



Architekturen betrieblicher Anwendungssysteme

Wandlungsfähige Software-Architekturen



Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Prozesse und Systeme

Universität Potsdam



Chair of Business Informatics
Processes and Systems

University of Potsdam

Univ.-Prof. Dr.–Ing. habil. Norbert Gronau
Lehrstuhlinhaber | Chairholder

Mail August-Bebel-Str. 89 | 14482 Potsdam | Germany
Visitors Digitalvilla am Hedy-Lamarr-Platz, 14482 Potsdam
Tel +49 331 977 3322

E-Mail ngronau@lswi.de
Web lswi.de



Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung

Die Wandlungsfähigkeitskriterien

Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit

Softwaretechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit

Nennen Sie Beispiele für turbulente Veränderungen von außen, die ein Unternehmen treffen können.

Sind diese Systeme wandlungsfähig?

System Hilfe SAP

Bestellung anlegen Service Center Produktion

Bestellart Org. Kopf Neue Pos. Dispo Stamm Mat+F-Preis F-Preis Lö. F-Preis Storno F-Preise Presentw.

Bestellkopf IL - Produktionsdienstleistung mit LV

VArt 080 nk 46 **Monika** Leist.dat T 27.11.2007 bis 27.11.2007 Redakt SendDat
Kred 327 **Studio GmbH Leipzig** Währ EUR Kontrakt 650001 Beitrag fliegenfänger Dauer
Kost 59 **FL Bearbeitung** KTR für LVER C.07322.10.1 [Zulieferung zu TS/TT/Mi...](#)
Überschrift kat Kopf YM_BST_00 Anhang YM_11600 Notiz Word Kopf Kont nCUN

Bestellpositionen

Pos.: 001 X Mng 1,000 Eh S8 Mat 90005 b.Lief W6 BEARB Konto 438 [Nonlinearer Onlineschnittplatz mit P...](#) Mat/Ps/Not
KText **Nonlinearer Onlineschnittplatz** Prs 496,55 pro 1 S8 MW Y Rabatt kostenlos
Kostl 594 **FL Bearbeitung** KTR LV C.07322.10.1 [Zulieferung zu TS/TT/...](#)
Produktionsort Datum T 27.11.2007 bis 27.11.2007 Beginn 10:00:00 Ende 17:00:00
Treffpunkt Abfahrt Kontr 650001 010

Pos.: Konto Mat/Ps/Not
KText Prs pro MW Rabatt kostenlos
Kostl KTR LV
Produktionsort Datum bis Beginn Ende
Treffpunkt Abfahrt Kontr

Kontext Softwaresystem

Gleis

ach

ERLIN OSTBF.

RLIN

IPZIG

MBURG ALTONA

RLIN OSTBF.

RLIN OSTBF.

BURG-ALTONA

EN

10

9

10

8

9

9

8

8

unbestimmt verspätet

ca 60 Min später

über 60 Min später

ca 25 Min später

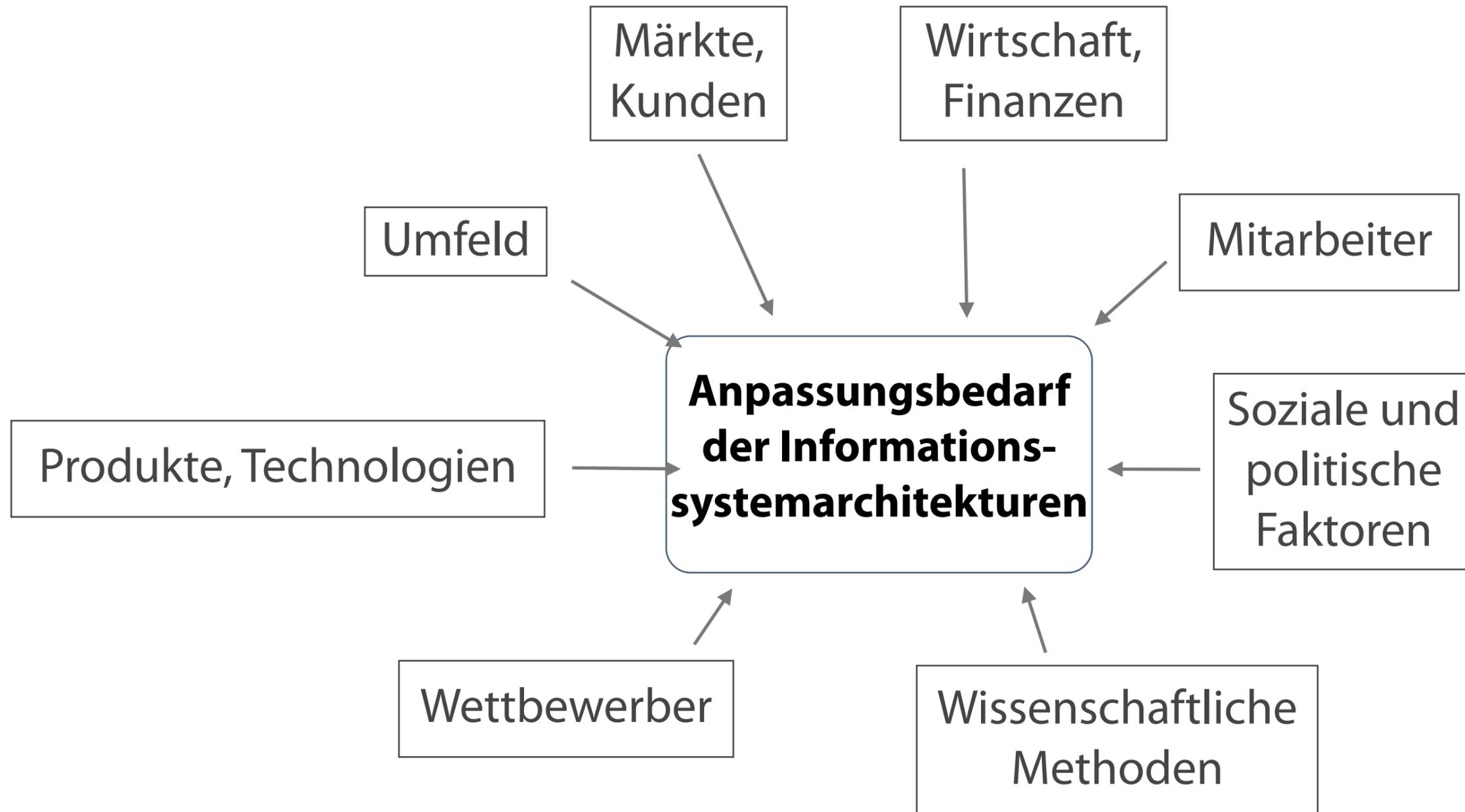
Kontext Kritische Infrastruktur

Kontext Fabrik



Warum ist Wandlungsfähigkeit notwendig?

Veränderungen und Reaktionsbedarf



Die Wandlungsnotwendigkeit ergibt sich auf Grund von Umweltturbulenzen.

Wandlungsfähigkeit benötigt:

Turbulenz

Erkennen
können

Erkenntnis-
fähigkeit

Handeln
können

Wandlungs-
befähiger

Handeln!

Wandlungs-
strategien

Systeme bestehen aus



Definitionen um Wandlungsfähigkeit

Flexibilität

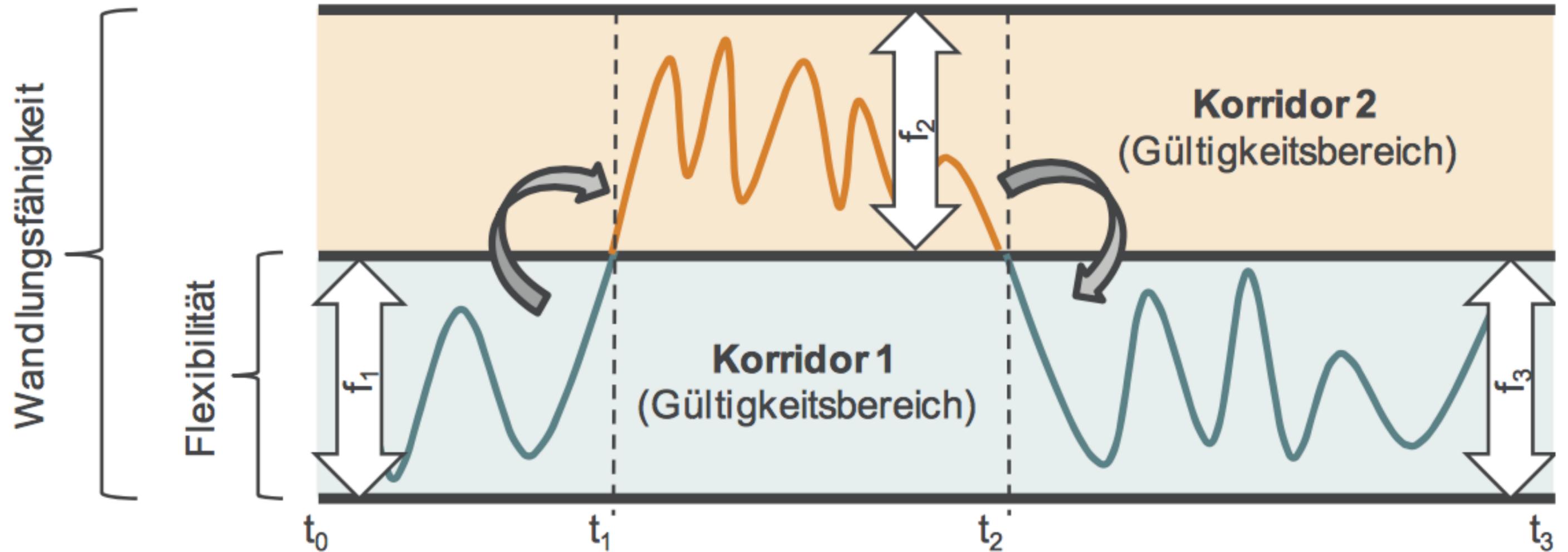
- ist die Eigenschaft eines Systems, auf einen Änderungsbedarf ein entsprechend aktivierbares Änderungspotenzial im System gegenüberzustellen.

Anpassungsfähigkeit

- ist die Eigenschaft eines Systems, den Änderungsbedarf eigenständig zu erkennen, geeignete Alternativen werden von außen bereitgestellt.

	Wer erkennt den Änderungsbedarf?	Wer entwickelt geeignete Alternativen?
Flexibilität	extern	extern
Anpassungsfähigkeit	System	extern
Wandlungsfähigkeit	System	System

Eine vorläufige Definition: Wandlungsfähige Systeme



können über ein vordefiniertes Flexibilitätsmaß hinaus an turbulente Veränderungen angepasst werden

Definition Wandlungsfähigkeit 2019

Wandlungsfähigkeit

- ist die Eigenschaft eines Systems, selbst effizient und schnell veränderte Anforderungen zu erkennen und geeignete Handlungsmuster für die Anpassung zu entwickeln und umzusetzen.

Die Eigenschaft Wandlungsfähigkeit kann auf Systeme und Prozesse angewandt werden.



Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung

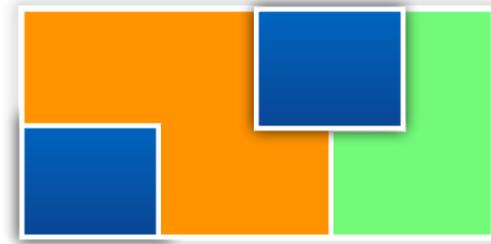
Die Wandlungsfähigkeitskriterien

Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit

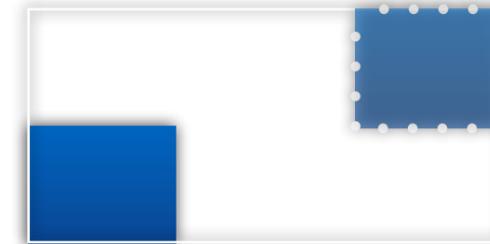
Softwaretechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit

Fabrikplanung als Quelle für Wandlungsbefähiger

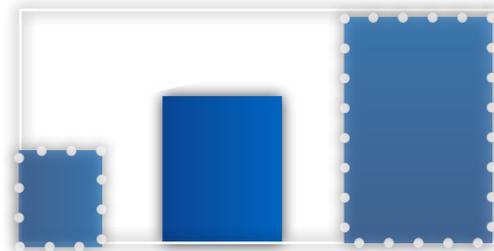
Modularität



Mobilität



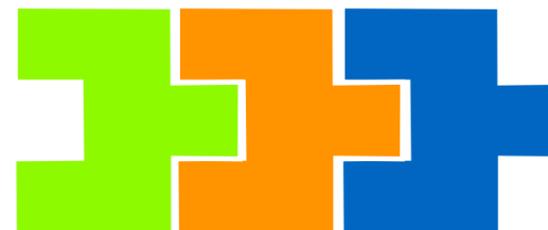
Skalierbarkeit



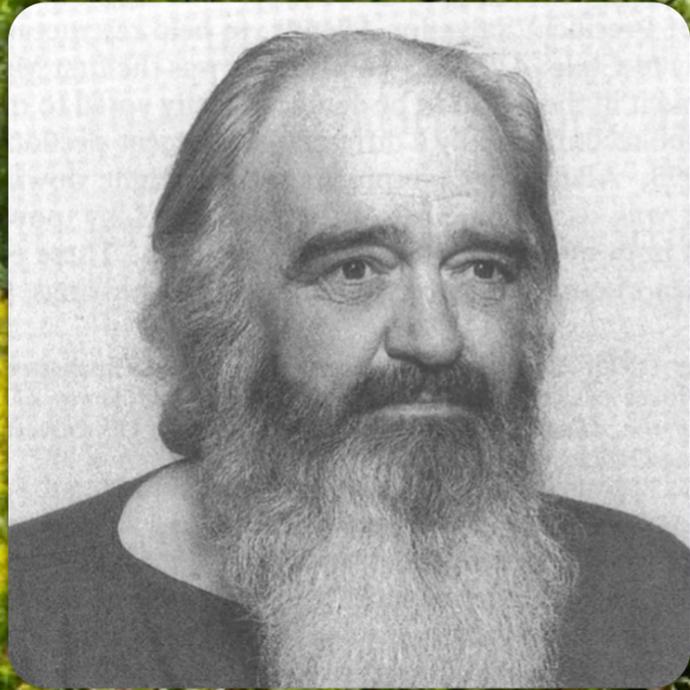
Universalität

Fkt. 1	Fkt. 4
Fkt. 2	Fkt. 5
Fkt. 3	Fkt. 6

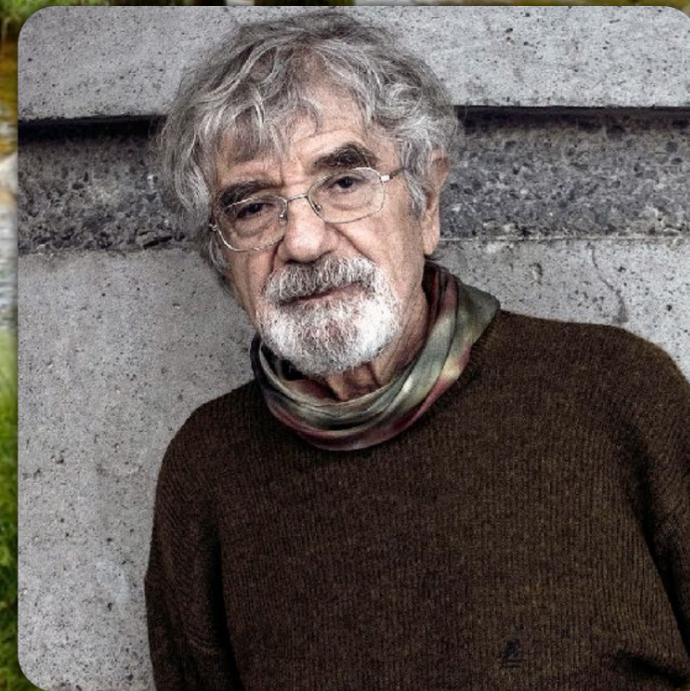
Interoperabilität



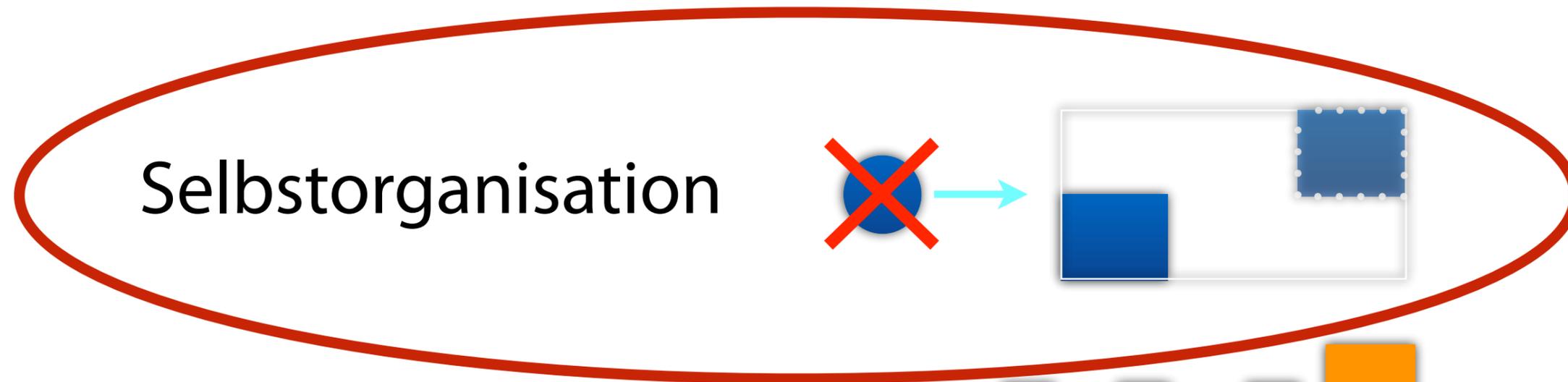
Welches System kann weitere Hinweise auf
Wandlungsbefähiger liefern?



S. Beer



U. Maturana



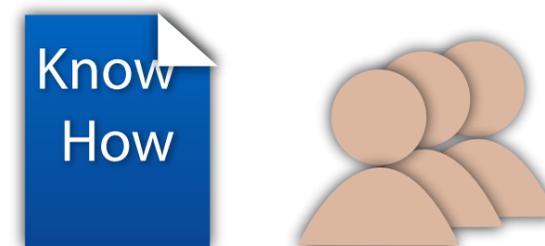
Selbstähnlichkeit



Redundanz



Wissen



„Selbstorganisation beschreibt den **Prozess der Strukturbildung** in einem aus **Untersystemen** oder **elementaren Komponenten** zusammengesetzten **Gesamtsystem**. Die **Änderungen** eines äußeren Systemparameters führt durch die lokale Wechselwirkung der Einzelkomponenten ohne den Einfluss einer äußeren Kraft und ohne zentrale Informationsverarbeitung von einem **ungeordneten** Zustand zu einem Zustand **höherer Ordnung**.“

Beispiele aus anderen Disziplinen

- Physik: Synergetik (Laser)
- Biologie: Lebewesen
- Geologie: Wolkenbildung
- Verkehrswesen: Stau aus dem Nichts
- Soziologie: Gruppendynamische Prozesse

Übertragen auf betriebliche Informationssystemarchitekturen

Problem

- Die zuvor genannten Wissenschaften betrachten Phänomene natürlichen Ursprungs
- Computer-basierte Informationssysteme sind nicht natürlichen Ursprungs!
- Alle beschriebenen Beispiele funktionieren je nach Wissenschaftsdisziplin unterschiedlich
- Keine unmittelbar allgemeingültigen Prinzipien vorhanden

Vorgehen

- Suchen nach Eigenschaften und Fähigkeiten
- Auswahl von plausiblen Eigenschaften und Fähigkeiten in Abhängigkeit vom konkreten Anwendungsbeispiel
- Umsetzen der Eigenschaften und Fähigkeiten unabhängig von anderen Wissenschaften und Beispielen

Differenzierung in den Definitionen

Strukturelle Eigenschaften

Wie lassen sich selbstorganisierende Systeme beschreiben?



- Selbstreferenzialität
- Autonomie
- Komplexität
- ...

Verhaltensweisen

Welche Fähigkeiten besitzen selbstorganisierende Systeme?



- Selbstregulierung/-lenkung durch Erschaffung eigener Ordnung der Systemelemente/Subsysteme
- Aufnahme von Informationen aus der Umwelt und Verdichtung in internen Modell
- Selektive Aufbereitung und Weitergabe von Informationen
- Handlung anhand von Schemata des Modells
- Dokumentation von Handlungen und Wirkungen für zukünftige Maßnahmen

Selbstorganisierende Systeme besitzen sowohl eine Struktur- als auch eine Verhaltensdimension.



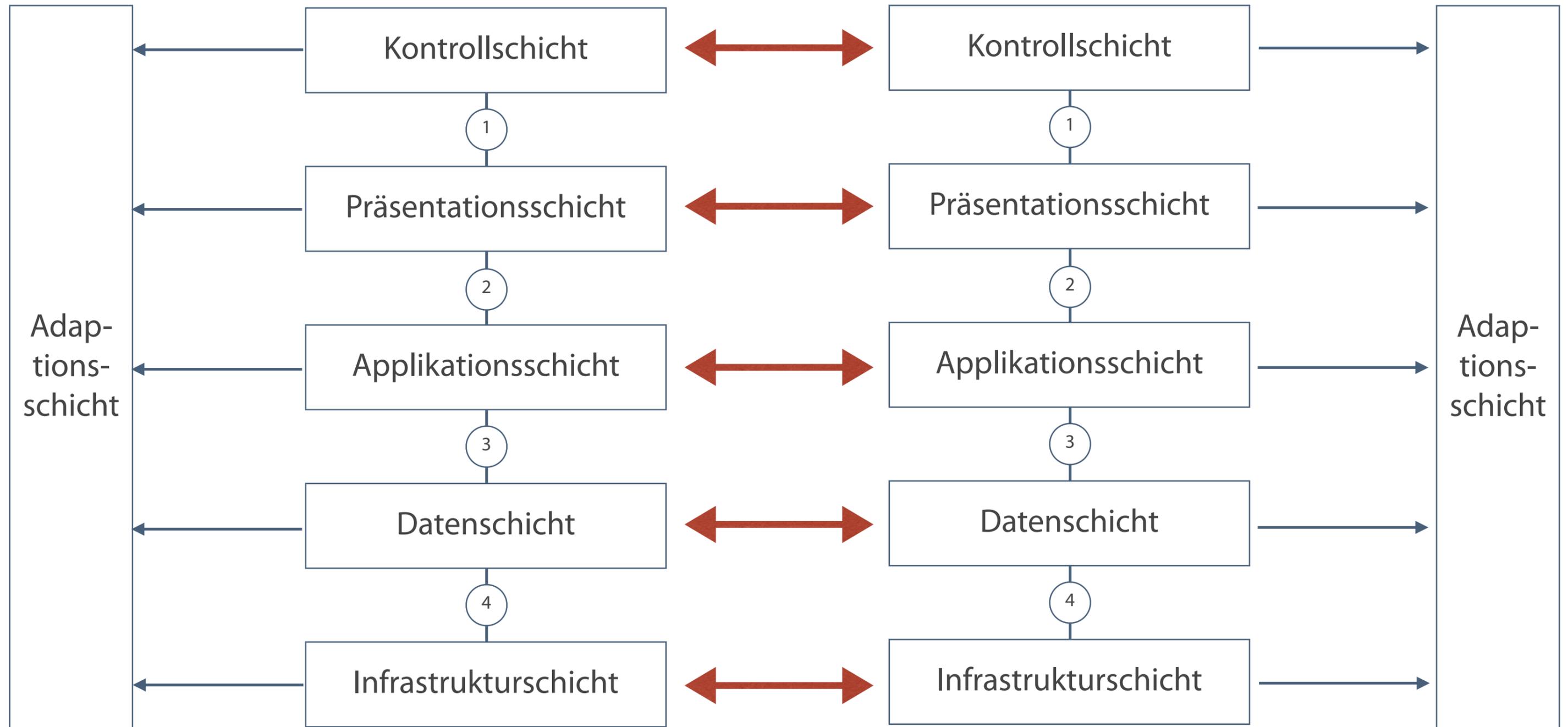
Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung

Die Wandlungsfähigkeitskriterien

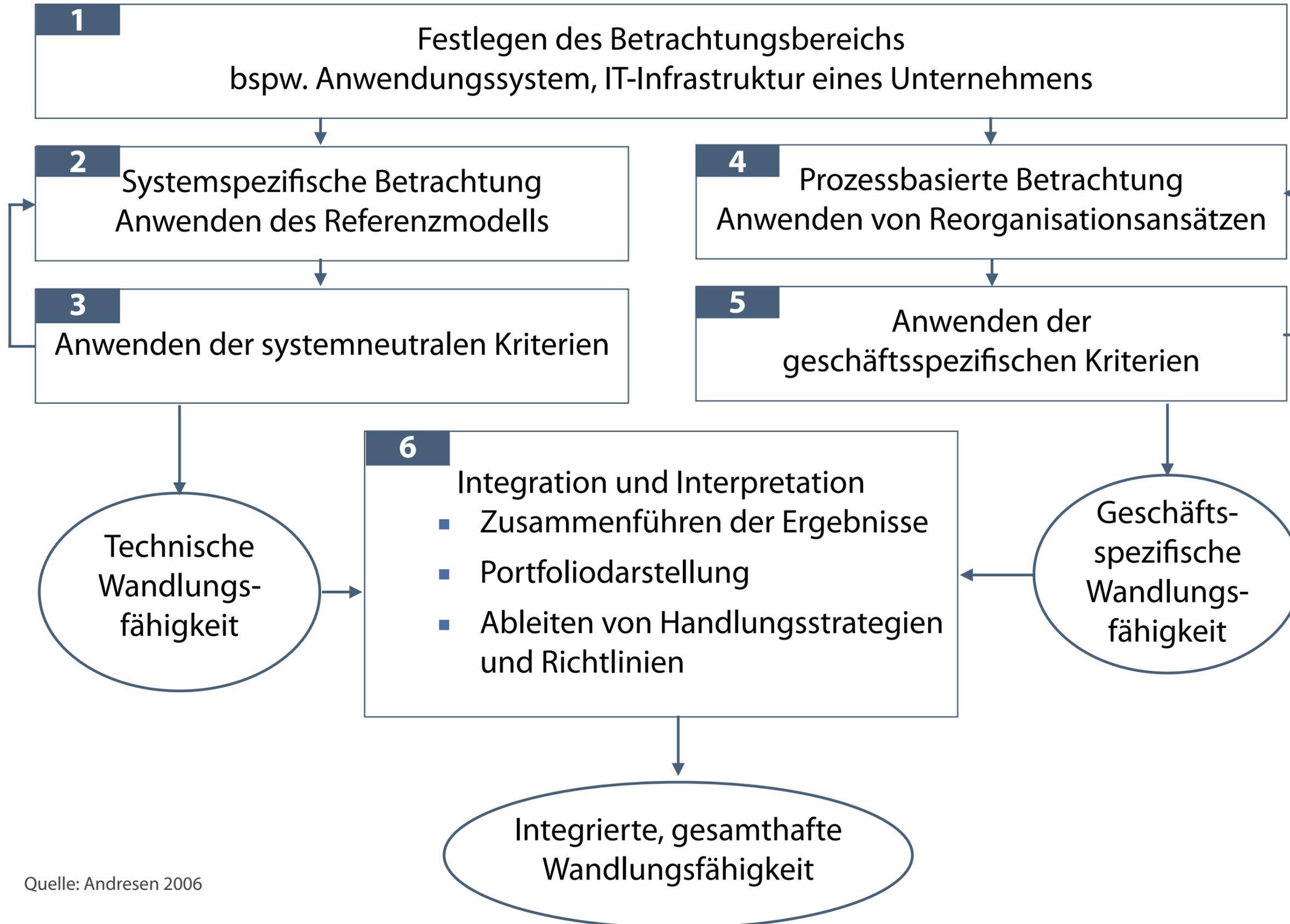
Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit

Softwaretechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit

Architekturmodell zur Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Anwendungssystemen



Ermittlung der Wandlungsfähigkeit eines Anwendungssystems



Fragebogen zur Ermittlung der systemspezifischen Wandlungsfähigkeit

Vorgehen

- Etwa 80-90 geschlossene Fragen
- Ablauf: Für jede Schicht ist jeweils für jedes Kriterium jede Frage zu beantworten
- Bewertung der Fragen erfolgt mittels einer 5-stufigen Skala

Skala	Bewertung
0	■ Frage wird eindeutig mit "Nein" beantwortet.
1	■ Gegenstand der Frage ist nicht ausgeprägt, aber erste Ansätze sind erkennbar. Bitte im Notizenteil erklären.
2	■ Gegenstand der Frage ist schon vereinzelt ausgeprägt. Bitte im Notizenteil erklären.
3	■ Gegenstand der Frage ist schon gut ausgeprägt, hat aber noch nicht alle möglichen Bereiche durchdrungen. Bitte im Notizenteil erklären.
4	■ Frage wird eindeutig mit "ja" beantwortet.

Fragen zur Erhebung der Wandlungsfähigkeit (Ausschnitt)

Architektur

- Welche Architekturstruktur liegt dem System zugrunde?

Kontrollschicht

- Ist der Einsatz der Kontrollschicht unabhängig vom Betriebssystem beziehungsweise anderer Softwareinstallationen?

Unabhängigkeit

- Können alle Funktionen des Systems zeitunabhängig, ortsunabhängig und plattformunabhängig aufgerufen werden?

Skalierbarkeit

- Kann das Grundsystem um weitere Module erweitert werden (einfaches Einbinden, Lizenzschlüsselfreigabe)?

Selbstähnlichkeit

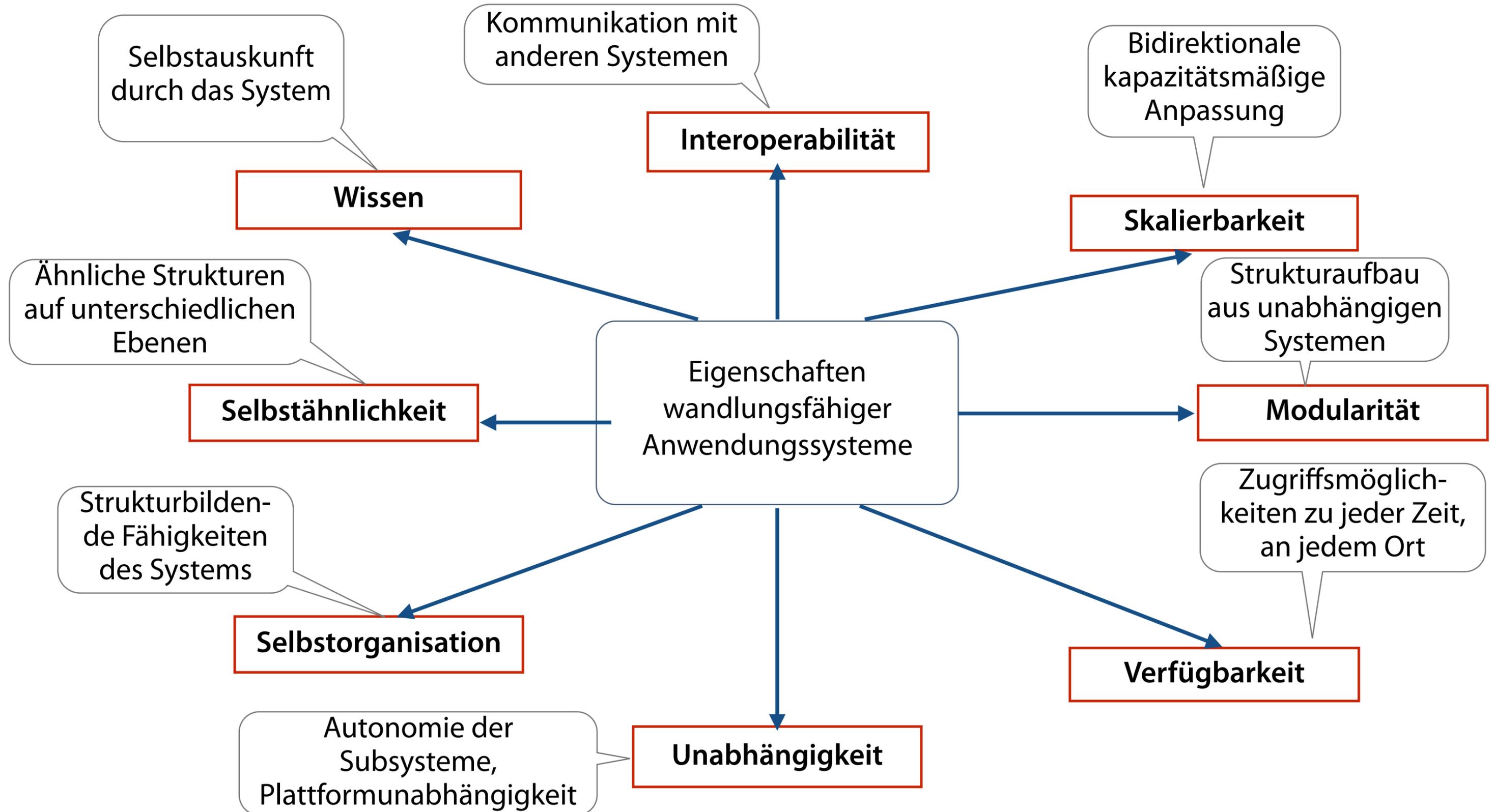
- Gibt es ein einheitliches Design für alle Module und Funktionen?

Datenschicht

- Erkennt das System häufige Anfragen der Nutzer und reagiert entsprechend?

Je Schicht werden Indikatoren der Wandlungsfähigkeit abgefragt.

Mögliche Ausprägungen der Wandlungsfähigkeit bei einem Anwendungssystem



Nennen Sie Beispiele für interne Reorganisationsmaßnahmen in einem Unternehmen.

Grundtypen der Reorganisation in einem Unternehmen

Segmentierung

- Zuordnung oder Aufspaltung der Aufgabenbearbeitung zu einzelnen, autonomen Subsystemen

Prozessorientierte Reorganisation

- Ausrichtung bzw. Anpassung der Geschäftsprozesse entlang der Wertschöpfungskette

Auflösung von Unternehmensgrenzen

- Ausweitung der Wertschöpfungskette über die Unternehmensgrenzen
- Notwendigkeit einer Zusammenarbeit mit anderen Systemen

Kontinuierliche Reorganisation

- Veränderung des Unternehmens im Zeitablauf
- Bildung von Subsystemen
- Ausrichtung der Prozesse an der Wertschöpfungskette

Prozessbasierte Betrachtung

- Untersuchung des Verhaltens bei Prozessänderung
- Jede Geschäftsprozessänderung lässt sich einem oder mehreren Reorganisationsansätzen zuordnen
- Annahme: Wird ein System den Anforderungen der Reorganisationsansätze gerecht, kann es auf beliebige zukünftige Prozessänderungen reagieren!
- Fragebogenbasierte Ermittlung der notwendigen Fähigkeiten zur Umsetzung dieser Reorganisationsansätze

Kriterien

- Art der Anpassungsfähigkeit
- Aufwand für die Anpassung

Kriterien für die geschäftsspezifische Wandlungsfähigkeit

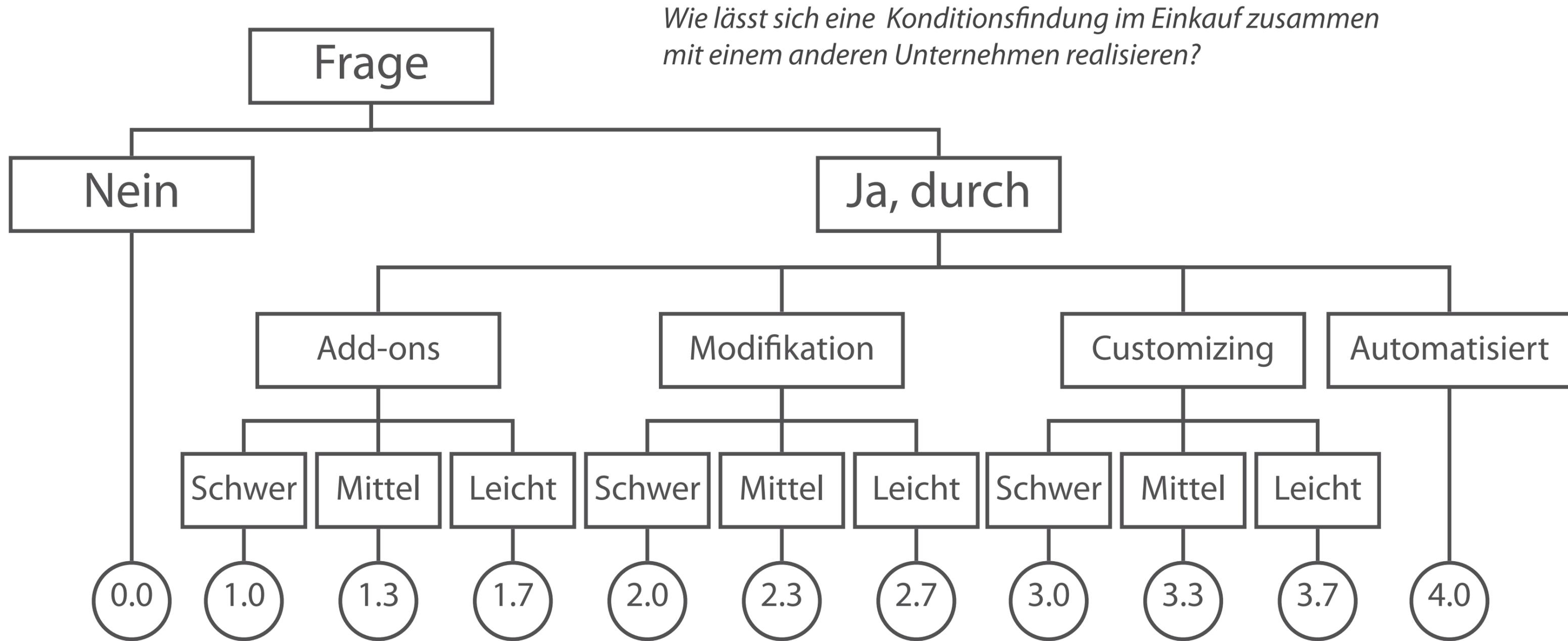
Art der Anpassungsfähigkeit

- Anpassungsfähigkeit bezeichnet eine Fähigkeit eines Systems, sich selbst, also nur mit Mitteln des Systems auf geänderte Anforderungen reagieren zu können. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von **Selbstkonfiguration**.
- Anpassbarkeit durch **Customizing** steht für die Fähigkeit durch Parametrisieren auf die geänderten Anforderungen reagieren zu können.
- Anpassbarkeit durch **Modifikation** bezieht sich auf die Möglichkeiten eines Systems, zur Laufzeit Codeveränderungen (z.B. durch integrierte Skriptsprachen) vornehmen zu lassen.
- Anpassbarkeit durch **Add-Ons** steht für das Hinzufügen von neuen, durch Anforderungsänderungen benötigten Funktionen.

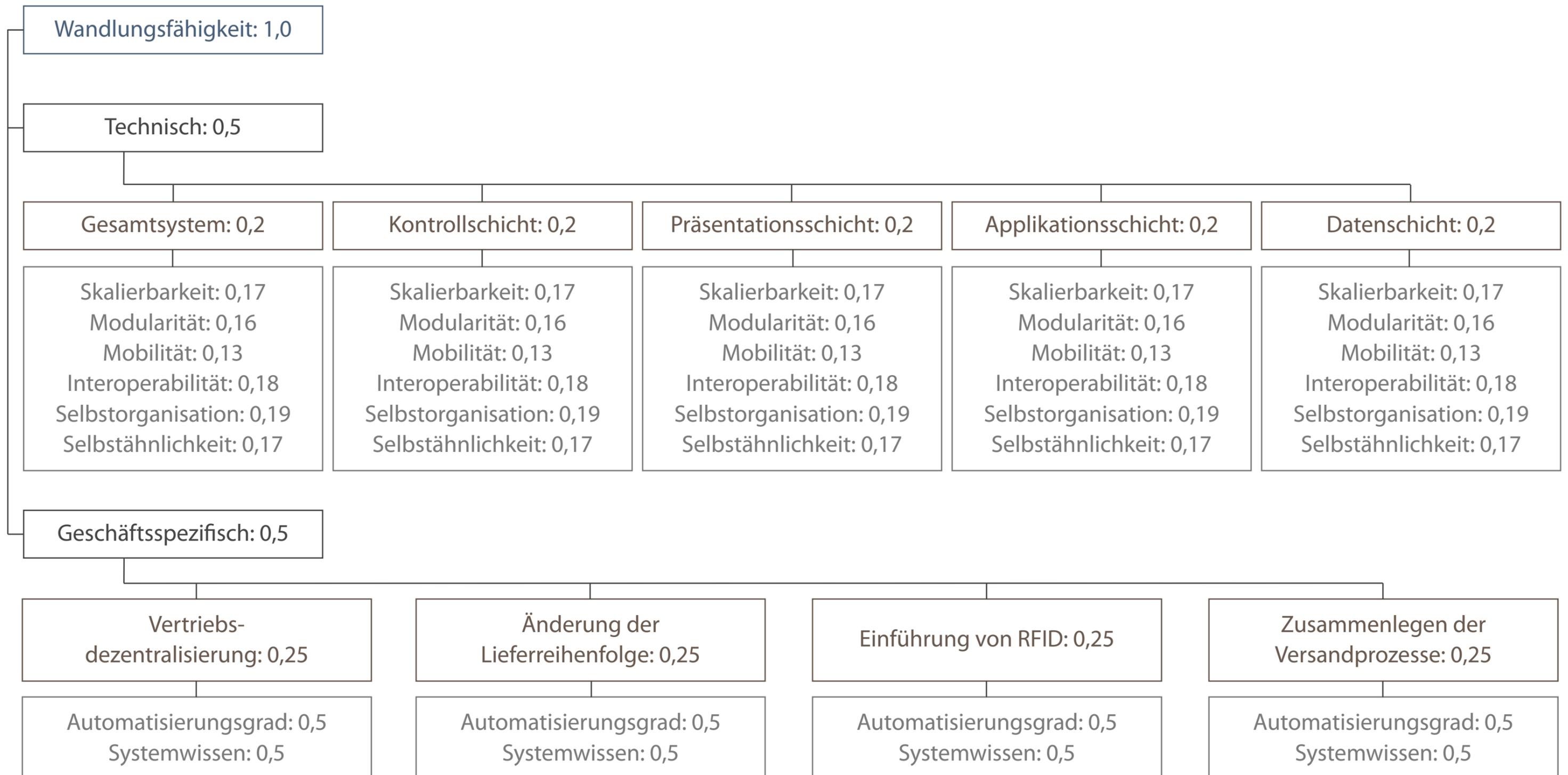
Aufwendung für Anpassungen

- Gering: Änderungen sind ohne viel Wissen über das System und mit wenigen Klicks durchführbar
- Mittel: Es bedarf bereits spezifischen Wissens über das System, die Umsetzung wird durch Assistenten/Wizards erleichtert
- Hoch: Es sind viele Klicks nötig, ohne Systemführung, der Anwender benötigt spezifische Kenntnisse über das System

Ermittlung der geschäftsspezifischen Wandlungsfähigkeit: Beispiel einer Bewertung



Beispiel für eine Gewichtung der Kriterien nach Anwendung des Analytical Hierarchy Process



Analyse eines ERP-Systems

Adaptability Analyzer

- Tool zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit
- Umsetzung des Fragebogens
- Untersuchungsbereiche:
 - ERP-System
 - Unternehmensuntersuchung
- Nutzung für
 - Zertifizierung
 - Schwachstellenanalyse zur Wandlungsfähigkeit
 - Entwicklung einer IT-Strategie

Durchführung einer Zertifizierung

- Zwei Tage
- Anwesende:
 - ERP-System Entwickler
 - Produktmanager
 - Mitarbeiter des CER
- Live-Vorführung und Umsetzung der Fragen
- Beantwortung der Fragen durch alle Beteiligten
- Konsolidierung der Antworten und Eingabe in den Adaptability Analyzer

Fallbeispiel: Wandlungsfähigkeitsanalyse in einem Industrieunternehmen

Ausgangssituation

- Softwarelandschaft der Unternehmensgruppe umfasst mehr als 40 Systeme
- U.a. CAQ, BI, HR-Software, Zeiterfassung, BDE/MDE und mehrere Versionen des selben ERPs
- Beratungsprojekt beinhaltet Gruppenweite Umstrukturierung der IT
- Systemlandschaft soll homogenisiert und dementsprechend Anwendungssysteme eliminiert/ausgetauscht werden

Wandlungsfähigkeitsanalyse soll bestehende Systemlandschaft, insb. das ERP-System auf Zukunftsfähigkeit untersuchen und so Folgeentscheidungen unterstützen.

Fallbeispiel: Wandlungsfähigkeitsanalyse in einem Industrieunternehmen

Vorgehen

-  zukunftsfähig
-  eingeschränkt zukunftsfähig
-  nicht zukunftsfähig



Zukunftsfähigkeit der Systeme

- Technische Eigenschaften der Systeme
- Einschätzung zur Passung der Systeme in zukünftigen Szenarien
- Keine Aussage über aktuelles Fit im Unternehmen
- Keine Aussage über generelle Güte der Systeme

Die Systeme werden hinsichtlich Eigenschaften und Anpassbarkeit an mögliche zukünftige Geschäftsentwicklungen untersucht.

Fallbeispiel: Wandlungsfähigkeitsanalyse in einem Industrieunternehmen

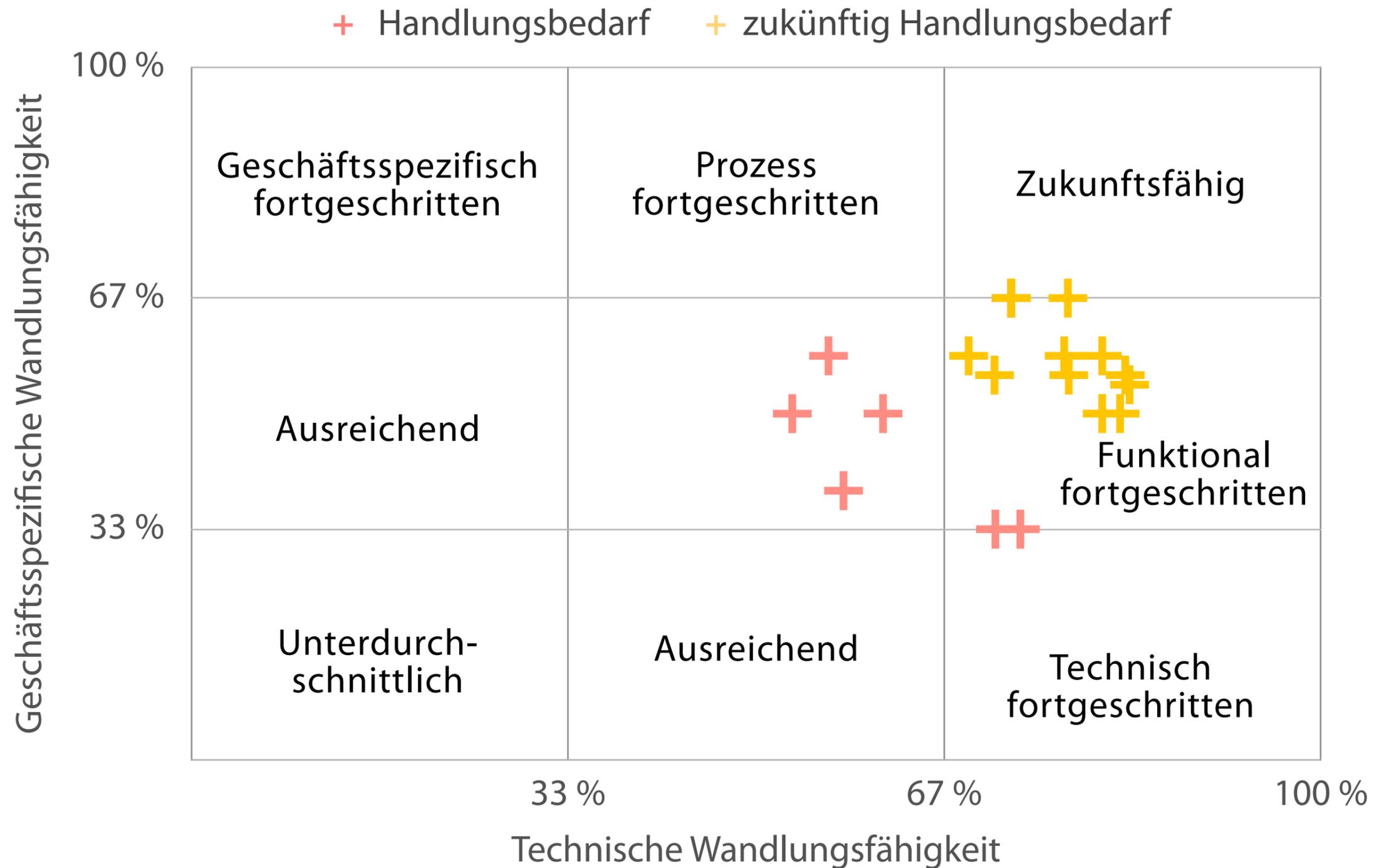
Fragebogen zu Anwendungssystemen

- Geführte Bewertung der Anwendungssysteme
- Unterscheidung zwischen geschäftsspezifischer Wandlungsfähigkeit (Customizing, Wissen)
- Und technischer Wandlungsfähigkeit (Skalierbarkeit, Modularität, Mobilität, Interoperabilität, Selbstorganisation, Selbstähnlichkeit)

		Info.	Lf.Nr.	IS		Web-Shop	
				Customizing	Wissen	Customizing	Wissen
Geschäftsspezifische Wandlungsfähigkeit			1.1	1,9	2,3	1,57142857	2,14285714
			1.2	1,55555556	2,22222222	2,33333333	2,66666667
			1.3	1,66666667	2	1,8	2,2
			1.4	2,66666667	3	2,5	3
Allgemeine Fragen zum System	Welches Architekturmodell (Client/Server, etc.) liegt zugrunde?		2.1.1	Client only		Client Server	
	Welche Programmiersprache (Java, andere? Einheitlich, diverse) wird verwendet?		2.1.2	RPG, C#, DotNet		WebStack	
	Wie/in welcher Sprache wird die Geschäftslogik abgebildet (BPML, ebXML)?		2.1.3	keine		keine	
	Existiert eine Service-Orientierung des Gesamtsystems?		2.1.4	partiell		partiell	
	Welche Middleware-Lösungen (bspw. CORBA, J2EE, EJB) werden eingesetzt?		2.1.5	keine (Schaufel-PC)		keine (Schaufel-PC)	
	Welche Datenmodelle liegen den Datenbanken (bspw. RDBS, OODBS, ORDBS) zugrunde?		2.1.6	RDBS		RDBS	
	Welche Datenformate (bspw. XML, EDI) werden verwendet?		2.1.7	CSV		CSV	
Jede Frage mit Wert von 0 bis 4 bewerten. Erklärungen zu Bedeutung der Werte: 0: Nein, 1: Eher Nein, 2: Teils teils, 3: Eher ja, 4: Ja							
Kriterien auf der Gesamtsystem	Skalierbarkeit		2.2.1				
	Kann das Grundsystem um weitere Module erweitert werden?	?	2.2.2	1		1	
	Modularität		2.2.3				
	Ist das System in verschiedene Module aufgeteilt?	?	2.2.4	2		0	
	Mobilität		2.2.5				
	Kann das System auf jedem System installiert werden?	?	2.2.6	3		3	
	Kann bei bestehenden Netzwerkverbindungen zu jeder Zeit auf das System zugegriffen werden?	?	2.2.7	3		4	
	Kann bei bestehenden Netzwerkverbindungen von überall auf das System zugegriffen werden?	?	2.2.8	1		4	
	Interoperabilität		2.2.9				
	Kann das System mit anderen Systemen verbunden werden?	?	2.2.10	3		3	
	Selbstorganisation		2.2.11				
	Enthält das System Funktionen der Selbstorganisation, wie Selbstmanagement, Selbstdiagnose, Selbstschutz, Selbstheilung, Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration?	?	2.2.12	0		0	

Fallbeispiel: Wandlungsfähigkeitsanalyse in einem Industrieunternehmen

Automatisierte Auswertung und Ausgabe der Ergebnisse



Fallbeispiel: Wandlungsfähigkeitsanalyse in einem Handelsunternehmen

Vergleichsergebnis einer Wandlungsfähigkeitsanalyse aus einem anderen Projekt





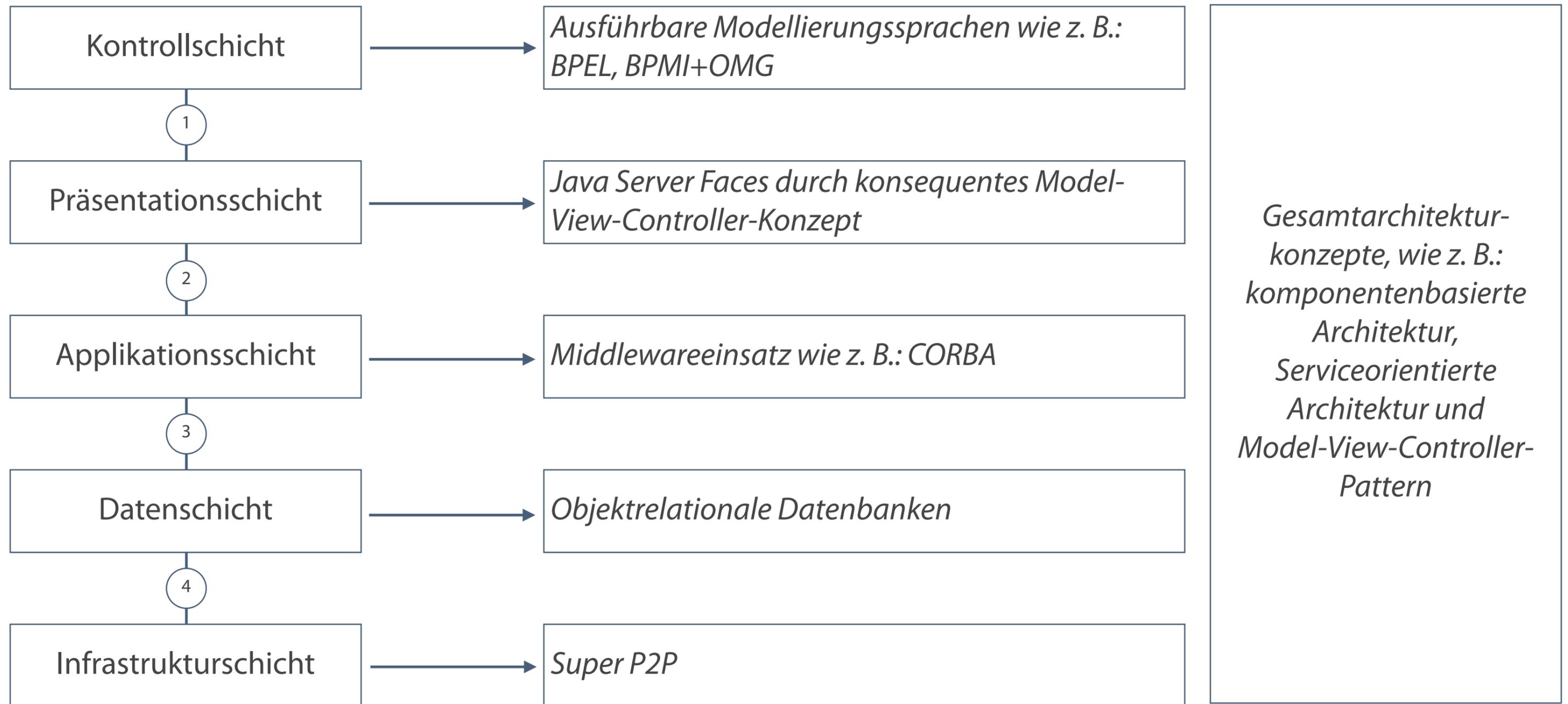
Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung

Die Wandlungsfähigkeitskriterien

Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit

Softwaretechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit

Erhöhung über die Architektursicht



Für jede Schicht existieren Möglichkeiten, die Wandlungsfähigkeit fördern.

Literatur zur Vorlesung

Andresen, K., Lämmer, A., Gronau, N.: Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit von ERP-Systeme. In Nösekabel et al: Tagungsband zur MKWI 2006, Gito-Verlag, Berlin 2006.

Buschmann, F., et al: Pattern-oriented Software Architecture. John Wiley (West Sussex), 1996.

Gronau, N.: Ermittlung der Zukunftsfähigkeit unternehmensweiter Anwendungssysteme. ERP-Management, 2, 2005; S. 26-29.

Gronau, N.: Wandlungsfähige Informationssystemarchitekturen - Nachhaltigkeit bei organisatorischem Wandel. 2. Auflage GITO-Verlag (Berlin), 2006.

Gronau, N., Lämmer, A., Andresen, K., : Software Engineering für wandlungsfähige ERP-Systeme. In: Gronau, Lämmer: Wandlungsfähige ERP-Systeme, GITO-Verlag, Berlin 2006.

Gronau, N. (Ed.): Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL. Comprehensive insights into theory and practice. Gito (Berlin), 2012

Hinchey, M. G., Sterritt, R.: Self-Managing Software. In: Computer. IEEE Computer Society Vol 40 Nr.2 Feb 2006.

Hütt, M.-T., Marr, C.: Selbstorganisation als Metatheorie. In Vec, et al: Selbstorganisation - Ein Denksystem für Natur und Gesellschaft. Böhlau Verlag, Köln Weimar Wien, 2006, S. 106-126.

Lämmer, A.: Wandlungsfähigkeitsanalyse des ERP-Systems Greenax. Technischer Bericht. Arbeitsbericht 2006.

Nofen, D., Klußmann, J.: Wandlungsfähigkeit durch modulare Fabrikstrukturen. PPS Management 3/2002, S. 49-52

Rauch 2013, Konzept eines wandlungsfähigen und modularen Produktionssystems für Franchising-Modelle, Diss. Uni Stuttgart

Weber, E.: Erarbeitung einer Methodik der Wandlungsfähigkeit . Berlin 2015, zgl. Dissertation Universität Potsdam

Windt, K., Huelsmann, M.: Changing Paradigms in Logistics, In: M. Huelsmann, K. Windt (Ed.), Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007, p.