

Modularisierung als Basis umweltgerechter Produktentwicklung

Prof. Dr.-Ing. Frank Koppenhagen
 Fachkonferenz Refurbishing
 11. April 2012



Inhalt



- 1. Was ist eine modulare Produktarchitektur?**
- 2. Welche Potenziale bietet die Produktmodularisierung für das Refurbishing von Produkten?**
- 3. Wie geht man bei der Entwicklung einer modularen Produktarchitektur vor?**

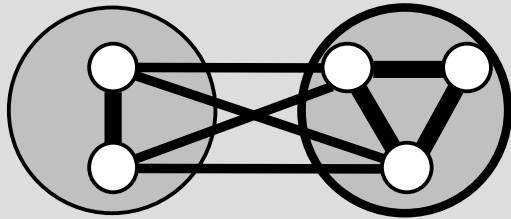


Inhalt



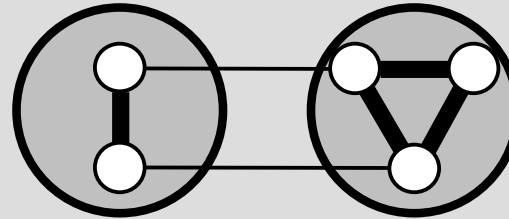
- 1. Was ist eine modulare Produktarchitektur?**
- 2. Welche Potenziale bietet die Produktmodularisierung für das Refurbishing von Produkten?**
- 3. Wie geht man bei der Entwicklung einer modularen Produktarchitektur vor?**

Modularität als strukturbeschreibendes Merkmal von Systemen



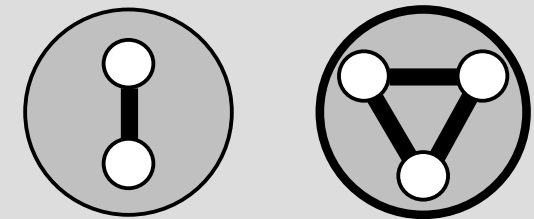
$$B_{\text{extern}} < B_{\text{intern}}$$

integral



$$B_{\text{extern}} \ll B_{\text{intern}}$$

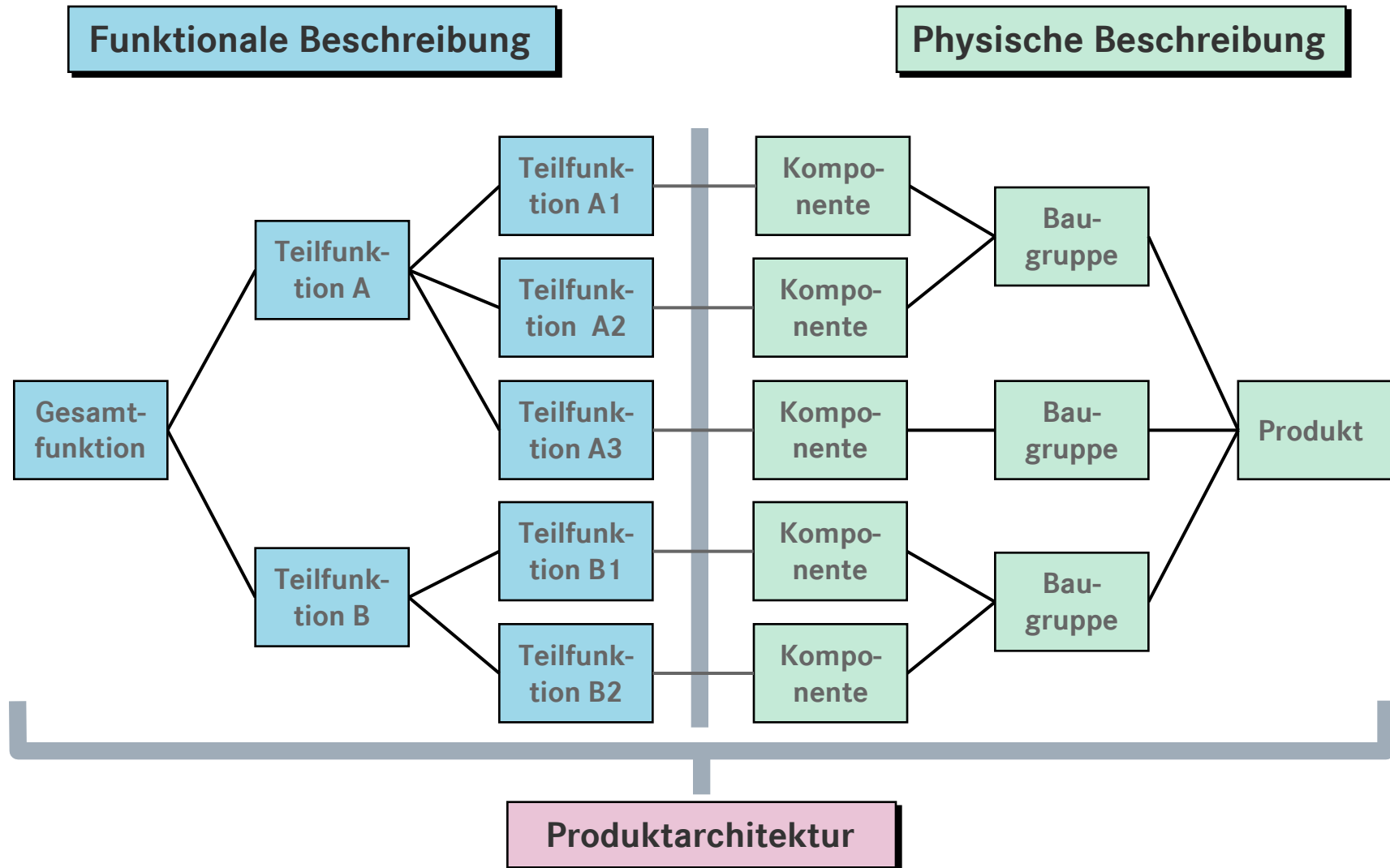
modular



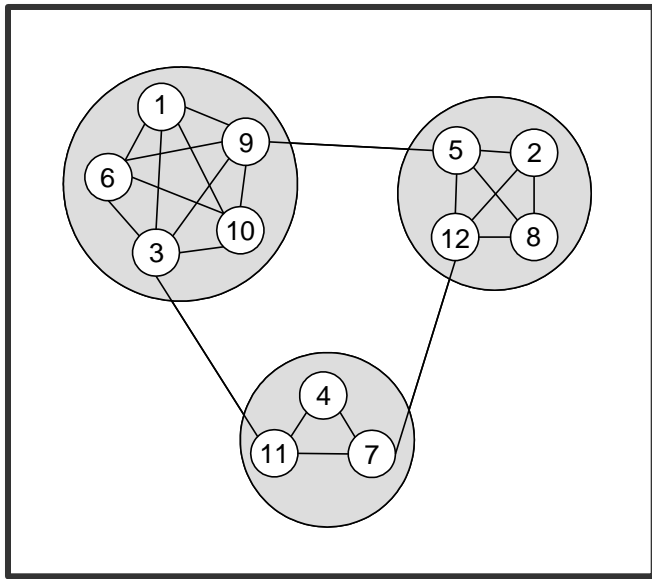
$$B_{\text{extern}} \approx 0$$

System zerfällt
in Subsysteme

Beziehungsdimensionen der Produktarchitektur



Modulare Produktarchitektur



Physische Beziehungsdimension

- Physisch separierbar
- Geometrisch strukturell relativ unabhängig

Funktionale Beziehungsdimension

- Funktionale Beziehung sind innerhalb der Module stärker ausgeprägt

Module sind funktional + physisch relativ unabhängig.



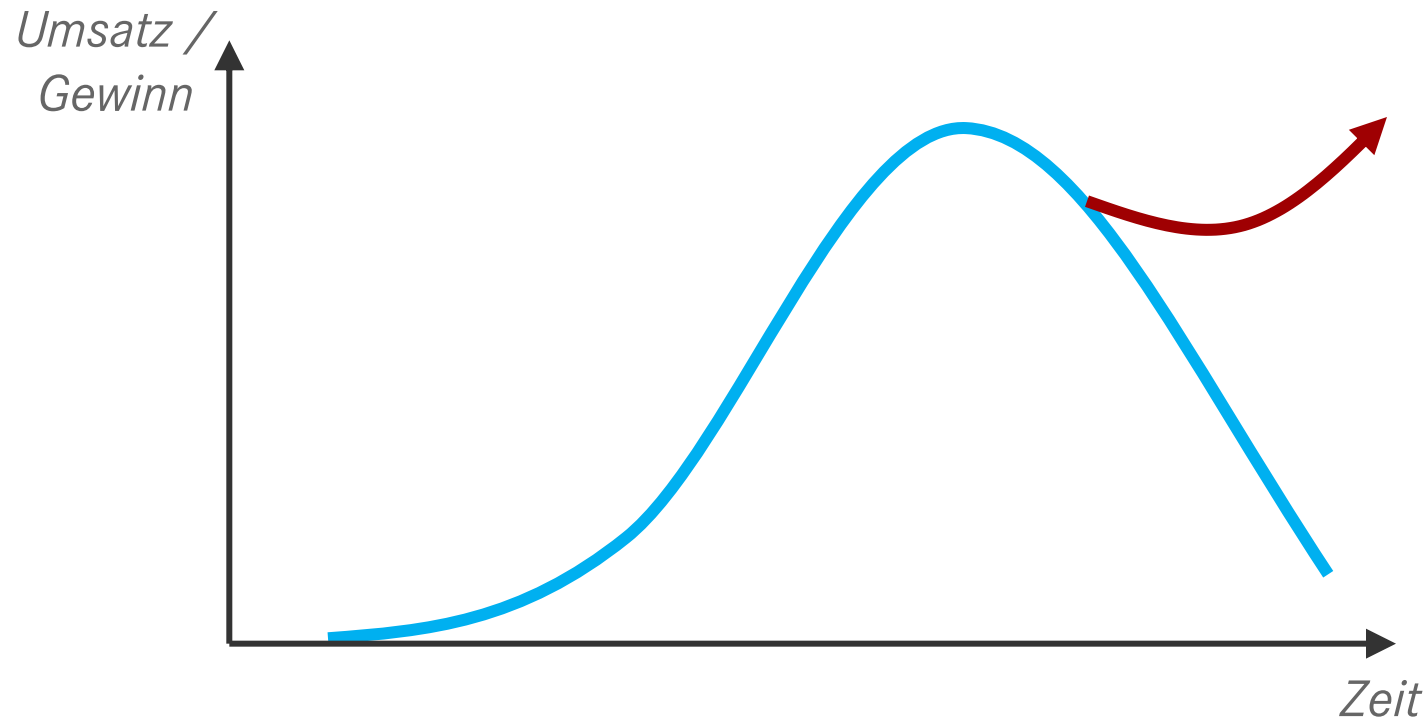
Inhalt



1. Was ist eine modulare Produktarchitektur?
- 2. Welche Potenziale bietet die Produktmodularisierung für das Refurbishing von Produkten?**
3. Wie geht man bei der Entwicklung einer modularen Produktarchitektur vor?

Ziel des Refurbishing

**Verlängerung des Produktlebenszyklus durch
ganzheitliche qualitätsgesicherte Instandsetzung /
Anpassung des Produktes**

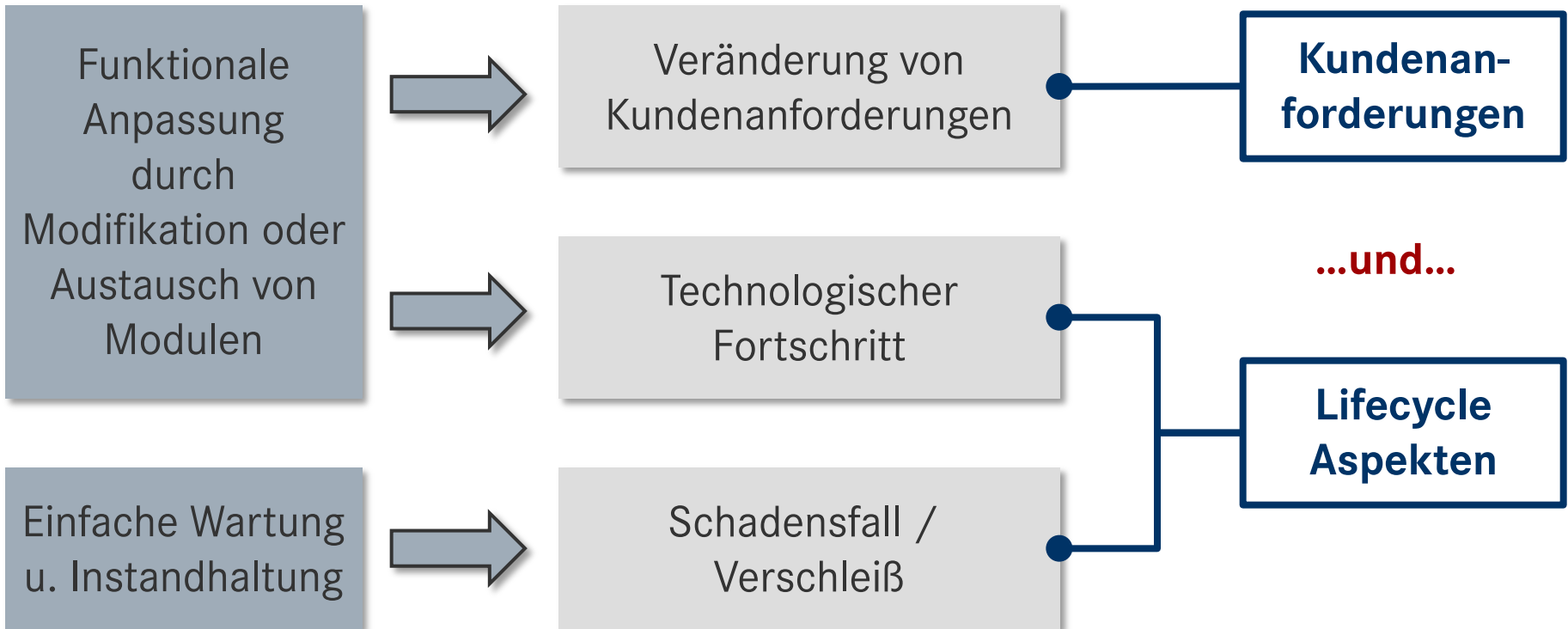


Stellhebel für das Refurbishing durch Modularisierung

Modularität ermöglicht Refurbishing durch

Gründe für das Ende des Produktlebenszyklus

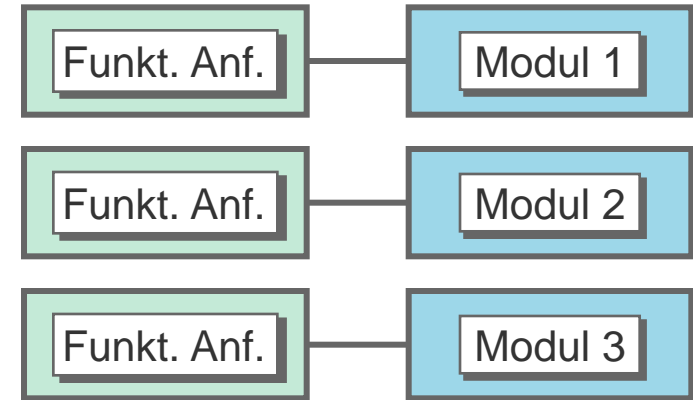
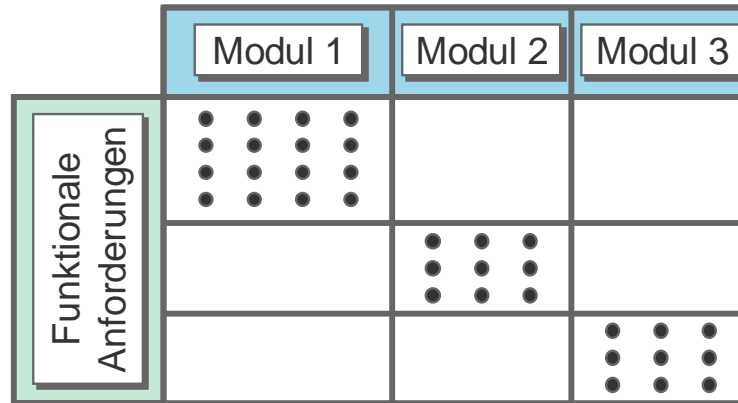
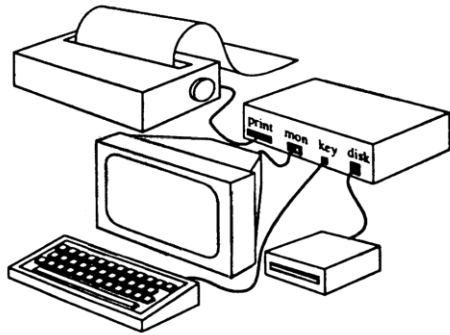
Voraussetzung: Berücksichtigung von...



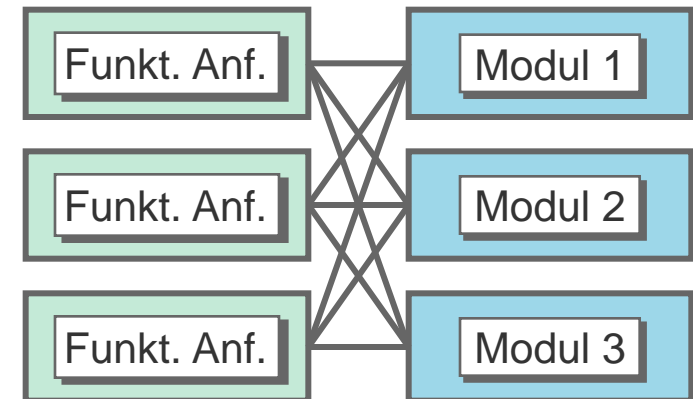
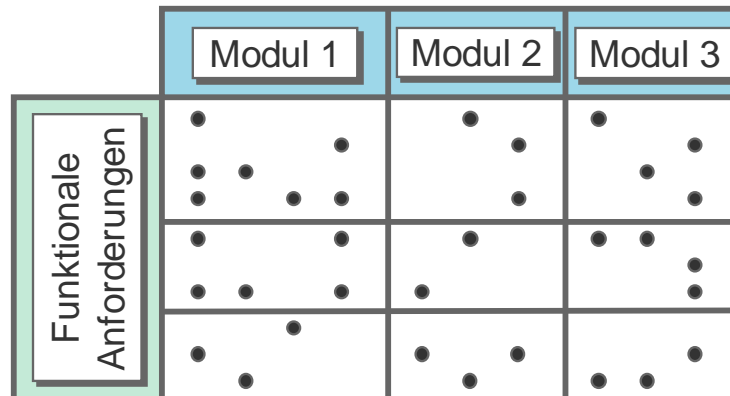
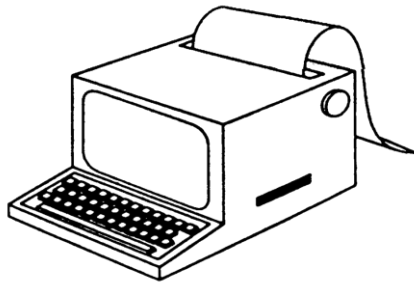
...bei der Modularisierung.

Modularität und Unabhängigkeit funktionaler Anforderungen

Modulare Produktarchitektur



Integrale Produktarchitektur



[vgl. Ulrich / Tung / Suh]

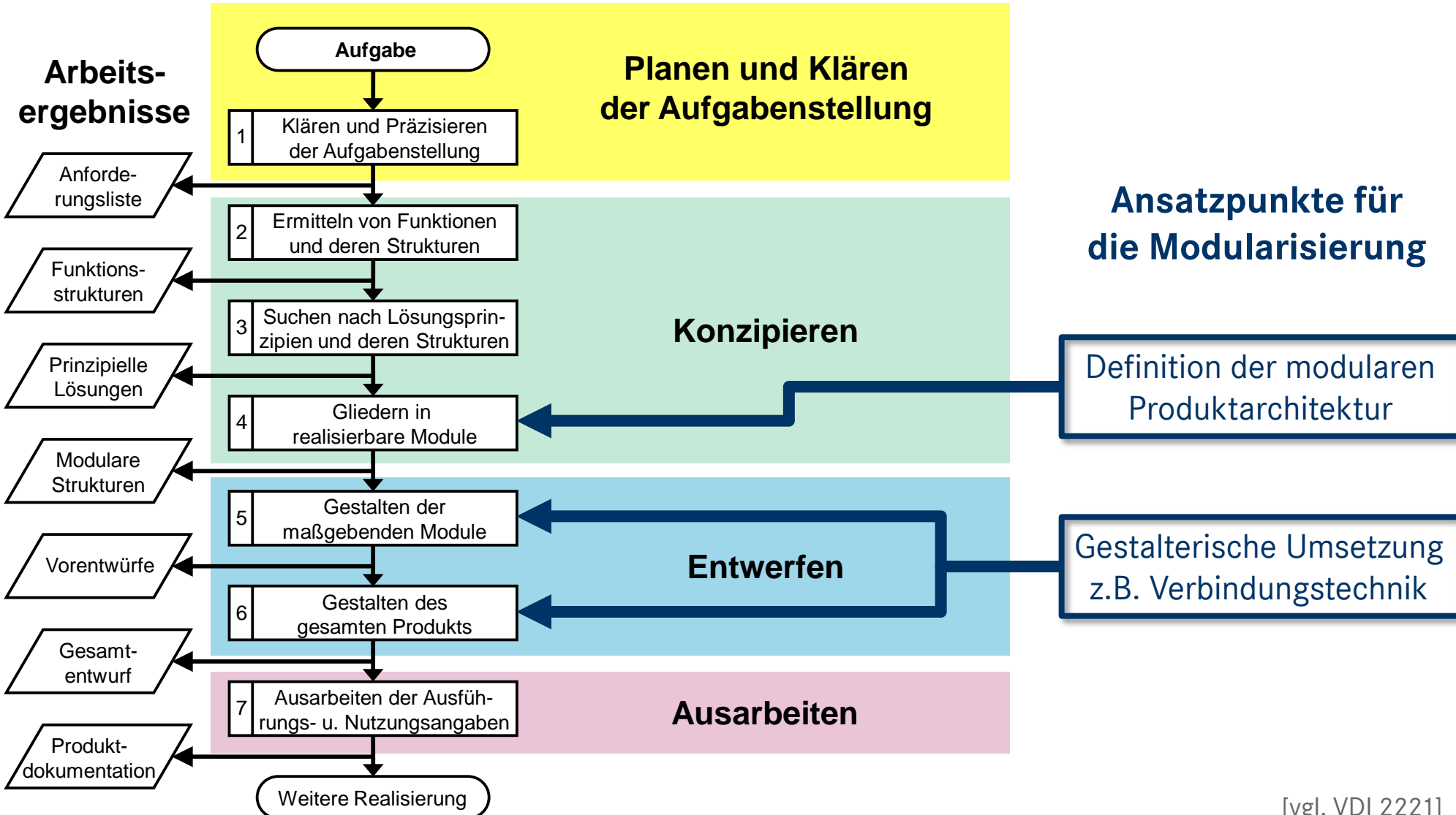


Inhalt



1. Was ist eine modulare Produktarchitektur?
2. Welche Potenziale bietet die Produktmodularisierung für das Refurbishing von Produkten?
- ▶ 3. Wie geht man bei der Entwicklung einer modularen Produktarchitektur vor?

Modularisierung im Produktentwicklungsprozess

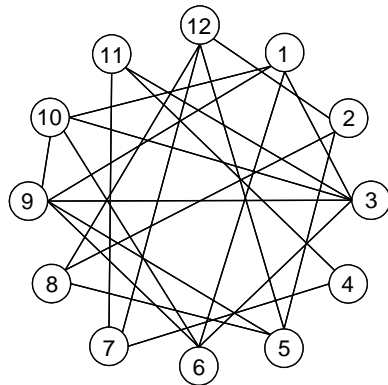


[vgl. VDI 2221]

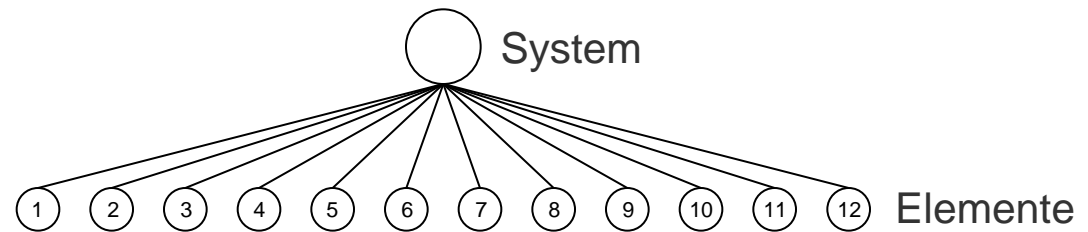
Methodisches Grundprinzip der Modularisierung

Komplexe
Architektur

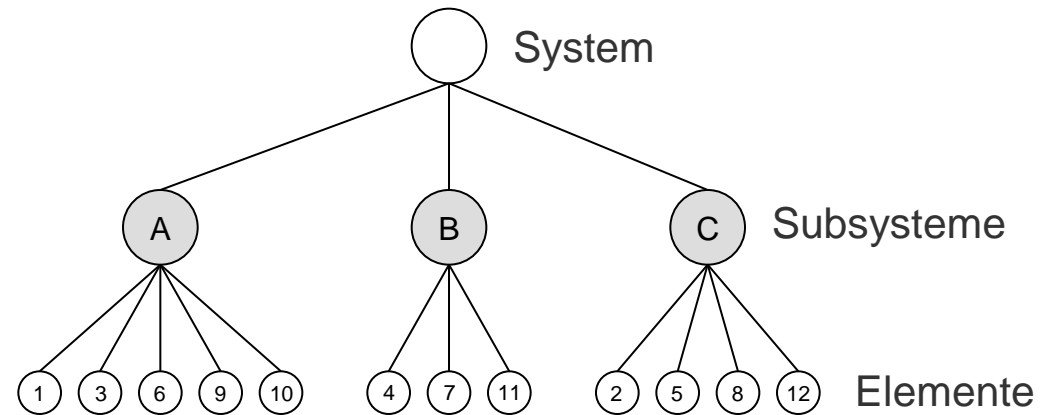
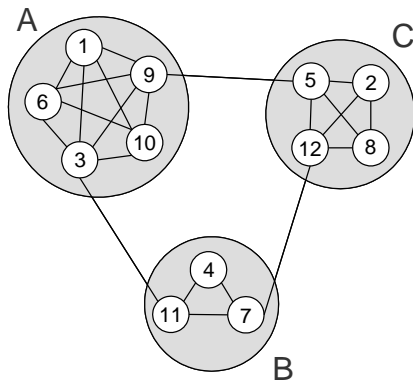
Ablaufstruktur



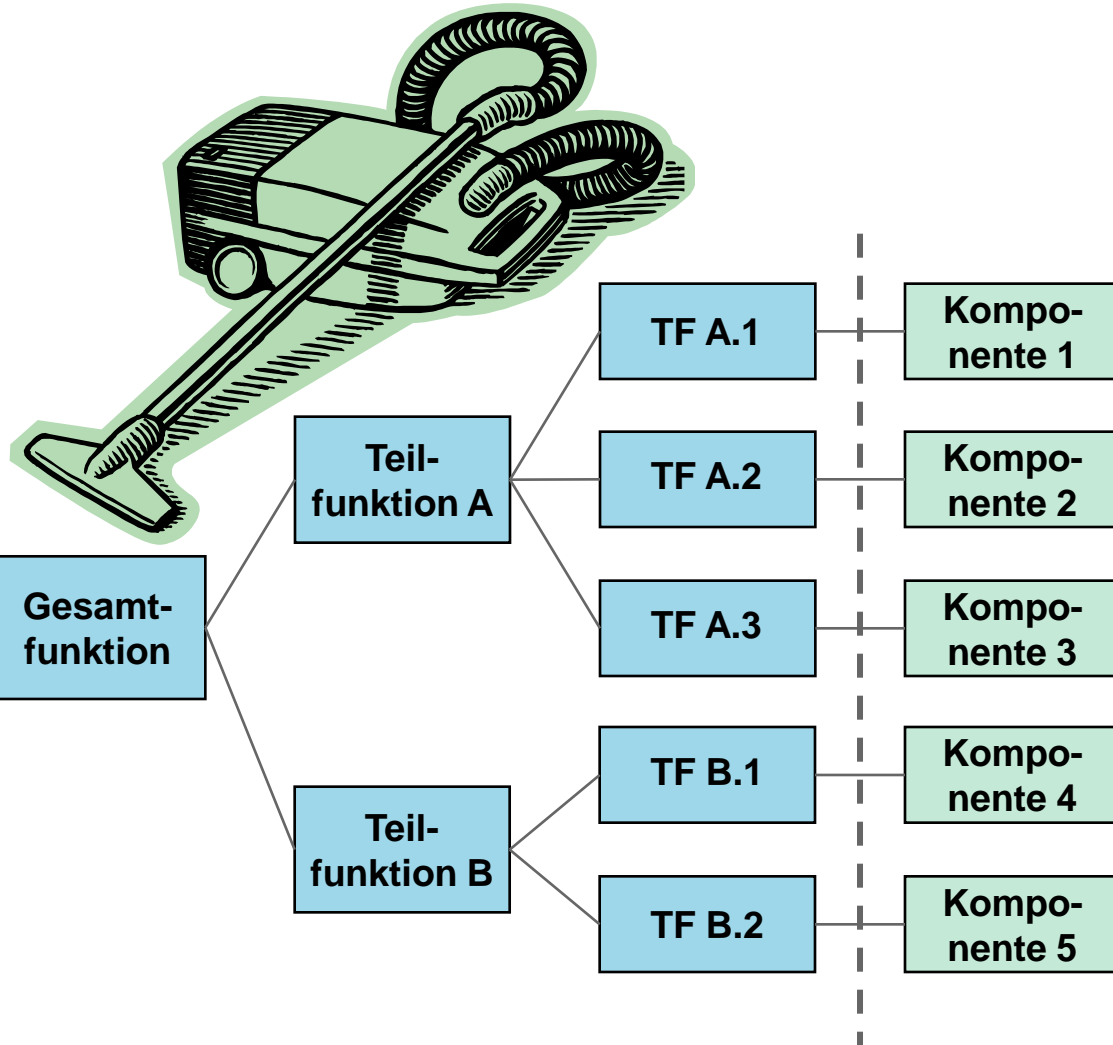
Aufbaustruktur



Modulare
Architektur



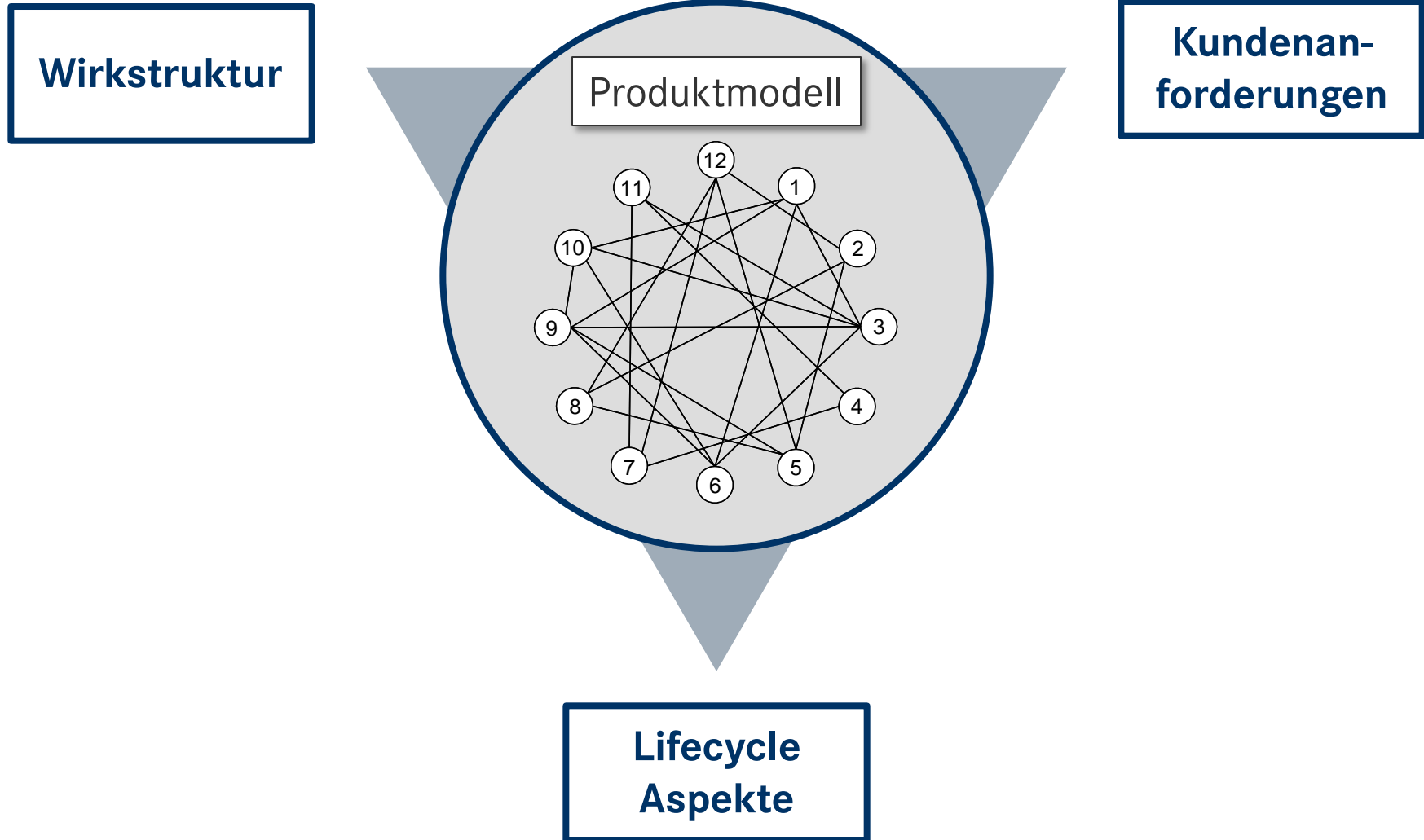
Beispiel Staubsauger



Komponenten:

- Gehäuse (GE)
- Räder (RÄ)
- Deckel (DE)
- Motor (MO)
- Kabelrolle (KA)
- Chassis (CH)
- Staubraum (ST)
- Bedienelemente (BD)
- Vibrationsdämpfer (VI)
- Ventilator (VE)
- Geräuschfilter (GR)
- Elektrische Bauelemente (EB)

Die Betrachtungsebenen der Modularisierung



Die Betrachtungsebenen der Modularisierung

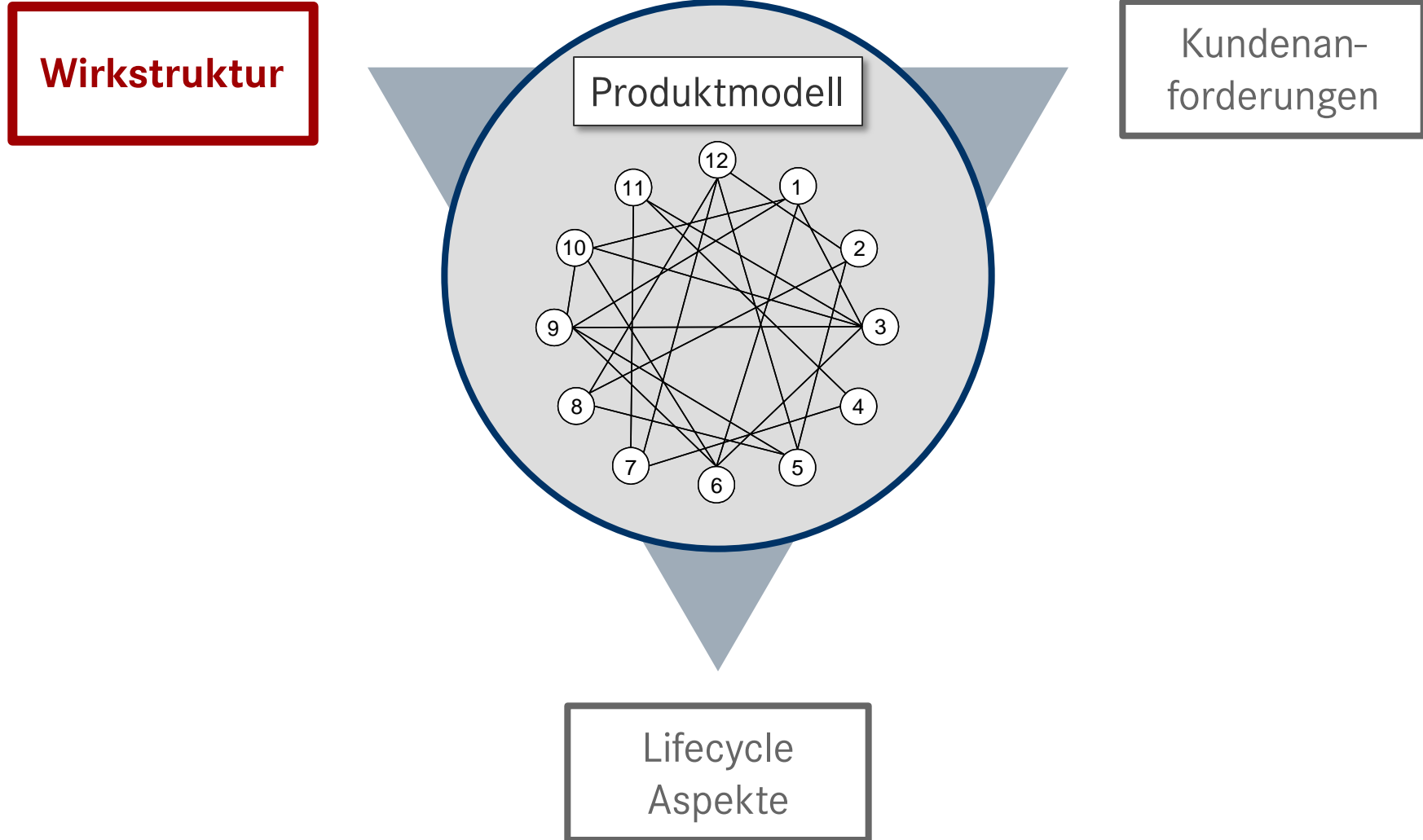
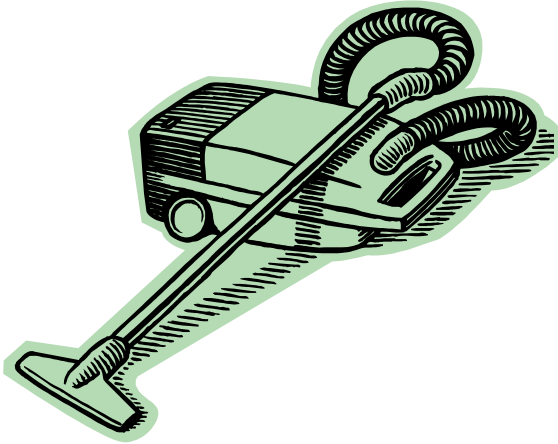


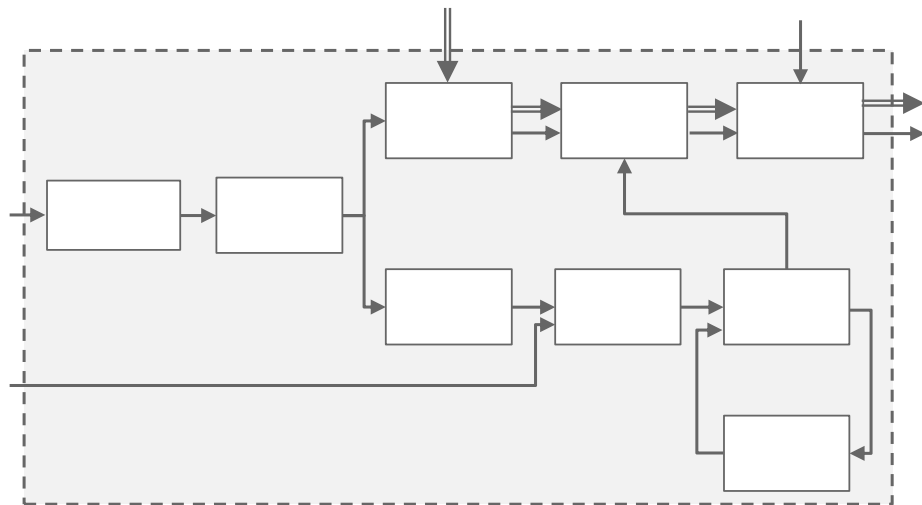
Abbildung der Wirkstruktur in einer Beziehungsmatrix



Beziehungsmatrix (DSM)

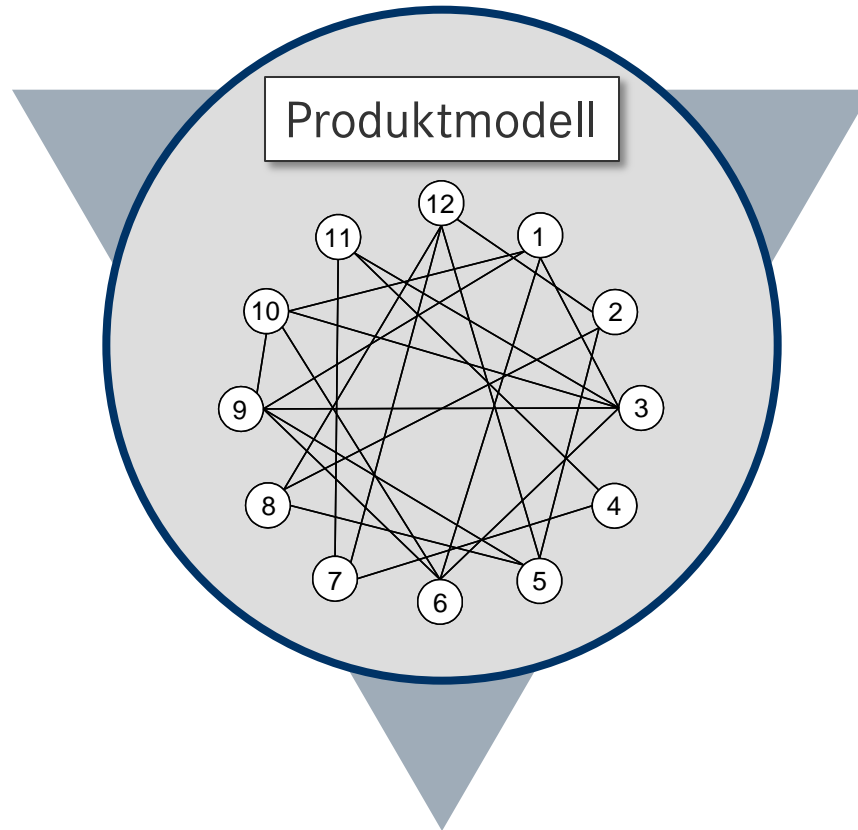
	GE	RÄ	DE	MO	KA	CH	ST	BD	VI	VE	GR	EB
GE	7		7					5				
RÄ		7				7						
DE	7		7									
MO				7	3	3			3	5	3	7
KA				3	7	5		1				
CH		7		3	5	7	5		7	3	3	
ST						5	7			7		
BD	5				1			7				5
VI				3		7			7			
VE				5		3	7			7	3	
GR				3		3				3	7	
EB				7				5				7

Blockschaltbild



Die Betrachtungsebenen der Modularisierung

Wirkstruktur



Produktmodell

Kundenanforderungen

Lifecycle Aspekte

QFD-Matrix zur Berücksichtigung der Kundenanforderungen

Kundenanforderungen	Komponenten											
	GE	RÄ	DE	MO	KA	CH	ST	BD	VI	VE	GR	EB
Geringes Gewicht	3		1	9	3	9	1		3	3	1	
Ansprechendes Design	9	1	9			1		3				
Leicht bewegbar	3	9				3						
Einfach bedienbar			3		3		1	9				
Großes Fassungsvermögen						3	9					
Zuverlässig				9	1			1		9		3
Gut verstaubar	9	1	1			1		1				
Variable Saugstärke				9				1				9
Geringer Energieverbrauch				9						3		3

Abkürzungen:

GE - Gehäuse

ST - Staubraum

GR - Geräuschfilter

VE - Ventilator

DE - Deckel

RÄ - Räder

CH - Chassis

EB - Elektr. Bauelemente

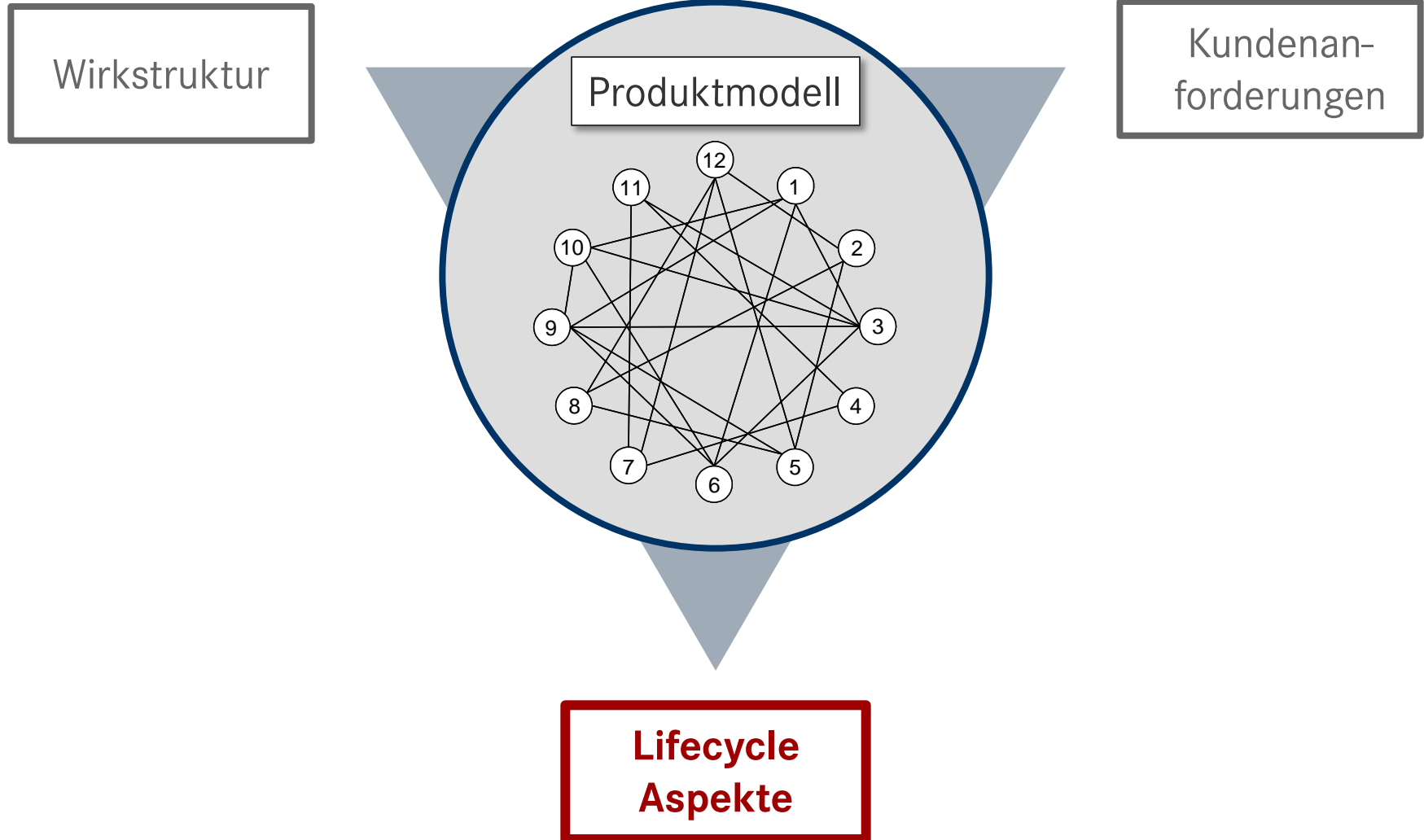
BD - Bedienelemente

VI - Vibrationsdämpfer

MO - Motor

KA - Kabelrolle

Die Betrachtungsebenen der Modularisierung



MI-Matrix zur Berücksichtigung von Lifecycle Aspekten

		Komponenten											
Treibergruppe	Modultreiber	GE	RÄ	DE	MO	KA	CH	ST	BD	VI	VE	GR	EB
Produkt- planung	Standardelement		9		3	9				9	3	9	3
	Designvarianz	9		9					9				
	Technische Varianz						3	3	3				
	Übertragelement				9	9					9		9
	Gepl. Designänderung	3		3					3				
	Technologiewechsel												
Prozess- organisation	Spezielle Prozesse	9	1		9		9				9		
	Fremdbezug					9							
	Separates Testen				9								3
After-Sales	Konfigurationsflexibilität												
	Wartung / Instandhaltg.				3			3			3		3
	Recycling				9								

GE - Gehäuse

ST - Staubraum

GR - Geräuschfilter

VE - Ventilator

DE - Deckel

RÄ - Räder

CH - Chassis

EB - Elektr. Bauelemente

BD - Bedienelemente

VI - Vibrationsdämpfer

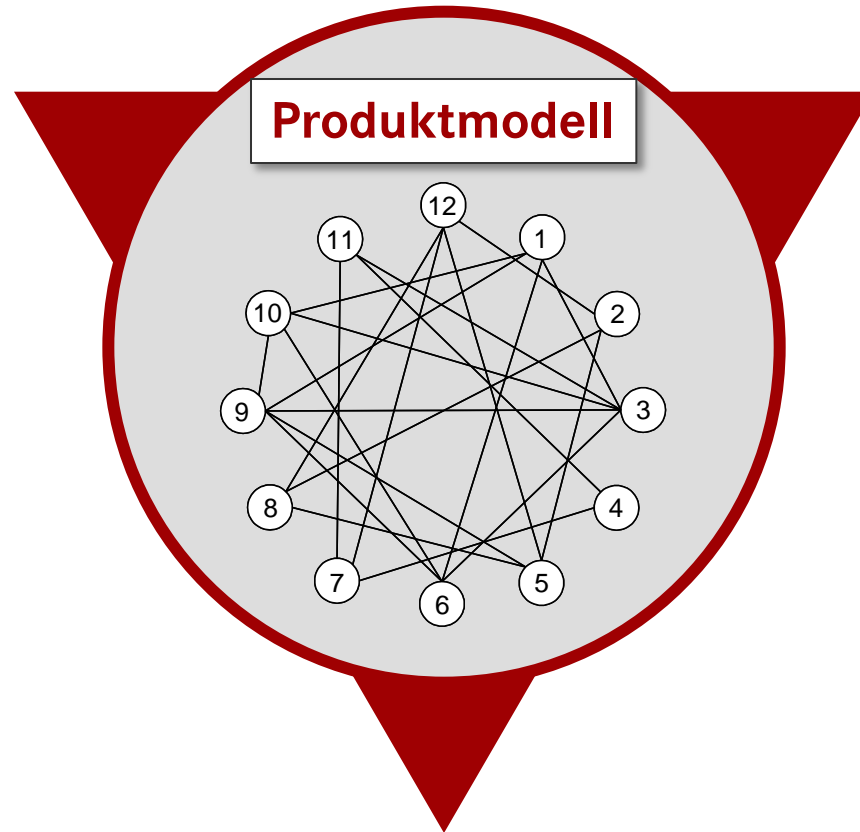
MO - Motor

KA - Kabelrolle



Die Betrachtungsebenen der Modularisierung

Wirkstruktur



Produktmodell

Kundenanforderungen

Lifecycle Aspekte

Repräsentation der Betrachtungsebenen

Betrachtungsebenen

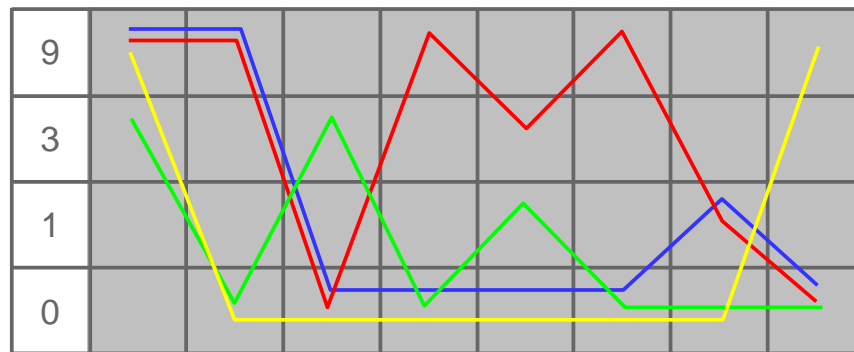
Mathematische Repräsentation

	A	B	C	D	E
A	7		5	3	3
B		7	5		7
C	5	5	7		
D	3			7	1
E	3	7		1	7

Wirkstruktur

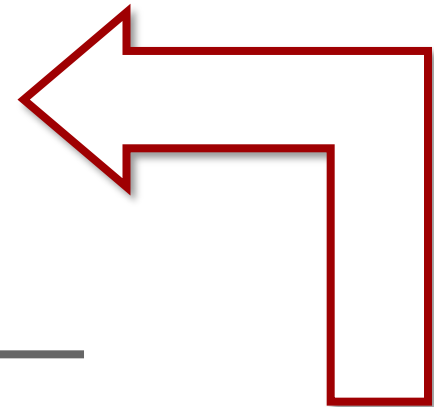
Kundenanforderungen

Lifecycle Aspekte



Modultreiber / Kundenanforderungen

— A
— B
— C
— D



Transformation erforderlich

Transformation der MI-Matrix in eine relationale Matrix

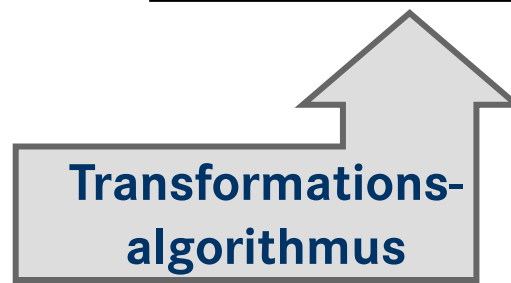
1
MI-Matrix

Treibergruppe	Modultreiber	Komponenten											
		GE	RÄ	DE	MO	KA	CH	ST	BD	VI	VE	GR	EB
Produktplanung	Standardelement		9		3	9				9	3	9	3
	Designvarianz	9		9					9				
	Technische Varianz						3	3	3				
	Übertragelement				9	9					9		9
	Gepl. Designänderung	3		3					3				
Prozessorganisation	Spezielle Prozesse	9	1		9		9				9		
	Fremdbezug					9							
	Separates Testen				9								3
After-Sales	Konfigurationsflexibilität												
	Wartung / Instandhaltg.				3			3			3		3
	Recycling				9								



2
Sortierte MI-Matrix

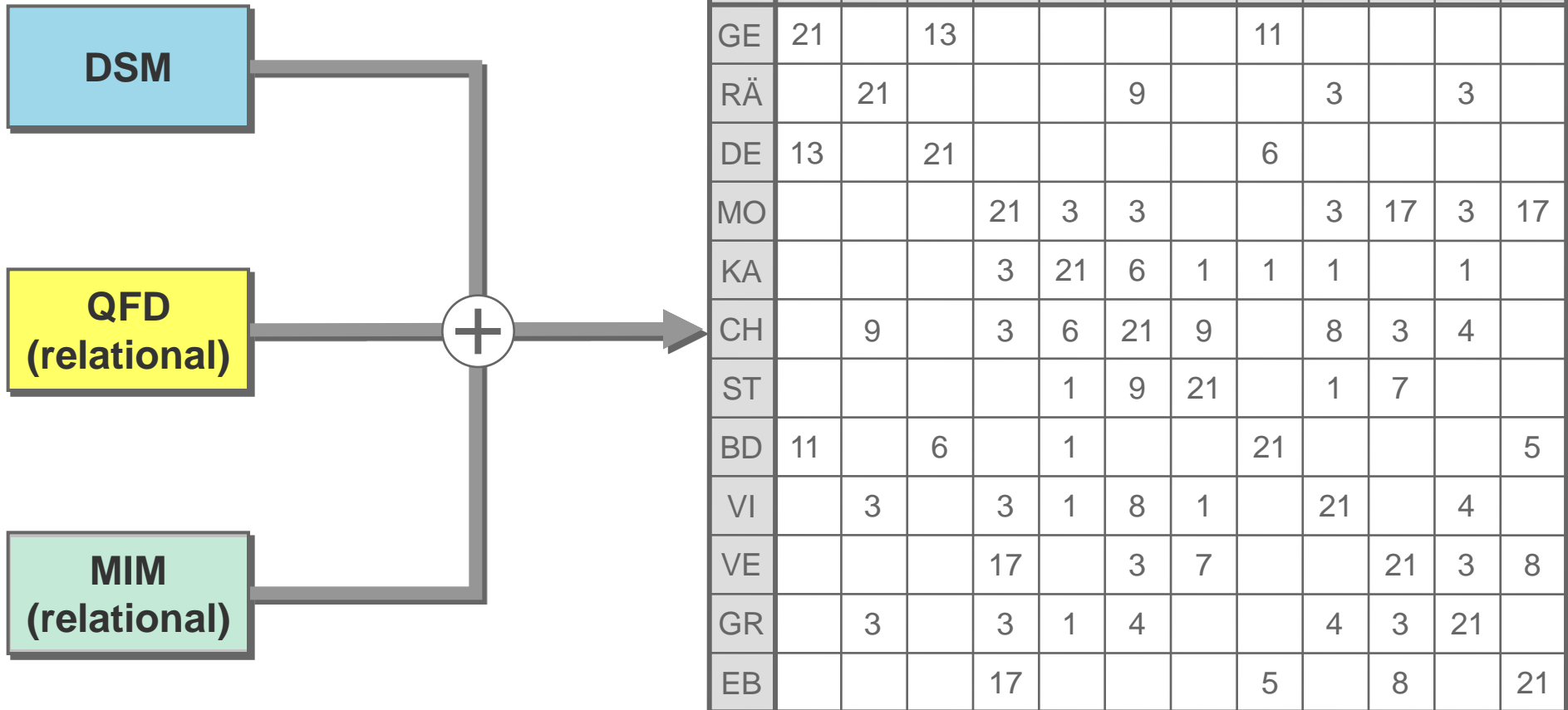
Treibergruppe	Modultreiber	Komponenten											
		GE	DE	BD	RÄ	VI	GR	CH	ST	MO	VE	EB	KA
Produktfamilienplanung	Standardelement				9	9	9			3	3	3	9
	Designvarianz	9	9	9									
	Technische Varianz			3				3	3				
	Übertragelement									9	9	9	9
	Geplante Designänderung	3	3	3									
Prozessorganisation	Spezielle Prozesse	9			1			9		9	9		
	Fremdbezug												9
	Separates Testen									9		3	
After-Sales	Konfigurationsflexibilität												
	Wartung / Instandhaltung							3		3	3	3	
	Recycling									9			
					1								
					2								
										3			
													4



3
Relationale Matrix

	GE	DE	BD	RÄ	VI	GR	CH	ST	MO	VE	EB	KA
GE	7	3	3									
DE	3	7	3									
BD	3	3	7									
RÄ				7	3	3	1					
VI				3	7	3						
GR				3	3	7						
CH				1			7	1				
ST							1	7				
MO									7	7	5	
VE									7	7	5	
EB									5	5	7	
KA												7

Zusammenführung der Betrachtungsebenen



- Abkürzungen:
- GE - Gehäuse
 - DE - Deckel
 - BD - Bedienelemente
 - ST - Staubraum
 - RÄ - Räder
 - VI - Vibrationsdämpfer
 - GR - Geräuschfilter
 - CH - Chassis
 - MO - Motor
 - VE - Ventilator
 - EB - Elektr. Bauelemente
 - KA - Kabelrolle

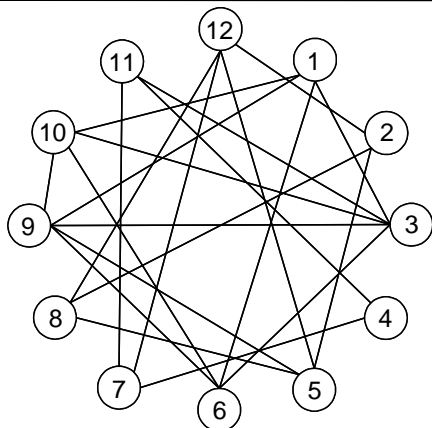
Rechnergestützte Generierung der Produktarchitektur

	GE	RÄ	DE	MO	KA	CH	ST	BD	VI	VE	GR	EB
GE	21		13					11				
RÄ						9			3		3	
DE							6					
MO				21	3	3			3	17	3	17
KA								1	1		1	
CH								8	3	4		
ST					1	9	21		1	7		
BD								21				5
VI						3	1		21		4	
VE				17		3	7			21	3	8
GR		3		3	1	4			4	3	21	
EB				17				5		8		21

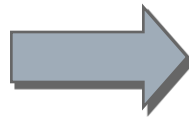
Wirkstruktur

Kundenanforderungen

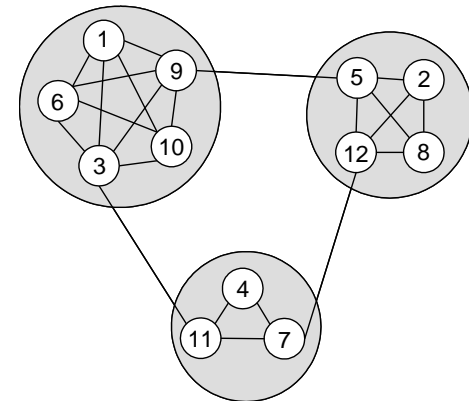
Lifecycle Aspekte



Zielfunktion
+
Stochastische
Optimierung




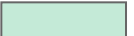


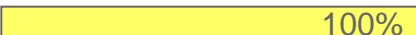
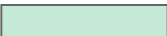
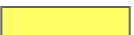



	RÄ	CH	VI	GR	GE	DE	BD	KA	ST	MO	VE	EB
RÄ	21	9	3	3								
CH	9	21	8	4				6	9	3	3	
VI	3	8	21	4				1	1	3		
GR	3	4	4	21				1		3	3	
GE					21	13	11					
DE					13	21	6					
BD					11	6	21	1				5
KA		6	1	1			1	21	1	3		
ST		9	1					1	21		7	
MO		3	3	3				3		21	17	17
VE		3		3					7	17	21	8
EB							5			17	8	21



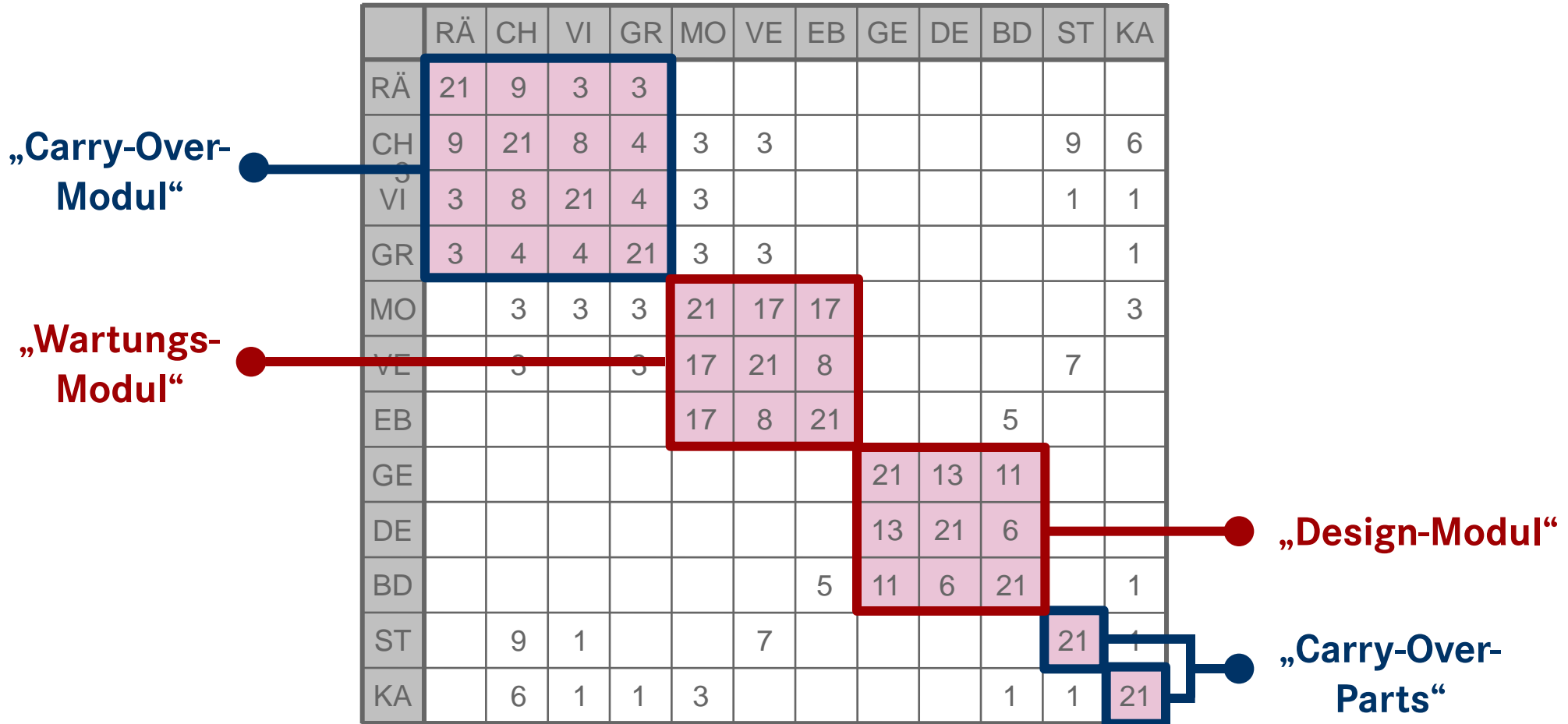
Modulumfang

Ergebnisanalyse

	Modul	∅ Bindungsstärke	Bindungsanteile
①	Räder Chassis Vibrationsd. Geräuschfilter	5,2	MIM  32% QFD  13% DSM  55%
②	Gehäuse Deckel Bedienel.	10	MIM  30% QFD  30% DSM  40%
③	Kabelrolle Staubraum	1	MIM 0% QFD  100% DSM 0%
④	Motor Ventilator Elektr. Bael.	14	MIM  40% QFD  31% DSM  29%

Restriktion: Kabelrolle + Staubraum nicht in ein gemeinsames Modul

Finale Produktarchitektur mit Bezug zum Refurbishing



GE - Gehäuse

ST - Staubraum

GR - Geräuschfilter

VE - Ventilator

DE - Deckel

RÄ - Räder

CH - Chassis

EB - Elektr. Bauelemente

BD - Bedienelemente

VI - Vibrationsdämpfer

MO - Motor

KA - Kabelrolle