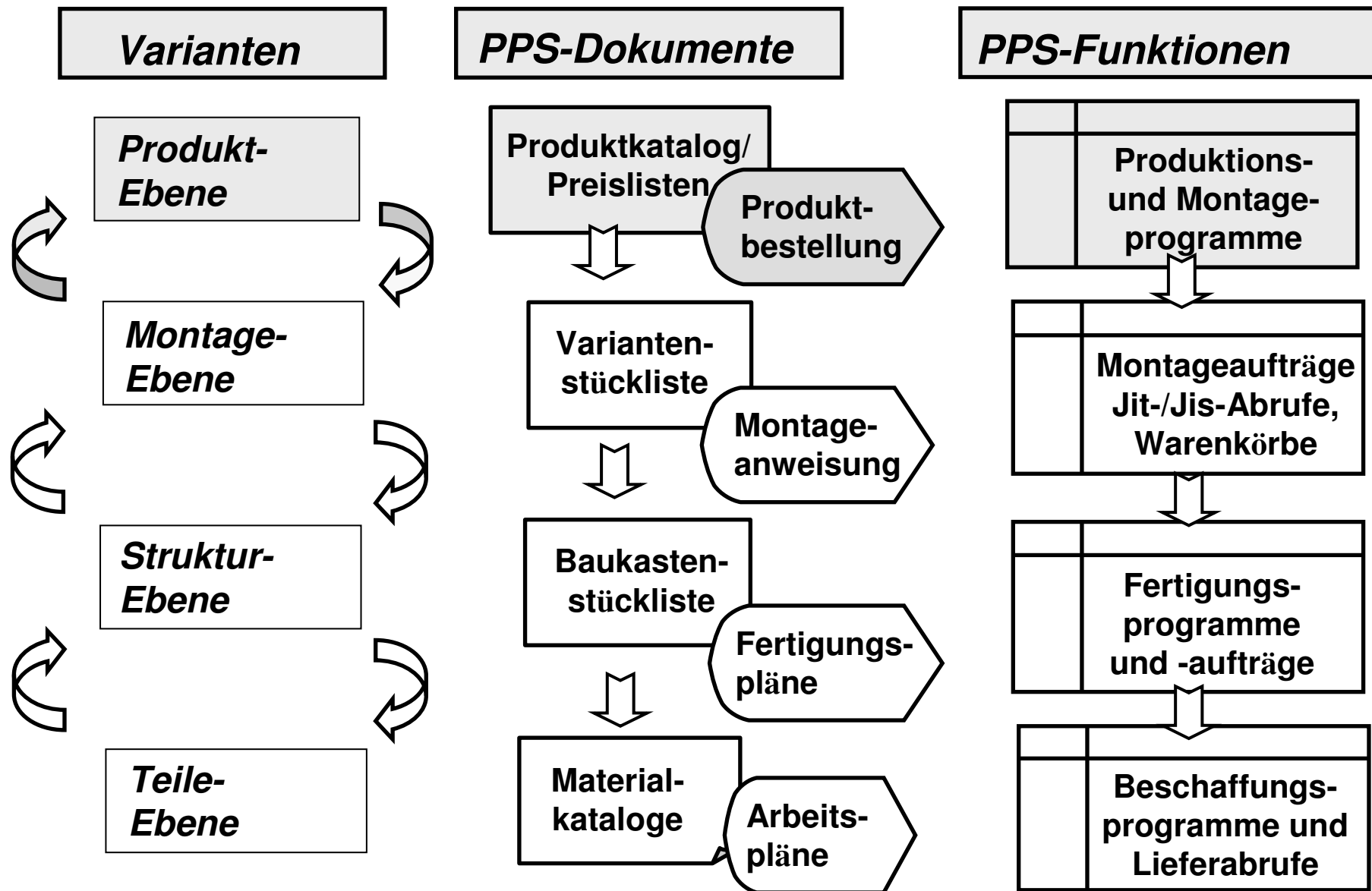
*Jeder dieser Ebene bildet nur einen bestimmten Umfang (Ausschnitt) der Varianten ab. Entsprechend werden auf jeder Ebene auch nur ganz bestimmte spezifische PPS-Funktionen unterstützt.*

*Die oberste Abbildungs-Ebene beschreibt die Produktvarianten vor allem aus Sicht des Kunden bzw. Vertriebs und der Produktion. Die dazugehörigen Dokumente sind u. a. die Verkaufskataloge, der Produktkonfigurator und die Kundenbestellung selber.*

*Auf der Produkt-Ebene ist zum einen die Erstellung der Produktionspläne und -programme angesiedelt, zum anderen wird hier auch das Produkt definiert bzw. vom Kunden konfiguriert.*

*Im Folgenden werden nur PPS-Funktionen behandelt, die der Produkt-Ebene zuzuordnen sind.*

# Abbildungsebenen und PPS-Funktionen



# Gliederung des Vortrags

---

*1. Die Variantenexplosion in der Automobilindustrie – Einführende Bemerkungen zur Produktionsprogrammplanung im Automobilbau*

*2. Die ideale Produktdefinition und deren Bedeutung für die Produktionsprogrammplanung und -steuerung*

*3. Die Umsetzung der idealen Produktdefinition für Fahrzeuge (PKW)*

*4. Erstellung von Produktionsplänen und Produktionsprogrammen für Fahrzeuge - und Aggregate*

*5. Kurze Zusammenfassung*



# Variantenvielfalt und Produktionsplanung/-steuerung

---

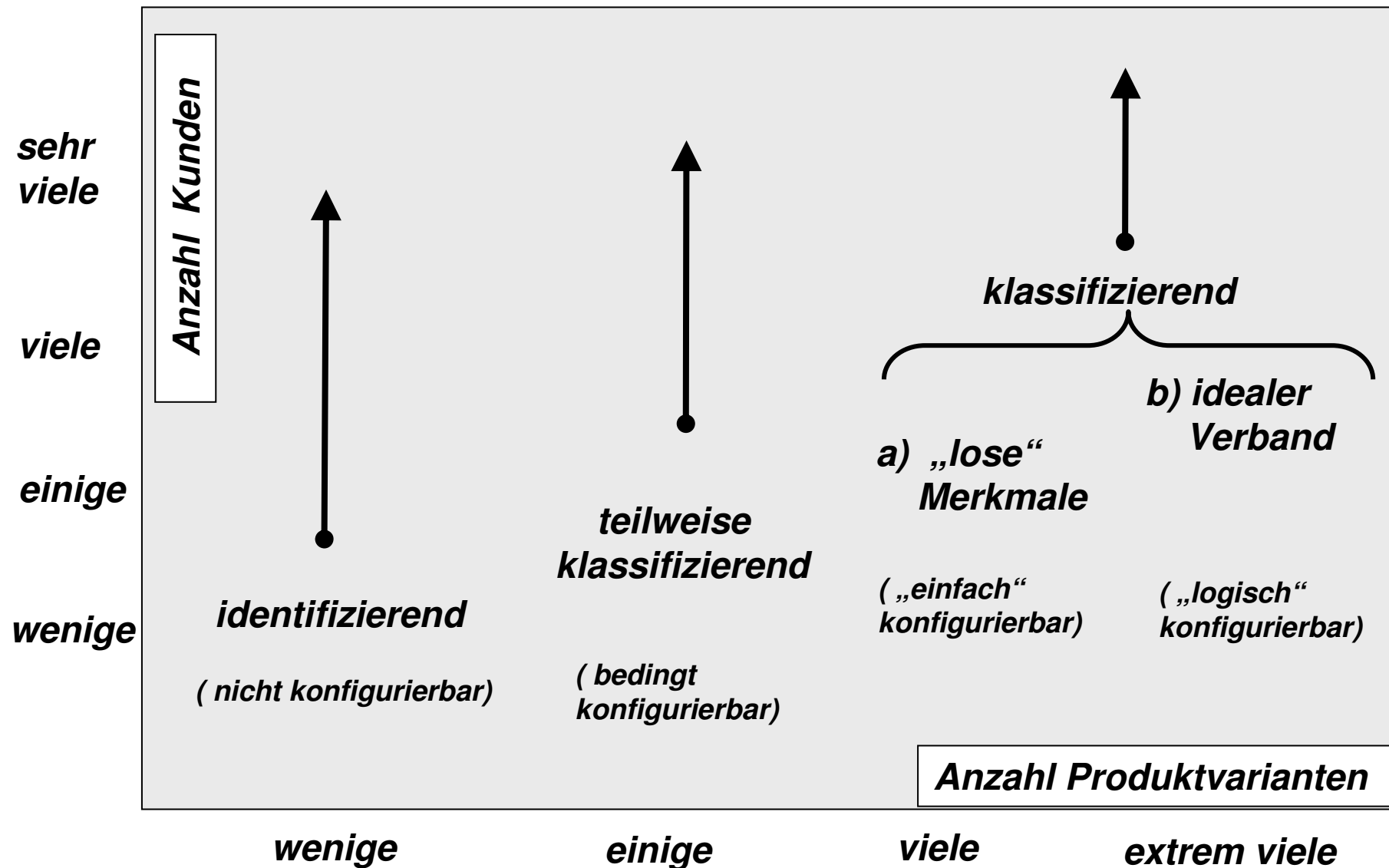
*Nicht nur im Automobilbau hat in den letzten Jahrzehnten die Variantenvielfalt bei gleichzeitiger Massenfertigung nach individuellem Kundenauftrag zugenommen. Jeder Kunde - dies kann auch ein Händler sein - kann sein Fahrzeug selber konfigurieren. Deshalb gleichen sich zwei Kundenbestellungen nur äußerst selten <sup>4)</sup>. Die Anzahl der theoretischen Fahrzeugvarianten erreicht leicht eine Quintillionen. Daraus ergibt sich die Frage:*

***Wie kann ein Hersteller bei einer Quintillionen Erzeugnisvarianten seine Produktion planen und steuern ?***

*Überraschenderweise liegt ein Lösungsansatz in der Verschlüsselung bzw. Produktdefinition von Fahrzeugen, die deshalb näher betrachtet werden soll. In Abhängigkeit von der Anzahl der Kunden und der Produktvarianten sollte eine geeignete Verschlüsselung gewählt werden. Aufgrund der Variantenvielfalt im Automobilbau, der Produktionszahlen und Kundenanzahl kommt hier vor allem die Produktdefinition in Form eines idealen booleschen Verbandes in Betracht. Dennoch kommt in der Praxis die Verschlüsselung nur mit „losen“ Merkmalen häufig vor.*

*Ein weiterer Lösungsansatz liegt in einer geeigneten Definition der Produktions- und Versandstruktur der Automobilfertigung, die hier aber nicht weiter betrachtet wird, Diese kann aber in <sup>2)</sup> nachgelesen werden.*

# Verschlüsselung von Produkten/-varianten



# Die Produktdefinition mit Merkmalen oder Optionen

---

*Vor allem bei technischen Gebrauchsgüter können die Kunden bei immer mehr Artikelgruppen ihr Produkt aus einer Anzahl von „Merkmalen“ zusammenstellen, die bspw. die unterschiedlichen technischen Funktionen und Ausstattungen, das Material und die Farbe, die Größe usw. des Produktes beschreiben. Damit setzt sich die Produktdefinition aus einer Anzahl von mehr oder weniger kombinierbaren Merkmalen zusammen. Die Merkmale sind einzeln beschrieben, aber ihre Kombination wird individuell durch den Kunden – unter Beachtung bestimmter Regeln – festgelegt. Daher spricht man auch von einer „Produktkonfiguration“ durch den Kunden. Die Konfiguration eines komplexen, technischen Produktes kann sehr umfangreich, kompliziert und aufwändig sein. Deshalb gibt es bei vielen Herstellern inzwischen „Produkt-Konfiguratoren“, die den Kunden bei seiner Konfiguration unterstützen.*

*Merkmale können „lose“ miteinander kombiniert werden, wenn keine besonderen Beziehungen zwischen die Merkmalen vorgegeben bzw. vordefiniert sind.*

*Die Merkmale können aber auch in einer bestimmten, vorgegebenen Beziehung zueinander stehen. Wenn sie eine sog. „Boolesche Algebra“ (B.A.) bilden, dann bestehen zwischen den Merkmalen bestimmte „logische“ Abhängigkeiten, die durch die B.A. vorgegeben sind. Um diesen Unterschied in der Produktdefinition deutlich zu machen, werden die Merkmale einer B.A. i. F. auch als „Optionen“ bezeichnet.*

# Die ideale Produktdefinition im Automobilbau

---

*Um von einer idealen Produktdefinition zu sprechen, müssen die Anforderungen an eine ideale boolesche Algebra erfüllt sein.*

*„Eine normale Menge, in der alle Untermengen normal eingebettet sind, die die oberen Grenzen aller ihrer endlichen Untermengen enthält, heißt Ideal. Zu einem Ideal  $I$  gehört immer auch ein Filter. Filter heißt eine zu einem Ideal duale Menge. Genauer:*

*Die Menge  $\mathcal{F}$  ist ein Filter, wenn  $I = \neg\mathcal{F}$  bzw.  $\rightarrow \mathcal{F} = \neg I$  <sup>6)</sup>“.*

*Filter und Ideal ergänzen sich also komplementär.*

*Für die algebraische Produktdefinition mit Optionen bedeutet dies, dass die Menge aller betrachteten Produktvarianten dann eine ideale Algebra bildet, wenn alle ihre Optionen darin normal eingebettet sind und alle oberen Grenzen enthalten:*

*Alle Optionen, aus denen das Produkt  $p$  besteht, sind bekannt, es fehlen keine Optionen und es existieren keine darüber hinaus. Es gibt keine Option, die zugleich auch zu einem anderen, als dem betrachteten Produkt gehört.*

*Jede Option ist nach oben (durch eine obere Menge) begrenzt, wobei das Produkt selber das Hauptideal bildet. Die Zusatz-Optionen bilden die elementaren Mengen ab, die man deshalb auch als die Atome der idealen Produktdefinition bezeichnen kann.*

# Das Fahrzeug als Menge einer idealen Algebra

---

**Ein einzelnes Produkt  $p$  gehört zur Produktmenge  $\mathcal{P}$  bzw. ist ein Element dieser Menge, wenn es die Eigenschaften dieser Menge besitzt. Es ist zudem Element einer Untermenge, z. B. der Aggregatefamilie  $\mathcal{AF}(\cdot)$ , wenn es auch die Eigenschaft  $a$  der Menge  $\mathcal{AF}(\cdot)$  besitzt usw.. Eine Halbordnung der Produktmenge  $\mathcal{P}$  kann folgendermaßen beschrieben werden (s. Grafik folgende Folie):**

$$p \in \mathcal{P} ; a \in \mathcal{AF}(\cdot), b \in \mathcal{BO}(\cdot)(\cdot), o \in \mathcal{OF}(\cdot), z \in \mathcal{ZO}(\cdot)(\cdot)$$

**Ein einzelnes Produkt  $p$  wird somit durch die Angabe der Eigenschaften aus jeder der genannten Untermengen bestimmt. Jede unterschiedliche Kombination dieser Eigenschaften ergibt dann jeweils ein von den anderen unterschiedenes Produkt.**

**Die Produktmenge  $\mathcal{P}$  wird in der Form in mehreren Aggregatefamilien  $\mathcal{AF}(\cdot)$  zerlegt, dass diese jeweils mit der Produktmenge  $\mathcal{P}$  identisch sind:**

$$\mathcal{P} = \{ \mathcal{AF}(1) \} ; \dots ; \{ \mathcal{AF}(n) \}.$$

**Auch die Vereinigung aller Aggregatefamilien entspricht damit genau der Produktmenge**

$$\mathcal{AF}(i) \cup \mathcal{AF}(\text{alle } \neq i) = \mathcal{P}$$

# Halbordnung der Produktmenge $\mathcal{P}$

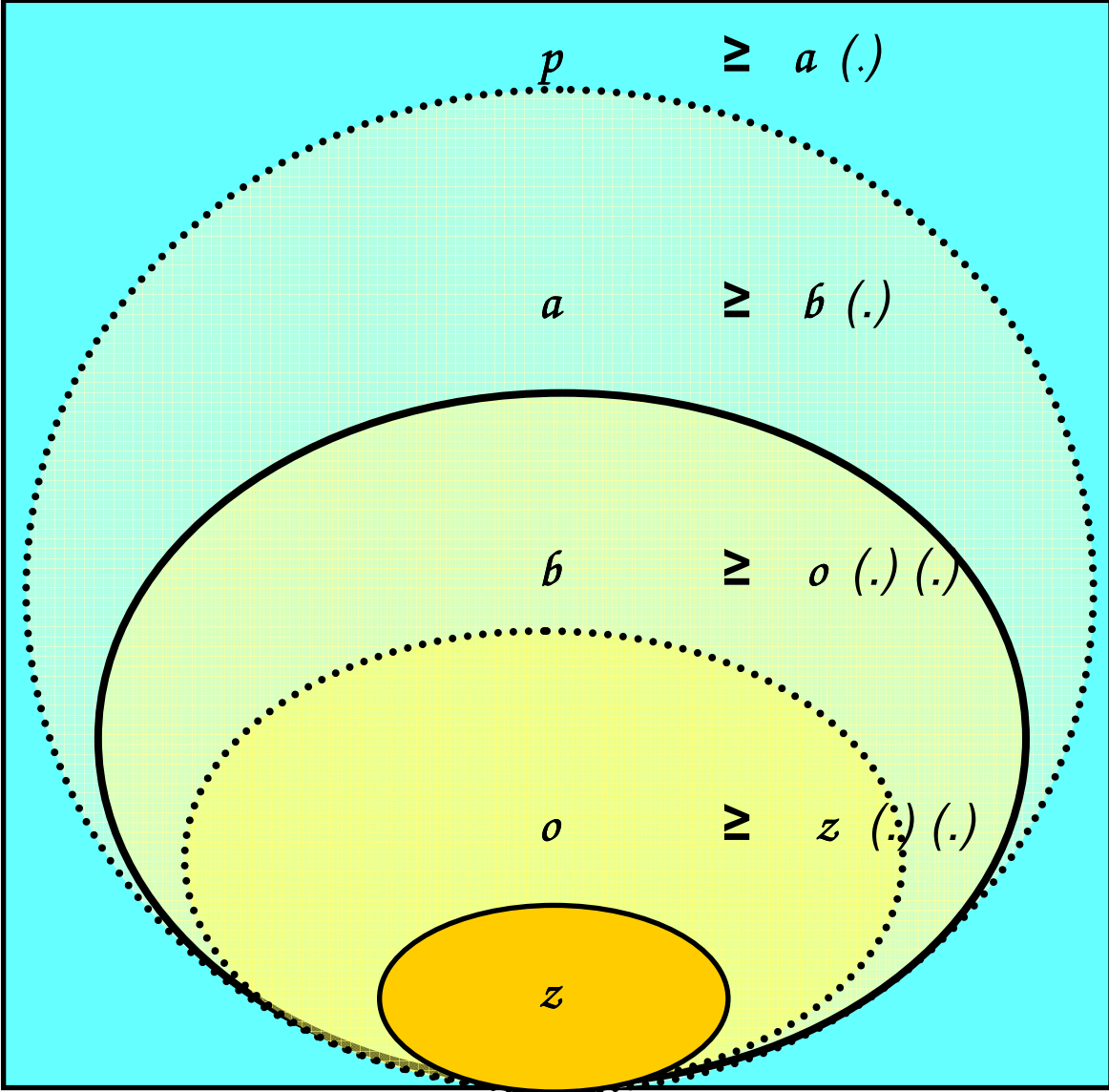
**Produktmenge**  
 $p \in \mathcal{P}$

**Aggregatefamilien**  
 $a(.) \in \mathcal{AF}(.)$

**Basis-Option**  
 $b(.) \in \mathcal{BO}(.)(.)$

**Optionsfamilien**  
 $o(.) \in \mathcal{OF}(.)$

**Zusatz-Option**  
 $z(.)(.) \in \mathcal{ZO}(.)(.)$



# Die Zerlegung in Aggregatefamilien und Basis-Optionen

---

**Jede Aggregatefamilie kann in paarweise disjunkte Untermengen, die Aggregategruppen ( $\mathcal{A}_G$ ), zerlegt werden, die darin ideal eingebettet sind. Diese können ihrerseits in paarweise disjunkte Untermengen, die Aggregateuntergruppen ( $\mathcal{U}_G$ ) zerlegt werden. Diese ideale Zerlegung wird solange fortgesetzt, bis man zu den Basisoptionen ( $\mathcal{B}_O$ ) gelangt. Dies bedeutet, dass aus jeder Aggregatefamilie jeweils nur genau eine Basisoption angegeben werden kann.**

$$\mathcal{A}_F(.) = (\mathcal{A}_G(1), \dots, \mathcal{A}_G(t))$$

$$\mathcal{A}_G(.) = (\mathcal{U}_G(1), \dots, \mathcal{U}_G(g))$$

$$\mathcal{U}_G(.) = (\mathcal{B}_O(1), \dots, \mathcal{B}_O(b))$$

**Die Schnittmengen aller Aggregatgruppen einer Aggregatefamilie ist immer die leere Menge ( $\emptyset$ ), und die Vereinigungsmenge aller Aggregatgruppen muss wieder die Aggregatefamilie selber ergeben. Dieser Zusammenhang gilt entsprechend für die Aggregateuntergruppen etc. bis zu den Basisoptionen:**

$$\mathcal{A}_G(.) (g) \cap \mathcal{A}_G(.) (\text{alle } \neq g) = \emptyset$$

$$\mathcal{A}_G(.) (g) \cup \mathcal{A}_G(.) (\text{alle } \neq g) = \mathcal{A}_F(.)$$

$$\mathcal{U}_G(.) (u) \cap \mathcal{U}_G(.) (\text{alle } \neq u) = \emptyset$$

$$\mathcal{U}_G(.) (u) \cup \mathcal{U}_G(.) (\text{alle } \neq u) = \mathcal{A}_G(.)$$

$$\mathcal{B}_O(.) (b) \cap \mathcal{B}_O(.) (.) (\text{alle } \neq b) = \emptyset$$

$$\mathcal{B}_O(.) (b) \cup \mathcal{B}_O(.) (.) (\text{alle } \neq b) = \mathcal{A}_F(.)$$

# Die Zerlegung in Optionsfamilien und Zusatz-Optionen

---

*In analoger Weise werden die Basis-Optionen durch Optionsfamilien unterteilt, die in Untergruppen usw. letztlich bis zu den Zusatz-Optionen zerlegt werden, den atomaren Eigenschaften eines Produktes. Dies kann folgendermaßen formuliert werden:*

$$\mathcal{BO} = \{ \mathcal{OF}(1) \} ; \dots ; \{ \mathcal{OF}(n) \}.$$

$$\mathcal{OF}..(i) \cup \mathcal{OF}..(.) \text{ (alle } \neq i) = \mathcal{BO}..(.)$$

$$\mathcal{OF}..(.) = ( \mathcal{OG}..(.) (1), \dots, \mathcal{OG}..(.) (c) )$$

$$\mathcal{OG}..(.) (c) = ( \mathcal{ZO}..(.) (1), \dots, \mathcal{ZO}..(.) (z) )$$

$$\mathcal{OG}..(.) (c) \cap \mathcal{OG}..(.) \text{ (alle } \neq c) = \emptyset$$

$$\mathcal{OG}..(.) (c) \cup \mathcal{OG}..(.) \text{ (alle } \neq c) = \mathcal{OF}..(.)$$

$$\mathcal{OG}..(.) (c) = \mathcal{C}(\mathcal{OG}..(.) (c))$$

$$\mathcal{ZO}..(.) (z) \cap \mathcal{ZO}..(.) \text{ (alle } \neq z) = \emptyset$$

$$\mathcal{ZO}..(.) (z) \cup \mathcal{ZO}..(.) \text{ (alle } \neq z) = \mathcal{OG}..(.) (c)$$

$$\mathcal{ZO}..(.) (z) = \mathcal{C}(\mathcal{ZO}..(.) (z))$$



# Definition eines einzelnen Produktes bzw. Fahrzeug

---

*Ein Fahrzeug (Produkt) und seine Varianten (Produktvarianten) werden somit durch eine „zweistufige“ Definitionsschema abgebildet, das den Anforderungen einer idealen boolesche Algebra entspricht.*

$$p(i) = \{ b_0(1) \dots b_0(n) ; z_0(1) \dots z_0(m) \}$$

*Auf der 1. Stufe wird das Produkt in  $n$  Aggregatefamilien zerlegt, aus denen jeweils genau eine sog. „Basis-Option“ ausgewählt wird. Basis-Optionen einer Aggregatefamilie schließen sich gegenseitig paarweise aus. Die Kombinationen der Basis-Optionen bilden dann die „Modellvarianten“.*

*Auf der 2. Stufe werden die Basis-Optionen in  $m$  Optionsfamilien zerlegt, aus denen jeweils genau eine sog. „Zusatz-Optionen“ ausgewählt wird. Zusatz-Optionen einer Optionsfamilie schließen sich gegenseitig paarweise aus. Die Kombinationen der Zusatz-Optionen bilden dann die Ausstattungsvarianten*

*Bei einem solchen Definitionsschema besteht die Produktdefinition eines einzelnen Produktes dann aus  $n$  Basisoptionen und  $m$  Zusatzoptionen.*

# Hauptideal, Supremum und Infimum

---

*Als Supremum bezeichnet man die kleinste der größten oberen Mengen einer Algebra, als Infimum die größte der kleinsten unteren Mengen einer Algebra. Die Produktmenge  $\mathcal{P}$  bildet das Hauptideal der hier betrachteten Algebra. Bei der Unterteilung der Produktmenge aller Fahrzeuge  $\mathcal{P}$  in Aggregatefamilien, entspricht sowohl das Supremum und als auch das Infimum der Basis-Optionen  $\mathcal{BO}(\cdot)$  jeder Aggregatefamilie genau dieser Produktmenge. Dadurch wird die Konsistenz der Mengen gewährleistet, die für die Programmplanung und verwendeten Verfahren von großer Bedeutung ist.*

$$\text{Sup-}\mathcal{AF} = \bigvee_{i=1}^n \mathcal{AF}(i) \rightarrow \mathcal{P}$$

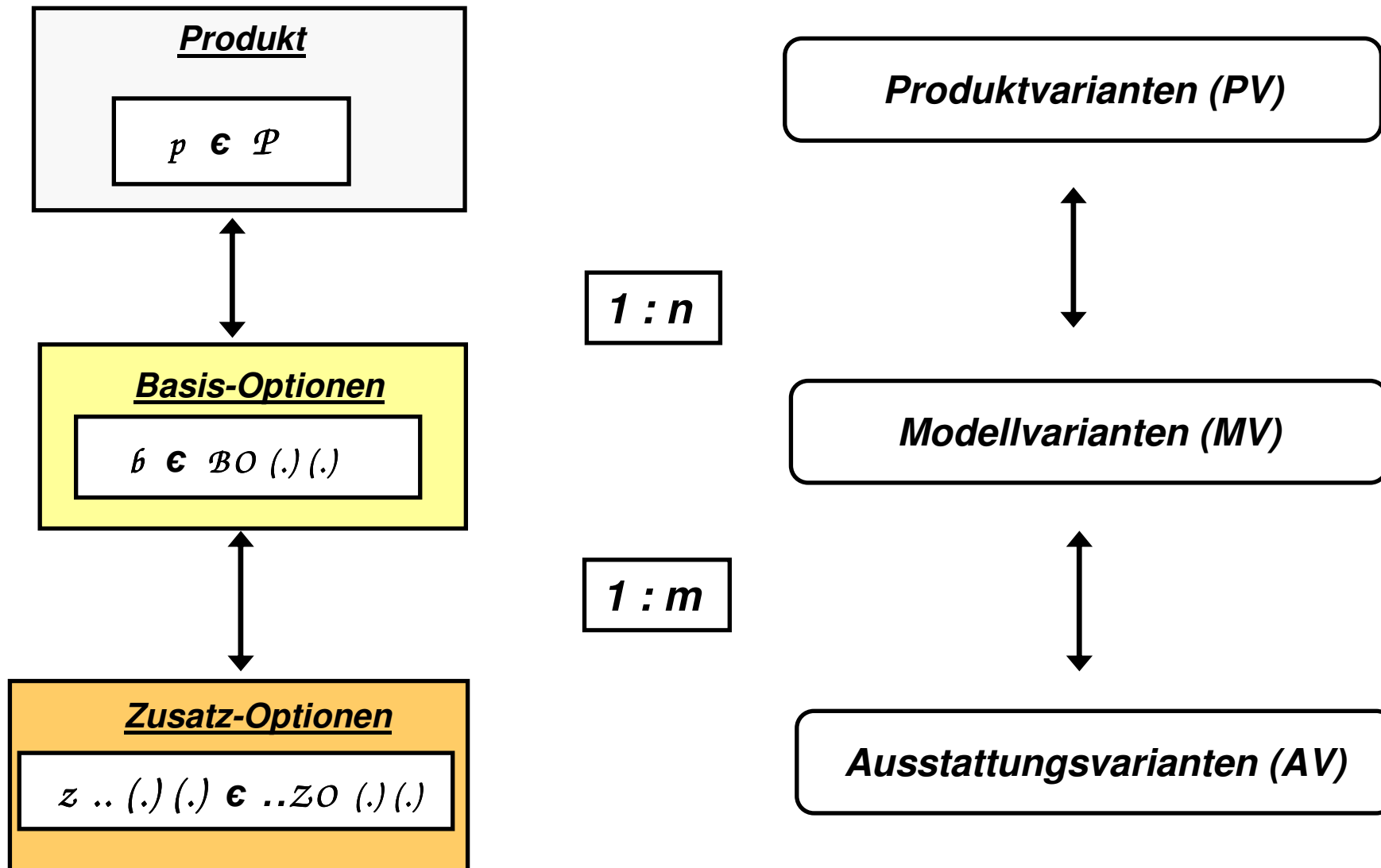
*(i): Index für Aggregatefamilien*

$$\text{Inf-}\mathcal{AF} = \bigwedge_{i=1}^n \mathcal{AF}(i) \rightarrow \mathcal{P}$$

*(i): Index für Aggregatefamilien*

*Der gleiche Zusammenhang gilt auch für die Unterteilung eine Basis-Option  $\mathcal{BO}$  in die Optionsfamilien  $\mathcal{OF}(\cdot)$ . Die Basis-Option bildet ein Ideal für die Optionsfamilien, die jeweils in Zusatz-Optionen  $\mathcal{ZO}(\cdot)$  aufgeteilt werden. Das Supremum und das Infimum der Optionsfamilien  $\mathcal{OF}(\cdot)$  entspricht genau der Menge der jeweiligen Basis-Option. Dieser Zusammenhang stellt die Konsistenz der Mengen sicher und kann für die Produktionsprogrammplanung entsprechend ausgenutzt werden.*

# Produkt-, Modell- und Ausstattungsvarianten



# Bestimmung der Anzahl von Produktvarianten

---

*Wie viele Fahrzeugvarianten können aus den folgenden Merkmalen (Optionen) gebildet werden ? ( vgl. 5) )*

*3 Aggregatefamilien á 50 Varianten (Optionen)*

*50 Ausstattungsfamilien á 4 Varianten (Optionen)*

*Hilfsrechnung:*

$$4^5 = 1024 \sim 10^3$$

*Ausstattungsvarianten*

$$4^{50} \sim 10^{30}$$

*Modellvarianten*

$$50^3 = 12500 \sim 10^4$$

*Gesamtanzahl an Produktvarianten*

$$\sim 10^{34}$$

# Gliederung des Vortrags

---

*1. Die Variantenexplosion in der Automobilindustrie – Einführende Bemerkungen zur Produktionsprogrammplanung im Automobilbau*

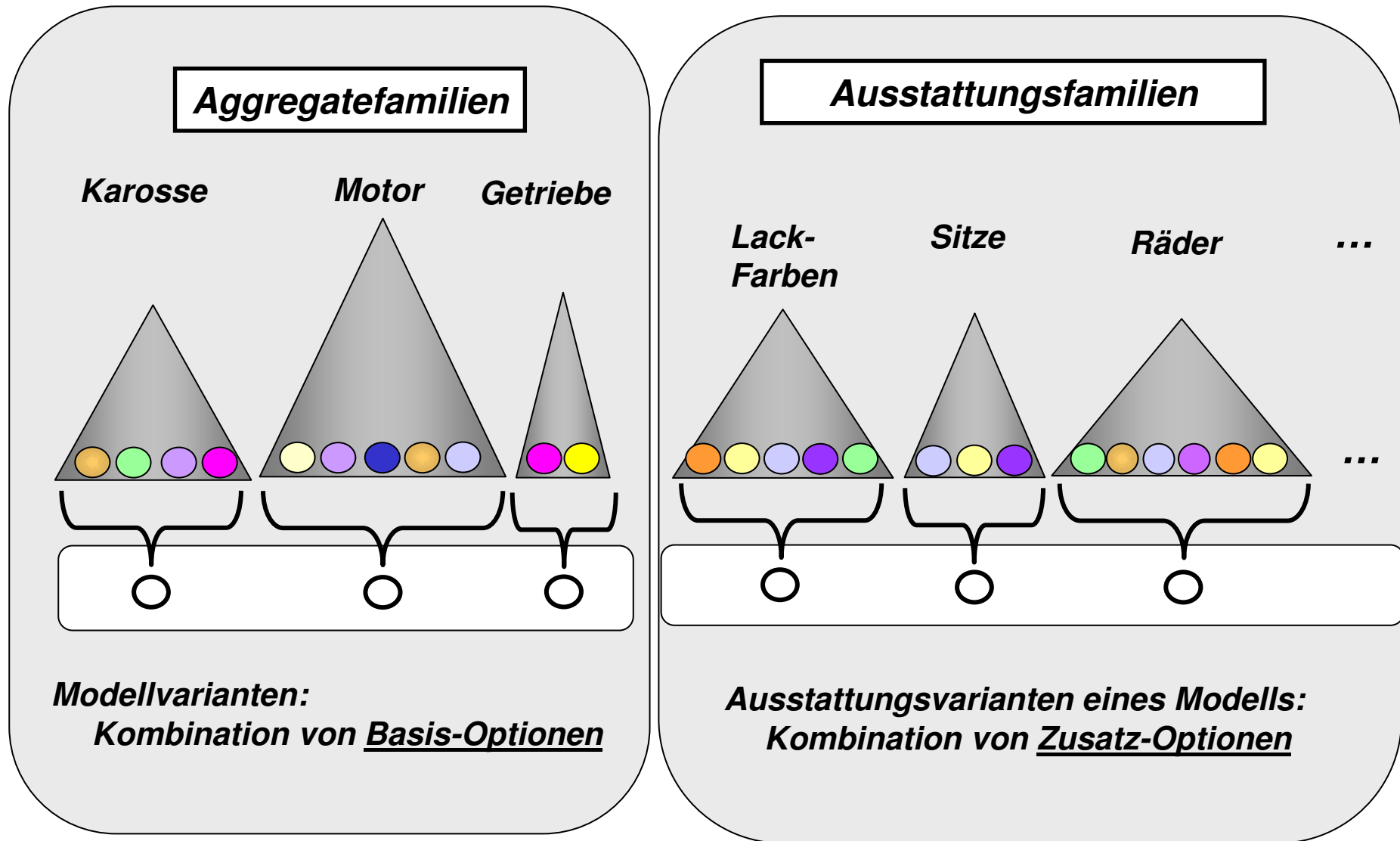
*2. Die ideale Produktdefinition und deren Bedeutung für die Produktionsprogrammplanung und -steuerung*

*3. Die Umsetzung der idealen Produktdefinition für Fahrzeuge (PKW)*

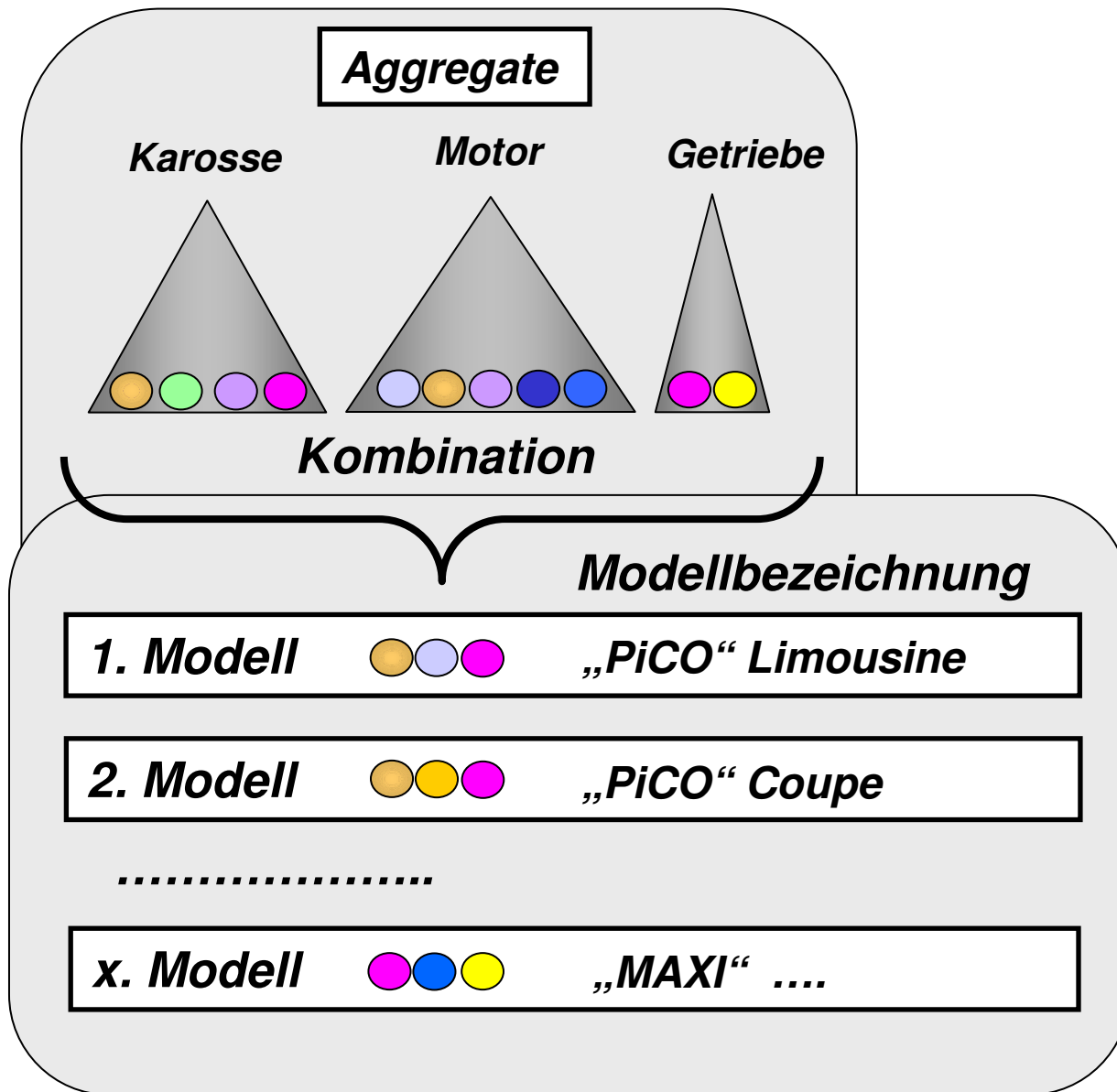
*4. Erstellung von Produktionsplänen und Produktionsprogrammen für Fahrzeuge - und Aggregate*

*5. Kurze Zusammenfassung*

# Umsetzung der idealen Produktdefinition für PKW's



# Modellbildung durch Basis-Optionen



**Modellbildung durch Kombination der Basis-Optionen aus den unterschiedlichen Aggregatefamilien**

# Kundenbestellung und Produktdefinition

---

***Bei einer individuelle Bestellung erfolgt die Optionsauswahl stufenweise. Zuerst wählt der Kunde ein bestimmtes Modell (Basis-Optionen) aus, wodurch die grundlegenden Eigenschaften des Produktes festgelegt sind (Bsp.: Karosserie, Motor, Getriebe). Danach wählt der Kunde die Ausstattungslinie aus. Dadurch ist die Serien-Ausstattung und der Preis des Modells fixiert. Danach wählt der Kunde individuell „seine“ Ausstattungen aus den verschiedenen Ausstattungsumfängen aus, die damit die Serien-Ausstattung ersetzen. Dies ist i. d. R. mit einer zusätzlichen Mehrpreis verbunden.***

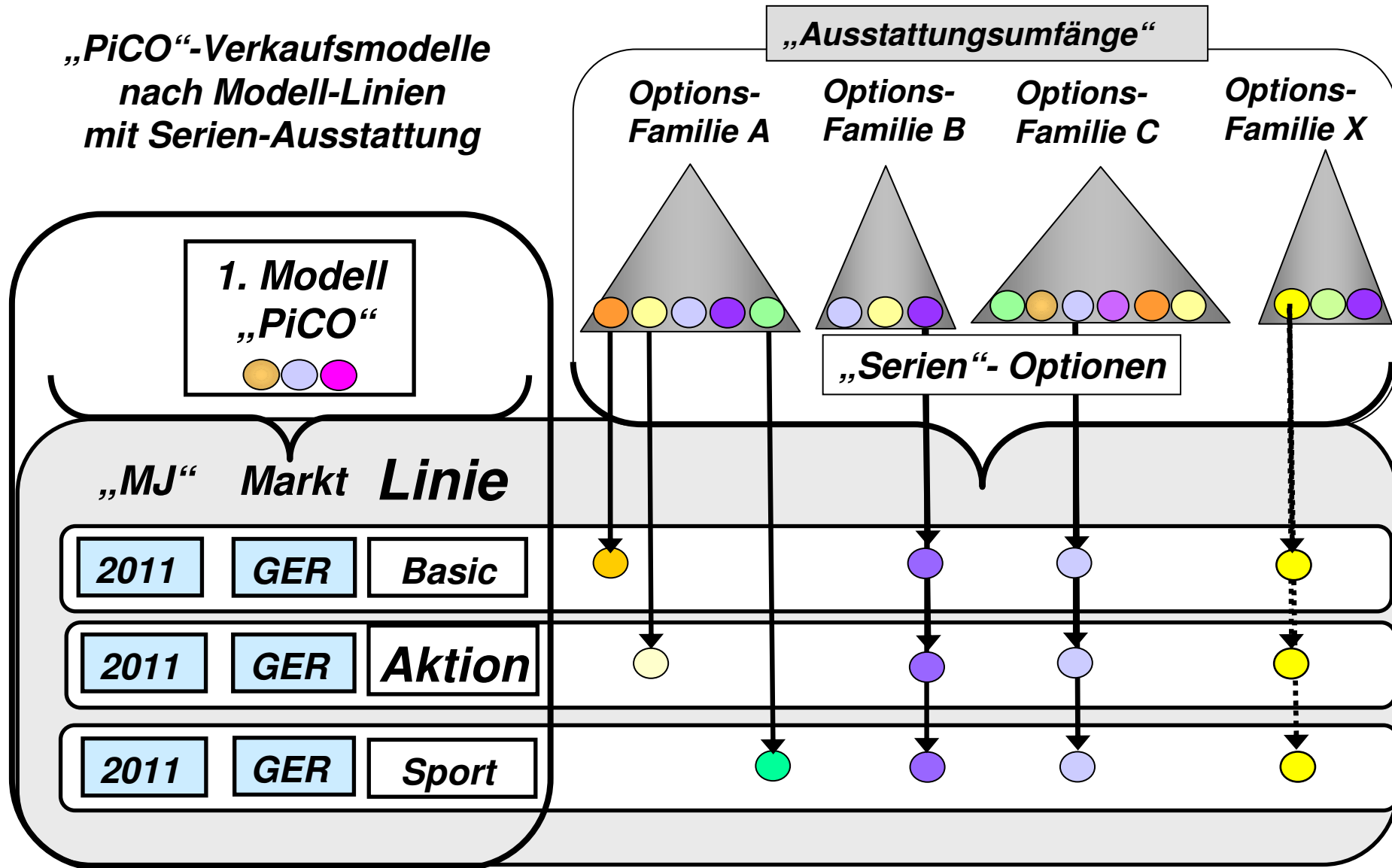
***Der Kunde darf jedoch nicht in jeder Optionsfamilie die Zusatz-Option austauschen. Dies hängt zum einen damit zusammen, dass es bspw. gesetzliche Vorschriften gibt, die eine bestimmte Ausstattungen verlangen (z. B. Abgasanlage, Sicherheitsgurte ) und damit keine Auswahl zulassen. Zum anderen werden einige Optionen durch andere Ausstattungen erzwungen und können nicht direkt vom Kunden gewählt werden. So wird z. B. die Batteriegröße durch die Anzahl der elektrischen Verbraucher bestimmt, die Stärke der Federbeine wird durch das Fahrzeuggewicht determiniert.***

***Die individuelle Kundenbestellung ist bei der idealen Produktdefinition – nachdem das Modell ausgewählt wurde – somit nur noch ein Austauschen von Serien-Optionen durch die vom Kunden gewählten Zusatz-Optionen.***

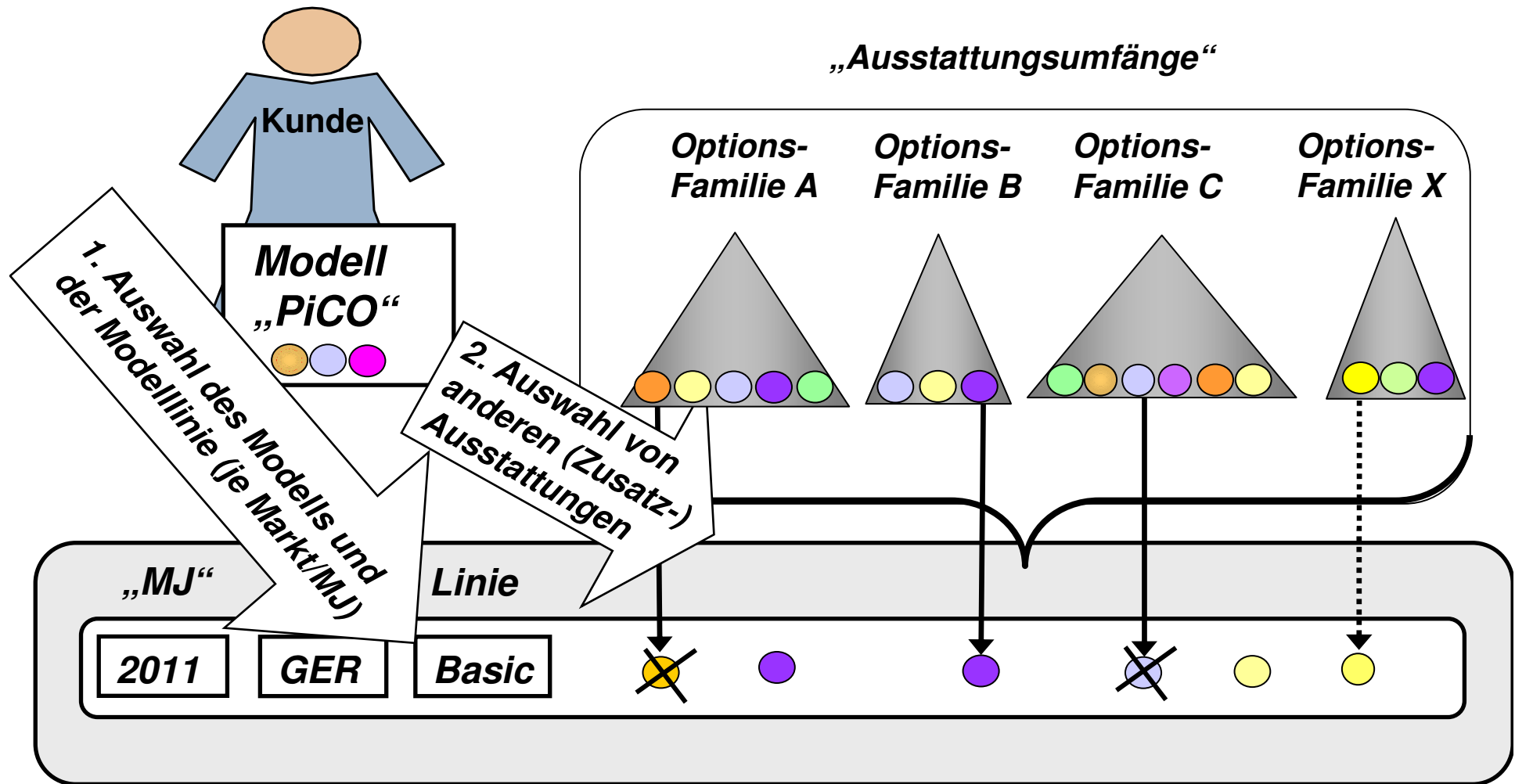


# Definition von Verkaufsmodellen

„PiCO“-Verkaufsmodelle  
nach Modell-Linien  
mit Serien-Ausstattung



# Kundenbestellung und individuelle Ausstattungsauswahl



# Die Ausweitung Untermengen bei Variantenvielfalt

---

*Bei einer hohen Variantenvielfalt ist es sinnvoll, die Basis-Optionen zu Mengen zusammenzufassen, die dieselben Eigenschaften besitzen.*

*Aus Sicht der Basis-Optionen handelt es sich um eine neue Obermenge, aus Sicht des Produktes handelt es sich um eine weitere Untermengen einer Aggregatefamilie.*

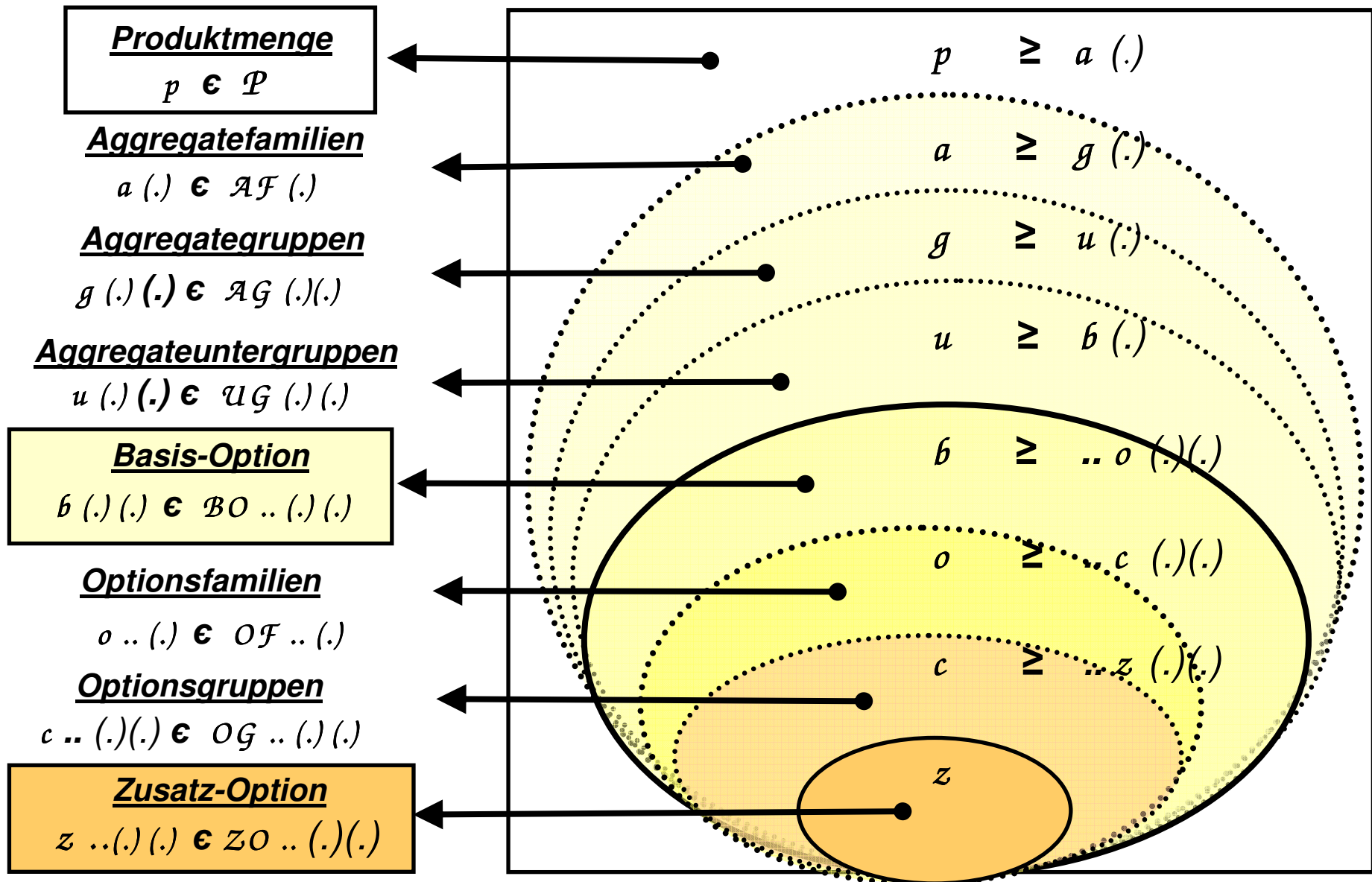
*Aufgrund der Eigenschaften der idealen Algebra schließen sich auch diese Unter- bzw. Obermengen wiederum gegenseitig aus.*

*So können ähnliche Basis-Optionen (z. B. die Karossen von Golf, Golf-Variant und Jetta) als eine eigene Untermenge beschrieben werden.*

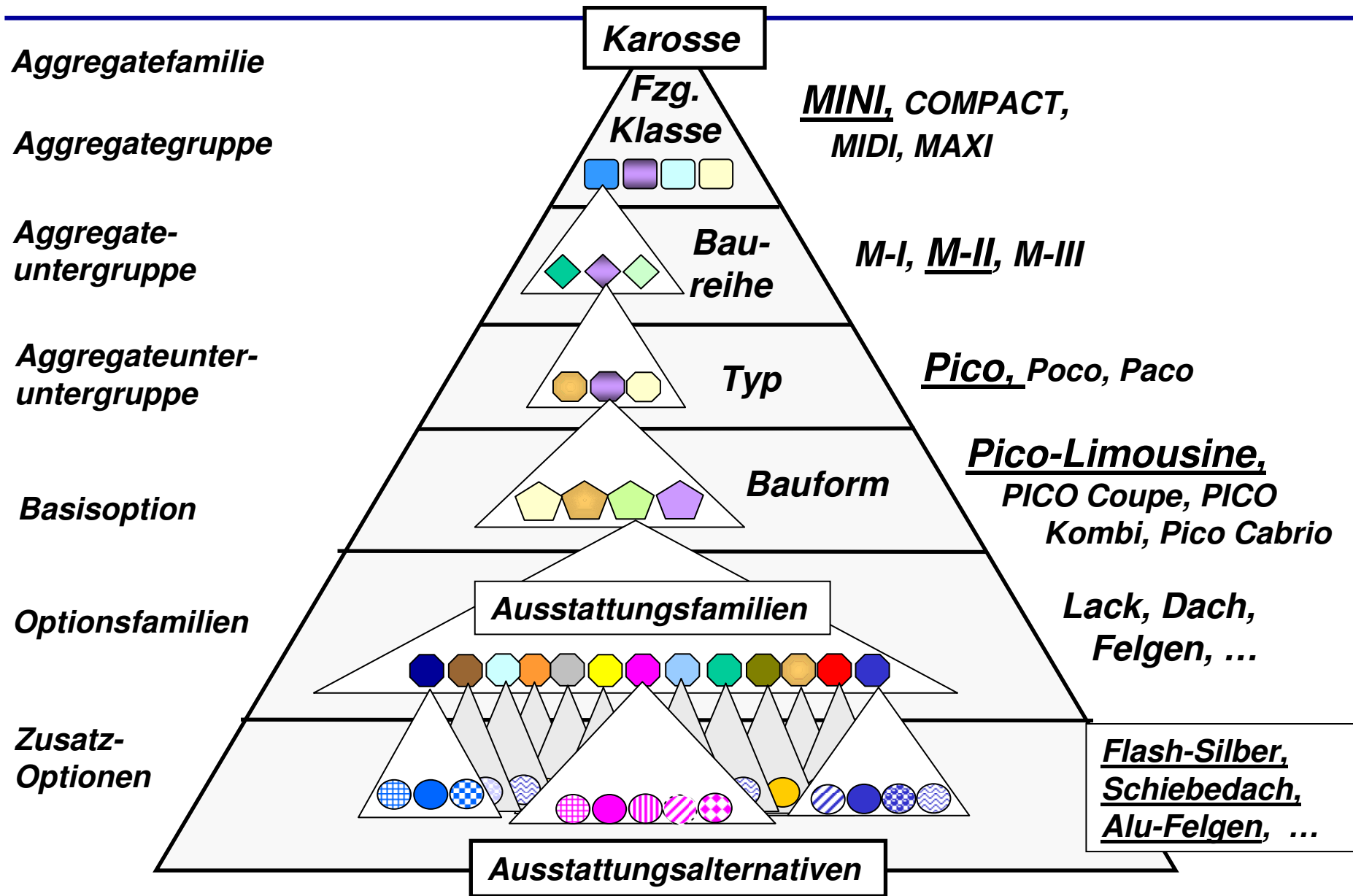
*Dadurch kann nicht nur die Produktbeschreibung überschaubarer gestaltet werden, sondern auch die Produktionsplanung wesentlich erleichtert werden. Dies gilt bspw. für die Beschreibung von Regeln, die sich dann auf solche Untermengen beziehen.*

*Einem solchem weiter differenzierteren Definitionsschema können vom Hersteller geläufige Bezeichnungen zugeordnet werden (s. die nächsten Folien), die für den Anwendern verständlicher sind und „mehr“ sagen, als reine (Options-)Nummer.*

# Differenzierte Produktmenge / Halbordnung



# Umsetzung der idealen Algebra



# Gliederung des Vortrags

---

1. *Die Variantenexplosion in der Automobilindustrie – Einführende Bemerkungen zur Produktionsprogrammplanung im Automobilbau*

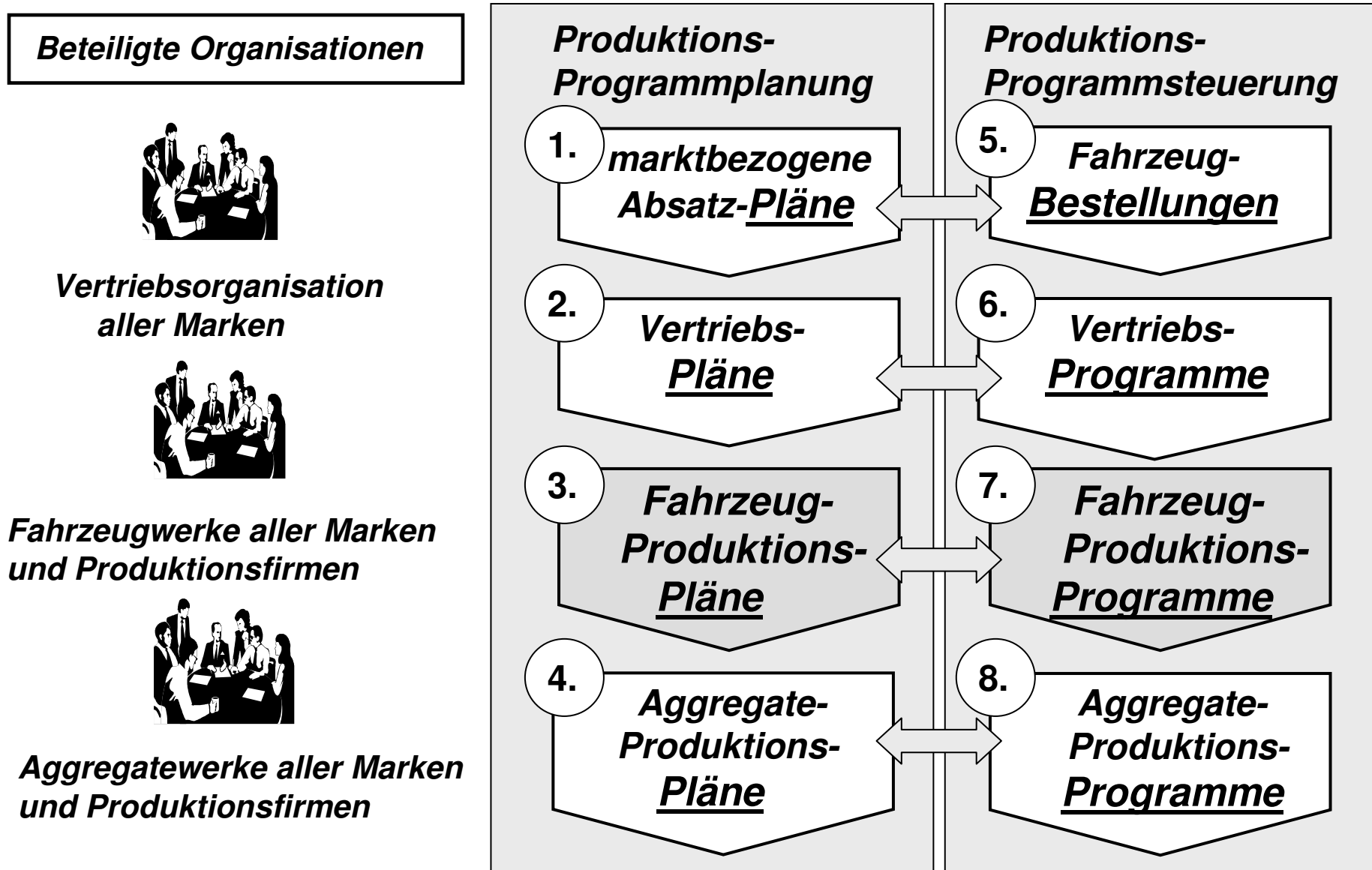
2. *Die ideale Produktdefinition und deren Bedeutung für die Produktionsprogrammplanung und -steuerung*

3. *Die Umsetzung der idealen Produktdefinition für Fahrzeuge (PKW)*

4. *Erstellung von Produktionsplänen und Produktionsprogrammen für Fahrzeuge - und Aggregate*

5. *Kurze Zusammenfassung*

# Ablauf der Produktionsprogrammplanung/-steuerung



# Unterscheidungen zwischen Plänen und Programmen

---

*In der Automobilindustrie unterscheidet man zwischen lang- bis mittelfristigen Produktionsplänen und kurzfristigen Produktionsprogrammen. Die Produktionsprogrammplanung ist ein iterativer Prozess, der von Programmgeräten gesteuert wird, die auf unterschiedlichen Konzernebenen tätig sind. Dieser Planungsprozess wird durch IT-Systemen unterstützt, jedoch werden die Programmvorgaben und Entscheidungen bei Programmkonflikten von den die Programmgeräten getroffen. Dies gilt vor allem auch für die Behandlung von Programmabweichungen.*

*Im Folgenden wird begrifflich und inhaltlich zwischen Vertriebs-/Produktions-Plan und den Vertriebs/Produktions-Programm differenziert.*

- Vertriebspläne und -programme beziehen sich auf Absatzmärkte, während die Produktionspläne und -programme sich immer auf Werke beziehen.*
- In einem Vertriebs-/Produktionsplan stehen „nur“ Produktionszahlen für Fahrzeugmodelle oder für Zusammenfassungen von Fahrzeugmodellen, z. B. für Fahrzeug-Baureihen oder -typen. In den Vertriebs-/Produktionsplänen sind daher die Produkte nicht vollständig spezifiziert, nach diesen Angaben dann deshalb kein Fahrzeug gebaut werden !*
- In einem Vertriebs-/Produktionsprogramm stehen nur tatsächlich bestellte Fahrzeuge, diese sind daher immer vollständig definiert.*



# Die Produktionsprogramme für Fahrzeug und Aggregate

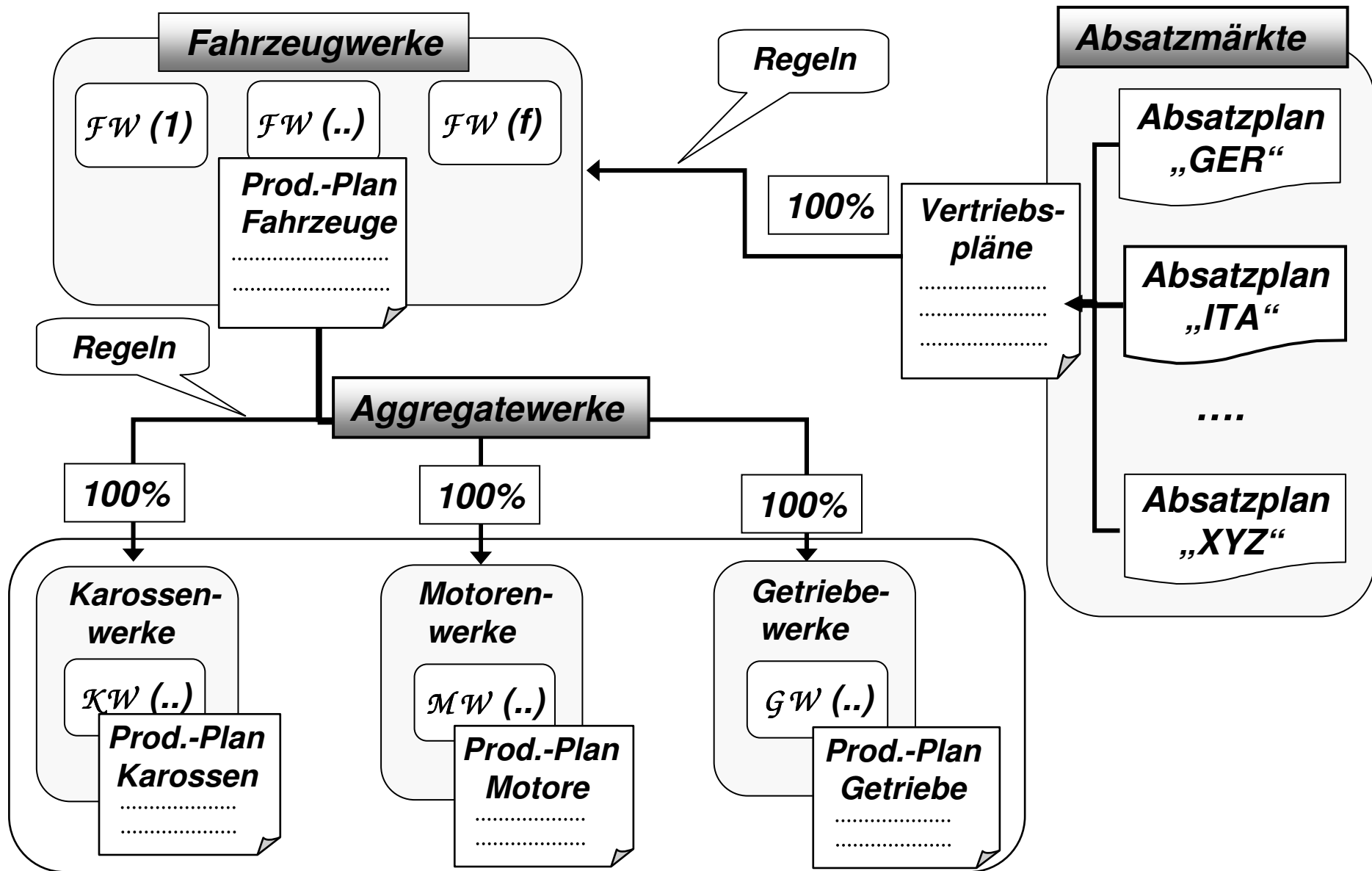
---

*Die Produktionszahlen in den Produktionsplänen beschreiben zugleich die kapazitativen Grenzen für bestimmte Produktmengen in den jeweiligen Werke, die bei der Einplanung von Kundenbestellungen in ein Produktionsprogramm berücksichtigt werden müssen: diese Obergrenzen dürfen nicht überschritten werden. Es können auch Untergrenzen beschrieben werden, die nicht unterschritten werden dürfen.*

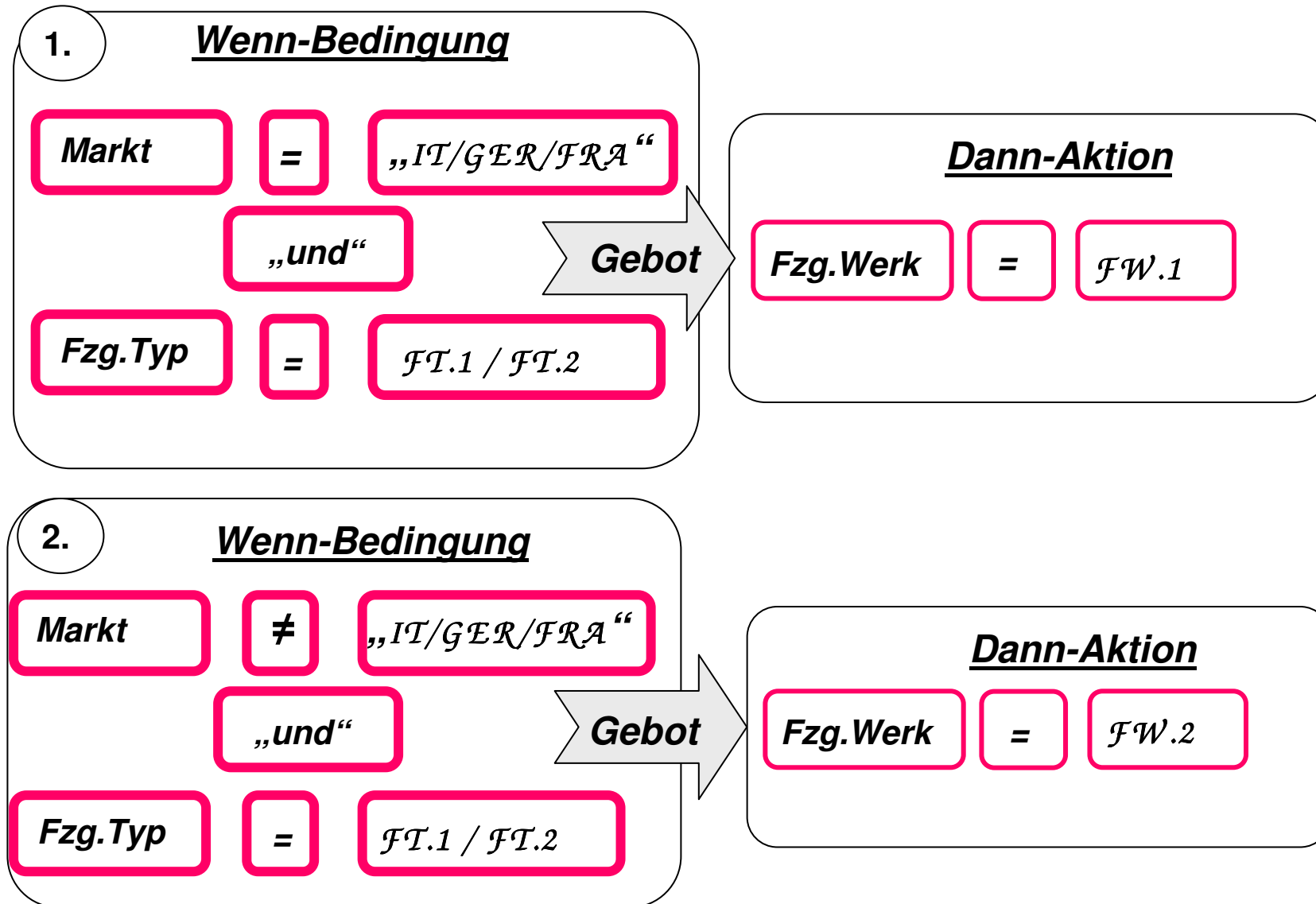
*In einem Fahrzeugprogramm stehen die vom Endkunden oder von Händlern bzw. Importeuren bestellten Fahrzeuge, die vollständig spezifiziert bzw. definiert sind. Das Fahrzeugprogramm stellt für ein Fahrzeugwerk quasi eine „Produktionsbibel“ dar, an der der gesamte Produktions- und Materialfluss nach dem Pull-Prinzip ausgerichtet wird. An diesem Programm orientieren sich alle vorgelagerten Montage- und Fertigungsprogramme für Hausteile, genauso wie die Beschaffungsprogramme für Kaufteile und die Lieferabrufe/Feinabrufe an die internen und externen Lieferanten.*

*In den Aggregateprogrammen stehen alle Aggregate, die für die Erfüllung der Fahrzeugbestellungen, die in den Fahrzeugprogrammen stehen, erforderlich sind. Die Aggregate müssen auf die Aggregatewerke, in denen sie montiert werden, verteilt werden. Diese Aggregate sind vollständig spezifiziert, so dass sie in dem jeweiligen Aggregatewerk gebaut werden können. Dies schließt nicht aus, dass eine Vervollständigung durch Nebenaggregate in einer Vormontage im Fahrzeugmontagewerk vorgenommen werden kann.*

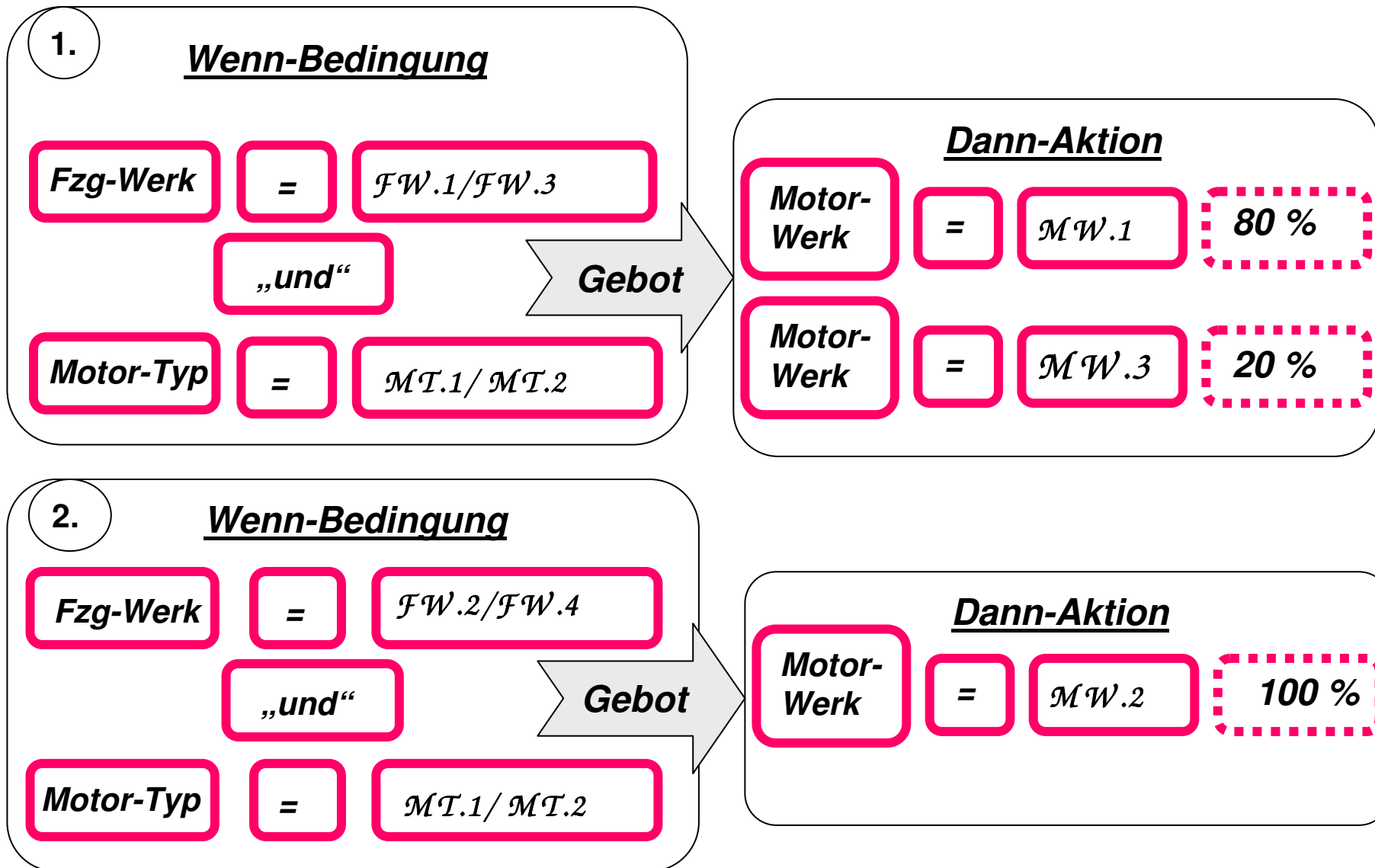
# Vom Absatzplan zum Produktionsplan



# Zuordnung: Vom Absatzmarkt zum Fahrzeugwerk



# Zuordnung: Vom Fahrzeugwerk zum Aggregatwerk



# Hierarchische Produktionsprogrammplanung

---

*Die Produktionsprogrammplanung erfolgt hierarchisch, wobei die Planungsbegriffe immer feiner, d.h. die algebraischen Mengen immer „kleiner“ und die Planungszeiträume immer kürzer werden.*

*Für die langfristige Planung reicht es aus zu wissen, welche Baureihen oder Typen wo und in welchen Stückzahlen gebaut werden sollen*

*Für den mittelfristige Planung reicht i.d.R. die Angabe der Modelle aus, bei Bedarf können aber auch Ausstattungen programmtechnisch geplant werden.*

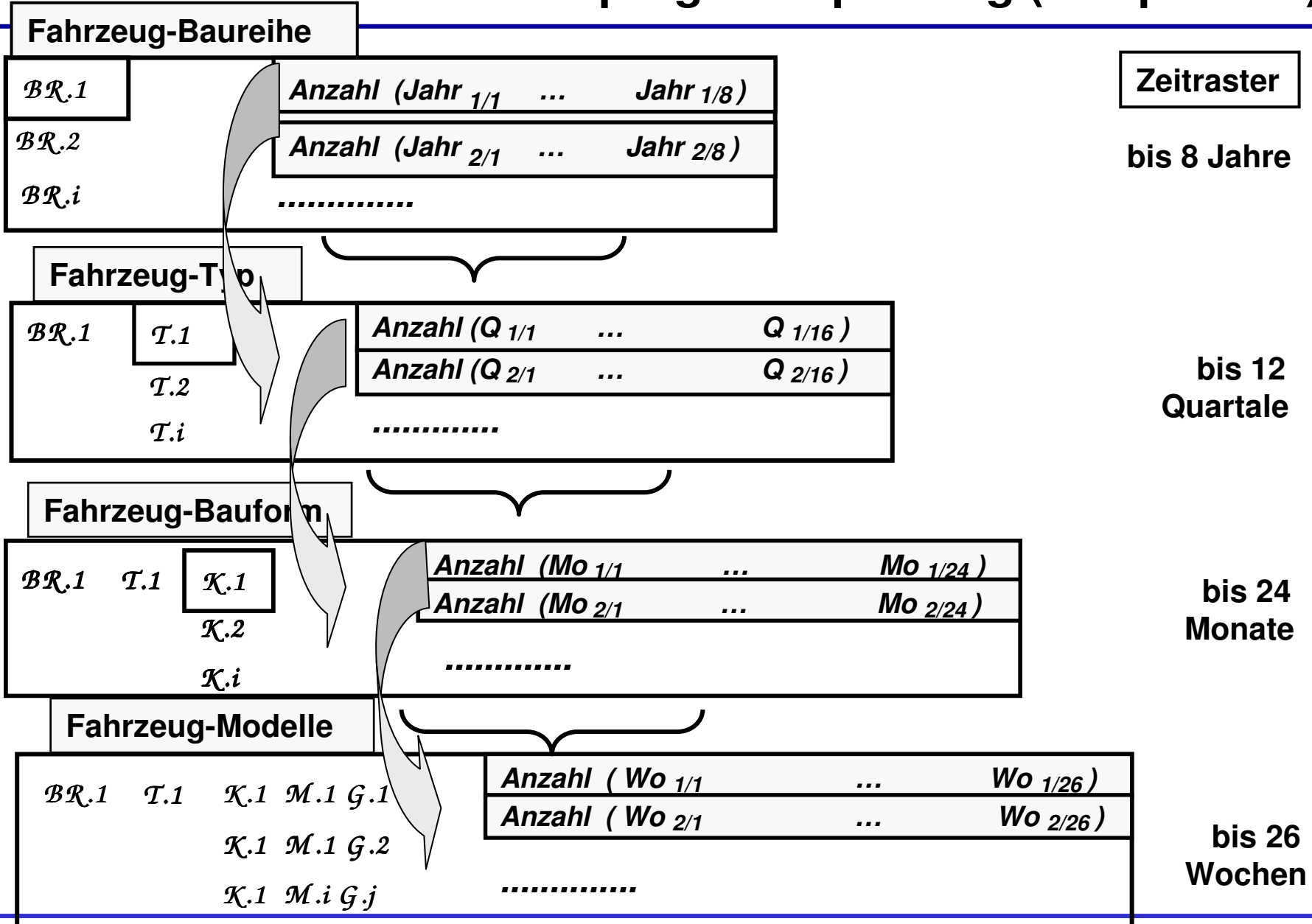
*Die Produktionspläne bilden den Kapazitätsrahmen für die*

*kurzfristigen Produktionsprogramme der Fahrzeug- und Aggregatewerke, in denen die Bestellungen der Kunden eingeplant werden. Diese bilden wiederum die Grundlage für die Erstellung der*

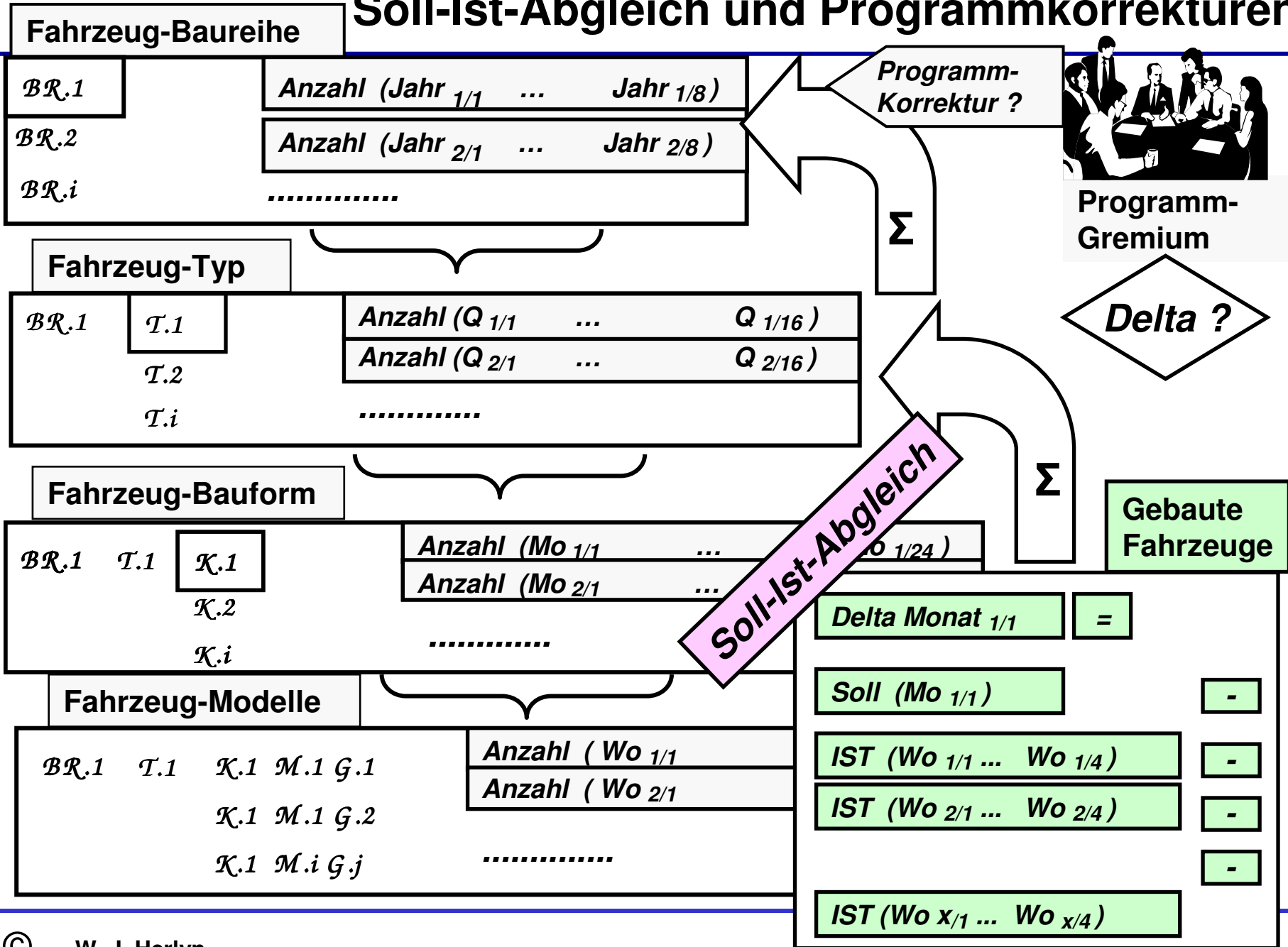
*aktuellen Programme für die Montagelinien und Fertigungsbereiche in den jeweiligen Werken, bei denen weitere spezifischen Fertigungsrestriktionen berücksichtigt werden können (dies wird hier nicht weiter behandelt).*

*Die Konsistenz der Programmplanungsstufen auf Basis der idealen Produktdefinition wird durch eine rollierenden und kumulativen Planungsmethodik unterstützt. Die Programmplanung und -steuerung erfolgt nach dem Regelkreisprinzip, wobei die Entscheidung bei der Behandlung von Abweichungen zwischen den Produktionsplänen und Produktionsprogrammen letztlich bei einem „Programmremium“ liegt.*

# Hierarchische Produktionsprogrammplanung (beispielhaft)



# Soll-Ist-Abgleich und Programmkorrekturen



# Der Ablauf der Fahrzeugprogrammerstellung

---

***Ausgangspunkt für die Erstellung von Fahrzeugprogrammen sind die tatsächlichen Kundenbestellungen aus den verschiedenen Absatzmärkten.***

***Diese werden zuerst vom zuständigen Vertrieb - in Abstimmung mit den Importeuren – zu einem Vertriebsprogrammen zusammengefasst.***

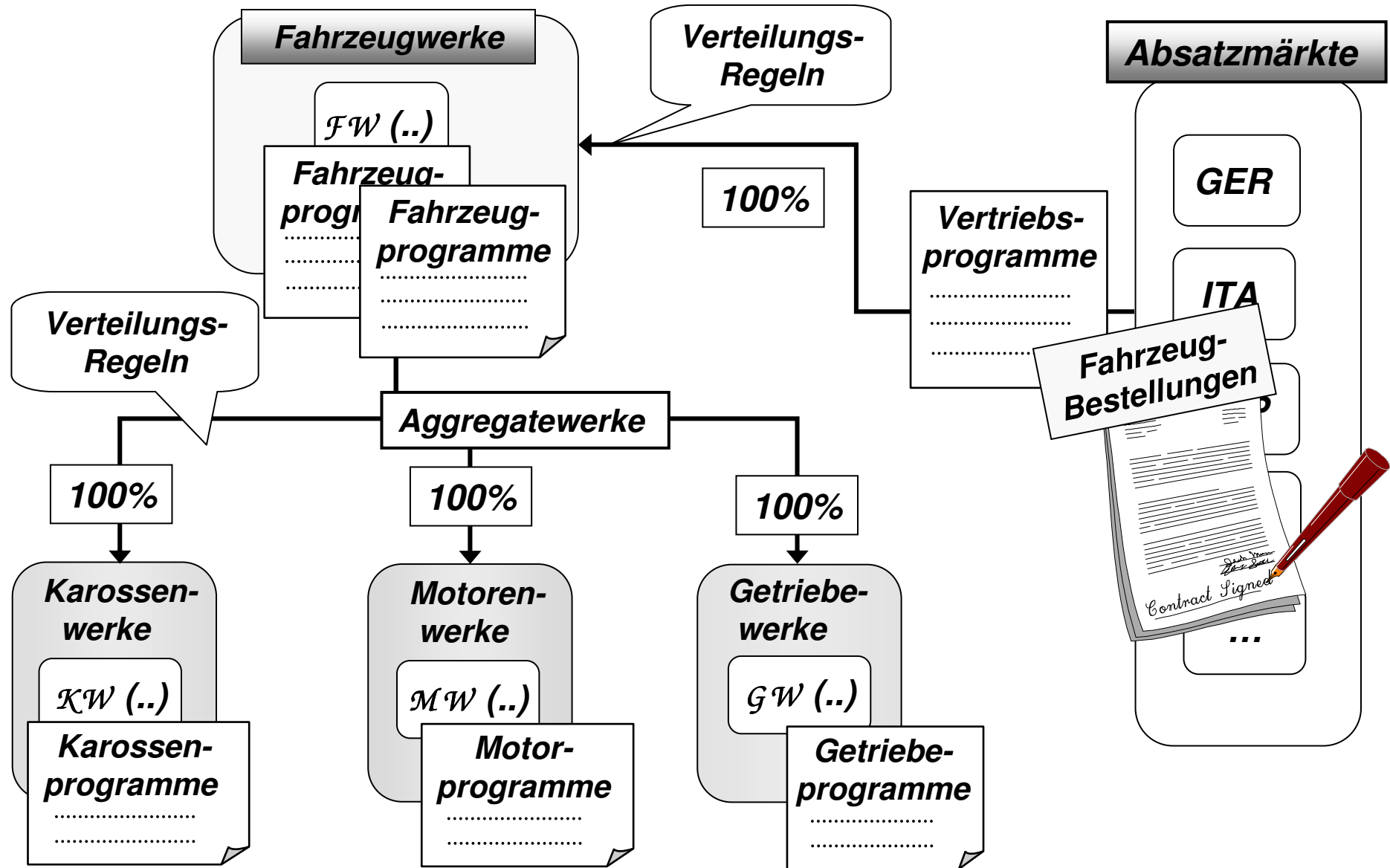
***Sollten die geplanten Absatzzahlen des Vertriebsplans nicht erreicht werden, muss der Vertrieb (mit Hilfe der Importeure/Händler) das Programm auffüllen.***

***Die in den marktbezogenen Vertriebsprogrammen enthaltenen Kunden-/Händleraufträge werden regelbasiert auf die verschiedenen Fahrzeugwerke aufgeteilt, wodurch die werksbezogenen Fahrzeug-Produktionsprogramme entstehen. Bei der Einplanung der Kundenaufträge werden die in den Produktionsplänen angegebenen Kapazitätsgrenzen entsprechend berücksichtigt. Bei Parallelfertigung wird bei der Aufteilung der Fahrzeuge auf die alternativen Werke die Absatznähe, die bestehende Fertigungs- und Lieferrestriktionen und die unterschiedlichen Fertigungs- und Logistikkosten entsprechend berücksichtigt***

***Die für die Fahrzeugprogramme benötigten Aggregate sind aus der Produktdefinition in den Kundenbestellungen ersichtlich. Die so ermittelten Aggregate-Bedarfe werden regelbasiert auf die vorhandenen Aggregatwerke verteilt, wodurch die jeweiligen Aggregate-Produktionsprogramme entstehen. Bei Parallelfertigung werden die Standortnähe zu den Fahrzeugwerken, die bestehenden Fertigungs- und Lieferrestriktionen sowie die unterschiedlichen Fertigungs- und Logistikkosten entsprechend berücksichtigt (was hier nicht weiter ausgeführt wird).***



# Fahrzeugbestellung und Produktionsprogramme



# Beschreibung von Fertigungsrestriktionen (beispielhaft)

Werk	Produktdefinitionen				KW 40 / Tage			
	Basis-Optionen			Zusatz- Optionen	Erläuterung	Mo.	Di.	...
	Karosse	Motor	Getr.					
<i>FW.1</i>	<i>K.1/K.3</i>	***	***	***	gesamt	1.800	1.800	...
	<i>K.1</i>	***	***	***	alle K.1-Modelle	1.200	1.200	...
	<i>K.1</i>	***	***	<i>T.4</i>	4-Türer	400	400	...
	<i>K.1</i>	***	<i>G.A</i>	***	Allrad-Getriebe	600	600	...
	<i>K.3</i>	***	***	***	alle K.3-Modelle	600	600	...
	<i>K.3</i> ...	*** ...	*** ...	<i>T.4</i> ...	4-Türer ...	400 ...	400 ...	... ...
<i>FW.2</i>	<i>K.3/K.5</i>	***	***	***	gesamt	1.000	1.000	...
	<i>K.3</i>	***	***	***	alle K.3-Modelle	600	600	...
	<i>K.3</i>	***	***	<i>D.2</i>	Schiebedach	300	300	...
	<i>K.5</i>	***	***	***	alle K.5-Modelle	400	400	...
	<i>K.5</i>	***	***	<i>S.X</i>	Spezialausstt.	100	100	...
	...	...	...	...	...	...	...	...

# Einplanung und Änderungen von Kundenbestellungen

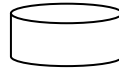
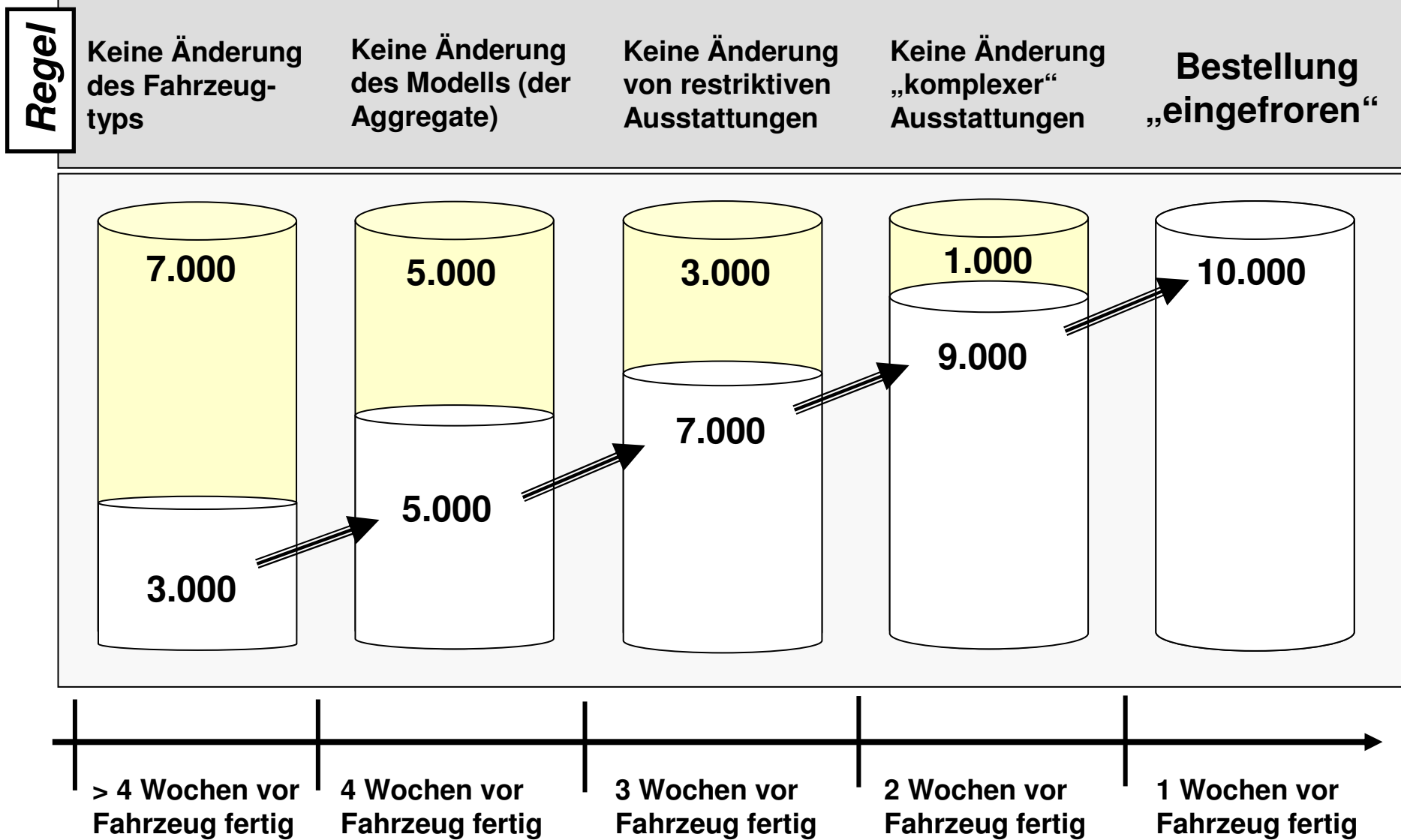
---

*Bei der Erstellung von Fahrzeugprogrammen bzw. Einplanung von Kundenaufträgen können Konflikte mit den bestehenden Fertigungsrestriktionen auftreten; Diese können (regelbasiert) gelöst werden, indem die Kundenaufträge zwischen den Tagen oder uach den Werken ausgetauscht/vertauscht werden <sup>4)</sup>.*

*Nach der Erstellung des Produktionsprogramms können die Bestellungen noch in einer zeitlich gestuften Reihenfolge geändert werden, wobei man sich die Rangfolge des Definitionsschemas zu Nutze machen kann und es können entsprechende Regeln und Prioritäten vergeben werden <sup>1)</sup> (s. Beispiel auf der folgenden Folie).*

- 1. Bis vier Wochen vor Fertigstellung darf noch der Fahrzeugtyp geändert werden*
- 2. Ab vier Wochen vor Fertigstellung darf das Modell nicht mehr geändert werden. jedoch noch alle Ausstattungen des Fahrzeugmodells*
- 3. Ab drei Wochen vor Fertigstellung dürfen bestimmte „restriktive“ Ausstattungen (z. B. wegen der benötigten Lieferzeit) nicht mehr geändert werden*
- 4. Ab zwei Wochen vor Fertigstellung dürfen bestimmte „komplexe“ Ausstattungen (z. B. wegen der Fertigungsabhängigkeiten) nicht mehr geändert werden*
- 5. Eine Woche vor Fertigstellung wird die Bestellung „eingefroren“, d. h. es dürfen dann keine Änderungen der Produktdefinition mehr durchgeführt werden.*

# Kundenauftrags-Änderungsmanagement (beispielhaft)



# Gliederung des Vortrags

---

*1. Die Variantenexplosion in der Automobilindustrie – Einführende Bemerkungen zur Produktionsprogrammplanung im Automobilbau*

*2. Die ideale Produktdefinition und deren Bedeutung für die Produktionsprogrammplanung und -steuerung*

*3. Die Umsetzung der idealen Produktdefinition für Fahrzeuge (PKW)*

*4. Erstellung von Produktionsplänen und Produktionsprogrammen für Fahrzeuge - und Aggregate*

*5. Kurze Zusammenfassung*

# Kurze Zusammenfassung

---

***Aufgrund der Produktkomplexität und der Variantenvielfalt im Automobilbau sind für die Programmplanung- und -steuerung spezielle Methoden erforderlich, um die Planungskomplexität zu reduzieren. Dies geschieht u. a. durch eine differenzierte Beschreibung der Varianten auf verschiedenen Abbildungs-Ebenen. Das Produkt selber wird „nur“ auf der obersten Ebene beschrieben.***

***Ein „Geheimnis“ einer konsistenten Produktionsprogrammplanung und -steuerung liegt in der Art der Beschreibung der Produktes als boolesche Algebra, in der die Merkmale des Produktes einen idealen Verband bilden. Durch diese äußerst kompakte und konsistente Form der Produktbeschreibung kann insbesondere die Produktionsprogrammplanung und –steuerung effektiv unterstützt werden.***

***Die Produktionsprogrammplanung erfolgt hierarchisch, indem die Planungsbegriffe für die Produktmengen immer feiner, d. h. die algebraischen Mengen immer „kleiner“ und die Planungszeiträume immer kürzer werden. Die Konsistenz zwischen den Planungsstufen wird durch die ideale Produktdefinition sichergestellt.***

***Diese ideale Produktdefinition ermöglicht eine „saubere“ Unterscheidung zwischen kurzfristigen Produktionsprogrammen, in denen die tatsächlichen Bestellungen stehen, wobei jedes Produkt algebraisch vollständig definiert ist mittelfristigen Produktionsplänen, in denen nur bestimmte Produktmengen angegeben werden, die algebraisch nicht vollständig definiert sind. Die Produktionszahlen in den Produktionsplänen für die Produktmengen stellen zugleich die Kapazitätsgrenzen für die Produktionsprogramme der Werke dar.***

---

***Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !***



***Welche Fragen  
haben Sie ?***