

Wandlungsfähige Strukturen – Innovative Konzepte zur Standortsicherung

Dipl.-Wirtsch.-Ing. C. L. Heger
(heger@ifa.uni-hannover.de)

2. Juli 2004, Sulzfeld

Leitbild des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover

Vision

Wir wollen zu den international führenden Instituten zur Erforschung logistischer und organisatorischer Zusammenhänge bei Planung und Betrieb der Produktion variantenreicher Stückgüter gehören

Mission

Unsere Aufgabe ist die Forschung und Lehre auf dem Gebiet der logistikorientierten Modellierung, Simulation und Organisation von Produktionsstrukturen, -anlagen und -abläufen

Ziele

- Nutzung neuer Lehrformen und Medien in der Lehre
- Forschungsgespeiste und anwendungsorientierte Lehre
- Ständige Evaluation der Lehre
- Nationale und internationale Präsenz in anerkannten Zeitschriften und Kongressen
- Anwendungsorientiert angelegte Grundlagenforschung
- Entwicklung praxistauglich innovativer Modelle, Methoden und Werkzeuge
- Attraktives Arbeitsumfeld
- Integraler Bestandteil der produktionstechnischen
- Institutsgruppe des Fachbereichs Maschinenbau

Interessengruppen

- Studenten
- Wissenschaftliche Mitarbeiter
- Fachbereich Maschinenbau
- Universität Hannover
- Industrie- und Dienstleistungsunternehmen
- Forschungsträger
- Wissenschaftliche Gesellschaften
- Fachverbände

Produktionstechnik am Universitätsstandort Hannover

Produktionstechnische Institute der Universität Hannover

Werkstoffkunde (IW)
Prof. Bach
Prof. Haferkamp

Umformtechnik und -maschinen (IFUM)
Prof. Behrens

Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)
Prof. Denkena
Prof. Tönshoff

Mikrotechnologie (imt)
Prof. Gatzen

Transport und Automatisierungstechnik (ITA)
Prof. Overmeyer

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA)
Prof. Nyhuis
Prof. Wiendahl

Fachgebiet Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen (PSLT)
Prof. Schulze

Universitätsnahe Forschungseinrichtungen

Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
Prof. Doege
Prof. Tönshoff
Prof. Wiendahl

Laser Zentrum Hannover e.V.
Prof. Haferkamp
Prof. Tönshoff
Prof. Welling

Fabrikplanung FAP

- Neu- und Umplanung
- Wandlungsfähigkeit
- Planungsprozess
- Planungsmethoden

Produktionsmanagement PM

- Kennlinientheorie
- Steuerungsverfahren
- Analysetechniken

Produktionsanlagen PA

- Auslegung
- Verfügbarkeit
- Materialversorgung
- Instandhaltung

Arbeitswissenschaft

- Arbeitssystemanalytik
- Qualifizierung
- Arbeitsschutz

Querschnittsthema: Logistik für Produktionsunternehmen

• Beschaffung

• Produktion

• Distribution

• Rückführung

Modell der ganzheitlichen Produktionssystemgestaltung am Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Strategie

Szenarien Anlauf Verknüpfung Geschäftsprozesse

Struktur

Gebäude Organisation Layout

Fabrikplanung (FAP)

Lenkung

Fertigung Lager Montage

Produktionsmanagement (PM)

Wertschöpfung

Aufgaben Anlagen

Produktionsanlagen (PA)

Arbeitsorganisation **Arbeitswirtschaft** **Arbeitsgestaltung**

Technik T-O-P Personal
Organisation

Arbeitswissenschaft

Leistungsangebote des IFA für die Industrie

Workshops

- Projektdefinitionsworkshop (Ziele und Projektstruktur)
- Entwicklung von Fabrik-, Produktions-, und Logistikstrategien
- Stärken-Schwächenanalyse bestehender Strukturen
- Strukturdesign und -auswahl
- Layoutgestaltung und -auswahl

Planspiele logtime, PEflex-Trainer

Mit Hilfe der Planspiele können Prozessabläufe in konventionellen Fertigungs- und Montage Strukturen realitätsnah abgebildet sowie Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Abläufe einfach erlebt werden. Die Teilnehmer erkennen spielerisch den Erfolg der Verbesserungsmaßnahmen sowie relevante logistische Zusammenhänge in Produktionsunternehmen.

Planungs- und Analyseprojekte

- Neuplanung von Fabriken
- Restrukturierung von Produktionsprozessen
- Engpassorientierte Logistikanalysen
- Logistische Lageranalysen
- Entwicklung hocheffizienter Montagezellen
- Untersuchung und Optimierung des Betriebsverhaltens verketteter Anlagen

Schulungen (Seminare, Vorträge)

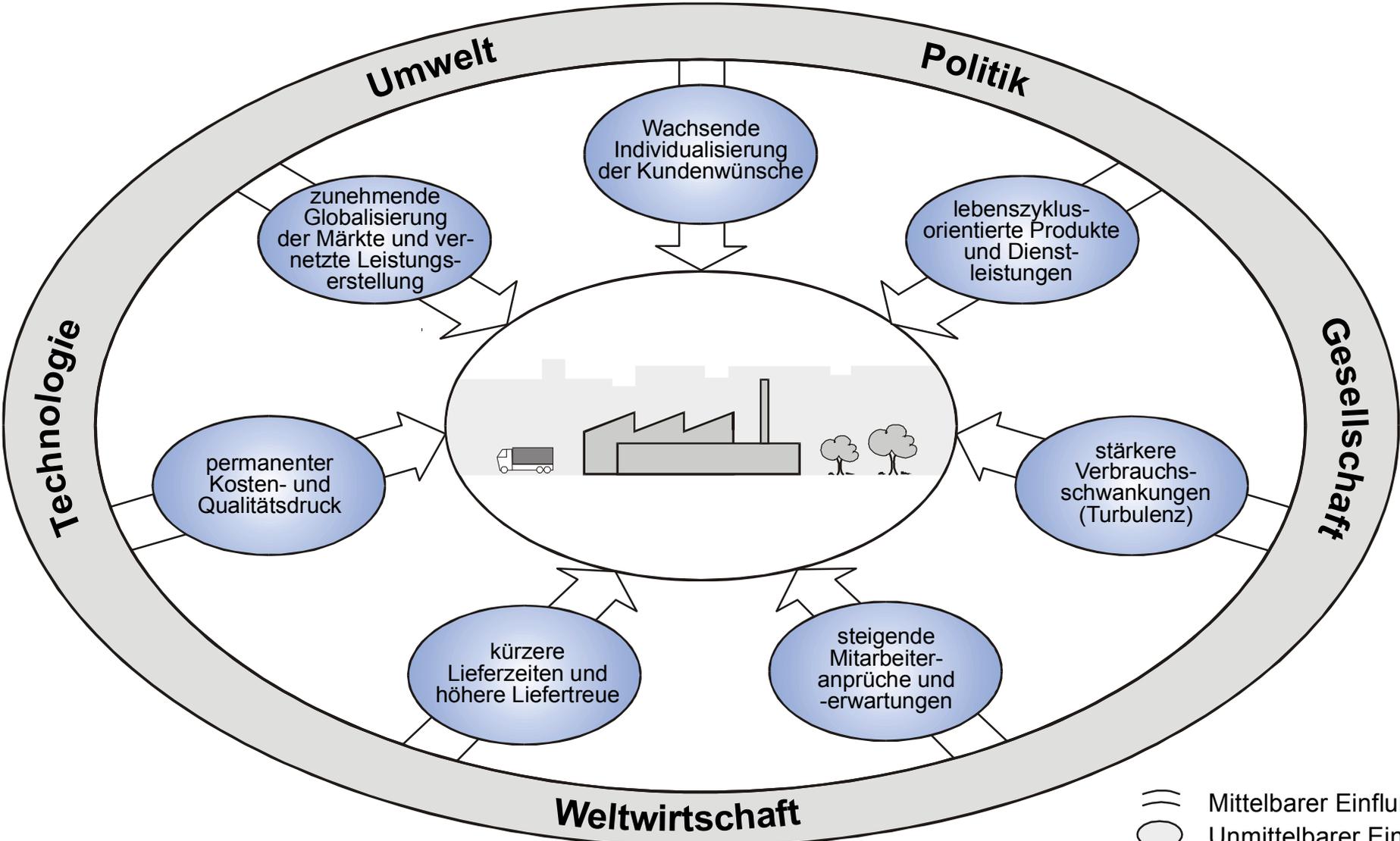
- Moderne Fabrikplanung
 - Systematische Vorgehensweise
 - Planungsmethoden / -werkzeuge
- Produktionsmanagement
 - Logistische Beherrschung von Produktionsabläufen
 - Modelle und Verfahren

Das Produktionstechnische Zentrum Hannover - PZH

Leitsätze PZH

- Konzentration der Produktionstechnik und Abbildung der Prozesskette durch die Zusammenführung von 6 Instituten
- Förderung der Kommunikation durch anspruchsvolle Architektur
- Integration von Wissenschaft und Industrie

Veränderungstreiber von Produktionsunternehmen



Mittelbarer Einfluß
 Unmittelbarer Einfluß

Warum Veränderungsfähigkeit?

Produktion 2050, Auszug aus den Megatrends der Produktionstechnik

- Flexibilisierung der Organisationsformen
- Modularisierung

[IWB, Münchner Kolloquium 2003]

Auszug aus den Top 10 heutiger Wandlungsauslöser

- Änderung des Bedarfstermins (93%)
- Änderung der Bedarfsmengen (93%)
- Änderung der Lieferbedingungen (88%)
- Änderung der geforderten Lieferzeit (83%)
- Änderung des Produktmixes (79%)

[IPA/IFF, Studie 2001/02 mit 200 Unternehmen]

„Es gibt immer mehr Dynaxität (Komplexität und Dynamik). [...] Der freie, transparente Info-Austausch zwischen Individuen verstärkt diese Entwicklung.“

[Trendletter, Juli 2003, Prognose für 2004]

Drei Viertel aller befragten Unternehmen betrachten das Thema Veränderungsfähigkeit als sehr wichtig.

[IPH, Fragebogenerhebung, Industriearbeitskreis wdmf 2003]

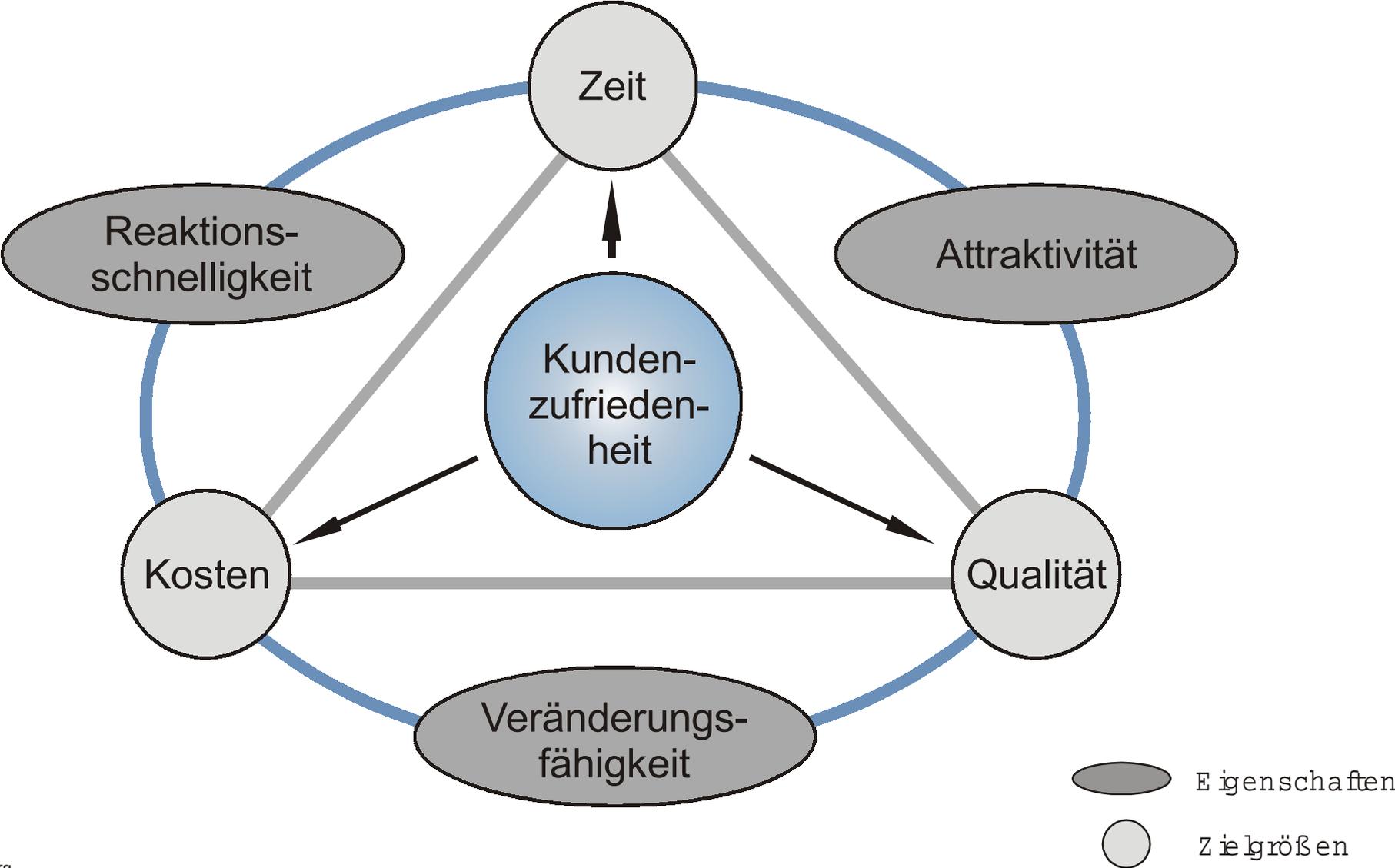
„Einem über lange Zeit bekannten Wandlungsbedarf wurde aufgrund der stark verflochtenen Strukturen und der sich daraus ergebenden Komplexität des nötigen Wandels nur in einzelnen Fällen und in Ansätzen nachgekommen.“

[IPH, Aussage eines Unternehmens, Industriearbeitskreis wdmf 2003]

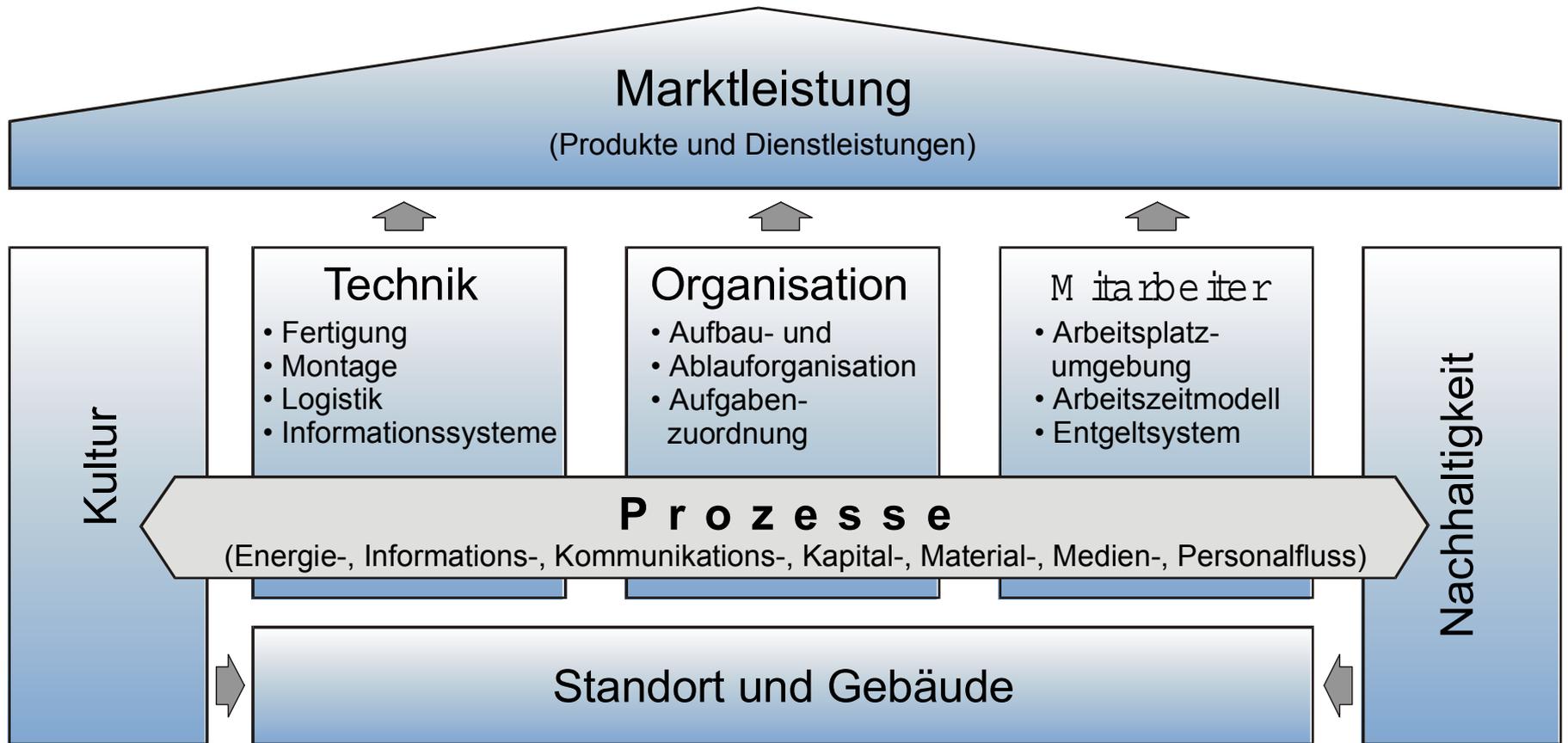


Veränderungsfähigkeit stellt einen entscheidenden Schlüsselfaktor bei der Planung wettbewerbsfähiger Fabriken dar. Häufig bestehen jedoch noch Probleme bei der Umsetzung.

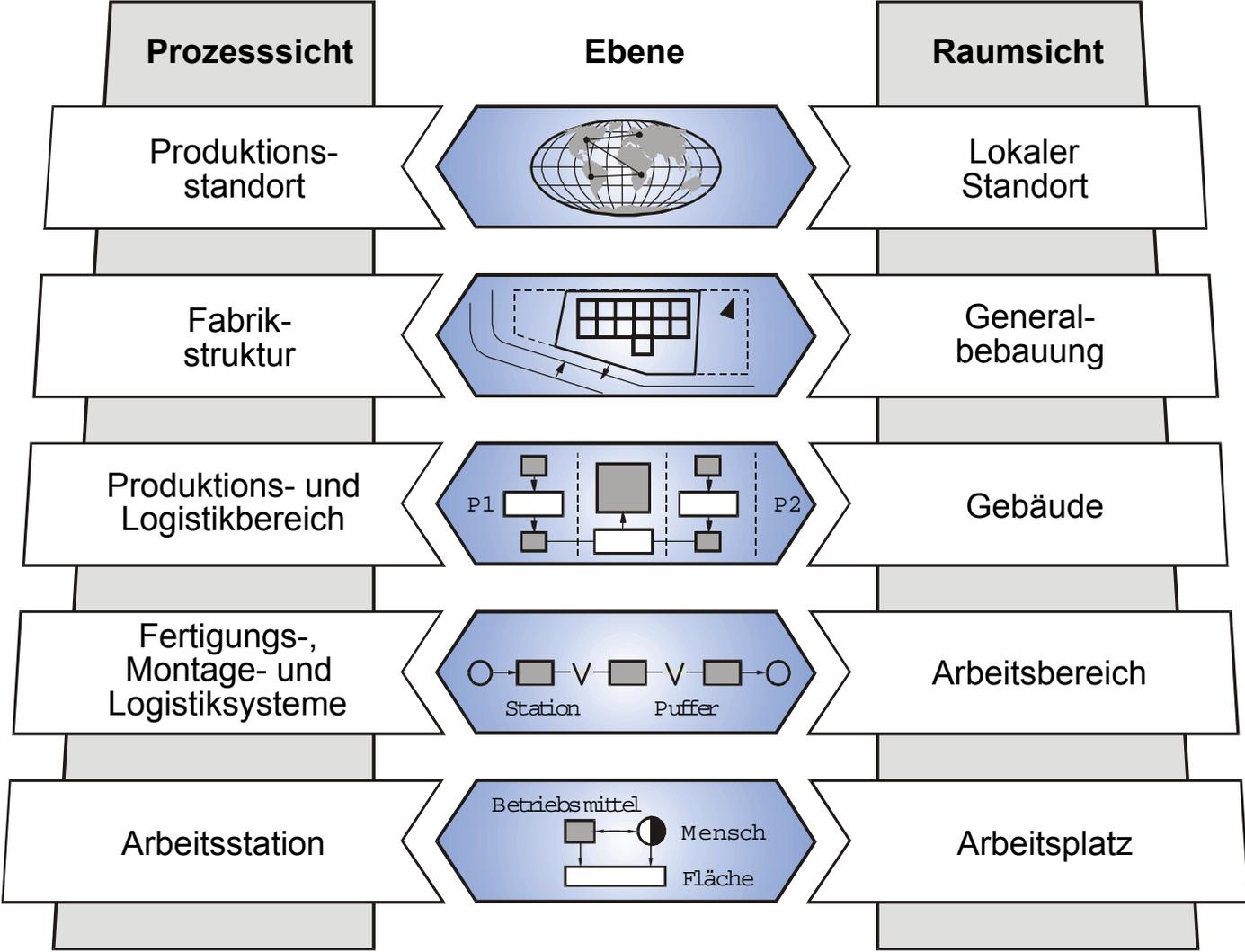
Wettbewerbsfaktoren überlegener Fabriken



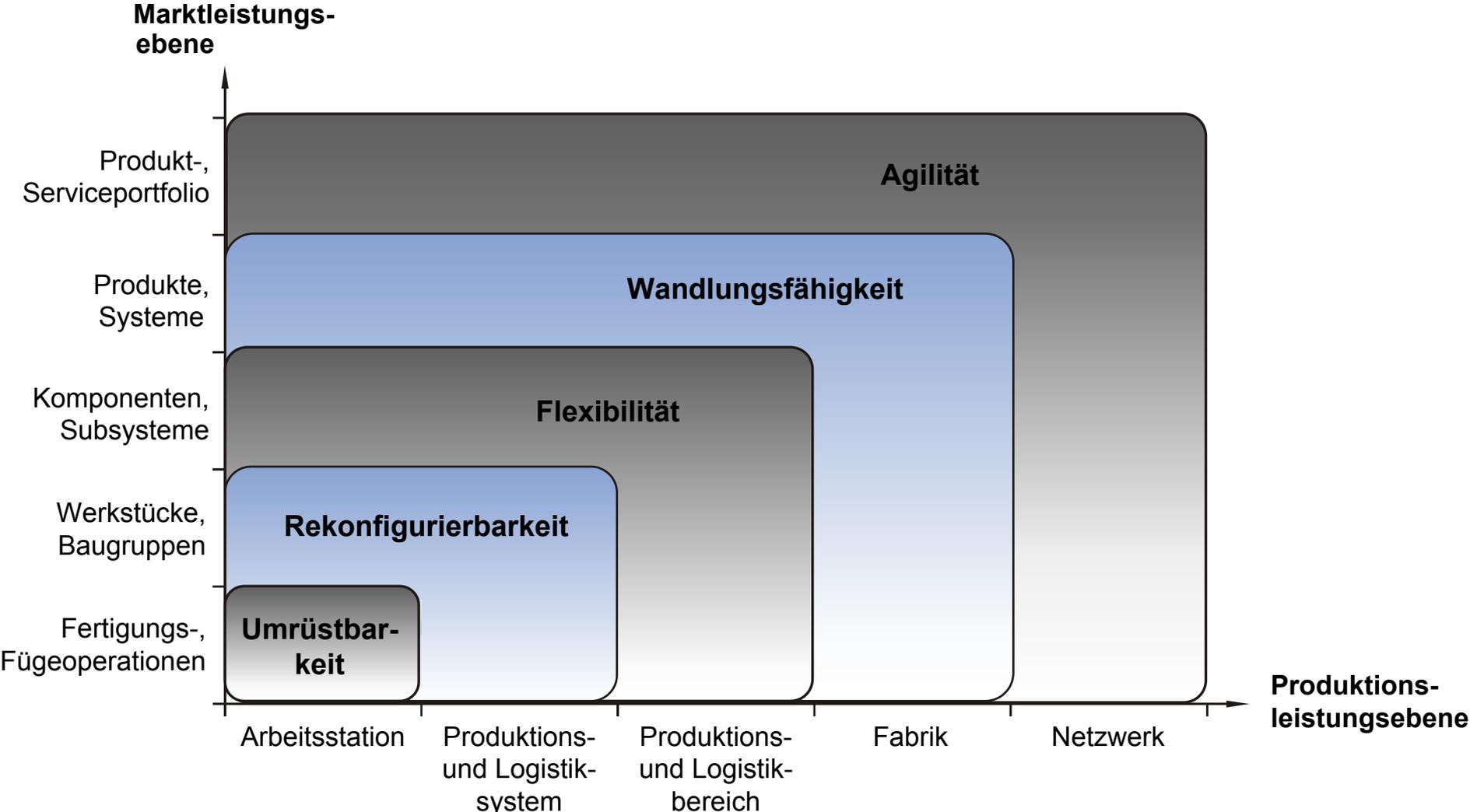
Gestaltungsfelder der Fabrik



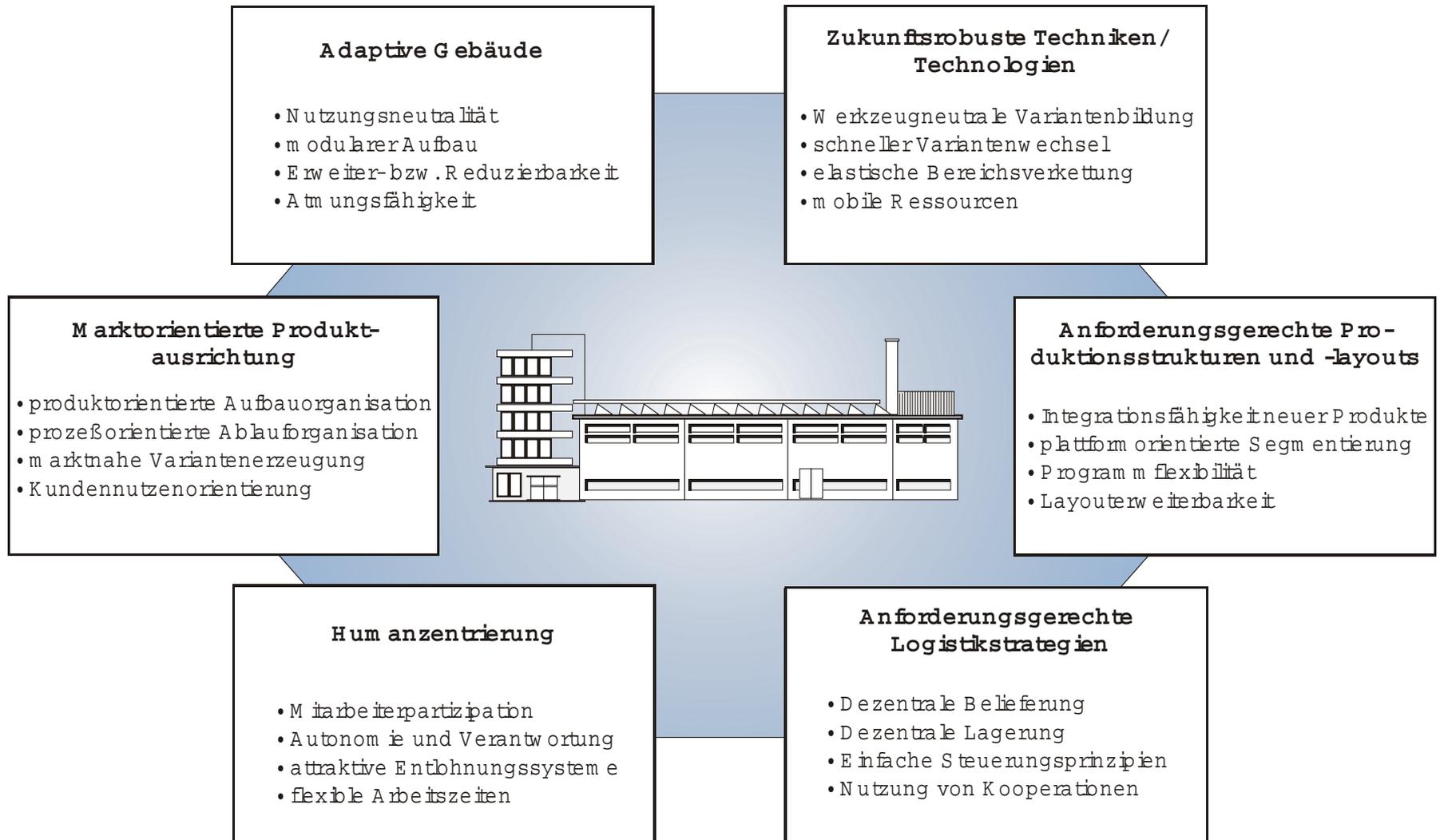
Strukturierungsebenen der Fabrik aus Sicht der Prozess- und Raumplanung



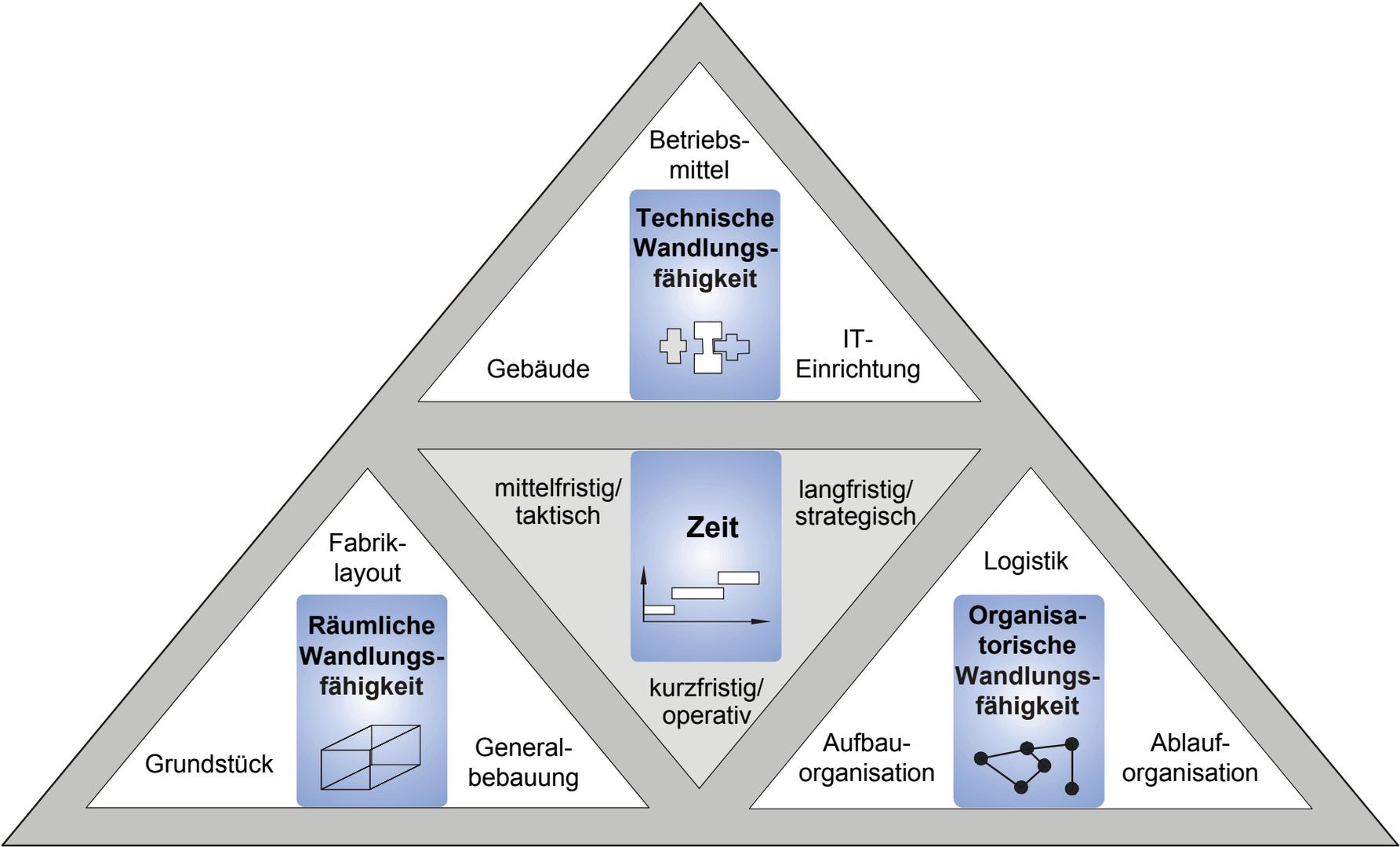
Veränderungstypen der Fabrik



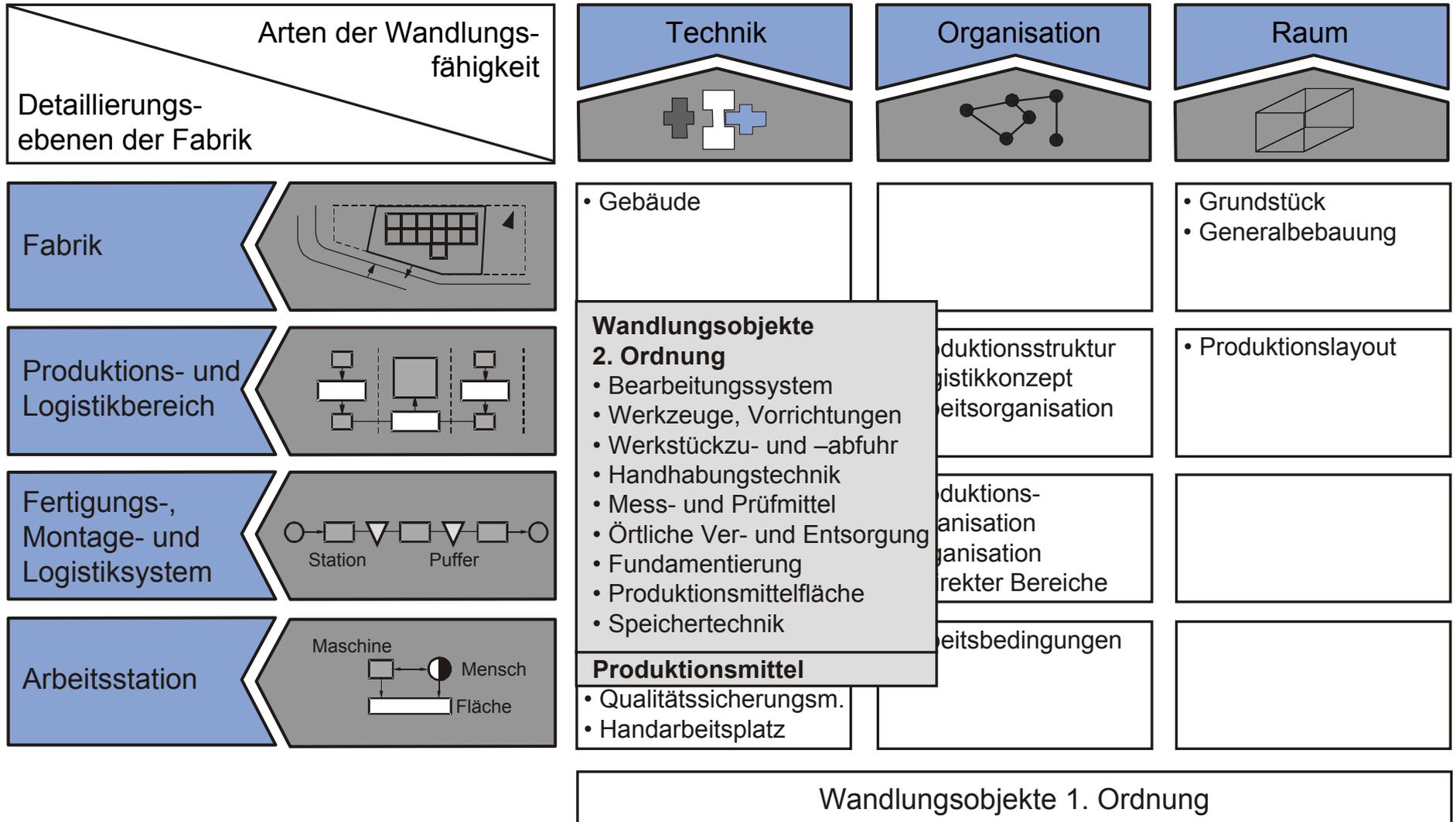
Bausteine und Merkmale der Wandlungsfähigkeit



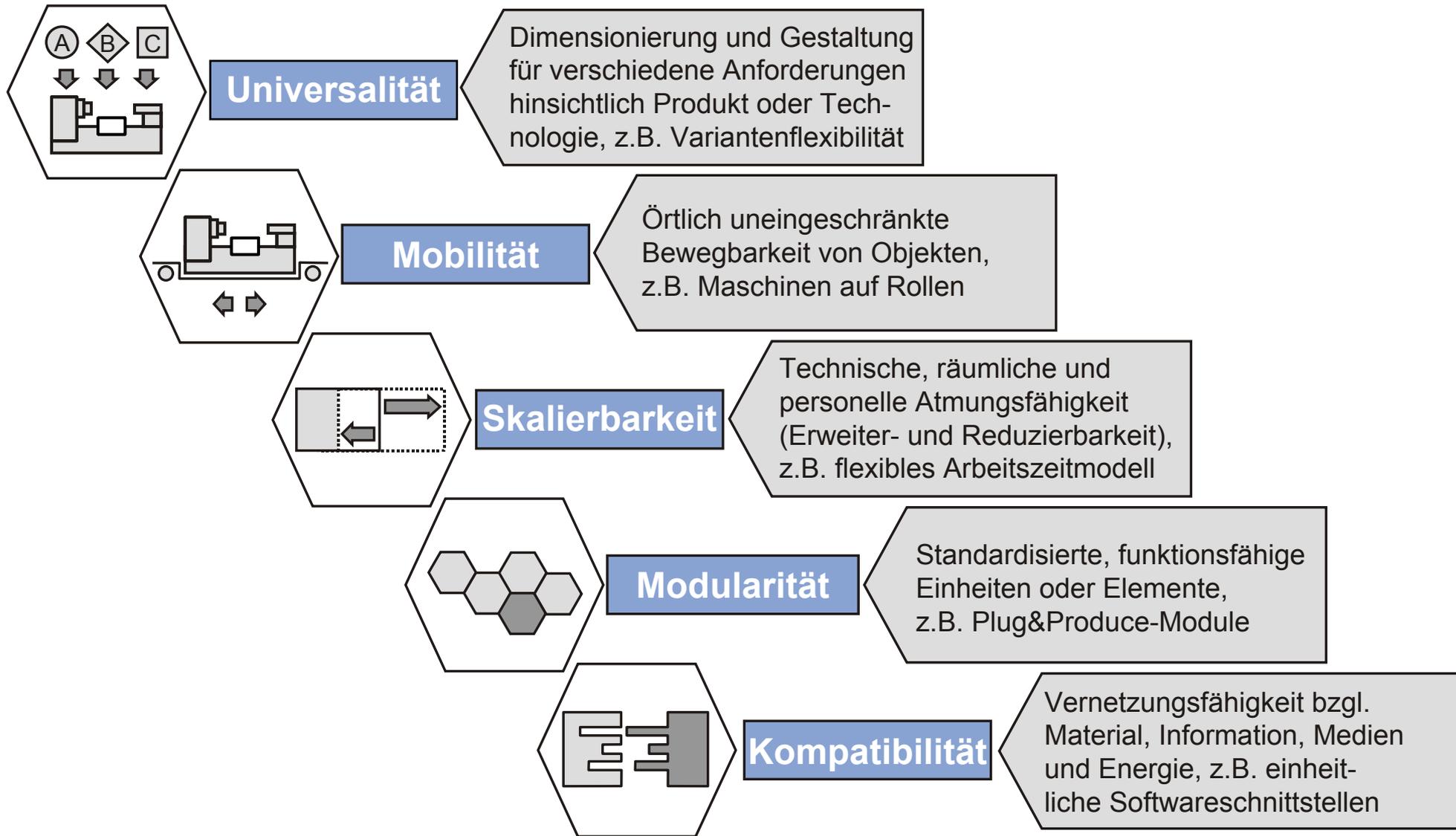
Arten und Dimensionen fabrikplanerischer Wandlungsfähigkeit



Wandlungsobjekte 1. Ordnung geordnet nach Ebenen und Art der Wandlungsfähigkeit



Wandlungsbefähiger



Mögliche Wandlungsbausteine

Wandlungsbefähiger

Ebene	Wandlungsobjekte	Universalität	Mobilität	Skalierbarkeit	Modularität	Kompatibilität
Fabrik	<ul style="list-style-type: none"> • Grundstück • Generalbebauung • Gebäude 	✓		✓		✓
		✓		✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
Produktions- und Logistikbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsstruktur • Produktionslayout • Logistikkonzept • Arbeitsorganisation 	✓		✓	✓	✓
		✓		✓	✓	✓
		✓		✓		✓
		✓		✓		
Produktions- und Logistiksystem	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsorganisation • Organisation indirekter Bereiche • Lagermittel • Transportmittel • IT-Hardware • IT-Software 	✓		✓		✓
		✓		✓		✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓		✓
		✓		✓	✓	✓
Arbeitsstation	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsverfahren • Produktionsmittel • Qualitätssicherungsmittel • Handarbeitsplatz • Arbeitsbedingungen 	✓				✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓				

Fallbeispiel I: Automobil-Zuliefererindustrie, Planung einer hochflexiblen, zukunftsfähigen Fabrik

Ausgangssituation Anstieg des Produktionsvolumens und der Varianten um über 110% in den nächsten 5 Jahren

Aufgabe Neuplanung eines Montagewerks in der Automobilzuliefererindustrie

Ziel Höchste Veränderungsfähigkeit für Prozesse, Systeme und Gebäude

Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit

- 5% Produktivitätssteigerung p.a.
- 16 Monate Amortisationszeit

Anforderungen an die Logistik

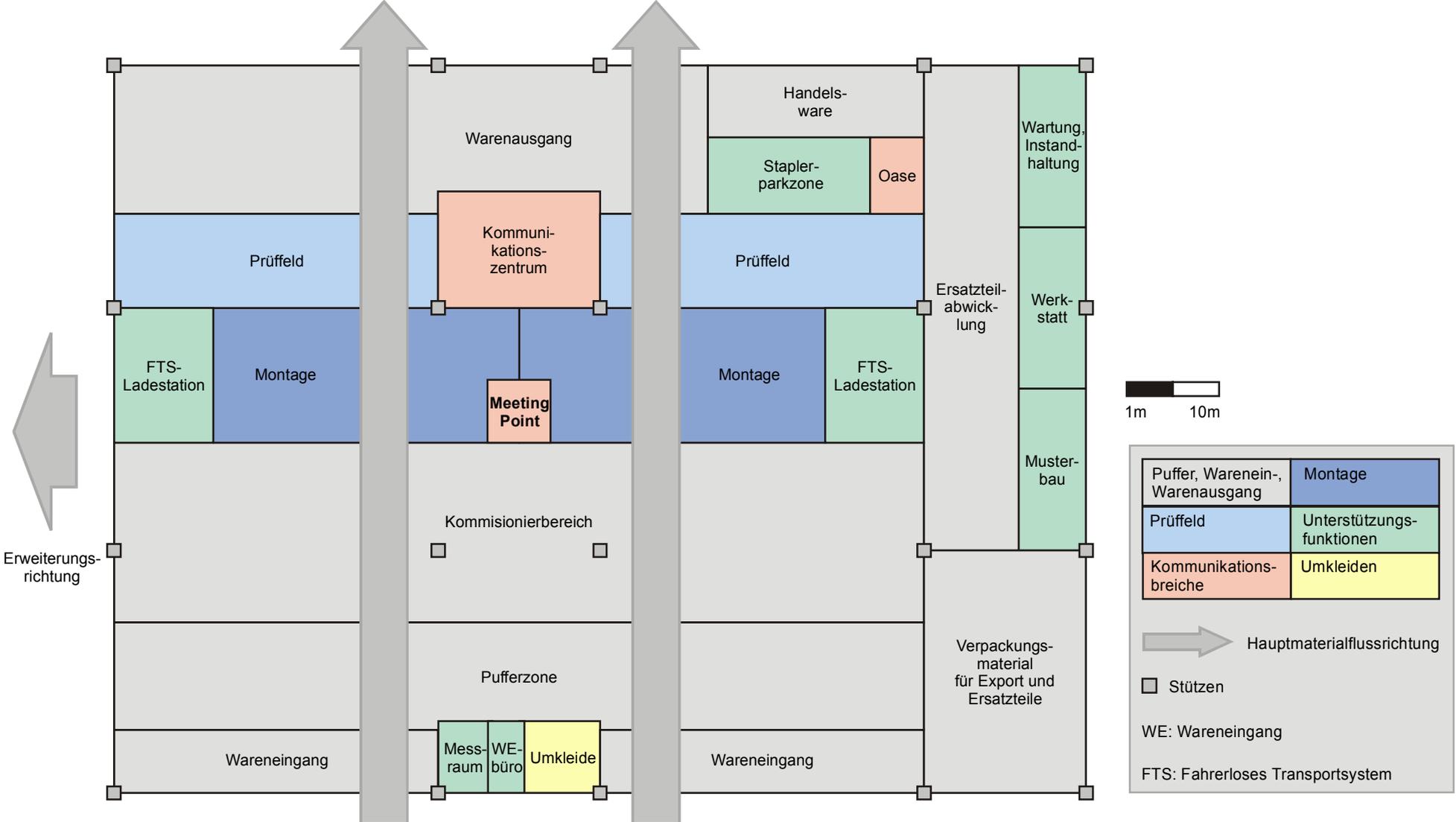
- Just-in-Sequence-Lieferung zum Kunden
- 100% Liefertreue bei 0 Fehlern
- einfaches, durchgängiges Steuerungssystem
- keine Lager
- Umschlagshäufigkeit > 68

Anforderungen an das Gebäude

- Störungsfreie Erweiterbarkeit
- Erweiterungsfähigkeit in kleinen Schritten
- hohe Nachnutzbarkeit des Gebäudes



Groblayout



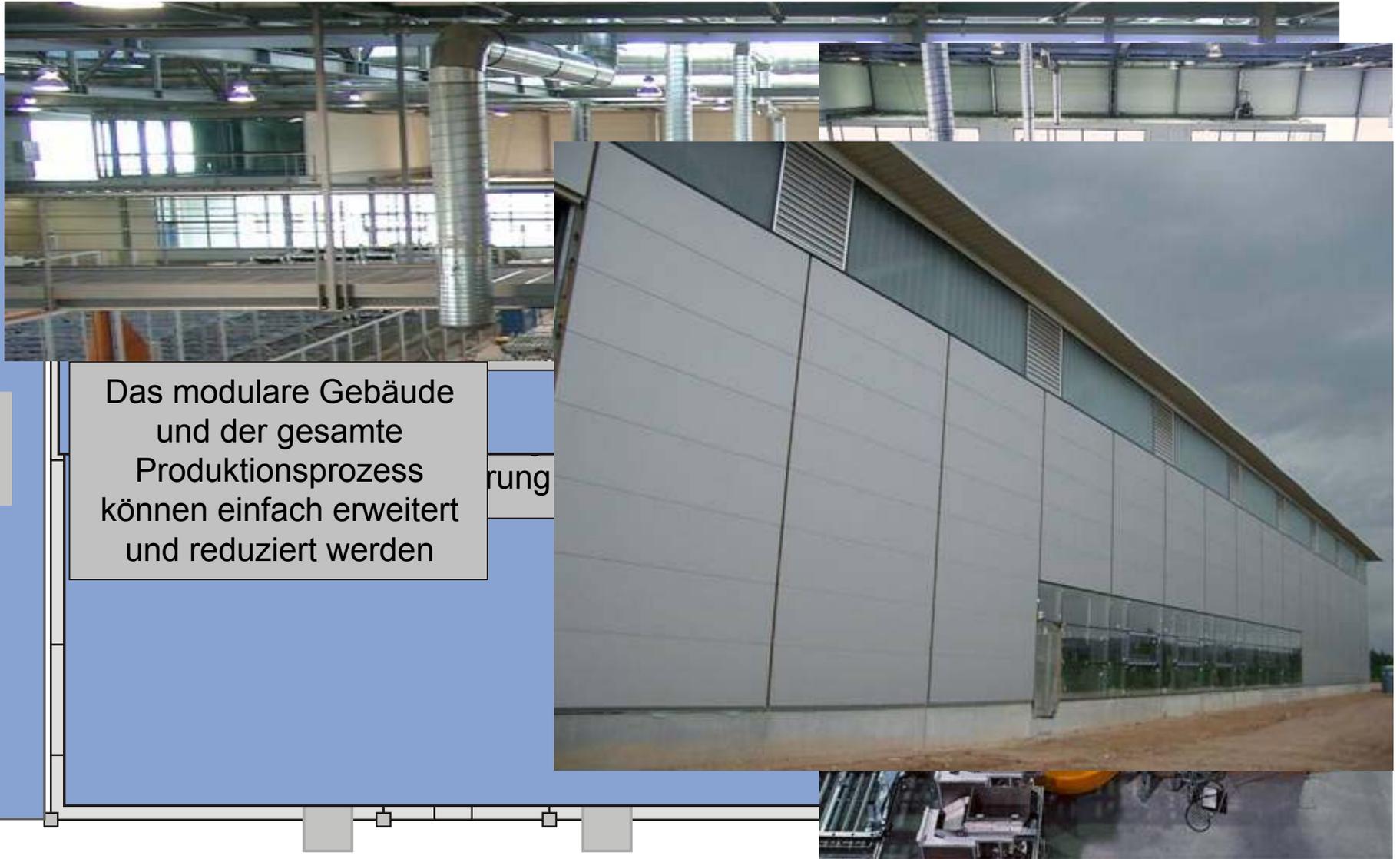
Betrachtete Wandlungsbausteine

Wandlungsbefähiger

Universalität
Mobilität
Skalierbarkeit
Modularität
Kompatibilität

Ebene	Wandlungsobjekte	Universalität	Mobilität	Skalierbarkeit	Modularität	Kompatibilität
Fabrik	<ul style="list-style-type: none"> • Grundstück • Generalbebauung • Gebäude 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
Produktions- und Logistikbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsstruktur • Produktionslayout • Logistikkonzept • Arbeitsorganisation 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktions- und Logistiksystem	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsorganisation • Organisation indirekter Bereiche • Lagermittel • Transportmittel • IT-Hardware • IT-Software 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Arbeitsstation	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsverfahren • Produktionsmittel • Qualitätssicherungsmittel • Handarbeitsplatz • Arbeitsbedingungen 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				

Wandlungsbausteine im neuen Werk



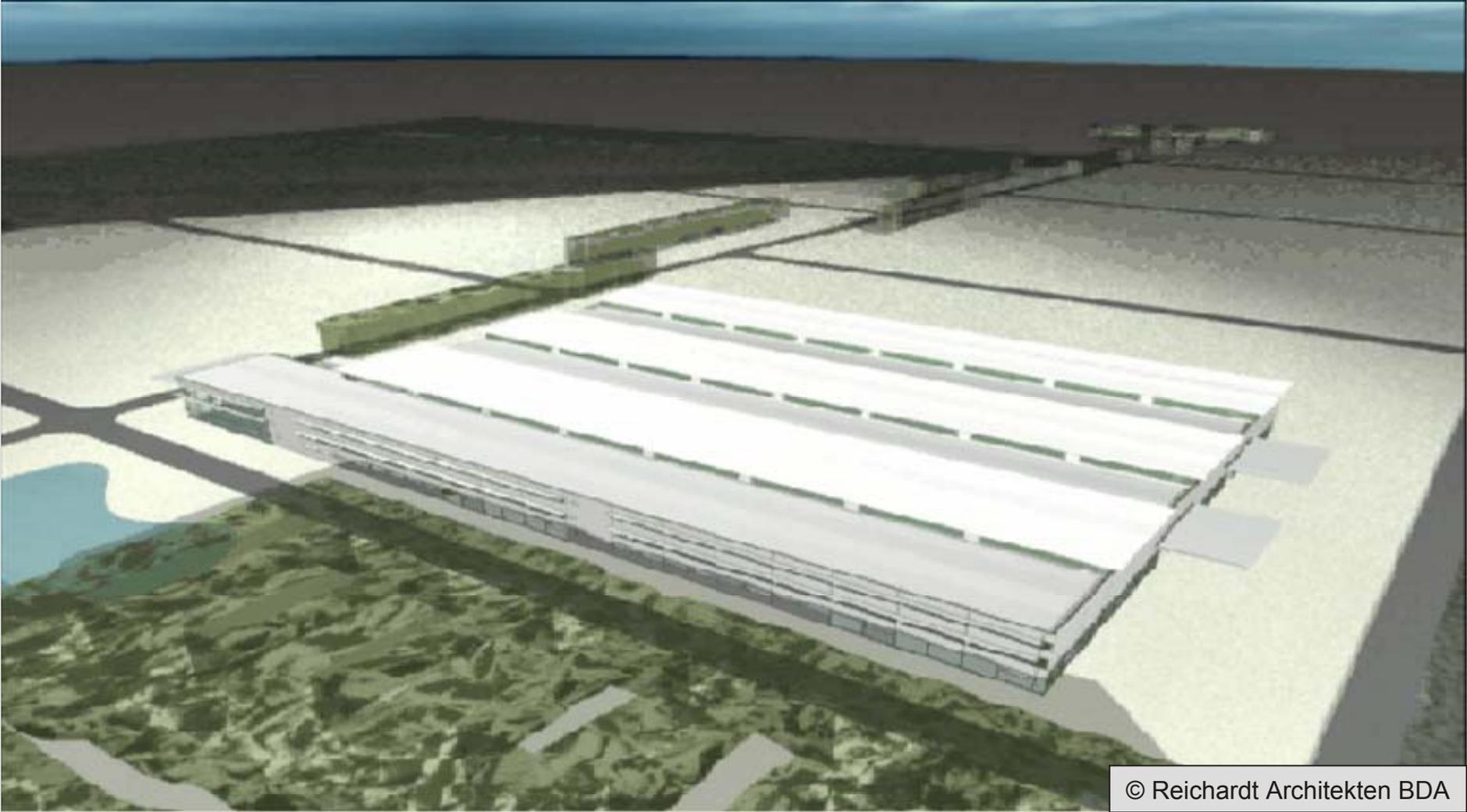
Das modulare Gebäude
und der gesamte
Produktionsprozess
können einfach erweitert
und reduziert werden

zung

Ergebnisse des Planungsprozesses



Fallbeispiel II: Wandlungsfähige Fabrik für Elastomer- und Suspensionsmodule



© Reichardt Architekten BDA

© IFA

M. Kolakowski
Bild 22

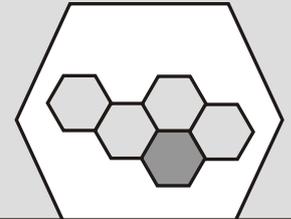
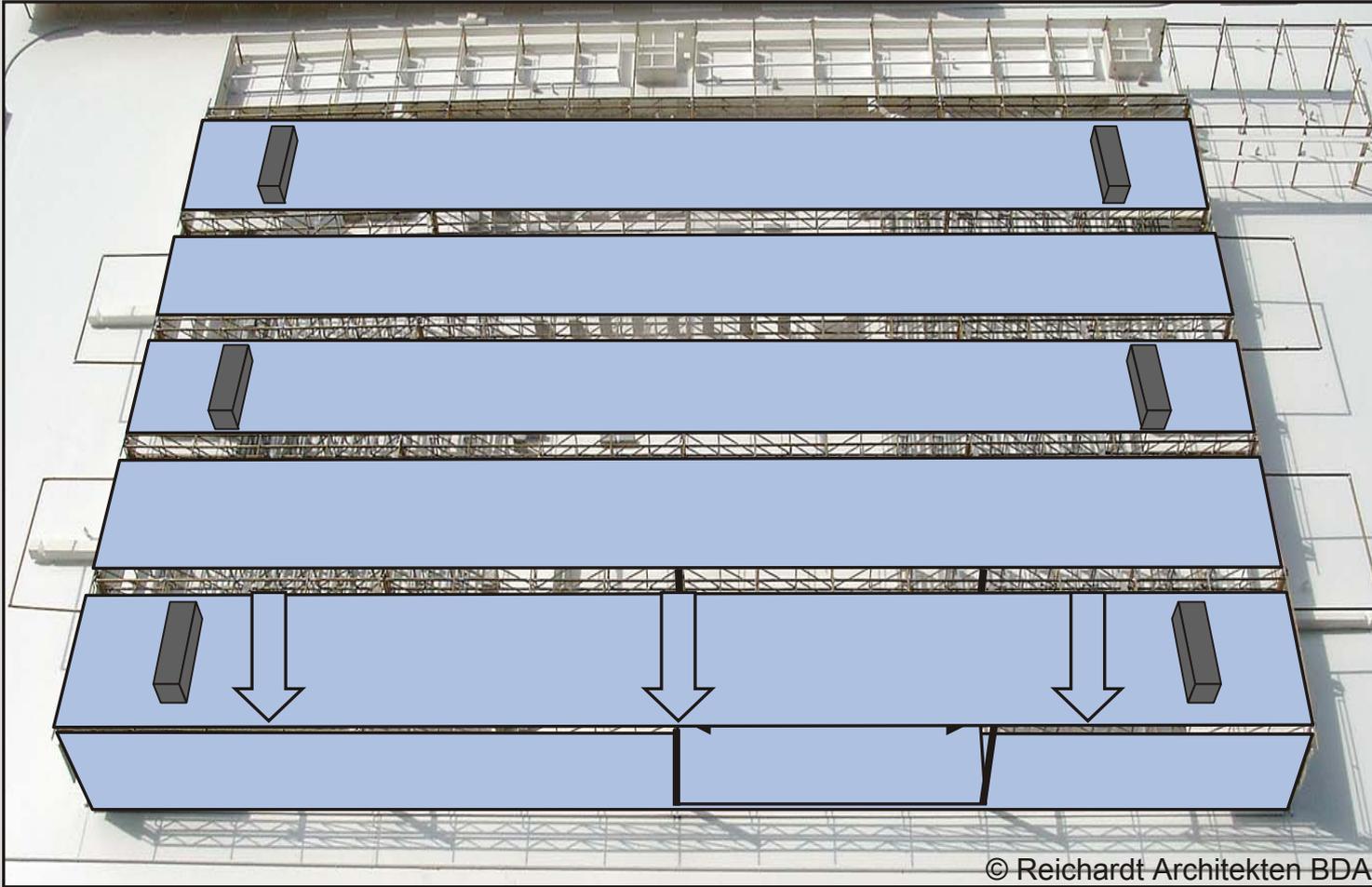
Betrachtete Wandlungsbausteine

Wandlungsbefähiger

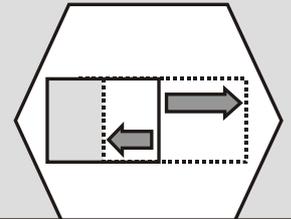
Universalität
 Mobilität
 Skalierbarkeit
 Modularität
 Kompatibilität

Ebene	Wandlungsobjekte	Universalität	Mobilität	Skalierbarkeit	Modularität	Kompatibilität
Fabrik	<ul style="list-style-type: none"> • Grundstück • Generalbebauung • Gebäude 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
Produktions- und Logistikbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsstruktur • Produktionslayout • Logistikkonzept • Arbeitsorganisation 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktions- und Logistiksystem	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsorganisation • Organisation indirekter Bereiche • Lagermittel • Transportmittel • IT-Hardware • IT-Software 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Arbeitsstation	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsverfahren • Produktionsmittel • Qualitätssicherungsmittel • Handarbeitsplatz • Arbeitsbedingungen 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

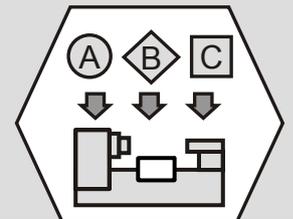
Realisierung der Wandlungsbefähiger in einer Fabrik für Elastomer- und Suspensionsmodule



Modularität

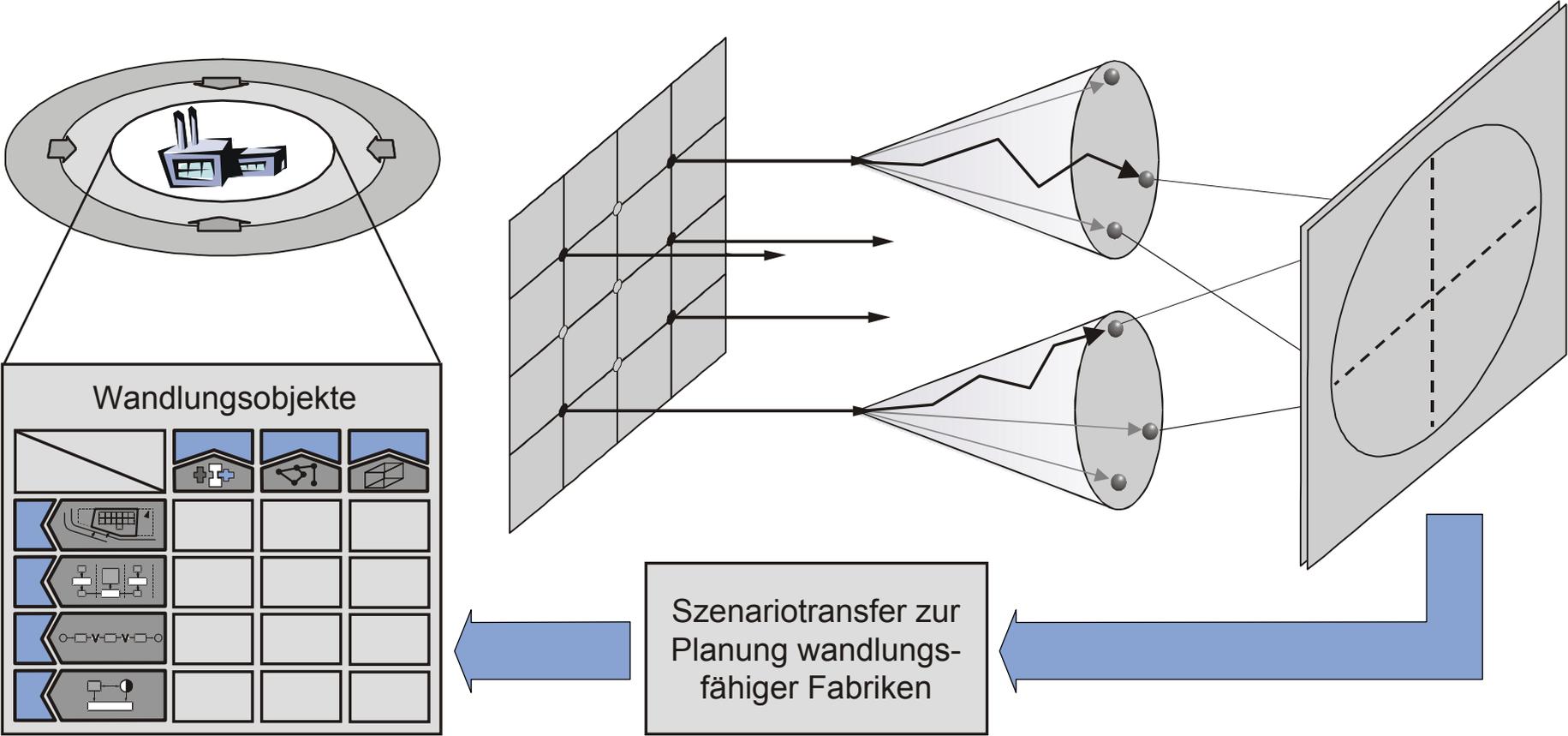
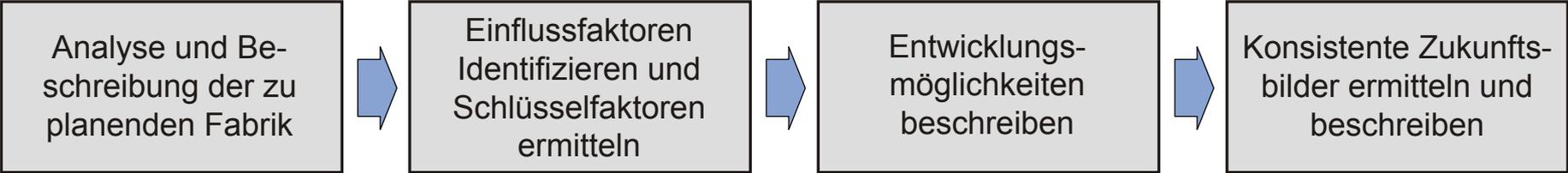


Skalierbarkeit



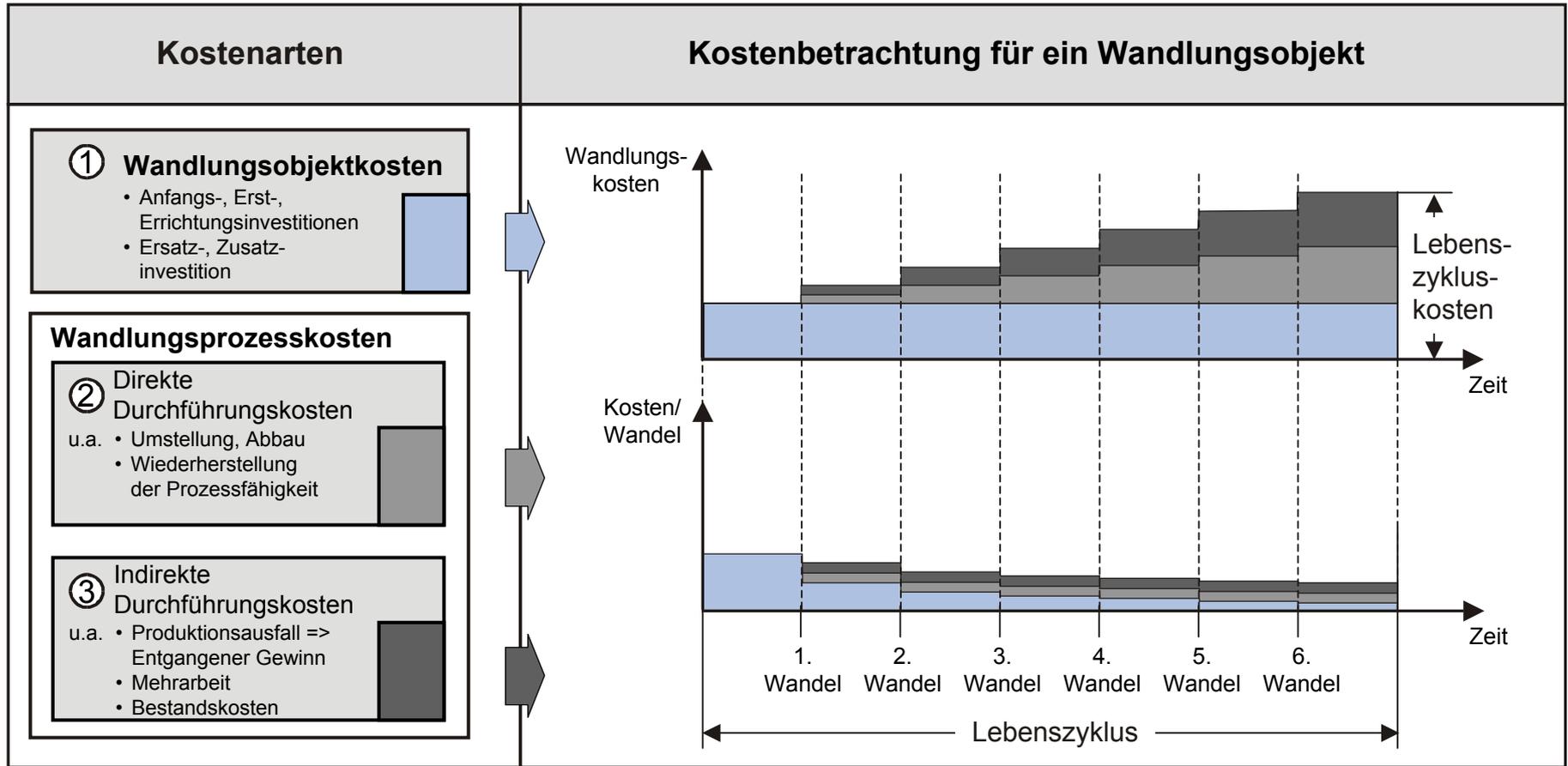
Universalität

Anwendung des Szenario-Managements in der Fabrikplanung

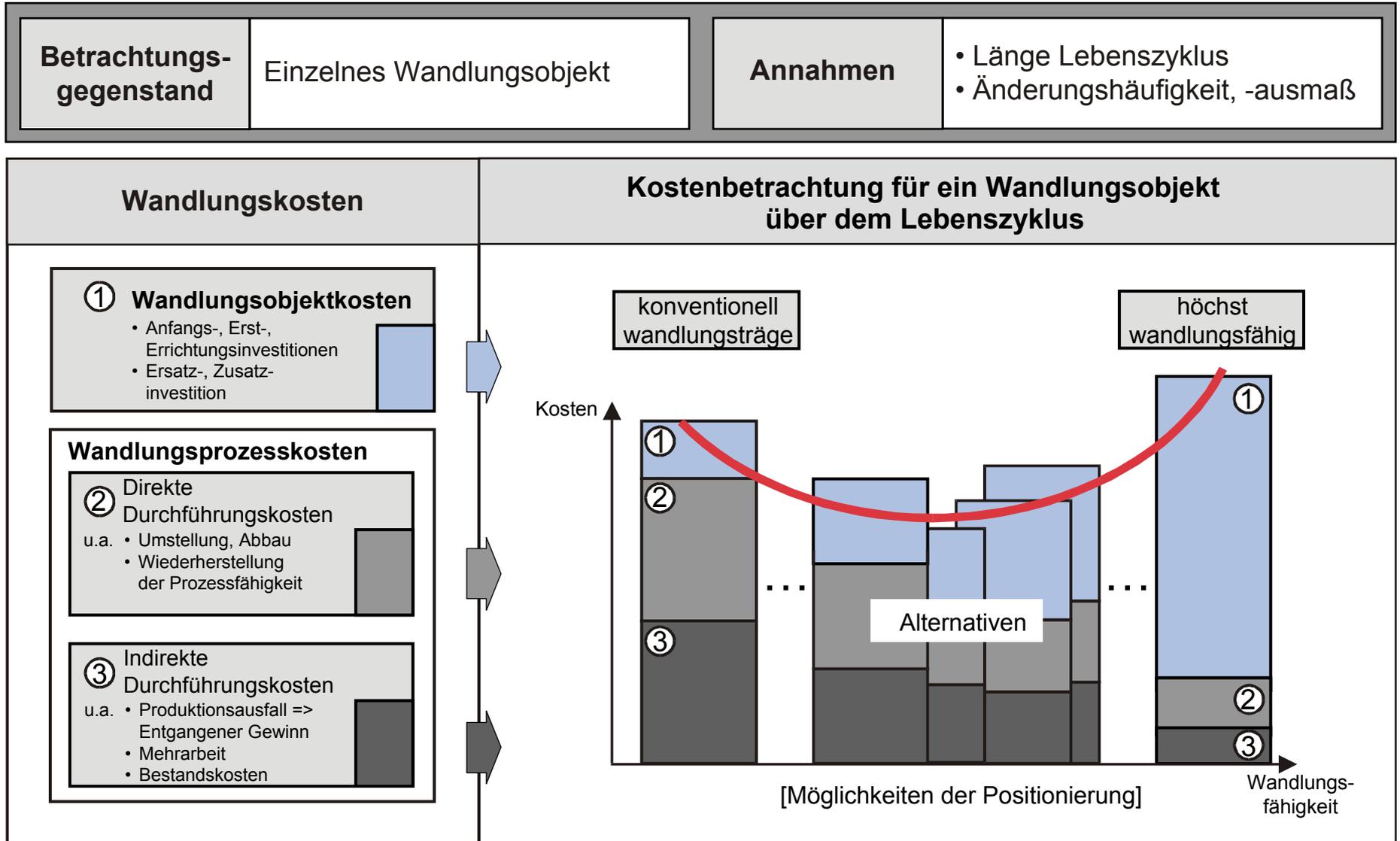


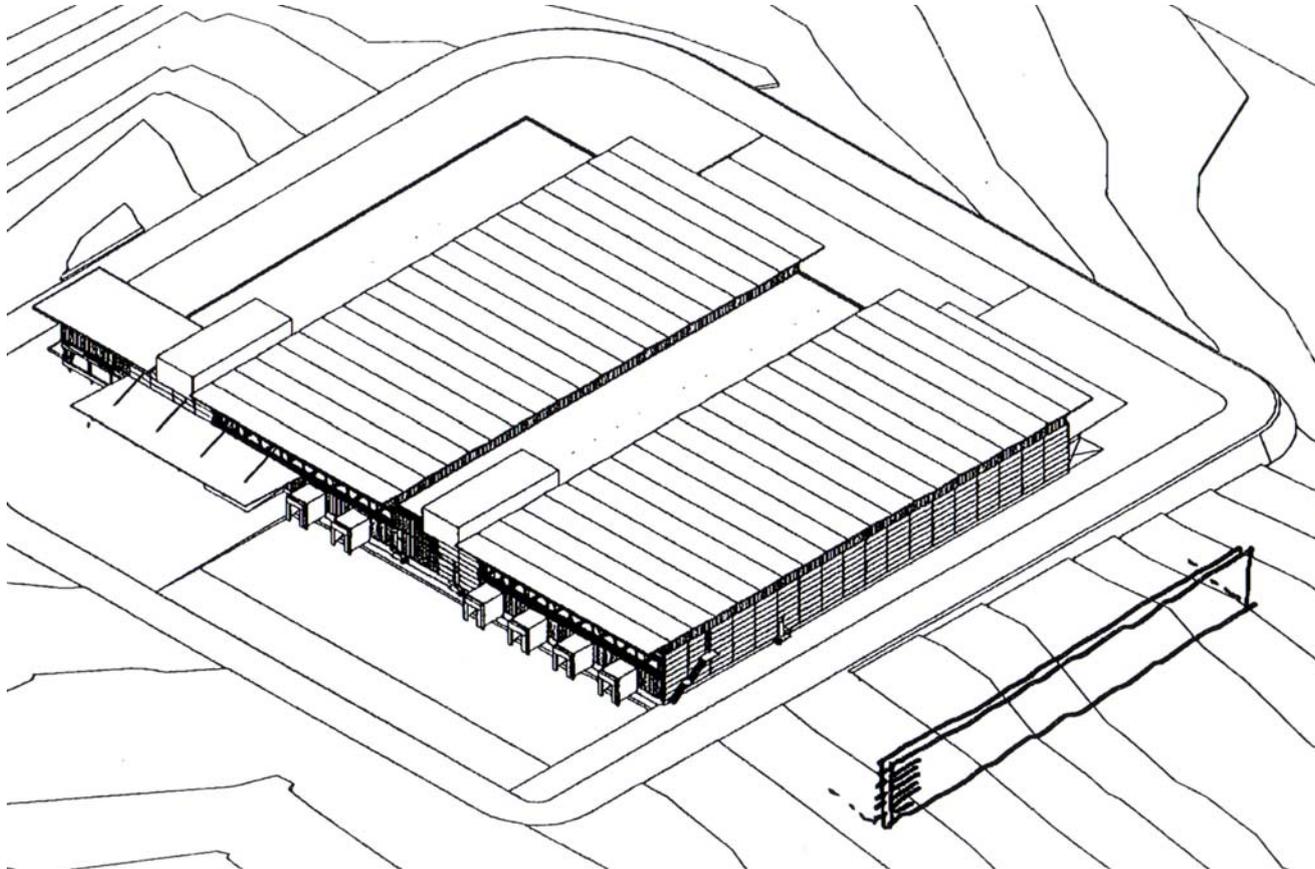
Wandlungskosten: Arten und Entwicklung über die Zeit

Betrachtungsgegenstand	Einzelnes Wandlungsobjekt	Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der Wandel • gleiche Intensität der Wandel • regelmäßige Abstände
-------------------------------	---------------------------	-----------------	--



Wandlungskosten eines Wandlungsobjektes über den Lebenszyklus





Bei der einer möglichen Erweiterung des dargestellten Automobilzulieferwerks werden an das bestehende Gebäude weitere Module angebaut. Die Hallenwand in Wachstumsrichtung muss dabei möglichst einfach versetzt (zurückgebaut und wiederaufgebaut) werden können.

Betrachtete Wandlungsbausteine

Wandlungsbefähiger

Universalität
Mobilität
Skalierbarkeit
Modularität
Kompatibilität

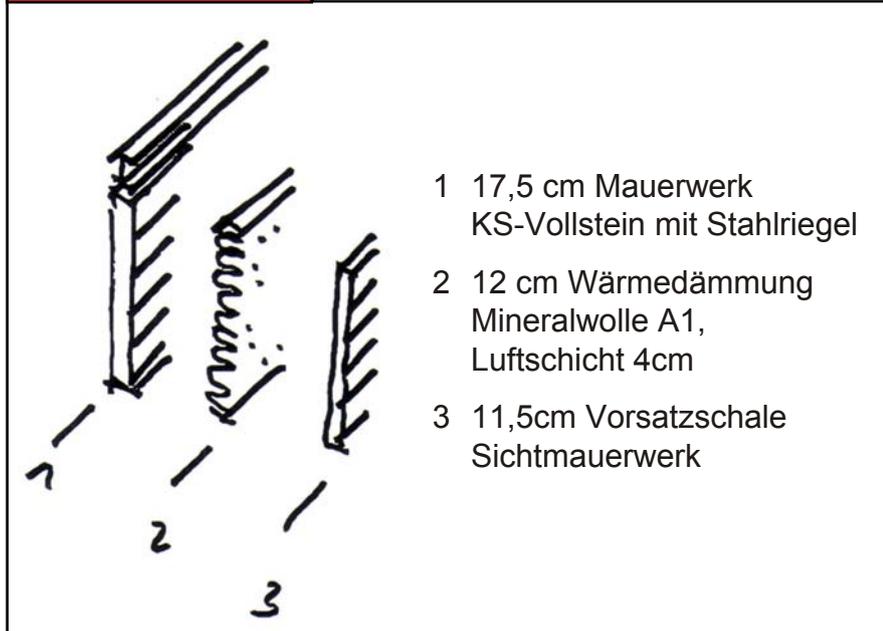
Ebene	Wandlungsobjekte	Universalität	Mobilität	Skalierbarkeit	Modularität	Kompatibilität	
Fabrik	• Grundstück	✓		✓		✓	
	• Generalbebauung	✓		✓	✓	✓	
	Gebäude	✓	✓	✓	✓	✓	
Produktions- und Logistikbereich	Wandlungsobjekte 2. Ordnung	✓		✓	✓	✓	
	• Tragwerk	✓		✓	✓	✓	
	• Hülle	✓		✓		✓	
	• Medien	✓		✓			
Produktions- und Logistiksystem	• Ausbau	✓		✓		✓	
	• Fundament	✓		✓		✓	
	Bereiche	• Lagermittel	✓	✓	✓	✓	✓
		• Transportmittel	✓	✓	✓	✓	✓
		• IT-Hardware	✓	✓	✓		✓
	• IT-Software	✓		✓	✓	✓	
	Arbeitsstation	• Produktionsverfahren	✓				✓
• Produktionsmittel		✓	✓	✓	✓	✓	
• Qualitätssicherungsmittel		✓	✓	✓	✓	✓	
• Handarbeitsplatz		✓	✓	✓	✓	✓	
• Arbeitsbedingungen		✓					

Alternativen Hallenwand

[Reichardt Architekten BDA]

Wanlungs-objekt	Hallenwand bei einem Automobilzulieferer (Höhe: 7,20m, Breite: 82,00m)	Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Lebenszyklus 20 Jahre • Änderungen bei Erweiterung bzw. Verkleinerung des Gebäudes
------------------------	---	-----------------	---

1. Alternative:	Gemauerte Wand
Beschreibung:	Aufgrund von Höhe inkl. Stahlunterkonstruktion zur statischen Ansteifung
Einschätzung:	wandlungsträge



2. Alternative:	Wand (Sandwichbauweise)
Beschreibung:	Zweischalige Wand mit Sandwich außen und Kassetten innen
Einschätzung:	wandlungsfähig



- 1 Metallkassette
7,50m x 1,00m,
fertig beschichtet
- 2 Dämmung 10cm
Mineralwolle A1
- 3 Fasadenelement
Sandwich Thyssen
4,50m x 1,00m x 10cm,
fertig beschichtet,
metallsilber

Kosten Wandlungsobjekt und -prozess

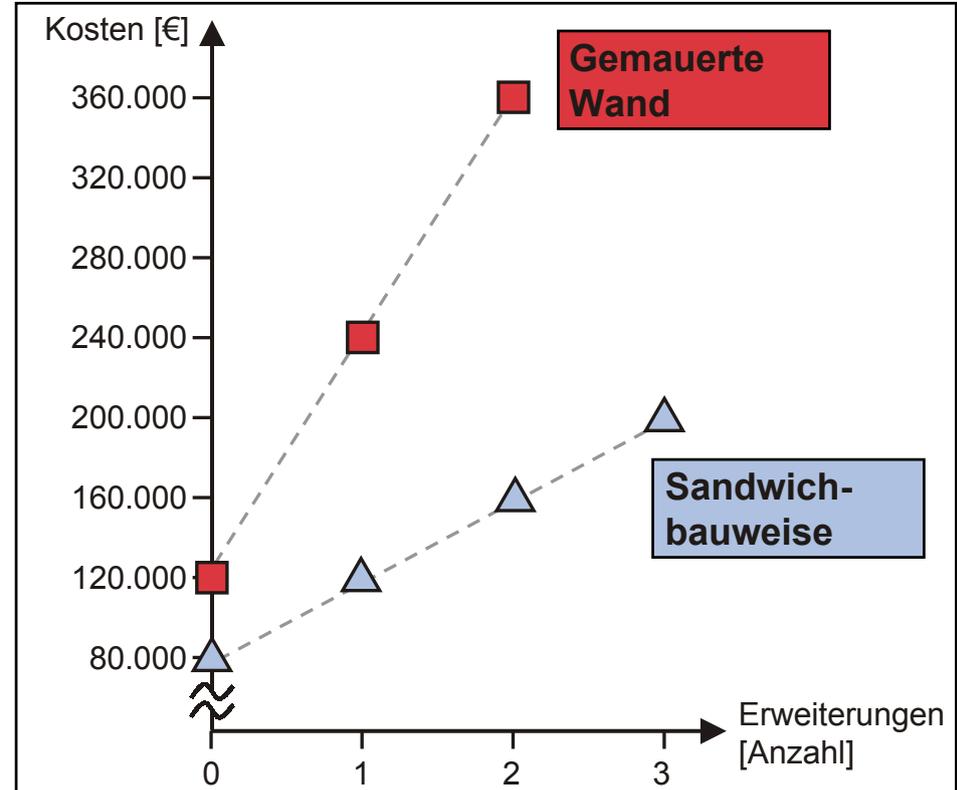
[Reichardt Architekten BDA]

Wandlungsobjektkosten	
Gemauerte Wand	Kosten je m ² Wand: 205 € Kosten Wand (590m ²): 120.950 €
Sandwichbauweise	Kosten je m ² Wand: 134 € Kosten Wand (590m ²): 79.950 €

Direkte Wandlungsprozesskosten	
Gemauerte Wand	Rückbau: 35.000 € Wiederaufbau*: 85.000 €
Sandwichbauweise	Rückbau: 15.000 € Wiederaufbau*: 25.000 €

* Kosten für Wiederaufbau bei Verwendung des rückgebauten Materials (bei Alternative 1 sehr unwahrscheinlich)

Indirekte Wandlungsprozesskosten	
entstehen möglicher Weise beim Rückbau durch den damit verbundenen Produktionsausfall; bei Alternative 1 sind wesentlich höhere Kosten zu erwarten.	



➡ Die Sandwichbauweise ist bereits bei der Anfangsinvestition kostengünstiger als eine gemauerte Wand. Bei Erweiterungen der Halle entstehen zusätzliche Kosteneinsparungen.

Betrachtete Wandlungsbausteine

Wandlungsbefähiger

Universalität
 Mobilität
 Skalierbarkeit
 Modularität
 Kompatibilität

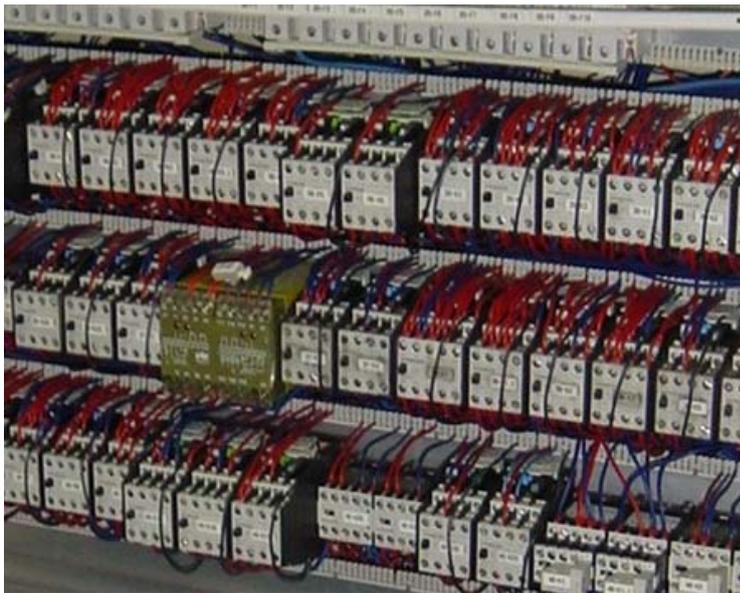
Ebene	Wandlungsobjekte	Universalität	Mobilität	Skalierbarkeit	Modularität	Kompatibilität
Fabrik	<ul style="list-style-type: none"> • Grundstück • Generalbebauung • Gebäude 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
Produktions- und Logistikbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsstruktur • Produktionslayout • Logistikkonzept 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktions- und Logistiksystem	Wandlungsobjekte 2. Ordnung <ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitungssystem • Werkzeuge und Vorrichtungen • Werkstückzu- und abfuhr • Handhabungstechnik • Mess- und Prüfmittel 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Arbeitsstation	<ul style="list-style-type: none"> • Ver- und Entsorgung • Speichertechnik sowie • Fundamentierung Produktionsmittel <ul style="list-style-type: none"> • Qualitätssicherungsmittel • Handarbeitsplatz • Arbeitsbedingungen 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>				
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Alternativen der Verkabelung

[Scholpp Montage GmbH]

Wandlungs- objekt	Steuerungskabel zwischen Maschine und Schaltschrank (interne Feldverkabelung)	Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • bei Layoutveränderungen müssen die Maschinen umgestellt und neu verkabelt werden
------------------------------	---	-----------------	--

1. Alternative:	Aufgelegte Verkabelung (40 Adern)
Beschreibung:	Alle Adern werden einzeln aufgelegt (geklemmt)
Einschätzung:	wandlungsträge



2. Alternative:	Kabel mit Stecker (40 Adern)
Beschreibung:	Die Adern des Kabels werden in einem Stecker „vormontiert“
Einschätzung:	wandlungsfähig



Bild zeigt Stecker mit 25 Adern

Kosten Wandlungsobjekt und -prozess

[Scholpp Montage GmbH]

		Aufgelegte Verkabelung	Verkabelung mit Steckern
Wandlungs- objektkosten (K_{WO})	Material	-	$K_{Material} = 69,00 \text{ €}$
	Montage	$t_{Ader} = 1,95 \text{ min}$ $t_{Kabel} = 40 * 1,95 \text{ min} = 78,00 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$ $K_{Mon} = 1,3 \text{ h} * 60 \text{ €/h} = 78,00 \text{ €}$	$t_{Stecker} = 90,00 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$ $K_{Mon} = 1,5 \text{ h} * 60 \text{ €/h} = 90,00 \text{ €}$
	Gesamt	$K_{WO} = K_{Mon} = 78,00 \text{ €}$	$K_{WO} = 69 \text{ €} + 90 \text{ €} = 159,00 \text{ €}$
Direkte Wandlungs- prozesskosten (K_{WPD})	Abklemmen*	$t_{Ader} = 1,5 \text{ min}$ $t_{Kabel} = 40 * 1,5 \text{ min} = 60,00 \text{ min} = 1,0 \text{ h}$	$t_{Kabel} = 2,5 \text{ min} \approx 0,04 \text{ h}$
	Wiederauf- legen	$t_{Ader} = 1,95 \text{ min}$ $t_{Kabel} = 40 * 1,95 \text{ min} = 78,00 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$	$t_{Kabel} = 2,5 \text{ min} \approx 0,04 \text{ h}$
	Gesamt	$K_{WO} = (1,0 \text{ h} + 1,3 \text{ h}) * 60,00 \text{ €/h} = 138,00 \text{ €}$	$K_{WO} = (0,04 \text{ h} + 0,04 \text{ h}) * 60,00 \text{ €/h} = 5,00 \text{ €}$

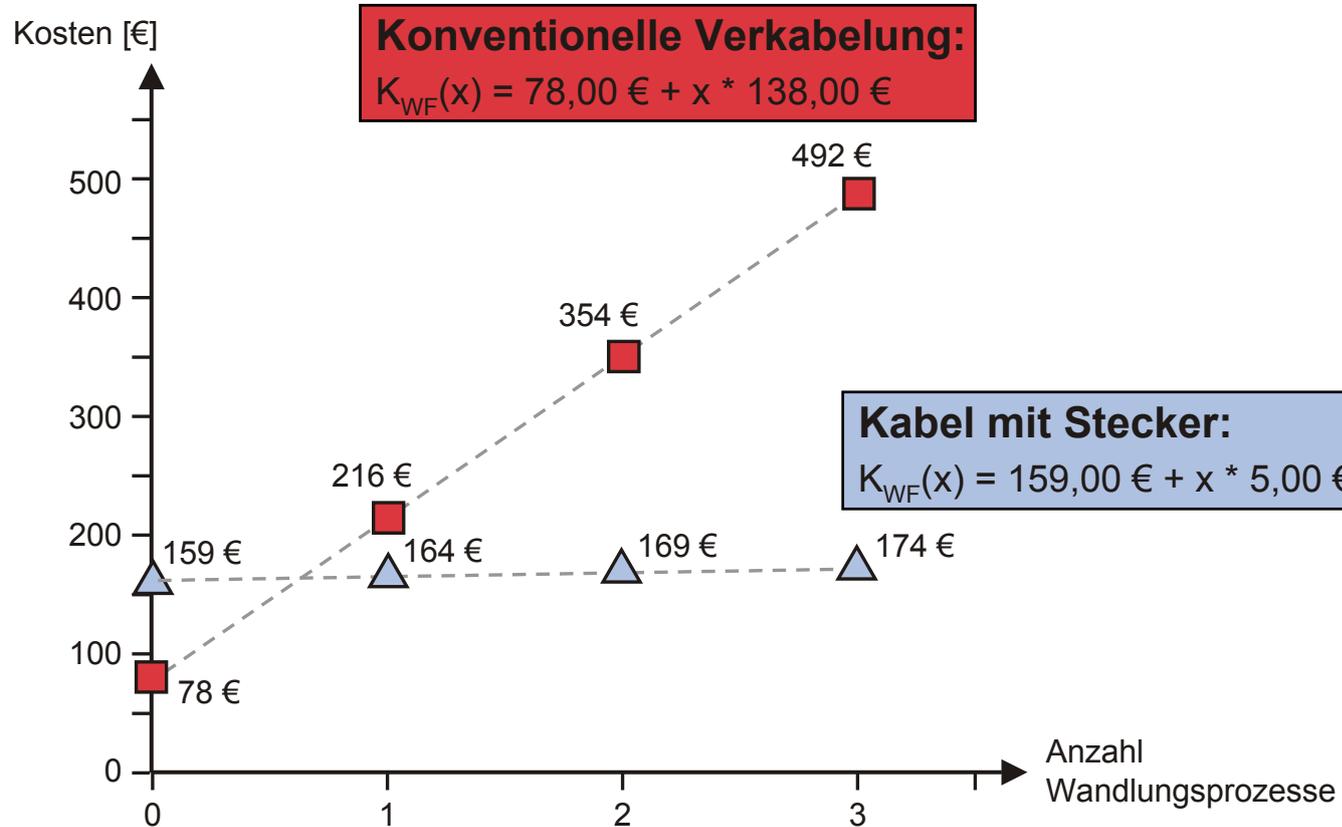
Annahme: Stundenlohn = 60,00 €/h

* Demontage, Kennzeichnung und Eintrag in Kabelliste

t: Zeit
K: Kosten
Mon: Montage

Vergleich der Alternativen

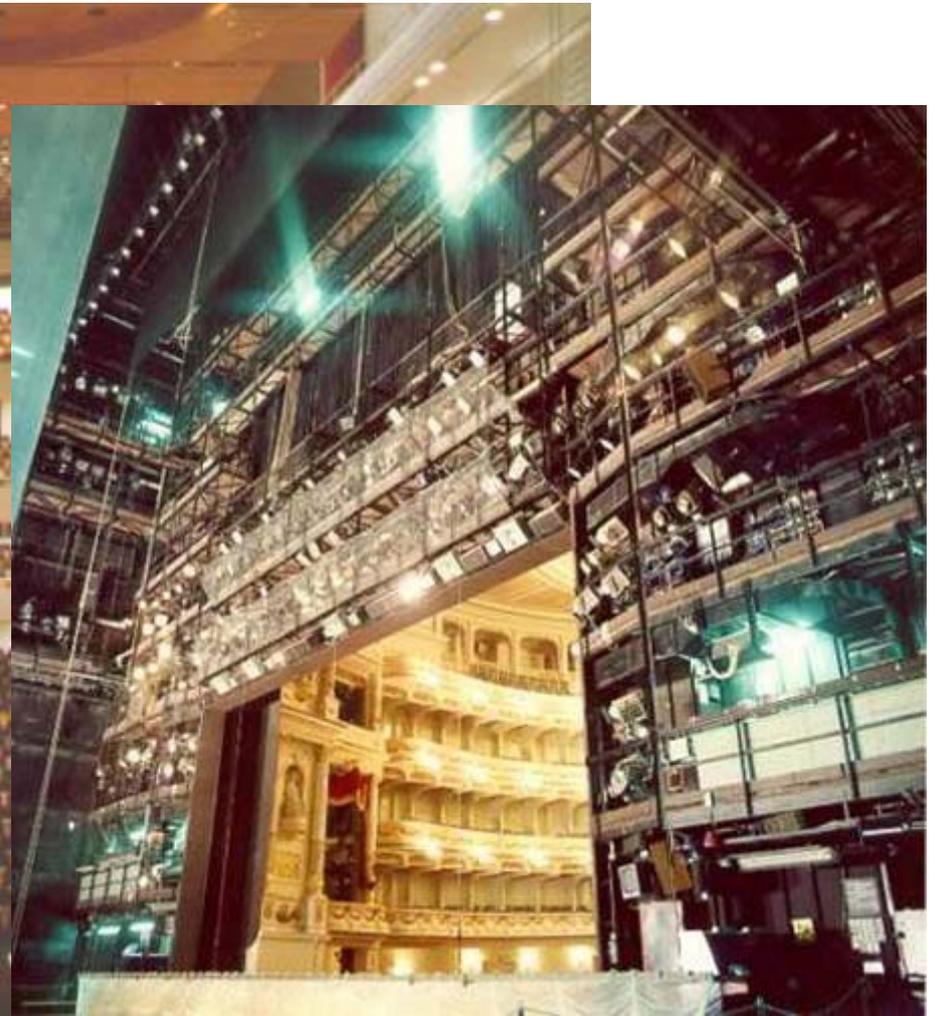
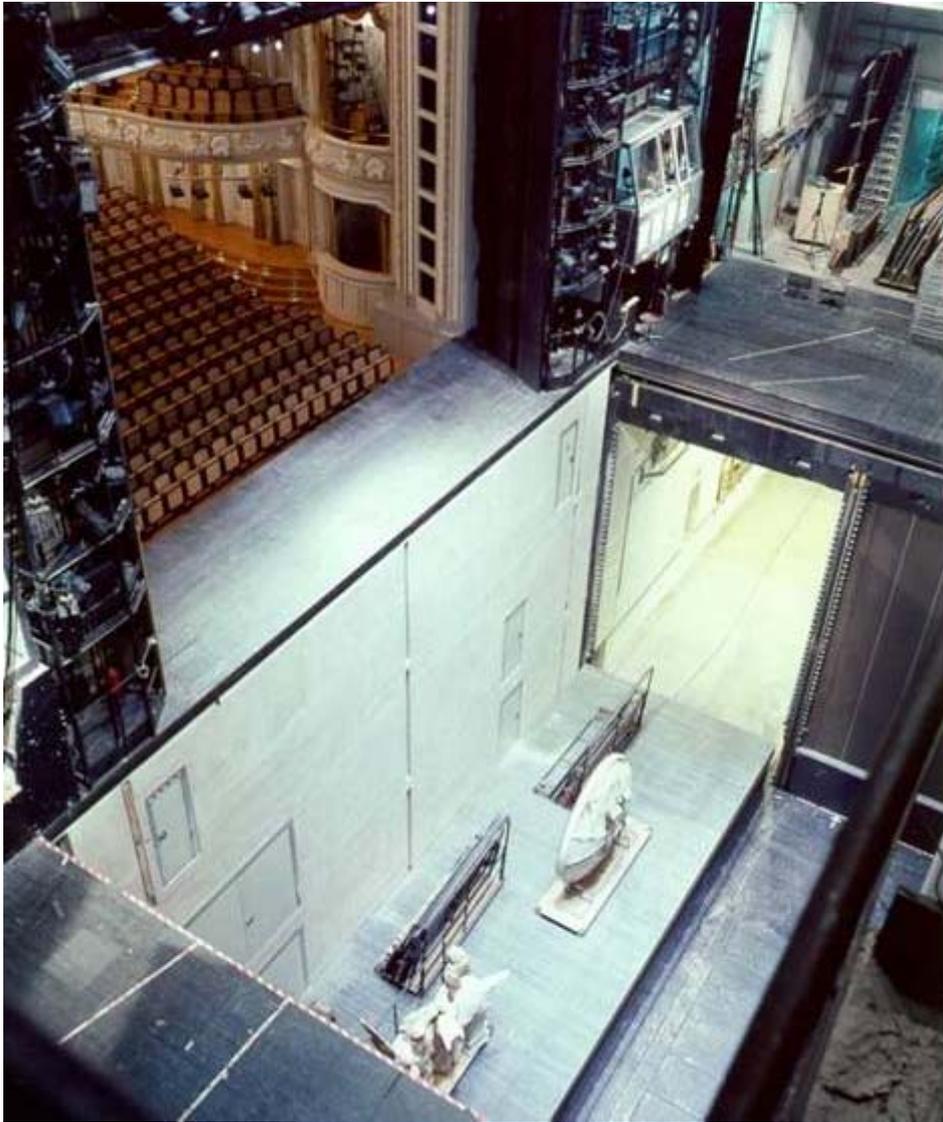
[Scholpp Montage GmbH]



Bereits nach einem Wandlungsprozess besitzt die wandlungsfähigere Alternative (Kabel mit Stecker) geringe Wandlungskosten als die konventionelle Verkabelung. Dabei ist das Fehlerpotential durch Klemmfehler bei der aufgelegten Verkabelung noch nicht berücksichtigt.

Die Fabrik der Zukunft - wandlungsfähig wie eine Theaterbühne

[SBS Bühnentechnik]



© IFA

C. L. Heger
Bild 36

Alternativen der Medienzuführung

Wandlungs- objekt	Medienzuführung bei einem Automobilzulieferer (Hallenfläche ca. 5000 m ²)	Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Lebenszyklus 20 Jahre • ca. jährliche Änderungen des Produktionsprozesses und somit der Medienzuführung
------------------------------	--	-----------------	--

1. Alternative:	Konventionelle Medienzuführung
Beschreibung:	Medienzuführung befestigt an Tragwerk und Hülle
Einschätzung:	wandlungsträge

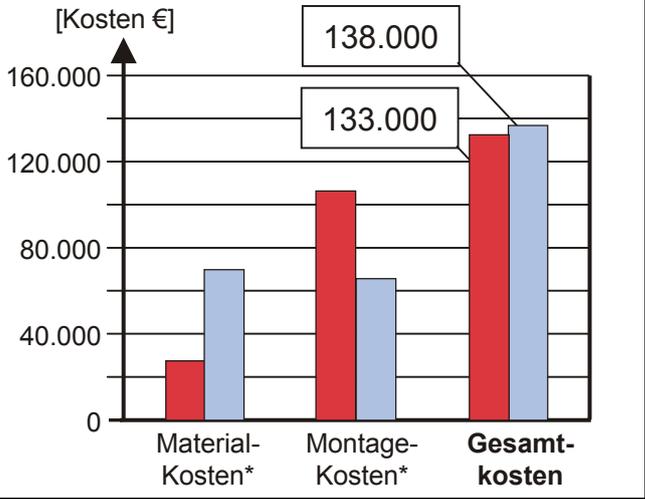


2. Alternative:	Installationsraster
Beschreibung:	Medienzuführung flexibel auf dem Installationsraster
Einschätzung:	wandlungsfähig



Medienzuführung, Kosten Wandlungsobjekt und -prozess

Wandlungsobjektkosten



* für 5450m Medienlänge (Heizung, Sanitär, Lüftung, Elektro)

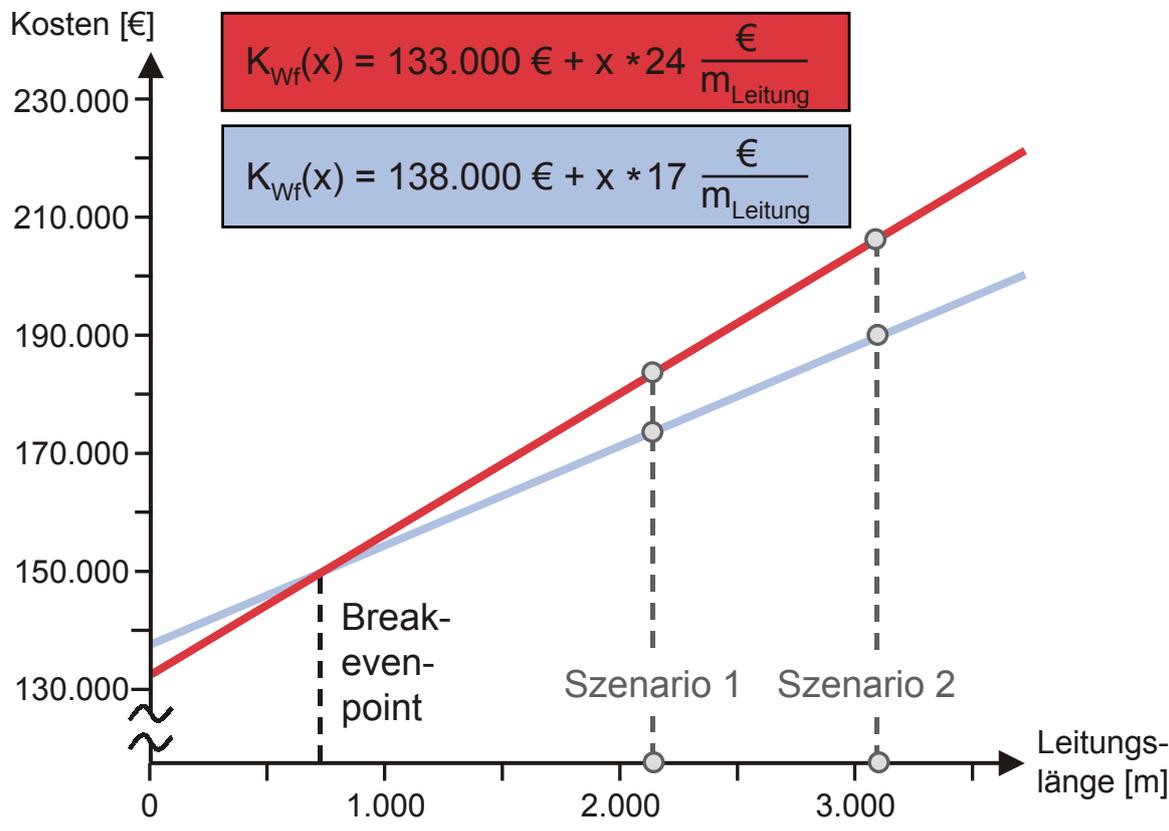
Direkte Wandlungsprozesskosten

Konv. Medienzuführung: 24 € / m_{Leitung}
Installationsraster: 17 € / m_{Leitung}

konv.: konventionelle

Indirekte Wandlungsprozesskosten

Nicht bekannt
 (es könnten beispielsweise Störungskosten für Sicherheitsabschaltungen entstehen)



➡ Ab einer Länge von 714 m neu zu zu verlegender Medienleitungen sind die Wandlungskosten des Installationsraster geringer.

Konventionelle Medienzuführung

Installationsraster