

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Montage und Montageplanung

ITBO Modul Konzeptionierung eines digitalen
Mitarbeiterassistenzsystems

Was ist Montage?

„Fügen bzw. Montieren ist das Zusammenbringen von zwei oder mehr Werkstücken geometrisch bestimmter Form.“
[DIN 8593 Begriffe der Fertigungsverfahren Fügen]

„Zusammenbau von Teilen und/ oder Gruppen zu Erzeugnissen oder zu Gruppen höherer Erzeugnisebenen.“
[VDI Richtlinie 2815 Montage]

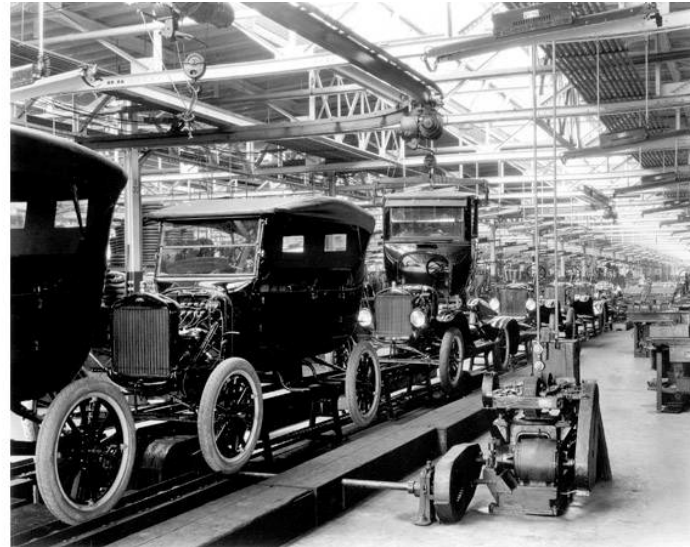
„Montieren ist die Gesamtheit aller Vorgänge, die dem Zusammenbau von geometrisch bestimmten Körpern dienen.
Dabei kann zusätzlich formloser Stoff zur Anwendung kommen “
[DIN 8580 Fertigungsverfahren]

Entwicklung der Montage

- manuelle Arbeitsweise bis weit ins Industriezeitalter
 - Baustellenmontage
 - Gruppenarbeit
- Beginn 20. Jahrhundert:
 - Taylor: Arbeitsteilung
 - Schlachthöfe von Chicago
 - Henry Ford: Fließbandproduktion Model T (1913)
- heute:
 - Humanisierung: Teilweise Rückkehr zu Werkstatt- und Baustellenmontage
 - In Massenfertigung: Nach wie vor Linienmontage als häufigstes Prinzip
 - Flexible Automatisierung ermöglicht kleinere Lose bei gleichzeitig geringen Kosten

Beispiel Automobilmontage

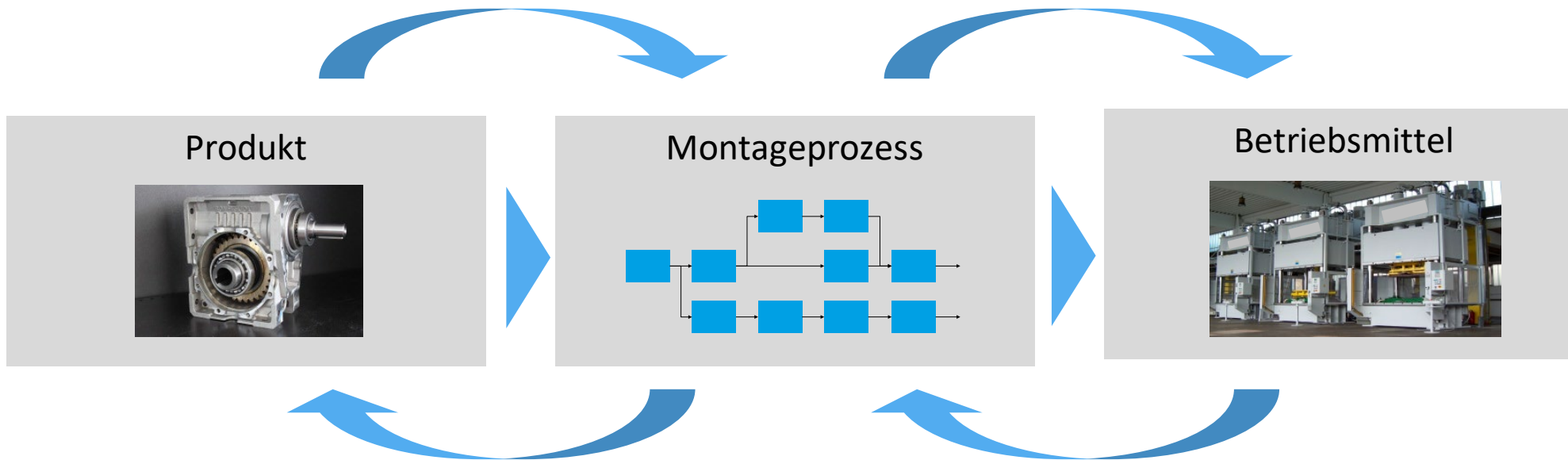
1913



2020



Zusammenhänge in der Montage



Bei der Systematisierung sind Abhängigkeiten zwischen dem jeweiligen Produkt, dem eigentlichen Montageprozess und den hierfür benötigten Betriebsmitteln zu beachten.

Montageplanung und Montageorganisation

Montageorganisation

- Ordnung aller notwendigen betrieblichen Tätigkeiten zur Montage
- beschreibt sowohl den Aufbau (räumlich) als auch den Ablauf (zeitlich)
- enthält die Montageplanung als Grundlage für die Prozessorganisation

Prozessorganisation

Organisation technischer
Prozesse

technologiezentriert

Arbeitsorganisation

Organisation von Tätigkeiten,
die durch Mitarbeiter ausgeführt
werden

personenorientiert

Aufgaben im Montageprozess

Einzelteile, Baugruppen

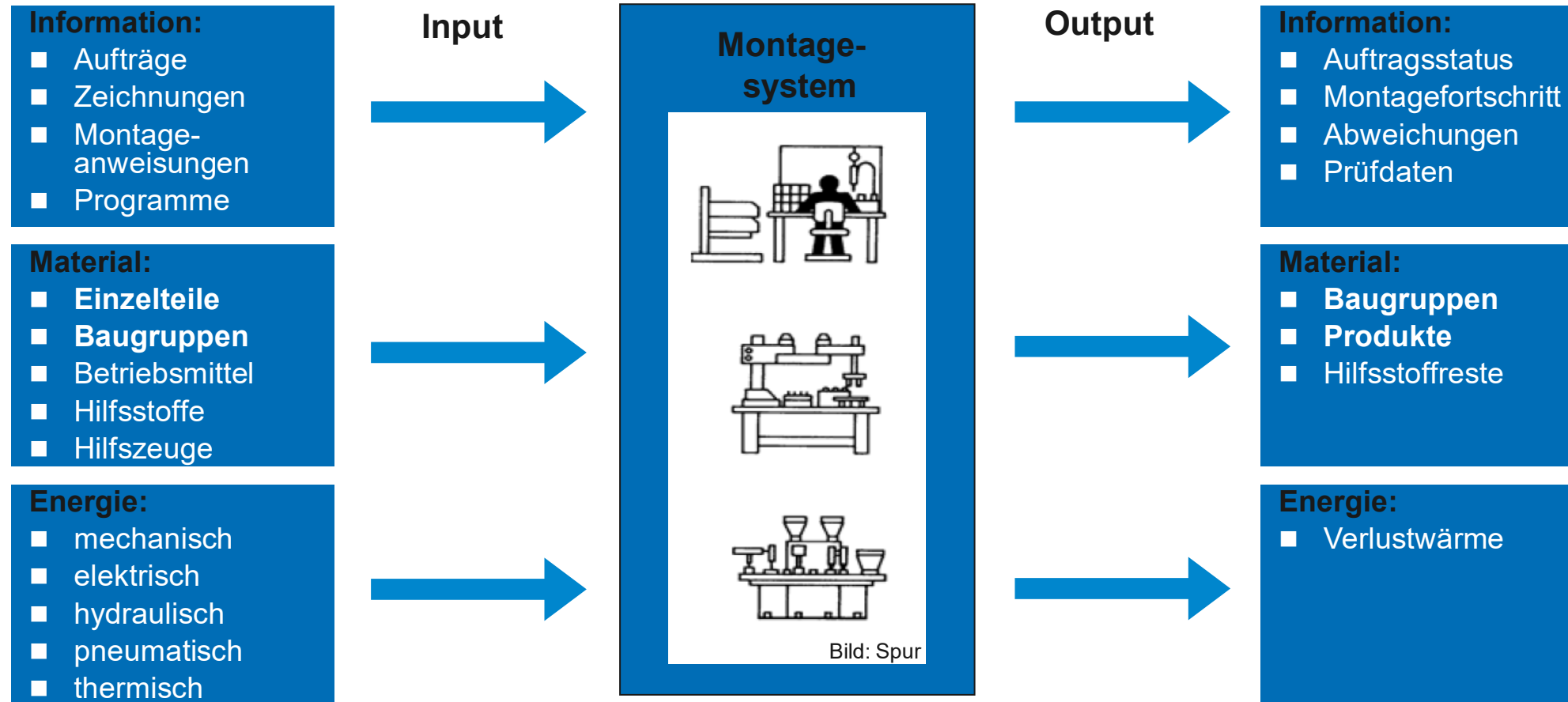
Montageprozess

- Handhaben
- Fügen
- Inbetriebnehmen
- Hilfsprozesse
- Sonderoperationen

Produkte

- **Montageplanung** als vorgelagerte Aufgabe:
 - Grobplanung des Montagesystems
 - Feinplanung der Systemtechnologien
- **Handhaben** als notwendige Aufgabe im Montageprozess:
 - Transportieren, Zuführen und Sichern
- **Fügen** als Hauptaufgabe der Montage:
 - Schrauben, Stecken, Schweißen, Löten, Kleben, Nieten, Füllen, Umformen, Urformen
- **Inbetriebnahme** als eine zentrale Aufgabe:
 - Justieren, Parametrieren und Funktionsprüfung
- Unterstützung durch **Hilfsprozesse**:
 - Speichern, Kontrollieren und Qualitätsprozesse
- Ergänzung durch **Sonderoperationen**:
 - Verpackung, Beschriftung, ...

Systemtechnische Darstellung eines Montagesystems

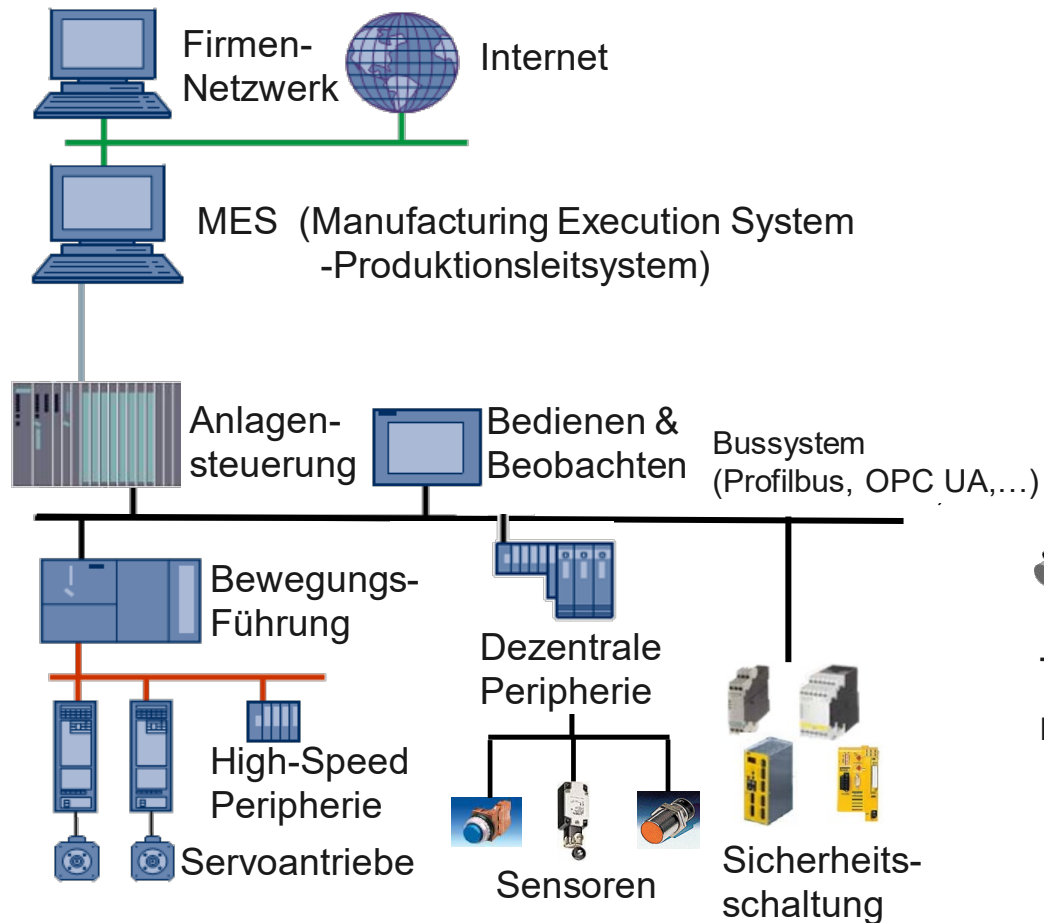


Innerhalb des Montagesystems findet eine Umwandlung der Ein- in die Ausgangsgrößen statt, dabei ist der zentrale Vorgang das planmäßige Zusammenbauen von Produkten aus Einzelteilen.

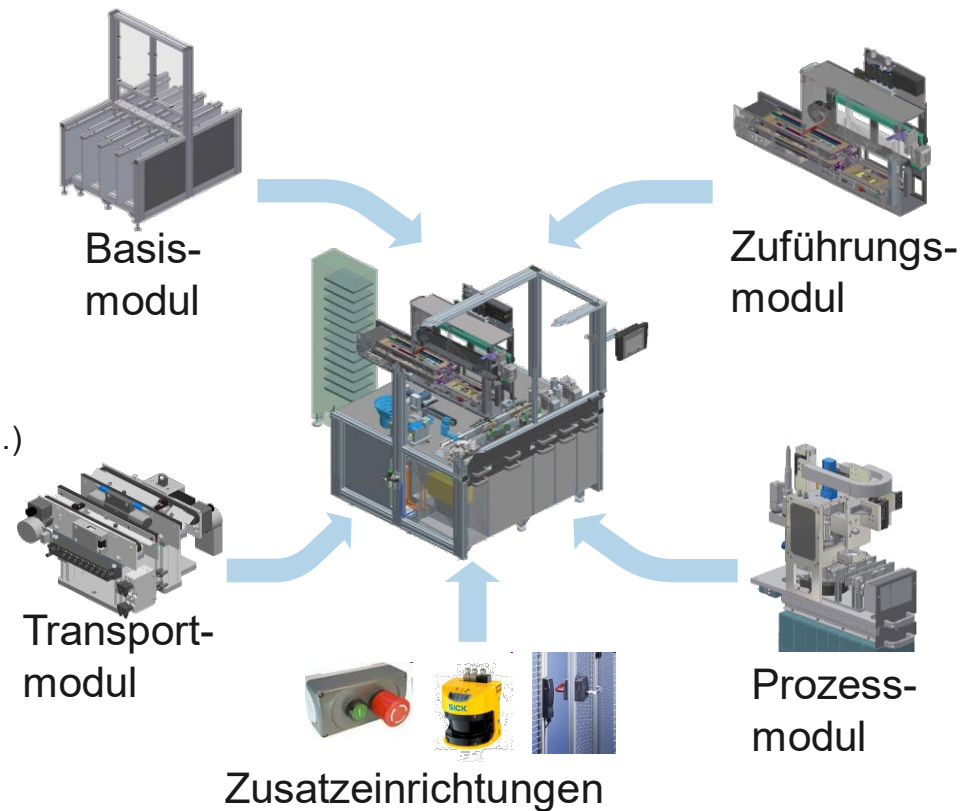
Montageplanung

Montageanlagen Struktur

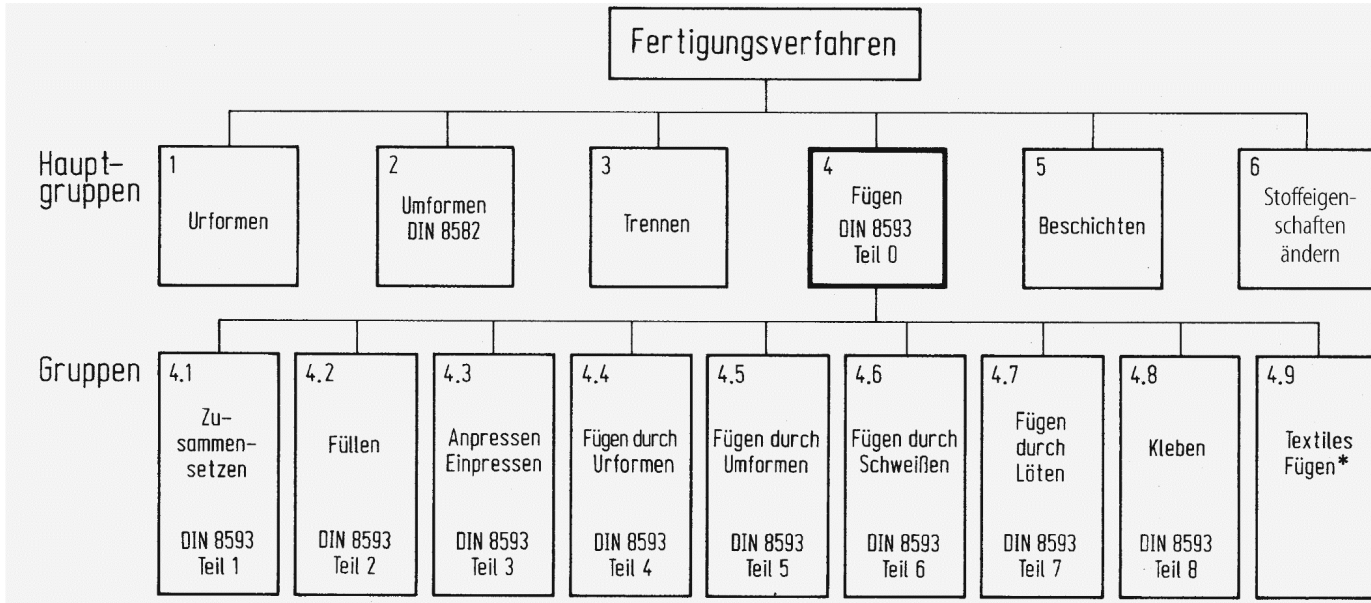
Informationsfluss in Montagesystemen



Typische Strukturelemente eines modularen Montagesystems

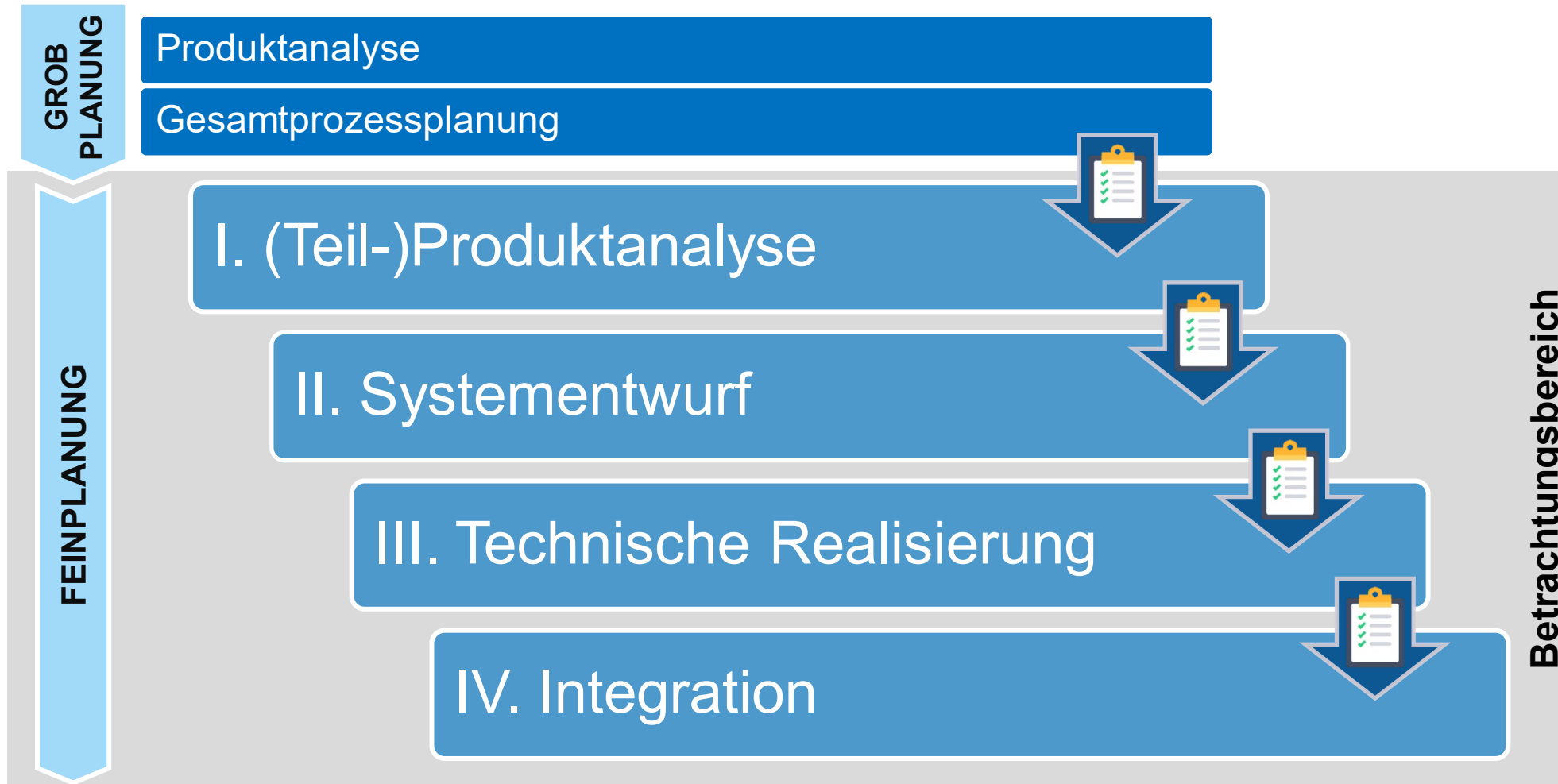


Fügen als Hauptaufgabe der Montage

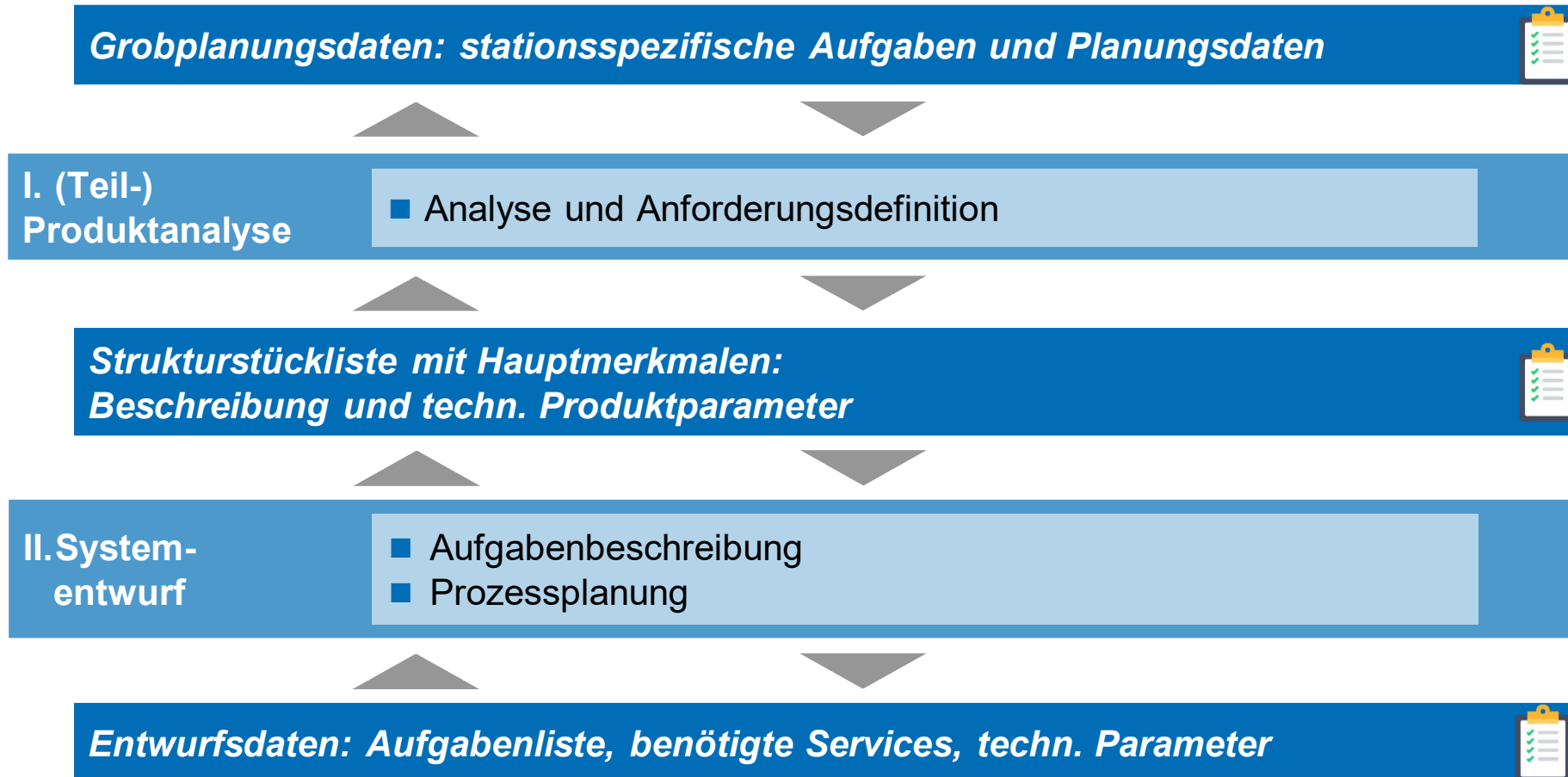


- Zusammensetzen: Unter anderem Einsetzen, Einhängen und Ineinanderschieben
- Füllen: Füllen von Hohlräumen mit Werkstoffen. Beispielsweise das Imprägnieren.
- An- und Einpressen: Schrauben, Nageln oder Pressverbindungen mit Übermaßpassung
- Fügen durch Urformen: Nutzt verschiedene Verfahren des Urformens zum Fügen, insbesondere das Gießen
- Fügen durch Umformen: Nutzt verschiedene Verfahren der Umformtechnik zum Fügen. Beispiele sind Bördeln, Falzen, Biegen und Nieten.
- Fügen durch Schweißen: Fügen unter Einfluss von Wärme und/oder Druck. An den Fugestellen werden die Werkstücke aufgeschmolzen.
- Fügen durch Löten: Fügen durch Schmelzen von Lot. Die Fugestellen werden erwärmt, aber nicht geschmolzen.
- Kleben: Mit Klebstoff
- Textiles Fügen: Spinnen, Flechten Stricken, Nähen³

Vorgehen für die Montageplanung



Produktanalyse und Systementwurf



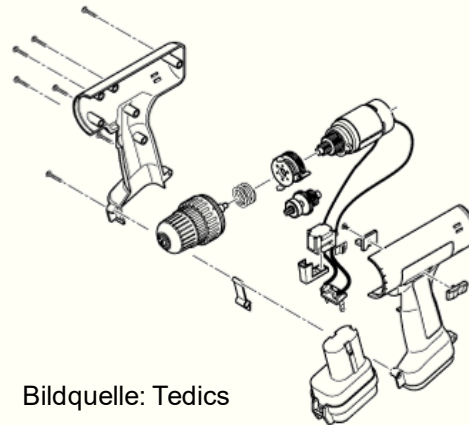
Produktanalyse: Produktaufbau und Produktfunktion

Produktanalyse



Bildquelle: Bosch

Aufbau des Produktes



Bildquelle: Tedics

Mengenstückliste			
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	
1	1	8	
2	2	1	
3	3	11	
4	4	5	
5	5	3	
6	6	1	

Pos. Ident.-Nr. Position Ident-Nummer

Strukturstückliste			
Pos.	Ebene	Ident- Nr.	Menge.
1	1	A	1
2	.2	C	2
3	..3	3	2
4	..3	5	1
5	.2	2	1
6	1	1	8
7	1	B	1
8	.2	D	1
9	..3	C	1
10	...4	3	2

Bildquelle: Eversheim 1997

Produktfunktion



Bildquelle: Bosch

Baukastenstückliste Erzeugnis SL				
Pos.	Ident.-Nr	Menge	AV	
1	A	1	.	}}
2	1	8	.	
3	B	1	.	

Pos. Ident.-Nr. Position Ident-Nummer
AV Auflösungsverweis

Baukastenstückliste Baugruppe A				
Pos.	Ident.-Nr	Menge	AV	
1	C	2	.	}}
2	2	1	.	

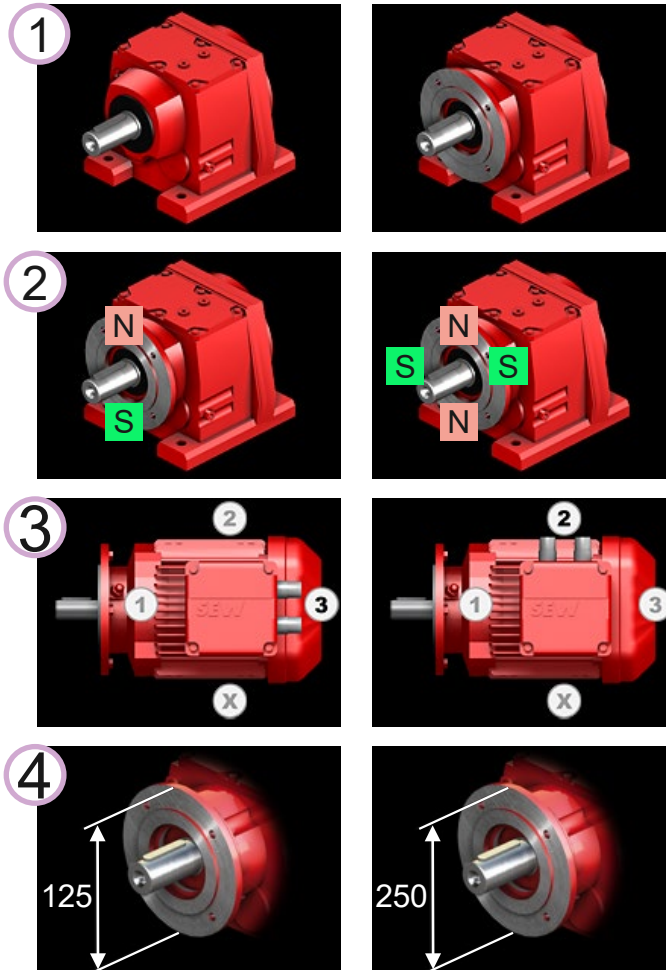
Bildquelle: Eversheim 1997



Produktanalyse: Produktaufbau und Produktfunktion

- Bevor ein Produkt entwickelt wird, sollten zunächst die Markt- bzw. Kundenanforderungen genau spezifiziert werden.
- Sobald die Anforderungen an ein Produkt definiert sind, geht es in die Produktentwicklungsphase, wobei idealerweise eine frühzeitige Integration der Montageplanung ermöglicht werden sollte, mit dem Ziel ein **montagegerechtes Produkt** zu gestalten.
- Sobald die Produktentwicklung abgeschlossen ist, ist für die Planung einer effizienten Montage nicht nur ein **grundlegendes Verständnis** hinsichtlich des Aufbaus sondern auch bezüglich der Funktion des Produktes unabdingbar. Dabei sind insbesondere Kenntnisse bezüglich der Einzelteile und deren Zusammenspiel von Bedeutung. Nur durch eine detaillierte Analyse des Produktes und seiner Funktion kann sichergestellt werden, dass nicht einzelne Produktmerkmale sondern die gesamte Funktion des Produktes durch die Montage effizient erzeugt werden.
- Das Verständnis bezüglich der Funktion des Produktes ist besonders relevant für die Planung und Gestaltung der Inbetriebnahme- und Prüfprozesse, die in der Montage stattfinden.
- Zur Unterstützung der Analyse des Produktes können die in der Konstruktion erstellten Stücklisten und Arbeitsanweisungen verwendet werden.
- Bei den Stücklisten wird zwischen drei verschiedenen Stücklistenarten unterschieden. Während in der **Mengenstückliste** lediglich die Gesamtanzahl der in einem Endprodukt enthaltenen Teile aufgeführt wird, erlaubt die zusätzliche Angabe von Hierarchieebenen in **Strukturstücklisten** Rückschlüsse bezüglich der Häufigkeit und des Ortes, an dem die Teile verbaut sind (d.h. in welchen Baugruppen ein Teil wie häufig verwendet wird). Dadurch kann es jedoch zu Mehrfachnennungen einzelner Positionen kommen. Aus den **Baukastenstücklisten** kann die Zusammensetzung der einzelnen Baugruppen entnommen werden. Sie finden Verwendung bei komplizierten Produkten mit Baugruppen, die auch in anderen Produkten wiederverwendet werden.

Variantenbildung in der Montage auf Bauteilebene



Quelle: Bilder sew-eurodrive.de

- Varianten entstehen durch verschiedene Ausprägungen der Produktmerkmale:
 - Optionale Ausstattung: Im Beispiel des E-Motors kann der Flansch optional hinzugefügt werden
 - Variabel in der Anzahl: Die Anzahl der Polpaare kann variiert werden
 - Variabel bzgl. Montageort: Im Beispiel des E-Motors kann die Steckerlage variieren
 - Verschiedenen Ausprägungen/ Ausmaße: Wird ein Flansch gewählt, kann er verschiedene Durchmesser besitzen.
- Zur systematischen Beschreibung der Produktvarianten wird die stücklistenorientierte Zerlegung um variable Merkmale ergänzt.
- Ein variables Merkmal eines Produktes oder Baugruppe ist gegeben, wenn das Merkmal:
 1. Optional ist
 2. Variabel in der Anzahl ist
 3. Variabel bzgl. Montageort am Produkt ist
 4. In verschiedenen Ausprägungen auftritt



Montageplanung

Weitere Einflussfaktoren, neben der Produktstruktur, auf die Verbaureihenfolge

- Die aus dem Produkt resultierenden Restriktionen / Anmerkungen sind für die Planung der Verbaureihenfolge von großer Bedeutung.
- Aus diesem Grund wird die Ableitung der Verbaureihenfolge auf Basis der Produktanalyse im Folgenden thematisiert. Dabei ist jedoch zu beachten, dass neben dem Aufbau und der Funktion des Produktes noch weitere Faktoren existieren, die die Verbaureihenfolge beeinflussen.
- Dies soll anhand des Beispiels auf Folie 17 verdeutlicht werden. Die dort abgebildete Liste von Bauteilen/ Baugruppen einer Automobilen-Endmontage dient als Vorlage für die Diskussion in einer Expertenrunde. Ziel der Diskussion ist die Bildung einer möglichen Verbaureihenfolge für eine Automobilmontage, um eine Struktur für die nachfolgende Prozessanalyse vorzugeben. Bei der Nummerierung in der Liste werden bewusst 10er-Schritte gewählt, um später das Einfügen von weiteren Operationen zu ermöglichen.
- Wie aus der Folie hervorgeht, werden bei der Bildung der Reihenfolge u.a. die Zugänglichkeit, die Fördertechnik und die Wechselwirkungen der Bauteile/ Baugruppen untereinander als Restriktion berücksichtigt. Eine Zuordnung zu Prozessen und Operationen wird bewusst noch nicht getroffen.

*FIN: Fahrzeugidentifikationsnummer; **FT: Fördertechnik

Montageplanung

Weitere Einflussfaktoren, neben der Produktstruktur, auf die Verbaureihenfolge

Beispiel: Automobil-Endmontage

Verbaureihenfolge			FT**
Nr.	Bauteile/ Baugruppe	Restriktionen / Anmerkungen	FT
20	FIN*-Prägen	beste Zugänglichkeit, wenig Störkonturen durch Teile	Skid
30	Typ- bzw. FIN-Schild	nah bei FIN-Prägen, ideal gleicher Takt	Skid
40	Türenausbau	technisch vor FIN-Prägen möglich, aber in Bezug auf Belegung mit Werker günstiger danach	Skid
50	Türdichtungen	Abdecken der Rohbauflansche, Verletzungsgefahr	Skid
210	Dämmungen (Schaumstoffe)	Verbau vor Kabelstrang	Skid
220	Steuergerät Airbag	Verbau vor Kabelstrang	Skid
230	Steuergerät Getriebe	Verbau vor Kabelstrang	Skid
300	Kopfairbag	vor Himmel	Skid
310	Himmel		Skid
400	Bremsdruckleitungen unten	vor Fahrwerk	Gehänge
410	Bremsdruckleitungen Motorraum	vor Fahrwerk	Gehänge

*FIN: Fahrzeugidentifikationsnummer; **FT: Fördertechnik

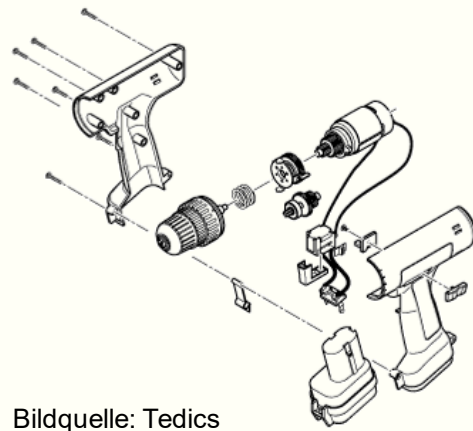
Montageplanung

Vorranggraph: Hilfsmittel zur Planung der Montager Reihenfolge

Aufbau des Produktes



Bildquelle: Bosch



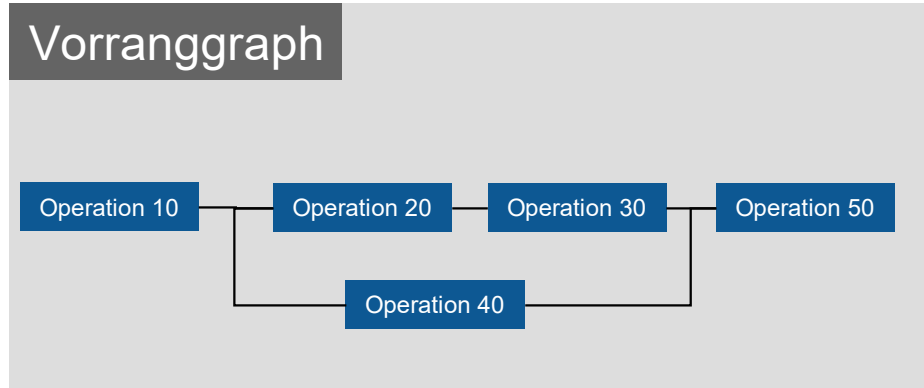
Bildquelle: Tedics

Mengenstückliste			
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	
1	1	8	
2	2	1	
3	3	11	
4	4	5	
5	5	3	
6	6	1	

Pos.: Position
Ident.-Nr.: Ident-Nummer

Strukturstückliste			
Pos.	Ebene	Ident- Nr.	Menge.
1	1	A	1
2	.2	C	2
3	..3	3	2
4	..3	5	1
5	.2	2	1
6	1	1	8
7	1	B	1
8	.2	D	1
9	..3	C	1
10	...4	3	2

Tabellen: Eversheim





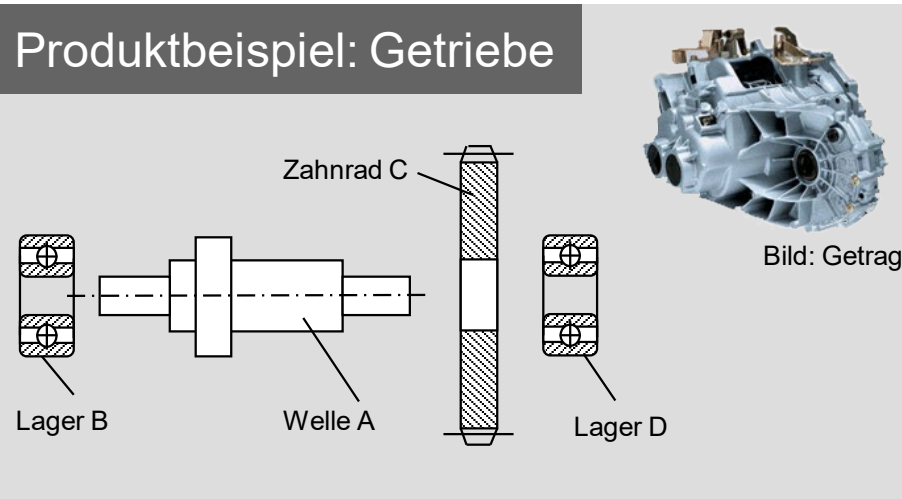
Montageplanung

Vorranggraph: Hilfsmittel zur Planung der Montagereihenfolge

- Nachdem die Funktion und der Aufbau des Produktes bekannt sind, kann die Montagereihenfolge abgeleitet werden.
- Als visuelles Hilfsmittel für die Festlegung der Montagereihenfolge wird oft mit dem **Vorranggraph** gearbeitet.
- Wesentlich ist, dass der Vorranggraph in ganz unterschiedlicher Tiefe genutzt werden kann - zum einen zur Beschreibung einzelner Operationen und zum anderen aber auch zur Beschreibung des globalen Ablaufes.
- In dem Vorranggraph werden dabei nicht nur die frühesten und spätesten Verbaupunkte von einzelnen Bauteilen über die Verknüpfung der Operationen durch gerichtete Kanten visualisiert und vorgegeben sondern auch prozess- und variantenabhängige Operationen berücksichtigt. Dazu gehört bspw. bei einer Verklebung das Aktivieren der Oberfläche oder das Aushärten des Klebers, was einerseits hinsichtlich der Operationsabfolge aber auch vom zeitlichen Ablauf bei der Einplanung und Abfolge der Operationen in der Montage berücksichtigt werden muss.

Vorranggraph: Bestimmung und Visualisierung der Reihenfolge

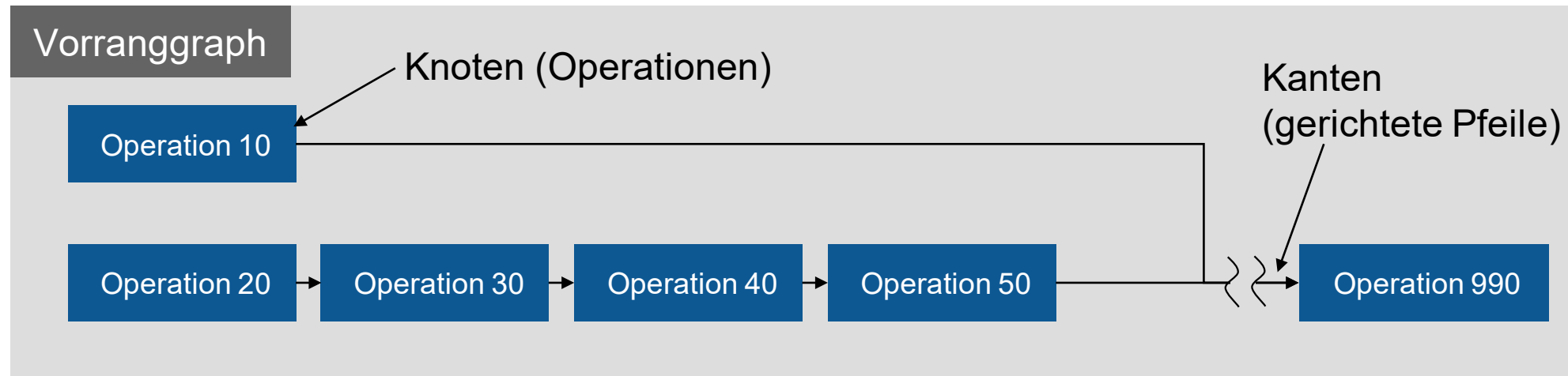
Produktbeispiel: Getriebe



Beispiele für Operationen

- Operation 10: Lager B auf Welle A schieben
- Operation 20: Zahnrad C erhitzen zwecks Aufweiten
- Operation 30: Erhitztes Zahnrad C auf Welle A schieben
- Operation 40: Zahnrad C abkühlen → Presspassung
- Operation 50: Lager D auf Welle A schieben
- ...
- Operation 990: Gehäusedeckel aufsetzen

Vorranggraph





Montageplanung

Vorranggraph: Bestimmung und Visualisierung der Reihenfolge

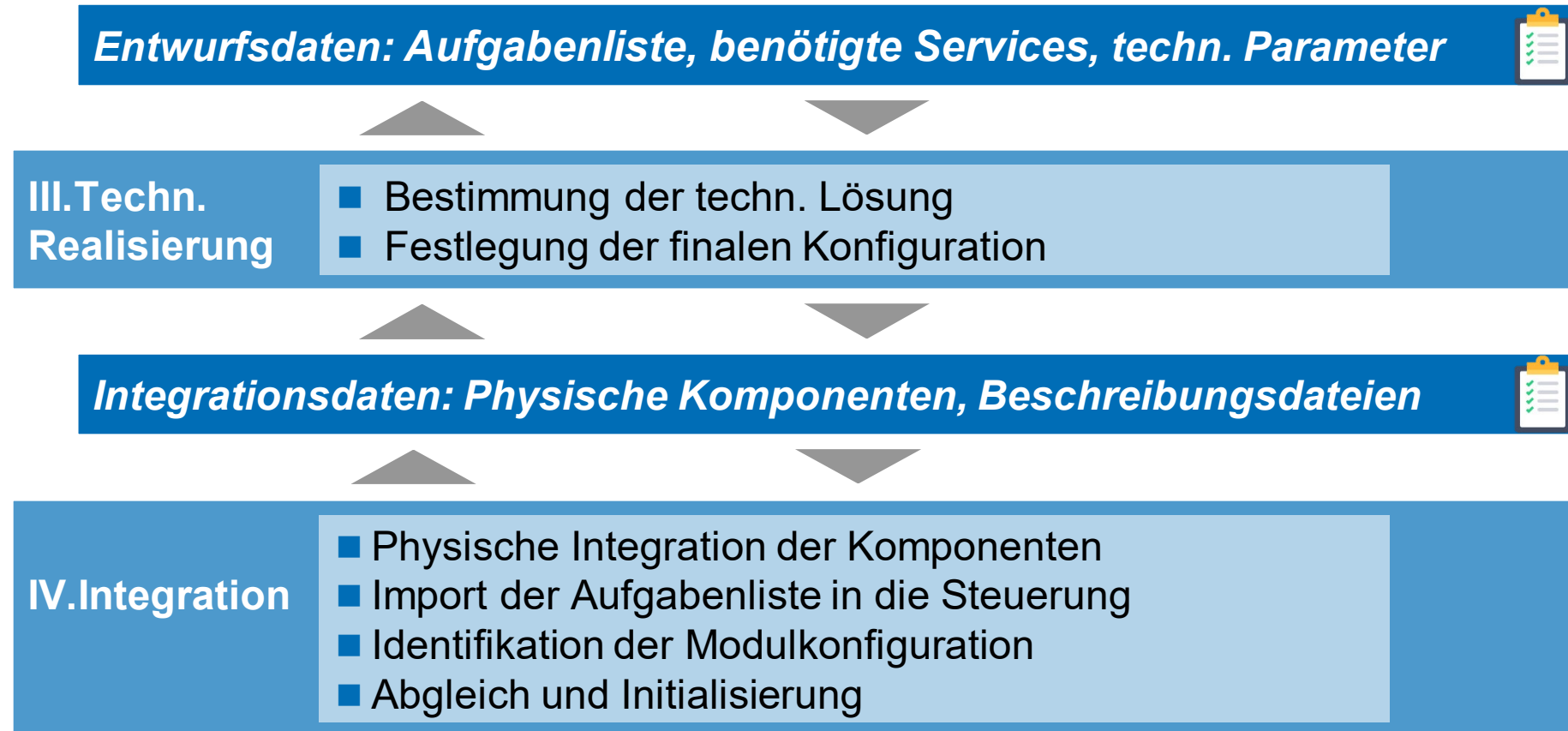
Der Vorranggraph kann als eine Art Netzplan angesehen werden, der zur übersichtlichen graphischen Darstellung der Struktur einer Montageaufgabe mit allen Operationen sowie deren Abhängigkeiten dient.

Bei der Erstellung des Vorranggraphs sind eine Reihe von Regeln zu beachten:

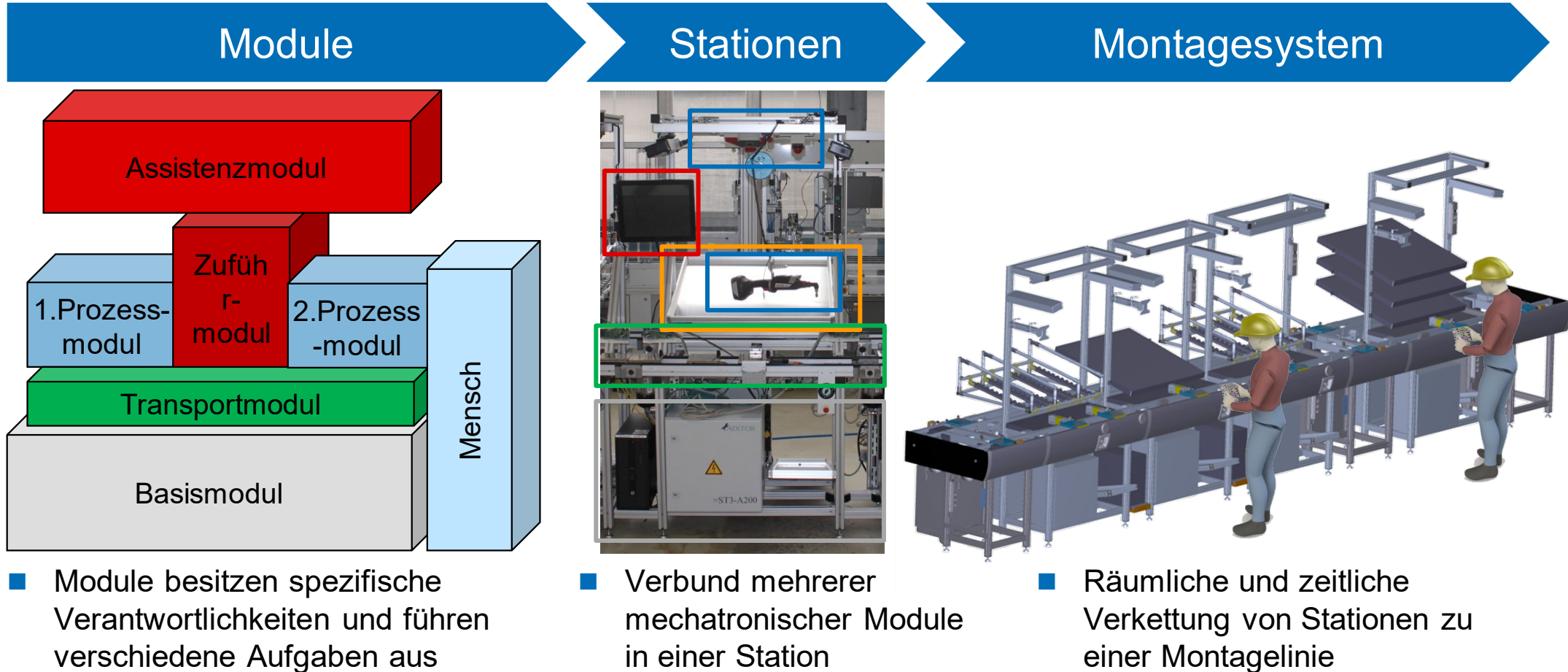
- Die Operationen werden durch Knoten, Abhängigkeiten durch gerichtete Kanten (Pfeile) dargestellt.
- Ein Vorranggraph kann beliebig viele Anfangsknoten und Endknoten haben. Er beschreibt sequenziell aufeinanderfolgende Operationen (ohne Informationsflüsse) und besitzt somit keine Schleifen (z.B. werden keine Wiederholungen wie Nacharbeit aufgeführt).
- Der Vorranggraph muss kein geschlossenes Ganzes darstellen. Er bildet die Grundlage für die Aufteilung der gesamten Montageoperation in einzelne Montageabschnitte. Er darf aus mehreren unabhängigen Teilgraphen bestehen und auch völlig unabhängige Operationen ohne Vorgänger und ohne Nachfolger haben.

Quelle: [KONO03]

Technische Realisierung und Integration



Konfiguration des Montagesystems aus einzelnen Modulen



Adaption an verschiedene Produktanforderungen und Produktionsprogramme durch flexibles **Zusammenspiel** und **Kombination der Fähigkeiten**.

Gesamtübersicht Planungsablauf

