



# 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*

August-Bebel-Str. 89 | 14482 Potsdam | Germany

*Tel* +49 331 977 3322

*Fax* +49 331 977 3406

*E-Mail* [ngronau@lswi.de](mailto:ngronau@lswi.de)

*Web* [lswi.de](http://lswi.de)



Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung

Die Wandlungsfähigkeitskriterien

Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit

Softwaretechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit



## **Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung**

Die Wandlungsfähigkeitskriterien

Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit

Softwaretechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit

## Frage an die Zuhörenden

---

Nennen Sie Beispiele für  
Veränderungen, 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 Preisentw.

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...](#) MatPs/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  Kontr 650001 010

Pos.:  Konto  MatPs/Not

KText  Prs  pro  MW  Rabatt   kostenlos

Kostl  KTR  LV

Produktionsort  Datum  bis  Beginn  Ende

Treffpunkt  Abfahrt  Kontr

**Kontext Softwaresystem**

		Gleis	
ach		10	unbestimmt verspätet
ERLIN	OSTBF.	9	ca 60 Min später
ERLIN		10	über 60 Min später
IPZIG		8	ca 60 Min später
MBURG	ALTONA	9	ca 60 Min später
RLIN	OSTBF.	9	ca 60 Min später
RLIN	OSTBF.	9	ca 60 Min später
BURG	ALTONA	8	ca 60 Min später
EN		8	ca 25 Min später

Kontext Kritische Infrastruktur

## Kontext Fabrik



## Systeme bestehen aus



Abläufen und Vorgehensmodellen



Technischen  
Elementen



Menschen



Verbindungen zwischen den Elementen



## Wandlungsfähigkeit benötigt:

---

Turbulenz

Erkennen  
können

Erkenntnis-  
fähigkeit

Handeln  
können

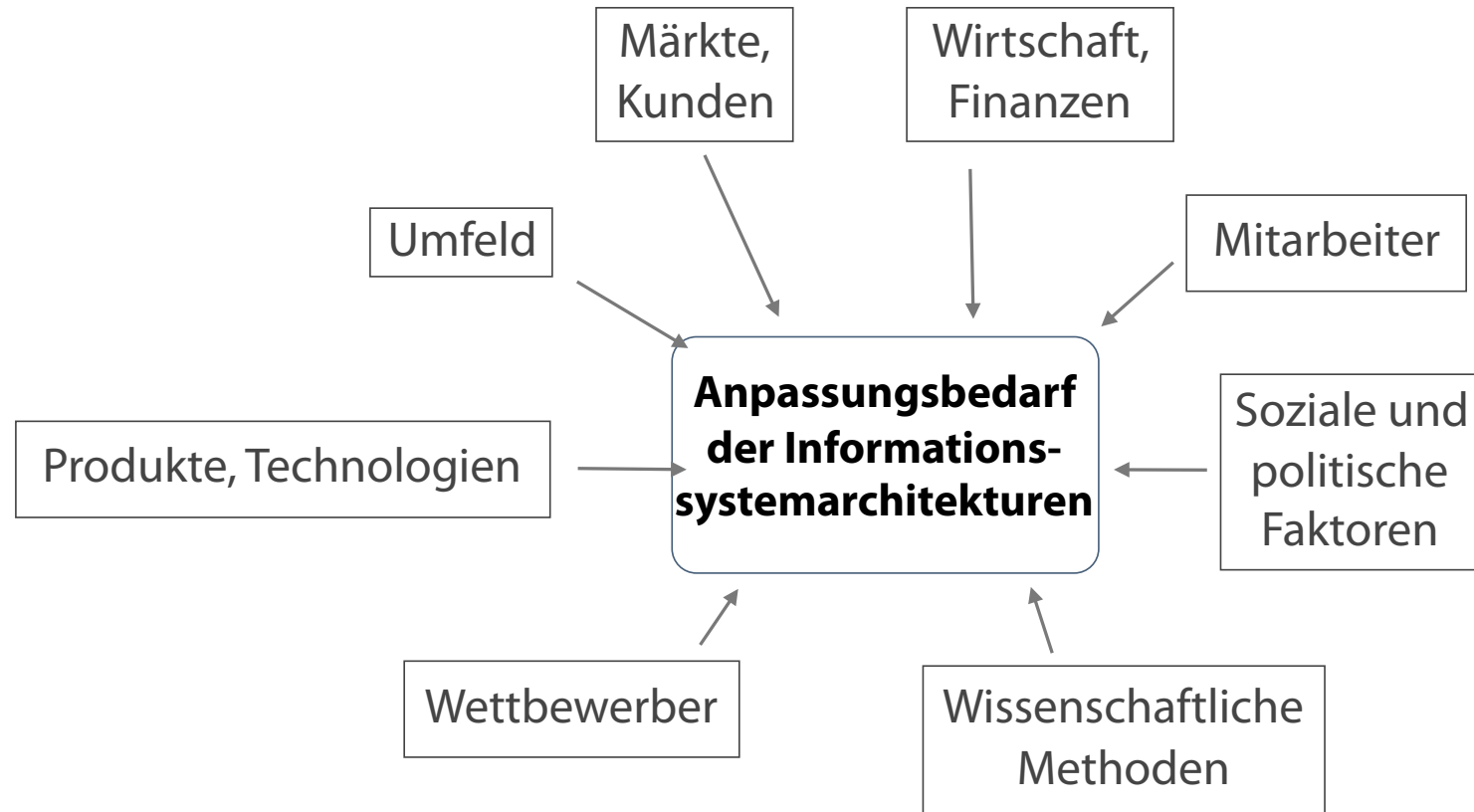
Wandlungs-  
befähiger

Handeln!

Wandlungs-  
strategien

## Warum ist Wandlungsfähigkeit notwendig?

### Veränderungen und Reaktionsbedarf



Die Wandlungsnotwendigkeit ergibt sich auf Grund von Umweltturbulenzen.

# Definitionen um Wandlungsfähigkeit

## Flexibilität

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

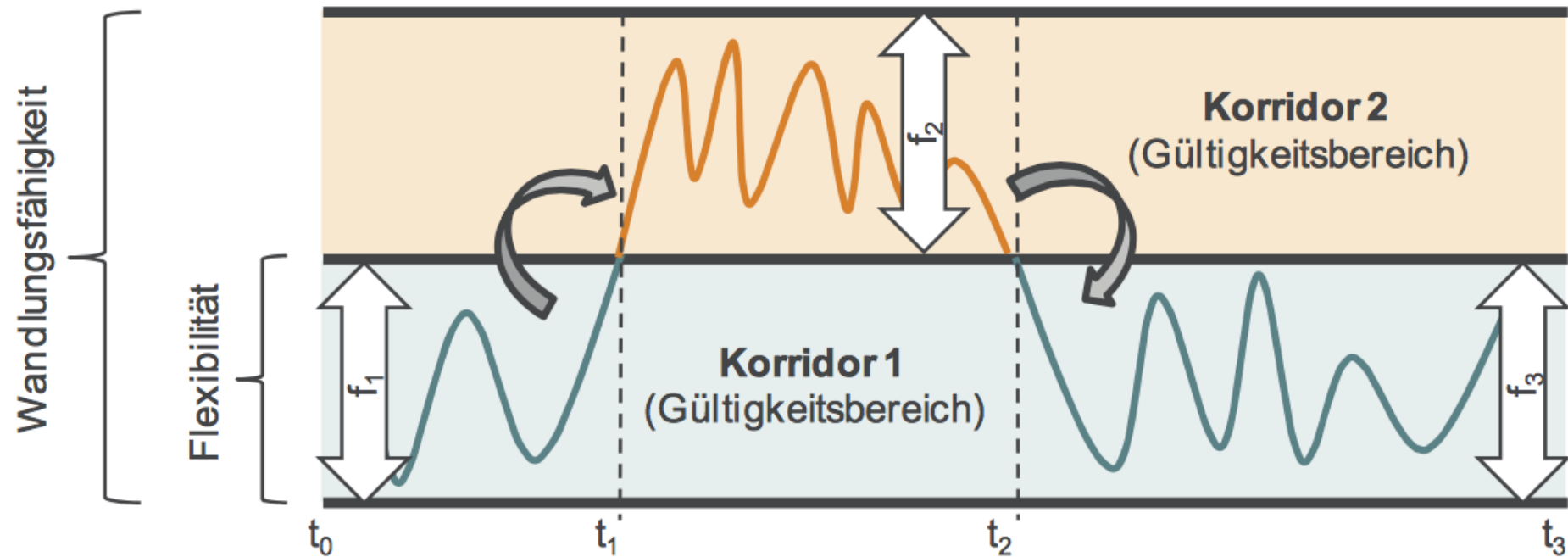
## Anpassungsfähigkeit

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

	Wer erkennt den Änderungsbedarf?	Wer entwickelt geeignete Alternativen?
<b>Flexibilität</b>	extern	extern
<b>Anpassungsfähigkeit</b>	System	extern
<b>Wandlungsfähigkeit</b>	System	System

Quelle: Gronau 2005, S. 27, Weber 2015, S. 417

## 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

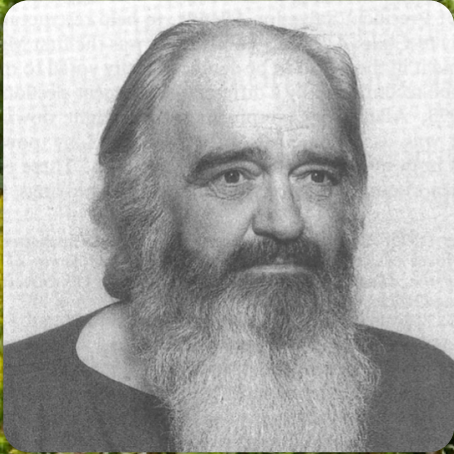
Interoperabilität



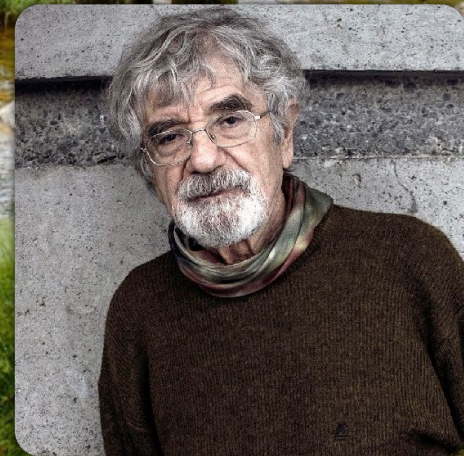
---

Welches System kann weitere Hinweise auf  
Wandlungsbefähiger liefern?



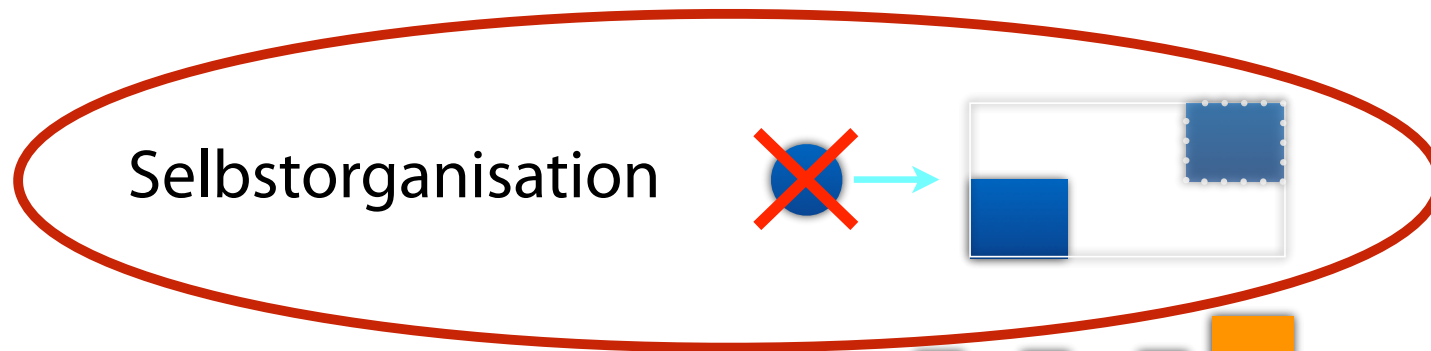


S. Beer

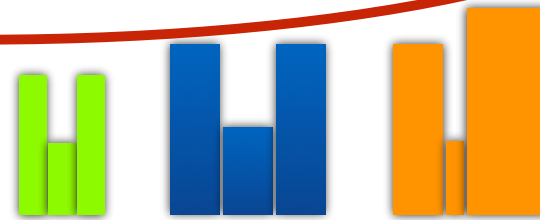


U. Maturana

## Weitere Wandlungsbefähiger



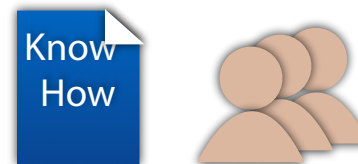
Selbstähnlichkeit



Redundanz



Wissen



## Selbstorganisation

---

„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



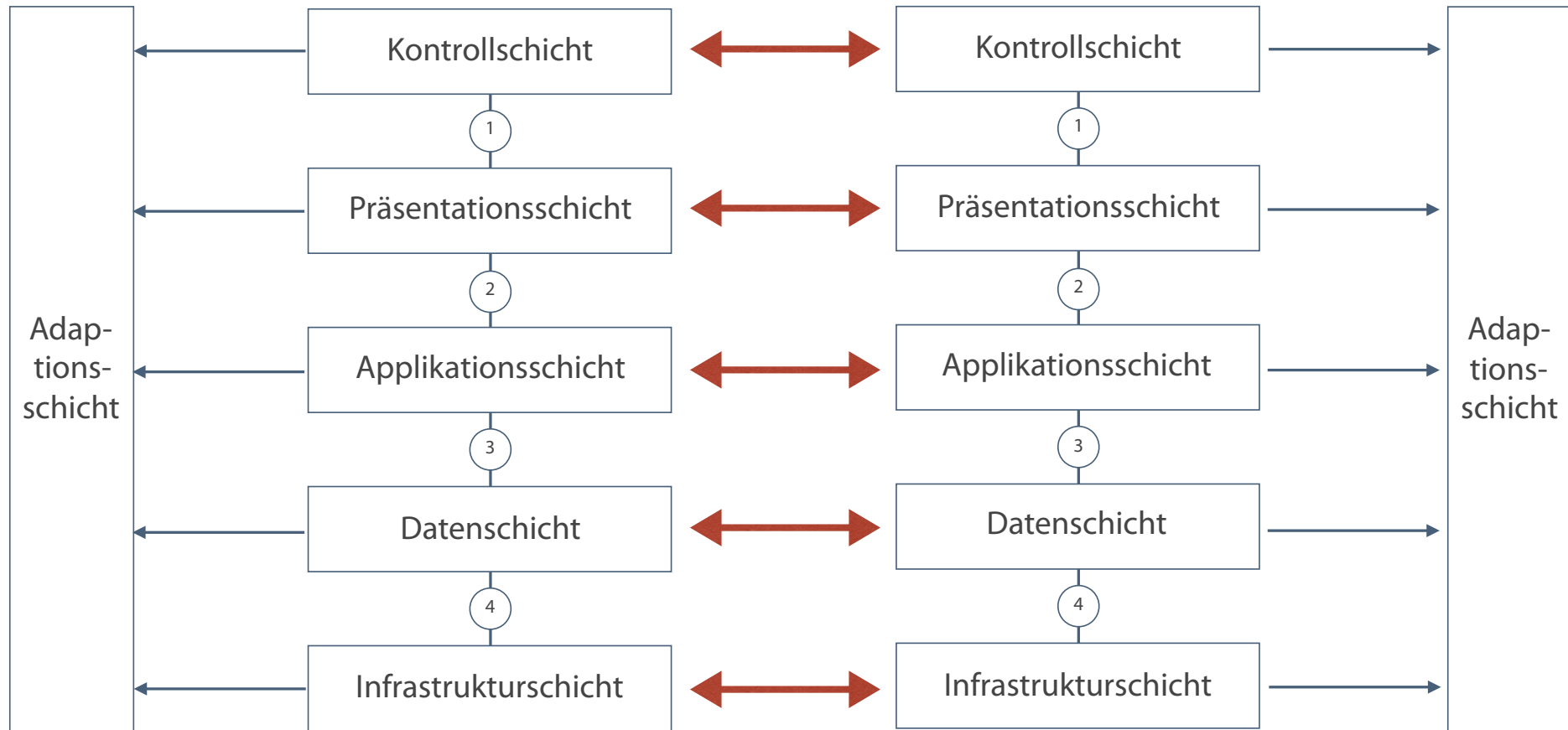
Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung

Die Wandlungsfähigkeitskriterien

**Vorgehensmodell zur Ermittlung der Wandlungsfähigkeit**

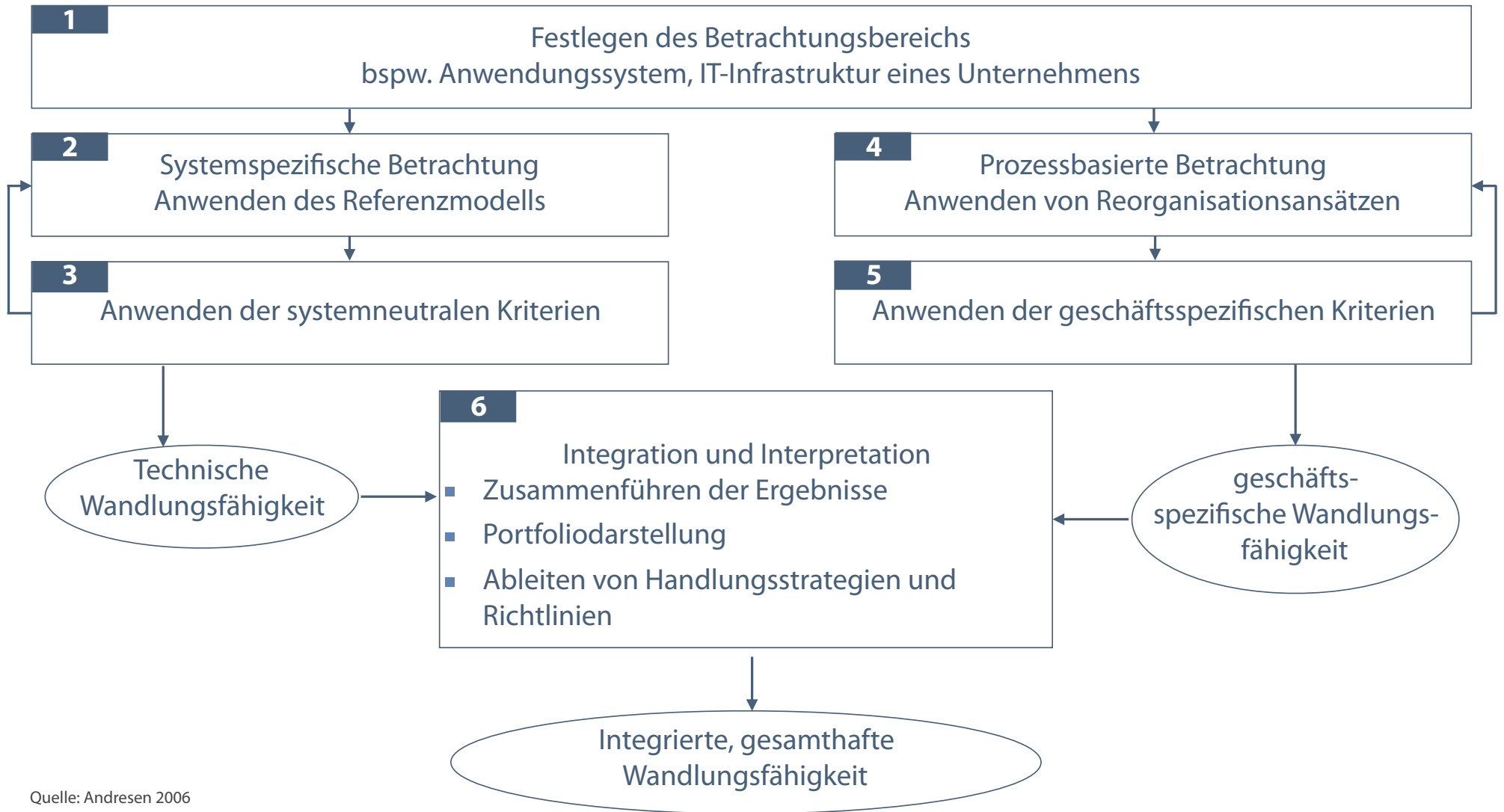
Softwaretechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit

# Architekturmodell zur Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Anwendungssystemen



Quelle: Gronau 2006b, S. 43

# Ermittlung der Wandlungsfähigkeit eines Anwendungssystems



Quelle: Andresen 2006

# 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?

**Je Schicht werden Indikatoren der Wandlungsfähigkeit abgefragt.**

### Skalierbarkeit

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

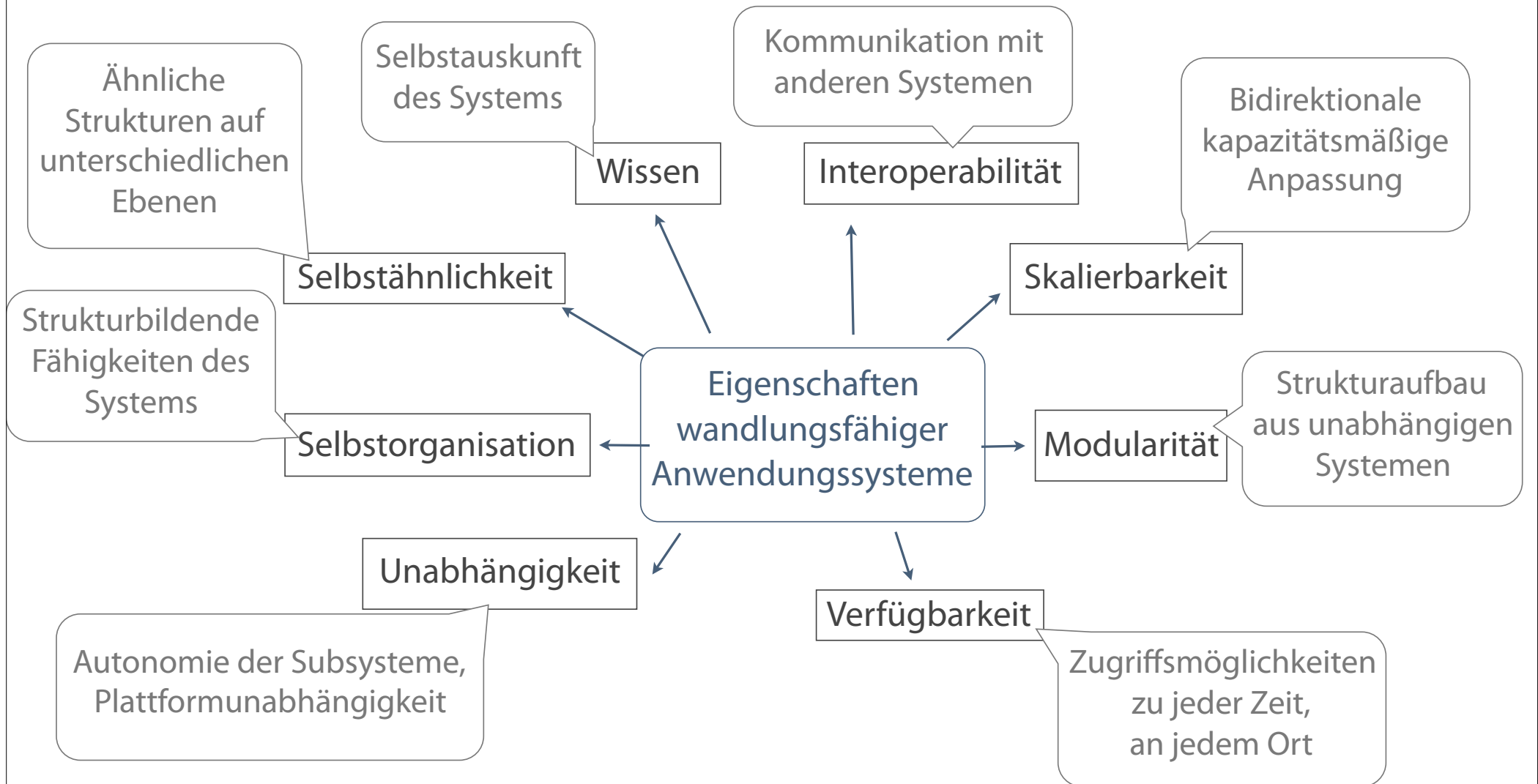
### Selbstähnlichkeit

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

### Datenschicht

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

## Mögliche Ausprägungen der Wandlungsfähigkeit bei einem Anwendungssystem



Quelle: Gronau 2006b, S. 37

## Frage an die Zuhörenden

---

Nennen Sie Beispiele für interne  
Veränderungen 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

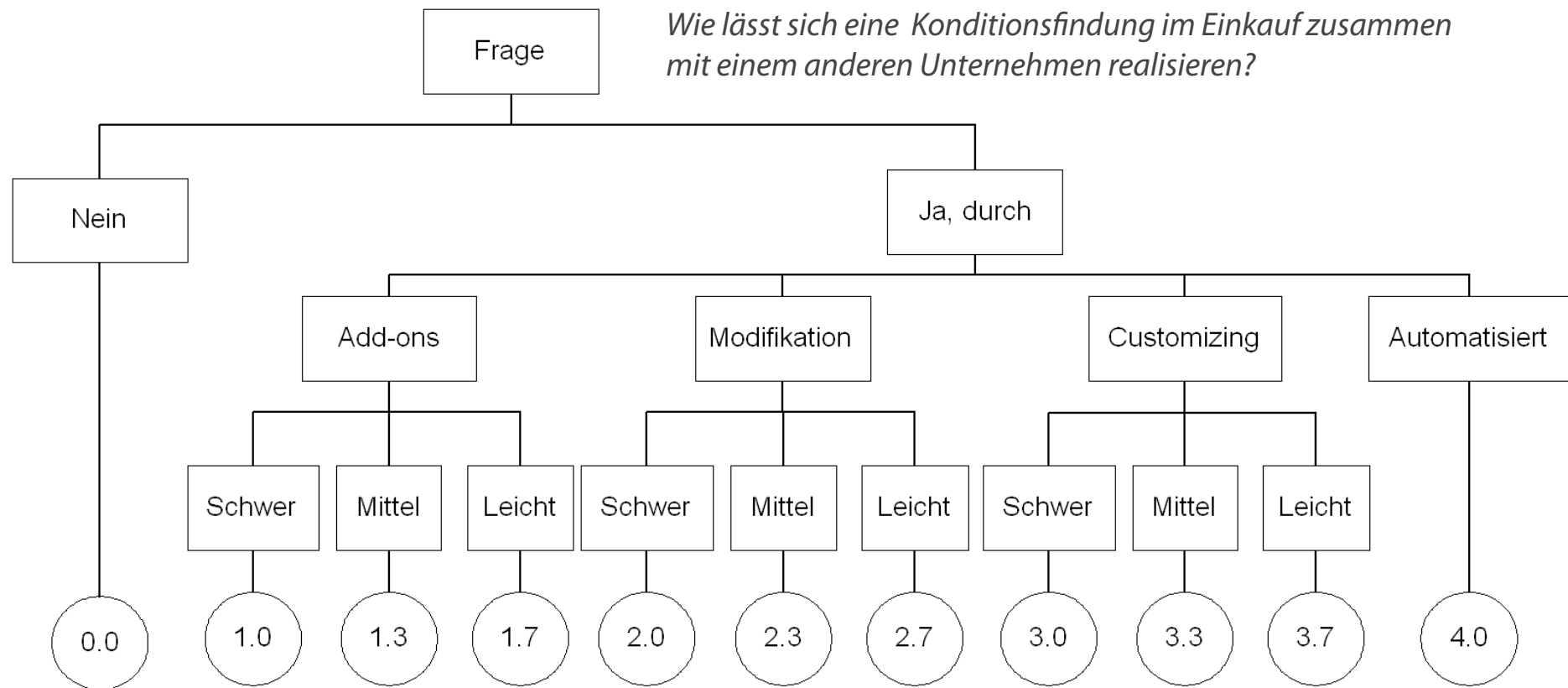
## Art der Anpassungsfähigkeit

- 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

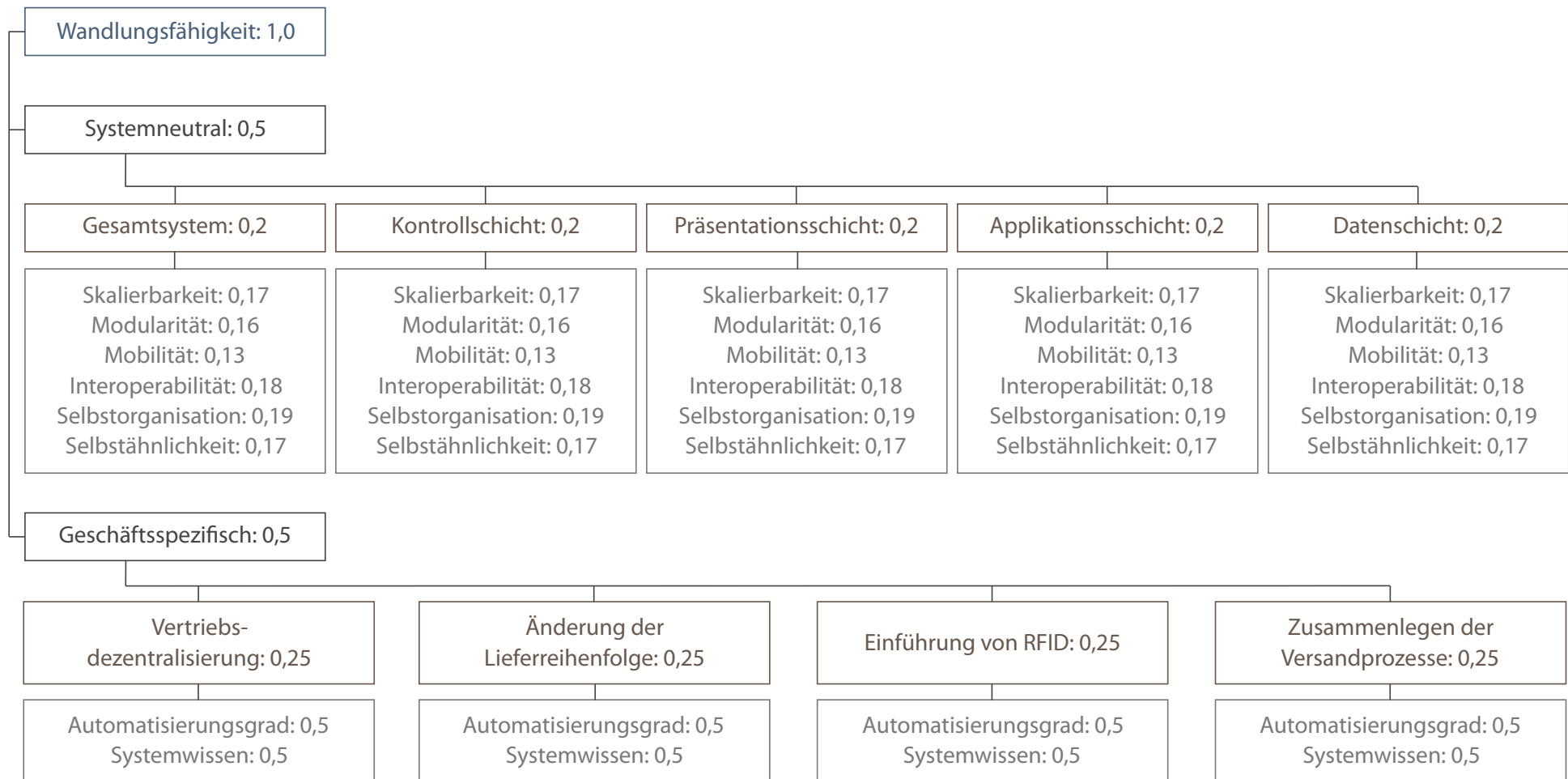
- Gering: Änderungen sind ohne viel Wissen über das System und mit wenigen Klicks durchführbar
- Mittel: Es bedarf bereits spezifischen Wissens über das System, die Umsetzung wird durch Assistenten/Wizards erleichtert
- Hoch: Es sind viele Klicks nötig, ohne Systemführung, der Anwender benötigt spezifische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

## Ermittlung der geschäftsspezifischen Wandlungsfähigkeit: Beispiel einer Bewertung



Quelle: Gronau 2006b, S. 46

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



Quelle: Andresen 2006



# Analyse eines ERP-Systems

---

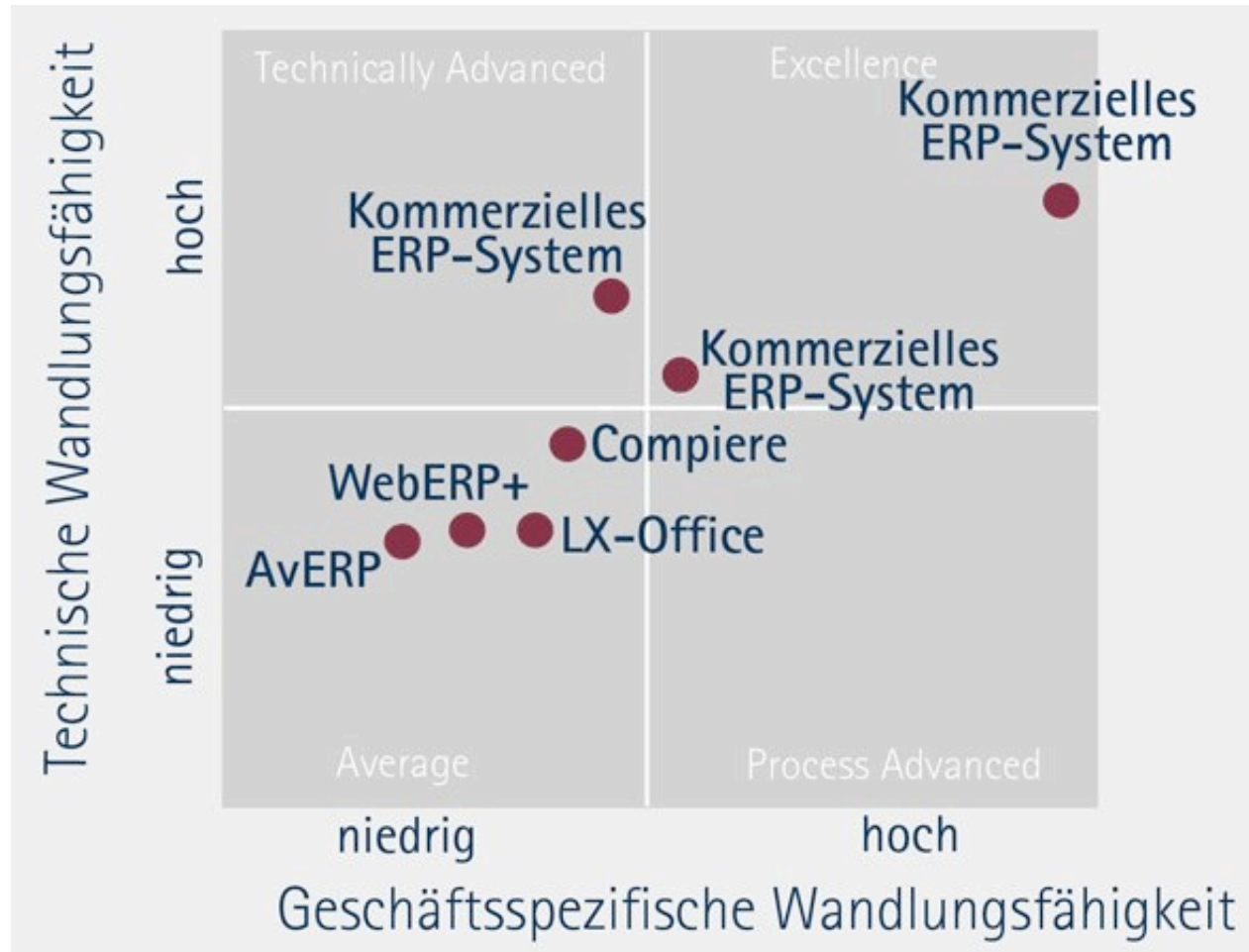
## Adaptability Analyzer

- 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

## Ergebnisdarstellung (Beispiel)



Quelle: Andresen 2006



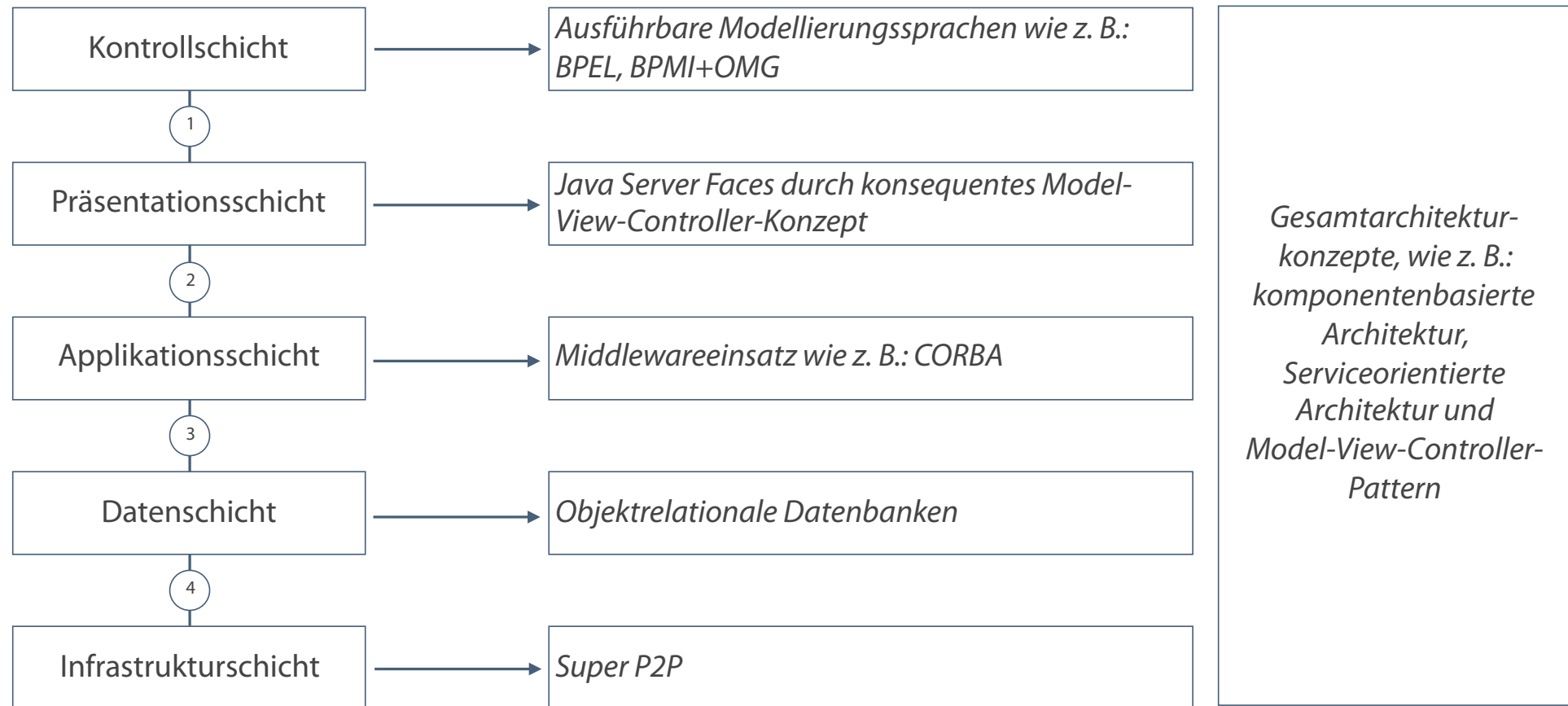
Wandlungsfähigkeit - Eine Begriffsbestimmung

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. 3