

# MKWI

# 2018



# Tagungsband

**Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018**

Data driven X — Turning Data into Value

Band V

Paul Drews, Burkhardt Funk, Peter Niemeyer und Lin Xie (Hrsg.)  
6. - 9. März 2018, Leuphana Universität Lüneburg



Paul Drews, Burkhardt Funk, Peter Niemeyer und Lin Xie (Hrsg.)

# **Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018**

Data driven X — Turning Data into Value

Leuphana Universität Lüneburg  
6. - 9. März 2018

**Band V**



## **Impressum**

---

Leuphana Universität Lüneburg  
Institut für Wirtschaftsinformatik  
Universitätsallee 1  
21335 Lüneburg

ISBN 978-3-935786-72-0

[mkwi2018.leuphana.de](http://mkwi2018.leuphana.de)

Sponsoren der MKWI 2018





# **Inhaltsverzeichnis**

<b>Sponsoren</b>	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Strategisches IT-Management</b>	<b>1763</b>
Investigating the Factors for Using One vs. Two Devices for Work and Private Life	
Uwe Ostermann	1765
Kritische Erfolgsfaktoren des IT-Multisourcings mit Service Integration and Management (SIAM)	
Dominik Nägele, Robert Zander, Jennifer Gräf, Gunnar Auth	1777
IT Governance in Scaling Agile Frameworks	
Bettina Horlach, Tilo Böhmann, Ingrid Schirmer, Paul Drews	1789
A Knowledge-Based Perspective on Contract Choice in Application Outsourcing	
Oliver Kranner, Matthias Stürmer	1801
Multisourcing on the Rise – Results from an Analysis of More Than 1,000 IT Outsourcing Deals in the ASG Region	
Michael Könning, Markus Westner, Susanne Strahringer	1813
The Corporate IT/IS Function: Competences and Organization for a (Digital) Future	
Alexander Teubner, Dorian Ehnes	1825

Auswahl und Kombination von Verfahren zur Nutzenbewertung am Beispiel einer mobilen Anwendung Jonas Hennecke, Jürgen Anke	1837
Herausforderungen der Integration von SOA, BPM und BRM Mathäus Malorny, Florian Imgrund, Marcus Fischer, Christian Janiesch, Axel Winkelmann	1849
Put your glasses on: Conceptualizing affordances of mixed and virtual reality for enterprise architecture management Kevin Rehring, David Hoffmann, Frederik Ahlemann	1861
Mehr als nur Kostencontrolling: Faktoren einer aus Unternehmenssicht effektiven IT-Leistungsverrechnung anhand eines Fallbeispiels Andrea Schnabl, Mario Bernhart, Thomas Grechenig	1873
<b>Student Track</b>	<b>1885</b>
Disaggregation von Lastkurven privater Haushalte im Kontext der Energiewende – Informationsgewinn für den Energiekonsumenten? Marcel Saager, Patrick Baber, Maximilian Meyer, Stefan Wunderlich, Alexander Sandau, Jorge Marx Gómez	1887
An Adaptable Innovation Competence Framework - The Play4Guidance Framework and its Application Jan Pawłowski, Thomas de Fries, Zacharoula Smyrnaiou	1899
AgentUDE17: Imbalance Management of a Retailer Agent to Exploit Balancing Market Incentives in a Smart Grid Ecosystem Serkan Özdemir, Rainer Unland	1911
Ant Colony Optimization for a Network Design Problem in Freight Service Leopold Kuttner	1923
Beschreib mir deine Wohnung und ich sag' dir wer du bist – Eine explorative Analyse von Gastgeberpersönlichkeiten auf Airbnb Michelle Müller, Dominik Gutt, Jürgen Neumann	1935

Anwendungsmöglichkeit der Blockchain-Technologie für Bundestagswahlen Tobias Perenthaler, Arne Schlossmacher, Sebastian Windeck, Wissam Tawileh	1947
Prozessanalytische Betrachtung notfallmedizinischer Vorsichtungsalgorithmen Michèle Kümmel, Martin Benedict, Werner Esswein	1959
Developing a Semantic Mapping between TOGAF and BSI-IT-Grundschutz Delin Mathew, Simon Hacks, Horst Licher	1971
Clusteranalyse und Mobile Health: ein Literaturreview Johanna Wallner, Max-Marcel Theilig, Anne-Katrin Witte	1983
Vom CRM System ins Social Network of Business Objects (SoNBO): Entwicklung eines Prototyps für eine innovative Informationsintegration Flemming Götz, Berit Gebel-Sauer	1995
Vergleich der Prozessqualität von IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen in Unternehmen: eine experimentelle Studie Simon Pinell, Sven Dittes, Stefan Smolnik	2007
Improving Product Life-Cycle Cost Management by the Application of Recommender Systems Simon Voelker, Matthias Walter, Torsten Munkelt	2019
A Maturity Model for Business Model Management in Industry 4.0 Sarah Rübel, Andreas Emrich, Sabine Klein, Peter Loos	2031
<b>Unternehmenssoftware in der Ära der Digitalisierung – Organisationale und technologische Herausforderungen</b>	<b>2043</b>
Vorgehensweisen zur Einführung von Big Data in Unternehmen Christian Bremser, Gunther Piller, Franz Rothlauf	2045
Toward Early Product Cost Optimization: Requirements for an Integrated Measure Management Approach Matthias Walter, Christian Leyh, Susanne Strahringer	2057

Der Weg zum Einkauf 4.0: Herausforderungen bei der Automatisierung und Digitalisierung im Einkauf – Eine multi-methodische Analyse am Beispiel der Logistikbranche

Fartash Zafari, Frank Teuteberg

2069

**Der Kunde in der Digitalen Transformation – Creating Customer Values (Teil II)**

**2081**

Design Principles for Co-Creating Digital Customer Experience in High Street Retail

Jan Hendrik Betzing, Daniel Beverungen, Jörg Becker

2083





# **Strategisches IT-Management**

## **Teilkonferenzleitung**

Frederik Ahlemann

Reinhard Schütte

Nils Urbach



# Investigating the Factors for Using One vs. Two Devices for Work and Private Life

Uwe Ostermann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe University, Business Informatics and Information Economics, Frankfurt, Germany  
{ostermann}@wiwi.uni-frankfurt.de

**Abstract.** Because of the increasing performance and affordability of consumer IT such as smartphones or tablets, more and more employees are using the same device for work and private purposes. On the one hand, this behavior can increase productivity. On the other hand, the dual use of one device makes it more difficult to separate work and private life. Since existing BYOD and consumerization literature deals extensively with the relative advantage of private devices, we investigate the factors influencing the decision to use one or two devices. To answer our research question, we conducted a web-based study and used structural equation modelling.

**Keywords:** Dual use, multihoming, BYOD, consumerization

## 1 Introduction

Over the last years, the diffusion of consumer technologies into organizations has become apparent [1]. This phenomenon is referred to as consumerization [2] and includes the usage of devices like smartphones and tablets, but also software and services for work related tasks [1, 2]. Consumerization has gained practitioners attention in particular [3], as it flips the established direction of IT diffusion in organizations from top-down to bottom-up and challenges the work of IT departments [4, 5]. For organizations, Bring your own device/system (BYOD/S) programs are one possible response to the trend of consumerization [6]. Employees can use their private IT, while the organization can establish guidelines and policies to prevent data loss and security breaches [7]. Hence, BYOD is the allowed subset of consumerization [2].

The increasing number of organizations that allow private IT and introduce BYOD programs leads to more and more employees that use the same device for both work and private life [8]. This behavior is termed ‘dual use’ [9]. On the one hand, dual use can simplify communication as employees are able to work wherever and whenever necessary [8]. On the other hand, dual use of one device can have negative implications such as work overload, job related stress, and work life conflicts [8, 9]. Employees who do not want to expose themselves to these negative effects can instead use two separate devices for work and private life. In our study, we use the term multihoming to describe this behavior.

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

Existing literature on consumerization and BYOD primarily deals with the influence of a relative advantage of consumer IT to explain employees intention to use private IT for work [10–14]. To add to existing research, we use multihoming as an analogy to examine how the preference for one or two devices influences the decision to take part in a BYOD program. To understand this decision process, our research question is:

*RQ: Which factors influence the preference to use just one device instead of separating work and private life by using two devices?*

To answer our RQ, we conducted a web-based survey with 200 participants. Based on a hypothetical scenario, respondents had to choose between

- two devices *vs.* one device for both work and private life which they privately own (BYOD)
- two devices *vs.* one device for both work and private life which is provided by their company

Our contributions to the field is the following. We apply covariance based structural equation modelling (CB-SEM) to assess the effect of inconvenience of two devices, work life conflict concerns, perceived privacy risks and perceived financial risks on the two aforementioned tradeoffs. Validating previous qualitative research [2, 15, 16], our analysis implicates that the inconvenience of two devices drives employees to dual use one device. Moreover, we find that privacy concerns drive employees to multihome.

The remainder of our paper is structured as follows. In Section 2, we introduce the related work. In Section 3, we develop our research model and hypotheses. In Section 4, we describe the research methodology. In Section 5, we present our data analysis and results. In Section 6, we conclude with a discussion and implications of our work.

## 2 Related Work

### 2.1 BYOD and the Preference for Using Only a Privately Owned Device

The case where employees receive approval to use privately owned devices such as smartphones, tablets, or notebooks for work is known as BYOD [2, 6, 7]. According to consumerization and BYOD literature, the relative performance advantage over a corporate device is one major reason for employees to use a privately owned device. As employees think that their private device is more useful or will increase their performance, they are more likely to use it for work [10–12, 14, 17]. Another reason to choose a privately owned device over a corporate device, can be more intuitive handling and better ease of use [10, 12]. Generally speaking, employees' satisfaction decreases, if they have to use inferior technology for work [1, 2, 15]. Furthermore, the results of Dernbecher et al. (2013) imply that habitual usage of private IT can lead to consumerization behavior [18]. In addition, related research suggests that early adopters and highly innovative employees rather use private IT for work in comparison to late adopters and “laggards” [12]. The same applies for employees with high degrees of self-efficacy [18]. On the contrary, concerns about possible risks while using private IT for work, are a potential inhibitor of BYOD and consumerization [13].

## 2.2 Multihoming and Preference for Using One Device

The term multihoming originates from the domain of telecommunication networks and network industries. In the domain of economics multihoming is described as “[...] agents purchas[ing] two competing products in order to reap maximal network benefits” [19]. Playing on different game platforms [20, 21] or holding different credit cards [20, 19] are popular examples for multihoming in the economics literature. Customers/users multihome due to missing compatibility. Some games are released exclusively for one gaming platform; some shops only accept a certain credit card. One way to overcome these incompatibilities is to multihome. However, multihoming multiplies costs for initial purchases, operating, and managing effort [19]. We take multihoming as an analogy to analyze the reasons for one or two devices. While work and private life is incompatible for certain employees, multihoming is useful to strictly separate work and private life by using two distinct devices [9, 16].

In accordance with this analogy, qualitative consumerization literature shows that managing, carrying, and charging two separate devices is inconvenient and annoying [2, 15, 16]. For those employees who find that work and private life is compatible, dual use of one device is a possibility to avoid additional effort and costs. However, dual use bears the risk of work interfering with private life, leading to a potential work life conflict [2, 9, 16]. This conflict in turn can induce job stress leading which intensifies the resistance to use only one device for both work and private life [8, 22, 23]. Dual use might also blur the boundaries between work and private life. This creates concerns that private information might be revealed to the employer, or private data may be lost, because the employer has to remotely wipe a device [13, 24].

## 3 Research Model and Hypotheses

To examine the decision between dual use and multihoming, we considered a situation where a company provides a corporate device to its employees and employees are allowed to dual use the device. On the other hand, the company also allows employees to bring their private device and use it for work (BYOD).

Although not every employee is faced with this many options in real life, we intentionally designed this scenario in a way that participants have to consider the two possible alternatives to using two separate devices. Hence, we assessed participants’ decisions concerning the two following trade-offs:

Multihoming *against* dual use of a company owned device (Corp)

Multihoming *against* dual use of a private device (Priv)

To this end, our research model has two distinct dependent variables. We operationalized both variables as a trade-off between multihoming and the respective dual use variant (the corresponding scales are described in section 4.2).

### 3.1 Intention to Use One Device

As the reasons for the two choices might differ from each other and may not exclusively depend on the tendency to use one instead of two devices, we further developed the

variable *intention to use one device* (ITU1D). According to the theory of reasoned action [25] and the theory of planned behavior [26], intention is supposed “[...] to capture the motivational factors that influence a behavior” [26]. In our study, we suggest ITU1D captures the factors that influence the decision to use one device instead of two. Thus, we propose ITU1D as the antecedent for both decisions and hypothesize:

*H1a – b): ITUID will have a positive effect on a) Priv; b) Corp*

Besides the direct effect of ITU1D on the two decisions, we further incorporate ITU1D as a mediating variable into our research model.

### 3.2 Inconvenience of Two Devices

According to qualitative research in the domain of consumerization, it is inconvenient for some employees to manage respectively handle multiple devices [2, 15, 16]. This is, amongst other things, because of time-consuming tasks such as synchronizing, charging, and carrying.

Multihoming occurs usually because of insufficient compatibility or required redundancy [19, 27]. As users want to overcome incompatibilities and benefit from separate networks they have to multihome, leading to multiple investments and increasing effort [19]. We suggest the need for separation of work and private life is comparable to incompatibility. Consequently, using multiple devices for different purposes also causes an increase in maintenance and handling efforts. Thus, we propose that employees that perceive high degrees of inconvenience in handling two devices (INCON), will have the general intention to dual use. Moreover, they will rather decide in favor of one company or one private device over multihoming:

*H2 a) - c). INCON will have a positive effect on a) ITUID; b) Priv; c) Corp*

*H2 d) - e). ITUID mediates the effect of INCON on d) Priv; e) Corp*

### 3.3 Work Life Conflict Concerns

With dual use of one device the likelihood of permeable boundaries between work and private life increases [16, 28, 29]. This especially affects employees that are concerned that dual use will make them neglect their family and friends [9, 16]. One strategy to strengthen the boundaries is to multihome, because employees are able to lay aside or turn off one of the devices [30]. In a study with 300 participants, Yun et al. (2012) demonstrate that distinct work-life conflict concerns (WLC) lead to a negative attitude towards the use of a single smartphone. Hence, we hypothesize:

*H3 a) – c) WLC will have a negative effect on a) ITUID; b) Priv; c) Corp*

*H3 d) – e) ITUID mediates the effect of WLC on d) Priv; e) Corp*

### 3.4 Perceived Privacy Risk

Consumerization and BYOD literature describe privacy concerns as a fear of surveillance or the disclosure of private information [13, 31, 32]. Using one device for both work and private life might entail that personal information such as location, photos, and emails are revealed to the employer [24]. In addition, the loss of private

information is possible. As employers usually use mobile device management systems on both company and private devices, they are able to remotely wipe data on a smartphone in case of a compromised device [13]. Further, Lebek et al. executed a quantitative study in 2013 with 151 employees and found an indirect effect of privacy concerns on the intention to use a private device for work [24]. Thus, we assume that perceived privacy risk (PR) negatively affects the decision to dual use one device for both work and private life.

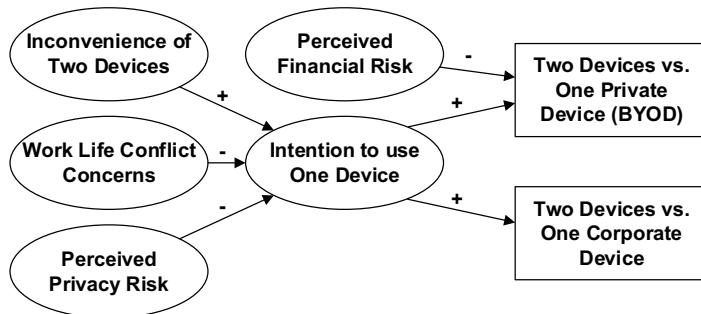
*H4 a) – c) PR will have a negative effect on a) ITUID; b) Priv; c) Corp*

*H4 d) – e) ITUID mediates the effect of PR on d) Priv; e) Corp*

### 3.5 Perceived Financial Risk

Grewal et al. (1994) describe financial risk as “the potential monetary outlay associated with the initial purchase price as well as the subsequent maintenance cost” [33]. Also, qualitative research in the domain of consumerization and BYOD finds evidence that perceived financial risk (FR) inhibits employees from taking part in BYOD programs [2, 15]. This is because employees expose their privately purchased device to additional risks when using it for work. To test this relationship quantitatively, we hypothesize:

*H5. FR will have a negative effect on Priv*



To ensure clarity, we do not illustrate the hypothesized direct relationships between INCON, WLC, and PR on the two tradeoffs

**Figure 1.** Research Model

## 4 Research Methodology

### 4.1 Data Collection

We collected the data for our study conducting a web-based survey in fall 2016. Our survey targeted participants that possessed and used a smartphone during the runtime of our survey. While 200 initially began to fill out the survey, only 128 completed it. We further deleted 18 observations of participants, who failed to answer an attention question. Table 1 displays the sociodemographic data of our study sample.

**Table 1.** Sample Characteristics

<i>N = 110</i>	<i>Count</i>	<i>%</i>	<i>Count</i>	<i>%</i>	
<b>Gender</b>					
Female	50	45.45	Student	23	20.91
Male	60	54.55	Working Student	30	27.27
<b>Education</b>					
High School graduate	18	16.36	Part Time Employee	3	2.73
Bachelor's Degree	61	81.67	Full-Time Employee	53	48.18
Master's Degree	30	18.33	Unemployed	1	0.91
Doctorate Degree	1	0.91	<b>Age</b>		
			<b>Mean</b>	<b>SD</b>	
			25.55	5.51	

#### 4.2 Survey Design and Measurement Scales

We presented the following hypothetical scenario to the study participants:

*"Imagine you start a new job. In order to fulfill this job, you will need a smartphone to make phone calls, to write emails or to browse the web. Your company offers you the following:*

- *You can use your own smartphone for work. If you do this, the company will pay your phone contract.*
- *You could also get a company smartphone for work and use it for private purposes.*"

To control for the multitude of possible devices provided by an employer and possible brand preferences, participants were offered one out of four different smartphones as a hypothetical company smartphone. Applying randomization, we presented participants an iPhone 4 (26.36%), an iPhone 6S (20.00%), a Samsung Galaxy S4 (29.09%), and a Samsung Galaxy S7 (24.55%). The devices represent the current models of the two market leaders (at the time we conducted the survey) and one model each from an older generation. We presented each device using a picture and a list of the following technical details: memory capacity, display size & resolution, weight, camera details, and battery life. Based on this scenario, participants had to decide whether they would dual use the company owned device, dual use their private device (BYOD) or multihome. We assessed participants' decision using two distinct six-point scales. The first ranged from (1) "*I would use two separate smartphones*" to (6) "*I would only use my personal smartphone*" (Priv). The second ranged from (1), "*I would use two separate smartphones*" to (6) "*I would only use the company smartphone*" (Corp). In addition, we asked participants to rate the quality of their private device in comparison to the corresponding company smartphone on a seven-point scale from (1) "*Strictly worse*" to (7) "*Strictly better*" with (4) as "*My smartphone has the same quality*".

To capture the latent variables WLC, PR, FR, ITU1D and INCON we used established multi-item scales (see Table 8 in the Appendix). All latent constructs are measured on seven-point Likert scales using reflective items.

## 5 Data Analysis and Results

### 5.1 Measurement Model

To test the factor structure of the five latent constructs, we conducted an exploratory principal factor analysis with promax rotation. Based on the Kaiser-criterion (Eigenvalue > 1) the analysis extracted five factors. A Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of 0.817 indicates “meritorious” sampling adequacy [34]. Moreover, we ran a confirmatory factor analysis and computed Cronbach’s alpha ( $\alpha$ ) as well composite reliability (CR) to test reliability. Table 2 illustrates that the measures of the latent constructs exceed the recommended threshold of 0.7 [35]. Thus, we do not see any reliability issues. Moreover, Table 2 shows that the latent constructs have sufficient convergent validity, as the average variance extracted (AVE) of all constructs is higher than 0.5 [36]. Discriminant validity was assessed using the Fornell-Larker criterion. The results are listed in Table 2 and confirm that discriminant validity is not an issue, as the square root of the AVE of each construct exceeds the correlations with any other construct [37].

**Table 2.** Evaluation of Latent Constructs

		$\alpha$	CR	AVE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	ITUID	0.974	0.974	0.926	<b>.963</b>				
(2)	INCON	0.904	0.907	0.766	.600	<b>.875</b>			
(3)	WLC	0.764	0.766	0.522	-.182	-.091	<b>.722</b>		
(4)	PR	0.877	0.879	0.709	-.334	-.160	.441	<b>.842</b>	
(5)	FR	0.921	0.921	0.796	-.029	.023	.444	.604	<b>.892</b>

The diagonal represents the squared AVE values. Off diagonal elements are the correlations among latent constructs.

Because all our survey data is self-reported, we controlled for common method bias using Harman’s single factor test [38]. We conducted a principal factor analysis without rotation. The analysis extracted five factors, while the first factor accounts for 33.59% of the variance. As the analysis did extract a single factor and no general factor accounts for the majority of the variance, a common method bias is unlikely [38].

### 5.2 Structural Model and Test of Hypotheses

Subsequent to the confirmatory factor analysis, we conducted a CB-SEM to test our hypotheses. The model fit indices indicate that the data fits our research model excellently ( $Chi^2/df$ : 1.123;  $CFI$ : 0.987;  $SRMR$ : 0.053;  $RMSEA$ : 0.034;  $PClose$ : 0.850) [39]. Our research model explains 42.5% of the variance of ITU1D ( $R^2$  = 0.425), 38.6% of the variance of Priv ( $R^2$  = 0.386), and 33.8% of the variance of Corp ( $R^2$  = 0.338). Our results show that ITU1D has a positive significant effect on decisions Priv and Corp, thereby confirming hypothesis H1a and H1b. Our analysis further supports that INCON has a positive effect on ITU1D. It also confirms a positive effect of INCON on both decisions. Thus, H2a, H2b, and H2c are supported by our results. We cannot

confirm H3a, H3b, and H3c, as we did not find any significant effects of WLC altogether. However, our results show a significant negative relationship between PR and ITU1D, confirming H4a. H4b and H4c are not supported by our analysis. In addition, our results do not show a significant effect of FR on Priv. Thus, we cannot confirm H5.

**Table 3.** Results of Hypothesis Testing

<i>IV</i>	<i>DV</i>	<i>Hypothesis</i>	<i>SC</i>
<b>ITU1D</b>	Priv	H1a	✓ 0.387 ***
	Corp	H1b	✓ 0.353 ***
<b>INCON</b>	ITU1D	H2a	✓ 0.582 ***
	Priv	H2b	✓ 0.279 *
	Corp	H2c	✓ 0.238 *
<b>WLC</b>	ITU1D	H3a	x -0.023
	Priv	H3b	x 0.046
	Corp	H3c	x -0.009
<b>PR</b>	ITU1D	H4a	✓ -0.215 *
	Priv	H4b	x -0.016
	Corp	H4c	x -0.053
<b>FR</b>	Priv	H5	x -0.083
<b>Quality</b>	Corp		-0.175 *

IV: Independent Variable; DV: Dependent Variable; SC: Standardized Coefficients;

\* Significant at a .05 level; \*\* Significant at a .01 level; \*\*\* Significant at a .001 level

We also included the following control variables into our analysis: gender, age, quality of the private smartphone in comparison to the provided company smartphone, and a dummy indicating whether the operating system (OS) of the company smartphone and the personal smartphone is identical. Among control variables, we found a significant relationship between the relative quality of participants' private devices and Corp.

**Table 4.** Indirect Effects with ITU1D as Mediator

<i>IV</i>	<i>DV</i>	<i>Hypothesis</i>	<i>SC</i>
<b>INCON</b>	Priv	H2d	✓ 0.225 **
	Corp	H2e	✓ 0.205 *
<b>WLC</b>	Priv	H3d	x -0.009
	Corp	H3e	x -0.008
<b>PR</b>	Priv	H4d	✓ -0.083 *
	Corp	H4e	✓ -0.075 *

IV: Independent Variable; DV: Dependent Variable; SC: Standardized Coefficients; \* Significant at a .05 level; \*\* Significant at a .01 level

To determine whether ITU1D mediates the effect of INCON, WLC, and PR, we tested the corresponding indirect effects following the approach of Zhao et al. (2010). Applying bootstrapping with 2000 samples, our results indicate that the relationships

between INCON and the two decisions are mediated by ITU1D. These indirect effects are complementary mediations as the product of all three relationships is positive [40]. Thereby, we can confirm H2d and H2e. We cannot find indirect effects of WLC and support for H3d and H3e. However, our analysis also reveals a complementary mediation of ITU1D on the relationships between PR and the two dependent variables, confirming H4d and H4e. Table 4 summarizes the results of the mediation analysis.

## 6 Discussion

While existing qualitative studies suggest a negative relationship between the inconvenience of multiple devices on the decision to take part in a BYOD program [2, 15, 16], our study contributes to research by quantitatively validating this correlation. The results of our analysis verify that INCON affects the ITU1D and significantly influences the employees' decision concerning BYOD, even while controlling for relative quality differences and OS preferences. Hence, we found support that our measurement of INCON and ITU1D are good predictors for multihoming and dual use. Additionally, our results validate that ITU1D mediates the effects of INCON and PR on the two decisions.

Our results do not support the findings of Yun et al. (2012), who find that work-life conflict concerns increase the resistance to use one device for both work and private life. This deviation might be due to differences in the study sample. As the average age of our study participants is 25.55 (SD: 5.51), most of the participants are digital natives. This is not the case for the sample of Yun et al., as the study was published in 2012 and the average age was 33.93 (SD: 6.34). We assume that digital natives do not have concerns of a work to life conflict due to multiple devices as they are familiar with ubiquitous technologies in their everyday lives [41]. Lebek et al. (2013) show that privacy concerns negatively influence employees' intention to bring their own mobile device. Our analysis supports these findings, as PR has a significant negative impact on ITU1D. Further, the indirect effect of PR and ITU1D does not only increase the likelihood of multihoming with a private device (BYOD), but also the likelihood of multihoming with a corporate device. In accordance with Weeger and Gewald (2014), we cannot confirm an influence of FR on Priv. Interestingly, we find that the relative quality assessment of the private smartphone in comparison to the hypothetical corporate smartphone only affects Corp and not Priv. As Priv resembles the decision to take part in a BYOD program, our results concerning relative advantage of a private device do not confirm the findings of previous BOYD and consumerization literature [10–14]. This discrepancy might be due to the use of the two distinct dependent variables for each possible decision.

### 6.1 Implications and Limitation

Driven by increasing accessibility and decreasing prices, the emergence of redundant IT in the different parts of users' lives is inevitable. Our results suggest that certain employees perceive it as inconvenient and annoying to manage, carry, and charge

multiple devices. However, employees do not only manage redundant devices, but also non-physical IS such as email or messaging services with multiple accounts, usernames and passwords. Future research could investigate whether our results can be further generalized to non-physical IS as inconvenience of redundant IS may be a reason for noncompliant IS use at work. In addition, our results imply that a corporate smartphone that is state of the art and has relatively high-quality characteristics increases the likelihood of employees making dual use with their corporate device. Thus, if an organization wants to drive dual use, providing excellent devices is an option. On the other hand, our analysis documents that privacy concerns are the main reason for multihoming and the resistance against dual use. If organizations want to foster dual use, this could be addressed by providing more transparency with respect to data protection and privacy policies.

Our study is prone to the following limitations: First, even though most of the study participants are in a working relationship, our results are based on a convenience sample with 48.18% students. Moreover, the sample size of 110 valid observations is relatively small. Concerning external validity, participants assessed their preferences for one or two devices in a hypothetical setting. However, this special setting allowed us to control for relative advantage and OS/brand preferences.

## References

1. Harris, J., Ives, B., Junglas, I.: IT Consumerization: When Gadgets Turn Into Enterprise IT Tools. *MIS Q. Exec.* 11, 99–112 (2012).
2. Köffer, S., Ortbach, K.C., Niehaves, B.: Exploring the Relationship between IT Consumerization and Job Performance. *Commun. Assoc. Inf. Syst.* 35, 261–284 (2014).
3. Ortbach, K., Bode, M., Niehaves, B.: What Influences Technological Individualization? – An Analysis of Antecedents to IT Consumerization Behavior. *AMCIS 2013 Proc.* (2013).
4. Junglas, I., Way, A., Ives, B., Hall, M., Harris, J.G.: Consumer IT at Work: Development and Test of an IT Empowerment Model. *Proc. Int. Conf. Inf. Syst.* (2014).
5. Leclercq-Vandelannoitte, A.: Managing BYOD: how do organizations incorporate user-driven IT innovations? *Inf. Technol. People.* 28, 2–33 (2015).
6. French, A., Guo, C., Shim, J.P.: Current Status, Issues and future of bring your own device (BYOD). *Commun. Assoc. Inf. Syst.* 35, 10 (2014).
7. Crossler, R.E., Long, J.H., Loraas, T.M., Trinkle, B.S.: Understanding Compliance with Bring Your Own Device Policies Utilizing Protection Motivation Theory: Bridging the Intention-Behavior Gap. *J. Inf. Syst.* 28, 209–226 (2014).
8. Yun, H., Kettinger, W.J., Lee, C.C.: A New Open Door: The Smartphone's Impact on Work-to-Life Conflict, Stress, and Resistance. *Int. J. Electron. Commer.* 16, 121–152 (2012).
9. Köffer, S., Junglas, I., Chiperi, C., Niehaves, B.: Dual Use of Mobile IT and Work-to-Life Conflict in the Context of IT Consumerization. *Thirty Fifth Int. Conf. Inf. Syst.* (2014).
10. Hopkins, N., Sylvester, A., Tate, M.: Motivations For BYOD: An Investigation Of The Contents Of A 21st Century School Bag. *Proc. 21st Eur. Conf. Inf. Syst.* 1–12 (2013).
11. Loose, M., Weeger, A., Gewald, H.: BYOD–The Next Big Thing in Recruiting? Examining the Determinants of BYOD Service Adoption Behavior from the Perspective of Future Employees. *AMCIS 2013 Proc.* (2013).
12. Ortbach, K.: Unraveling the Effect of Personal Innovativeness on Bring-Your-Own-Device

(BYOD) Intention – The Role of Perceptions Towards Enterprise-Provided and Privately Owned Technologies. ECIS 2015 Compleat. Res. Pap. (2015).

13. Weeger, A., Gewald, H.: Factors Influencing Future Employees Decision-Making to Participate in a BYOD Program: Does Risk Matter? Proc. Eur. Conf. Inf. Syst. (2014).
14. Weeger, A., Wang, X., Gewald, H.: It Consumerization: Byod-Program Acceptance and Its Impact on Employer Attractiveness. *J. Comput. Inf. Syst.* 56, 1–10 (2015).
15. Ostermann, U., Wiewiorra, L.: Bring it On(e)! Personal Preferences and Traits as Influencing Factors to Participate in BYOD Programs. Proc. Eur. Conf. Inf. Syst. (2016).
16. Köffer, S., Anlauf, L., Ortbach, K., Niehaves, B.: The Intensified Blurring of Boundaries between Work and Private Life through IT Consumerization. ECIS 2013 Proc. 0–17 (2015).
17. Ortbach, K., Köffer, S., Müller, C.P.F., Niehaves, B.: How IT Consumerization Affects the Stress Level at Work: A Public Sector Case Study. PACIS 2013 Proc. (2013).
18. Dernbecher, S., Beck, R., Weber, S.: Switch to Your Own to Work with the Known: An Empirical Study on Consumerization of IT. AMCIS 2013 Proc. (2013).
19. Doganoglu, T., Wright, J.: Multihoming and compatibility. *Int. J. Ind. Organ.* 24, 45–67 (2006).
20. Choi, J.P.: Tying in two-sided markets with multi-homing. *J. Ind. Econ.* 58, 607–626 (2010).
21. Rochet, J.-C., Tirole, J.: Platform Competition in Two-Sided Markets. *J. Eur. Econ. Assoc.* 1, 990–1029 (2003).
22. Niehaves, B., Köffer, S., Ortbach, K.: IT Consumerization – A Theory and Practice Review. AMCIS 2012 Proceedings. 18. (2012).
23. Niehaves, B., Köffer, S., Ortbach, K., Reimler, S.: Boon and Bane of IT Consumerization: The Burnout-Engagement-Continuum. AMCIS 2013 Proc. 1–9 (2013).
24. Lebek, B., Degirmenci, K., Breitner, M.H.: Investigating the Influence of Security, Privacy, and Legal Concerns on Employees' Intention to Use BYOD Mobile Devices. AMCIS 2013 Proc. 1–8 (2013).
25. Ajzen, I., Fishbein, M.: Understanding attitudes and predicting social behavior. (1980).
26. Ajzen, I.: The theory of planned behavior. *Organizational Behav. Hum. Decis. Process.* 50, 179–211 (1991).
27. Laffont, J.-J., Marcus, S., Rey, P., Tirole, J.: Internet Interconnection and the Off-Net-Cost Pricing Principle. *RAND J. Econ.* 34, 370–390 (2014).
28. Ashforth, B.E., Kreiner, G.E., Fugate, M.: All in a day's work: Boundaries and micro role transitions. *Acad. Manag. Rev.* 25, 472–491 (2000).
29. Schalow, P.R., Winkler, T.J., Repschlaeger, J., Zarnekow, R.: The Blurring Boundaries Of Work-Related And Personal Media Use: A Grounded Theory Study On The Employee's Perspective. Proc. 21st Eur. Conf. Informations Syst. (2013).
30. Köffer, S., Fielt, E.: IT Consumerization and its Effects on IT Business Value , IT Capabilities , and the IT Function. PACIS 2015 Proc. (2015).
31. Krasnova, H., Kolesnikova, E., Günther, O.: Leveraging trust and privacy concerns in online social networks: An empirical study. ECIS 2010 Proc. (2010).
32. Featherman, M.S., Pavlou, P.A.: Predicting e-services adoption: a perceived risk facets perspective. *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 59, 451–474 (2003).
33. Grewal, D., Gotlieb, J., Marmorstein, H.: The moderating effects of message framing and source credibility on the price-perceived risk relationship. *J. Consum. Res.* 21, 145–153 (1994).
34. Kaiser, H.F.: An index of factorial simplicity. *Psychometrika.* 39, 31–36 (1974).
35. Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E.: Multivariate Data Analysis. (2010).
36. Hair, J.F., Ringle, C.M., Sarstedt, M.: PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. *J. Mark. Theory*

Pract. 19, 139–152 (2011).

37. Fornell, C., Larcker, D.F.: Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *J. Mark. Res.* 18, 39–50 (1981).
38. Podsakoff, P.M., MacKenzie, S.B., Lee, J.-Y., Podsakoff, N.P.: Common method biases in behavioral research: a critical review of the literature and recommended remedies. *J. Appl. Psychol.* 88, 879–903 (2003).
39. Hu, L., Bentler, P.M.: Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Struct. Equ. Model. A Multidiscip. J.* 6, 1–55 (1999).
40. Zhao, X., Lynch Jr., J.G., Chen, Q.: Reconsidering Baron and Kenny: Myths and Truths about Mediation Analysis. *J. Consum. Res.* 37, 197–206 (2010).
41. Yoo, Y.: Computing in Everyday Life: A Call for Research on Experiential Computing. *MIS Q.* 34, 213–231 (2010).
42. Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., Davis, F.D.: User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Q.* 27, 425–478 (2003).
43. Ostermann, U., Wiewiorra, L., Franzmann, D.: One of Two or Two for One? - Analyzing Employees' Decisions to Dual Use Devices. In: ICIS 2017 Proc. pp. 1–16 (2017).

## Appendix

**Table 5.** Items of Latent Constructs

Items	Reference
<b>itu1d1:</b> Assuming I have the choice, I will intend to use only one smartphone ...	Adapted from Venkatesh et al. (2003)
<b>itu1d2:</b> If I have the choice, I will try to use only one smartphone ...	
<b>itu1d3:</b> Given that I have the choice, I plan to use only one smartphone... ... for both work and private life.	
<b>wlc1:</b> The work use of one smartphone interferes with my home and personal life.	
<b>wlc2:</b> The amount of time my work use of one smartphone takes up makes it difficult to fulfill home/personal responsibilities.	Adapted from Yun et al. (2012)
<b>wlc3:</b> Things I want to do at home or personally do not get done because of the demands the work use of one smartphone puts on me.	
<b>incon1:</b> Managing two distinct smartphones is inconvenient.	
<b>incon2:</b> Carrying two smartphones is cumbersome.	Ostermann et al. (2017)
<b>incon3:</b> Operating two smartphones is tedious.	
Using only one smartphone for both work and private life...	
<b>pr1:</b> ... causes me to lose control over the privacy of my personal data.	Adapted from Featherman and Pavlou (2003)
<b>pr2:</b> ... leads to a loss of privacy, because my personal information might be used without my knowledge.	
<b>pr3:</b> My company might take control of my personal data because I use only one smartphone for both work and private life.	
Using my private smartphone for both work and private life...	Adapted from Featherman and Pavlou (2003)
<b>fr1:</b> ... exposes me to an additional risk of losing money.	
<b>fr2:</b> ... could lead to a financial loss for me.	
<b>fr3:</b> ... exposes me to financial risk.	

# Kritische Erfolgsfaktoren des IT-Multisourcings mit Service Integration and Management (SIAM)

Dominik Nägele, Robert Zander, Jennifer Gräf und Gunnar Auth

Hochschule für Telekommunikation, Leipzig, Germany  
{dominik.naegele,robert.zander,jennifer.graef,  
gunnar.auth}@hft-leipzig.de

**Abstract.** Service Integration and Management (SIAM) adressiert Koordinations-, Integrations- und Managementprobleme, die im Rahmen von IT-Outsourcing an eine größere Zahl von externen Leistungserbringern entstehen können. Diese Arbeit untersucht, welche Faktoren bei der Einführung von SIAM besondere Bedeutung für den Erfolg haben. Dazu wurde eine strukturierte Literaturanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse anschließend im Rahmen einer Interviewstudie mit Experten evaluiert wurden. Die validierten und gewichteten Erfolgsfaktoren werden zudem in ein Vorgehensmodell für die SIAM-Einführung eingeordnet.

**Keywords:** SIAM, Service Integration and Management, IT Service Management, Critical Success Factors, Kritische Erfolgsfaktoren, Outsourcing, Multisourcing

## 1 Multisourcing von IT-Services

Outsourcing von IT-Services hat sich seit den späten 1980er Jahren zu einer wichtigen Option bei der Entwicklung von IT-Strategien etabliert [1]. Die Marktentwicklung der letzten Jahre zeigt eine deutliche Entwicklung zum IT Multisourcing, also den Bezug von IT-Services von einer Vielzahl an Lieferanten [2]. Die outsourcenden Unternehmen haben über mehrere Generationen von Outsourcing-Verträgen umfangreiche Erfahrungen gesammelt und gehen nach und nach komplexere Lieferantenbeziehungen ein. Gleichzeitig steigt durch die vermehrte Nutzung von Cloud Services auch der Integrationsbedarf dieser Leistungen in das Sourcing-Ökosystem. Diese Entwicklungen begünstigen die Entstehung von hybriden IT-Service-Umgebungen. Die outsourcende Organisation, im folgenden Kunde genannt, hat durch den externen Bezug der IT-Dienstleistungen verschiedene Vorteile. Hierzu zählen u. a. niedrigere Kosten der Services durch die Wettbewerbssituation der Provider, aber auch eine Qualitätsverbesserung durch die Nutzung von „best-of-breed“-Services [3–5].

Jedoch entstehen hierbei nicht nur Vorteile. Das Management der entstehenden Beziehungen ist sowohl im vertraglichen wie auch im technischen Kontext eine Herausforderung. In diesem Kontext hat sich das Konzept „Service Integration and Management“ (SIAM) herausgebildet. SIAM zielt auf die Etablierung einer zentralen

Funktion bzw. Rolle ab (sog. Service Integrator), die für Überwachung, Kontrolle und Management aller extern erbrachten Services zuständig ist. Eine Einordnung und Abgrenzung des Begriffs erfolgt in Abschnitt 2.

Ziel dieser Arbeit ist die Identifizierung und Validierung von kritischen Erfolgsfaktoren (KEF) bei der Einführung von SIAM. Zudem sollen die identifizierten KEF nach der Stärke ihres Einflusses geordnet werden. Das forschungsmethodische Vorgehen zur Erreichung dieses Ziels basiert auf einem qualitativ-empirischen Ansatz. Zunächst werden im Zuge einer strukturierten Recherche KEF aus der Literatur ermittelt. Die gewonnenen Ergebnisse werden anschließend durch eine Interviewstudie von Experten validiert und nach Häufigkeit gewichtet.

Unter Erfolgsfaktoren werden in der Betriebswirtschaftslehre diejenigen Kausal faktoren verstanden, die über Erfolg oder Misserfolg betrieblicher Aktivitäten maß geblich entscheiden [6]. Sie bedingen das Erreichen der Ziele betrieblicher Aktivitäten. Neben den umweltbezogenen Faktoren, an die sich eine Organisation anpassen muss, gibt es direkt durch das Management beeinflussbare, sogenannte kritische Erfolgsfaktoren. Der Erfolg eines Vorhabens kann trotz seiner Multidimensionalität und Multikausalität auf einige wenige Faktoren zurückgeführt werden. Diese liefern Entscheidungsgrundlagen für die Durchführung erfolgsversprechender Maßnahmen [7]. Da für SIAM keine Studien zu Erfolgsfaktoren gefunden werden konnten und auch bislang keine allgemein anerkannte Best-Practice-Beschreibung nach dem Vorbild der IT Infrastructure Library (ITIL) oder ähnlicher Frameworks vorliegt, wird die For schungsfrage für diesen Beitrag wie folgt formuliert:

***Was sind die kritischen Erfolgsfaktoren entlang der Phasen eines Vorgehens modells für die Einführung von Service Integration and Management?***

Zur Beantwortung dieser Frage wurde zunächst eine qualitative Literaturanalyse durchgeführt. Hierbei wurden primär Quellen untersucht, die sich mit den Themen SIAM oder Multisourcing befassen. Die Evaluation der Analyseergebnisse erfolgte mittels einer Interviewstudie mit Experten, die in Abschnitt 5 näher erläutert wird. In Abschnitt 6 werden die resultierenden KEF vorgestellt, bevor der Beitrag mit einem Fazit inkl. Ausblick abschließt.

## **2 Einordnung und Entwicklungsstand von SIAM**

Mit der Verbreitung heterogener IT-Sourcing-Modelle entstanden auf Kundenseite vermehrt Koordinations-, Integrations- und Managementprobleme bei der Zusammenarbeit mit einer zunehmenden Zahl von externen Leistungserbringern für einen immer größer werdenden Anteil des kundenseitigen IT-Service-Portfolios. Seit etwa 2005 wird in der Praxis der Begriff „Service Integration and Management“ (SIAM) als Bezeichnung für ein Managementkonzept verwendet, das sich mit der Integration von IT-Services in einem Multiprovider-Umfeld beschäftigt [8]. Das damit verfolgte Integrationsziel ist die Bereitstellung von nutzer- und nutzenorientierten Ende-zu-Ende-Services, die aus Nutzerperspektive „nahtlos“ erscheinen, d. h. deren jeweilige Zusammensetzung aus Einzel-Services unterschiedlicher Provider die Servicequalität

nicht beeinträchtigt. Neben Qualitätsverbesserungen erwarten Unternehmen durch den Einsatz von SIAM zudem Kosteneinsparungen, Effizienzsteigerungen und Verbesserungen der Wettbewerbsposition [9].

Dabei ist SIAM kein Vorgehens- oder Prozessmodell, sondern primär eine Sammlung von organisatorischen Handlungskompetenzen (sog. Service Capabilities), Rollen und Praktiken mit normativem Charakter. Es fungiert somit als Modellansatz für das integrierte Management und die Koordination von internen und externen Lieferanten. Voneinander abhängige IT-Services werden in einem kohärenten und kooperativen System von Ende-zu-Ende-Services zusammengefasst. Damit lässt sich SIAM aus theoretischer Sicht als Erweiterung der bestehenden Konzepte des herkömmlichen IT-Service-Managements (ITSM, bspw. ITIL, ISO 20000) mit Fokus auf den Problematiken des Multiprovider-Managements einordnen [10] und wird auch in der Praxis überwiegend so positioniert [11–13]. Es erscheint demnach wenig sinnvoll, SIAM und ITSM losgelöst voneinander zu betrachten.

Im Mittelpunkt von SIAM stehen drei Rollen, die bei der Serviceerbringung zusammenarbeiten [8]:

- 1) Die **Kundenorganisation** als Abnehmer von IT-Services, welche typischerweise eine sog. Retained Organization umfasst. Darunter wird eine nach umfassendem IT-Outsourcing verbleibende Rumpf-IT-organisation verstanden, welche die Steuerung der verschiedenen IT-Service-Provider übernimmt [18].
- 2) Die Rolle des **Service Integrators**, die als zentrale logische Entität die Verantwortung für die wertorientierte Erbringung von Ende-zu-Ende-Services übernimmt. Diese Rolle kann intern (bspw. der Retained Organization) zugeordnet, extern an einen spezialisierten Service Provider vergeben oder kooperativ (hybrid) wahrgenommen werden.
- 3) Die externen (und ggf. auch internen) **IT-Service-Provider**, welche die eingebundenen IT-Services produzieren.

Während SIAM in der Praxis seit einigen Jahren auf wachsendes Interesse stößt [2], sind wissenschaftliche Veröffentlichungen zu diesem Thema noch rar gesät. Dabei sind grundlegende Fragen zur Steuerung von externen IT-Dienstleistern durchaus nicht neu (bspw. [1]), aber auch hier hat die rasante Technologieentwicklung der letzten Jahre zu einer Ausbildung neuer Problemschwerpunkte geführt, die durch SIAM adressiert werden sollen. Aus den vorhandenen wissenschaftlichen Arbeiten ragen die Untersuchungen und Ergebnisse von Goldberg und Satzger heraus, die kürzlich ein Service Integration Capability Model vorgestellt haben [3]. Dieses beschreibt Fähigkeiten, die ein Unternehmen bei der Integration eines heterogenen IT-Provider-Portfolios benötigt anhand von sechs Kategorien:

- 1) Manage the Service Integration Governance;
- 2) Manage the Business;
- 3) Manage the Service Integration Organization;
- 4) Manage Providers and Contracts;
- 5) Manage End-to-end Services;
- 6) Manage Tools and Information.

Für den vorliegenden Beitrag werden die Kategorien des Modells als inhaltliche Abgrenzung von SIAM aus Aufgabenperspektive verstanden und dienen als Rahmen für die Identifizierung von KEF.

### 3 Vorgehensmodell zur SIAM-Einführung

Die Einführung von SIAM in einem Unternehmen lässt sich analog zur Integration und Implementierung eines Service Management Systems in Phasen gliedern. Der Fokus der Arbeit lag jedoch nicht auf der detaillierten Ausarbeitung eines Vorgehensmodells. Vielmehr war das Phasenmodell nur Mittel zum Zweck, um die KEF nach inhaltlichen Gesichtspunkten ordnen zu können. Mit diesem Ziel wurde das in Abbildung 1 dargestellte Phasenmodell entwickelt. Es basiert auf dem PDCA-Zyklus nach Deming [14] sowie auf dessen Anwendung auf IT-Service-Management gemäß ISO 20000. Die Abbildung beschränkt sich auf den ersten Zyklus für die initiale Einführung, an dessen Ende sich im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung weitere Iterationen anschließen. Im Vergleich zu bisherigen Vorgehensmodellen für IT-Outsourcing (bspw. [15]) liegt der Fokus auf zusätzlichen Aktivitäten für Multisourcing.

Plan (1) („Develop Strategy“)	Do (2) („Evaluate & Select“)	Check (3) („Control Performance“)	Act (4) („Manage Sourcing“)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziele und Action Plan festlegen</li> <li>• Service-/Provider-Portfolio planen</li> <li>• Service-Integration-Modell festlegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Staffing / Beschaffung des Service Integrators</li> <li>• Definition &amp; Konzeption E2E Services inkl. Governance/Tooling</li> <li>• Verhandlung und Planung der nötigen Anpassung der Sourcing-Verträge</li> <li>• Implementierung der Änderungen (inkl. Transition and Transformation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Review OLA-/SLA-Einhaltung der Provider</li> <li>• Vergleich Preise, OLAs und SLAs mit Branchen-Benchmarks (der E2E-Services)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changemgmt. des Service-Portfolios (OLAs, SLAs, neue Services)</li> <li>• Anpassung der Sourcing-Struktur (Providerwechsel / Insourcing)</li> </ul>

**Abbildung 1.** Vorgehensmodell zur Einführung von SIAM

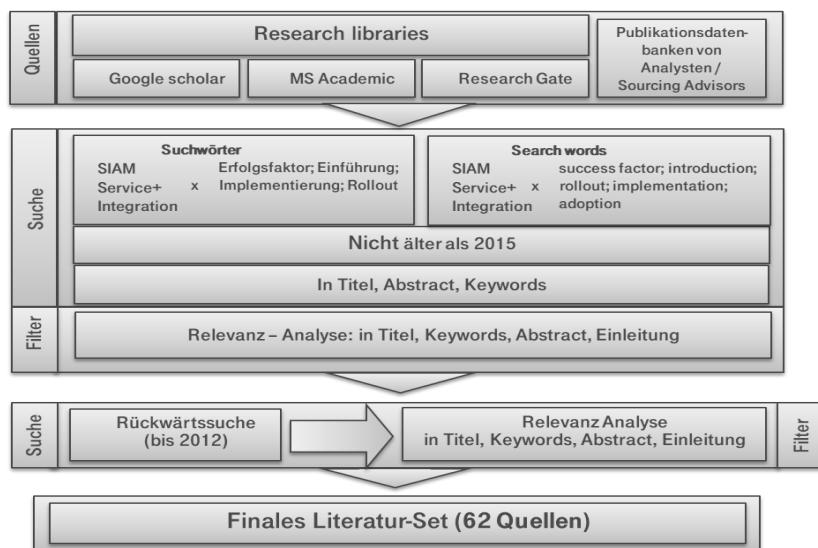
In Phase 1 „Develop Strategy“ wird neben Zielen und deren Erreichung geplant sowie festgelegt, welche Services (inkl. Service Integration) intern und welche extern erbracht werden sollen. In der darauffolgenden Phase findet neben der Besetzung der Service Integrator Rolle auch die Konzeption der Ende-zu-Ende-Services statt. In diesem Kontext müssen hierbei auch alle vertraglichen, organisatorischen und technischen Änderungen geplant und implementiert werden. Der nun neu entstandene Status quo muss hinsichtlich Performance kontrolliert werden, bevor Service- und Providerportfolio im Sinne des langfristigen Managements im Fokus liegen. Das hier darge-

stellte Phasenmodell soll die zeitliche Einordnung sowie Gewichtung der KEF erleichtern. Als Hypothese hierfür gehen die Autoren davon aus, dass einige der Faktoren in den frühen Phasen der Einführung wichtiger sind, als zu einem späteren Zeitpunkt.

## 4 Strukturierte Literaturanalyse zur Ermittlung Kritischer Erfolgsfaktoren

Zur Vorbereitung der Literaturanalyse erfolgte zunächst eine stichprobenartige Suche, um ein Set an Suchwörtern für die eigentliche Literaturanalyse zu erhalten. Den systematischen Ablauf der strukturierten Literaturanalyse veranschaulicht Abbildung 2.

Das Vorgehen wurde in zwei Hauptschritte gegliedert, einer Initialrecherche und einer Rückwärtssuche. Bei der Initialrecherche wurde in Literaturdatenbanken und mittels Suchmaschinen nach den verschiedenen Wortkombinationen gesucht. Dabei wurde sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch gesucht. Neben diesen Ergebnissen wurde auch gezielt nach Veröffentlichungen von Beratungsunternehmen recherchiert. Von allen Dokumenten wurden anschließend die Titel, Keywords und Abstracts auf themenbezogene Relevanz überprüft. Als Zeitraum wurden die Veröffentlichungsjahre 2015 bis 2017 gewählt, um eine möglichst hohe Aktualität sicherzustellen.



**Abbildung 2.** Struktur der Literaturanalyse

Auf Basis dieser vorselektierten Quellen wurde eine Rückwärtssuche durchgeführt, deren Ergebnisse nach gleichen Gesichtspunkten gefiltert wurden. Allerdings wurde der Zeithorizont auf 2012 ausgedehnt, da ansonsten ein Großteil der zitierten Quellen nicht erfasst worden wäre. Die Summe beider Teile lieferte das finale Literaturset, in

dem eine ausführliche Suche nach potenziellen KEF für SIAM erfolgte. Das vollständige Literaturset ist als Anhang zu diesem Beitrag im Internet verfügbar.<sup>1</sup>

Zur strukturierten Ermittlung der kritischen Erfolgsfaktoren bei der Einführung von SIAM aus der Literatur wurde in mehreren Schritten vorgegangen. In diesen erfolgte auch die Zuordnung auf das entwickelte Phasenmodell. Die Schritte werden nachfolgend beschrieben:

**Schritt 1** diente zur statistischen Erhebung der Anzahl der Nennungen der kritischen Erfolgsfaktoren in der Literatur. Hierzu wurden sämtliche Titel inklusive Autoren und Veröffentlichungsdatum in einer Tabelle A erfasst und die darin genannten KEF markiert. Dies ermöglichte eine Strukturierung der KEF anhand der in der Literatur gefundenen Darstellungen.

In **Schritt 2** wurden mit Hilfe einer weiteren Tabelle B die Begriffe der einzelnen KEF geschärft, diese inhaltlich beschrieben und ggf. inhaltliche Redundanzen zusammengefasst. Weiterhin wurden die extrahierten KEF aus Tabelle A den Phasen des zuvor vorgestellten Phasenmodells mittels eigener Interpretation zugeordnet. Abschließend wurde im Sinne eines Double check jeder KEF mit den Fähigkeiten aus dem Capabilitiy Model von Goldberg und Satzger abgeglichen. Dabei erfolgte in einigen Fällen eine weitere Schärfung der Formulierung.

Im abschließenden **Schritt 3** wurde **Tabelle C** als Ergebniszusammenfassung erstellt. Diese Tabelle enthält die kritischen Erfolgsfaktoren je Phase des erarbeiteten Vorgehensmodells. Ebenfalls enthalten sind die Anzahl der Nennungen in der Literatur je Erfolgsfaktor (phasenunspezifisch). Dem gegenüber stehen die aus der Evaluation erörterten Gewichtungen der Experten (phasenspezifisch).

## 5 Evaluation mittels Interviewstudie

Die Evaluation wurde als externe Evaluation konzipiert, d. h. als Bewertung durch unabhängige Experten, deren Expertenstatus in Bezug auf SIAM aus ihrer beruflichen Stellung und Erfahrung resultiert. Realisiert wurde die Evaluation in Form von acht Experteninterviews. Diese Art der gesteuerten Kommunikation erlaubte eine gegenseitige Relativierung der Bias der jeweiligen Texte und subjektiven Meinungen, um zu allgemeingültigen und möglichst ausgeglichenen Erkenntnissen zu gelangen. Gegenstand der Experteninterviews waren hierbei auch Erfahrungsregeln im Sinne von bspw. Relevanzstrukturen, die in diesem Fall die Klassifizierung des Katalogs von KEF ermöglichen.

---

<sup>1</sup> URL: [https://www1.hft-leipzig.de/auth/SIAM/SIAM\\_Literaturliste.pdf](https://www1.hft-leipzig.de/auth/SIAM/SIAM_Literaturliste.pdf)

## **5.1 Auswahl der Interviewpartner**

Im Sinne von Personen, die einen privilegierten Wissenszugang besitzen, wurden die Experten der durchgeführten Interviews aus dem Funktionsbereich Solution Architecture eines großen deutschen ICT-Service-Providers ausgewählt. Diese Personen waren im Zeitraum der Interviews in verschiedenen Rollen tätig und für Solution Architecture in großen Outsourcing-Projekten mit mehr als 70 Millionen Euro Vertragsvolumen zuständig. U. a. waren die Interviewpartner dort auch für das Service-Management-Konzept und die übergreifende Governance verantwortlich. In diesem Kontext hatten die Experten regelmäßigen Kontakt mit der Funktion eines Service Integrators bzw. verfügen über mehrjährige Erfahrung mit der Erstellung von SIAM-Konzepten.

## **5.2 Ablauf und Ergebnis der Interviewstudie**

Insgesamt wurden acht Experteninterviews mit einer durchschnittlichen Dauer von 50-60 Minuten durchgeführt. Hierbei wurden zunächst das Phasenmodell und die kritischen Erfolgsfaktoren vorgestellt. Danach ordneten die Experten die vorhandenen KEF den einzelnen Phasen zu, in denen diese besonders relevant sind. Falls der Experte der Meinung war, ein wichtiger Aspekt sei durch die KEF noch nicht abgedeckt worden, wurde dieser der Sammlung von kritischen Erfolgsfaktoren neu hinzugefügt und entsprechend gekennzeichnet. Abschließend ordnete der Experte die KEF nach absteigender Wichtigkeit je Phase.

Ein Problem dieses Konzepts stellten die neuen KEF dar, die vom jeweiligen Experten genannt wurden. Die neuen KEF, die in den auf der Zeitachse letzten Interviews erhoben wurden, sind nicht noch einmal von allen Experten bewertet worden. Dies hat zur Folge, dass die Einschätzung dieses KEF durch die Experten nicht gleichmäßig erfolgt ist und somit die Gewichtung der eigenen Meinung der Experten innehaltet. Diese Problematik hätte sich durch erneute Experteninterviews beheben lassen, was im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war. Dies ist bei möglichen Folgeuntersuchungen zu berücksichtigen.

Zusammenfassend ergaben die Interviews fünf neue KEF, die jedoch im konsolidierten Ranking die letzten Plätze einnahmen. Dies lässt die Folgerung zu, dass die Liste der KEF, die in der Literaturrecherche ermittelt wurden, relativ umfassend ist. Einen Ausschnitt des Rankings zeigt Abbildung 3. Die neu erhobenen fünf KEF finden sich im unteren hervorgehobenen Bereich der Tabelle. Die Spalte der rechten Seite zeigt die Summe der Nennungen über alle Phasen hinweg. Bei vier Phasen und insgesamt acht Expertenmeinungen ergibt sich eine Höchstsumme von 32 Nennungen. Der in der Grafik markierte KEF „Transparente Kommunikation & Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten“ hat hierbei bspw. mit 18 von 32 Nennungen die höchste Wichtigkeit, über alle Phasen hinweg.

No	Kritische Erfolgsfaktoren	H1	H2	H3	H4	$\Sigma$ (H1-4)
1	Transparente Kommunikation & Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten	5	4	7	2	18
2	Wissens- und Kompetenzausbau der retained Organization	3	3	3	3	12
3	Konzeption der E2E-Prozesse inkl. zugehöriger Schnittstellen	2	6	2	1	11
5	Anpassung von Service-Katalog und Service Portfolio	2	3	2	3	10
6	Aufbau und Erhaltung von gegenseitigem Vertrauen aller Beteiligten	2	1	4	3	10
8	Planung und Beschaffung von Ressourcen (primär Budget und Personal)	3	5	1	1	10
10	Entwicklung und Etablierung einer umfassenden Governance-Struktur inklusive klarer Rollen und Verantwortlichkeiten	4	4	0	0	8
11	Konkrete Sourcing Strategie für SIAM hinsichtlich internen und externen Providern	5	1	0	2	8
14	Konzeption und Einführung von E2E-Performance Monitoring und Reporting	0	4	2	1	7
15	<u>Ausarbeitung eines Anforderungskatalogs inkl. Bewertungskriterien für den SIAM Provider und alle Service Provider</u>	2	4	0	0	6
17	<u>Integration mit einem Enterprise Architektur Modell für das Gesamtunternehmen</u>	4	1	0	1	6
21	<u>Entwicklung eines Regelsets für die Zusammenarbeit der Provider um die Ziele des Kunden zu erreichen</u>	2	2	1	0	5
24	<u>Frühe Beteiligung der internen und externen Stakeholder (Teilnehmer des Ökosystems) an der Einführung von SIAM</u>	3	1	0	0	4
25	<u>Entscheidung und Auswahl der kulturellen Charakteristiken des Ökosystems inkl. der zugehörigen Provider</u>	3	1	0	0	4

Abbildung 3. KEF-Ranking nach Evaluation (Ausschnitt)

Eine Konsolidierung der persönlichen Rankings der KEF der Experten war nicht möglich. Es hat sich bei den phasenweise höchst gewichteten KEF keine Tendenz abgezeichnet, was sowohl der individuell-subjektiven Meinung der Experten wie auch der geringen Stichprobengröße von acht zuzuschreiben ist. Lediglich der zuvor genannte KEF zur transparenten Kommunikation tauchte einige Male sehr weit oben in den persönlichen Rankings auf. Allgemein zeichnet sich ab, dass die Experten die meisten KEF in den ersten beiden Phasen als besonders wichtig erachten. Dies könnte daran liegen, dass viele Punkte initial besonders wichtig sind, da Fehler in diesen Gebieten in späteren Phasen nur schwierig ausgemerzt werden können. Ein Beispiel wäre, dass ein bereits in der ersten Phase gestörtes Vertrauensverhältnis der Stakeholder sich auf alle weiteren Phasen auswirkt. Diese Erkenntnis deckt sich mit der Vermutung der Autoren, dass die relative Wichtigkeit des KEF durch den Kontext der jeweils aktuellen Einführungsphase bedingt wird.

## 6 Kritische Erfolgsfaktoren für die SIAM-Einführung

Das Endergebnis dieser Arbeit ist zunächst als Liste aller KEF in Tabelle 1 dargestellt. Neben der deutschen Bezeichnung ist ebenfalls eine englische Übersetzung angeführt. Die angegebene Nummer (Nr.) dient als Codierung der KEF und stellt keine Rangnummer dar.

**Tabelle 1.** Liste aller identifizierten KEF<sup>2</sup>

Nr.	Kritischer Erfolgsfaktor	Critical Success Factor
1	Anpassung und Erweiterung des Contract-Lifecycle-Managements	Adjust and extend the Contract Lifecycle Management
2	Anpassung von Service-Katalog und Service-Portfolio	Adjustment of the service catalogue & the service portfolio
3	Aufbau & Erhaltung von gegenseitigem Vertrauen aller Beteiligten	Develop and sustain mutual trust between all parties
4	Ausarbeitung eines Anforderungskatalogs inkl. Bewertungskriterien für den SIAM Provider und alle Service Provider	Development of a requirements catalogue incl. the evaluation criteria for the SIAM Provider & all Service Provider
5	Auswahl eines kompetenten & erfahrenen Service Integrators	Selection of a competent & experienced service integrator
6	Dynamische Standardisierung und Integration der Toolsets	Dynamic standardization and integration of toolsets
7	Entscheidung und Auswahl der kulturellen Charakteristiken des Ökosystems inkl. der zugehörigen Provider	Decision and selection on the cultural characteristics of your ecosystem incl. the therefore suitable providers
8	Entwicklung eines Regelsets für die Zusammenarbeit der Provider um die Ziele des Kunden zu erreichen	Building a ruleset for providers to work together to achieve customers targets
9	Entwicklung und Etablierung einer umfassenden Governance-Struktur inklusive klarer Rollen und Verantwortlichkeiten	Developing and establishing a comprehensive governance structure incl. clear roles and responsibilities
10	Festlegung und Anpassung der übergreifenden Standards zur Einhaltung der Sicherheits- und Datenschutzanforderungen	Establish and adjust the overarching standards for the adherence of requirements on security and data protection
11	Frühe Beteiligung der internen und externen Stakeholder (Teilnehmer des Ökosystems) an der Einführung von SIAM	Early involvement of internal and external stakeholders (participants of the ecosystem) in the SIAM introduction
12	Integration mit einem Enterprise-Architektur-Modell für das Gesamtunternehmen	Integration into the Enterprise Architecture Model for the overall enterprise
13	Integration & Anpassung d. Configuration-Management-	Integrate and adapt the configuration management database
14	Konkrete Sourcingstrategie für SIAM hinsichtlich internen und externen Providern	Concrete sourcing strategy for SIAM concerning internal and external providers
15	Konzeption der E2E-Prozesse inkl. zugehöriger Schnittstellen	E2E-process design incl. all associated interfaces
16	Konzeption & Einführung von E2E-Performance Monitoring und Reporting	Design and introduce E2E performance monitoring & reporting
17	Neuausrichtung von SLAs auf OLAs	Refocus from SLAs to OLAs
18	Planung & Beschaffung v. Ressourcen (primär Budget, Personal)	Planning & procuring resources (primarily budget, personnel)
19	Schaffung und Erhaltung der Stakeholder Akzeptanz für die SIAM-Einführung	Building and sustaining stakeholders acceptance for the introduction of SIAM
20	Serviceorientierung des Einkaufs (inkl. frühe Einbindung bei der SIAM-Einführung)	Service orientation of procurement (incl. early involvement into the introduction of SIAM)
21	Sorgfältige Auswahl der einzelnen Service Provider (im SIAM-Ökosystem)	Careful selection of the individual service providers (in the SIAM ecosystem)
22	Sorgfältige Konzeption und konsequente Umsetzung der SIAM-Einführung	Careful design and consistent implementation of the introduction of SIAM
23	Transparente Kommunikation & Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten	Transparent communication & collaboration between all involved parties
24	Überprüfung und Anpassung ITSM	Check and adjust ITSM
25	Wissens- und Kompetenzausbau der retained Organization	Development of know-how and competencies of the retained organization

Neben den kritischen Erfolgsfaktoren an sich ist die Gewichtung dieser ein zentrales Element dieser Arbeit. Zur Bewertung der Einflussstärke wurde zunächst die absolute Häufigkeit der Erwähnungen in der ausgewerteten Literatur festgestellt. Als zweiter Faktor wurde die subjektive Gewichtung der Experten herangezogen. Auf dieser Basis wurde in Tabelle 2 ein Ranking der KEF erstellt, wobei die Rangfolgen unabhängig voneinander sind. Zu beachten ist, dass die Anzahl der Literaturnennungen phasenunspezifisch sind und lediglich die genannten KEF auf Grundlage von persönlichen Erfahrungen den Phasen zugeordnet wurden.

<sup>2</sup> Legende: E2E = Ende-zu-Ende, SLA = Service Level Agreement, OLA = Operational Level Agreement

**Tabelle 2.** Kritische Erfolgsfaktoren gewichtet nach Phasen

Phase 1		Phase 2		Phase 3		Phase 4	
Lit.	Exp.	Lit.	Exp.	Lit.	Exp.	Lit.	Exp.
9 (37)	14 (5)	9 (37)	5 (6)	9 (37)	23 (7)	9 (37)	1 (5)
23 (36)	23 (5)	23 (36)	15 (6)	23 (36)	3 (4)	23 (36)	2 (3)
5 (27)	9 (4)	15 (29)	18 (5)	16 (26)	17 (3)	15 (29)	3 (3)
25 (22)	12 (4)	5 (27)	4 (4)	19 (21)	16 (2)	5 (27)	17 (3)
2 (15)	7 (3)	16 (26)	9 (4)	3 (15)	8 (1)	2 (15)	14 (2)
3 (15)	11 (3)	6 (24)	16 (4)	22 (11)	10 (1)	3 (15)	23 (2)
18 (15)	18 (3)	25 (22)	17 (4)	10 (10)	19 (1)	21 (15)	12 (1)
21 (15)	20 (3)	19 (21)	6 (3)	17 (4)		14 (14)	15 (1)
14 (14)	21 (3)	3 (15)	22 (3)			22 (11)	22 (1)
22 (11)	25 (3)	18 (15)	23 (4)			1 (7)	
20 (6)	2 (2)	21 (15)	25 (3)			17 (4)	
	3 (2)	22 (11)	8 (2)				
	4 (2)	10 (10)	10 (2)				
	8 (2)	24 (10)	13 (2)				
	5 (1)	1 (7)	19 (2)				
		20 (6)	21 (2)				
		13 (5)	24 (2)				
		17 (4)	1 (1)				
			3 (1)				
			7 (1)				
			11 (1)				
			12 (1)				
			20 (1)				

Nachfolgend werden beispielhaft drei der hoch gewichteten KEF näher erläutert:

**(KEF 9): Entwicklung und Etablierung einer umfassenden Governance-Struktur inklusive klarer Rollen und Verantwortlichkeiten**

Die Governance-Struktur ist hinsichtlich klarer Regeln, Zusammenarbeitsmodellen, sowie Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten zu definieren um Offenheit und Transparenz im Service-Betrieb zu ermöglichen. Diese muss anschließend exakt in der Vertragsstruktur hinterlegt werden.

**(KEF 23): Transparente Kommunikation & Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten**

Ohne Etablierung einer transparenten Kommunikations- und Zusammenarbeitskultur zwischen allen Beteiligten läuft das Einführungsprojekt bereits in der ersten Phase Gefahr zu scheitern. Jegliche Informationen bezüglich Beweggründe oder Änderungen müssen klar kommuniziert werden.

**(KEF 25): Wissens- und Kompetenzausbau der Retained Organization**

Für eine nach umfassendem IT-Outsourcing verbleibende Rumpforganisation (sog. Retained Organization [16]) ist die Rolle im Rahmen einer Multiprovider-Strategie zu

klären und abzugrenzen. Hierbei müssen die Kompetenzen der betroffenen Mitarbeiter erweitert werden, da selbst bei externer Erbringung der Service-Integrator-Funktion zentrale Kompetenz aufgebaut und erhalten werden muss. Ansonsten droht ein klassischer Vendor Lock-in, d. h. das Kundenunternehmen wird von seinem Service Integrator vollständig abhängig.

## 7 Fazit und Ausblick

Mit der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass in der Unternehmenspraxis bereits vielfältige Erfahrungen mit der Einführung von SIAM gemacht wurden, die sich zur Ableitung von KEF eignen. So konnten im Zuge der Literaturanalyse 20 konsolidierte KEF extrahiert werden. Durch Evaluierung mittels Experteninterviews konnten diese KEF nicht nur validiert werden, sondern durch weitere fünf KEF ergänzt werden, die auf mehrjähriger Praxiserfahrung aufbauen.

Im Fokus einer erfolgreichen Transformation von klassischem ITSM zu SIAM stehen die Konzeptionierung der Ende-zu-Ende-Prozesse, die Transparenz der Kommunikation und Zusammenarbeit und die Entwicklung und Etablierung einer umfassenden Governance-Struktur inklusive klarer Rollen und Verantwortlichkeiten.

Die Grenzen dieser Arbeit zeichnen sich insbesondere in der Methodik ab. Das Mapping der KEF auf das Phasenmodell ist nur erfahrungsorientiert. An dieser Stelle entsteht eine gewisse Unschärfe, die weiteren Evaluierungsbedarf motiviert. Zudem wird nur die Sicht IT-Service-Provider/-Integrator berücksichtigt, sodass eine zusätzliche Betrachtung der Kundensicht angebracht erscheint. Hierfür bietet es sich bspw. an, mittels Fallstudien das Ergebnis weiter zu evaluieren. Grundsätzlich ist auch die Ermittlung kritischer Erfolgsfaktoren im Sinne der Messung von Performance als abhängiger Variable nicht unumstritten [17]. Voraussetzung hierfür ist zudem eine Operationalisierung des Begriffs Erfolg, auf die für die vorliegende Arbeit von vorne herein verzichtet wurde. Die Validität der Ergebnisse wird vielmehr im Nutzen für die Praxis gesehen, wo die identifizierten Erfolgsfaktoren eine strukturierte und zielgerichtete Einführung von SIAM unterstützen können. Die angenommene Positivwirkung der Erfolgsfaktoren wäre in derartigen Einführungsprojekten tiefergehend zu untersuchen.

In den zentralen Erkenntnissen zeichnen sich weitere Fragen ab. In der Literaturrecherche hat sich gezeigt, dass es weder im englischen noch im deutschen Sprachgebrauch eine einheitliche Begriffsverwendung für SIAM gibt. So wird neben SIAM auch von Multiprovider Management, Service Integration oder Multisourcing Service Integration gesprochen. Hier könnte eine gezielte Analyse Klarheit darüber bringen, ob es sich, wie vermutet, um synonym verwendete Begriffe handelt oder es ggf. Unterscheidungen gibt. Weitere Erkenntnisse könnte zudem die Auswertung nationaler und internationaler Normen zum IT-Outsourcing bringen (bspw. DIN SPEC 1041, DIN SPEC 91289, ISO 37500), die bislang noch nicht in die Untersuchung einbezogen wurden.

## Literatur

1. Urbach, N., Würz, T.: Effektives Steuern von IT-Outsourcingdienstleistern – Entwicklung und Überprüfung eines Referenzmodells für Steuerungsprozesse im IT-Outsourcing. *Wirtschaftsinformatik* 54(5), pp. 237–250 (2012)
2. Cherwell Software Ltd.: A European Research Report on Service Integration and Management (SIAM) Adoption (2016), [https://www.cherwell.com/uk/wp-content/uploads/2016/05/SIAM-Report-Ebook-Web\\_Final.pdf](https://www.cherwell.com/uk/wp-content/uploads/2016/05/SIAM-Report-Ebook-Web_Final.pdf) (Accessed: 02.09.2017)
3. Goldberg, M., Satzger, G.: Towards Multisourcing Maturity: A Service Integration Capability Model. In: 37th International Conference on Information Systems, Dublin (2016)
4. Wiener, M., Saunders, C.: Forced coopetition in IT Multisourcing. *The Journal of Strategic Information Systems* 23, pp. 210–225 (2014)
5. Herz, T.P., Übernickel, F., Schoeni, M.J., Hamel, F., Brenner, W.: Comparing IT Supplier Selection Criteria in Single- Versus Multisourcing Constellations: An Empirical Study. In: 18th Americas Conference on Information Systems (2012)
6. Fritz, W.: Die empirische Erfolgsfaktorenforschung und ihr Beitrag zum Marketing: Eine Bestandsaufnahme. *Berichte des Instituts für Wirtschaftswissenschaften der TU Braunschweig*, Nr. 93/12, Braunschweig, 1993
7. Schmalen, C., Kunert, M., Weindlmaier, H.: Erfolgsfaktorenforschung. Theoretische Grundlagen, methodische Vorgehensweise und Anwendungserfahrungen in Projekten für die Ernährungsindustrie. In: 45. Jahrestagung der Ges. f. Wirtschafts- u. Sozialwiss. des Landbaues in Göttingen, pp. 351–362. Landwirtschaftsverl., Münster (2006)
8. Agutter, C. et al.: Service Integration and Management Foundation Body of Knowledge (SIAM® Foundation BoK). Van Haren Publishing, Zaltbommel (2017)
9. EXIN, BCS (eds.): Global Research Survey Report SIAM, Key Insights into the State of Service Integration Management (2017)
10. Goldberg, M., Satzger, G., Fromm, H.: Adapting IT Service Management for Successful Multisourcing Service Integration. In: 24th European Conference on Information Systems (ECIS), İstanbul (2016)
11. Andenmatten, M.: SIAM – Das Service Integration Modell im Multiprovider Umfeld, <https://blog.itil.org/2015/06/allgemein/siam-das-service-integration-model-im-multiprovider-umfeld/> (Accessed: 23.08.2017)
12. Holland, K.: An example ITIL®-based model for effective Service Integration and Management. AXELOS white paper (2015)
13. Holland, K.: An introduction to Service Integration and Management and ITIL®. AXELOS white paper (2015)
14. Deming, W.E.: Out of the crisis. MIT Press, Cambridge, Mass. (2000)
15. Wiener, M., Vogel, B., Amberg, M.: Information systems offshoring – A literature review and analysis. In: *Communications of the AIS* 27, pp. 455–492 (2010)
16. Goldberg, M., Kieninger, A., Satzger, G., Fromm, H.: Retained Organizations in IT Outsourcing – Linking Organization Design to Outsourcing Management Problems. *Business & Information Systems Engineering* 59(2), pp. 111–124 (2017)
17. Nicolai, A., Kieser, A.: Trotz eklatanter Erfolglosigkeit: Die Erfolgsfaktorenforschung weiter auf Erfolgskurs. *Die Betriebswirtschaft* 62(6), pp. 579–596 (2002)

# IT Governance in Scaling Agile Frameworks

Bettina Horlach<sup>1\*</sup>, Tilo Böhmann<sup>1+</sup>, Ingrid Schirmer<sup>1\*</sup>, and Paul Drews<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Hamburg, Hamburg, Germany

\* {horlach,schirmer}@informatik.uni-hamburg.de

+Tilo.boehmann@uni-hamburg.de

<sup>2</sup> Leuphana University Lüneburg, Lüneburg, Germany

Paul.drews@leuphana.de

**Abstract.** Dynamic business environments call for companies' organizational agility as being able to sense the changes in competitive environments and respond accordingly. A flexible IT environment facilitates this aim but contrasts with the structuration of IT organization through IT governance. We analyze how scaling agile frameworks as blueprints for agile IT organizations solve the contrast between structuration embedded in IT governance and agility. We see converging business and IT in structure and strategy as facilitator for resolving this conflict. In detail, we compare eight scaling agile frameworks on how IT governance is covered, how IT governance decisions are made and whether business IT convergence is achieved. We conclude that IT governance is still predominantly top down decision-making and focuses on traditional business IT alignment instead of business IT convergence. With our analysis, we provide a comprehensive base for organizations to choose from when approaching their specific agility challenges.

**Keywords:** Organizational Agility, IT Agility, IT Governance, Business IT Alignment

## 1 Introduction

Highly dynamic business environments involve increasing market uncertainties and a volatile pace of change in customer expectations for companies. Companies have to compete in these turbulent environments in order to survive, but how to face these dynamics proposes a huge challenge for many organizations which has yet to be solved. For responding to the turbulence, research increasingly answers with emphasizing organizational agility as solution, having the ability of sensing opportunities for innovation and competitiveness in these environments [1] and responding with ease, speed and dexterity [2]. As digital solutions become the primary mode by which many companies do their business, IT is an enabler of a company's agility capabilities [3]. Both sensing emerging trends and responding to changes by being organized in a way to facilitate rapid realignment is required [4, 5]. This extends the demand for agility beyond IS development and agile project management which merely focus on the response dimension [1, 3]. IT agility also implies that using agile, lean and continuous methods is suitable for achieving rapid response to changes [3, 6, 7]. The challenge remains how the call for agility impacts the existing structure of the IT organization.

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

The structure of the IT organization is highly dependent on its IT governance, specifying the decision rights, authority and accountability for strategic IT planning and control [8]. It formalizes the structures, processes and relational mechanisms to ensure that IT follows the business objectives [9], usually supported by frameworks such as e.g. COBIT 5 [10]. IT governance is part of corporate governance [10] and exercised by the board, executives and IT management [9]. If IT seeks to achieve agility in the large, commitment from all involved units is needed and this cannot be achieved without governance. While some authors already call for agile IT governance based on empirical analyses [6, 11], practices for specific governance decisions like Continuous Planning [12, 13], Agile Portfolio and Product Management [14, 15] and Continuous or Lean Budgeting [12, 16] are mainly proposed. A holistic overview is yet missing.

Rapidly responding to changing needs with the right services can be facilitated by structurally converging the business and IT side in order to reduce communication distances and foster shared understanding. Companies usually introduce autonomous self-organizing, self-disciplined delivery teams ‘managed’ by a Product Owner from business but require new forms of leadership [17]. Other form “BizDev(Ops)” teams with business and IT team members or locate agile IT teams in business units [18]. Some approaches also promote strategic convergence related to IT governance decisions. In strategy development, a central Digital Business Strategy [19] or Digital Transformation Strategy [20] for the whole organization is proposed and strategy execution may use Continuous Planning [12] to integrate developers in strategic business decision-making. The topic on convergence in relation to agility is not systematically addressed by research yet. The approaches focus on different perspectives and are only loosely coupled. It also remains unclear whether a traditional business IT alignment with IT and business as strategically and operationally aligned but distinct entities [21] might be favorable for agility. This imposes the question on how business IT convergence impacts IT governance.

To analyze the contrast agility vs. structuration through IT governance, we examine scaling agile frameworks as a common way for organizations to achieve agility by providing blueprints of agile organizational setups. Following a qualitative analysis on identified scaling frameworks, we seek to answer the question “How can businesses solve their conflict of structuration vs. agility with the help of scaling agile frameworks?” The question cannot be answered by existing comparisons since they do not address the subject of IT governance [22–26]. Moreover, they compare general dimensions like e.g. focal point, appropriate team size, suitable organization type, framework adaptability, adopted agile practices or key risks and concerns.

The remainder of this paper is structured as follows. In the next section, we explain the research method that will help us with our analysis. As the next step, we will present our results. In the last section, we summarize and discuss the findings and present implications for future research.

## 2 Research Methodology

Our qualitative analysis of scaling agile frameworks encompassed two steps. First, we conducted a literature review to obtain a comprehensive overview on existing scaling

frameworks in their ‘vanilla’ form without modifications by practice. We searched in large IS databases such as ACM, AIS electronic library, EBSCOHost, Google Scholar, IEEE and Springer Link for existing peer-reviewed research. We also conducted a Google search to identify additional information on the frameworks by the frameworks’ creators and further frameworks we have not identified in research before. For both searches, we used combinations of search terms of “scaling agile” or “scaled agile” and “framework” or “approach” and optionally added “comparison” for identifying existing comparisons between frameworks in research and practice. In sum, we found 35 approaches which explicitly address scaling agile, show how scaling agile shall be achieved and what should be introduced to scale agility and are not replications of other approaches in structure and content (see Table 1).

**Table 1.** List of scaling agile frameworks

<b>Organization Focus</b>		<b>Transformation Focus</b>
<i>Enterprise-focus</i>	<i>Inter-Team focus</i>	
- Disciplined Agile (DA) [27]	- Crystal Family [35]	<i>Transformation Process:</i>
- Enterprise Agility [28]	- Driving Strategy,	- Agile Culture Model [49]
- Enterprise Unified Process (EUP) [29]	Delivering More (DSDM) [36]	- CollabNet Agile Transformation Strategy [50]
- laCoCa Model [30]	- Enterprise Scrum [37]	- EBM - Agility Path [51]
- Recipes for Agile Governance in the Enterprise (RAGE) [31]	- FAST Agile [38]	- Enterprise Transformation Framework (ETF) [52]
- Scaled Agile Framework (SAFe) [32]	- Goal Driven Agile [39]	- Leading Agile [53]
- Scrum@Scale [33]	- Large Scale Scrum (LeSS) [40]	- ScALED [54]
- XScale [34]	- Nexus [41]	<i>Transformation Progress:</i>
	- PRINCE 2 Agile [42]	- Aditi Agile Transformation Maturity Model [55]
	- Scrum of Scrums [43]	- AGILE Maturity Map [56]
	- Scrum Pattern Language of Programs (PloP) [44]	- Agile Maturity Model [57]
	- Spotify Model [45]	- Agile Capability Maturity Model Integration [58]
	- Sustainable Cultural Agile Release in the Enterprise (SCARE) [46]	- Comparative Agility [59]
	- Matrix of Services [47]	- Roadmap for Agile success [60]
	- Scrum Lean in Motion (SLIM) [48]	- Scrum Capability Ratings [61]

We identified two streams of scaling agile frameworks. **Transformation-focused** frameworks center around process agility by offering a transformation roadmap with necessary steps (*Transformation process*) and/or assessing companies regarding their state of transforming towards organizational agility (*Transformation progress*). **Organization-focused** frameworks in turn focus on product agility and the “blueprint” agile organization. This stream also has two sub-streams. While *Enterprise-focused*

approaches address a vertical scaling mind-set with organizational levels from strategy to execution, *Inter-Team focused* frameworks address horizontal scaling with coordinating large numbers of agile teams. Although this kind of frameworks could generally be applied on program or portfolio level, they traditionally solely focus on solution delivery without describing planning and monitoring activities. As IT governance comprises both planning and monitoring, we exclude the inter-team focused frameworks for deeper analysis. Furthermore, transformation frameworks are also excluded since they address the planning steps of a transformation instead of IT governance in the target organization.

As second step, we conducted a qualitative content analysis on the remaining frameworks. Our analysis had three parts: First, we examined whether and how comprehensive governance is addressed (with e.g. processes, roles, practices etc.). We used common IT governance roles, practices and processes addressed by research [9] and governance framework COBIT 5 [10] and roles (e.g. Product Owner), practices (e.g. backlogs) and principles from the agile philosophy. Second, we analyzed whether a top-down (authority-led) or a bottom-up approach (autonomy-led) is taken. Third, we examined how business IT convergence is integrated by the approaches by examining who is mainly responsible for its execution. As theoretical foundation for the analysis on the eight remaining frameworks, we used the five IT governance decision domains by Weill & Ross [8] as widely acknowledged governance approach (see Table 2). While the *IT principles* domain focuses on the strategic role of IT in the organization, *business application needs* and *IT architecture* decisions focus on the needs to be fulfilled or the technological basis to be applied. *IT infrastructure strategies* addresses the decision on whether the realized services can be individualized for each business unit or whether it should be central. *IT investment and prioritization* focuses on the funding of IT.

### 3 Scaling Agile Frameworks and IT Governance

The following comparison shows the level of coverage of IT governance and differences and similarities between applied practices between the frameworks. Per governance decision domain [8], the frameworks are further compared regarding their mode of control and the overall responsibility.

#### 3.1 IT Principles

The IT governance decision domain of IT principles is evident in five frameworks with EUP and SAFe giving the most details. However, both frameworks differ in their overall logic. For strategy planning, SAFe derives IT strategy via strategic themes based on business objectives for each SAFe portfolio. Since the SAFe portfolio does not need to cover the whole IT organization, a common IT strategy is not necessarily guaranteed. EUP in contrast perceives one common enterprise strategy which integrates the IT strategy as crucial. The roles responsible for planning also differ. As IT strategy is closely linked to portfolio management, SAFe proposes responsibility for a “Lean Portfolio Management”. This function usually includes business managers and

executives who understand the enterprise's financial position. EUP in turn uses a specific "Enterprise Business Modeler". The strategic planning process is similar using lightweight methods and being collaborative in close alignment with enterprise stakeholders and the enterprise architecture discipline for technological input. Other approaches only cover parts of IT strategy. DA captures a planning process with themes like in SAFe that are captured in a business roadmap as main practice describing the near term, intermediate term (3-12 months) and long term (1 year and more) vision. In Scrum@Scale, a general IT strategic vision aligning and setting strategic priorities is developed by a "Executive Meta Scrum" led by the executive Product Owner, i.e. the CEO or Strategic Vice President. The laCoCa model is a real exception among the frameworks. It proclaims a "Dynamic Corporate Strategy" which integrates business and IT strategy. This strategy is developed by "StraDevOps" teams who include "customer and or departments, business strategists, Enterprise Architects, [...] and close the gap between the existing business strategy and regular DevOps teams" [30].

In sum, IT strategy remains a top down governance decision domain in the agile frameworks. Also, the responsibilities of business and IT executives are traditional. Although they collaborate closely on strategy development, business is still perceived as mere stakeholder from IT. Alignment between them is still the dominant practice.

**Table 2.** Comparison of scaling agile frameworks

	Scaled Agile Framework (SAFe)	Disciplined Agile (DA)	Enterprise Unified Process (EUP)	Enterprise Agility	laCoCa Model	Scrum @Scale	Recipes f. A. Governance (RAGE)	XScale
<b>IT Principles</b>								
	4, t	4, t	4, t		3, t	4, t		
<b>IT Architecture</b>								
	1, m	4, m	1, m	1, b	3, m			
<b>IT Infrastructure Strategies</b>								
	1, b	1, m		1, b	3, b			1, m
<b>Business Application Needs</b>								
	4, t	4, t	4, t	4, t	3, t	4, t	5, t	4, t
<b>IT Investment and Prioritization</b>								
	4, m	4, t		4, m			5, t	4, t

**Legend**

Coverage Why?-Principle What?-Process Who?-Role(s) How?-Practice(s)

Responsible 1- IT 2-Business 3-Convergence 4-Alignment 5-Not specified

Control t - top down (Authority-led) b-bottom up (Autonomy-led) m-mixed

### 3.2 IT Architecture

Five frameworks directly address IT architecture with DA, EUP and SAFe covering both principles, process, roles and practices. All three frameworks propose a strategic architecture role model with specific enterprise architects from IT for resolving technical dependencies on portfolio level and solution/system architects or chief architecture owners on program level. DA also proposes the role of architecture owners as team member who is responsible for a single team's architecture. The practices applied in the frameworks differ. While EUP uses traditional planning artefacts with a largely predefined “Enterprise Architecture (EA) Model” and reference architectures (“candidates”), SAFe and DA architects create a high level common technological vision and guidance and derive strategic architectural initiatives which will then be integrated in the portfolio. For initiative execution, SAFe uses “Enabler Epics” as requirements descriptions which are realized to build a central “Architectural Runway” for all teams. In contrast, DA promotes an adaptive, context-sensitive strategy to architecture. Based on the specific goals, architects identify the process decision points to be considered. For each point, a range of strategies to choose from is provided. The laCoCa model proposes a Lean EA management with specifically tailoring the EA framework TOGAF without giving guidance on how to tailor, conducted by the enterprise architects in “StraDevOps” team. All four frameworks also propose bottom up architecting by actively seeking validation and feedback by the teams and identifying their needs for architecture optimization. Radical bottom up Incremental Architecture solely emerging from solution implementing by teams instead of up-front planning is only proposed by Enterprise Agility. They perceive architects to be consultants rather than leaders like in traditional architecture management.

Overall, a shift towards architectural autonomy of the teams is seen in the frameworks as Enterprise Agility states: “Rather than decide the architecture in advance, let it emerge as you implement stories” [28]. As architecture is technological in nature, responsibilities are still mainly with architecture roles based in the IT organization. Due to having an enterprise architecture function, the roles also have a high business proficiency.

### 3.3 IT Infrastructure Strategies

The mapping of this IT governance decision domain was challenging since Weill & Ross [8] imply governance of a multi business unit organization. IT infrastructure strategies addresses which IT services need to be provided as shared services for all business units and which can be individually changed. We transfer this challenge to the agile organization in the way that the degree of autonomy of a single agile team regarding choice of IT infrastructure is focal in this dimension. Since this is inextricably linked to the IT architecture, we highlight topics not covered before.

Five out of the eight analyzed frameworks address IT infrastructure strategies, mostly regarding the topics continuous integration, delivery and deployment. In all frameworks, teams are empowered to own their process, the concrete selection of practice patterns and tooling such as e.g. 1 Click Deploy to self-determine how they

will work together. In order to achieve continuous delivery, automation of tasks and decoupling of solutions are perceived as key enablers in the frameworks. While XScale solely proposes behavior driven development - a common language between business representatives and agile teams for creating successful automated tests - as solution, SAFe proposes an extensive set of practices with e.g. the Continuous Delivery Pipeline. This contains the assets and technologies (workflows, activities, and automation) needed to deliver solution value as independently as possible. They further introduce the “System Team” next to their agile teams (DevTeam, Scrum Master, Product Owner) assist in building and using the Agile development environment, including continuous integration, test automation and continuous deployment. In the other frameworks, capabilities for continuous delivery are directly embedded into the teams.

For all frameworks, governance refers to avoiding technical debt. While XScale proposes “XP core plus weekly retrospectives” as suitable practice to achieve this goal, SAFe emphasizes data and security management. These areas are monitored by “Shared Services” who are specialists that help teams with their professional skills regarding e.g. data security or enterprise architecture. The architectural runway as technology roadmap also serves for monitoring technical debt. As exception, DA addresses the responsibility of a specific IT governance process that should guide and monitor the teams to ensure that they leverage and evolve the IT infrastructure effectively so that the infrastructure is sound. This also includes data management as well as security. Comparing to the other IT governance decision domains, this area has the highest level of autonomy by the teams with minimal interference of authority. Since IT infrastructure is IT architecture from a technological perspective, business involvement in this domain is also limited in the frameworks.

### **3.4 Business Application Needs**

All approaches except the laCoCa model explicitly address this IT governance decision domain as portfolio management for scaling agile. In the laCoCa model, business application needs is covered by Agile Requirements Management.

For guidance on how to achieve and maintain the overall portfolio, the frameworks show different levels of detailed descriptions, e.g. for proposed practices. SAFe is extensive with detailed descriptions on the three main process areas “Strategy and Investment Funding”, “Agile Program Guidance”, and “Lean Governance”. For managing the portfolio, SAFe proposes using a Lean/Kanban Portfolio system with corresponding backlog containing both business and technical requirements. Overall responsibility is with the specific “Lean Portfolio Management” function which closely collaborates with architecture and business stakeholder. Other approaches like DA and RAGE also favor dedicated individual functions or roles using “Portfolio Owner” as authority over selection and prioritization. Scrum@Scale and XScale in turn propose group approach like the “Executive Meta Scrum” with executive leadership and stakeholder members or a “Portfolio Squad” with business and technical leaders as more suitable. XScale further uses a “Portfolio Leader” and “Portfolio Coach” as ‘Leadership as a Service’ function for intelligently liaising with the business's executive team to manage the organization's finances. Practices for portfolio management are

largely provided by the frameworks. XScale advises to adapt a high-cadence “Continuous Adaption Cycle”, preferably weekly, with e.g. team retrospectives and the Portfolio Squad meeting to improve and refactor a portfolio to avoid technical and cultural debt. RAGE and Scrum@Scale also propose specific meetings such as portfolio planning and grooming or backlog prioritization sessions for conducting portfolio management. RAGE further addresses specific documents to be used like a business case, an agile charter containing the product vision, a decision matrix with the priority value of all initiatives and a portfolio backlog containing the descriptions of the initiatives. Practices for monitoring of the results are not explicitly addressed the approaches except SAFe. However, the need is addressed by the majority.

In sum, the frameworks propose the traditional top down portfolio management approach as it still “entails two major activities: Making [strategic] decisions about what initiatives to execute or fund, and making decisions about whether or how to continue work on initiatives that are already in progress” [32] as RAGE states.

### 3.5 IT Investment and Prioritization

Five of the examined frameworks directly address the IT governance decision domain of IT investment and prioritization. For all, budgeting decisions are inextricably linked to portfolio management and need a flexible model underlying. Thus, SAFe or Enterprise Agility link funding to value streams or products. The concrete budgeting mechanisms differ between both frameworks. The Enterprise Agility framework proposes a couple of mechanisms such as “Capacity Based Investment” with funding based on a portfolio or a line of business. The amount of funding then determines the number of teams dedicated the line or portfolio. As alternative, “Viable Increment based Investment” is proposed with the investment community getting together on a regular cadence (e.g. once per iteration or quarter) and prioritizing the next MVIs from each area against each other. SAFe and also DA use a continuous budgeting approach with lean or “Rolling Wave Budgeting” using lean business cases which are iteratively readjusted based on learnings. Although fiduciaries have control of spending, the value streams are empowered for rapid decision-making and flexible value delivery. Each value stream budget can then be adjusted over time based on its relative value to the portfolio. Furthermore, epic funding and governance is used for funding substantial, crosscutting or significant local investment concerns based on a lean business case. These may be funded by an overall budgetary reserve, reallocation of personnel, budgets from another value stream or by buffers in the existing value stream budget. Nominally, these budgets are adjusted twice annually to not impede agility, but create planning security for the teams. XScale’s approach of “Throughput Accounting” is similar to lean budgeting, but uses the bottleneck that dominates throughput per value stream and portfolio and budgets accordingly. RAGE is the only traditional approach which uses project funding supported by a traditional static business case.

Since IT investments are inextricably linked to portfolio management, most budgeting approaches have a similar shape. Decisions are made top down by portfolio management in alignment with business and technical stakeholder. One interesting exception, however, represents Lean Budgeting by SAFe as “dramatically different

approach to budgeting, one that reduces the overhead and costs associated with traditional cost accounting, while empowering decentralized decision-making [to value streams]” [32].

#### **4 Discussion and concluding remarks**

Our research aimed at showing how the conflict between structuration through IT governance and agility is solved in selected scaling agile frameworks. As a facilitator for achieving this goal, we originally proposed structurally and strategically converging the business and IT side to close the gap and foster shared understanding.

Our research indicates that the frameworks try to solve the conflict of structuration vs. agility by presenting themselves as the structuration in which agility is framed. The governance setups in the frameworks enable rapid response to changing needs by e. g. updating the program and team backlogs based on new decisions from the governance body. However, the agile empowered self-organized autonomous teams [17] as imperative for agility are limited by a traditional governance structure on the higher levels. Most decisions, especially more business-related, are still solely top down without using input from the teams. Information flows back to the governing body focus, similar to traditional IT governance frameworks [10], on mere team performance monitoring instead of qualitative feedback on e.g. how valuable is the service to the customer. These findings are in line with earlier analysis by Weill & Ross [8]. However, the required new forms of leadership [17] have not been embedded yet. Thus, IT governance on each level – especially program and portfolio – needs further inquiry on how to integrate agility and which balance between autonomy and authority is needed.

Second, our results highlight that the conflict of IT governance and agility by long term formalized decisions and inhibiting flexibility in response to changing needs has not been solved by the frameworks. Planning on strategic level mostly follows the traditional short term cadences via quarterly or semi-annually time frames. Continuous lifecycles including continuous business strategy and planning [12, 13] are only scarcely existent. This approach however raises the question how continuous learning as central element to agility [12] needs to be reflected on the strategic level.

Finally, we show that most scaling agile frameworks still perceive themselves as interfaces to non-agile enterprises. A structural and strategic convergence is only in its nascent phase within the frameworks while traditional business IT alignment [21] is rather promoted. However, when approaching a convergence, the IT governance structures are reshaped by e.g. having a “StraDevOps” team for continuously planning and controlling ITG decisions. Also, the strategic approach is affected by strategic convergence of business and IT strategy towards a “Digital Transformation Strategy” [20] or “Digital Business Strategy” [19] to realize IT’s role as trigger for business opportunities [19]. When aiming for structural convergence, integrating the product owner as ‘master’ of the product backlog is implied. The “BizDevOps” vision [18] including further business members within the teams is only in its nascence or merely a vision [27]. Our results pose the question whether organizational agility needs a business IT convergence as enabler or whether the traditional business IT alignment

needs to be achieved. In more detail, it is still unclear for which decision domains convergence needs to apply and for which decisions alignment is favorable.

For practitioners, a main contribution of our research is the reveal of principles, practices, process steps and roles for IT governance in the frameworks. Thus, we provide companies a comprehensive base of approaches to choose from for working on their specific challenges. These insights both can be used for the challenge to holistically adopt IT agility as well as for solving specific problems like the adoption of an agile portfolio function. As next step, companies can assess the suitability of the variations to their specific needs. Another major practical contribution of our research is the reflection of gaps of the frameworks in case companies strive to achieve a profound agile enterprise. For example, the comparison illustrates that IT governance is still mainly traditionally shaped. The ‘right’ balance between autonomy and authority has not crystalized yet as each framework handles the decision domains differently. This also holds true for finding a ‘right’ cadency of decision-making for each domain.

Our research is mainly limited by its selective analysis based on a small number of frameworks. The findings are further based on an interpretative and therefore subjective analysis on the frameworks. Also, high level public descriptions of some frameworks limited our research. For those, we used news articles or conference presentations by the frameworks’ authors as knowledgeable information source to fill information gaps.

To sum up, this analysis serves as a good foundation for future research in and between the agile and business IT alignment communities. Confirming the assessment by experts or applying other IT governance approaches to the frameworks might also provide valuable additional insights. An in-depth analysis of the frameworks’ application by companies and comparing proposed business-related agile governance mechanisms in research to the frameworks’ practices may further ‘optimize’ the frameworks’ structure and use regarding IT governance and business inclusion.

## References

1. Sambamurthy, V., Bharadwaj, A., Grover, V.: Shaping Agility through Digital Options: Reconceptualizing the Role of Information Technology in Contemporary Firms. *MIS Quarterly* 27, 237–263 (2003)
2. Tallon, P.P., Pinsonneault, A.: Competing Perspectives on the Link Between Strategic Information Technology Alignment and Organizational Agility: Insights from a Mediation Model. *MIS Quarterly* 35, 463–486 (2011)
3. Overby, E., Bharadwaj, A., Sambamurthy, V.: Enterprise Agility and the Enabling Role of Information Technology. *Eur J Inf Syst* 15, 120–131 (2006)
4. McGaughey, R.E.: Internet technology. Contributing to Agility in the Twenty- First Century. *Intl Jnl of Agile Mgt Sys* 1, 7–13 (1999)
5. Van Oosterhout, M., Waarts, E., van Hillegersberg, J.: Change Factors Requiring Agility and Implications for IT. *Eur J Inf Syst* 15, 132–145 (2006)
6. Luna, A. J. H. d. O., Kruchten, P., Pedrosa, M. L.G. d. E., Neto, H. R. d. A., Moura, H. P. d.: State of the Art of Agile Governance. A Systematic Review. *IJCSIT* 6, 121–141 (2014)
7. Conboy, K., Fitzgerald, B.: Toward a Conceptual Framework of Agile Methods: A Study of Agility in Different Disciplines. *Proceedings of the 2004 ACM Workshop on Interdisciplinary Software Engineering Research (WISER)*, 37–44 (2004)

8. Weill, P., Ross, J.: A Matrixed Approach to Designing IT Governance. *MIT Sloan Management Review* 46, 26–34 (2005)
9. De Haes, S., van Grembergen, W.: IT Governance and Its Mechanisms. *Information Systems Control Journal* 1, 1–7 (2004)
10. ISACA: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT. ISACA, Rolling Meadows, IL, USA (2012)
11. Yousif, M., Magnusson, J., Pessi, K.: IT Agility: Current State, Organizational Contingencies, and Future Research Avenues. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences 2017*, 5205–5213 (2017)
12. Fitzgerald, B., Stol, K.-J.: Continuous Software Engineering. A Roadmap and Agenda. *Journal of Systems and Software* 123, 176–189 (2017)
13. Knight, R., Rabideau, G., Chien, S., Engelhardt, B., Sherwood, R.: Casper: Space Exploration through Continuous Planning. *IEEE Intelligent Systems* 16, 70–75 (2001)
14. Kalliney, M.: Transitioning from Agile Development to Enterprise Product Management Agility. *Proceedings of the AGILE Conference 2009*, 209–213 (2009)
15. Stettina, C.J., Heijstek, W.: Five Agile Factors: Helping Self-Management to Self-Reflect. In: Fabozzi, F.J., Kothari, V. (eds.) *Introduction to Securitization*, pp. 1–12. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, USA (2008)
16. Hope, J., Fraser, R.: New Ways of Setting Rewards: The Beyond Budgeting Model. *California Management Review* 45, 104–119 (2003)
17. Lee, G., Xia, W.: Toward Agile: An Integrated Analysis of Quantitative and Qualitative Field Data on Software Development Agility. *MIS Quarterly* 34, 87–114 (2010)
18. Horlach, B., Drews, P., Schirmer, I., Böhmann, T.: Increasing the Agility of IT Delivery: Five Types of Bimodal IT Organization. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences 2017*, 5420–5429 (2017)
19. Bharadwaj, A., El Sawy, O.A., Pavlou, P.A., Venkatraman, N.: Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *MIS Quarterly* 37, 471–482 (2013)
20. Matt, C., Hess, T., Benlian, A.: Digital Transformation Strategies. *Bus Inf Syst Eng* 57, 339–343 (2015)
21. Henderson, J.C., Venkatraman, N.: Strategic Alignment - Leveraging Information Technology for Transforming Organizations. *IBM Systems Journal* 32, 472–484 (1993)
22. Vaidya, A.: Does DAD Know Best, Is it Better to do LeSS or Just be SAFe? Adapting Scaling Agile Practices into the Enterprise? *Thirty-Second Annual Pacific Northwest Software Quality Conference*, 21–38 (2014)
23. Dingsøyr, T., Nerur, S., Balijepally, V., Moe, N.B.: A Decade of Agile Methodologies. Towards Explaining Agile Software Development. *Journal of Systems and Software* 85, 1213–1221 (2012)
24. Ghani, I., Jawawi, D.N.A., Niknejad, N., Khan, M., Jeong, S.R.: A Survey of Agile Transition Models. In: Sugumaran, V., Ghani, I., Jawawi, D.N.A., Dorairaj, S., Sidky, A.: *Emerging Innovations in Agile Software Development*, pp. 141–164. IGI Global (2016)
25. Heusser, M.: Comparing Scaling Agile Frameworks, <https://www.cio.com/article/2974436/agile-development/comparing-scaling-agile-frameworks.html> (Accessed: 05.09.2017)
26. Agile Scaling: ASK Matrix Version 5.0, <http://www.agilescaling.org/ask-matrix.html> (Accessed: 10.09.2017)
27. Disciplined Agile: DA , <http://www.disciplinedagiledelivery.com/> (Accessed: 23.09.2017)
28. Eliassen Group: Enterprise Agility, <http://www.eliassen.com/agile/lunch-and-learn/Scaling-Agile-with-the-Enterprise-Agility-Model> (Accessed: 22.09.2017)
29. Ambler, S.W.: EUP, <http://enterpriseunifiedprocess.com/> (Accessed: 22.09.2017)
30. Slogar, A.: laCoCa™ Model & Method, <http://www.lacoca.org/> (Accessed: 18.09.2017)

31. cPrime: RAGE, <https://www.cprime.com/rage/> (Accessed: 22.09.2017)
32. Scaled Agile: SAFe, <http://www.scaledagileframework.com/#> (Accessed: 23.09.2017)
33. Scrum Inc.: Scrum at Scale, <https://www.scruminc.com/> (Accessed: 22.09.2017)
34. XSCALE Alliance: XScale, <http://xscalealliance.org/> (Accessed: 22.09.2017)
35. Wikiversity: Crystal Methods, [https://en.wikiversity.org/wiki/Crystal\\_Methods](https://en.wikiversity.org/wiki/Crystal_Methods) (Accessed: 22.09.2017)
36. Agile Business Consortium: What is DSDM, <https://www.agilebusiness.org/what-is-dsdm> (Accessed: 05.09.2017)
37. Beedle, M.: Enterprise Scrum, <http://www.enterprisescrum.com/> (Accessed: 02.09.2017)
38. Cron Technologies: FAST Agile, <http://www.fast-agile.com/home> (Accessed: 03.09.2017)
39. Xebia Group: Goal Driven Agile, <https://pages.xebia.com/whitepaper-goal-driven-agile> (Accessed: 02.09.2017)
40. The LeSS Company B.V.: LeSS, <https://less.works/> (Accessed: 05.09.2017)
41. Nexus: Nexus™, <https://www.scrum.org/resources/scaling-scrum> (Accessed: 04.09.2017)
42. AXELOS Limited: PRINCE2 Agile wiki, <http://prince2agile.wiki> (Accessed: 04.09.2017)
43. Agilest: Scrum of Scrums, <https://www.agilest.org/scaled-agile/scrum-of-scrums/> (Accessed: 04.09.2017)
44. Scrum Pattern Community: PLoP, <http://www.scrumplop.org/> (Accessed: 02.09.2017)
45. Kniberg, H., Ivarsson, A.: Scaling Agile at Spotify, <http://blog.crisp.se/2012/11/14/henrikkniberg/scaling-agile-at-spotify> (Accessed: 03.09.2017)
46. Heusser, M.: Introducing the SCARE Method, <http://itknowledgeexchange.techtarget.com/uncharted-waters/introducing-the-scare-method/> (Accessed: 02.09.2017)
47. Continuous Agile: MAXOS, <http://www.continuousagile.com/> (Accessed: 04.09.2017)
48. Growing Agile: SLIM - an agile scaling pattern, <https://www.growingagile.co.za/2013/08/slim-an-agile-scaling-pattern/> (Accessed: 03.09.2017)
49. Sahota, M.: An Agile Adoption and Transformation Survival Guide: Working with Organizational Culture. lulu.com (2012)
50. CollabNet: Agile Transformation Strategy, <https://www.collab.net/services/training/agiletransformation> (Accessed: 02.09.2017)
51. Schwaber, K.: The Agility Guide to Evidence-Based Change, <https://www.scrum.org/resources/agility-guide-evidence-based-change> (Accessed: 03.09.2017)
52. Agile42: The Enterprise Transition Framework for Continuous and Sustainable Improvement, <http://www.agile42.com/en/agile-transition/etf/> (Accessed: 05.09.2017)
53. Leading Agile: Leading Agile, <https://www.leadingagile.com/> (Accessed: 05.09.2017)
54. DasScrumTeam AG: ScALeD, <http://scaledprinciples.org/> (Accessed: 03.09.2017)
55. Krishnan, R.: Agile Transformation Maturity Model, <https://confengine.com/agile-india-2014/proposal/236/agile-transformation-maturity-model> (Accessed: 04.09.2017)
56. Packlick, J.: The Agile Maturity Map - A Goal Oriented Approach to Agile Improvement. Proceedings of the AGILE Conference 2007, 266–271 (2007)
57. Humble, J. and Russell, R.: The Agile Maturity Model, [https://info.thoughtworks.com/rs/thoughtworks2/images/agile\\_maturity\\_model.pdf](https://info.thoughtworks.com/rs/thoughtworks2/images/agile_maturity_model.pdf). (Accessed: 04.09.2017)
58. Shelton, C.: Agile and CMMI: Better Together, <https://www.scrumalliance.org/community/articles/2008/july/agile-and-cmmi-better-together> (Accessed: 05.09.2017)
59. Comparative Agility: Comparative Agility, <https://www.comparativeagility.com/> (Accessed: 03.09.2017)
60. Emergn: Roadmap for Agile Success, <http://www.emergn.com/roadmap-for-agile-success/> (Accessed: 04.09.2017)
61. Scrum Inc.: Scrum Inc. Services, [http://www.scruminc.com/wpcontent/uploads/2013/10/Scrum-Inc.-Services-scruminc.com\\_.pdf](http://www.scruminc.com/wpcontent/uploads/2013/10/Scrum-Inc.-Services-scruminc.com_.pdf) (Accessed: 04.09.2017)

# A Knowledge-Based Perspective on Contract Choice in Application Outsourcing

Oliver Krancher, Matthias Stürmer

University of Bern, Institute of Information Systems, Bern, Switzerland  
{oliver.krancher,matthias.stuermer}@iwi.unibe.ch

**Abstract.** A key governance decision in application outsourcing projects is the choice between fixed-price and time-and-materials contracts. While existing research draws on economic theories to explain contract choice, knowledge-based perspectives on contract choice remain underdeveloped. In this paper, we formulate and empirically test such a knowledge-based perspective. We argue that different contract types (fixed-price versus time-and-materials) assign the primary responsibility for coordination to different parties (vendor versus client) and that the ability of each party to coordinate the work depends on task characteristics. Specifically, vendors are most able to coordinate work when knowledge specificity is low and when task scope is high. Data on 1035 contract choices at 223 clients support these ideas. Fixed-price contracts are more frequent under low knowledge specificity and under high task scope. Our key contribution lies in formulating and empirically substantiating a knowledge-based perspective on contract choice.

**Keywords:** contract type, contract choice, knowledge-based perspective, knowledge-based view, knowledge specificity, coordination

## 1 Introduction

Application outsourcing—the delegation of the development or maintenance of application software to vendors—has long become a modus operandi in many organizations [1]. The success of application outsourcing projects critically depends on governance decisions [2, 3]. Among the most important governance decisions is contract choice, i.e., the choice between a fixed-price (FP) and a time-and-materials (T&M) contract [4, 5]. In a FP contract, the client pays a fixed fee for software that meets the requirements specified in the contract. Conversely, in a T&M contract, the client pays the vendor based on the vendor’s effort and expenses. Existing research explains contract choice primarily by drawing on economic theories, focusing on risk allocation, relative bargaining power, environmental uncertainty, and opportunistic threats [4, 6-8]. Although economic perspectives on contract choice have met considerable empirical support [4, 7, 9, 10], the information systems (IS) and strategic management literatures increasingly recognize that economic perspectives alone are unable to account for the complex nature of application outsourcing [11, 12]. A growing stream of research argues that economic perspectives on application outsourcing should

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

be complemented by knowledge-based perspectives [13-15]. Knowledge-based perspectives explain governance decisions not with economic motives but with irreducible knowledge differences between client and vendor. Such knowledge-based perspectives are, however, rare in research on contract choice. We therefore ask: *Can knowledge-based reasoning explain contract choice in application outsourcing?*

To address this question, we develop a knowledge-based perspective on contract choice. We argue that different contract types assign the primary responsibility for coordination to different parties and that contract choices reflect differences in the ability of each party to coordinate the work. It is widely acknowledged that FP contracts assign the primary responsibility for coordination to vendors, whereas T&M contracts assign it to clients [16]. To this often articulated idea, we add that clients and vendors differ, often in irreducible ways, in their coordination knowledge (i.e., in their ability to coordinate the work performed in a particular application outsourcing project) and that differences in coordination knowledge are influenced by two important task characteristics: knowledge specificity and task scope. Vendors have superior coordination knowledge when projects require little specific knowledge (i.e., low knowledge specificity) and when a complex bundle of tasks needs to be coordinated (i.e., high task scope). In these conditions, decision makers will prefer FP contracts in order to allocate the responsibility for coordination to vendors. Conversely, they will decide for T&M contracts when knowledge specificity is high and task scope is low.

We empirically test these ideas using a comprehensive dataset of 1035 contract choices made by 223 Swiss public organizations. The results strongly support the hypotheses. Our study is among the first to formulate and empirically test a knowledge-based perspective on contract choice. More broadly, our findings reinforce calls for greater attention to knowledge-based issues in outsourcing research.

## 2 Background Literature and Theoretical Model

### 2.1 Existing Research on Contract Choice

A substantial body of research has examined contract choice in application outsourcing projects. Qualitative work has shown that contract choice affects the behavior of people involved in application outsourcing [5]. Quantitative research has primarily drawn on economic theories to explain contract choice and its effects [4, 6-8]. The arguments in these studies center on risk, power, environmental uncertainty, and opportunistic threats. A key argument is that different contract types assign the major portion of *risk* to different parties. Under a FP contract, the vendor bears the risk for cost escalation given that the vendor commits to deliver a particular software at a given price. Conversely, under a T&M contract, this risk is borne by the client [8]. Since self-interested, risk-averse parties prefer to transfer risks to the other party, the relative *power* of each party influences which party is able to impose its preference. Relatively powerful clients will manage to impose FP contracts, while relatively powerful vendors will manage to impose T&M contracts [4]. Moreover, *environmental uncertainty* (i.e., the extent of unpredictable exogenous change, such as change in technology and in business environments) affects to what extent vendors are willing to

take over the risk that a FP contract allocates to them. The higher environmental uncertainty, the higher is the portion of the risk that vendors cannot control and, hence, the less willing are vendors to accept a FP contract [17, 18]. Threats of *opportunistic behavior* (i.e., self-interest seeking with guile) are also argued to affect contract choice. Drawing on agency theory [17] and transaction cost economics (TCE) [19], studies have argued that different contract types are differentially effective in combating opportunistic threats [7, 9]. Specifically, FP contracts, with their clear specification of goals, are considered high-powered incentives, which are preferred when opportunistic threats are high, such as when the parties lack trustful working relationships [7, 9].

Although these economic perspectives have met considerable empirical support and although they have contributed to a much improved understanding of contract choice [4, 7, 9, 10], three problems remain. First, by emphasizing economic theories, the literature on contract choice may overlook important explanations for contract choice [11], in particular knowledge-based perspectives. Second, most empirical studies focus on one sole client [7, 9, 10] or one sole vendor [4, 20]. It is unclear to what extent the results in these studies mirror idiosyncratic contracting practices of these particular firms. Third, there is some uncertainty surrounding the empirical operationalization in these studies, in particular with regard to knowledge specificity. Knowledge specificity is a key construct of TCE [21]. Although several studies of contract choice have invoked TCE [4, 10, 18], only one [9] included a measure of knowledge specificity. However, this measure focused on business knowledge, while empirical studies of application services highlight the critical nature of application knowledge (i.e., knowledge of the inner workings of a particular software application) [22, 23].

## 2.2 A Knowledge-based Perspective on Contract Choice

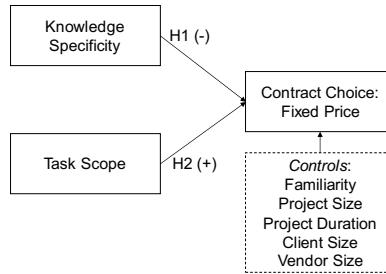
In this paper, we advance a knowledge-based perspective on contract choice. A knowledge-based view (KBV) explains governance decisions with irreducible knowledge differences between parties [24-26]. Knowledge is the capacity to act and includes both individual-level skills and team-level or organizational-level capabilities [27]. The knowledge that enables the performance of complex tasks, such as application services, is largely tacit [28] and is acquired through years of practice in the particular domains of a task [22, 24, 29]. Because the acquisition of knowledge takes long time, knowledge differences between client and vendor are often irreducible within a single project [13]. While knowledge is essential for the performance of complex tasks, it is also essential for their coordination [24-26]. Application services require engineers to develop one coherent software [30], which requires that many technical and business-related decisions be coordinated [31]. A key assertion of the KBV is that knowledge required to achieve such coordination in a particular setting differs between firms because firms, and the teams and individuals within them, acquire such knowledge only through long situated practice [24].

Although application outsourcing research has shown that knowledge-based perspectives can explain important issues such as cost overruns [13], coordination [32], contract extensiveness [9], transition activities [29], and knowledge-sharing [14], knowledge-based perspectives on the choice of contract types remain rare. In this paper,

we formulate such a perspective. Specifically, we argue that different contract types assign the primary responsibility for coordination to different parties and that each party's coordination knowledge depends on task characteristics. It is widely acknowledged that under a FP contract the vendor bears the bulk of responsibility for coordination because the vendor is ultimately responsible for achieving the specified outcomes. Conversely, under a T&M contract, the client retains the right to coordinate the activities of vendor personnel [16]. Based on these ideas, we argue that decision makers will align responsibilities with the distribution of knowledge. When the vendor has stronger coordination knowledge than the client, FP contracts will be preferred because they place the responsibility for coordination on the vendor. Instead, when the client has stronger coordination knowledge than the vendor, T&M contracts will be preferred. We next formulate hypotheses about how two important task characteristics influence the distribution of knowledge and, hence, contract choice.

### 2.3 Hypotheses

Figure 1 presents our theoretical model. It predicts that knowledge specificity and task scope correlate with contract choice.



**Figure 1.** Theoretical Model

*Knowledge specificity* is likely to influence the distribution of knowledge and, hence, contract choice. Knowledge specificity (or human asset specificity) is the degree to which the task requires knowledge that is idiosyncratic to the client [13, 21, 33]. Whether knowledge is specific depends on the knowledge domains relevant for a particular task. A key knowledge domain in application services is application knowledge [31, 34]. Application knowledge enables engineers to comprehend existing code and data structures, to identify where and how changes the existing code should be made, and to anticipate side-effects from code changes [22, 35]. A study of application outsourcing transitions showed that application knowledge is often the most critical knowledge [23]. Given the key role of application knowledge, we argue that the specificity of knowledge depends on the application that shall be developed or maintained. If a project refers to a custom-developed application, the application exists only at this client. Key knowledge domains (e.g. knowledge about the modules, the control flow and data flow in and between these modules, the data model, the meaning of the data, configuration settings) are then specific to the client. Vendors will often

lack knowledge in these domains at the outset of projects. Under such circumstances, clients are likely to have stronger coordination knowledge than vendors. Hence, decision makers are likely to prefer T&M contracts. Conversely, if a project refers to a software package (or commercial-off-the-shelf software), installations of the software exist at many clients. Vendors can then leverage the knowledge that they bring from prior implementations of the same application at other clients. Such vendors will be able to avoid mistakes made in prior projects and to quickly map the details of the client's business to the inner workings of the familiar application. Even if clients choose to strongly customize a software package, the vendor will benefit from knowledge about the software package that helps organize and comprehend existing and planned customizations. Hence, under the conditions of low knowledge specificity, decision makers will choose FP contracts in order to leverage the coordination knowledge brought in by the vendor. We anticipate:

*H1: Projects of high knowledge specificity (as empirically indicated by the use of custom-developed software) are less likely to choose FP contracts than projects of low knowledge specificity (as empirically indicated by the use of packaged software).*

*Task scope* is also likely to influence the distribution of knowledge and, hence, contract choice. Task scope refers to the degree to which the project includes a variety of services (e.g. application design, development, maintenance, hardware management, hardware procurement, telecommunication) [36, 37]. When task scope is high, the coordination of the technical elements of a project is complex [36]. Such projects require knowledge about how these technical elements can be combined. Vendors are more likely than clients to possess such knowledge. They may have greater experience in coordinating the application with other, typically not client-specific, technical elements, such as machines and telecommunication infrastructure. Clients prefer to leverage this knowledge by delegating the responsibility for coordination to the vendor:

*H2: The higher task scope, the more likely is the choice of a FP contract.*

It is interesting to note that H1 and H2 are opposed to predictions that can be derived from economic theories. Knowledge specificity is a construct not only of the KBV [13, 24] but also of TCE [21, 33]. According to TCE, knowledge specificity augments opportunistic threats because opportunistic vendors may underinvest into specific knowledge, given that they cannot redeploy this knowledge to other clients. TCE suggests that clients respond to higher opportunistic threats by choosing the high-powered governance mechanism of FP contracts [4, 16]. This yields the (opposed) prediction that projects of high knowledge specificity choose FP contracts.

Economic theories also yield a prediction opposed to H2. As task scope increases, so increase task complexity and, hence, uncertainty. Drawing on agency theory [17], contract choice research has often argued and empirically demonstrated that high uncertainty is associated with preference for T&M, rather than FP, contracts [4, 10, 16].

## 2.4 Control Variables

We include five variables to account for alternative explanations derived from economic perspectives. We control for familiarity (i.e., joint experience of client and vendor). Familiarity is a source of trust and, hence, of reduced opportunistic threats.

Under high familiarity, clients have been found to be more willing to accept the low-powered mechanism of T&M contracts [7, 16]. Moreover, we control for project size (i.e., the amount of effort in a project) and project duration. The literature suggests that the larger and the longer projects are, the higher is project risk and, hence, the more likely should be T&M contracts [10]. Moreover, we control for client and vendor size. The larger clients and the smaller vendors, the higher is the relative bargaining power of clients and, hence, the more likely are FP contracts [4].

### 3 Method

#### 3.1 Dataset

We tested our theoretical model using a comprehensive dataset of 1035 contract choices that 223 public Swiss clients made between 2013 and February 2017. We extracted the data from the simap database (<http://www.simap.ch>), a public procurement platform for Swiss public administrations and publicly held companies. All federal organizations and most cantonal and local administrations are legally required to publish bid invitations and contract awards of projects exceeding a value of 250,000 Swiss Francs (CHF) on simap. The platform has been in operation since 2008.

We crawled the data from the simap website and performed a series of steps to select, cleanse, and code the data. The crawler produced a list of 3235 IS projects. We used the 3235 project to estimate familiarity, but focused our analysis on the projects awarded in or after 2013. From all 2103 projects awarded in or after 2013, we randomly selected 1687. In each of these projects, we coded whether it referred to application services (i.e., systems planning, systems integration, application analysis, design, coding, or maintenance), whether sufficient information was available for coding, and whether the project was not a duplicate. This resulted in a list of 1103 projects. Out of these 1103 projects, 88 chose a variety of hybrid contractual arrangements while 1035 projects were clearly FP or T&M contracts. Because we were interested in the decision between pure T&M and FP contracts, because hybrid contracts were only a minor fraction, and because the hybrid contracts were of many different kinds, we excluded hybrid projects, resulting in a final sample of 1035 projects. Out of these projects, 188 (18.2%) were FP and 847 were T&M contracts.

#### 3.2 Coding Process

Each project was coded by two coders. The coders coded both the categories that were used to select projects into the final sample (see previous section) and the categories used to test our theoretical model (see next section). The coders were blind to the hypotheses of the study and performed the coding based on a detailed coding scheme (available on request from the authors). After being trained on sample data, they started independent coding only once the agreement between a coder and the first author in the sample data exceeded 85%.

### 3.3 Variables

Table 1 shows the variables used for testing our theoretical model. The variables contract choice, familiarity, project size, client size, and vendor size were automatically extracted from the database. We used the total volume of sales in the simap database as proxies for client and vendor size. The variables knowledge specificity, task scope, and project duration were coded according to the coding procedure described above. Information about project duration was published only in a subsample of 422 projects.

**Table 1.** Variables

Variable	Description
Contract Choice	1 if fixed price, 0 if time-and-materials (automatically extracted)
Knowledge Specificity	1 if the project involved custom-developed software; else 0 (coded)
Task Scope	The number of services types included in the project [37]; the following service types were coded: application analysis and design, application development, application maintenance, systems planning, systems integration, data center operations, telecommunication, licensing, hardware products (coded)
Familiarity	1 if the client had previously awarded a contract to the vendor; else 0 (automatically extracted)
Project Size	Project volume in CHF (logarithmized) (automatically extracted)
Project Duration	Number of months between planned end date and start date (logarithmized) (coded)
Client Size	Total volume in CHF of IS projects awarded by the client on the simap platform (logarithmized) (automatically extracted)
Vendor Size	Total volume in CHF of IS projects awarded to vendor on the simap platform (logarithmized) (automatically extracted)

### 3.4 Estimation Approach

Our estimation approach considered two peculiarities of our dataset. First, projects were nested within 223 clients and within 538 vendors. Nested data violate the assumption of independent observations in ordinary least squares or logistic regression. For instance, the intraclass correlation of contract choices made by the same client was 54%, showing that observations were not independent. Second, our dependent variable was dichotomous. Because of these two peculiarities, we used generalized linear mixed models (GLMM) [38]. Mixed models can cope with nested data. Generalized models are able to include a logistic link function that allows estimating a dichotomous dependent variable. GLMM unite the qualities of mixed models and of generalized models. Our GLMM included a logistic link function, fixed effects for all predictors and the intercept, and two normally distributed random intercepts for client and vendor. We used the *glmer* method of the R *lme4* package. We separately estimated models without project duration using the full dataset and with project duration using the subsample of 422 projects. Because our data structure included crossed random effects (for clients and vendors), we used LaPlace approximation [38]. To check robustness,

we also ran alternative models without the random intercept for the vendor, permitting the use of Gauss-Hermite quadrature [38]. The findings were highly consistent. We also examined further alternative random effect structures, such as random slopes for knowledge specificity or for task scope and a random intercept for regional clusters. However, model fit did not improve with these additional parameters. Hence, we retained the more parsimonious specification.

## 4 Results

Table 2 provides descriptive statistics and bi-variate correlations. Table 3 shows the regression results. Positive (negative) coefficient in Table 3 imply that the higher the independent variable, the more likely are FP (T&M) contracts.

**Table 2.** Descriptive Statistics and Bi-variate Correlations

	Mean	SD	CT	Fa.	PS	PD	CS	VS	KS	TS
Contr. Type	0.18	0.39	1							
Familiarity	0.32	0.46	-.09	1						
Project Size	3.3m	15m	-.03	.10	1					
Proj. Duration	49.14	37.03	-.14	.05	.38	1				
Client Size	292m	612m	-.08	.37	.28	.17	1			
Vendor Size	171m	1.2bn	-.13	.39	.47	.23	.22	1		
Knowl. Spec.	0.35	0.48	-.21	.16	.07	.13	.16	.09	1	
Task Scope	2.49	1.59	.25	-.23	.16	.01	-.15	-.06	-.22	1

**Table 3.** Regression Results

	Model 1	Model 2
Intercept	-1.38 (1.59)	-1.12 (2.07)
Familiarity	.17 (.31)	.65 (.44)
Project Size	.05 (.11)	.23 (.17)
Project Duration	-	-.29 (.18)
Client Size	-.02 (.08)	.10 (.09)
Vendor Size	<b>-.12* (.06)</b>	<b>-.36*** (.10)</b>
Knowledge Specificity	<b>-1.20*** (.29)</b>	<b>-1.22** (.42)</b>
Task Scope	<b>.45*** (.08)</b>	<b>.40*** (.11)</b>
n <sub>1</sub> (# projects)	1035	422
n <sub>2</sub> (# clients)	223	126
n <sub>3</sub> (# vendors)	538	274
Random intercept variance for clients	1.23	.51
Random intercept variance for vendors	.99	.36
AIC	851.1	361.7
% correct predictions	91.3%	87.2%

Dependent variable: contract type (1 = fixed price), \*\*\*p < .001, \*\*p < .01, \*p < .05, significances are from Wald tests, significant number in bold, standard errors in parentheses

Model 1 shows the results obtained when using the full dataset and when not controlling for project duration. H1 predicted a negative relationship between knowledge specificity and the choice of FP contracts. The model shows a strong negative relationship ( $\beta = -1.20$ ,  $p < .001$ ), supporting H1. The beta coefficient implies that the odds of a FP contract decreased by 70% when knowledge specificity was high. H2 predicted a positive relationship between task scope and the choice of FP contracts. The model shows a strong positive relationship ( $\beta = .45$ ,  $p < .001$ ), supporting H2. Hence, the odds of a FP contract increased by 57% for each service type included in the contract. Among the control variables, only vendor size was significant ( $\beta = -.12$ ,  $p < .05$ ). The negative coefficient was in line with prior research [4]. The model correctly predicted 91.3% of contract choices, supporting the validity of the model specification.

Model 2 shows the results obtained when controlling for project duration and using the subsample of 422 projects for which project duration was given. The findings were highly consistent with model 1. Knowledge specificity ( $\beta = -1.22$ ,  $p < .01$ ) and task scope ( $\beta = .40$ ,  $p < .001$ ) were significantly related to contract choice in the hypothesized directions. Overall, the findings provide strong support for H1 and H2.

## 5 Discussion

This research was motivated by the observation that although contract choice has important implications for knowledge coordination, knowledge-based perspectives are rare in research on contract choice. We advance the idea that contract choice serves to align coordination responsibilities with the distribution of knowledge between client and vendor and that the distribution of knowledge depends knowledge specificity and task scope. Results from a comprehensive dataset of 1035 contract choices made by 223 clients provide strong support for these ideas.

Our paper makes three important contributions. First and foremost, our paper is among the first to formulate and empirically test a knowledge-based perspective on contract choice. We thus contribute to the growing body of IS outsourcing research that acknowledges the need to combine economic with knowledge-based perspectives [11, 13]. It is interesting to compare economic and knowledge-based predictions on contract choice because economic and knowledge-based perspective produce, at least in part, conflicting predictions and recommendations for contract choice. While TCE would suggest the choice of high-powered FP contracts under the high opportunistic threats associated with high knowledge specificity, the KBV recommends the choice of T&M contracts. Moreover, while agency theory would advocate the reliance on T&M contracts under the uncertainty associated with broad task scope, the KBV advocates the choice of FP contracts. The results from our large-scale empirical analysis support the predictions derived from the KBV, whereas the predictions derived from economic theory obtained limited support (see our findings on control variables). This may indicate that although decision makers combine economic and knowledge-based reasoning when making decisions about contract types, they appear give priority to knowledge-based reasoning. This is somewhat surprising given the prevalence of economic reasoning in research on contract choice [4, 6-8]. Yet, our study is only a first

step towards a knowledge-based perspective on contract choice. More research is needed that develops a more comprehensive knowledge-based perspective on contract choice and/or that systematically compares the predictions from economic and from knowledge-based theories.

While our formulation and test of a knowledge-based perspective on contract choice is the primary contribution of this paper, we also offer two further implications for research on contract choice. One, prior research has rarely acknowledged the multi-level nature of contract choice, where contract choices are nested within clients and within vendors. Our empirical examination revealed an intraclass correlation coefficient of 54% for contract choices made the same client. This shows that the same clients often make similar contract choices. In other words, the assumption of independent observations that underlies the regression approaches typically used in contract choice research may not be met. Our paper shows how GLMM are an effective way to overcome this problem.

Two, outsourcing research, including research on contract type, has often struggled to demonstrate significant associations of governance choices or outcomes with knowledge specificity (or human asset specificity) [11, 39]. For instance, in contrast to our study, Benaroch et al. [9] found no significant association between knowledge specificity and contract choice. Interestingly, the operationalization used by Benaroch et al. focused on business knowledge whereas ours focused on application knowledge. We believe that this discrepancy may echo findings from research on knowledge processes in application outsourcing, according to which application knowledge is often the most critical knowledge [23]. Hence, greater attention to application knowledge and its characteristics may help resolve some of the inconclusive findings in outsourcing research [11, 39].

We acknowledge a number of limitations of our study. First, although we argue that knowledge-based reasoning explains the correlations between task characteristics and contract choice, our research design does not permit any insights into mediating processes or causal mechanisms. Qualitative or survey studies may zoom into these processes and ascertain whether and how different contract choices actually help leverage distinct distributions of knowledge in distinct settings. Second, our study focuses on a limited amount of factors that reflect knowledge-based reasoning. Future research could incorporate, for instance, the role of joint project-specific experience (rather than any type of familiarity) to acknowledge that in some situations, vendors may possess valuable client-specific knowledge from the outset of projects. Third, our sample is from the public sector. Although the organizations in our sample were not legally constrained in their decisions for a particular contract type, it is possible that our findings mirror some peculiarities of the public sector. Fourth, our study focused on contract choice but not on the performance associated with contract choice. Future research could examine whether contract choices in line with our theoretical reasoning do indeed result in higher performance. Fifth, we did not distinguish between agile and waterfall software development methods. Yet, the choice for a development method may affect contract choice given that the rigid requirements specified in FP contracts may not align well with agile methods. This issue remains open to future research.

## References

1. Dibbern, J., Goles, T., Hirschheim, R., Jayatilaka, B.: Information systems outsourcing: a survey and analysis of the literature. *ACM SIGMIS Database* 35, 6-102 (2004)
2. Lacity, M.C., Khan, S., Yan, A., Willcocks, L.P.: A review of the IT outsourcing empirical literature and future research directions. *Journal of Information Technology* 25, 395-433 (2010)
3. Oshri, I., Kotlarsky, J., Gerbasi, A.: Strategic innovation through outsourcing: the role of relational and contractual governance. *The Journal of Strategic Information Systems* 24, 203-216 (2015)
4. Gopal, A., Sivaramakrishnan, K., Krishnan, M., Mukhopadhyay, T.: Contracts in offshore software development: An empirical analysis. *Management Science* 49, 1671-1683 (2003)
5. Kautz, K.: The impact of pricing and opportunistic behavior on information systems development. *JITTA: Journal of Information Technology Theory and Application* 10, 24 (2009)
6. Gopal, A., Sivaramakrishnan, K.: On vendor preferences for contract types in offshore software projects: the case of fixed price vs. time and materials contracts. *Information Systems Research* 19, 202-220 (2008)
7. Gefen, D., Wyss, S., Lichtenstein, Y.: Business Familiarity as Risk Mitigation in Software Development Outsourcing Contracts. *MIS Quarterly* 32, 531-551 (2008)
8. Banerjee, A.V., Duflo, E.: Reputation effects and the limits of contracting: A study of the Indian software industry. *The Quarterly Journal of Economics* 115, 989-1017 (2000)
9. Benaroch, M., Lichtenstein, Y., Fink, L.: Contract Design Choices and the Balance of Ex-Ante and Ex-Post Transaction Costs in Software Development Outsourcing. *MIS Quarterly* 40, 57-82 (2016)
10. Fink, L., Lichtenstein, Y.: Why project size matters for contract choice in software development outsourcing. *ACM SIGMIS Database* 45, 54-71 (2014)
11. Lacity, M.C., Willcocks, L.P., Khan, S.: Beyond transaction cost economics: towards an endogenous theory of information technology outsourcing. *The Journal of Strategic Information Systems* 20, 139-157 (2011)
12. Carter, R., Hodgson, G.M.: The impact of empirical tests of transaction cost economics on the debate on the nature of the firm. *Strategic Management Journal* 27, 461-476 (2006)
13. Dibbern, J., Winkler, J., Heinzl, A.: Explaining variations in client extra costs between software projects offshore to India. *MIS Quarterly* 32, 333-366 (2008)
14. Zimmermann, A., Oshri, I., Liolion, E., Gerbasi, A.: Sourcing in or out: Implications for social capital and knowledge sharing. *The Journal of Strategic Information Systems* (in press)
15. Krancher, O., Slaughter, S.A.: Governing Individual Learning in the Transition Phase of Software Maintenance Offshoring: A Dynamic Perspective. *The 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 4406-4415, Maui, HI, USA (2013)
16. Kalnins, A., Mayer, K.J.: Relationships and hybrid contracts: An analysis of contract choice in information technology. *Journal of Law, Economics, and Organization* 20, 207-229 (2004)
17. Eisenhardt, K.M.: Agency theory: An assessment and review. *Academy of Management Review* 14, 57-74 (1989)
18. Schermann, M., Dongus, K., Yetton, P., Krcmar, H.: The role of transaction cost economics in information technology outsourcing research: a meta-analysis of the choice of contract type. *The Journal of Strategic Information Systems* 25, 32-48 (2016)

19. Williamson, O.E.: The economics of organization: The transaction cost approach. *American journal of sociology* 87, 548-577 (1981)
20. Ethiraj, S.K., Kale, P., Krishnan, M.S., Singh, J.V.: Where do capabilities come from and how do they matter? A study in the software services industry. *Strategic management journal* 26, 25-45 (2005)
21. Williamson, O.E.: Transaction-cost economics: the governance of contractual relations. *The journal of law & economics* 22, 233-261 (1979)
22. Boh, W.F., Slaughter, S.A., Espinosa, J.A.: Learning from experience in software development: A multilevel analysis. *Management Science* 53, 1315-1331 (2007)
23. Krancher, O., Dibbern, J.: Knowledge in Software-Maintenance Outsourcing Projects: Beyond Integration of Business and Technical Knowledge. *The 48th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 4406-4415, Kauai, HI, USA (2015)
24. Conner, K., Prahalad, C.: A resource-based theory of the firm: Knowledge versus opportunism. *Organization Science* 7, 477-501 (1996)
25. Grant, R.M.: Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic management journal* 17, 109-122 (1996)
26. Kogut, B., Zander, U.: What firms do? Coordination, identity, and learning. *Organization science* 7, 502-518 (1996)
27. Spender, J.C.: Making knowledge the basis of a dynamic theory of the firm. *Strategic management journal* 17, 45-62 (1996)
28. Polanyi, M.: Personal Knowledge. Towards a Post-Critical Philosophy. The University of Chicago Press, Chicago, IL (1962)
29. Krancher, O., Dibbern, J.: Learning Software-Maintenance Tasks in Offshoring Projects: A Cognitive-Load Perspective. *The 33rd International Conference on Information Systems*, pp. 1-18, Orlando, FL, USA (2012)
30. Brooks, F.P.J.: The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering. Addison-Wesley, Reading, MA (1975)
31. Walz, D.B., Elam, J.J., Curtis, B.: Inside a software design team: knowledge acquisition, sharing, and integration. *Communications of the ACM* 36, 63-77 (1993)
32. Kotlarsky, J., Scarbrough, H., Oshri, I.: Coordinating expertise across knowledge boundaries in offshore-outsourcing projects: The role of codification. *MIS Quarterly* 38, 607-627 (2014)
33. Dibbern, J., Chin, W.W., Kude, T.: The Sourcing of Software Services: Knowledge Specificity and the Role of Trust. *ACM SIGMIS Database* 47, 36-57 (2016)
34. Von Mayrhauser, A., Vans, A.M.: Program comprehension during software maintenance and evolution. *Computer* 28, 44-55 (1995)
35. Banker, R.D., Datar, S.M., Kemerer, C.F., Zweig, D.: Software errors and software maintenance management. *Information Technology and Management* 3, 25-41 (2002)
36. Dekker, H.C.: Partner selection and governance design in interfirm relationships. *Accounting, Organizations and Society* 33, 915-941 (2008)
37. Susarla, A., Subramanyam, R., Karhade, P.: Contractual provisions to mitigate holdup: Evidence from information technology outsourcing. *Information Systems Research* 21, 37-55 (2010)
38. Stroup, W.W.: Generalized linear mixed models: modern concepts, methods and applications. CRC press, Boca Raton, FL (2012)
39. Alaghehband, F.K., Rivard, S., Wu, S., Goyette, S.: An assessment of the use of transaction cost theory in information technology outsourcing. *The Journal of Strategic Information Systems* 20, 125-138 (2011)

# Multisourcing on the Rise – Results from an Analysis of More Than 1,000 IT Outsourcing Deals in the ASG Region

Michael Könning<sup>1</sup>, Markus Westner<sup>2</sup>, and Susanne Strahringer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TU Dresden, Faculty of Business and Economics, Germany

michael.koenning@mailbox.tu-dresden.de

susanne.strahringer@tu-dresden.de

<sup>2</sup> OTH Regensburg, Faculty of Computer Science and Mathematics, Germany

markus.westner@oth-regensburg.de

**Abstract.** Information technology outsourcing (ITO) has long been recognized for its numerous potential advantages such as lowering costs, accessing external skills, and improving efficiency, flexibility, and quality. However, it also exposes client companies to various risks, including vendor lock-in, poor agility, or insufficient vendor expertise in individual domains, especially in increasingly dynamic market environments. Consequently, companies increasingly implement multisourcing by composing a “best of breed” set of vendors for their various IT services. In this paper, we use a dataset of 1,016 ITO deals closed with Austrian, Swiss, and German client companies between 2006 and 2017 to analyze the development of the ITO market in general and multisourcing in particular. Our results show decreasing services run rates, shorter contract lengths, an increasing number of concurrent service providers per client, and a distribution of the total number of contracts to a larger set of vendors, all pointing towards an increasing popularity of multisourcing.

**Keywords:** IT Outsourcing, Sourcing Strategy, Multisourcing

## 1 Introduction

In the past three decades, Information Technology Outsourcing (ITO) has emerged as a critical component of corporate strategy. Several studies [1–6] have portrayed the potential value that arises from outsourcing corporate Information Technology (IT) services to an external party. Today, almost every Fortune 500 company and many large public institutions outsource significant parts of their IT services [7] and an entire global industry has evolved around ITO, with annual two-digit growth rates and an estimated market size totaling EUR 275 billion in 2015 [8].

However, on the flipside of ITO’s perceived advantages lie considerable challenges and risks. An indication of this are the surprisingly high failure rates for ITO projects, despite their long-term importance and the assumable high experience of both client and service provider organizations [9]. Correspondingly, a recent study revealed that around 60% of ITO projects were not able to meet all of their pre-defined targets [10]. One of the main risks in ITO is committing to a single main service provider for all IT

services because it can result in vendor lock-in [11]. Furthermore, given that there is no one company that is best-in-class for all services, it oftentimes also means settling for limited levels of competence or knowledge – at least in individual domains [12].

Hence, an increasing number of companies have transformed their modus operandi of ITO. Instead of relying on a single main service provider, they concurrently contract with a multitude of parties for IT projects and services in what is called “multisourcing” [13]. In doing so, they experience several advantages. First, by subdividing their IT services landscape into different tasks and sourcing them from different vendors, they can compose a set of “best of breed” vendors, i.e. contract with the perceived best supplier for a given service. Second, they are able to further lower costs due to increased levels of vendor competition. Third, closing smaller contracts for clearly delineated IT services allows for improved agility and adaptability. The organization can respond better and more flexibly to changes in the competitive environment by adding or replacing an individual service provider instead of having to reconfigure the whole large-scale outsourcing arrangement with a single vendor [11].

However, despite these advantages and the shift towards multisourcing that both academic and practice literature agree on [11, 14–22], there is a paucity of academic research on observed manifestations of sourcing strategy. Almost all articles on multisourcing that we identified make recourse on Bapna et al. (2010) when referring to empirical observations of IT sourcing strategy such as the length or size of contracts or the consideration of whether to employ single- or multisourcing [22].

Against this background, in this paper we examine key characteristics of ITO deals as observable manifestations of IT sourcing strategy. To this end, we analyze the development of the ITO market in the German-speaking countries (including Austria, Switzerland, and Germany, ASG). Using a dataset of more than 1,000 ITO deals that were closed in the timespan of the last 11.5 years (January 2006 – August 2017), we employ an empirical descriptive-interpretive approach to quantitatively analyze key characteristics of ITO contracts as aspects of IT sourcing strategy. We thereby seek to answer the following research question:

*Which characteristics does the recent development of the ITO market in Austria, Switzerland, and Germany show, particularly with regard to multisourcing?*

In doing so, we proceed as follows. First, we provide an overview of the research context in the following section 2, before outlining our research method and describing key characteristics of our dataset in section 3. The subsequent section 4 contains our findings regarding ITO multisourcing that we discuss in section 5. We then conclude with a summary, a discussion of limitations, and an outline of future research opportunities in section 6.

## 2 Research context

Sourcing strategies employing multiple main service providers have been extensively studied in ITO and for other business processes, particularly in manufacturing

operations [13, 14]. In the context of ITO, multisourcing typically refers to “the delegation of IT and IT-enabled services to multiple vendors, who must work collaboratively to deliver services to a client organization” [22].

Compared to single-sourcing arrangements, multisourcing offers several benefits. It is believed to reduce the level of operational and strategic risk due to lower vendor dependency, to facilitate higher IT service quality due to a best-of-breed setup of vendors with complementary competencies, and to lead to lower IT costs due to higher levels of service provider competition [12, 23, 24].

However, there are many other risks of outsourcing that multisourcing does not address, such as service debasement or performance risks. Furthermore, there are also several additional pitfalls to pursuing a multisourcing strategy. First, reducing the extent of IT services that are obtained from a provider decreases this provider’s incentive to make client-specific investments, e.g. into knowledge or technology, that are relevant to the particular client firm. Second, also the client firm will tend to invest less into the relationship with any service provider which may reduce relationship quality. Third, managing multiple, inherently interdependent relationships is significantly more complex in terms of contracting, coordination, and governance, leading to increased management overhead and transaction costs [22]. Consequently, extant literature has stressed that the proper management of multisourcing projects is critical to their success [25–27].

In recent years, both practical and academic literature has identified a constant shift towards multisourcing. Consultancies like Accenture, Capgemini, and service providers like Dimension Data all acknowledge the increasing importance of multisourcing in the ITO environment and offer guidelines on how to setup and manage a sourcing arrangement consisting of multiple service providers [15, 16, 28]. On the academic side, Bapna et al. (2010) analyzed the “IDC services contracts database” with ITO contracts from all over the world from 1996 to 2008. They found multisourcing “to be growing significantly” [22], both in terms of number of contracts (less than 10 known deals worldwide until 2001 to more than 60 in 2007) as well as in terms of average contract value. Similarly, Su and Levina (2011) report that “organizations tend to engage in outsourcing contracts of smaller scale [each], but with a larger number of suppliers” [14].

### 3 Research method

#### 3.1 Data triangulation and analysis approach

International Data Corporation (IDC) is a “global provider of market intelligence, advisory services, and events for the information technology, telecommunications, and consumer technology markets” [29]. Founded in 1964 and headquartered in Framingham, Massachusetts, USA, IDC is a wholly owned subsidiary of the International Data Group (IDG), a leading media, data, and marketing services company. IDG’s brands include renowned publications such as CIO, Computerworld, PCWorld, and Macworld.

Our dataset is a subset of IDC's "BuyerPulse Deals Database" which in total contains data on more than 32,000 ITO and Business Process Outsourcing (BPO) contracts worldwide. IDC employs a variety of primary and secondary sources for compiling data on ITO/BPO deals, including press releases, public financial records, historic market data, and third-party media reports. It complements these data points through interviews with IT service providers to yield more contextual information on specific deals.

We examined ITO deals in German-speaking countries, i.e. all observed ITO contracts that were closed between Austrian, Swiss, or German client firms and both national and international service providers. IDC's dataset contains 1,016 observed ITO deals from the past 11.5 years (from January 2006 to the cutoff point, 31 August 2017).

We triangulated the data contained in IDC's "BuyerPulse Deals Database" by manually searching the web for publicly available information on ITO deals, predominantly on German professional IT news websites such as [cio.de](http://cio.de) and [computerwoche.de](http://computerwoche.de), as well as [pressebox.de](http://pressebox.de) for press releases. We found information on 229 ITO deals since 2008, i.e. only 22.5% of IDC's scope. 129 or 56% of the deals that we identified were also contained in the IDC database; the remaining 100 deals had not been observed by IDC. Still, while IDC's dataset is missing some of the smaller deals, e.g. of small and medium-sized businesses, the data contains almost every large deal with contract values of at least EUR 100 million that we identified. Moreover, it also includes information on commercial terms raised from interviews and industry analyses – data that is hardly made public and which we did not find for most deals in our triangulation effort. Hence, we chose not to enrich the IDC dataset with our data and instead to keep with IDC's database for the sake of a consistently raised and compiled data source to analyze.

We divided our analysis into three parts: First, the descriptive analyses of client characteristics (section 3.2), second, a closer look at contract characteristics, and third, the most salient market developments and relationships between variables within the same group or in different groups. We will first present the main characteristics of our dataset, before discussing market developments and relationships.

### 3.2 Dataset characteristics

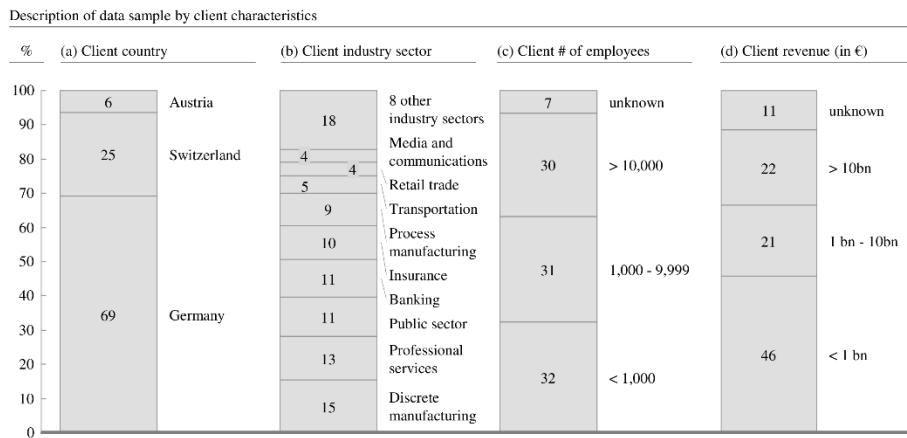
In describing our dataset, we looked at four client characteristics, namely client country (a), client industry sector (b), number of employees (c), and client revenue (d).

(a) Of the 1,016 observed ITO contracts, 703 or 69% were closed with German client companies, 250 (25%) with Swiss clients, and 63 (6%) with Austrian companies.

(b) Our dataset contains client data from a multitude of different industry sectors. 156 ITO deals (15%) were closed with clients in the discrete manufacturing industry, 130 deals (13%) with professional services client companies, 115 deals (11%) with public sector/government institutions, 111 deals (11%) with banking clients, and 101 (10%) with insurance companies. 94 ITO deals (9%) were sealed with companies from the process manufacturing sector, 51 deals (5%) with transportation companies, 44 deals (4%) with retail trade organizations, and 39 deals (4%) with clients from the communication and media sector. The remaining 173 deals (18%) were closed with companies from eight other industry sectors.

(c) The dataset is similarly diverse regarding client size. 329 contracts (32%) were closed with clients with less than 1,000 employees, 313 contracts (31%) with clients with 1,000 - 9,999 employees, and 306 contracts (30%) with clients employing at least 10,000 staff. The size of clients closing the remaining 68 deals (7%) was unknown.

(d) A similar picture is presented in terms of client revenue: 465 deals (46%) were closed with clients that have revenues of up to EUR 1 billion, 211 deals (21%) with clients between EUR 1 billion and 10 billion, and 224 deals (22%) with clients grossing EUR 10 billion and more. The revenue of 116 client companies (11%) was unknown. Figure 1 summarizes the key client characteristics of ITO deals contained in our dataset.



**Figure 1.** Description of data sample by client characteristics

We also examined four contract characteristics, namely the ITO engagement type (a), contract type (b), price methodology (c), and bid type (d).

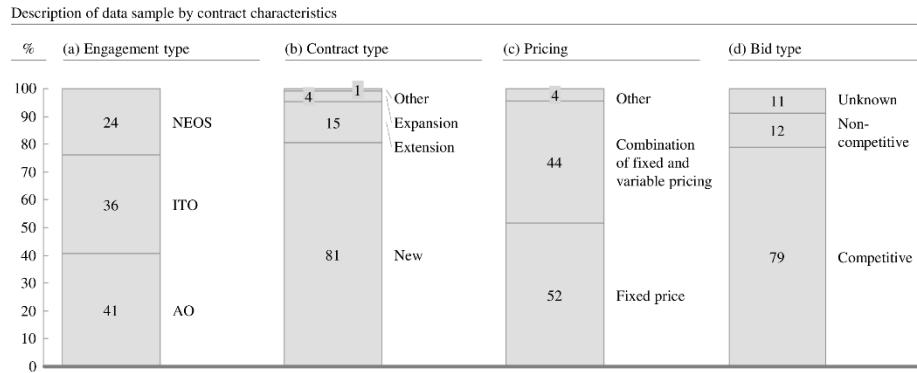
(a) The IDC database discerns three types of ITO engagement types. Network and Endpoint Outsourcing Services (NEOS) involves “the support and management of one or more elements of the client/server and network communications infrastructure of an organization”. Application Outsourcing (AO) includes services designed to provide for the day-to-day operations, support, development, customization, implementation and integration, as well as maintenance of enterprise applications, and end-user support. IT Outsourcing (ITO) involves “long-term, contractual arrangement[s] in which a service provider takes ownership of and responsibility for managing all or part of a client's IS infrastructure and operations based on a service-level agreement” [34]. 413 deals (41%) in our dataset were AO, 361 (35%) classified as ITO deals, and 242 deals (24%) concerned NEOS.

(b) In terms of contract type, we distinguish between new contracts, contract extensions, contract expansions, a combined extension and expansion, and a contract renegotiation. In our dataset, we found 820 new contracts (81%), 150 extensions (15%), and 38 expansions (4%). 8 contracts (<1%) were of a different type, thereof 4 combined extension and expansion deals, 2 renegotiations, and 2 deals of unknown contract type.

(c) Regarding pricing, a distinction can be made between fixed price and variable pricing which includes consumption-based or on-demand pricing. 525 deals (52%) in

our dataset were fixed-price contracts, and 446 deals (44%) a combination of fixed and variable pricing. The remaining 45 deals (4%) relate to the other pricing methods.

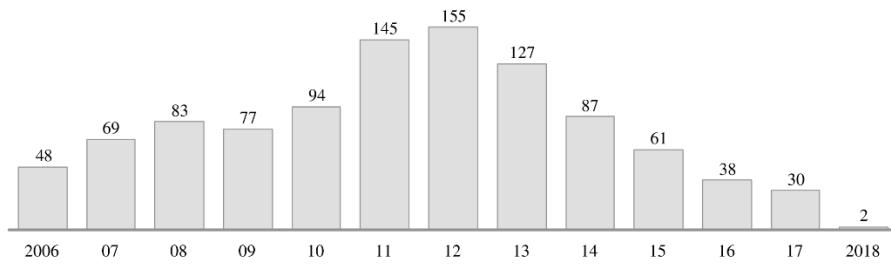
(d) Concerning the employed bid type, 802 of our deals (79%) were closed after a competitive tender, whereas 125 deals (12%) had been closed non-competitively. For 89 deals (9%), the bid type was not disclosed. Interestingly, over time, a decreasing share of contracts are closed non-competitively. While 19% to 26% of deals between 2008 and 2010 were non-competitive, their share declined to a mere 2 to 8% between 2014 and 2016. Figure 2 illustrates the four contract characteristics.



## 4 Findings

We analyzed the behavior of some key contract characteristics that qualify as indicators for the development of ITO sourcing strategy in general, namely the distribution of contract start dates, i.e. the number of contracts starting per year (a), the total contract value (b), average contract duration (c), and average services run rate (d).

(a) The number of observed ITO contracts increased from 2006 to a peak in 2012 (155 observed contracts per year) and has been decreasing ever since (see Figure 3). Reasons for the peak in 2011/12 supposedly included more frequent ITO activities to reduce IT cost as a reaction on the financial crisis that started in 2007 and put companies under financial pressure over the next couple of years [30–32]. The two contracts starting in 2018 have already been announced and are therefore included in this set.

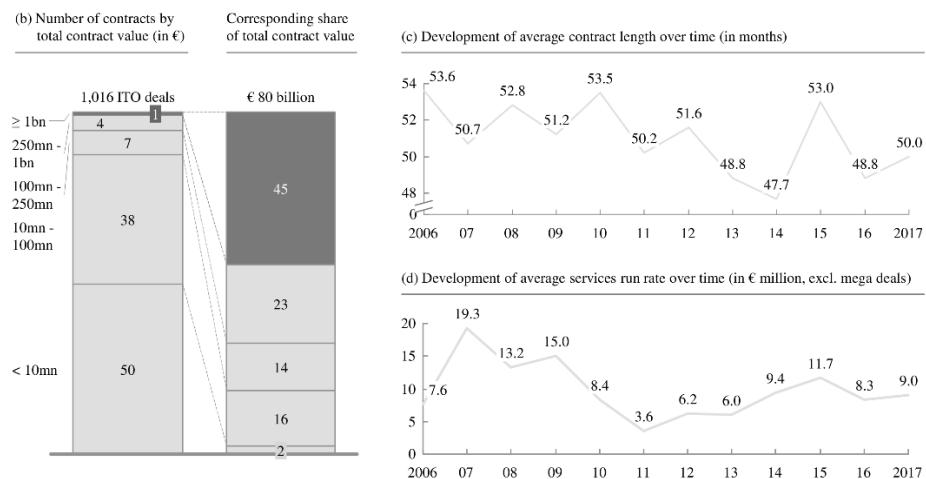


**Figure 3. Number of observed newly-closed ITO deals over time (by start date)**

(b) Of the 1,016 observed ITO deals, 503 deals (50%) have a value of less than EUR 10 million, and another 387 deals (38%) lie below EUR 100 million. 71 deals (7%) have a value between EUR 100 and 250 million, and another 55 contracts (5%) amount to more than EUR 250 million. Of those, 12 so-called “mega deals” have a value of more than EUR 1 billion. While only representing a mere 1% of deals, however, these “mega deals” account for 45% of the total contract value of all ITO contracts (EUR 80 billion). The median contract value of all contracts is EUR 10 million, while an average “mega deal” is worth EUR 3 billion.

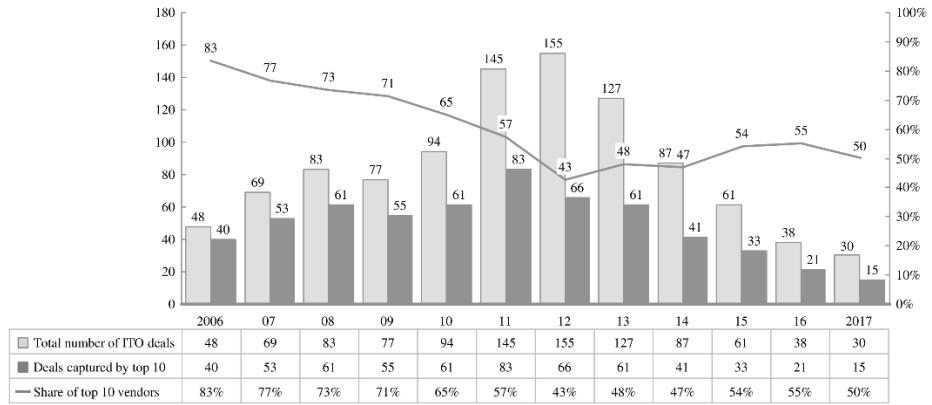
(c) The contract length has declined in the last ten years, from a 3-year average of 52.3 months for contracts closed between 2006-08, to an average 50.6 months between 2015-17 (after Winsoring at 5th and 95th percentile).

(d) Similarly, the average run rate, i.e. the total contract value divided by contract length in years, has also been in decline for the major part of the last ten years, from an absolute high of EUR 19.3 million in 2007 to EUR 9 million in 2017 (excluding mega deals). Figure 4 illustrates findings (b) to (d).



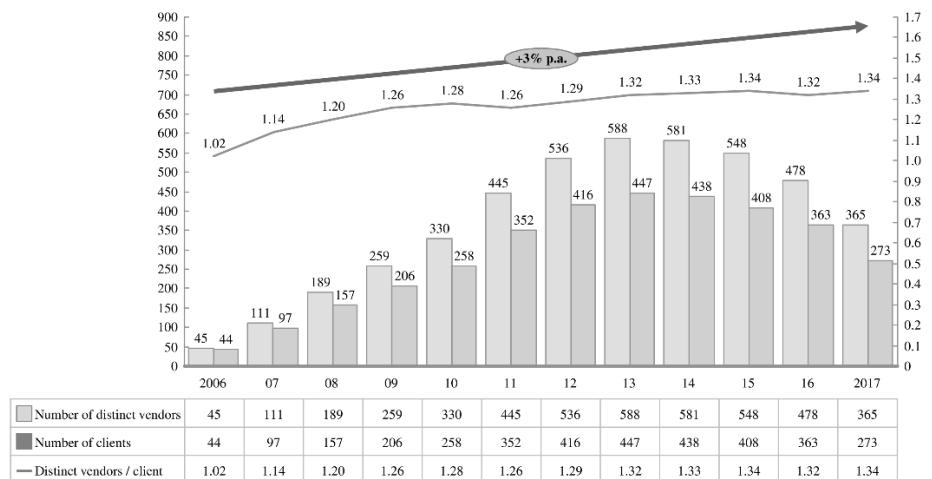
**Figure 4.** Number of contracts by total contract value and their share of total contract value; development of average contract length and average services run rate over time

Regarding market structure and vendor competition, we found that the top 10 vendors (with Deutsche Telekom, Atos, and IBM leading the list) account for 523 of the 1,016 ITO deals (51%). However, the share of contracts that top 10 vendors of each respective year are able to capture is in decline, from 83% in 2006 to a mere 50% in 2017, pointing to increasing market diversification in the ASG region (see Figure 5).



**Figure 5.** Absolute number and relative share of ITO contracts closed with top 10 vendors

Similarly, on a more granular level, multisourcing and frequent vendor switching already seem to be the norm for customers. The number of concurrently contracted service providers per client has increased from 1.02 different providers per client in 2006 to 1.34 in 2017 (see Figure 6). One public service institution, for example, closed 25 ITO contracts with 16 distinct providers during the last ten years. Similarly, a large European airline closed 17 contracts with 10 vendors, and a German conglomerate company had 17 agreements with 12 partners.



**Figure 6.** Development of number of distinct concurrent vendors per client

## 5 Discussion

Our findings give an impression of the state of the ITO market in the ASG region and the underlying developments of IT sourcing strategy. Regarding our research questions,

we want to point out three important developments. First, the market appears to become even more competitive. The share of contracts that are closed after competitive bidding has increased from around 75% between 2008 and 2010 to over 90% today. Similarly, the share of contracts that the top 10 vendors of each year are able to capture has declined from around 75% between 2006 and 2009 to around 50% in the last couple of years. Second, companies prefer shorter and less extensive ITO contracts. This is apparent from the average contract duration and average services run rate that have both been in decline for most of the last ten years. The average contract closed between 2015 and 2017 is around 50.6 months long (compared to 52.3 months between 2006 and 2008) and has a run rate of around EUR 9 million per year, down from EUR 13.2-19.3 million between 2007 and 2009. This confirms the finding of Bapna et al. (2010) who already found “recent outsourcing arrangements [to] involve several vendors and typically run over a shorter time span” [22].

Third, clients are contracting with more service providers than ten years ago. Our dataset contains an average of 1.34 service providers that any given client company has ongoing contracts with in 2017. While the real number will clearly lie above this rate and the dataset does not allow for more insights about the specific setup and division of work within the multisourcing arrangements, it still gives an indication of the market’s direction. The increasing number of concurrent providers confirms earlier findings by Su and Levina (2011) [14] and reaffirms the requirement for additional cooperation and governance to handle multi-vendor settings [15, 16, 22, 24, 28].

Taken together, our findings confirm the continuing trend towards multisourcing also in the ASG region which Bapna et al. already saw globally in 2010 [22]. Given the particularly strict layoff regulations that make it very costly to lay off workers in the process of outsourcing work, it seems reasonable to see German companies react with a certain time delay [33, 34]. This is also observable in the increasing number of ITO deals around 2011/12 as a reaction to the financial crisis that started in the US in 2007.

As our analyses indicate, more and more client companies in the ASG region choose to abandon the concept of engaging one main service provider for all of their IT, and instead also contract with smaller and more specialized companies over a smaller set of tasks. They enter into less expensive and shorter relationships with multiple main service providers and benefit from high levels of domain expertise, decreased risk of vendor lock-in, and higher flexibility. These advantages benefit companies in a market environment that grows increasingly competitive and puts a higher emphasis on IT solutions than ever before. As digitalization continues to impact more and more businesses, IT constitutes an integral cornerstone of many modern business models. In response to this development, companies will further need to adapt their IT sourcing strategy and put more emphasis on selectively outsourcing IT services or building more competencies in-house to remain competitive or develop competitive advantages in IT.

Despite this development towards smaller and shorter ITO relationships with specialized vendors, however, so-called “mega deals” still constitute a high share of the market. A mere 12 of these deals account for almost half of the ITO market volume. Therefore, while service providers might want to strengthen their competencies to compete over smaller and shorter contracts with new competitors, one of their key interests certainly continues to lie in the large multi-billion Euro deals.

## **6 Conclusion**

In this paper, we explored the current state of the ITO market in the ASG region. Employing quantitative analyses of a dataset of 1,016 ITO deals, we found that ITO contracts have become shorter, less comprehensive in terms of monetary value, and are divided between a larger number of service providers. Moreover, client firms seem to contract with more service providers simultaneously and are also reaching out to smaller and medium-sized companies. We argue that our findings point to longer-term changes in the outsourcing market and further confirm the trend towards multisourcing strategies which is widely acknowledged in practical and academic literature.

## **7 Limitations and avenues for further research**

There are several limitations to our research, mainly due to the fact that, while IDC's database contains a multitude of data points, it is not complete. First, IDC relies on publicly available information on ITO contracts. However, service providers, client firms, and media outlets tend to report more on large-scale ITO projects than the many small contracts that are also closed but not announced. Thus, most ITO deals are never made public and, consequently, cannot be recorded in IDC's database. Furthermore, ITO contracts of large institutions are more often made public. Therefore, the database is subject to a certain unavoidable systematic sampling error and biased towards larger ITO deals. Second, many ITO deals from the ASG region are only announced in German press releases. Therefore, there is an increased chance of them missing in the database of an US-American market research institute like IDC. All in all, IDC suggests their database contains around 10% of all ITO contracts. Given the set is biased towards larger deals, the institute estimates they represent 20% of combined contract value. While we believe the majority of "mega deals" to be included in our sample, we cannot assume the same for smaller contracts. However, our dataset represents the best perspective currently available on the market as our data triangulation effort showed.

We see two main possibilities for further research. First, addressing this study's focus on the ASG region, an inspection of worldwide ITO deal data promises valuable insights. Comparing them with our findings as well as earlier publications on ITO market development could unveil previously unknown or confirm assumed peculiarities of individual regions, or at least give us an idea of global market developments. Second, as discussed above, we strongly believe that digitalization influences IT sourcing strategy, as companies are increasingly reliant on world-class IT competencies to remain competitive. To explore and understand this link in detail, we consider it necessary to conduct further qualitative in-depth studies.

## **8 Acknowledgements**

This research was supported by IDC Research Inc., Framingham, Massachusetts, USA, and Dimitri Wolfenhaut, master student at OTH Regensburg.

## References

1. Dibbern, J., Goles, T., Hirschheim, R., Bandula, J., Jayatilaka, B.: Information Systems Outsourcing. A Survey and Analysis of the Literature. *The DATA BASE for Advances in Information Systems* 35, 6–102 (2004)
2. Lacity, M.C., Khan, S., Yan, A., Willcocks, L.P.: A Review of the IT Outsourcing Empirical Literature and Future Research Directions. *Journal of Information Technology* 25, 395–433 (2010)
3. Lacity, M.C., Khan, S.A., Yan, A.: Review of the Empirical Business Services Sourcing Literature. An Update and Future Directions. *Journal of Information Technology* 31, 269–328 (2016)
4. Lacity, M.C., Khan, S.A., Willcocks, L.P.: A Review of the IT Outsourcing Literature. *Insights for Practice*. *Journal of Strategic Information Systems* 18, 130–146 (2009)
5. Liang, H., Wang, J.-j., Xue, Y., Cui, X.: Information & Management IT Outsourcing Research from 1992 to 2013. A Literature Review Based on Main Path Analysis. *Information & Management* (2015)
6. Gonzalez, R., Gasco, J., Llopis, J.: Information Systems Outsourcing. A Literature Analysis. *Information & Management* 43, 821–834 (2006)
7. Patil, S., Wongsurawat, W.: Information Technology (IT) Outsourcing by Business Process Outsourcing/ Information Technology-Enabled Services Firms in India. *Journal of Enterprise Information Management* 28, 60–76 (2015)
8. Faisal, M.N., Raza, S.A.: IT Outsourcing Intent in Academic Institutions in GCC Countries. An Empirical Investigation and Multicriteria Decision Model for Ven-dor Selection. *Journal of Enterprise Information Management* 29, 432–453 (2016)
9. Poston, R.S., Simon, J.C., Jain, R.P.: Client Communication Practices in Managing Relationships with Offshore Vendors of Software Testing Services. *Communications of the Association for Information Systems* 27, 129–148 (2010)
10. Horváth & Partners: IT Outsourcing Satisfaction Survey. Bayreuth (2014)
11. Cohen, L., Young, A.: Multisourcing. Moving Beyond Outsourcing to Achieve Growth and Agility. Harvard Business School Press, Boston Mass. (2006)
12. Aubert, B.A.: How adidas Realized Benefits from a Contrary IT Multisourcing Strategy. *MIS Quarterly Executive* 15, 179–194 (2016)
13. Wiener, M., Saunders, C.: Forced Coopetition in IT Multi-Sourcing. *Journal of Strategic Information Systems* 23, 210–225 (2014)
14. Su, N., Levina, N.: Global Multisourcing Strategy. Integrating Learning from Manufacturing into IT Service Outsourcing. *IEEE Transactions on Engineering Management* 58, 717–729 (2011)
15. Geipel, T., Riedle, C., Hagenschulte, J.: Retained IT Organizations. A Critical Element for Sourcing Success (2015)
16. Dimension Data: Multisourcing. A Blueprint for Successful IT Sourcing (2011)
17. Herz, T.P., Hamel, F., Uebenickel, F., Brenner, W.: Deriving a Research Agenda for the Management of Multisourcing Relationships Based on a Literature Review. *Proceedings of the 16th Americas Conference on Information Systems* (2010)
18. Pries-Heje, J., Olsen, L.: Coping with Multi-Sourcing Decisions. A Case Study from Danske Bank. In: Hertzum, M., Jorgensen, C. (eds.) *Balancing Sourcing and Innovation in*

Information Systems Development, pp. 213–230. TAPIR Akademisk Forlag, Trondheim, Norway (2011)

19. Hakkenberg, M., Himmelreich, H., Ketterer, H., Woelders, F.: Shared KPIs in Multivendor IT Outsourcing. Turning "I" to "We". In: The Boston Consulting Group (ed.) *IT Advantage*. Boston, MA, USA (2011)
20. Oshri, I., Kotlarsky, J., Rottman, J.W., Willcocks, L.L.: Global Sourcing. Recent Trends and Issues. *Information Technology & People* 22, 192–200 (2009)
21. Pfaller, R.: *IT-Outsourcing-Entscheidungen. Analyse von Einfluss- und Erfolgsfaktoren für auslagernde Unternehmen*. München (2013)
22. Bapna, R., Barua, A., Mani, D., Mehra, A.: Research Commentary - Cooperation, Coordination, and Governance in Multisourcing. An Agenda for Analytical and Empirical Research. *Information Systems Research* 21, 785–795 (2010)
23. Levina, N., Su, N.: Global Multisourcing Strategy. The Emergence of a Supplier Portfolio in Services Offshoring. *Decision Sciences* 39, 541–570 (2008)
24. Bhattacharjee, S., Gupta, A., Hasija, S.: Single Sourcing versus Multisourcing. The Role of Effort Interdependence, Metric-Outcome Misalignment, and Incentive Design (2012)
25. Schermann, M., Böhmann, T., Kremar, H.: Integration of IT Services. Towards a Pattern-Based Approach for Eliciting Service Integration Requirements. *Proceedings of the 12th Americas Conference on Information Systems*, 2555-2560 (2006)
26. Goldberg, M., Satzger, G.: Designing Organizational Models for Service Integration in a Multi-Sourcing Context. *Proceedings of the 21st Americas Conference on Information Systems* (2015)
27. Jin, X., Kotlarsky, J., Oshri, I.: Towards Understanding Knowledge Integration in Multi-Sourcing Engagements. In: Hirschheim, R., Heinzl, A., Dibbern, J. (eds.) *Information Systems Outsourcing: Towards Sustainable Business Value*, pp. 273–287. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2014)
28. Capgemini: Multi-Sourcing: Das Zusammenspiel entscheidet (2013)
29. International Data Corporation: About IDC, <https://www.idc.com/about>
30. OSF Global Services: Bpo Is an Effective Answer to the Financial Crisis. Québec City, Québec, Canada (2012)
31. Pettey, C., van der Meulen, R.: Gartner Says Worldwide IT Outsourcing Market Grew 7.8 Percent in 2011. Stamford, Connecticut, USA (2012)
32. Schieffer, J.: Patni Pulse 2009. IT Directors Embrace Outsourcing During Financial Crisis. London, England (2009)
33. Westner, M., Strahringer, S.: The Current State of IS Offshoring in Germany. Project Characteristics and Success Patterns. *Journal of Information Technology Management* 21, 49-70 (2010)
34. Aspray, W., Mayadas, F., Vardi, M.Y.: Globalization and Offshoring of Software. A Report of the ACM Job Migration Task Force (2006)

# The Corporate IT/IS Function: Competences and Organization for a (Digital) Future

Rolf Alexander Teubner<sup>1</sup>, Dorian Ehnes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> European Research Center for Information Systems (ERCIS),  
Research Group on Strategic Information Management,  
c/o Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Germany  
alexander.teubner@ercis.de

<sup>2</sup> PricewaterhouseCoopers GmbH WPG, Düsseldorf, Germany  
dorian.ehnes@pwc.com

**Abstract.** The notion of “digitalization” is associated with fundamental changes in the technology and business environment of organizations that challenge the traditional role of corporate IS Functions. However, little research is available on the impact that digitalization has on this function and on how it can transform to best respond to new challenges. Taking this as motivation, we present the results of a Delphi study among IT executives and management consultants on the competences required by the future IS function and its organization. With respect to competences, we could confirm the importance of competences in information resource management, agile development, and information security and risk management. However, we could not confirm the general trend towards outsourcing parts of the IS function. Rather, we found that IT outsourcing is judged differently depending on the size and business model of organizations. Our research also suggests different future paths for the CIO and his involvement in digital innovation.

**Keywords:** Digitalization, IT/IS Function, IT/IS Competences, IT/IS Organization, IT Outsourcing, CIO Role

## 1 Motivation

The notion of digitalization expresses the diffusion of digital technologies, often described as SMAC technologies (Social, Mobile, Analytics, Cloud), in the economy as well as into everyday lives. Unlike the term digitization, which denotes the technical process of converting information into a digital format, digitalization refers to socio-technical changes in business and society. Such change imposes significant challenges on organizations and specifically on the corporate IT/IS function. Accordingly, surveys among business and IT executives indicate a strong need for the corporate IT/IS function to transform. Unfortunately, research on the corporate IT/IS function is scarce [1–3] and little research has been done on transformation needs in the face of digitalization. The few academic publications available on this topic are opinion papers published in practice-oriented journals, which present good arguments but little empirical evidence

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

[4–9]. Taking this as motivation, we conducted a Delphi study to evaluate hypotheses on how corporate IT/IS functions might appropriately respond to future challenges, most of which are driven or at least influenced by digitalization.

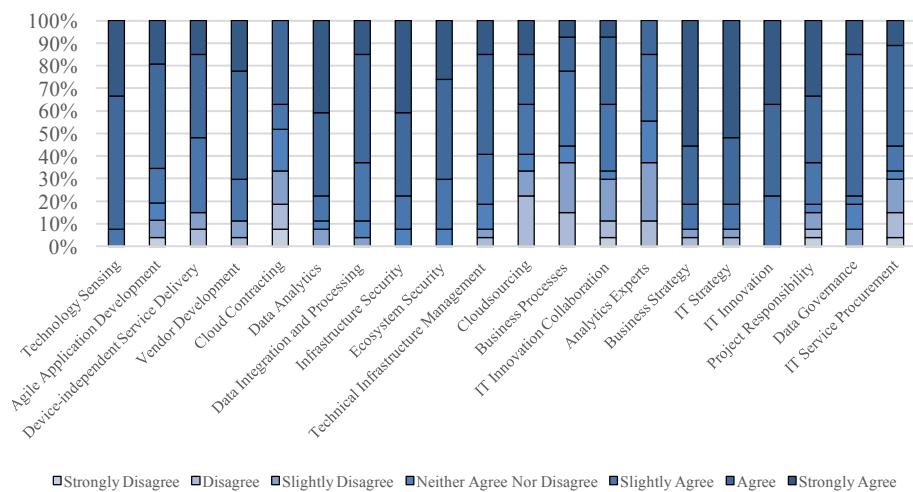
## 2 Research Objectives and Approach

The goal of our research was to identify competences and organizational structures required for corporate IT/IS functions of the future. We have approached this research goal by first identifying emerging trends that could possibly have an impact on the IT/IS function. In the absence of empirical research from academia, we did this against the backdrop of current publications from market research institutions and IT management consultancies focusing on this topic. It is important to note that we did not use the consultancy literature as a surrogate for academic theory, but only as a rich practical source for uncovering potential trends in the transformation of the corporate IT/IS function that are worth further investigation. For example, Capgemini discusses the latest technology trends, McKinsey proposes guidelines for organizations to go digital, and KPMG examines the impacts of sourcing trends on organizations [10–12]. In addition, The Corporate Executive Board [13], Gartner [14], and McKinsey [15] have identified trends that possibly challenge the IT/IS function.

In our analysis of the consulting literature, we distinguished between IT and business drivers that had an impact on the IT/IS function. IT drivers such as emerging technologies, [16, 17] and the growing and broadening range of offerings from third party IT service providers [1] have a direct impact on the IT/IS function. Changes in the business environment of the organization such as new skill profiles of employees and changing employee and customer expectations impose new business demands on the IT/IS function, and thus have an indirect effect on it [18]. Our analysis resulted in a set of hypotheses on the future IT/IS function that express adequate or likely responses to the new demands made. For the evaluation of these hypotheses, we chose a Delphi study. Delphi studies facilitate the interaction of experts and the collection of their opinions [19–22]. Moreover, Delphi studies allow for the use of rather small panels with ten members or more and do not require the experts to meet physically [19, 20]. This was a crucial prerequisite since the number of available experts was limited.

For the topic under investigation, we chose experts that had significant experience in the management of IT/IS functions and a good reputation for being able to think ahead. Since getting access to such qualified experts is difficult, we embraced the support of an international management consultancy that gave us access to both, experienced and forward-thinking CIOs and other senior IS executives in industry as well as to experienced IS management consultants. Most participants were from Germany (78%) and other European Countries (15%), and two participants were from the USA. Our sample of 27 participants splits half-and-half into consultants (48%) and IT managers (52%). The managers come from 14 companies in different sectors including manufacturing, retail, chemicals, logistics, consulting, IT and media. The revenues of the companies range from less than 1bn Euro to 10bn and even more in a few cases.

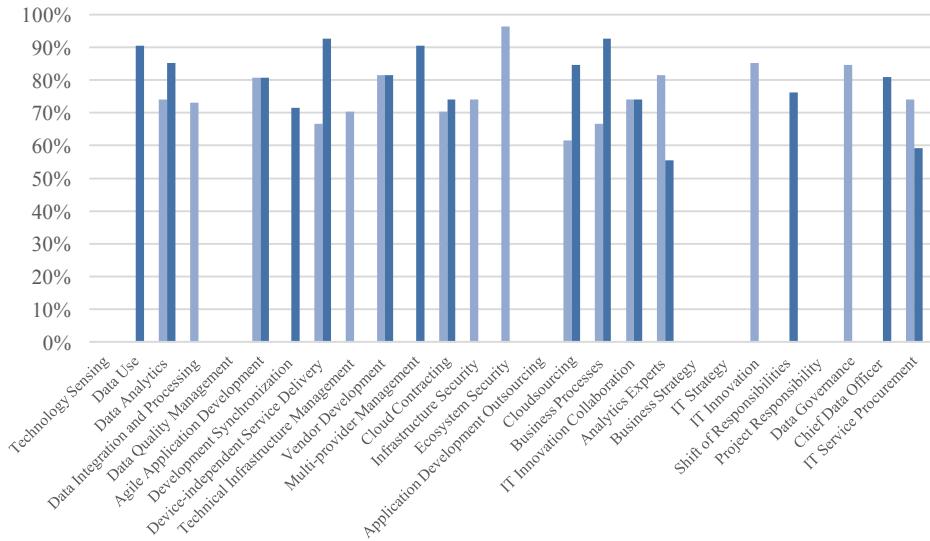
In our Delphi study, we asked the experts to rate their agreement with the hypotheses on a 7-step Likert scale ranging from ‘strongly agree’ to ‘strongly disagree’. We also invited the participants to comment on the hypotheses and to make further recommendations in a free-text field. Though Delphi studies ultimately seek to achieve consensus and stability, we did not consider the set of hypotheses as stable but put it to discussion [23]. Hence, we conducted three rounds that took eight weeks in total. In the first round, we confronted the experts with our hypotheses and collected additional insight from them. The second round aimed at facilitating interaction with the group and developing a group opinion. The third and the last round aimed at clarifying remaining controversial issues and finding consensus where possible.



**Figure 1.** Distribution of Responses (first round)

After each round, we analysed the results and provided group feedback to the participants, which included the distribution of responses (Figure 1), a summary of the comments given, and preliminary interpretations. In addition, we checked for the degree of consensus on the different hypotheses. For this purpose, we displayed the response quartiles and calculated the inter-quartile ranges (IQR) as  $\{3^{\text{rd}} - 1^{\text{st}} \text{ quartile}\}$ .

We also calculated the stability of the response as  $\{1 - \text{changed responses} / \text{total responses}\}$ . Figure 2 compares the stability from round 1-2 (light bar) to round 2-3 (dark bar). The figure does not display bars for six of the hypotheses. Thereof, three hypotheses showed strong consensus ( $\text{IQR} \leq 1$ ) in the first round and sufficient comments for interpreting the result, so that we saw little value in putting them to discussion any further. Hence, we excluded them from the following rounds in favour of investigating other, less clear hypotheses in more detail. In two cases, we added new hypotheses based on the comments received in the last round, so that we could not calculate stability measures. For six of the hypothesis, Figure 2 displays only one single light bar. The reasons are that these hypotheses showed strong stability ( $> 80\%$ ) and a high consensus ( $\text{IQR} \leq 1$ ) in the first two rounds already.



**Figure 2.** Development of Response Stability (R1-R2 vs. R3-R4)

In five other cases, we reformulated the initial hypotheses or created new ones based on the comments in the first round so that they entered the second and third round in a modified form allowing for only one stability value (dark bars in Figure 2). Overall, Figure 2 displays high (>80% in average) and increasing stability of responses in line with the intention of a Delphi study. Exceptions are one hypothesis on the importance of analytics expertise and another on the role of IT service procurement, where the discussion became controversial (18<sup>th</sup> and last hypotheses in Figure 2).

### 3 Findings

This paper does not allow for presenting all our findings. A comprehensive overview of the study and its findings is given in [24]. For this paper, we have selected findings that we look upon as especially interesting. These refer to hypotheses for which we found remarkable and unreserved support [compare Figure 2]. We also included hypotheses that did not receive the unanimous support we expected from our pre-study of consultancy and market research publications, but that were seen as more nuanced by our participants.

In the following subsections, we first introduce the findings from our analysis of consultancies and market research publications that underlie our hypotheses. We then present the hypotheses (in italics) we put to discussion, before we finally discuss them in the light of the data we collected in our Delphi study. We start with hypotheses on the competences required from the IT/IS function in the future (3.1). We then go on with hypotheses on the future organization of the IT/IS function (3.2).

### 3.1 Critical IT/IS Function Competences

The first set of hypotheses we introduce deals with the competences that organizations need to possess to exploit the potential of information and communication technology and to operate it reliably and efficiently. We use the term IT/IS function to refer to the specialized tasks associated with this aim, which are often organized in dedicated departments for “information technology”, “information processing”, or “information systems”. Hence, the IT/IS function competences discussed in the following can also be looked upon as skill requirements for the employees of such departments.

**Management of Data and Information as a Business Resource.** Digitalization of customer interaction, products and business processes through the Internet of Things and Industry 4.0 increases the amount of data produced and stored in organizations [25–27]. Making these data organizational resources for business exploitation, e.g. for increasing product quality or opening new business opportunities, requires integrating data from different sources and of different formats. The variety of data types and sources brings forward additional technical challenges in data integration as well as challenges regarding data quality [10, 28]. Moreover, business demands are driven by a rising share of knowledge workers, who require information for decision-making and creative work [29, 30]. At the same time, advancements in technologies and concepts like Spark, Hadoop and Data Lakes facilitate the integration and analysis of data technically [28, 31, 32]. Accordingly, we hypothesize that the future IT/IS function needs to have specific competences in collecting, integrating, and analysing big data. It also should be able to provide quality information on business demand and for proactively developing new business opportunities.

*Hypothesis: In order to leverage the increasing quantity of data from different sources for business opportunities and decision-making, organizations are in need of strong competences in data integration, data analysis and data quality management.*

Approximately 80% of our respondents agreed or strongly agreed that data analytics is a key skill for the IT/IS function. Agreement was particularly high for organizations that built their business on a close contact to customers. One respondent (consultant) emphasized that data analytics is “*still a differentiator! Companies possessing this competence will lead the curve*”. About 70% agreed or strongly agreed that technical data integration is an important future skill. However, the experts also noted that data integration is not so much a question of tools but “*more a question of the employees' understanding the processes, dependencies, interfaces and the "metadata" behind the data*” (IT manager). While the vast majority of respondents (85%) agreed or strongly agreed on the importance of data quality management skills, they pointed out that sound data quality is difficult to achieve in a world of “Big Data”. Hence, they conceded that organizations should not reach for highest data quality but should seek for reliability.

Beyond these skills in building data (re-)sources, 95% of the respondents saw a strong need for organizations to become data driven thus calling for skills in understanding organizational structures and decision-making processes in a way that allows for providing them with appropriate data.

**Information Security Management.** Recently, organizations have encountered a rising number of security breaches, which resulted not only in a loss of data but also in reputational damages [33, 34]. Thus, preventing this should be a priority for organizations. However, current trends increase security risks. The digitalization of business activities requires additional interfaces for automated data exchange and IT-based collaboration, both within and across organizations, e.g. in order to operate digital products and services but also connected assets in production [33]. This results in a deliberate opening of an organization's IS infrastructure (technical infrastructure, applications and data). We therefore developed the hypothesis that organizations should not only protect their technical infrastructure (hardware) but should also make security management part of project management and application development. In addition, we proposed that organizations differentiate IS infrastructure clusters with different security requirements depending on the business value they provide and the degree of risk that is acceptable [35]. Such a clustering could also help to balance protection needs with security costs and usability requirements for different entities and purposes.

*Hypothesis: Digitalization and IT-based collaboration increasingly expose elements of an organization's IS infrastructure to the public. Hence, organizations should build and monitor security as an integral part of projects, applications and hardware.*

The vast majority of respondents (90%) agreed or strongly agreed that skills for building and monitoring the security of the IS infrastructure are important. However, they also warned that a too rigid security policy might slow down application development.

*Hypothesis: Distinguishing domains with different security requirements according to business value and acceptable risk is important to balance security requirements with cost and usability requirements.*

More than 3/4 of the respondents agreed or strongly agreed that it is better to define various protection levels for different security clusters as opposed to establishing one single protection level for the whole IT/IS infrastructure. Only very few respondents failed to see the advantages of differentiating protection clusters and levels.

**Agile Application Development.** In addition to security demands, digital business also challenges application development to respond flexibly to changing needs and new opportunities in a volatile business environment [33]. From a technical point of view, small and modular applications supporting communication and collaboration (in practice often called systems of engagement) correspond best with this need. Such applications can also be used to extend and enhance traditional transactional systems (in practice often called systems of record), e.g. through apps or collaboration tools that tap into the underlying data of the transactional systems [36–38]. Agile development methods, such as SCRUM, are specifically suited for small and modularized applications and innovative solutions. Such methods allow for the flexible adaptation to changing project scopes and rapid deployment of functionality with short release cycles [39, 40]. Hence, to account for the flexibility and speed requirements of volatile business environments, we hypothesized that organizations should have skills for agile application development. A closely related method to decrease time to market is DevOps, i.e. a

close collaboration between development and operations teams to rapidly develop, test and deploy applications [41].

*Hypothesis: Volatile business environments demand flexible and quick responses that can be best realized through modularized IT applications. Agile software development and integrated development and operations teams (DevOps) are the future choice approaches to develop such applications.*

About 70% of the Delphi study respondents expressed agreement with this hypothesis, indicating that organizations should have agile application development skills and seek close collaboration between development and operations teams. However, as pointed out before, not all application types should be developed or managed in an agile way. Integrated transactional systems, for example, are better managed in more controllable, traditional ways. One expert (consultant) said “*Agility for systems of engagement: Yes. For systems of record: no.*” Most participants agree that agile and traditional modes will coexist in the future thus supporting the idea of a “two-speed IT”. Hence, 80% of the participants see a major challenge in the future in synchronizing both development modes and ensuring the consistency of underlying data models.

### 3.2 Organization of the IT/IS Function

The second set of hypotheses refers to the question of how to organize the IT/IS function. In a broad sense, the organization also includes the decision on which tasks to keep in-house and which to outsource. We start with the hypotheses on IT outsourcing and go on to discuss hypotheses on the future organization and management of the IT/IS function, as far as it will be retained in-house.

**Cloud Sourcing.** With the growing amount of offerings and the specialization of IT service providers the IT sourcing market provides more options than ever [32]. Cloud service offerings may serve as a case in point. They promise to fulfil high demands on a broad spectrum of technical levels including Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS), and Software-as-a-Service (SaaS). Examples are Amazon Web Services, the Blue Mix platform, Azure or Big Tables [10]. The increasing availability of standardized IT services leads to a commoditization of the IT service markets and falling prices for IT services. Hence, the practice-oriented literature proposes that organizations will outsource more and more parts of their IT functions making specific use of cloud services:

*Hypothesis: Cloud services (SaaS, PaaS, IaaS) have grown significantly and more specialized IT services have become available. Hence, IT services become commodities and as such should be better sourced from external vendors in order to reap cost benefits and gain access to new technologies.*

Compared to the popularity of the trend towards intensive IT outsourcing and cloud sourcing, our Delphi study provides only little consensus on this hypothesis. While the median at ‘slightly agree’ indicates that more IT services are expected to be outsourced

in the future, the interquartile range of 3 does not allow for deriving general recommendations. Rather the comments indicate that outsourcing is a case-by-case decision, which depends on more factors than commoditization alone. The experts named cost, resource shortage and financial liquidity management as drivers for outsourcing. In addition, they listed the business model, a regional responsibility for jobs, the organization's size and security as factors that play a key role when making an outsourcing decision. One expert, for example, stated that "*if the size of the company is big enough my advice - manage your own cloud or at least do it in the country where you feel most comfortable*" (IT manager). Another one said that it "*depends on business model. So, may be right for most businesses but definitely not for all*" (consultant).

**Outsourcing of Application Development.** Our hypothesis concerning agile application development sparked a discussion on outsourcing application development. Some respondents commented on the difficulties for internal IT/IS organizations to meet varying application demands suggesting a high degree of outsourcing. To collect opinions on this issue and to examine it systematically, we introduced an additional hypothesis in the third round of the Delphi study:

*Hypothesis: Internal IT/IS organizations have difficulties meeting the volatile business demand for application development and adaptation. At the same time, specialized IT service providers offer application development skills and expertise on demand. Hence, application development will be increasingly outsourced in the future.*

Our study results do not support a general recommendation to outsource application development. The median value is 'neither agree nor disagree'. While 30% agreed to the proposition, another 20% disagreed (IQR = 3). However, the comments we received indicated that the type of application and the development method applied influence the degree of outsourcing. One respondent said that "*for standard [...] applications (systems of record) [outsourcing] could be an option, but not for the agile innovation systems*" (IT manager). Another respondent (consultant) added that core applications and those that help to differentiate the organization's value proposition must not be outsourced, but need to be developed in-house to keep critical organizational knowledge.

**Multi-provider management.** The IT service market is growing, but is also becoming increasingly fragmented with many small providers specializing in specific segments [11, 12]. Niche players offer innovative services where large providers still lack experience [11, 42]. In response, companies have adopted multi-vendor sourcing and best-of-breed strategies to take full advantage of the IT outsourcing market [12, 43]. A key challenge of multi-vendor sourcing, however, lies in the orchestration of different providers and their services for seamless IT support to business [12].

*Hypothesis: The IT services market grows and matures offering new opportunities for outsourcing different IT/IS functions selectively to specialized providers. Consequently, the provider portfolio will broaden, making multi-vendor management a key future challenge.*

Our respondents agreed that distributing work across different external partners is a crucial future challenge. Hence, the majority (>90%) also agreed to some extent that

managing multi-provider interdependencies will become an important future challenge. The median response is ‘agree’ with an IQR value of “2”. One respondent (Director of a consulting firm) said: “The multi-vendor approach provides an organization with a variable cost model and with a lever to optimize cost by moving work between vendors based on performance on a regular basis. This requires vendor management skills beyond a simple procurement background”. Some respondents even perceive multi-provider management as key to optimizing IT cost and performance in the future.

*Hypothesis: Sourcing IT services from multiple external sources calls for dedicated skills in managing provider interdependencies. These include, above all, (a) managing interdependencies between the providers and orchestrating their contributions to meet the organization’s needs and (b) standardizing interfaces and harmonizing provider management processes.*

Respondents also agreed on the need for specific organizational responses including the importance of managing provider interdependencies (IQR = 2, stability >80%), and even more on the need for standardizing the interfaces to and the processes for coordinating external providers (IQR = 1, stability = 90%). In addition, many respondents saw the need to set up specialized internal functions and teams for managing vendors and suppliers.

**CIO Involvement in Strategy Development.** Digitalization inextricably links business success to IT as is the case with the Internet of Things or with the vision of an Industry 4.0. In the case of digitalization, IT does not only support (existing) business processes but becomes a driver and a means for generating value and opening new business opportunities, e.g. for creating digital products and services. Hence, digitalization makes new demands on business and IT executives when defining digital business strategies. Business executives need an increased understanding of information and communication technology and its potential for creating new business opportunities [32]. The CIO and other IT executives need to be able to think about and represent IT not only in technical but also in business terms.

While the increased knowledge facilitates strategic discussions about IT on the board level, we expected business managers to depend on the profound technological expertise of a CIO in strategy development. Hence, we concluded that IT managers including the CIO and business managers should define digital business strategies jointly to tap into the business potential of IT. The hypothesis is backed by a McKinsey observation that CIO participation in business strategy making results in improved business benefits [44]. However, today less than 1/3 of all CIOs are included in board level strategy discussion [45]. The development of IT strategies in support of business strategies, in turn, demands participation of business managers:

*Hypothesis: With digitalization, IT becomes a condition ‘sine qua non’ for doing business. Accordingly, senior business managers and IT executives including the CIO should develop business strategies and IT strategies jointly. This calls for IT-literate business executives and for IT executives who are able to think in business terms.*

Most of our respondents agreed (26%) or agreed even strongly (56%) that business and IT executives should devise business strategy in collaboration. Similarly, 52%

strongly agreed and 30% agreed IT/IS strategy development should also be a joint endeavour by IT and business executives. For many of the respondents, joint strategy development is “*definitively a MUST*” (IT manager). Respondents also confirmed the centrality of IT for business success. “*It may vary for different business models, but for most IT becomes crucial for the success*” (consultant).

Some respondents commented that the development of digital business strategies does not necessarily require CIO involvement. Rather, they hold that the role of an IT advocate in strategy development can also be taken over by new management roles like that of a Chief Digital Officer (CDO). One respondent (IT manager) holds the view: “*The CIO in its current form [sic] will be replaced by new roles such as Chief Technology Officer, Chief Data Officer*” or “*Chief Digital Product Officer*”. The same respondent also emphasized that applicants for these new roles should have a strong business rather than a technology background, since these roles demand “*strong process and product knowledge*”. Other respondents added that traditional executive roles in marketing or organization might also take over more responsibility for IT in the future.

**Emerging Management Roles for Digital Innovation.** Feedback on the previous hypotheses indicated that our study participants did not see a uniform role of the CIO in strategy development. According to the comments, most participants doubt that today’s CIOs have the ability and authority to realize business change based on IT. In addition, the perception of the future CIO role seemed to depend on additional assumptions made about the design of complementary executive roles. Following this discussion, we developed the following additional hypothesis:

*Hypothesis: Many of today’s CIOs have limited reputations for opening new business opportunities and for generating business value from IT. Consequently, new business roles (e.g. Chief Data Officer, Chief Process Officer, Chief Digital Officer) will emerge to promote digital innovation of products and processes.*

Responses to this hypothesis fall into two different clusters. Four out of five respondents subscribed to the view that the responsibilities for generating business value from IT should not lie in the hands of traditional IT executives alone, but rather be assigned to new management roles with responsibility for IT-based change and innovation. These new roles are not necessarily located within the IT/IS function but are more likely to be set up in the business organization. Many respondents looked upon the future CIO role as that of a “Chief IT Officer (CTO)”. However, there was less consensus on the emerging set of new IT-related management roles on the business side beyond the role of a “Chief Digital Officer (CDO)”, which was advocated by more than 70% of the respondents. Additional roles included in the discussion are, for example, a “Chief Data Officer”, a “Chief Process Officer”, or a “Chief Marketing Officer”.

Only 21% of the respondents disagreed with the idea of the future CIO being a mere technology officer. They expected an extension of the current CIO’s role with additional responsibilities for generating IT value and achieving business impacts. CIOs would then also be concerned with building information resources, facilitating information use in business, developing business applications, and redesigning business processes. “*The role of the CIO is about information, not technology. He/she should be the one responsible for overseeing the use of data and information for the benefits of the*

*organization*” (consultant). This would require a new CIO profile. One respondent (IT manager) explained: “*The CIO has to be selected wisely – currently this is rarely the case: Many of today’s CIOs are either lateral entrants such as chemists or economists without specific IT knowledge, former heads of data centres, project managers or software developers. Moreover, the CIO must have an appropriate standing in the organization in order to act on par with the CEO*”. However, half of the respondents were sceptical about extending the CIO role, arguing that today’s CIOs do not have the reputation for realizing business impacts.

#### 4 Summary and Limitations

Our study provides initial empirical insight into the trends that drive the transformation of the corporate IT/IS function. It adds to the current state of research [1-9] by giving insight into the opinions of IT management professionals on competences and the possible organization of the IT/IS function in the (digital) future. With this, it helps to fuel the academic debate on an important, though much neglected topic in empirical research. Our Delphi study, however, is exploratory. Its limited size and the sample of experts, which is not representative, does not allow for statistical generalization.

#### References

1. Feeny, D., Willcocks, L.: Re-designing the IS function around core capabilities. *Long Range Plan.* 31, 354–367 (1998)
2. Cheon, M., Grover, V., Teng, J.: Theoretical perspectives on the outsourcing of information systems. *J. Inf. Technol.* 10, 209–219 (1995)
3. Peterson, R.: Crafting Information Technology Governance. *Inf. Syst. Manag.* 21, 7–22 (2004)
4. Urbach, N., Drews, P., Ross, J.: Digital Business Transformation and the Changing Role of the IT Function. *MIS Q. Exec.* 16, (2017)
5. Urbach, N., Ahlemann, F.: IT-Management im Zeitalter der Digitalisierung. Auf dem Weg zur Zukunft der IT-Organisation. Springer, Wiesbaden (2017)
6. Smith, H.A., McKeen, J.D.: IT in 2010: The Next Frontier. *MIS Q. Exec.* 5, 125–139 (2006)
7. Gerth, A.B., Rothman, S.: The Future IS Organization in a Flat World. *Inf. Syst. Manag.* 24, 103–111 (2007)
8. Urbach, N., Ahlemann, F.: Die IT-Organisation im Wandel: Implikationen der Digitalisierung für das IT-Management. *HMD Prax. der Wirtschaftsinformatik.* 54, 300–312 (2017)
9. Haffke, I.; Kalgovas, B.; Benlian, A.: Options for Transforming the IT Function Using Bimodal IT (2017). *MIS Q. Exec.* 16, 101–120 (2017)
10. Capgemini: Studie IT-Trends 2015, [www.capgemini.com](http://www.capgemini.com)
11. McKinsey: Acquiring the capabilities you need to go digital, [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)
12. KPMG: Strategic Visions on the Sourcing Market 2015, [www.kpmg-institutes.com](http://www.kpmg-institutes.com)
13. Corporate Executive Board: The Future of Corporate IT: How to Prepare for Five Radical Shifts in IT Value, Ownership, and Role (2010)
14. Gartner: A model for the Lean IT organization, [blogs.gartner.com](http://blogs.gartner.com)
15. McKinsey: IT’s future value proposition, [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)
16. Ward, J., Peppard, J.: Strategic planning for information systems. Wiley & Sons (2002)

17. Rockart, J., Earl, M., Ross, J.: Eight imperatives for the new IT organization. *Sloan Manage. Rev.* 43–55 (1996)
18. Guillemette, M., Paré, G.: Toward a new theory of the contribution of the IT function in organizations. *MIS Q.* 36, 529–551 (2012)
19. Okoli, C., Pawłowski, S.D.: The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Inf. Manag.* 42, 15–29 (2004)
20. Linstone, H., Turoff, M.: The Delphi Method - Techniques and applications (2002)
21. Brancheau, J.C., Janz, B.D., Wetherbe, J.C.: Key issues in information systems management: 1994-95 SIM Delphi results. *MIS Q.* 20, 225–242 (1996)
22. Niederman, F., Brancheau, J.C., Wetherbe, J.C.: Information Systems Management Issues for the 1990s. *MIS Q.* 15, 475–500 (1991)
23. Skulmoski, G.J., Hartman, F.T.: The Delphi Method for Graduate Research. *J. Inf. Technol. Educ.* 6, 1–21 (2007)
24. Ehnes, D.: The Information Function of the Future. Information Function skills, sourcing, and governance in the face of emerging technology and business developments. Unpublished Master Thesis, Department of Information Systems, Westfälische Wilhelms-Universität Münster (2015)
25. Deloitte: Tech Trends 2015: The fusion of business and IT, [www.deloitte.com](http://www.deloitte.com)
26. Gartner: Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for 2015, [www.gartner.com](http://www.gartner.com)
27. Pütter, C.: 7 Schritte zu neuen IoT-Business-Modellen, [www.cio.de](http://www.cio.de)
28. PricewaterhouseCoopers: Rethinking integration: Emerging patterns from cloud computing leaders, [www.pwccaccelerator.com](http://www.pwccaccelerator.com)
29. Accenture: Defined by Digital, [www.accenture.com](http://www.accenture.com)
30. McKinsey: Clouds, big data, and smart assets: Ten tech-enabled business trends to watch, [www.itglobal-services.de](http://www.itglobal-services.de)
31. Capgemini: The Rise of Insight-Driven Business, [www.capgemini.com](http://www.capgemini.com)
32. Forrester: The Top Emerging Technologies Through 2020 — The CIO Perspective (2014).
33. PricewaterhouseCoopers: A marketplace without boundaries? Responding to disruption, [www.pwc.com](http://www.pwc.com)
34. Forrester: Zero Trust Network Threat Mitigation Technology, Q1 2015, [www.forrester.com](http://www.forrester.com)
35. McKinsey: Protecting the enterprise with cybersecure IT architecture, [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)
36. Capgemini: Application Landscape Report 2014, [www.capgemini.com](http://www.capgemini.com)
37. Forrester: The CIO Mandate : Engaging Customers With Business Technology (2015)
38. Moore, G.: Systems of Engagement and The Future of Enterprise IT, [info.aiim.org](http://info.aiim.org)
39. McKinsey: A two-speed IT architecture for the digital enterprise, [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)
40. Gartner: Predicts 2015 : Bimodal IT Is a Critical Capability for CIOs, [www.gartner.com](http://www.gartner.com)
41. Capgemini: Build, Release, Run, Repeat, [www.capgemini.com](http://www.capgemini.com)
42. Gartner: IT Services Sourcing Reform Will Prepare the Organization for Bimodal IT and Digital Business. (2014)
43. Pütter, C., Overby, S.: 10 Outsourcing-Trends 2015, <https://www.cio.de>
44. McKinsey: Why CIOs should be business-strategy partners, [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)
45. Capgemini: Studie IT-Trends 2014: IT-Kompetenz im Management steigt [www.ch.capgemini.com](http://www.ch.capgemini.com)

All online sources most recently accessed: 24.09.2017

# Auswahl und Kombination von Verfahren zur Nutzenbewertung am Beispiel einer mobilen Anwendung

Jonas Hennecke und Jürgen Anke

Hochschule für Telekommunikation Leipzig, Deutschland  
jonas.hennecke@hft-leipzig.de, anke@hft-leipzig.de

**Abstract.** Mobile Anwendungen sind im Leben der meisten Menschen allgegenwärtig. Ob auf Smartphones, Tablets oder Wearables - diese Anwendungen werden in Mobile Enterprises immer häufiger genutzt um von den zahlreichen Vorteilen mobiler Informationstechnologie zu profitieren. Vielfach wird eine verbesserte Performance sowie effizientere Prozessabwicklung des Unternehmens implizit angenommen. Doch es stellt sich die Frage, mit welchen Verfahren eine Nutzenbewertung für mobile Anwendungen im Unternehmen systematisch und vollständig durchgeführt werden kann. Am aktuellen Beispiel einer Mobile Enterprise Solution im Außendienst wird ein Vorgehensmodell zur Auswahl und Kombination bekannter Verfahren vorgestellt und anschließend demonstriert.

**Keywords:** Nutzenbewertung, Wertbeitrag der IT, Bewertungsmodelle, Mobile Enterprise, Mobile Anwendungen.

## 1 Der Wertbeitrag der IT

Der Nutzen, Wert oder Wertbeitrag von Informationssystemen ist seit geraumer Zeit ein Thema in der Literatur der Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik, im Speziellen unter dem Thema IT-Controlling. Im Zentrum einer Nutzenbetrachtung von Informationssystemen steht schon lange die Frage nach der Unternehmenswertsteigerung durch die Nutzung von aktueller Informationstechnologie. Diese Frage lässt sich nicht pauschal beantworten und bedarf eines angemessenen Verfahrens zur Nutzenbewertung für den jeweiligen Anwendungsfall [1].

Der Nutzen im Allgemeinen ist die „Fähigkeit eines Gutes, ein bestimmtes Bedürfnis befriedigen zu können“ [2]. In einer Umfrage zum aktuellen Stand des IT-Controllings in Deutschland gaben 87% der befragten Unternehmen an, eine Investition – und somit den erwarteten Nutzen – nur mit einem finanziell orientierten Business Case zu begründen [3]. Der Nutzenbegriff kann jedoch breiter aufgefasst und als der Erfüllungsgrad von Erwartungen an ein bestimmtes Gut verstanden werden. Dazu gehört auch, dass sich Investitions-Entscheider im Unternehmen über den eigentlichen Begriffsinhalt einig sind [4]. Bei den Nutzenausprägungen eines IT-Systems in einem Unternehmen kann nach Abts und Mülder zwischen quantifizierbarem und nicht quantifizierbarem Nutzen unterschieden werden. Quantifizierbare

Nutzeffekte sind entweder *direkt monetär bewertbar* oder aber *indirekt monetär bewertbar*. Direkt monetär bewertbare Nutzeffekte lassen sich direkt in Geldeinheiten ausdrücken, wogegen indirekt monetär bewertbare Nutzeffekte oft erst über ein Rechenverfahren monetär bewertet werden können [5]. Nicht quantifizierbarer Nutzen ist in der Regel auch *nicht monetär bewertbar* wie zum Beispiel die Bedienbarkeit eines Systems oder die Mitarbeiterzufriedenheit. Über geeignete Verfahren kann versucht werden, diese Nutzeffekte zu operationalisieren [4]. Das Thema der Nutzenbewertung wird in der englischsprachigen Literatur unter den Begriffen des „Benefits Management“ oder dem „Business Value of IT“ behandelt [4, 6]. Für die theoretischen Grundlagen wird im Folgenden das deutsche Begriffsverständnis verwendet. Die gängigen Verfahren sind sowohl in der deutschen als auch englischen Literatur wiederzufinden [4].

Ein Anwendungsfall einer Nutzenbewertung kann die in diesem Beitrag betrachtete Nutzung von mobilen Anwendungen im Außendienst eines Unternehmens sein. Mobile Anwendungen und damit verbunden auch mobile Endgeräte werden in Unternehmen immer häufiger eingesetzt werden. So wird allein für 2018 die Anschaffung von mehr als 140 Mio. Smartphones weltweit für die betriebliche Nutzung prognostiziert. Nutzt ein Unternehmen mobile Geräte und Anwendungen zur Unterstützung ihrer Geschäftsprozesse, wird damit häufig die Unterstützung des Mitarbeiters sowie eine Effizienz- und Produktivitätsverbesserung erwartet [7].

Die alleinige Vermutung von Verbesserungen im Unternehmen durch mobile IT reicht nicht aus. Diese Arbeit ist vorrangig durch das praktische Problem und die Aktualität des Einsatzes mobiler Informationstechnologie im Unternehmen motiviert. Darüber hinaus gibt es bisher relativ wenig wissenschaftliche Ansätze, die sich ausschließlich mit einem Verfahren zur Nutzenbewertung für die Anwendungsklasse der Mobile Enterprise Solutions beschäftigen. Aus diesem Grund lautet die Forschungsfrage: *Mit welchen bekannten Verfahren kann der Nutzen für Mobile Enterprise Solutions vollständig erhoben werden und wie können diese Verfahren gegebenenfalls kombiniert werden?*

## 2 Vorgehen zur Identifikation eines Bewertungsverfahrens für mobile Anwendungen

### 2.1 Vielfalt der Bewertungsmodelle

Zunächst ist es notwendig, sich mit den bestehenden Bewertungsmodellen vertraut zu machen. Um etwas zu bewerten, müssen generell alle resultierenden Kosten und Nutzen in geeigneter Weise gegenübergestellt werden. Die Vielfalt der dafür vorhandenen Modelle ist sehr groß, weshalb eine kategorisierte Betrachtung sinnvoll ist. Nach Pietsch lassen sich acht Kategorien von Modellen einteilen. Die Stärke dieses Ansatzes ist, dass er die verschiedenen Objekte, die bei der Bewertung in den Mittelpunkt gestellt werden können, impliziert [1]. Im Folgenden wurde die Kategorisierung für Bewertungsmodelle von Pietsch verwendet. Die von ihm betrachteten Modelle wurden in die Untersuchung übernommen. Zusätzlich wurde die

aktuelle Literatur nach neuen oder weiterentwickelten Verfahren untersucht und die verwendete Kategorisierung mit den gefundenen Modellen ergänzt. Diese wurden somit im weiteren Verlauf der Forschung berücksichtigt. Eine Auflistung aller 30 berücksichtigten Verfahren ist nicht notwendig und aus Platzgründen auch nicht realisierbar. Je Kategorie werden daher nur zwei repräsentative Beispiele genannt.

- *Gemeinkostenorientierte Verfahren* beinhalten Modelle zur Analyse und Senkung der Gemeinkosten, ohne die Qualität des betrachteten Objekts zu beeinflussen. Beispiele: Wertanalyse, Gemeinkostenwertanalyse [1].
- *Mehrdimensionale Verfahren* bewerten Informationssysteme durch die Analyse mehrerer Dimensionen ihrer Auswirkungen. Beispiele: SMART [4], Wirkungsketten [8].
- *Wettbewerbsorientierte Verfahren* zielen insgesamt auf den zweckmäßigen Einsatz von Informationssystemen zur Verbesserung der Wettbewerbsposition ab. Beispiele: Competitive Forces, Ansatz von Nolan [1].
- *Strategieorientierte Verfahren* greifen die Theorie auf, dass der Einsatz von Informationssystemen die Ziele der Unternehmensstrategie unterstützen soll. Beispiele: IT-Balanced Scorecard, ITEM-Methode [9].
- *Kundenorientierte Verfahren* stellen das Customer Relationship Management in den Vordergrund der Überlegungen zur Nutzenbetrachtung. Ziel ist die Gestaltung einer optimalen Hersteller-Kunde-Beziehung. Beispiele: Wirksamkeit der IT [9], Customers Ressource Life Cycle Modell [1].
- *Informationssystemorientierte Verfahren* wurden speziell dafür entwickelt, um die Wirkungen und Effekte von IT bzw. Informationssystemen zu betrachten. Beispiele: Time Saving Time Salary [8], Vierstufiges Wirtschaftlichkeitsmodell [1].
- *Prozessorientierte Verfahren* zielen auf die kostenoptimale Gestaltung von Geschäftsprozessen ab. Beispiele: Hedonic Wage Modell, Prozesskostenrechnung [1].
- Bei *controllingorientierten Verfahren* sollen die finanzwirtschaftlichen Ziele von Unternehmen durch den Einsatz von IT gesteuert und erreicht werden. Beispiele: Business Case [10], Target Costing [1].

## 2.2 Vorgehensweise zur Identifikation eines Bewertungsverfahrens

Zur Erarbeitung eines geeigneten Verfahrens zur Nutzenbewertung einer mobilen Anwendung im Außendienst ist der eingangs vorgestellte dreidimensionale Nutzenbegriff von zentraler Bedeutung. Vollständig ist die Nutzenbewertung dann, wenn eine Bewertung von direkt monetären, indirekt monetären und nicht monetären Aspekten durchgeführt wird. Im Rahmen der Untersuchung wurde offengelassen, ob ein einzelnes oder eine Kombination mehrerer Modelle das Zielverfahren darstellen. Die Anzahl der vorhandenen Modelle erschwert die Identifikation des richtigen Modells oder der richtigen Kombination. Als Basis der Überlegungen kann das folgend dargestellte dreistufige Identifikationsverfahren genutzt. Um für einen Anwendungsfall das ideale Modell oder die ideale Kombination aus der Menge der bestehenden Verfahren auszuwählen, ist es notwendig Anforderungen zu definieren.

Dafür wurde in der vorliegenden Forschung ein Katalog aus zehn Kriterien nach Pietsch verwendet und an die Rahmenbedingungen des später beschriebenen Falls angepasst. Durch diese Vorgehensweise werden verschiedenste Modelle auf Basis des Investitionsziels, organisatorischen und anwendungsfallspezifischen Bedingungen vergleichbar gemacht.

**Stufe 1.** Für die erste Stufe wurden zwei der zehn Kriterien als „K.O.-Kriterien“ definiert. Darunter fällt zum einen der *Bewertungszeitpunkt*, denn ein Verfahren kann vor, während oder nach einer Investition aus verschiedenen Motiven angewendet werden. Zum anderen müssen die Modelle auf den *Bewertungsaufwand* überprüft werden. Ein Unternehmen hat immer zu entscheiden, ob der Aufwand für die Anwendung eines Bewertungsverfahrens als wirtschaftlich eingeschätzt wird. Würden mehr „K.O.-Kriterien“ verwendet, bestünde die Gefahr, zu viele Modelle auf einmal zu eliminieren. Abhängig vom Ziel einer Investition ist es möglich, in dieser Stufe auch andere „K.O.-Kriterien“ zu verwenden.

**Stufe 2.** Die übrig gebliebenen Modelle werden in der zweiten Stufe auf die restlichen acht Kriterien überprüft. Dazu gehören die *theoretische Basis*, das *Bewertungsobjekt*, die *Modellflexibilität*, die nötigen *Informationsquellen*, eine vorhandene *technische Unterstützung*, die Qualität des *Ergebnisses*, die *Ganzheitlichkeit* und schließlich die *Praxisrelevanz*. Die zur Wahl stehenden Modelle, die die meisten ausformulierten Kriterien erfüllen, sind in die dritte Stufe zu übernehmen.

**Stufe 3.** Die verschiedenen Ansätze zur Bewertung von IT deuten darauf hin, dass möglicherweise erst durch die Anwendung mehrerer Modelle der vollständige Nutzen erhoben wird. Auch einige Verfahren, die in dieser Arbeit berücksichtigt wurden sind bereits kombinierte Verfahren. In einer abgewandelten Form der Verfahrenskombination von Kesten et al. werden in dieser Stufe die Modelle so kombiniert, dass sie alle drei Nutzendimensionen abbilden. Dadurch liegt am Ende der Modelluntersuchung ein transparentes Ergebnis vor, das eine sinnvolle Kombination der Modelle ermöglicht [8].

### 2.3 Durchführung einer Fallstudie

Zur Demonstration des in 2.2 beschriebenen Verfahrens wurde eine reale mobile Anwendung bewertet. Diese wurde in einem Telekommunikationsunternehmen eingeführt, welches im Folgenden als ALPHA bezeichnet wird. Durchgeführt wurde dafür eine typische Fallstudie mit den Schritten der Fallstudienplanung, Datenerhebung, Fallauswertung und Interpretation der Ergebnisse [11].

Im Zuge der *Fallstudienplanung* wurde festgelegt, die Nutzung einer mobilen Anwendung im Außendienst von ALPHA auf seinen Nutzen zu untersuchen und die Ergebnisse anschließend zu generalisieren.

Die zwei wesentlichen Methoden der *Datenerhebung* waren die Literaturanalyse und qualitativ-explorative Expertengespräche. Die Literaturanalyse wurde durchgeführt, um die bisher bekannte Literatur zum Thema Mobile Enterprise nach

Nutzeffekte mobiler Anwendungen zu durchsuchen. Zudem wurden insgesamt elf qualitative Expertengespräche durchgeführt. Diese elf Gespräche wurden mit acht verschiedenen Personen geführt. Von den acht befragten Personen besitzen sieben die Zugehörigkeit zu dem Unternehmen ALPHA und verfügen über Erfahrungen mit der Einführung einer Mobile Enterprise Solution (MES). Es wurden drei Personen (insgesamt sechs Gespräche) aus einem Einführungsprojekt einer MES befragt. Weitere vier Personen (insgesamt vier Gespräche) waren Controller im Unternehmen ALPHA. Zudem wurde ein Hochschullehrer für Betriebswirtschaft für eine externe Sicht auf das Thema befragt. Der Charakter der Gespräche war größtenteils leitfadenorientiert bis offen. Für jedes Gespräch wurde ein individueller Leitfaden und Betrachtungsgegenstand definiert. Die Interviews dauerten in der Regel zwischen 20 und 30 Minuten. Eine Ausnahme bildeten zwei Gespräche mit einem Projektleiter, in denen große Teile des Unternehmens ALPHA erarbeitet wurden. Diese Gespräche dauerten jeweils etwa 90 Minuten. Ebenso dauerten zwei weitere Gespräche nur 10 bis 15 Minuten. Im Anschluss wurden die Gespräche in einem Gedächtnisprotokoll transkribiert. Bedingt durch die Varietät der Gespräche wurde keine Quantifizierung von identischen Aussagen vorgenommen, sondern die für die Studie relevanten Aussagen qualitativ analysiert und interpretiert. Durch die Kombination der Ergebnisse der Literaturrecherche, der Gespräche und dem Vergleich der daraus entstanden Alt- und Neuprozessbeschreibungen konnte ALPHA realistisch beschrieben und der Anforderungskatalog des vorgestellten dreistufigen Verfahrens für den konkreten Anwendungsfall ausformuliert werden.

In der *Fallauswertung* wurde auf Basis der Datenerhebung ein geeignetes Verfahren für eine vollständige Nutzenbewertung durch die in 2.2 beschriebene dreistufige Vorgehensweise identifiziert und angewendet.

Ziel der *Interpretation* war die Generalisierung des im speziellen Fall gefundenen Nutzens auf ein allgemeineres Anwendungsgebiet. Die Interpretation ist allerdings nicht Teil dieses Beitrags.

### 3 Demonstration am Fallbeispiel

#### 3.1 Mobile Enterprise Solutions

Durch die Aktualität und den Reifegrad von mobilen Endgeräten und somit auch mobilen Anwendungen in unserer Gesellschaft haben auch Unternehmen längst den Mehrwert des Arbeitens mit mobilen Anwendungen erkannt. Ausgehend von der klassischen Definition einer Anwendung ist eine *mobile* Anwendung eine Anwendungssoftware, die auf mobilen Endgeräten unter Nutzung dessen Hardwareressourcen und des Betriebssystems ausgeführt wird [12]. Nutzt ein Unternehmen mobile Technologie zur teilweisen oder vollständigen Unterstützung wesentlicher Geschäftsprozesse, so wird dieses als *Mobile Enterprise* bezeichnet. Mobile Anwendungssysteme werden in diesem Zusammenhang als Mobile Enterprise Solution (MES) bezeichnet [7].

### 3.2 Mobiles Arbeiten im Außendienst

Vor allem für Außendiensttätigkeiten eignet sich die Nutzung mobiler Anwendungen. Ein Mitarbeiter, der im Außendienst arbeitet, wird allgemein als ein Reisender oder Vertreter eines Unternehmens verstanden [13]. Wesentliches Merkmal seiner Tätigkeit ist die *Mobilität*. Diese meint im Sinne des Mobile Business, dass Nutzer ihre mobilen Endgeräte jederzeit bei sich tragen und dadurch an jedem beliebigen Ort mobile Dienste in Anspruch nehmen können [14].

Mitarbeiter im Außendienst eines Unternehmens führen also in der Regel einen Geschäftsprozess mobil aus. Der in dieser Arbeit genutzte Referenzprozess ist der Production-Order-to-Acceptance Prozess nach Czarnecki und Dietze und referenziert für Telekommunikationsunternehmen den typischen Prozess vom Auftragseingang eines Produktionsauftrages bis zur Abnahme (Abb.1).



Abbildung 1. Production-Order-to-Acceptance Referenzprozess [15]

Nach dem Auftragseingang wird der Auftrag entweder als Bau, Betrieb oder Rückbau von Netzinfrastruktur klassifiziert. Anschließend wird der entsprechende Unterprozess durchgeführt bis der Auftrag schließlich abgeschlossen ist. Die jeweiligen Unterprozesse, welche die mobilen Aktivitäten der Mitarbeiter beinhaltet, sind konkret auszustalten [15].

### 3.3 Nutzung einer Mobile Enterprise Solution im fiktiven Unternehmen

Das in der Fallstudie betrachtete Unternehmen ALPHA ist ein Tochterunternehmen eines Telekommunikationskonzerns und für die Durchführung von Bau-, Betriebs- und Rückbauaufträgen zuständig. Teile der Aufträge übernimmt das Unternehmen selbst, andere werden durch externe Dienstleistungsfirmen erledigt. Das wesentliche Ziel von ALPHA ist die kostengünstige und effiziente Produktion des Netzes für den Konzern.

Für die Aufträge, die von internen Kräften erledigt werden, wurde eine mobile Anwendung eingeführt. Da diese die erste *mobile* Anwendung für die Mitarbeiter war, wurde gleichzeitig ein Smartphone eingeführt. Da es sich bei dem zu mobilisierenden Prozess um einen hochstandardisierten Auftragsprozess handelte, fiel die Wahl auf eine Standardsoftware, die mittels Customizing an die Unternehmenseigenschaften angepasst werden musste.

Für jeden der drei Teilprozesse des Production-Order-to-Acceptance Referenzprozesses ist charakteristisch, dass sie als klassischer Auftragsprozess ausgeführt werden. Jeder Auftrag ist ortsbasiert. Die Mobilität der Außendienstkräfte wird durch

Dienstfahrzeuge, die von einem Dienstleister gemietet werden, sichergestellt. Darin hat der Mitarbeiter verschiedene Materialien mitzuführen, die er für seine täglichen Montagetätigkeiten benötigt. Vor der Einführung der mobilen Anwendung beinhaltete jeder Auftrag aus seiner Sicht die Schritte Auftragssichtung für den Tag, eigenständige Materialversorgung bei Materialmangel im Dienstfahrzeug, Auftragsannahme, Auftragsdurchführung am Ort der Baustelle und Auftragsdokumentation. An die Auftragsdokumentation war ein gedrucktes Beweisfoto anzuhängen, das mit einer gesonderten Digitalkamera geschossen wurde. Der Druck erfolgte zum Auftragsabschluss in der ersten Tätigkeitsstätte. Vor Dienstbeginn musste er bei Materialmangel zu einem Zentrallager fahren. Die Auftragsverwaltung basierte ausschließlich auf Papier. Die vorgelagerte Prozessfunktion erhielt die Auftragsdaten über das im ERP-System integrierte Workflow Management System, druckte alle für den Mitarbeiter relevanten Dokumente aus, disponierte den Auftrag und legte ein „Tagespaket“ an Papieraufträgen zur Abholung bereit. Jeder Auftrag musste innerhalb von 30 Tagen manuell im Workflow Management System in der ersten Tätigkeitsstätte eingetragen werden („30-Tage-Regel“). Als Nebentätigkeit hatte der Mitarbeiter die Pflicht, seine Fahrten mit dem Dienstfahrzeug sowie die erledigten Aufträge in Papierhandbüchern zu dokumentieren.

Durch die Einführung einer mobilen Anwendung sollten offensichtliche Schwachstellen des alten Prozesses behoben werden. Im Wesentlichen besitzt die neue Anwendung folgende Funktionalitäten:

1. Anbindung an das Workflow Management System zur mobilen Auftragsdisposition
2. Mobile Dokumentation der Aufträge und automatische Verbuchung im Workflow Management System
3. Automatische Erfassung und Verbuchung der Fahrten des Mitarbeiters zu Beginn und Ende des Dienstes und zwischen den Aufträgen durch Nutzung einer Telematikbox
4. Eintragen des im Dienstfahrzeug vorhandenen Materialbestandes zu Dienstende um eine automatische Übernacht nachlieferung zum Dienstfahrzeug an der Schnittstelle zur Logistik anzustoßen

Neben der Mobilisierung und Flexibilisierung der Mitarbeiter sowie der verbesserten Datenqualität und der Vermeidung des Prozessbruchs aufgrund der 30-Tage-Regel erhoffte sich das Unternehmen insgesamt eine deutliche Effizienzsteigerung. Dazu wurde ein Business Case aufgestellt und die Investition in die Ausstattung der Mitarbeiter mit mobilen Endgeräten sowie der Programmierung und Einführung der Anwendung auf monetäre Nutzen und Kosten untersucht. In einem großen IT-Projekt sollten zunächst die Mitarbeiter zunächst mit mobilen Endgeräten ausgestattet werden. Parallel dazu wurde die Standardsoftware ausgewählt und per Customizing angepasst. Nach der Pilotierung und den Anwenderschulungen startete der bundesweite sukzessive Rollout. Den Investitionskosten stand der monetäre Nutzen, der durch das *Time Saving Time Salary-Verfahren* errechnet wurde, entgegen. Die Amortisation wurde für das vierte Jahr und die volle Wirkung aller monetären

Einsparungen ab dem sechsten Jahr nach Projektstart erwartet. Für den Regelbetrieb wurde ein Nutzenüberschuss im niedrigen einstelligen Millionenbereich erwartet.

### 3.4 Identifikation eines geeigneten Bewertungsmodells

Zur Identifikation eines geeigneten Bewertungsmodells für das Fallbeispiel wurde das in Kapitel 2.2 beschriebene Vorgehensmodell genutzt. Ziel war es, ein Verfahren zu identifizieren, das sich auf das fiktive Unternehmen anwenden lässt und gleichzeitig den Nutzen in den Dimensionen direkt monetär, indirekt monetär und nicht monetär bewertbar abbildet. Insgesamt wurden in dem dreistufigen Vorgehen 30 einzelne Verfahren untersucht. Dabei wurde auch in Erwägung gezogen, mögliche Verfahren zu modifizieren.

**Stufe 1.** Bewertungsmodelle für Informationssysteme besitzen unterschiedliche *Zeitbezüge*. Für die Fallstudie wurden Modelle gesucht, die eine sogenannte ex-post Bewertung, also eine Bewertung nach erfolgter Einführung in das Unternehmen durchführen können. Einige Modelle ließen sich als zu komplex einstufen, wenn etwa eine Unternehmensanalyse erforderlich war oder ein Projekt durchgeführt werden sollte. Insgesamt schieden durch die erste Stufe bereits 22 der 30 Modelle aus - vier davon ausschließlich aufgrund des Zeitbezuges und zwei allein wegen eines zu großen Bewertungsaufwandes. Die weiteren 16 Modelle erfüllten beide Kriterien nicht. In die nächste Stufe übernommen wurden die Nutzwertanalyse [1], das Zwei-Stufen-Modell [1], die SMART-Technik [4], das Time Saving Time Salary Verfahren [8], die Wirkungsketten [8], der Business Case [10], die IT-Balanced Scorecard (IT-BSC) [9] und die Kosten-Nutzen-Analyse der FAOR-Methodik [1]. Als modifizierbar wurden die IT-BSC aufgrund des Strategiebezuges und die Kosten-Nutzen-Analyse der FAOR-Methodik als ex-ante Verfahren erkannt.

**Stufe 2.** In der zweiten Stufe wurden die Modelle auf die restlichen acht Kriterien des Kataloges nach Pietsch geprüft. Folgenden Anforderungen bezüglich des fiktiven Unternehmens mussten die Modelle genügen:

1. Das Bewertungsobjekt ist die mobile Anwendung. Dabei standen der alte und neue Prozess im Vordergrund.
2. Gesucht wurden zum einen ein strukturierter Ansatz zur Erklärung aller möglichen Nutzeffekte und zum anderen ein Investitionsverfahren zur monetären Bewertung.
3. Die für das Modell erforderlichen Daten mussten im fiktiven Unternehmen vorhanden sein.
4. Das Modell sollte die Flexibilität besitzen, auf die speziellen Rahmenbedingungen des Unternehmens angewendet werden zu können.
5. Mit einer technischen Unterstützung in Form eines Tools, einer Vorgehensweise oder einer anderen Hilfe wurde das Modell bevorzugt eingestuft.
6. Die Form, Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse war erforderlich. Der Nutzen musste systematisch und selbsterklärend dargestellt werden können.
7. Das Modell sollte alle Bereiche, in denen sich die mobile Anwendung auswirkt und die Nutzeffekte in allen Nutzendimensionen ganzheitlich beschreiben.

8. Nach Möglichkeit sollte das Modell bereits im Unternehmen angewendet werden.

In die letzte Stufe übernommen wurden die Modelle, die die meisten Kriterien erfüllten. Die *Wirkungsketten*, der *Business Case* und das *Time Saving Time Salary-Verfahren* („TSTS-Verfahren“) erfüllten von den übrigen sieben der acht gestellten Anforderungen und wurden daher anschließend weiter bewertet (Abb.2).

	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma$
NWA									4
SMART									3
2-Stufen-Modell									4
TSTS									7
Wirkungsketten									7
IT-BSC									5
Business Case									7
FAOR									5

schwarz: Kriterium nicht erfüllt      weiß: Kriterium erfüllt

1: Theoretische Basis  
2: Bewertungsobjekt  
3: Flexibilität  
4: Informationsquelle  
5: Technische Unterstützung  
6: Ergebnis  
7: Ganzheitlichkeit  
8: Praxisrelevanz

**Abbildung 2.** Bewertung der Verfahren in Stufe 2

**Stufe 3.** In der letzten Stufe wurden die drei übrigen Modelle auf ihre Ganzheitlichkeit bezüglich des Nutzenbegriffs diskutiert. Die *Wirkungsketten* lassen sich als einen strukturierten Ansatz zur Beschreibung und Erklärung von Zusammenhängen beschreiben. Durch die systematische grafische Modellierung von Wirkungen einer Ausgangssituation bis hin zu den Endwirkungen in Kettenform ist es möglich, alle drei Nutzendimensionen abzudecken. Dennoch ermöglicht dieses Modell nicht direkt eine quantitative Bewertung. Der *Business Case* stellt alle monetären Kosten und Nutzen gegenüber. Das sind in der Praxis hauptsächlich die direkt monetär bewertbaren Wirkungen. Nicht monetär bewertbare Nutzeffekte stehen nicht im Fokus des *Business Cases* [10]. Im *TSTS-Verfahren* wird der Quotient aus der durch den Einsatz eines Informationssystems gesparten und der vormals benötigten Zeit gebildet und anschließend mit dem durchschnittlichen Gehalt eines Mitarbeiters multipliziert, wodurch sich der Wert des Informationssystems ergibt [8]. Auf einer dreistufigen Skala wurden diese Verfahren auf die Aussagekraft hinsichtlich des Nutzenbegriffs bewertet (Abb.3).

Wie ersichtlich ist, besitzt jedes Verfahren seine eigene Stärke. Vorteilhaft ist zudem, dass der *Business Case* und das *TSTS-Verfahren* bereits im Unternehmen ALPHA angewendet wurden und dadurch strategiekonform sind. Wird daneben noch das Modell der *Wirkungsketten* zur strukturierten Darstellung aller Nutzenwirkungen angewendet, erfüllt eine Kombination aller drei Verfahren die Dimensionen des Nutzens und die organisatorischen Rahmenbedingungen des Beispielunternehmens.

	direkt monetär	indirekt monetär	nicht monetär
Wirkungsketten	+	+	++
Business Case	++	+	-
TSTS	-	++	-

**Abbildung 3.** Bewertung der Aussagekraft der Modelle in Stufe 3

### 3.5 Durchführung der Nutzenbewertung

**Anwendung der Wirkungsketten.** Durch die Anwendung der Wirkungsketten sollte zunächst ein vollständiges Bild aller Wirkungen der mobilen Anwendung erstellt werden. In Ihrer finalen Strukturierung sind die Wirkungsketten ein offenes Verfahren. Daher wurden die Ketten in die drei Ebenen Direktwirkungen, Folgewirkungen und Endwirkungen strukturiert. Die Endwirkungen wurden in die Kategorien direkt monetär, indirekt monetär und nicht monetär aufgeteilt. Die Anzahl der gefundenen Wirkungen war sehr hoch und stellt ein komplexes Wirkungssystem dar. Da im fiktiven Unternehmen konkret nur die monetären Wirkungen im Business Case verfolgt wurden, war nur für diese Wirkungen eine tatsächliche Bewertung möglich. In Tab. 1 sind die Endwirkungen gelistet, die durch die Anwendung der Wirkungsketten gefunden wurden.

**Tabelle 1.** Identifizierte Endwirkungen durch Anwendung der Wirkungsketten

direkt monetär	indirekt monetär	nicht monetär
Einsparung Druckkosten,	höhere Reaktionsfähigkeit,	einfachere
Einsparung	höhere Produktivität,	Zusammenarbeit,
Personalkosten,	bessere	bessere Datenqualität,
mehr Eigenproduktion,	Kapazitätsauslastung,	Umweltschonung,
Senkung Kraftstoffkosten,	schnellere	Fehlerreduktion,
Senkung Raumkosten,	Kundenbereitstellung,	höhere
Senkung AP-System-Kosten	schnellere Rüstzeiten	Mitarbeitermotivation

**Business Case und TSTS.** Die Anwendung der beiden weiteren Verfahren erfolgte in Kombination. Das ermöglichte, die erwarteten und tatsächlichen monetären Wirkungen ins Verhältnis zu setzen und dadurch den Zielerreichungsgrad zu errechnen. Der Business Case wurde über sechs Jahre verfolgt. Für jedes Jahr wurden die fixen und laufenden Kosten mit dem Wert der mobilen Anwendung, der durch das TSTS-Verfahren ermittelt wurde, gegengerechnet. Die erwarteten Kosten und Nutzen traten jedoch nicht wie geplant ein. Sowohl die Kosten, als auch der Nutzen haben sich im Vergleich zu den Erwartungen geändert. Durch eine notwendige Aufstockung des Projektteams, eine Erhöhung der Preise für die monatlich anfallenden Mobilfunktarife für die Mitarbeiter, Verzögerungen im Einbau von Halterungen für

das Smartphone sowie eine teurere Sicherheitslösung fielen Zusatzkosten an. Die Verzögerung der Bereitstellung der mobilen Anwendung bei einigen Mitarbeitern hat zudem die Schulungs- und Lizenzkosten umverteilt. Trotz gesunkenen Kosten für den Betrieb des Enterprise Mobility Managements ist das Projekt insgesamt teurer geworden. Daneben sank der Wert der mobilen Anwendung nach dem TSTS-Verfahren, da die tatsächliche Zeiteinsparung geringer als erwartet ausfiel. Im Regelbetrieb der Anwendung beläuft sich der jährliche Nutzen auf etwa 90% der zu Beginn berechneten Wirkungen.

## 4 Fazit

Die Auswahl eines geeigneten Nutzenbewertungsverfahrens gestaltet sich als komplexer Prozess. Wesentlich ist bei IT-Investitionsentscheidungen das Verständnis des Nutzenbegriffs, der sich in der Wirtschaftsinformatik in drei Dimensionen ausdrücken lässt. Das Fallbeispiel hat verdeutlicht, dass das Verständnis des Wertbeitrags in Unternehmen auch heutzutage wesentlich auf den monetär bewertbaren Nutzen beschränkt ist und ein geeignetes Bewertungsverfahren von den Rahmenbedingungen im Unternehmen und dem konkreten Anwendungsfall abhängt. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt allerdings auch, dass universelle Verfahren existieren, die ohne großen Mehraufwand in Unternehmen implementiert werden können und in Kombination mit möglicherweise schon angewendeten monetären Bewertungsverfahren alle Nutzeffekte vollständig darstellen können.

Zur Identifikation eines solch kombinierten Verfahrens eignet sich das in diesem Beitrag vorgestellte dreistufige Identifikationsverfahren für ein vollständiges Nutzenbewertungsverfahren. Wenngleich die Wirkungsketten universal einsetzbar sind, reicht eine alleinige Anwendung nicht aus. Business Case und TSTS-Verfahren eignen sich für kosten- und effizienzorientierte Investitionen. Dennoch ist festzuhalten, dass kein überlegenes Bewertungsverfahren existiert und je Anwendungs- und Investitionsfall die dreistufige Auswahl und Kombination von Modellen in seiner konkreten Konfiguration individuell zu gestalten ist. So sollten für eine mobile Anwendung zur Kundenselbstverwaltung besonders kundenorientierte Verfahren nicht durch die Konfiguration der „K.O.-Kriterien“ ausscheiden. Ebenso sind in den weiteren zwei Stufen solche anwendungsfallspezifischen Aspekte zu berücksichtigen.

Auch in Zukunft wird die Wertbeitragsdiskussion von mobilen Informationssystemen im IT-Controlling durch die schnelle Entwicklung mobiler Technologie und der Mobilfunknetze immer bedeutender werden. Dabei wird es aus Sicht des strategischen IT-Managements von zentraler Bedeutung sein, die Potenziale und künftigen Nutzeffekte in allen Dimensionen zu erfassen. Das vorgestellte dreistufige Vorgehen leistet einen Beitrag, um die Auswahl und Kombination vorhandener Verfahren für unterschiedliche Anwendungsfälle zu unterstützen. In der konkreten Ausprägung kann es für die Bewertung von mobilen Anwendungen in einem kosten- und effizienzorientierten Umfeld genutzt werden.

## References

1. Pietsch, T.: Bewertung von Informations- und Kommunikationssystemen. Ein Vergleich betriebswirtschaftlicher Verfahren. Erich Schmidt, Berlin (2003)
2. Piekenbrock, D., Lin-Hi, N., Suchanek, A.: Nutzen. In: Springer Gabler Verlag (ed.) Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. Springer Gabler, Wiesbaden (2013)
3. Gadatsch, A., Freitag, S., Kütz, M.: Ergebnisse der 5. Umfrage zum Stand des IT-Controllings im deutschsprachigen Raum (2017). Fachbereich Wirtschaftswissenschaften Sankt Augustin, Sankt Augustin
4. Krcmar, H.: Informationsmanagement. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2015)
5. Abts, D., Mülder, W.: Grundkurs Wirtschaftsinformatik. Eine kompakte und praxisorientierte Einführung. Springer Vieweg, Wiesbaden (2017)
6. Melville, N., Kraemer K. L., Gurbaxani V.: Information Technology and Organizational Performance: An Integrative Model of IT Business Value. *MIS Quarterly* 28, 283-322 (2004).
7. Stieglitz, S., Brockmann, T.: Einsatz mobiler Anwendungen im Unternehmen. In: Knoll, Matthias, Meinhardt, Stefan (ed.) Mobile Computing. Grundlagen - Prozesse und Plattformen - Branchen und Anwendungsszenarien, pp. 1–11. Springer Vieweg, Wiesbaden (2016)
8. Kesten, R., Müller, A., Schröder, H.: IT-Controlling. Messung und Steuerung des Wertbeitrags der IT. Verlag Franz Vahlen, München (2007)
9. Gadatsch, A., Mayer, E.: Masterkurs IT-Controlling. Grundlagen und Praxis für IT-Controller und CIOs - Balanced Scorecard - Portfoliomanagement - Wertbeitrag der IT – Projektcontrolling - Kennzahlen - IT-Sourcing - IT-Kosten- und Leistungsrechnung. Springer Vieweg, Wiesbaden (2014)
10. Brugger, R.: Der IT Business Case. Kosten erfassen und analysieren - Nutzen erkennen und quantifizieren - Wirtschaftlichkeit nachweisen und realisieren. Springer-Verlag, Berlin (2009)
11. Borchardt, A., Göthlich, S.E.: Erkenntnisgewinn durch Fallstudien. In: Albers, S., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A., Wolf, J. (eds.) Methodik der empirischen Forschung, pp. 33–48. Gabler, Wiesbaden (2007)
12. Mertens, P., Bodendorf, F., König, W., Schumann, M., Hess, T., Buxmann, P.: Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. Springer Gabler, Berlin (2017)
13. Kenning, P.: Außendienst. In: Springer Gabler Verlag (ed.) Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. Springer Gabler, Wiesbaden (2013)
14. Stormer, H., Meier, A., Lehner, F.: Mobile Business - Eine Übersicht. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* 42, 7–17 (2005)
15. Czarnecki, C., Dietze, C.: Reference Architecture for the Telecommunications Industry. Transformation of Strategy, Organization, Processes, Data, and Applications. Springer, Cham (2017)

# Herausforderungen der Integration von SOA, BPM und BRM

Mathäus Malorny<sup>1</sup>, Florian Imgrund<sup>2</sup>, Marcus Fischer<sup>2</sup>, Christian Janiesch<sup>2</sup> und Axel Winkelmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Capgemini Deutschland GmbH, Application Services, Stuttgart, Germany  
mathaeusm@web.de

<sup>2</sup> University of Würzburg, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Würzburg, Germany  
{florian.imgrund, marcus.fischer, christian.janiesch, axel.winkelmann}@uni-wuerzburg.de

**Abstract.** Die Digitalisierung und die zunehmende Bedeutung technologischer Trends, wie Big Data, das Internet der Dinge oder Cloud Computing, stellen die IT-Organisationen von Unternehmen vor neue Herausforderungen. Gleichzeitig erfordern dynamische wirtschaftliche Rahmenbedingungen eine höhere organisatorische Flexibilität und Agilität. Während serviceorientierte Architekturen (SOA), Business Rules Management (BRM) und das Geschäftsprozessmanagement (BPM) für damit verbundene Problemstellungen isolierte Lösungsansätze bereitstellen, existiert kein integriertes Konzept, welches potenzielle Synergieeffekte ausnutzt und die Reaktionsfähigkeit von Unternehmen nachhaltig verbessert. Zur Adressierung dieser Forschungslücke zielt dieser Beitrag darauf ab, vorhandene Integrationsmöglichkeiten im Rahmen einer systematischen Literaturanalyse herauszustellen. Die Definition unterschiedlicher Integrationsszenarien gewährleistet eine differenzierte Betrachtung des Problembereichs. Die Ergebnisse implizieren, dass im Rahmen des wissenschaftlichen Diskurses insbesondere die Integration von SOA und BPM fokussiert wird. Weitreichende Forschungspotenziale bestehen dahingegen bei Konzepten für eine ganzheitliche Integration der Forschungsdomänen.

**Keywords:** BPM, Service-oriented Architecture, Business Rules Management, Unternehmensarchitekturen, Strategisches IT-Management

## 1 Einleitung

Beeinflusst von Digitalisierung und neuartigen Technologien unterliegen Märkte einem stetigen Wandel. Daraus resultiert für Unternehmen die Notwendigkeit, sich kontinuierlich an wechselnde Rahmenbedingungen anzupassen, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben. Während Unternehmen der steigenden Komplexität häufig durch Anpassung organisatorischer Abläufe und Strukturen begegnen, führen diese Restrukturierungsmaßnahmen langfristig zu einem Rückgang organisatorischer Agilität und Flexibilität [1]. Gleichzeitig gewinnen technologische Trends, wie Big Data, das Internet der Dinge, oder Cloud Computing an Bedeutung und stellen neuartige Anforderungen an das strategische IT-Management von Unternehmen.

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

Serviceorientierte Architekturen (SOA) adressieren diese Problemstellungen durch die Definition von Schlüsselkomponenten für eine integrierte Geschäfts- und IT-Infrastruktur [2]. Zusätzlich zu dieser architektonischen Perspektive verfolgt das Geschäftsprozessmanagement (*engl.* Business Process Management, BPM) die Zielsetzung, die Unternehmensleistung im Rahmen eines iterativen Optimierungsansatzes zu steigern [3]. Hierbei wird das Management von Unternehmensprozessen fokussiert, sodass eine Verbesserung zentraler unternehmerischer Leistungsindikatoren erreicht wird [4]. Abschließend beschreibt das Business Rules Management (BRM) die Kapselung von Geschäftslogik und Wissen, um die Agilität eines Unternehmens durch eine schnellere Entscheidungsfindung bei geringerem Koordinationsaufwand zu steigern [5]. Im integrierten Anwendungsparadigma kann die prozessorientierte Anwendung serviceorientierter Architekturmodelle prozessuale Veränderungen unter geringeren Kosten durchsetzen, während gleichzeitig die Effizienz der Durchführung durch die Integration der Prozessorchestrierung (BRM) begünstigt wird [6].

Trotz konzeptioneller Gemeinsamkeiten werden die Forschungsdomänen in der wissenschaftlichen Diskussion überwiegend isoliert betrachtet oder nur paarweise integriert [7, 8]. Mögliche Synergieeffekte und Optimierungspotenziale eines integrierten Gesamtsystems werden dabei nur unzureichend ausgeschöpft. Durch die Verbindung von Infrastruktur, Unternehmensabläufen und Geschäftslogik können jedoch insbesondere im dynamischen Umfeld der Digitalisierung zukunftsfähige Unternehmensstrukturen geschaffen werden. Zur Adressierung dieser Forschungslücke zielt der vorliegende Beitrag darauf ab, die wissenschaftliche Literatur auf konzeptioneller Ebene hinsichtlich möglicher Integrationspotenziale zu analysieren und Implikationen für den wissenschaftlichen Diskurs abzuleiten. Aus dieser Zielstellung leitet sich die folgende Forschungsfrage ab:

*Welche Ansätze zur Integration von SOA, BPM und BRM existieren und welche Herausforderungen müssen für ein integriertes Gesamtsystem adressiert werden?*

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wird eine Literaturanalyse in Anlehnung an [9] durchgeführt. Der vorliegende Beitrag ist dabei wie folgt aufgebaut: Kapitel 2 führt die zum Verständnis notwendigen Konzepte ein. Kapitel 3 expliziert die Forschungsmethodik und präsentiert die Ergebnisse der Literaturanalyse. Kapitel 4 gliedert die resultierenden Herausforderungen, bevor eine Zusammenfassung der Erkenntnisse und Limitationen in Kapitel 5 erfolgt.

## 2 Konzeptualisierung des Themenfeldes

### 2.1 Serviceorientierte Architekturen

SOA konstituiert ein Architekturparadigma, das auf den Grundsätzen der Serviceorientierung und dem Service-oriented Computing aufbaut. Hierbei wird das Ziel verfolgt, Problemlösungen in atomare und autonome Einheiten zu zerlegen, die miteinander in Beziehung stehen und in andere Kontexte übertragbar sind [10]. Eine SOA umfasst die Kernkomponenten *Anwendungs-Frontend, Service, Service*

*Repository* und *Enterprise Service Bus* [1]. Über das Anwendungs-Frontend können Nutzer Services initiieren und kontrollieren. Services sind die Kernkomponenten serviceorientierter Softwarelösungen und repräsentieren speziell konfigurierte Programmarteakte [11]. Sie können von unterschiedlichen Anbietern über Kommunikationsnetzwerke bereitgestellt werden und fördern somit als verteilte Infrastruktur die unternehmensinterne und -übergreifende Integration und Kollaboration [12]. Ein Service Repository stellt ein Kernelement einer SOA dar und ermöglicht die kontextuelle Spezifizierung von Services [13]. Abschließend beschreibt der Enterprise Bus das technische Fundament der SOA und gewährleistet die Verknüpfung verteilter, heterogener Softwarekomponenten [14].

In Anlehnung an [12] lässt sich die Funktionsweise einer SOA mit Hilfe des *SOA Basismodells* beschreiben, welches ein rollenbasiertes Beziehungsgeflecht zwischen *Service Provider*, *Service Client* und *Service Registry* darstellt. Mögliche Interaktionen umfassen das Identifizieren, Integrieren und Publizieren von Services. Hierbei werden Servicebeschreibungen durch einen Serviceprovider erstellt und über das Service Registry zur Verfügung gestellt. Der Service Client sucht im Service Registry nach adäquaten Servicebeschreibungen, um anschließend die vom Provider bereitgestellten Implementierungen produktiv zu verwenden [10].

## 2.2 Geschäftsprozessmanagement

Das BPM beschreibt eine Sammlung von Methoden, Vorgehensweisen und Systemen zur Identifikation, Analyse, Optimierung und Überwachung von Geschäftsprozessen [3]. Geschäftsprozesse, als zentraler Betrachtungsgegenstand, konstituieren zeitlich und logisch zusammenhängende Aktivitäten, die in einer organisatorischen und technischen Umgebung koordiniert werden, um gemeinsam bestimmte Ziele und Anforderungen zu erreichen [15]. Das BPM adressiert sowohl strategische, taktische, als auch operative Ebenen eines Unternehmens. Es umfasst eine Vielzahl von Methoden zur Modellierung und Automatisierung von Prozessen und wird häufig durch Informationssysteme unterstützt [16]. Zur Unterstützung der praktischen Implementierung werden die Methoden und Aktivitäten durch [3] im Rahmen eines Lebenszyklusmodells zusammengefasst. Reifegradmodelle [17, 18] erlauben eine Bewertung der Qualität und Performance von BPM-Initiativen in Unternehmen. Darüber hinaus definieren [19] ein Framework zur Verbindung kritischer Erfolgsfaktoren und notwendiger Unternehmensressourcen.

## 2.3 Business Rules Management

Im Mittelpunkt des BRM stehen Business Rules (BR). BR repräsentieren die Geschäftslogik eines Unternehmens und dienen der Kontrolle und Beeinflussung von Verhaltensweisen [20]. Grundsätzlich umfassen BR eine betriebswirtschaftliche und eine technische Komponente [5]. Hierbei wird die Geschäftslogik eines Unternehmens in atomare Bestandteile aufgeilt, die anschließend als logische Bausteine für die Entscheidungsfindung wiederverwendet werden können. Der Aufbau und die Wirkungsweise von BR basiert auf Unternehmensrichtlinien und -vorgaben, die sich

zu einem *BR Statement* zusammensetzen, welches Ursprung einer oder mehrerer BR sein kann. Grundsätzlich können BR in *Schlussfolgerungen*, *strukturierte Aussagen* und *handlungsorientierte Aussagen* klassifiziert werden [20]. Schlussfolgerungen bilden Wissen ab, das aus bestehenden Kenntnissen über einen Sachverhalt abgeleitet wurde. Strukturierte Aussagen sind statische Beschreibungen der Semantik von Objekten eines Geschäftsumfelds und determinieren deren Existenz oder Funktionsweise. Aktivitätsorientierte BR repräsentieren dynamische Aspekte des Geschäftsbetriebs, da sie Handlungen kontrollieren, einschränken oder beeinflussen. Anforderungen zur Definition von BR werden durch [21] expliziert.

## 2.4 Konzept-Matrix zur Darstellung der systematischen Integration

Eine besondere Herausforderung resultiert aus der übergeordneten Zielsetzung, verschiedene Forschungsdomänen mit unterschiedlichen Eigenschaften zu integrieren. Hierbei basieren Beiträge zu SOA auf dem Architektur-Paradigma und verfolgen somit einen gestaltungsorientierten Ansatz. Gleichzeitig verkörpern BRM und BPM Managementansätze und bieten Vorgehensweisen zur Verbesserung der Unternehmensleistung. Aufgrund der konzeptionellen Unterschiede integriert der vorliegende Beitrag das architektonisch-orientierte *Zachman-Framework* mit dem Management-orientierten *Six-Core-Elements-of-BPM-Framework (SCE)* in einer Konzeptmatrix, um die Literaturanalyse adäquat zu strukturieren [22].

Das *Zachman-Framework* bildet wesentlichen Kernartefakte und Schichten einer Unternehmensarchitektur ab und wird zur Integration der SOA-Domäne herangezogen [23, 24]. Das Framework umfasst die Ebenen *Umfang*, *Unternehmensmodell*, *Technologiemodell* und *Systemkomponenten*. Während der Umfang den Geltungsbereich des Architekturgegenstands beschreibt, werden die wesentlichen Entitäten und Interaktionszusammenhänge auf der Unternehmensmodellebene spezifiziert. Das Systemmodell verknüpft die Bezugsgrößen des Unternehmensmodells mit System- oder Softwareelementen zur Realisierung des Geschäftsmodells. Im Rahmen des Technologiemodells werden konkrete Technologien und Programmbestandteile definiert, wohingegen die Ebene der Systemkomponenten deren Implementierung und Konfiguration fokussiert [25]. Die Eigenschaften der verschiedenen Ebenen werden durch die spezifischen Informationstypen *Was*, *Wer*, *Wie*, *Wo*, *Wann*, *Wer* und *Warum* spezifiziert. *Was* umfasst die zur Beschreibung eines Architekturgegenstands notwendigen Komponenten und zeigt auf, welche Entitäten involviert sind. *Wie* beschreibt funktionale Zusammenhänge zwischen den Objekten, während *Wo* Netzwerkstrukturen spezifiziert. *Wann* dient der Explikation zeitlicher Abläufe und *Wer* beschreibt Menschen und künstliche Agenten, die an der Aktivitätsausführung beteiligt sind. *Warum* geht abschließend auf die Handlungsmotivation innerhalb des Frameworks ein.

Da sich sowohl BPM als auch BRM auf Management-orientierter Ebene bewegen und zahlreiche konzeptionelle Gemeinsamkeiten aufweisen, wird das *Six-Core-Elements-of-BPM-Framework (SCE)* für dessen integrierte Betrachtung operationalisiert. Das Framework umfasst sechs Dimensionen [19]. Die Dimension *Strategic Alignment* fordert die Harmonisierung von Unternehmensprozessen und

Unternehmensstrategien, sodass deren Konsistenz und kontinuierliche Verbesserung erreicht werden kann. *Governance* umfasst die Definition von notwendigen Rollen, Verantwortlichkeiten und Entscheidungsprozeduren. *Methoden* definieren Techniken und Vorgehensweisen, welche die Ausführung von BPM-Aktivitäten unterstützen. Die Dimension *IT* befasst sich mit Software- und Hardwareelementen sowie Informationssystemen zur Umsetzung der im Bereich Methoden spezifizierten Vorgehensweisen. Die Dimension *People* berücksichtigt Fähigkeiten und Einstellungen von Mitarbeitern. *Culture* betrachtet Aktivitäten zur Etablierung einer prozessorientierten Unternehmenskultur [19].

Zur Konstruktion der Konzept-Matrix wurden die identifizierten Frameworks hinsichtlich konzeptioneller Gemeinsamkeiten analysiert und konsolidiert. Anschließend wurden die verbleibenden Aspekte in adäquaten Dimensionen zusammengefasst. Abbildung 1 illustriert die resultierende Konzeptmatrix.

Konzept-Matrix	Strategie (St)	Governance (Gv)	Methoden (Mt)	Software (Sw)	Netzwerk (Nw)	Mensch & Kultur (MK)	Andere
	A   M   B   P   S   T	A   M   B   P   S   T	A   M   B   P   S   T	A   M   B   P   S   T	A   M   B   P   S   T	A   M   B   P   S   T	n.z.

**Abbildung 1:** Konzeptmatrix zur Strukturierung der Literaturbasis

Eingangs- und Ausgangsvariablen des Integrationsprozesses werden in Tabelle 1 zusammengefasst. Hierbei werden neben Konzepten, die beiden Ausgangsmodellen zuzuordnen sind, ebenfalls Aspekte berücksichtigt, die ausschließlich in einem der beiden Frameworks adressiert werden.

**Tabelle 1:** Herleitung der Kategorien der Konzeptmatrix

Konzeptmatrix	SCE-Framework	Zachman-Framework
Strategy (St)	Strategic Alignment	Warum und Wann
Governance (Gv)	Governance	Wer
Methoden (Mt)	Methods	Wie
Software (Sw)	Information Technology	/
Netzwerk (Nw)	/	Wo
Mensch & Kultur (MK)	People & Culture	/

Zur weiteren Klassifizierung wird jede Kategorie in sechs Unterkategorien aufgeteilt. Um zwischen einem technischen bzw. betriebswirtschaftlichen Fokus der Beiträge zu unterscheiden, werden die Unteraspakte *Fokus Architektur* (A) und *Fokus Management* (M) eingeführt. Die Konzeptmatrix integriert zudem die Trennung der Sichten des Zachmann-Frameworks als Unterdimensionen der Konzeptmatrix, um eine weiterführende Differenzierung zwischen der „Geschäftssicht“ (B), „Prozesssicht“ (P), „Systemsicht“ (S) und „Technologiesicht“ (T) zu ermöglichen [24].

### 3 Methodik, Ergebnisse und Auswertung der Literaturanalyse

#### 3.1 Methodisches Rahmenwerk

Die in diesem Beitrag durchgeführte Literaturanalyse orientiert sich am Vorgehen nach [9], wodurch insbesondere eine ausreichende Rigorosität und Nachvollziehbarkeit sichergestellt werden soll. Der Gesamtprozess verläuft entlang der fünf Phasen *Festlegung des Untersuchungsumfangs, Analysekonzept, Literatursuche, Literaturanalyse und -synthese und Ableitung der Herausforderungen*. Zur Festlegung des Untersuchungsumfangs wird die Taxonomie nach [26] herangezogen. Unter Anwendung einer neutralen Perspektive sollen zentrale Themen aus einer selektiven Auswahl von Schlüsselarbeiten integriert werden. Die Struktur der Analyse folgt einem thematischen Aufbau und richtet sich maßgeblich an Praktiker. Implikationen und zukünftige Forschungspotenziale werden abschließend zusammengefasst und dessen Herausforderungen im Integrationsszenario diskutiert.

Mit dem Ziel, ein möglichst umfassendes Bild über die Möglichkeiten zur Kombination von SOA, BPM und BRM abzuleiten, werden im Suchprozess die drei Integrationsszenarien (1) *SOA, BPM und BRM*, (2) *SOA und BPM*, sowie (3) *SOA und BRM* abgebildet und evaluiert. Eine gesonderte Betrachtung der Integration von *BPM und BRM* findet im Rahmen dieses Beitrags nicht statt. Stattdessen werden bereits vorhandene Forschungsergebnisse der Autoren integriert [27], sodass sowohl Implikationen aus der kombinierten Betrachtung der Domänen BPM und BRM, als auch Herausforderungen einer gesamtheitlichen Integration in den Gesamtkontext übertragen werden können. Der Suchprozess wurde auf Basis der Literaturdatenbanken *ACM Digital Library*, *IEEE Xplore Digital Library*, *Business Source Premier* und *Science Direct* durchgeführt. Zur Identifikation einer möglichst großen Anzahl relevanter Beiträge wurden spezifische Suchbegriffe aus den drei Domänen definiert, in mehreren Iterationen erprobt und anhand der Trefferquote relevanter Beiträge justiert. Der finale Suchstring umfasste neben den Oberbegriffen *SOA, BPM* und *BRM*, ebenfalls UND-verknüpfte Unterbegriffe, wie *process, service, rule* oder *web service*. Im Anschluss wurden Duplikate eliminiert, Titel und Abstracts bzgl. ihrer Eignung für die Beantwortung der Forschungsfrage evaluiert, sowie Volltextanalysen und Vorwärts- und Rückwärtssuchen durchgeführt.

#### 3.2 Klassifikation und Einordnung des relevanten Forschungskorpus

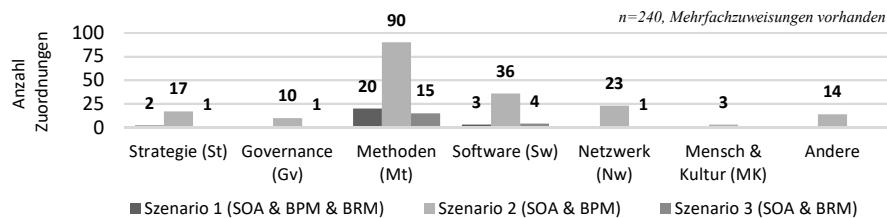
Im Rahmen der Literaturanalyse konnten insgesamt 397 Beiträge identifiziert werden. Nach Durchführung des in Kapitel 3.1 definierten Suchvorgehens reduzierte sich die Anzahl relevanter Artikel auf 179 Beiträge. Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Publikationen auf die Fachdatenbanken und Publikationsformate. In einer ersten Analyse der daraus resultierenden Verteilungen kann bereits eine mehrheitlich technologisch orientierte Diskussion der Integrationsszenarien abgeleitet werden. Entsprechend nehmen Fachbeiträge aus Datenbanken im technologischen Umfeld (*IEEE Xplore*, *ACM Digital Library*) mit einem Anteil von 61 % gegenüber betriebswirtschaftlich orientierten Datenbanken (*Business Source Premier*,

(*ScienceDirect*) deutlich die Mehrheit ein. Darüber hinaus kann Tabelle 2 ein Ungleichgewicht zwischen der Anzahl publizierter *Konferenzbeiträge* (135, ca. 75 %) und der Anzahl an Journalartikeln entnommen werden.

**Tabelle 2:** Verteilung der Beiträge auf Fachdatenbank und Publikationsformate

	IEEE Xplore	ACM DL	Business Source Premier	AISeL	Science Direct	Andere: SpringerLink	$\Sigma / \%$
<b>Konferenzbeiträge</b>	57	52	0	20	5	1	135/ 75
<b>Journalartikel</b>	0	1	37	2	4	0	44/ 25
$\Sigma$	57	53	37	20	5	1	179
$\%$	32	29	20	13	5	1	100

Diese Ungleichmäßigkeit deutet zwar auf eine angeregte, jedoch nicht nachhaltig etablierte Diskussion in diesem Themenbereich hin. Durch Strukturierung der Kerninhalte mittels der in Kapitel 2.4 eingeführten Konzeptmatrix wird ersichtlich, dass der wissenschaftliche Diskurs überwiegend im Bereich der *Methoden* stattfindet, während Fragestellungen hinsichtlich der Dimensionen *Strategie*, *Governance* sowie *Mensch und Kultur* verhältnismäßig geringe Beachtung finden. Bemerkenswert ist der Fokus auf die Integration der Teilbereich SOA und BPM (183 von 240 Beiträgen). Eine integrierte Betrachtung der drei Domänen sowie die Verbindung von SOA und BRM nehmen im wissenschaftlichen Diskurs nur eine untergeordnete Rolle ein. Die Ergebnisse der Analyse werden in Abbildung 2 zusammengefasst.



**Abbildung 2:** Verteilung der Beiträge auf die Hauptaspekte der Konzept-Matrix

Entsprechend der Darstellung können die Publikationen in zwei Klassen eingeteilt werden. *Klasse A* umfasst Artikel, deren inhaltlicher Fokus auf der Integration der Forschungsdomänen liegt. Dahingegen betrachten Beiträge der Klasse B peripherie Konzepte, die den Integrationsgegenstand in den Hintergrund rücken. In Anlehnung an [28] erfolgt unter Analyse der beitragsspezifischen Einflussfaktoren und Zitationszahlen die Generierung der finalen Literaturbasis. Publikationen der Klasse A und B werden im Verhältnis 70 zu 30 übernommen, sodass die Gesamtzahl der Beiträge auf 37 reduziert und eine zielführende Komposition beider Klassen sichergestellt werden konnte. Tabelle 3 fasst die Beiträge des finalen Samples zusammen. Aufgrund des restriktiven Gesamtumfangs führt das Literaturverzeichnis lediglich ein eingeschränktes Sub-Set der hier aufgeführten Referenzen auf. Die Zeilen der Tabelle repräsentieren die identifizierten Artikel, während die Attribute *Publikationsart*, *Erscheinungsjahr*, *Anzahl der Zitationen*, *Integrationsszenario*, *Integrationsfokus*, *Hauptdimensionen* und *Unterdimensionen* in den Spalten abgetragen sind.

**Tabelle 3:** Übersicht über die identifizierte Literaturbasis

Quelle	Pub	EJ	Zit	ISZ	IM	HD	UD
(D'Ambrogio und Bocciarelli 2007)	K	2007	114	2	Nein	Mt	A, P, T
(Menascé et al. 2008)	K	2008	80	2	Nein	Mt	A, P, S
(Li et al. 2010)	J	2010	77	2	Nein	Mt, Nw	A, M, P, S, T
(Natchetoi et al. 2008)	K	2008	76	2	Nein	Sw	A, P, S, T
(Dan et al. 2007)	K	2007	71	2	Nein	Mt	A, P, S
(Kamoun 2007)	J	2007	67	2	Ja	An	n. z.
(Graml et al. 2008)	J	2008	66	1	Ja	Mt	A, M, P, S, T
(Chua und Lee 2009)	J	2009	46	2	Ja	Nw, MK	A, M, P, S, T
(Mircea 2010)	K	2010	37	2	Ja	Mt	A, M, B, P, S, T
(Beimborn und Joachim 2011)	J	2011	35	2	Ja	St	A, M, B, P
(Weigand et al. 2011)	J	2011	35	3	Ja	St, Gv, Mt	A, M, P, S, T
(Lee et al. 2007)	J	2007	27	1	Ja	Mt	A, M, P, T
(Milanovic et al. 2008)	K	2008	26	1	Nein	Mt	A, P
(Chen et al. 2008)	J	2008	20	1	Nein	Mt, Sw	A, M, P, S, T
(Bajwa et al. 2009)	K	2009	17	2	Ja	Mt	A, M, P, S
(Liu et al. 2008)	K	2008	13	2	Ja	Mt, Sw	A, P, S, T
(Mach und Schikuta 2012)	K	2012	11	3	Nein	Mt	A, T
(Zhang et al. 2010)	K	2010	11	2	Ja	Mt, Sw	A, P, S, T
(Napoli und Kaloyanova 2011)	K	2011	10	2	Ja	Mt, Sw	A, P, S
(Beimborn et al. 2009)	K	2009	10	2	Ja	St, An	M, B, P
(Alam et al. 2015)	J	2015	9	2	Ja	An	n. z.
(Smeureanu und Diosteanu 2009)	J	2009	9	1	Nein	Mt, Sw	A, M, P, S, T
(Jung 2009)	K	2009	9	2	Ja	Mt, Sw	A, M, B, P, S, T
(Gong und Janssen 2013b)	J	2013	8	1	Ja	St, Mt	A, M, P, S, T
(Gong und Janssen 2011)	K	2011	8	1	Ja	Mt	A, M, P, T
(Iacob und Jonkers 2009)	J	2009	8	3	Ja	Mt	A, P, S
(Gong und Janssen 2013a)	K	2013	4	1	Ja	St, Mt	M, B, P, T
(Florea et al. 2011)	J	2011	4	1	Ja	Mt	A, M, B, P, T
(Huergo et al. 2014)	K	2014	2	1	Nein	Mt	A, M, P
(Thoma et al. 2014)	K	2014	2	1	Nein	Mt	A, S, T
(Ruggia et al. 2016)	K	2016	1	2	Nein	Gv, Mt	M, P, T
(Song und Cho 2016)	J	2016	1	2	Ja	Mt	A, P, S, T
(Aichernig und Schumi 2016)	K	2016	1	3	Nein	Mt	A, P, T
(Yang et al. 2016)	J	2016	0	2	Nein	Mt	A, M, P, T
(Gromoff et al. 2016)	K	2016	0	2	Nein	Mt	A, M, P, T
(Ma et al. 2016)	J	2016	0	3	Ja	Mt	A, P, S

**Pub** = Publikationsformat (K = Konferenz; J = Journal); **EJ** = Erscheinungsjahr; **Zit** = Anzahl Zitationen (Google Scholar); **ISZ** = Integrationszenario (I1 = SOA & BPM & BRM; I2 = SOA & BPM; I3 = SOA & BRM); **IM** = Integration motiviert; **HD** = Zugeordnete Hauptaspekte (St = Strategie; Gv = Governance; Mt = Methoden; Sw = Software; Nw = Netzwerk; MK = Mensch und Kultur; An = Andere); **UD** = Zugeordnete Unteraspekte (A = Architekturbezug; M = Managementbezug; B = Businesssicht; P = Prozesssicht; S = Systemsicht; T = Technologiesicht)

Die Referenzen sind gemäß ihren Zitationszahlen absteigend geordnet. Die Zitationen wurden aus Google Scholar zum Stichtag des 30. November 2017 abgerufen.

## 4 Konstruktion einer Forschungsagenda

Die Untersuchung der dargestellten Beiträge eröffnet verschiedene Herausforderungen der Integration von SOA, BPM und BRM. Die Darstellung entlang der Dimensionen der Konzept-Matrix soll Anreize für zukünftige Forschungsinitiativen liefern.

Der Bereich *Strategie* umfasst Konzepte zur Harmonisierung von Unternehmensstrategie, Geschäftsprozessen und IT-Infrastruktur durch die Integration von SOA, BPM und BRM. Hinsichtlich eines Gesamtkonzepts konnte lediglich ein Artikel identifiziert werden, der den Wertbeitrag eines solchen Szenarios betrachtet [29]. Eine differenziertere Betrachtung erfolgt für das zweite Szenario. Hierbei analysieren verschiedene Beiträge neben dem Wertbeitrag einer Integration resultierende Synergieeffekte sowie Auswirkungen auf die Unternehmensagilität, Wettbewerbsfähigkeit, Business-IT Alignment, und Prozessqualität [2, 30]. Forschungsbedarf besteht insbesondere hinsichtlich etwaiger Nutzenpotenzialer einer gesamtheitlichen Integration auf strategischer Ebene. Exemplarisch dient [31], da hier die mangelnde Konvergenz von SOA und BPM herausgestellt und eine entsprechende Forschungssagenda entwickelt wird. Nach [32], bedarf die gesamtheitliche Integration weiterhin einem Diskurs, der neben technologischen Aspekten ebenfalls strategische, organisationale und managementorientierte Einflussfaktoren integriert.

*Governance* adressiert die Ressourcen, Rollen und Verantwortlichkeiten, die für die Umsetzung einer gesamtheitlichen Integration notwendig sind. Beiträge finden sich insbesondere in Bezug auf das zweite Szenario, u.a. in [33]. Äquivalente Gesamtkonzepte werden nicht bereitgestellt. Gleichzeitig wird die essenzielle Bedeutung adäquater Rollen und Aufgaben für die erfolgreiche Umsetzung entsprechender Implementierungsvorhaben hervorgehoben [34]. Zukünftige Forschungsvorhaben müssen korrespondierende Aspekte aufgreifen, um die praktische Integration von SOA, BPM und BRM durch zielführende Governance zu unterstützen. [35] sehen zudem verschiedene Governance-Aspekte als Erfolgsfaktoren für SOA-Implementierungen. Ihr Standpunkt lässt sich über die SOA-Sicht hinaus skalieren.

Methodische Lösungsansätze werden im Bereich *Methoden* zusammengefasst. Zahlreiche Beiträge adressieren das erste Integrationsszenario durch die Entwicklung von Modellierungsansätzen, adaptiven Architekturen und dynamischen Geschäftsprozessen [36-38]. Dementgegen decken Publikationen zum zweiten Szenario ein breiteres Themenspektrum ab und adressieren Konzepte zur Implementierung, Kollaboration, Performanceverbesserung und Prozessqualität [39, 40]. Zur Förderung der thematischen Vielfalt im Kontext der ganzheitlichen Integration sind insbesondere konzeptionelle Beiträge notwendig, die grundlegende Problemstellungen untersuchen. Erkenntnisse können in einem methodisch-orientierten Reifegradmodell zur Integration von SOA, BPM und BRM zusammengefasst werden, um eine zielführende Diskussionen zu ermöglichen. Hierbei können Themenfelder des zweiten und dritten Integrationsszenarios aufgegriffen und um Aspekte der BRM-Domäne ergänzt werden.

Der Diskurs im Bereich *Software* spezialisiert sich ebenfalls auf die Integration von SOA und BPM, während ganzheitliche Konzepte weitestgehend fehlen. Aufgrund konzeptioneller Abhängigkeiten beider Domänen können weitere methodische Lösungsansätze in einer Zunahme von Beiträgen im Software-Bereich münden. Dieser Zusammenhang verstärkt sich im Hinblick auf ähnliche Sachverhalte im zweiten Integrationsszenario [27]. Zukünftige Beiträge können die Entwicklung integrierter Plattformen fokussieren.

Im Bereich *Netzwerk* werden Ansätze zusammengefasst, die zur Optimierung kollaborativer Aktivitäten im Unternehmen beitragen. Für das erste Integrations-szenario konnten keine entsprechenden Artikel identifiziert werden. Dementgegen greifen zahlreiche Beiträge im Kontext der Integration von SOA und BPM verwandte Konzepte auf, u.a. [40]. Potenziale einer ganzheitlichen Integration können z.B. hinsichtlich der Förderung kollaborativer Unternehmensnetzwerke analysiert werden. Analog zu [38] eignet sich hierbei die Betrachtung methodisch-orientierter Forschung.

Die Kategorie *Mensch und Kultur* umfasst schließlich Konzepte zur Konsolidierung der Forschungsdomänen. Eine besondere Notwendigkeit besteht hinsichtlich der Vereinheitlichung von domänenpezifischen Termini [2, 31]. Dies umfasst sowohl technologische als auch betriebswirtschaftliche Aspekte [41]. Zur Fokussierung einer ganzheitlichen Integration in zukünftigen Forschungsarbeiten bedarf es folglich der Entwicklung einer ganzheitlichen Ontologie, um den wissenschaftlichen Diskurs konsistent zu gestalten.

## 5 Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, Integrationsmöglichkeiten der Domänen SOA, BPM und BPR im Rahmen einer systematischen Literaturanalyse zu identifizieren und aktuelle Herausforderungen sowie Forschungspotentiale abzuleiten. Es konnten weitreichende Forschungspotenziale im Bereich der ganzheitlichen Integration der Domänen identifiziert werden. Zukünftige Forschungsaktivitäten können auf konzeptionellen Vorarbeiten zur Verbindung von SOA und BPM aufbauen, da hier bereits in verschiedenen Aspekten des zugrundeliegenden Analyserahmens adressiert wurden.

Limitationen resultieren insbesondere aus dem selektiven Suchprozess des Beitrags. Nicht berücksichtigte Datenbanken oder Publikationen können weitere Implikationen enthalten, die im Rahmen der Analyse nicht identifiziert werden konnten. Weiterhin unterliegt die Klassifikation der Beiträge in die Kategorien der Konzept-Matrix einer hohen Subjektivität, wodurch die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt wird. In zukünftigen Forschungsarbeiten ist eine vertiefende Diskussion der dargestellten Ergebnisse zu empfehlen, in der die Ergebnisse dieser Arbeit als Grundlage dienen und die Erstellung einer umfangreichen Forschungsagenda anregen.

## Literaturverzeichnis<sup>1</sup>

1. Krafcig, D., Banke, K., Slama, D.: Enterprise SOA: Service-oriented Architecture: Best Practices. Person Education, Newark, NY (2005)
2. Beimborn, D., Joachim, N.: The Joint Impact of Service-oriented Architectures and Business Process Management on Business Process Quality: An Empirical Evaluation and Comparison. Information Systems and e-Business Management 9, 333-362 (2011)

---

<sup>1</sup> Die vollständige Literaturliste kann per E-Mail über den korrespondierenden Autor angefordert werden.

3. Dumas, M., Rosa, M.L., Mendling, J., Reijers, H.A.: *Fundamentals of Business Process Management*. Springer, Berlin (2013)
4. Margherita, A.: Business Process Management System and Activities: Two Integrative Definitions to Build an Operational Body of Knowledge. *Business Process Management Journal* 20, 642-662 (2014)
5. Ross, R.G.: *Principles of the Business Rule Approach*. Addison-Wesley, Boston, MA (2003)
6. Juric, M.B., Pant, K.: *Business Process Driven SOA Using BPMN and BPEL: From Business Process Modeling to Orchestration and Service Oriented Architecture*. Packt Publishing, Birmingham (2008)
7. Zoet, M., Versendaal, J., Ravesteyn, P., Welke, R.J.: Alignment of Business Process Management and Business Rules. 19th European Conference on Information Systems, pp. 34-47, Helsinki (2011)
8. Wang, X.P., An, Y.F.: Building Flexible SOA-Based Enterprise Process Using Decision Services. 7th International Conference on e-Business Engineering, pp. 270-277, Shanghai (2010)
9. vom Brocke, J., Simons, A., Riemer, K., Niehaves, B., Plattfaut, R., Cleven, A.: Standing on the Shoulders of Giants: Challenges and Recommendations of Literature Search in Information Systems Research. *Communications of the Association for Information Systems* 37, 205-224 (2015)
10. Erl, T.: *Service-oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*. Pearson Education, Newark, NY (2005)
11. Erl, T.: *SOA: Entwurfsprinzipien für service-orientierte Architektur*. Addison-Wesley, München (2008)
12. Papazoglou, M.P., Georgakopoulos, D.: Service-oriented Computing: An Introduction. *Communications of the ACM* 46, 25-28 (2003)
13. Yoon, T., Carter, P.: Investigating the Antecedents and Benefits of SOA Implementation: A Multi-case Study Approach. 13th Americas Conference on Information Systems, pp. 195-207, Keystone, CO (2007)
14. Schmidt, M.-T., Hutchison, B., Lambros, P., Phippen, R.: The Enterprise Service Bus: Making Service-oriented Architecture Real. *IBM Systems Journal* 44, 781-797 (2005)
15. Weske, M.: *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Springer, Berlin (2012)
16. Karagiannis, D.: BPMS: Business Process Management Systems. *SIGOIS Bulletin* 16, 10-13 (1995)
17. Hammer, M.: The Process Audit. *Harvard Business Rev.* 85, 111-119, 122-113, 142 (2007)
18. De Bruin, T., Freeze, R., Kaulkarni, U., Rosemann, M.: Understanding the Main Phases of Developing a Daturity Assessment Model. *Australasian Conference on Information Systems* Sydney (2005)
19. Rosemann, M., vom Brocke, J.: The Six Core Elements of Business Process Management. In: vom Brocke, J., Rosemann, M. (eds.) *Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems*, pp. 105-122. Springer, Berlin (2015)
20. Hay, D., Healy, K.A., Hall, J.: Defining Business Rules: What are They Really. (2000)
21. Kardasis, P., Loucopoulos, P.: Expressing and Organising Business Rules. *Information and Software Technology* 46, 701-718 (2004)
22. Webster, J., Watson, R.T.: Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly* 26, xiii-xxiii (2002)
23. Sowa, J.F., Zachman, J.A.: Extending and Formalizing the Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal* 31, 590-616 (1992)

24. Winter, R., Fischer, R.: Essential Layers, Artifacts, and Dependencies of Enterprise Architecture. 10th International EDOCW, pp. 30-30. IEEE, Hong Kong (2006)
25. Zachman, J.A.: A Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal* 26, 276-292 (1987)
26. Fettke, P.: State-of-the-Art des State-of-the-Art. *Wirtschaftsinformatik* 48, (2006)
27. Imgrund, F., Malorny, M., Janiesch, C.: Eine Literaturanalyse zur Integration von Business Rules und Business Process Management. 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik, pp. 211-225, St. Gallen (2017)
28. Sinatra, R., Wang, D., Deville, P., Song, C., Barabási, A.-L.: Quantifying the Evolution of Individual Scientific Impact. *Science* 354, (2016)
29. Florea, A., Andreescu, A., Diaconita, V., Uta, A.: Approaches Regarding Business Logic Modeling in Service Oriented Architecture. *Informatica Economica* 15, 88 (2011)
30. Shankararaman, V., Kazmi, P.: Unifying EA, BPM and SOA through a Synergistic Framework. 13th Commerce and Enterprise Computing, pp. 286-293, Luxembourg-Kirchberg (2011)
31. Kamoun, F.: A Roadmap Towards the Convergence of Business Process Management and Service Oriented Architecture. *Ubiquity* 2007, 1-12 (2007)
32. Viering, G., Legner, C., Ahlemann, F.: The (Lacking) Business Perspective on SOA-critical Themes in SOA Research. *Wirtschaftsinformatik*, pp. 1-10, Vienna (2009)
33. Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M.: Process Management: A Guide for the Design of Business Processes. Springer, Berlin (2013)
34. Brahe, S.: BPM on Top of SOA: Experiences from the Financial Industry. *Business Process Management*, pp. 96-111, Brisbane (2007)
35. Kohnke, O., Scheffler, T., Hock, C.: SOA-Governance—Ein Ansatz zum Management serviceorientierter Architekturen. *Wirtschaftsinformatik* 50, 408-412 (2008)
36. Huergo, R.S., Pires, P.F., Delicato, F.C.: A Method to Identify Services Using Master Data and Artifact-centric Modeling Approach. 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing, pp. 1225-1230. ACM, Gyeongju (2014)
37. Gong, Y., Janssen, M.: An Interoperable Architecture and Principles for Implementing Strategy and Policy in Operational Processes. *Computers in Industry* 64, 912-924 (2013)
38. Gong, Y., Janssen, M.: Adaptive and Compliant Policy Implementation: Creating Administrative Processes Using Semantic Web Services and Business Rules. In: Douligeris, C., Polemi, N., Karantjias, A., Lamersdorf, W. (eds.) 12th Conference on e-Business, e-Services, and e-Society, pp. 298-310. Springer, Berlin (2013)
39. Mircea, M.: SOA, BPM and Cloud Computing: Connected for Innovation in Higher Education. *Education and Management Technology*, pp. 456-460. IEEE, Cairo (2010)
40. Li, Q., Zhou, J., Peng, Q.-R., Li, C.-Q., Wang, C., Wu, J., Shao, B.-E.: Business Processes Oriented Heterogeneous Systems Integration Platform for Networked Enterprises. *Computers in Industry* 61, 127-144 (2010)
41. Papazoglou, M.P., Heuvel, W.-J.: Service Oriented Architectures: Approaches, Technologies and Research Issues. *The VLDB Journal* 16, 389-415 (2007)

# Put your glasses on: Conceptualizing affordances of mixed and virtual reality for enterprise architecture management

Kevin Rehring, David Hoffmann, Frederik Ahleman

University of Duisburg-Essen, Essen, Germany  
{Kevin.Rehring,David.Hoffmann,Freridk.Ahleman}@uni-due.de

**Abstract.** Enterprise Architecture Management (EAM) is recognized as a valuable management discipline for dealing with and developing contemporary IT landscapes. However, research shows that the effectiveness of EAM differs from one organization to the next. One reason for this lies in the insufficient use of EA artifacts. A promising approach towards solving this problem, is to use Mixed Reality (MR) or Virtual Reality (VR) devices that allow intuitive and immersive interaction with IT and business architectures. These technologies enable intuitive interaction with data, higher manageability of vast amounts of data, as well as greater analytical skills due to involving natural spatial and visual ability. This paper explores the potential benefits of MR and VR for EAM from an affordance perspective. We have developed a conceptual model based on the notion of core IT affordances, and we discuss future research opportunities.

**Keywords:** Mixed Reality, Virtual Reality, Enterprise Architecture Management, Affordances

## 1 Introduction

Regardless of their size, organizations have for decades been facing a rapidly changing business environment [1]. Fast-changing IT requirements and the steadily growing complexity of the IT landscape have become a major challenge for them [1, 2]. Shadow IT organizations, redundant IT systems, and increasing risk of IT-failure are some examples of rapidly developing IT consequences [3]. An approach that could assist in overcoming these challenges and drive organizational change lies in the application of Enterprise Architecture Management (EAM) [1, 4]. EAM is a business strategy driven management discipline that establishes, maintains and develops an Enterprise Architecture (EA) through methods, tools, principles, and standards [3, 5, 6]. It supports managers in the alignment of business processes with corporate strategy, while considering the overall IT landscape [4].

Nevertheless, the successful application of EAM remains moderate [7]. One reason for this lies in the insufficient use of EAM outcomes [7], which are defined as EA artifacts [8]. Even though EA artifacts are the key resource for EA-related decision-making, business and IT staff often consider them as inflexible, difficult to understand, or being focused on a wrong level of abstraction [4, 9]. One approach to overcome these

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

visualization challenges might lie in the application of Mixed Reality (MR) and Virtual Reality (VR) technologies. These technologies enable a natural interaction with data [10], higher manageability of vast amounts of data, as well as greater analytical skills due to natural spatial and visual ability being involved [11]. Therefore, we assume that interacting with EA artifacts provided by MR or VR increases the information processing of decision-makers that enhances the quality of decision-making, which, in turn, increases EAM effectiveness. Considering the novelty of this approach, the aim of this paper is to investigate how MR and VR can improve EAM effectiveness.

We apply the theoretical lens of affordances, as this allows us to study possible relationships between human users and technology [12–14]. This is deemed suitable because we can examine how users might perceive and use the afforded features of MR and VR devices to perform EAM-related tasks. We adopt three technology affordances that draw on the notion of Community of Practices. Moreover, we state propositions and develop a conceptual model that show the influence of EAM affordances on decision-making quality and, hence, on EAM effectiveness. This paper contributes to research in that it claims that MR and VR could have a positive impact on the effectiveness of EAM. It prepares the ground for future research in this area.

The paper proceeds as follows: Section 2 presents the theoretical foundation. In section 3, we present our conceptual model. We conclude our paper in section 4, with suggestions on future research opportunities.

## 2 Theoretical Foundation

This section provides an overview of the basic definitions and assumptions we work with in the paper. To our knowledge, due also to the novelty of this approach, there is, as yet, no comparable research on VR/MR and EAM. For this reason, we give the following detailed exposition.

### 2.1 Enterprise Architecture and Enterprise Architecture Management

In spite of high maturity in some aspects of the research on EA as well as EAM, there is still no commonly agreed understanding and distinction of these terms [1, 4, 15]. As clear definitions are crucial to our research project, we will give a brief overview of both terms.

Most researchers define EA based on the ANSI/IEEE 1471-2000 standard [16, 17] or, respectively, on the ISO/IEC/IEEE 42010 [18], whereas architectures are “fundamental concepts or properties of a system in its environment embodied in its elements, relationships, and in the principles of its design and evolution” (p. 2). Winter and Fischer [19] identify five common layers that describe the fundamental structure of an organization: Business, process, integration, software, and technology architecture. Ahlemann et al. [3] extend this view by adding design rules to EAs definition in order to ensure architectural consistency. Moreover, EA describes not only the current state (“as is”) of organizational artifacts, but also multiple future states (“to be”) [20, 21], which emphasizes EA’s long-term view on organizational development

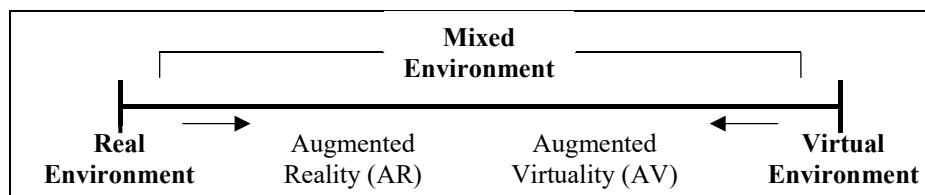
[22]. Comparing the baseline and target states enables the development of roadmaps that provide a plan for how to achieve the desired EA future state [21].

In the same manner as EA, a variety of EAM definitions exist [16]. Following Aier et al. [5], EAM aims to establish and develop an organization's EA. Based on an architectural perspective, business changing planning and controlling activities are considered to be a part of EAM. According to Löhe and Legner [4], EAM provides clear guidelines using plans, roadmaps, principles, and standards to support the transformation of the enterprise. In the same vein, Ahlemann et al. [3] highlight the need for a formulated governance regime. This view is supported by Wijeya and Gregory [23] who argue that EAM is closely linked to business strategy. In a broader sense, Simon et al. [6] describe EAM not only from a process perspective; they also highlight the need for assigning responsibilities when building an EA.

In view of all that has been mentioned so far and in line with Rahimi et al. [24], we postulate a distinction between EA and EAM. Thus, we understand Enterprise Architecture as a time-dependent representation of the structure of an organization, which comprises business and IT components and the relationship between them [18, 19]. Enterprise Architecture Management is a business strategy-driven management discipline that establishes, maintains and develops an Enterprise Architecture [3, 5, 6, 23].

## 2.2 Mixed Reality and Virtual Reality

In this paper, we want to investigate the potential influence of MR/VR on EAM effectiveness. To get a clear understanding of MR and VR technologies, we follow the proposed Reality-Virtuality continuum of Milgram et al. [25]. As presented in Figure 1, their approach describes a spectrum of environments ranging from completely real to completely unreal, thus, virtual environments. Mixed environments, which define a combination of real and virtual environments, exist on either side of the spectrum [25]. Due to the scope of our research, we describe AR and Augmented Virtuality (AV) as two forms of Mixed Environment, as well as VR as a form of Virtual Environment.



**Figure 1.** Reality-Virtuality (RV) continuum proposed by Milgram et al. [25]

As part of the Mixed Environment, **Augmented Reality** (AR) enriches the real world environment with virtual objects and, therefore, lies close to the Real Environment on the RV continuum [10, 25]. A user can still see the real world [26], while AR adds or even removes objects from it [26]. Some authors mention that AR does not only rely on the sense of sight ([e.g. 26], although a recent review identified only visual aspects that constitute AR [27].

Generally speaking, there are two classes of AR definitions [10]: The first class focuses largely on a wide-ranging understanding and technology-independent definition of AR [10]. Azuma characterizes AR as any system that “(1) combines real and virtual world, (2) is interactive in real time, and (3) is registered in three dimensions” [26].

In contrast, the second class of technology-related AR definitions mainly focus on AR displays [10]. Most commonly, this includes so-called head-mounted displays (HMD) [26] that distinguish between optical and video see-through displays [10, 28]. Head-mounted optical see-through displays allow the user to see the real environment through a display medium [25, 26]. A variation of it is in handheld AR displays where a small screen contains virtual objects, which react to changes of the real environment [28]. In contrast, head-mounted video see-through displays remove the user’s direct vision of the real world, so that it becomes visible through a video camera [26].

**Augmented Virtuality** (AV) is also part of the Mixed Environment, but lies close to the Virtual Environment on the RV continuum [25]. In contrast to AR, AV is rather more virtual, but it includes real objects like a user’s hand [25]. Currently, there is considerably less research on AV than on AR, mainly due to the absence of feasible consumer devices [29]. However, new room-wide motion detecting devices that capture the position of objects, gestures, and other physiological measures could increase the applicability of AV [29].

A Virtual Environment (VE) consists completely of computer generated virtual objects [25] and is commonly called **Virtual Reality** (VR) [26]. Multiple definitions of VR exist as a result of different past understandings and interpretations [28, 30]. Many authors define VR based on its technology nature, describing the devices, computers and methods that are needed to create an interactive simulation [30]. Other authors highlight the immersive experiences with VR [26], or add human imagination as a key concept to the definition [31]. Many agree that VR technology addresses all human senses [31, 32] and that sensory feedback is an important aspect of it [28]. Considering all these facets, we follow Biocca and Delaney who state that “Virtual Reality can be defined as the sum of the hardware and software systems that seek to perfect an all-inclusive, immersive, sensory illusion of being present in another environment, another reality; a virtual reality” [33].

Common VR output devices are occlusive HMD [28, 33]. These displays have the advantage of head-centered motion and its capability for binocular disparity [33]. In contrast to AR, occlusive HMDs suppress the real world to the benefit of VR [28]. Usually, small screens are used [28]. A variation of these HMDs are virtual retinal displays (VRD) that present images directly onto the retina of a users’ eye [28, 32]. Monitor-based ‘fishtank’ VRs [28] are alternative VR output devices that track the position of the users’ head, and the VR then responds to the head movement [28]. Movement and user inputs are important characteristics of immersive virtual reality experiences [28]. Position tracking (e.g. location of user, muscular movement), body tracking (e.g. posture and gestures, head, hand and fingers), and further physical input devices (e.g. controls, speech, requisites, platforms) are ways in which users can interact with a virtual world [28].

### 2.3 IT Affordances

As highlighted by Stendal et al. [14], affordances are gaining research interest in the IS discipline. James J. Gibson, an ecological psychologist who introduced the concept of affordances, claims that animals and people perceive surrounding physical objects as potential offers for action [34]. For instance, a tree affords climbing, or a ball affords kicking. Many authors follow Chemero's definition of affordances [12] which understands them as "relations between the abilities of organism and features of the environment" (p. 189).

The IS discipline applies the lens of affordances to study the relationship between technology and its users [14]. Following Chatterjee et al. [35], "IT affordances reflect the user's goals and how the user appropriates the IT capability to realize those goals" (p. 161). Stendal et al. [14] identified two major perspectives on affordances in the IS context, namely design vs. use. On the one hand, affordances can be designed on purpose to provide specific features to users with reference to their individual goals and capabilities. On the other hand, affordances are understood as emerging utilities that occur over time while interacting with a technology.

## 3 Conceptual development

### 3.1 Research context

To explore the influence of MR and VR technologies on EAM effectiveness, we deductively derive the involved constructs and propositions from IS literature. We focus our review on affordances provided by MR and VR technology to a group of employees (such as enterprise architects, business managers, and project managers [36]) who repeatedly examine and analyze existing EA artifacts for decision-making in organizations. We understand IT affordances in this context as intendedly designed EA artifacts visualized with MR (optical or video HMD; handheld AR displays) and VR (HMD) devices that provide action possibilities to employees. Whereas IT capabilities address the right and/or the possibility to execute a set of actions [37], the notion of IT affordances allows us to study the relationship between MR/VR devices and users [14] based on provided action possibilities [38].

In order to derive meaningful and suitable affordances, we focus on knowing and learning in organizations, as this encompasses EAM's characteristic to provide a holistic view on the enterprise as a basis for decision-making. A useful perspective for this is seen in the concept of Community of Practice (COP) [39]. Following Wenger [39], we consider a group of employees interacting with EAM as a COP, as they share the same concerns, interact regularly, and develop a joint repertory of experiences. In the following, we explain the applicability of the perspective of COP to EAM with the three key features of organizational COPs identified by Chatterjee et al. [35]. First, COPs are built on a joint knowledge base that captures the collective learning of each COP member. All EAM COP members share the same concerns as they are part of establishing, maintaining and developing an EA [3, 5, 6, 23]. They store EA resources and assets in an EA repository [36], which can be seen as a knowledge base. Second, a

crucial aspect of COPs is collaboration that is characterized by regular interactions and collective learning. This applies to EAM through periodic discussions (e.g. in architectural boards) and activities (e.g. workshops, project participation) [3]. Third, COPs retain knowledge by developing, sharing, aligning, exploring, and exploiting mechanisms to support organizational processes. In EAM, this is enabled through a joint repertory of experiences (e.g. through projects), tools and methods (e.g. EA analysis tools) [36]. Based on the above mentioned key characteristics of COPs, we follow Chatterjee et al.'s [35] derivation of the three IT affordances, namely collaborative affordances, organizational memory affordances, and process management affordances, and we apply them using MR and VR technology in the EAM context. In the following section, we discuss the corresponding constructs and propositions.

### 3.2 Constructs and propositions

#### Decision-making quality

EAM supports the process of informed decision-making on EAs [3, 21] by providing knowledge about the inherent structure and relationship of EA components [18, 21]. EAM affords a variety of analysis methods, like impact evaluation approaches to new projects [4], EA component dependency analyses [19], or inefficiencies identification throughout the organization [21]. We argue that EAM analytic methods enable COP members for high quality decision-making as long as EA data are accurate.

These decisions, in turn, do not only influence the organization itself but also the effectiveness of the EAM as a management discipline. We understand EAM effectiveness as measureable in terms of the degree to which EAM complies with organization-specific goals [40]. Consequently, we posit:

P4: *High quality of decisions positively influences the effectiveness of EAM.*

#### EAM collaborative affordances

Collaborative IT affordance describes the ability to share, convey, and integrate knowledge together with people through the use of IT [41, 35]. This can be achieved between two or more users who are working in the same room or are remotely located [35, 41]. Similarly, we define EAM collaborative affordances as the ability enabled by MR and VR technology to share, convey, and integrate three-dimensional EA artifacts.

Stakeholders with different goals use EA artifacts, e.g. for coordinating IT development, risk management, or sourcing decisions [4, 5]. A single EA repository enables an integrated and holistic view on EA data [19], so that all stakeholder-specific EA artifacts are based on the same data and are easy to share with other COP members.

MR and VR technologies support collaboration as they allow users to see and interact with the same virtual EA artefact regardless of where the users are located [42, 43], but depending on their positions [28]. They provide various three-dimensional interactive and, in the case of VR, immersive [26] forms of data visualization, such as diagrams [28, 43], data-driven control panels [42], or multiple occluded layers [44]. This affordance facilitates joint work on the same EA artifact, as users can interact with virtual objects by changing the perspective when moving around as well as slicing,

zooming, rotating, or cropping a virtual object [28, 43] with gestures [29]. Therefore, the collaborative ability provided by MR and VR technologies leads to fast and profound knowledge creation as COP members can intuitively work together on the same EA artifacts. We posit:

P1: *The EAM collaborative affordance tendered by MR and VR technologies positively influences the decision-making quality.*

#### **EAM organizational memory affordance**

An accessible knowledge base, or organizational memory, that covers the collective learning of COP members is a crucial aspect of COP [35]. Based on [45, 35], we define EAM organizational memory affordance as the ability enabled by MR and VR technology to create, store, transform, refine, access, mobilize, apply, and exploit three-dimensional EA artifacts.

The EA repository contains a variety of diverse EA artifacts such as the meta-model, standards, guidelines, architectural views, or governance activities to just name a few [36]. EA artifacts stored in an EA repository are the result of knowledge creating activities by the COP [21]. The simulation ability of MR and VR technologies [26, 30] assists stakeholders in creating and storing EA artifacts by intuitively combining views and data with gestures to recognize new insights that were previously unknown [3]. Stakeholders can also gain new knowledge by accessing and analyzing existing EA artifacts through MR and VR's transformation and refinement ability [28, 43]. The generated knowledge of the EA supports COPs in addressing some common EAM goals, such as identifying areas of action during strategy implementation [21], planning business change [4, 5], or provide alternative solutions [3]. Overall, these action possibilities allow deep-analysis of the EAs that, in turn, enables high quality decision-making. We therefore posit:

P2: *The EAM organizational memory affordance tendered by MR and VR technologies positively influences decision-making quality.*

#### **EAM process management affordance**

Process management affordances enable process analysis, problem identification, business simulations, and hence, optimal allocation of resources [35]. Following Chatterjee et al. [35], we define EAM process management affordance as the ability enabled by MR and VR technology to design, coordinate, implement, and monitor processes with three-dimensional EA artifacts.

Identifying and connecting EA components like processes or information systems throughout its EA layers is a key EAM activity [21, 19, 46] which enables, e.g., business impact analyses of planned changes [4]. EA analyses that involve various EA layers with a wide range of EA components can be performed using MR and VR technology due to their simulation-enabling [30], immersive [26], and human imagination [31] involving abilities. MR and VR can visualize 3D objects that represent all kinds of EA components, such as multiple virtual EA layers or the relationship between EA standards and application components. COPs can interact with these objects to design new or modify existing processes, and then test them in accordance with their surrounding EA components. Besides visualizing dependencies between EA

components, MR and VR enable case specific animations such as picturing data flows between processes, present time-dependent shutdown of servers due to system failure, or animate cyber-attacks on the EAs. Moreover, processes can be monitored to track the performance of IS components such as server status, application usage, standards conformity, or project progress. This enables further development of EAM practices and artifacts, as well as enforcement of EA policy [4]. Such in-depth analysis enabled action possibilities by MR and VR technologies facilitates well-grounded decisions. Therefore, we posit:

*P3: The EAM process management affordance tendered by MR and VR technologies positively influences decision-making quality.*

### 3.3 Conceptual model

We have described the derivation of the three MR and VR EAM affordances, characterized them, and explained the relationship between the constructs through propositions. Figure 2 presents the corresponding conceptual model.

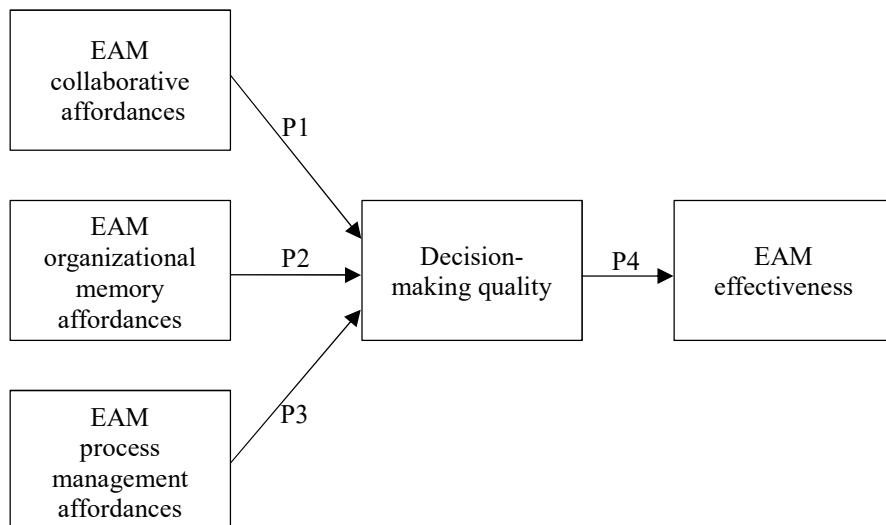


Figure 2: Overview of the conceptual model

## 4 Development of future research opportunities

We have conceptualized affordances in the area of EAM, tendered by MR and VR technology in order to discuss the influence of these technologies on the effectiveness of EAM. We chose decision-making quality as a moderating variable, because decision-making is an integral part of EAM [3, 6, 7, 21].

Our research has shown that MR and VR's interactive three-dimensional simulation ability offers great opportunities in the context of EAM. In addition to the fact that

current EAM tools offer similar features, such as EA visualization and analysis [47], however, MR and VR technologies provide features beyond that. Both technologies track the users' movement and align the view on virtual objects based on the position of the object [26], which enables interactive collaboration with EA artifacts. Research on VR further shows an increased situation awareness, vividness, and media richness during collaborative tasks [43]. Moreover, MR and VR technology processes user inputs through gestures, which allows intuitive interaction with virtual objects [28].

The aim of this paper is to trigger research on MR and VR in the area of EAM. In Table 1 below, we propose a future research agenda.

Table 1: Future research agenda

<i>Research area</i>	<i>Research thrust</i>	<i>Research path</i>
Benefits	Which benefits do MR/VR provide in EAM?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empirical comparison of decision-making effectiveness between contemporary and potentially MR/VR-enabled EAM tools.</li> <li>• Further identification of suitable theoretical explanations about changed information-processing behavior of decision-makers.</li> </ul>
Design	How should the user interface look like?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Development of suitable meta models and EA repositories accounting for simulation requirements.</li> <li>• Development of design proposition for MR/VR interfaces and EA artifacts.</li> <li>• Development of different EA artifact visualizations like city maps, layer models, or bar/pie/etc. charts.</li> <li>• Process model to develop and analyze EA artefacts with MR/VR.</li> </ul>
Implementation	How can organizations implement MR/VR for EAM support?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Development and implementation of prototypes in organizations.</li> <li>• Development of (automatic) EA analysis and improvement capabilities in mixed and virtual environments.</li> </ul>
Adoption	How can MR/VR become an accepted EAM tool?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparison of stakeholder adoption rates between VR and MR technologies.</li> <li>• Success criteria for high adoption rates, e.g. in the area of culture or willingness.</li> <li>• Developing a process model for implementing MR/VR in the EAM context.</li> <li>• Solutions for sharing 3D EA artifacts to non-MR/VR users.</li> </ul>

## 5 Conclusion

In this paper, we discussed possible actions of MR and VR technologies in the context of EAM. Our research shows that MR and VR offers affordances that can positively influence the quality of decision-making, and hence, EAM effectiveness. Moreover, we provide a research agenda to trigger more research on EA artifacts development and usage in mixed and virtual environments.

It is beyond the scope of this paper to test our model empirically. We derived the constructs and propositions deductively from relevant existing literature, which seems appropriate for our research goal. Further, we did not explicitly distinguish between MR and VR in our conceptual model even though there are significant differences [26]. As this paper is aimed at being a starting point for further research, we propose that our approach is suitable with regard to our objectives.

## References

1. Winter, R., Legner, C., Fischbach, K.: Introduction to the special issue on enterprise architecture management. *Inf. Syst. E-Bus. Manag.* 12, 1–4 (2014).
2. Aier, S., Riege, C., Winter, R.: Unternehmensarchitektur – Literaturüberblick und Stand der Praxis. *Wirtschaftsinformatik*. 50, 292–304 (2008).
3. Ahlemann, F., Stettiner, E., Messerschmidt, M., Legner, C.: Strategic Enterprise Architecture Management: Challenges, Best Practices, and Future Developments. Springer, Berlin ; New York (2012).
4. Löhe, J., Legner, C.: Overcoming implementation challenges in enterprise architecture management: a design theory for architecture-driven IT Management (ADRIMA). *Inf. Syst. E-Bus. Manag.* 12, 101–137 (2014).
5. Aier, S., Gleichauf, B., Winter, R.: Understanding Enterprise Architecture Management Design – An Empirical Analysis. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2011* (2011).
6. Simon, D., Fischbach, K., Schoder, D.: Enterprise architecture management and its role in corporate strategic management. *Inf. Syst. E-Bus. Manag.* 12, 5–42 (2014).
7. Kotusev, S., Singh, M., Storey, I.: Investigating the Usage of Enterprise Architecture Artifacts. *ECIS 2015 Res.--Prog. Pap.* (2015).
8. Rouhani, B.D., Mahrin, M.N., Shirazi, H., Nikpay, F., Rouhani, B.D.: An Effectiveness Model for Enterprise Architecture Methodologies: *Int. J. Enterp. Inf. Syst.* 11, 50–64 (2015).
9. Hauder, M., Roth, S., Schulz, C., Matthes, F.: An Examination Of Organizational Factors Influencing Enterprise Architecture Management Challenges. Presented at the ECIS (2013).
10. Ohta, Y., Tamura, H.: Mixed Reality: Mergin Real and Virtual Worlds. Springer Berlin Heidelberg (1999).
11. Greenhalgh, C., Benford, S.: MASSIVE: a distributed virtual reality system incorporating spatial trading. In: *Proceedings of 15th International Conference on Distributed Computing Systems*. pp. 27–34 (1995).
12. Chemero, A.: An outline of a theory of affordances. *Ecol. Psychol.* 15, 181–195 (2003).

13. Pozzi, G., Pigni, F., Vitari, C.: Affordance theory in the IS discipline: A review and synthesis of the literature. *AMCIS 2014 Proc.* (2014).
14. Stendal, K., Thapa, D., Lanamaki, A.: Analyzing the Concept of Affordances in Information Systems. Presented at the 49th Hawaii International Conference on System Sciences January (2016).
15. Buckl, Schweda, C.M., Matthes, F.: A Design Theory Nexus for Situational Enterprise Architecture Management. In: *Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW)*, 2010 14th IEEE International. pp. 3–8. IEEE (2010).
16. Winter, K., Buckl, S., Matthes, F., Schweda, C.M.: Investigating the state-of-the-art in enterprise architecture management methods in literature and practice. Presented at the (2010).
17. Aier, S., Fischer, C., Winter, R.: Construction and evaluation of a meta-model for enterprise architecture design principles. *Wirtsch. Proc.* 2011. (2011).
18. ISO/IEC/IEEE 42010:2011(E): *Systems and software engineering - Architecture description.* (2011).
19. Winter, R., Fischer, R.: Essential layers, artifacts, and dependencies of enterprise architecture. *J. Enterp. Archit.* 3, 7–18 (2007).
20. Korhonen, J.J., Hiekkaniemi, K., Lähteenmäki, J.: EA and IT governance- A systemic approach. In: *European Conference on Leadership, Management and Governance* (2009).
21. Tamm, T., Seddon, P.B., Shanks, G., Reynolds, P.: How does enterprise architecture add value to organisations. *Commun. Assoc. Inf. Syst.* 28, 141–168 (2011).
22. Ross, J.W., Weill, P., Robertson, D.C.: *Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution.* Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, USA (2006).
23. Widjaja, T., Gregory, R.: Design Principles for Heterogeneity Decisions in Enterprise Architecture Management. *ICIS 2012 Proc.* (2012).
24. Rahimi, F., Götze, J., Møller, C.: Enterprise Architecture Management: Toward a Taxonomy of Applications. *Commun. Assoc. Inf. Syst.* 40, (2017).
25. Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F.: Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator Telepresence Technol.* 2351, 282–292 (1994).
26. Azuma, R.T.: A survey of augmented reality. *Presence Teleoperators Virtual Environ.* 6, 355–385 (1997).
27. Lušić, M., Fischer, C., Bönig, J., Hornfeck, R., Franke, J.: Worker information systems: state of the art and guideline for selection under consideration of company specific boundary conditions. *Procedia CIRP.* 41, 1113–1118 (2016).
28. Sherman, W.R., Craig, A.B.: *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design.* Elsevier Science (2002).
29. McGill, M., Boland, D., Murray-Smith, R., Brewster, S.: A dose of reality: Overcoming usability challenges in vr head-mounted displays. In: *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems.* pp. 2143–2152. ACM (2015).
30. Zhou, N.-N., Deng, Y.-L.: Virtual reality: A state-of-the-art survey. *Int. J. Autom. Comput.* 6, 319–325 (2009).
31. Burdea, G.C., Coiffet, P.: *Virtual reality technology.* John Wiley & Sons (2003).

32. Walsh, K.R., Pawłowski, S.D.: Virtual Reality: A Technology in Need of IS Research. *Commun. Assoc. Inf. Syst.* 8, (2002).
33. Biocca, F., Delaney, B.: Immersive Virtual Reality Technology. In: *Communication in the Age of Virtual Reality*. p. 401. Routledge (1995).
34. Gibson, J.J.: *The ecological approach to visual perception*. Erlbaum, Hillsdale, N.J. (1986).
35. Chatterjee, S., Moody, G., Lowry, P.B., Chakraborty, S., Hardin, A.: Strategic Relevance of Organizational Virtues Enabled by Information Technology in Organizational Innovation. *J. Manag. Inf. Syst.* 32, 158–196 (2015).
36. The Open Group: TOGAF® 9.1, <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/>.
37. Hanseth, O., Lyytinen, K.: Design theory for dynamic complexity in information infrastructures: the case of building internet. *J. Inf. Technol.* 25, 1–19 (2010).
38. Markus, M.L., Silver, M.S.: A Foundation for the Study of IT Effects: A New Look at DeSanctis and Poole's Concepts of Structural Features and Spirit. *J. Assoc. Inf. Syst.* 9, 609–632 (2008).
39. Wenger, E.: *Communities of practice: A brief introduction*. (2011).
40. van der Raadt, B., Bonnet, M., Schouten, S., van Vliet, H.: The relation between EA effectiveness and stakeholder satisfaction. *J. Syst. Softw.* 83, 1954–1969 (2010).
41. Zammuto, R.F., Griffith, T.L., Majchrzak, A., Dougherty, D.J., Faraj, S.: Information Technology and the Changing Fabric of Organization. *Organ. Sci.* 18, 749–762 (2007).
42. Back, M., Kimber, D., Rieffel, E., Dunnigan, A., Liew, B., Gattepally, S., Foote, J., Shingu, J., Vaughan, J.: The virtual chocolate factory: Building a real world mixed-reality system for industrial collaboration and control. In: *Multimedia and Expo (ICME), 2010 IEEE International Conference on*. pp. 1160–1165. IEEE (2010).
43. Donalek, C., Djorgovski, S.G., Cioc, A., Wang, A., Zhang, J., Lawler, E., Yeh, S., Mahabal, A., Graham, M., Drake, A., Davidoff, S., Norris, J.S., Longo, G.: Immersive and collaborative data visualization using virtual reality platforms. In: *2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. pp. 609–614 (2014).
44. Livingston, M.A., Swan II, J.E., Gabbard, J.L., Höllerer, T.H., Hix, D., Julier, S.J., Baillot, Y., Brown, D.: Resolving multiple occluded layers in augmented reality. In: *Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. p. 56. IEEE Computer Society (2003).
45. Kane, G.C., Alavi, M.: Information Technology and Organizational Learning: An Investigation of Exploration and Exploitation Processes. *Organ. Sci.* 18, 796–812 (2007).
46. Kaisler, S.H., Armour, F., Valivullah, M.: Enterprise Architecting: Critical Problems. In: *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2005. HICSS '05*. p. 224b–224b (2005).
47. Matthes, F., Buckl, S., Leitel, J., Schweda, C.M.: Enterprise Architecture Management Tool Survey 2008. TU München, Chair for Informatics 19, Prof. Matthes (sebis), München (2008).

# Mehr als nur Kostencontrolling: Faktoren einer aus Unternehmenssicht effektiven IT-Leistungsverrechnung anhand eines Fallbeispiels

Andrea Schnabl<sup>1</sup>, Mario Bernhart<sup>1</sup>, Thomas Grechenig<sup>1</sup>

TU Wien, Institut für rechnergestützte Automation, Wien, Österreich  
{andrea.schnabl, mario.bernhart, thomas.grechenig}@inso.tuwien.ac.at

**Abstract.** Ein Großteil der Unternehmen in informationsverarbeitenden Branchen setzt das IT-Kostencontrollinginstrument der IT-Leistungsverrechnung (IT-LV) ein um IT-Kosten transparent und steuerbar zu machen. IT ist in diesen Branchen zu einem Wettbewerbsfaktor geworden und nicht nur möglichst geringe IT-Kosten, sondern der optimal auf die Geschäftstätigkeit ausgerichtete IT-Einsatz stehen im Mittelpunkt. Darum ist es von Relevanz auch eine IT-LV dahingehend auszurichten. Anhand einer Fallstudienanalyse bei einem Finanzdienstleister werden relevante Faktoren in der Gestaltung einer internen IT-LV identifiziert, die den aus Unternehmenssicht effizienten und effektiven IT-Einsatz unterstützen. So kann dieses Instrument, zusätzlich auch auf Ebene des strategischen IT-Managements, einen Beitrag zur Ausrichtung aller Tätigkeiten und Entscheidungen an der langfristigen Steigerung des Unternehmenswerts, leisten.

**Keywords:** IT-Controlling, IT-Leistungsverrechnung, strategisches IT-Management, Finanzdienstleister

## 1 Einleitung

Die IT ist ein zentraler Wettbewerbsfaktor für informationsverarbeitende Unternehmen wie Finanzdienstleister und hat einen hohen Anteil an den Gesamtkosten. Um den Unternehmenswert langfristig zu sichern und zu steigern, sind aber nicht nur möglichst geringe IT-Kosten, sondern insbesondere auch der zielgerichtete Einsatz der IT relevant [1]. Zur Unterstützung der Steuerung der IT werden Controllinginstrumente eingesetzt, um entscheidungsrelevante Informationen für eine wirtschaftliche und unternehmenszielorientierte IT-Nutzung zu beschaffen und aufzubereiten [2]. Ein Instrument das bei den weitaus meisten Unternehmen, insbesondere in IT-lastigen Branchen, verwendet wird, ist eine interne IT-Leistungsverrechnung (IT-LV) [3]. Deren Fokus liegt auf der Transparenz der Kosten, wodurch die Wahrnehmung, und damit auch das Handeln, in Richtung Kostenminimierung gelenkt werden. Das relevante Ziel ist aber nicht nur der kostengünstige, sondern der, aus Sicht der Geschäftstätigkeit, effektive IT-Einsatz. Es stellt sich die Frage, wie eine interne IT-LV gestaltet werden kann, sodass bereitgestellte Informationen Entscheidungen in Richtung der Erreichung von Geschäfts- und IT-Zielen unterstützen, und nicht nur zur Kostensenkung für einzelne IT-Leistungsempfänger führen. Da dieser Aspekt in der

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

akademischen Literatur noch nicht explizit betrachtet wurde, werden in diesem Paper relevante Faktoren bei der Ausgestaltung einer internen IT-LV identifiziert, die die IT-Steuerung, in Richtung des aus Unternehmenssicht effizienten und effektiven IT-Einsatzes, unterstützen. Da nur sehr wenige detaillierte, deskriptive Beschreibungen von aktuell in der Praxis eingesetzten IT-LV Systemen in der wissenschaftlichen Literatur vorhanden sind, wird zusätzlich eine derartige Darstellung im Detail bereitgestellt.

## **2 Forschungsdesign**

Um den komplexen, schwer abgrenzbaren Sachverhalt zu erfassen und zu beschreiben und Ursache-Wirkungszusammenhänge zu erkennen, wird eine Fallstudienanalyse eingesetzt. Deren zentrales Element ist die Auswahl eines bedeutenden, aufschlussreichen, interessanten, für die Fragestellung passenden Falls [4]. Es wird ein Fallstudienunternehmen ausgewählt, welches das Instrument der internen IT-LV in einem guten Reifegrad einsetzt und für welches sämtliche Daten und Konzepte strukturiert vorhanden und für eine Analyse zugreifbar sind. Als Informationsquellen dienen Dokumente, Daten aus IT-Systemen, sowie teilnehmende Beobachtung der Autorin über die Jahre 2010 bis 2016. Dadurch wird eine Triangulation auf Ebene der Datenquellen und der Zeitperioden und somit eine höhere Validität erreicht [4]. Es wird ein Zugang für die Forschung zu Informationen zur realen Situation geschaffen, der mit anderen Methoden nicht herstellbar wäre. In einem ersten Schritt werden die eingesetzten Methoden und Kennzahlen deskriptiv, ohne Interpretation dargestellt. Nachfolgend werden relevante Faktoren in der Ausgestaltung einer IT-LV identifiziert, welche eine Steuerung in Richtung eines aus Unternehmenssicht effizienten und effektiven IT-Einsatzes unterstützen. Diese Faktoren werden aus den über 6 Jahre hinweg gemachten Erfahrungen zu Effekten, die durch die IT-LV entstehen und den daraus resultierenden Anpassungen des Systems, abgeleitet. Zur Verbesserung der intersubjektiven Nachvollziehbarkeit werden die erkannten Effekte im Detail erläutert und um Verweise auf vergleichbare Angaben in der wissenschaftlichen Literatur ergänzt (vgl. [4]). Abschließend werden die gefundenen Faktoren durch 6 leitende IT-Mitarbeiter aus 6 Unternehmen aus verschiedenen Branchen in Bezug auf Aktualität, Generalisierbarkeit und Relevanz evaluiert.

## **3 Grundlagen IT-Leistungsverrechnung**

Eine IT-Kosten-und Leistungsrechnung (IT-KLR) ist ein Instrument im operativen IT-Controlling und dient in erster Linie der Informationsbereitstellung für die interne, kurz- bis mittelfristige Planung von IT-Kosten und deren Kontrolle anhand von Soll/Ist-Daten. Sie liefert Input für die Wirtschaftlichkeitskontrolle und -steuerung, für Preiskalkulationen, die langfristige, strategische Planung in der IT-Investitionsrechnung sowie für Benchmarking [5, 6]. Eine IT-KLR erfolgt in den Dimensionen Kostenarten, Kostenstellen und Kostenträger. Die Kostenartenrechnung soll die Frage beantworten, welche Art von Ressource, d.h. Sachkosten, Investitionen

oder Personalaufwand, verbraucht wurde. Die Kostenstellenrechnung stellt dar, wo, d.h. von welchem Fachbereich, die Ressource verbraucht wurde. Die Kostenträgerrechnung zeigt warum, d.h. für welche IT-Leistung, welches IT-Service oder welches IT-Projekt, die Ressource verbraucht wurde [7]. Für die Verrechnung der Einzel- und der Gemeinkosten auf die direkt wertschöpfenden Kostenträger und Kostenstellen wird eine sekundäre Kostenverrechnung in Form einer IT-LV oder in Form von Umlagen oder Zuschlagsverfahren eingesetzt [6]. Im Gegensatz zu Umlagen oder Zuschlagsverfahren werden Kosten durch die interne IT-LV über verursachergerechte Verrechnungsschlüssel sowie Verrechnungspreise verrechnet. Verrechnet werden dabei zumeist Vollkosten mit istkostenbasierten Preisen (Ist-Kostensatz) oder seltener auch plankostenbasierten Preisen (Plankostensatz) [3]. Eine Reihe von Softwaretools für eine interne Leistungsverrechnung wird am Markt angeboten, und, gerade im deutschsprachigen Raum, werden zahlreiche Praxistagungen (beispielsweise ClearCost Software, nicetec, SAP und Nicus Software) und Seminare (beispielsweise von iir, leaderscontact, marcusevans, ITFMS) veranstaltet. Dies unterstreicht die Aktualität und Relevanz des Themas. Bei einer Literatursuche über die Jahre 2009 - 2016 in IEEE, SpringerLink und Google Scholar wurden nur sehr wenige Praxisbeispiele und Referenzmodelle einer internen IT-LV mit einem relevanten Detaillierungsgrad (über 5 Seiten) gefunden [5, 6, 8-11]. Keines geht auf die Gestaltung der Stellhebel zu einem, für Gesamtunternehmen optimierten, IT-Einsatz ein. Ältere Beiträge wurden nicht berücksichtigt, da diese aufgrund der technologischen Entwicklung nur mehr teilweise relevant sind.

## 4 Fallstudie einer internen IT-Leistungsverrechnung

### 4.1 Aufbauorganisation und Ziele der IT-LV

Das Fallstudienunternehmen ist ein mittelgroßer österreichischer Finanzdienstleister. IT-Services für das Unternehmen werden größtenteils durch einen zentralen internen IT-Dienstleister entwickelt, betreut und betrieben. Der IT-Bereich ist als Service Center organisiert. IT-Leistungen werden durch Teams, getrennt nach den Themen Betrieb, Entwicklung, Servicemanagement und Planung & Steuerung erbracht. Die Kosten- und Budgetverantwortung für IT-Bereitstellung und Projekte liegt zentral beim IT-Bereich. Eine aus der Geschäftsstrategie abgeleitete IT-Strategie, sowie definierte Geschäfts- und IT-Ziele und abgeleitete Architektur- und Prozessrichtlinien sind vorhanden. Diese bilden die Basis für die interne IT-LV. Deren Ziele sind die Transparenz und Steuerbarkeit der IT-Kosten je IT-Service, IT-Projekt, IT-Arbeitsplatz, IT-Infrastrukturleistung, nutzendem Fachbereich und die Transparenz der Leistungsinhalte, Service Levels und Service Zeiten je IT-Service und je IT-Arbeitsplatz-Produkt. Als Nebenbedingung gilt die Kostensammlung und -verrechnung in ausreichender Granularität und mit sinnvollem Aufwand zur Informationsermittlung. Für die Kostenbudgetierung, -buchung, -verrechnung und -auswertung werden die SAP Module FI und BW verwendet. Die IT-KLR besteht klassisch aus den Dimensionen Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung. Über eine Vollkostenrechnung werden sämtliche Sachkosten,

Abschreibungen und interne Aufwände, welche mit auf Herstellungskostenbasis kalkulierten Stundensätzen je Team bewertet werden, auf Kostenträger (Kontierungsobjekte) gebucht. Diese Primärkosten werden über Verrechnungsschlüssel an nachgelagerte Kostenträger und schlussendlich an Kostenstellen der nutzenden Fachbereiche (IT-Leistungsempfänger) verrechnet. Nach dem monatlich durchgeführten Verrechnungslauf sind somit sämtliche Kostenträger auf Null entlastet und auf Kostenstellen sichtbar. Zur Vereinbarung von IT-Leistungsumfängen und -inhalten zwischen IT- und Fachbereichen werden ein jährlich aktualisierter IT-Servicekatalog und ein IT-Produktkatalog, für welche der Fokus auf Verständlichkeit für Endbenutzer liegt, verwendet.

#### 4.2 IT-Kostenträger und IT-Leistungsverrechnung (IT-LV)

Als Kostenträger werden Kontierungsobjekte je klar abgrenzbarer IT-Basis-Leistung, je Beratung für Fachbereiche, je IT-Service (bestehend aus Infrastruktur-IT-Services, Geschäftsbereichs-IT-Services, IT-Arbeitsplatzprodukten) und je IT-Projekt verwendet (Abbildung 1). Geschäftsbereichs-IT-Services sind Applikationen, die von Benutzern gesehen und zumeist über ein GUI unmittelbar genutzt werden. Infrastruktur-IT-Services werden für die volle Funktion eines oder mehrerer Geschäftsbereichs-IT-Services benötigt und werden zumeist vom Endbenutzer nicht unmittelbar bedient. 2016 werden 17 Kostenträger für IT-Projekte und 170 Kostenträger für alle anderen Bereiche, davon 81 für IT-Services, verwendet.

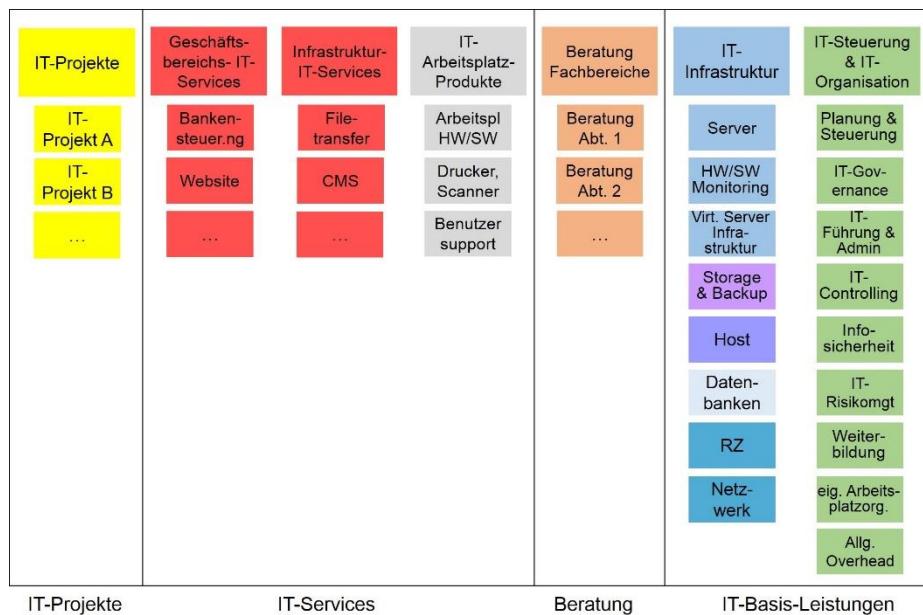


Abbildung 1: IT-Kostenträger

Die Reihenfolge der Auswahl des Kostenträgers für die Buchung von Ist- und Plan-Kosten sowie internen Aufwänden in der Zeitaufzeichnung erfolgt vom Speziellen zum

Generellen. Abbildung 1 kann hierfür von links nach rechts gelesen werden. Das heißt erst wenn ein Aufwand keinem Projekt zuordenbar ist, wird dieser einem IT-Service zugeordnet und so fort.

Über ein Gleichungsverfahren erfolgt in mehreren iterativen Zyklen die Verrechnung sämtlicher Ist-Kosten über Verrechnungsschlüssel auf Kostenempfänger (Abbildung 2). Kostenempfänger sind entweder Kostenträger für nachgelagerte IT-Services oder Kostenstellen von leistungsempfangenden Fachbereichen. Verrechnungsschlüssel werden entlang von Bezugsgrößen ermittelt. IT-Basis-Leistungen zu IT-Steuerung und IT-Organisation, sowie IT-Infrastruktur werden in einem ersten Schritt an IT-Arbeitsplatz-Produkte, Infrastruktur-IT-Services und Geschäftsbereichs-IT-Services verrechnet und Infrastruktur-IT-Services werden an Geschäftsbereichs-IT-Services verrechnet. In einem zweiten Schritt werden IT-Arbeitsplatz-Produkte und Geschäftsbereichs-IT-Services an die Kostenstelle des nutzenden Fachbereichs, als endgültigen IT-Leistungsempfänger, verrechnet. Beratung für einen Fachbereich wird direkt an diesen verrechnet. Dadurch sind für jeden einzelnen Kostenträger, ebenso wie für die Kostenstellen, sowohl die primären, direkt zugebuchten, als auch die verrechneten, sekundären Kosten ersichtlich und auswertbar.

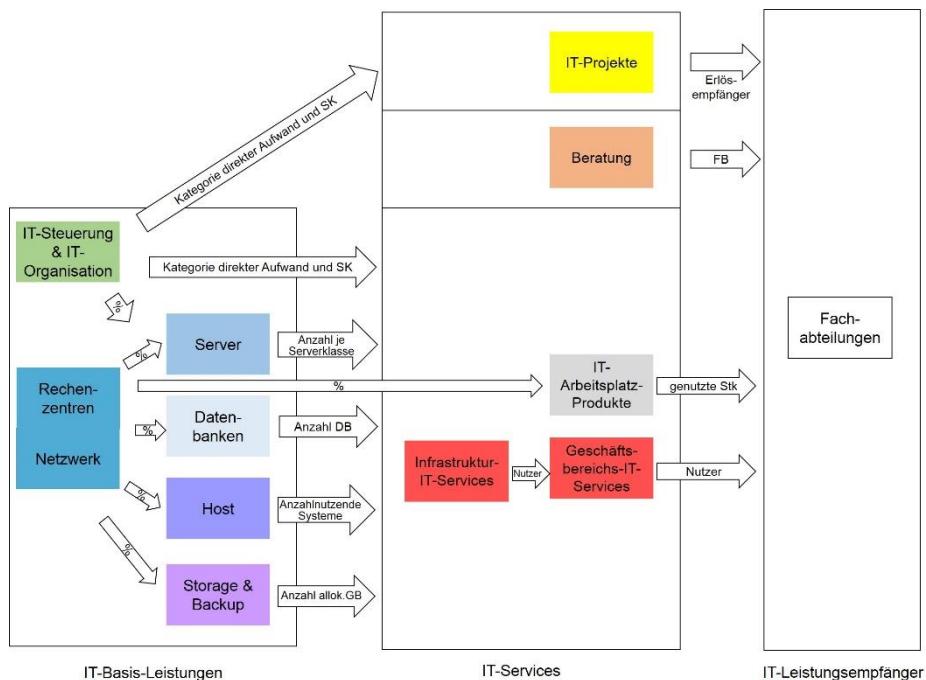


Abbildung 2: Verrechnungsschema

Verrechnungsschlüssel werden einmal jährlich aktualisiert, während die Verrechnung der Ist-Kosten monatlich erfolgt. Das heißt, es werden Ist-Kosten mit Plan-Mengen verrechnet. Durch eine Analyse der Ist-Kosten werden die Kostentreiber eruiert und die Bezugsgrößen für die Verrechnungsschlüssel entlang dieser gewählt.

**Verrechnungsschlüssel Infrastruktur-IT-Services und Geschäftsbereichs-IT-Services.** Infrastruktur-IT-Services werden an nutzende Geschäftsbereichs-IT-Services und Geschäftsbereichs-IT-Services werden an nutzende Fachbereiche verrechnet. Kostentreiber sind zumeist die Lizenzkosten und der Betreuungsaufwand. Beispielsweise sind für das Kernbankensystem die Lizenz- und Wartungskosten, sowie der Umsetzungsaufwand für Änderungswünsche je Modul, die Kostentreiber. Deshalb werden die direkt zuordenbaren Kosten je Modul auf eigenen Kostenträgern erfasst und die allgemeinen Systemkosten zu gleichen Teilen an diese verrechnet. Die Module wiederum werden an die nutzenden Fachbereiche verrechnet (beispielsweise Finanzbuchhaltung an das Finanzwesen).

**Verrechnungsschlüssel IT-Infrastruktur.** Server werden an nutzende IT-Infrastruktur-Services, Geschäftsbereichs-IT-Services und jene IT-Arbeitsplatz-Produkte welche Server verwenden verrechnet (beispielsweise Druckerserver an Drucker und Mailserver an LAN Accounts). Kostentreiber sind die Anschaffungskosten und der Wartungsaufwand je Server per se, in zweiter Linie auch die Serverleistung. Deshalb werden drei Serverkategorien anhand der Serverleistungen zu CPU und RAM gebildet. Im Verhältnis 1 zu 1,5 zu 2 werden pro Server und Serverkategorie Anteile verrechnet. Wird ein Server, beispielsweise ein Datenbankserver, von mehreren IT-Services genutzt, wird dieser zu gleichen Anteilen auf die IT-Services aufgeteilt. Zentraler Storage wird inklusive Backup an nutzende IT-Infrastruktur-Services, Geschäftsbereichs-IT-Services und das IT-Arbeitsplatz-Produkt LAN Account (für Speicherplatz für das Filesystem, Mailsystem, usw.) verrechnet. Kostentreiber sind die Anschaffung und der Wartungsaufwand für das Gesamtsystem, unabhängig von der Nutzung, sowie, untergeordnet, auch die Plattengröße. Als Bezugsgröße für den Verrechnungsschlüssel wird deshalb die Anzahl der nutzenden IT-Services verwendet. Da es aber viele sehr kleine IT-Services gibt, die im Vergleich zu anderen IT-Services, nur einen Bruchteil an Speicherplatz verwenden, werden als Bezugsgröße zusätzlich 3 Kategorien anhand der zugewiesenen Speicherplatzmenge gebildet.

**Verrechnungsschlüssel für IT-Steuerung und Organisation.** Aufwände zur IT-Steuerung & IT-Organisation, wie beispielsweise IT-Risikomanagement, IT Führung & Administration und Allgemeiner Overhead (vollständige Liste siehe Abbildung 1), werden an sämtliche IT-Basis-Leistungen, IT-Services und IT-Projekte verrechnet. Dieser Ansatz ermöglicht die Sichtbarkeit dieser Kosten auch auf vorgelagerten Kostenträgern, wie Servern, Datenbanken oder IT-Services. Dadurch können deren „vollständige“ Kosten in die Projektkostenkalkulationen einbezogen werden. Kostentreiber sind die Anzahl der IT-Mitarbeiter, Qualitäts- und Sicherheitsziele und die Anzahl und der Aufwand aller anderen IT-Leistungen. Die ersten beiden Kostentreiber würden eine Gleichverteilung an die Kostenempfänger nahelegen. Da der Overhead für IT-Steuerung & Organisation umso höher ist, je höher der Aufwand für aller anderen Leistungen eines Leistungsempfängers ist - beispielsweise ist der Overhead für Risikomaßnahmen und Ressourcenplanung für teure, große IT-Services

höher als für kleine IT-Services - werden anhand der direkten Kosten als Bezugsmenge 5 Kategorien gebildet, über welche im Verhältnis 1:5:10:20 Anteile von IT-Steuerung & IT-Organisation verrechnet werden.

**Verrechnungsschlüssel IT-Arbeitsplatz-Produkte.** Für IT-Arbeitsplatz-Produkte wird die Anzahl der durch den Fachbereich genutzten Stücke als Bezugsmenge für den Verrechnungsschlüssel verwendet.

## 5 Relevante Faktoren in der Gestaltung einer IT-LV zur Unterstützung eines aus Unternehmenssicht effektiven und effizienten IT-Einsatzes

### 5.1 Kostenträger: Auswahl nach Steuerbarkeit und Steuerungsrelevanz

Je mehr Kostenträger verwendet werden, desto höher ist der Aufwand für die Pflege (beispielsweise für die Definition von Verrechnungsschlüsseln und die Kostenbuchung), die Wahrscheinlichkeit für Falschbuchungen steigt und die Übersichtlichkeit und damit die Fokussierung auf die steuerungsrelevanten Bereiche, werden erschwert<sup>1</sup>. Andererseits verringert eine zu große Zusammenfassung auf nur wenige Kostenträger die Kostentransparenz und damit die Steuerbarkeit. Deshalb ist es sinnvoll, nur für Themen eigene Kostenträger zu wählen, die einerseits steuerungsrelevant und andererseits steuerbar sind [9-11] und die eindeutig zu anderen Kostenträgern abgrenzbar sind. Folgende Fragen können bei der Entscheidung, ob ein zusätzlicher Kostenträger verwendet werden soll, hilfreich sein:

- Steuerbarkeit: Ist eine Steuerung der Kosten und/oder Nutzung möglich und gewünscht<sup>2</sup>?
- Steuerungsrelevanz: Sind die erwarteten, zuzubuchenden Kosten in relevanter Höhe (zum Beispiel für Applikationen mehr als 50 Stunden an internem Aufwand oder mehr als 5.000€ an Primärkosten pro Jahr) oder ist der Bereich strategisch relevant?
- Ist der Kostenträger für einen zeitaufzeichnenden Mitarbeiter eindeutig und einfach von anderen Kostenträgern für IT-Basis-Leistungen, IT-Services oder IT-Projekte abgrenzbar?
- Unterscheidet sich der Verrechnungsschlüssel vom Verrechnungsschlüssel des Kostenträgers für einen ähnlichen Bereich?

---

<sup>1</sup> Im Fallstudienunternehmen wurde die Anzahl an Kostenträgern im Jahr 2010 von knapp 300 auf unter 200 im Jahr 2016 reduziert, obwohl die Anzahl an Projekten gestiegen ist.

<sup>2</sup> Beispielsweise werden im Fallstudienunternehmen Verzeichnisdienste (Active Directory, DNS,...) und andere Infrastrukturdienste (Load Balancing, Reverse Proxy,...) auf einem Kostenträger zusammengefasst. Auch für das Netzwerk wird nur ein Kostenträger eingesetzt, da die nutzenden IT-Services keinen Einfluss auf die Kostenhöhe und die Leistungsausprägung haben. Für SAP Module werden mehrere Kostenträger verwendet, da die Kosten deutlich unterschiedlich sind und eine Steuerung der Inanspruchnahme durch den Leistungsempfänger möglich ist.

- Für IT-Services: Ist eine von anderen IT-Services abgrenzbare Servicebeschreibung möglich und sinnvoll?

## 5.2 Verrechnungsschlüssel nach Kostentreibern, nicht nach Nutzungsintensität

Um dem Leistungsempfänger die Möglichkeit der Steuerung nicht nur seiner verrechneten, sondern auch der real anfallenden, IT-Kosten zu geben und damit eine Optimierung der Kosten/Nutzenrelation zu ermöglichen, ist es zielführend einen wesentlichen Kostentreiber als Basis für den Verrechnungsschlüssel zu wählen. So kann der Leistungsempfänger durch unterschiedliche Ausprägungen der Leistungsanspruchnahme die realen Kosten der vorgelagerten IT-Leistungen beeinflussen. In der Literatur wird als Bezugsgröße für den Verrechnungsschlüssel die Nutzungsintensität oder die Nutzungsmenge angegeben [5, 6, 8-10]. Diese, wie beispielsweise die Transaktionsmenge, Buchungszeilen oder Datenbankgrößen, sind mittlerweile nur noch selten Kostentreiber (mit Ausnahme von extremen Nutzungsintensitäts- oder Mengensteigerungen, die sprungfixe Kosten auf eine höhere Ebene heben). Verrechnungsschlüssel, die an den wesentlichen Kostentreibern, aber nicht unbedingt an der Nutzungsintensität ausgerichtet sind, sind beispielsweise:

- IT-Geschäftsbereichs-Services: Kostentreiber sind meist Lizizenzen und der Änderungsaufwand. Bezugsgrößen für Verrechnungsgrößen sollten entlang des Lizenzierungsmodells, beispielsweise genutzte Module oder Benutzertypen, gewählt werden.
- Server: Serverleistung (CPU, RAM) ist meist im Vergleich zum Betreuungsaufwand (Patchmanager, Monitoring, Asset Management, Management der virt. Infrastruktur, ...) ein untergeordneter Kostentreiber. Ein Verrechnungsschlüssel nach der Serverstückzahl ist möglicherweise ausreichend und mit geringerem Aufwand messbar. Um sprungfixe Kosten zur Serverleistung zu berücksichtigen, können für diese grobe Kategorien im Verrechnungsschlüssel gebildet werden.
- Storage: Kostentreiber ist (sofern nicht außerordentlich groß) nicht die Plattendgröße, sondern der Betreuungsaufwand für das System als Gesamtes und der Betreuungsaufwand für Systeme, die nicht dem Standard entsprechend angebunden werden können, oder nicht dem Standard entsprechende Performance benötigen. Ein Verrechnungsschlüssel entlang der Anzahl der nach Standard angebundenen Systeme kann ausreichend sein. Für vom Standard abweichende oder außerordentlich große Systeme können grobe Kategorien gebildet werden.

## 5.3 Nur IT-Services direkt an Fachbereiche verrechnen, die durch diesen sicht- und beeinflussbar sind

Eines der Hauptziele der internen IT-LV ist die Steuerungsmöglichkeit der IT-Kosten für den Leistungsempfänger [5, 6, 8-10]. Nicht alle IT-Kosten, insbesondere jene von vorgelagerten IT-Basis-Leistungen (Netzwerk, Rechenzentrum, teilweise auch Storage, Server und Datenbanken), Infrastruktur-IT-Services oder von IT-Organisation & IT-Steuerung, können aber vom endgültigen Leistungsempfänger, dem Fachbereich,

beeinflusst werden. Oft bestimmen auch Architektur- oder Sicherheitsvorgaben die Gestaltung und damit die Kosten. Deshalb ist es auch nicht sinnvoll, diese vorgelagerten IT-Leistungen und IT-Services direkt an den Fachbereich zu verrechnen oder deren Verrechnungsschlüssel mit dem Fachbereich abzustimmen. Werden diese vorgelagerten IT-Leistungen und IT-Services in einem ersten Schritt an IT-Services verrechnet, die diese nutzen, wie beispielsweise Geschäftsbereichs-IT-Services oder IT-Arbeitsplatz-Produkte, und diese erst im zweiten Schritt an den Fachbereich, entstehen zwei Vorteile. Erstens sind die vollständigen Kosten auf allen IT-Services, den vor- wie auch den nachgelagerten, sichtbar und können für die Steuerung und für externe Benchmarks verwendet werden. Zweitens sind für den Fachbereich nur jene IT-Leistungen und IT-Services sichtbar, die diese auch beeinflussen können. Dadurch werden für diesen keine Anreize gesetzt an Punkten Steuerungsmaßnahmen zu setzen, an welchen dies für das Gesamtunternehmen nicht sinnvoll wäre.

#### **5.4 Verrechnungsschlüssel und verrechnete IT-Services nicht als Anreiz für Kostenminimierung nur für einzelne Leistungsempfänger gestalten**

Verrechnete IT-Kosten beeinflussen, wie Kennzahlen im Allgemeinen, das Verhalten. „*What you measure is what you get*“ [12] - für gemessene Bereiche setzen Mitarbeiter implizit oder explizit Aktionen, um sie in die vermutet gewünschte oder vorgegebene Richtung zu verändern. Der Kostenempfänger versucht seine sichtbaren Kosten zu senken. Bei nutzungsoorientiert gestalteten Verrechnungsschlüssel bedeutet dies eine reduzierte Nutzung. Dies ist aber in vielen Fällen auf Unternehmensebene, beispielsweise für die Wirtschaftlichkeit eines größeren Bereichs, die Qualität, Kundenzufriedenheit, Sicherheit, Strategieerfüllung, Zukunftsfähigkeit, usw. nicht förderlich. Beispiele hierfür sind:

- Die Einzelverrechnung von Benutzerhelpdesk-Anfragen führt zu geringerer Inanspruchnahme, da Mitarbeiter versuchen sich aufwandsintensiver selbst zu helfen, oder diese verwenden Funktionen, die die Effizienz und Effektivität verbessern würden, nicht.
- Verrechnung nach Mengen an Speicherplatz im Mail- oder Filesystem führt zu zeitaufwändigem Aussortieren und Löschen durch die Mitarbeiter. Dieser Aufwand steht mittlerweile in keiner Relation zu den Kosten mehr.
- Die Einzelverrechnung von Test- und Abnahmumgebungen führt dazu, dass diese nicht verwendet werden und Testaktivitäten, und damit die Softwarequalität, verschlechtert wird. Im Fallstudienunternehmen wird deshalb für Produktionsserver, automatisch eine Test- und Abnahmumgebung mitverrechnet.
- Die Verrechnung von Servern mit Verrechnungsschlüsseln anhand der Serverleistung, (die oft keinen Kostentreiber darstellen), kann zu nicht ausreichender Dimensionierung und damit schlechter Performance oder Ausfällen führen.
- Die Einzelverrechnung von Sicherheitstools (beispielsweise Mailverschlüsselung oder Passwortstore) führt zu geringerer Nutzung.

Wenn die Gefahr einer Steuerung gegen Unternehmensinteressen besteht, aber verrechenbare Services und Verrechnungsschlüssel nicht anders gestaltet werden können, können ergänzend organisatorische und technische Maßnahmen eingesetzt

werden. Beispiele sind die Verpflichtung zu Mindestdimensionierung von Serverleistung oder die technische Verhinderung der Nutzung von durch den Nutzer mitgebrachter Software oder Hardware. Im Fallstudienunternehmen muss laut Architekturvorgaben beispielsweise zentraler statt lokalem Speicher verwendet werden und für Storage wird automatisch ein Backup eingerichtet.

### **5.5 IT-Leistungsverrechnung um nicht kostenbezogene Kennzahlen ergänzen**

Mit einer internen IT-LV werden nur Kosten betrachtet. Wenn keine anderen Kennzahlen für beispielsweise Erlöse, Qualität, Kundenzufriedenheit oder Innovationskraft im Sinne eines Kennzahlensystems eingesetzt werden, kann die Fokussierung auf Kosten negative Steuerungseffekte aus Unternehmenssicht haben. Beispielsweise werden für die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens sinnvolle Aufwände, wie die Ablöse von Altsystemen oder die Einführung neuer Services, verzögert, um die entstehenden Einmalkosten nicht tragen zu müssen oder der Aufwand für Weiterbildung oder innovationsvorbereitende Technologieanalysen wird gering gehalten, weil dieser nicht direkt verrechenbar ist. Deshalb ist es zur Steuerung in Richtung mittel- und langfristiger Unternehmenswertsteigerung zielführend weitere Kennzahlen, neben der IT-LV, einzusetzen.

### **5.6 Gesetzte Verrechnungsschlüssel für querschnittlich zu nutzende IT-Services**

Um die Einführung und Verwendung von strategisch gewünschten, querschnittlich genutzten IT-Services und IT-Infrastrukturkomponenten (shared services) zu fördern, kann vom Prinzip der Verrechnung an die Leistungsempfänger abgewichen werden und eine Verrechnung nicht nur an die ersten, bereits vorhandenen, sondern an alle potentiellen Nutzer erfolgen. Das Ziel der querschnittlichen Nutzung wird dadurch unterstützt, die Inanspruchnahme gefördert und Leerkosten durch unzureichende Nutzung vermindert. Ein Beispiel ist eine zentrale Benutzerverwaltung die an alle Geschäftsbereichs-IT-Services verrechnet wird, auch wenn diese (noch) nicht von allen genutzt wird. Ein anderes Beispiel ist eine zentrale Dokumentenaustauschplattform die, als Teil eines IT-Arbeitsplatzprodukts, ohne Abwahlmöglichkeit, an alle Fachbereiche verrechnet wird. Eine weitere Variante ist die Verrechnung von initialem Implementierungskosten von querschnittlichen Services an eine Abrechnungseinheit und nicht an Nutzer, um keine negativen Nutzungsanreize zu schaffen. Erst die laufenden Kosten werden an die Nutzer verrechnet. Abzulösende querschnittliche IT-Services, die zuvor an alle, und nicht nur an die Nutzer verrechnet wurden, können wiederum nur noch an die (letzten) Nutzer verrechnet werden, um Anreize zur Ablöse zu setzen. Dieses Vorgehen entspricht dem Kostentreiberprinzip, da die verbleibenden Nutzer die realen IT-Kosten beeinflussen und verursachen.

## 6 Evaluierung

Die in der Fallstudie gefundenen Faktoren werden in Bezug auf Aktualität und Generalisierbarkeit, sowie Relevanz für die Steuerung in Richtung eines aus Unternehmenssicht optimierten IT-Einsatzes, durch 6 leitende IT-Mitarbeiter aus unterschiedlichen Unternehmen evaluiert (Rolle Geschäftsführer, CIO oder IT-Bereichsleiter). Die Befragten bewerten dabei die oben beschriebenen Faktoren auf einer Schulnotenskala. Tabelle 1 zeigt die einzelnen Bewertungsergebnisse, sowie in Klammer den Durchschnitt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Aktualität, Generalisierbarkeit und Relevanz durch eine Expertengruppe für alle identifizierten Faktoren mit gut oder sehr gut beurteilt wird.

**Tabelle 1: Evaluierung der 6 Faktoren (Schulnotenskala)**

Faktor		Aktualität	Generalisierbarkeit	Relevanz
1. Kostenträger: Auswahl nach Steuerbarkeit und Steuerungsrelevanz		2, 1 ,2, 2, 1, 1 (1,5)	1, 2, 1, 2, 1, 2 (1,5)	2, 1 ,1, 1, 1, 2 (1,3)
2. Verrechnungsschlüssel Kostentreibern, nicht Nutzungsintensität	nach	1, 1 ,1, 1, 2, 2 (1,3)	1, 1 ,1, 3, 3, 2 (1,8)	2, 1 ,3, 1, 2, 2 (1,8)
3. Nur IT-Services und IT-Leistungen direkt an Fachbereiche verrechnen, die durch diesen sicht- und beeinflussbar sind		1, 1 ,1, 2, 2, 1 (1,3)	1, 1 ,2, 4, 4, 2 (2,3)	1, 1 ,1, 2, 1, 2 (1,3)
4. Verrechnungsschlüssel und verrechnete IT-Services nicht als Anreiz für Kostenminimierung nur für einzelne Leistungsempfänger gestalten		1, 1 ,1, 1, 1, 2 (1,2)	1, 1 ,2, 4, 2, 4 (2,3)	1, 1 ,2, 1, 1, 2 (1,3)
5. IT-Leistungsverrechnung um nicht kostenbezogene Kennzahlen ergänzen		1, 1 ,1, 2, 4, 5 (2,3)	2, 2 ,2, 3, 3, 2 (2,3)	1, 1 ,1, 1, 4, 1 (1,5)
6. Gesetzte Verrechnungsschlüssel für querschnittlich zu nutzende IT-Services		1, 1 ,2, 2, 2, 2 (1,7)	2, 2 ,2, 3, 4, 1 (2,3)	1, 1 ,2, 1, 2, 2 (1,5)

## 7 Fazit und Ausblick

Mit der Wahl der passenden Verrechnungsschlüssel und Kostenträger kann eine interne IT-LV so gestaltet werden, dass für Leistungsempfänger nicht nur Anreize zur individuellen Kostenminimierung, sondern zum für das Unternehmen als Ganzes effektiven und effizienten IT-Einsatz, gesetzt werden. Dazu zählt beispielsweise die Auswahl der Kostenträger nach Steuerbarkeit und Steuerungsrelevanz, die Verrechnung nur von IT-Services direkt an Fachbereiche, wenn diese von diesen sicht- und beeinflussbar sind und die Steuerung über gesetzte Verrechnungsschlüssel für querschnittlich zu nutzende IT-Services. Dadurch kann die IT-LV nicht nur für die operative Kostensteuerung, sondern auch als Instrument im strategischen Management eingesetzt werden. Dieser Aspekt wurde in der akademischen Diskussion bisher nicht ausreichend betrachtet. Da deskriptive Beschreibungen von erprobten, funktionsfähigen IT-LV Systemen in der akademischen Literatur nur vereinzelt und nicht detailliert vorhanden sind, kann die in diesem Paper beschriebene Methode auch

als Startmodell für eine aufwandsreduzierte Ausgestaltung in der Praxis verwendet werden. Um die Validität und Anwendbarkeit der gefundenen Faktoren zu prüfen könnte eine Verwendung in einem anderen Unternehmen begleitet und evaluiert werden. Das Ergebnis des Papers ist, aufgrund des explorativen Ansatzes, kein abstraktes Referenzmodell das eine idealtypische Realität darstellen würde. Um die Wiederverwendbarkeit zu verbessern, könnte, auf Basis weiterer Fallbeispiele, ein solches entwickelt werden. Um die Repräsentativität auszubauen, könnten die nun in strukturierter Form verfügbaren Faktoren, auch mit größeren Fallzahlen durch quantitative Methoden weiterbearbeitet werden.

## Literatur

1. Schäfer, D.: *Lean-Informationstechnik im Finanzdienstleistungssektor: Wege zu Prozess- und Kostenoptimierung mit ITIL & Lean*. Springer, Wiesbaden (2015).
2. Tiemeyer, E.: *Handbuch IT-Management: Konzepte, Methoden, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis*. Carl Hanser, Wien (2006).
3. Gadatsch, A., Kütz, M., Freitag, S.: *Ergebnisse der 5. Umfrage zum Stand des IT-Controllings im deutschsprachigen Raum*. Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin (2017).
4. Yin, R.: *Case study research: Design and methods*. SAGE Publications, Los Angeles, California (1994).
5. Gadatsch, A.: *IT-Controlling: Praxiswissen für IT-Controller und Chief-Information-Officer*. Springer, Wiesbaden (2012).
6. Kesten, R., Müller, A., Schröder, H.: *IT-Controlling: IT-Strategie, Multiprojektmanagement, Projektcontrolling und Performancekontrolle*. Vahlen, München (2013).
7. Coenenberg, A.G., Fischer, T.M., Günther, T.: *Kostenrechnung und Kostenanalyse*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart (2012).
8. Schwertsik, A., Westner, M.: *Produktorientierte IT-Leistungsverrechnung als Brückenschlag zwischen IT-Leistungserstellung und -verwendung: Fallstudie anhand eines international führenden Industriegüterunternehmens*. In: Barton, T., Erdlenbruch, B., Hermann, F., Müller, C. (eds.). *Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik: Prozesse, Technologie, Anwendungen, Systeme und Management*, pp 78 -91. Verlag News & Media, Berlin (2014).
9. Helmke, S., Uebel, M.: *Managementorientiertes IT-Controlling und IT-Governance*. Springer, Wiesbaden (2013).
10. Kütz, M.: *IT-Controlling für die Praxis: Konzeption und Methoden*. dpunkt.verlag, Heidelberg (2013).
11. Fechner, H.: *Referenzprozessmodell für eine serviceorientierte IT-Leistungsverrechnung*. Logos, Berlin (2015).
12. Kaplan, R.S., Norton, D.P.: *The balanced scorecard: measures that drive performance*. Harvard Business Review 70, 71–79 (1992).

# **Student Track**

## **Teilkonferenzleitung**

Bernd Schenk  
Markus Weinmann  
Markus Weinmann



# **Disaggregation von Lastkurven privater Haushalte im Kontext der Energiewende – Informationsgewinn für den Energiekonsumenten?**

Marcel Saager<sup>1</sup>, Patrick Baber<sup>1</sup>, Maximilian Meyer<sup>1</sup>, Stefan Wunderlich<sup>1</sup>, Alexander Sandau<sup>1</sup> und Jorge Marx Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carl von Ossietzky Universität, Department für Informatik, Lehrstuhl VLBA, Oldenburg, Deutschland

{marcel.saager,patrick.baber,maximilian.meyer,stefan.wunderlich,alexander.sandau,jorge.marx.gomez}@uni-oldenburg.de

**Abstract.** Dieser Beitrag umfasst eine empirisch-qualitative Erhebung, die im Zusammenhang mit User Experience im Energiemonitoring durchgeführt wurde. Dafür wurde ein Prototyp entwickelt, der auf Basis des NILM-Toolkits eine Disaggregation von Lastkurven privater Haushalte durchführen kann. Für den Endkunden wurde eine mobile Applikation entwickelt, die die Nutzerdaten aus der Disaggregation anzeigen kann. Zu diesem Zweck wurden Probanden hinsichtlich möglicher Informationen und Interaktionen in einer Applikation befragt. Abschließend wurden diese Ergebnisse evaluiert und Empfehlungen zu den wichtigsten Informationen und Funktionen abgeleitet.

**Keywords:** User Experience, Energiemonitoring, Machine Learning, Energieinformatik, Disaggregation

## **1 Motivation**

Die Energiebranche unterliegt einem massiven Veränderungsprozess. Im Zuge des starken Wachstums der dezentralen Energieversorgung [1] müssen Politik, Unternehmen und Konsumenten neue Lösungsansätze partizipativ entwickeln, um den Stromverbrauch zu minimieren und das Elektrizitätsnetz besser regulieren bzw. entlasten zu können. Der Fokus der großen Energieversorger, mit Bezug auf die Energiewende, galt vorrangig der flächendeckenden Einführung und der Inbetriebnahme von erneuerbaren Energiequellen [2]. Doch durch die EEG-Umlage müssen private Konsumenten einen Teil der Subventionen der erneuerbaren Energien tragen [3] und nehmen somit eine aktive Schlüsselfunktion als Akteur in der Gestaltung der Energiewende ein. Die zeitnahe Bereitstellung umfassender Informationen, mit denen es dem Konsumenten möglich ist aktiver am Energiemarkt teilzunehmen, stellt einen vielversprechenden Ansatz dar. Durch einen höheren Informationsgrad kann der Konsument für den eigenen Energieverbrauch sensibilisiert werden, sodass sie bewusst an der Energiewende teilnehmen können. Dabei gilt es sowohl informative als auch

technische Herausforderungen zu bewältigen: Dem Konsumenten stehen die aggregierten Informationen über seinen Energieverbrauch bereits zur Verfügung. Mit der Nutzung von digitalen Stromzählern können diese Informationen in variablen Intervallen digital abgerufen, gespeichert und als Lastkurven abgebildet werden [19]. Jedoch bleibt der Informationsgehalt beschränkt. Wird nicht vor jedem Energieverbraucher ein eigener Messpunkt installiert, steht auch bei digitalen Stromzählern nur eine aggregierte Lastkurve aus allen Verbrauchern zur Verfügung. Durch Methoden der Disaggregation von Lastkurven, zur Ermittlung der Lastprofile von Verbrauchern in privaten Haushalten, kann diese Informationslücke geschlossen und detaillierte Informationen für den Konsumenten bereitgestellt werden. Jedoch bleibt die Fragestellung offen, ob die Disaggregation von Lastkurven einen Mehrwert im Sinne einer Wissensgenerierung und Selbstreflektion für den Konsumenten bietet.

Bis zum Jahr 2014 hat sich unter anderem das von der Bundesregierung initiierte Forschungsprojekt E-Energy mit dem Thema befasst. Hierbei kam heraus, dass sich Kunden durch einen Informationszugewinn in ihrem Verhalten beeinflussen lassen [24], was für diese Forschungsarbeit von hoher Bedeutung ist. Andere Möglichkeiten unter der Verwendung von Smart Meter-Daten können zum Beispiel Clusteranalysen sein, die in variablen Tarifen gipfeln [25, 26]. Mit der exakten Thematik dieses Papers befassten sich ebenfalls ein Forschungsteam aus den USA, die der Frage nachgehen, ob die Disaggregation überhaupt die Lösung vieler Probleme ist. Dabei werden auch finanzielle Vorteile der Akteure angesprochen [4].

Um ein besseres Verständnis der Rahmenbedingungen zu erhalten wird in Abschnitt 2 die Energiewende in Deutschland näher beschrieben. In Abschnitt 3 ist die Problemstellung und Forschungsfrage mit Bezug auf die erläuterten Herausforderungen der Energiewende formuliert. Abschnitt 4 beschreibt die prototypische Umsetzung einer softwareseitigen Applikation zur Disaggregation von Lastkurven. Abschnitt 5 beschreibt die Anforderungserhebung für die Visualisierung der Informationen unter Anwendung von Interviews. Abschnitt 6 schließt mit einem kurzen Fazit und Ausblick.

## 2 Energiewende in Deutschland

Der Begriff Energiewende steht für die Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung in den Bereichen Strom, Mobilität und Wärme [5]. Bei der Energiewende wird gemäß der Bundesregierung ein „Zwei-Säulenprinzip“ verfolgt. Einerseits sollen die erneuerbaren Energien alternativ zur Kernkraft ausgebaut werden. Andererseits steht die Energieeffizienz im Mittelpunkt. Hierbei wird unter anderem das Einsparen vom elektrischen Strom und das Identifizieren von hohen Stromverbrauchern thematisiert [23]. Die Stromgewinnung aus nuklearen und fossilen Brennstoffen, also Braunkohle und Erdöl soll reduziert werden, sodass bis zum Jahre 2025 40 bis 45 % und bis 2050 mindestens 80 % des produzierten Stroms aus regenerativen Quellen erzeugt wird [6, 7]. Dies ermöglicht neue Geschäftsmodelle und Beschäftigungen, da innovative Dienste für die Energiewende umgesetzt und zahlreiche neue Arbeitsplätze geschaffen werden können [8]. Ein ähnlicher Trend ist

bei der Erstellung von Nachhaltigkeitsberichten zu erkennen. Große Unternehmen sind verpflichtet, ihren Umgang mit Energie transparent offenzulegen [9]. Deutschland bemüht sich flächendeckend Windparks zu errichten, die einen Atomausstieg begünstigen sollen [10]. Eine weitere Möglichkeit grünen Strom zu erzeugen sind Photovoltaikanlagen. Sichtbar entwickelt sich ein Trend seitens der Unternehmen zusammen mit Privatpersonen, funktionierende Marktmechanismen in diesen Bereichen aufzubauen [11]. Aktuell wird prognostiziert, dass im Jahr 2017 43,3 GW Photovoltaikleistung installiert sein wird. Im Jahr 2016 waren es noch 41,27 GW, was einen Anstieg von ca. 2 GW bedeuten würde [12].

Die Marktbarrieren sind indes noch immer vorhanden. Ein großes Problem ist die mangelnde Akzeptanz der Kunden [13, 14]. Außerdem können durch die prekäre Rechtssituation Konsumenten, oder in diesem Fall Prosumer, nicht als normale Stromlieferanten zugelassen werden [15].

Darüber hinaus zeichnet sich im privaten Bereich eine neue Entwicklung ab. Aufgrund der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparender Anlagentechnik bei Gebäuden, kurzum die Energieeinsparverordnung EnEV, werden gerade private Haushalte und Hausbauer in die Pflicht genommen [16]. Gemäß EnEV darf Strom, der aus erneuerbaren Energien gewonnen wird, bei der sich die Quellen in einem bestimmten Haus befinden, von dem zu berechneten elektrischen Energiebedarf abgezogen werden. Die rechtlichen Bedingungen und die Berechnungsgrundlagen sind genauer im EnEV erläutert. Die Energiesparverordnung zur dezentralen elektrischen Energieerzeugung gilt als ein zentrales Anreizsystem, um über den eigenen Energiebedarf und -verbrauch nachzudenken [17]. An dieser Stelle kann dem Prosumer und Konsumenten durch die Disaggregation von Lastkurven der eigene Bedarf und Verbrauch aufgeschlüsselt als Hilfestellung dienen. Durch eine sinnvoll aufbereitete Applikation ist darauf aufbauend eine nachfrageorientierte Bereitstellung von stromrelevanten Informationen möglich.

Eine weitere wichtige Entwicklung ist der Austausch von Ferraris-Zähler der privaten Haushalte durch digitale Stromzähler [18]. Die schon seit den 90er Jahren bei Großkunden in Betrieb genommenen Stromzähler speichern den Stromverbrauch digital und können diesen in ein Kommunikationsnetz weiterleiten. Dabei können diese Daten auch aus der Ferne ausgelesen werden, sodass ein Ablesen des Zählerstandes vor Ort nicht mehr notwendig ist. Zudem ist die Frequenz der Übermittlung der Daten höher, wodurch es möglich ist, dem Kunden Informationen auf Monats- oder Tagesbasis anzuzeigen [19]. Dies lässt verschiedene Anwendungsfälle zu, die in disruptive Technologien und neue Geschäftsmodelle gipfeln können. Je höher die Frequenz dieser Daten ist, desto besser kann zum Beispiel die Disaggregation von Lastkurven einzelner Verbraucher durchgeführt werden. Deshalb sollte die bisherige Entwicklung, intelligente Stromzähler in private Haushalte zu verbauen, weiter fortgeführt werden. Es wird angestrebt, intelligente Energiemarkte und Netze zu errichten um das Potential dieses Technologiewandels auszunutzen [22].

Ein gesellschaftlicher Trend, der sich aus den aktuellen Umweltereignissen ergibt, fordert das Land und die Gesellschaft dazu auf, ihr Handeln und den Konsum von Energie zu überdenken. Die negativen Auswirkungen der Umweltbelastung durch fossile Brennstoffe und nukleare Kernenergie, nehmen in der gesellschaftlichen

Diskussion einen höheren Stellenwert ein. Daraus folgt, dass die Bundesregierung den Erzeugern und Konsumenten Anreize bietet, den Markt neu zu gestalten. Dies führt zu neuartigen Technologien, die den Energiemarkt bestimmen. Zum einen durch den Einbau intelligenter Stromzähler und zum anderen, dass Endverbraucher in die Pflicht genommen werden, sich aufgrund von Gesetzen und Verordnungen, am Ausbau eines intelligenten sowie nachhaltigen Marktes zu beteiligen.

### 3 Problemstellung

Da jeder Konsument grundsätzlich auf seinen Vorteil bedacht ist, müssen Anreize etabliert werden, diesen Trends und Bestimmungen Folge zu leisten. Dieser Beitrag fokussiert die Identifikation dieser Anreizmechanismen, um eine gesellschaftliche Akzeptanz zu fördern. Es ist davon auszugehen, dass das Vorwissen, die Pflichten und die Bedürfnisse der für die Energiewende im Zentrum stehenden Konsumenten, individuell sind.

Es wird deutlich, dass der Konsument im Zentrum der Energiewende steht. Der Informationszugang des Konsumenten zu seinem Energieverbrauch, um diesen bestmöglich in der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension zu optimieren, muss aufgrund der verschiedenen Vorkenntnisse einfach gestaltet sein. Deshalb wird dem softwarebasierten Zugang in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle eingeräumt. Die Informationen, die für den Kunden gewonnen werden, sollen nicht durch unsichere Sensorik gesammelt werden, die an verschiedenen Stellen im Haushalt angebracht werden können [20]. Um z. B. Informationen über den Stromverbrauch einzelner Geräte zu sammeln, müssten mehrere Strommessgeräte angeschafft und eingerichtet werden, was Kosten und Aufwand verursacht. In dieser Arbeit wird ein Softwarekonzept vorgestellt, das Lastkurven privater Haushalten disaggregiert. Die Software arbeitet ohne zusätzliche Sensorik und basiert ausschließlich auf den Daten des intelligenten Stromzählers.

Damit der Konsument ein höheres Bewusstsein für den Stromverbrauch entwickeln kann, muss die Datenbasis um zusätzliche Informationen ergänzt werden. Über das Anzeigen von energiebezogenen Daten des eigenen Haushalts, kann das Konsumbewusstsein des Anwenders erhöht werden. Diese Informationen könnten durch die Disaggregation von den Lastkurven des Gesamtstromverbrauchs des Haushalts gewonnen werden. Hierbei muss ermittelt werden, wie diese Informationen so einfach wie möglich für den Konsumenten aufbereitet werden können. Deshalb sind insbesondere Informationen über Verbräuche, Kosten oder den aktuellen Strompreis von Bedeutung.

Da eine Software den Prosumer dazu motivieren soll, mehr Verantwortung bei der Energiewende zu tragen, ist die Informationsgrundlage zu ermitteln. Dahingehend ist die Frage zu beantworten, welche Gewohnheiten ein Konsument preisgeben möchte und inwieweit dies mit der Rechtsprechung vereinbar ist.

Daraus leitet sich folgende Fragestellung ab: Welche Informationen könnten auf Grundlage eines exakt aufgeschlüsselten Energieverbrauchs durch Disaggregation,

eingebettet in einer Applikation, dem Konsumenten und somit auch der Energiewende förderlich sein?

## 4 Prototyp

Das Konzept der Disaggregation von Lastkurven wurde durch einen Software-Prototypen unter Laborbedingungen umgesetzt. Ein Großteil des Prototyps basiert auf dem NILMTK<sup>1</sup> (Non-intrusive Load Monitoring Toolkit), das aufgrund seiner Bedeutung detailliert erklärt wird. Entwickelt wurde NILM, als Basis des intelligenten Energiemonitoring. Das Toolkit mit statistischen Anwendungen, die überprüfen zu wie viel Prozent ein Gerät, auf Basis eines Datensatzes, aus einer Lastkurve erkannt werden kann. Das Ziel war es diesen Prozess im Hintergrund durchzuführen ohne den Anwender einzubinden. Ein weiteres Ziel war es, keine Zwischenmessstationen elektrischer Energie einzusetzen. Die Funktionsweise des Toolkits wurde im Laufe der Implementierung angepasst, da es nicht auf eine Echtzeitauswertung ausgelegt ist.

Zuerst ist es notwendig Vergangenheitswerte von Geräten auf einer Datenbank zu lagern. Mithilfe von Metadaten die das Framework beschreiben und Informationen zu den Stromdaten (Art der Geräte und Aufnahmeparameter) angeben, kann ein Testdatensatz generiert werden. Aus diesem wird unter Verwendung eines Converters eine Datei im HDF5-Format erstellt. Der Converter musste hierbei eigens an die prototypischen Verhältnisse angepasst werden. Ursprünglich brachte der Converter die Datensätze in ein .dat- Format, um diese anschließend gesammelt in eine HDF5-Datei zu verbinden. Dazu kam das Einbeziehen besagter Metadaten, welche die einzelnen Verbraucher beschreiben. Der abgeänderte Converter dagegen kann die auf der Datenbank gelagerten Daten direkt in das HDF5-Format bringen und die dazugehörigen Metadaten werden hierbei stark gekürzt. Die Betrachtung der Abbildung 1 macht dieses Vorgehen deutlicher.

Die nun erstellte HDF5-Datei bildet jeweils die Basis zur Erstellung einer Trainingskurve und einer Testkurve, die nun disaggregiert werden können. Bestandteile dieser Datei sind Daten jener Geräte, die erkannt werden sollen. Der erste Schritt der Disaggregation sieht vor, mit den vorhandenen Verbrauchsdaten der Geräte ein statistisches Modell zu trainieren. Die Lastprofile jener Geräte, die später erkannt werden sollen, werden dem Algorithmus antrainiert. Der zweite Schritt ist nun das Erkennen der Geräte aus dem aggregierten Lastprofil. Das NILMTK besitzt dafür Algorithmen, die nach dem *Factorial Hidden Markov Model* und der *Combinatorial Optimization* arbeiten. Das Ergebnis der Operationen ist die Erkennung, wann die einzelnen Endgeräte angeschaltet waren und wie viel Strom diese verbraucht haben. Im letzten Schritt bietet das NILMTK die Funktion, die Ergebnisse mit den tatsächlichen Verbräuchen zu vergleichen. Je nach Metrik wird dann eine Aussage über die Güte der Disaggregation gegeben.

Die Entwicklung des Prototyps lief unter dem Arbeitstitel *pyranha*. In Abbildung 1 ist ein Komponentendiagramm des Prototyps abgebildet. Die linke Seite der Abbildung

---

<sup>1</sup> <https://github.com/nilmtk/nilmtk>

stellt die Datenerhebung dar. Mithilfe einer Stromquelle erfasst der digitale Stromzähler Wattwerte, die weiterverarbeitet werden. Durch eine optische Schnittstelle, die an dem digitalen Stromzähler angebracht ist, werden die Wattwerte in eine InfluxDB geschrieben. Die InfluxDB ist eine spezielle Datenbank, die die Messwerte mit einem dazugehörigen, eindeutig identifizierbaren Zeitstempel speichert. Dieser Zeitstempel dient somit als Primärschlüssel des Tupels. Aus der Datenbank werden die Tupel (Zeitstempel + Wattwerte) mit einem Converter in das HDF5 (H5) Format umgewandelt. Dieses Format benötigt das NILMTK um die Disaggregation durchzuführen. Die Lastkurve wird disaggregiert und die gewonnenen Informationen werden in die Datenbank auf einen neuen Tabellenabschnitt gelegt.

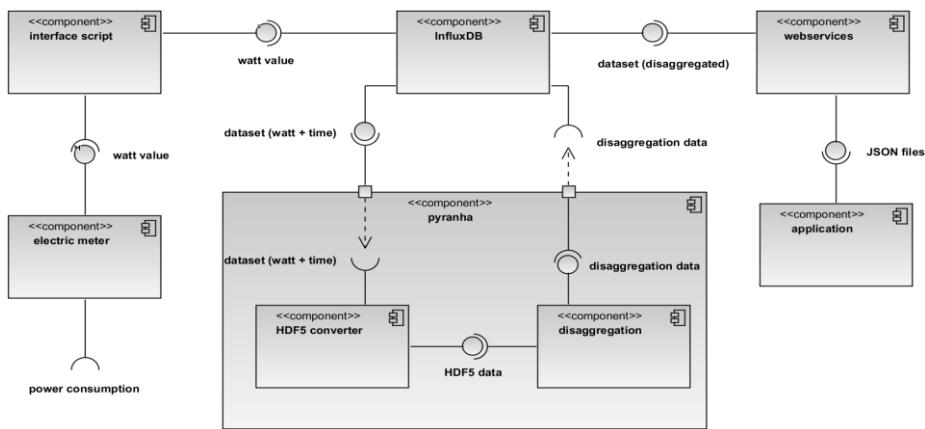


Abbildung 1. Komponentendiagramm des Prototyps zur Disaggregation von Lastkurven.

Für die Visualisierung wurde eine Applikation entwickelt, die konzeptionell und inhaltlich auf dieser wissenschaftlichen Arbeit beruht. Technisch wurde ein Webservice erstellt, der die disaggregierten Werte der InfluxDB im JSON-Format abrupt und für die mobile Applikation bereitstellt.

## 5 Empirisch-qualitative Erhebung

Für die Evaluation wurden semistrukturierte Interviews durchgeführt. Es wurden Probanden ausgewählt, die sich mit dem Thema Energie intensiver als der durchschnittliche Konsument beschäftigen. Insgesamt wurden acht Probanden aus dem Umfeld der Energiewirtschaft und Softwareentwicklung im Raum Oldenburg befragt und unter Verwendung eines strukturierten Interviewleitfadens nach Mayring [21] durch das Gespräch geführt. Dabei wurde das Gespräch aufgenommen und anschließend transkribiert.

## 5.1 Vorgehen

Insgesamt verfügt der Fragebogen über 18 Leitfragen. Zu jeder Fragestellung existieren eine oder mehrere Fragen, um gezielt Informationen aus dem Probanden zu eruieren. Deshalb wird zur Erklärung der Leitfaden in fünf Abschnitte aufgeteilt. Im Abschnitt zur Person wird der berufliche und biografische Hintergrund des Probanden erhoben. Dies hat den Zweck den Probanden an die Sprechsituation zu gewöhnen und ihn für die nachfolgenden Themen kommunikativer zu machen. Der zweite Abschnitt umfasst Fragen zum Energiemarkt. Insbesondere das Bewusstsein zur Energie und dem privaten Verhalten mit Energie soll erhoben werden. Im dritten Abschnitt folgen Fragen zum Nutzungsverhalten von mobilen Endgeräten und wie die Aufbereitung energiebezogener Daten bevorzugt wird. Der vierte Abschnitt ist der Kern des Fragebogens, da dieser direkt in Verbindung mit dem Prototyp zur Disaggregation von Lastkurven steht. Der Proband soll abschätzen, wie die Geräteerkennung im privaten Umfeld eingesetzt würde und welche Informationen nützlich seien. Zum Schluss des Interviews soll der Proband die Disaggregation von Lastkurven kritisch reflektieren und andere Anwendungsszenarien aufzeigen.

## 5.2 Auswertung

Zur Auswertung wird eine Analyse und Interpretation der Interview-Studie durchgeführt. Als unterstützende Software wird MAXQDA angewendet. Dafür wurde ein Kodierleitfaden erstellt, der die zur systematischen Analyse der Interviews verwendet wird. Die Ergebnisse des Kodierleitfaden werden anhand von drei Oberpunkten beschrieben und interpretiert. Dabei wurde ermittelt, welche primären Informationen in einer App visualisiert und dem Konsumenten zur Verfügung gestellt werden müssen. Diese wurden in zwei Kategorien aufgeschlüsselt, die die Informationen und die Funktionen abbilden. Außerdem gibt es eine allgemeine Kategorie, die die Forschungsfrage thematisiert.

Bei 7 von 8 Probanden ist die Selbsteinschätzung, über ihr Bewusstsein für Energie sehr hoch. Sie legen Wert auf Netzstabilität, und sparen aktiv Strom, dabei sind auch energieeffiziente Geräte sehr wichtig. Drei der 7 Probanden legen trotzdem weniger Wert auf ihren Stromverbrauch. Sie relativieren die Relevanz da ihnen Anreize verwehrt bleiben und sie Strom ohnehin verbrauchen. 6 Probanden kontrollieren ihren Stromverbrauch stetig, zwei von ihnen passen den Stromverbrauch aktiv an. Signifikant ist, dass vier Probanden bereits als Produzenten tätig sind, da sie eine Photovoltaikanlage besitzen. Dies hat vorrangig finanzielle Gründe.

Alle Probanden erwarten einen persönlichen Vorteil von den gesammelten Daten durch digitale Stromzähler, dennoch können diese Daten eine Sensibilisierung der Gesellschaft ermöglichen. Für Energieversorger könnten derartig aufbereitete Daten bessere Planungsmöglichkeiten bedeuten. Die Abbildung von einzelnen Verbrauchsgeräten kann helfen Einsparpotenziale in Haushalten zu identifizieren. Eine Zeitvermarktung ermöglicht die Weitergabe an Unternehmen, um defekte Geräte zu erkennen.

Im Anschluss sollten die Probanden ihre Nutzungsaffinität mobiler Endgeräte einschätzen. Im Kontext einer energiebasierten mobilen Applikation sind zwei Probanden skeptisch. Dennoch könnte sich ein Interesse entwickeln, falls eine Applikation zur Verfügung stünde. Als Alternative kann eine festinstallierte Station, anhand des Vorbilds der Photovoltaik-Anlagen, oder auch dezentrale Informationen z. B. an einer Küchenuhr, geeignet sein. Eine mobile Website mit Login-Funktion hingegen wurde von einigen Befragten abgelehnt. Auf einem Smartphone soll die Applikation kontextsensitiv und schnell sein, wobei eine gute grafische Aufbereitung wichtig ist. Es lassen sich kaum Nutzungsintervalle prognostizieren, jedoch würde wahrscheinlich das Interesse mit der Zeit abnehmen.

Interessant für die Probanden ist die Darstellung des Gesamtverbrauchs sowohl in Echtzeit, als auch auf Tages-, Wochen- und Monatsbasis. Hierbei sind Auswertungsmöglichkeiten zum Energieverhalten, Konsum und auch der Produktion denkbar. Dabei sind Empfehlungen zur Reduzierung des Energieverbrauchs gewünscht. Darüber hinaus stehen für alle Probanden die Verbrauchskosten im Vordergrund. Kosten sollen über verschiedene Intervalle einsehbar sein. Außerdem wünschen sich zwei Probanden Amortisationsrechnungen, was eine Kopplung mit der Stromerzeugung oder der Anschaffung von energieeffizienten Geräten benötigt. Eine dritte Funktion ist die Koppelung von Strompreisen und Tarifen. Dabei wäre es interessant, die Tarife flexibel zu gestalten.

Da die Disaggregation von Lastkurven im Fokus dieser Arbeit steht, wird das Hauptaugenmerk auf die Nutzbarkeit der Erkennung von Endgeräten gelegt. Eine Echtzeitdarstellung des Verbrauchs eines einzelnen Gerätes wird von allen Probanden als unnötig angesehen. Dennoch lassen sich erweiterte Szenarien aus dem Monitoring einzelner Geräte entwickeln. Ganz nach dem Vorbild des Gesamtverbrauchs wünschen sich die Probanden, Geräte im Zeitverlauf, auf Tages- Monats- oder Jahresbasis betrachten zu können. Ein Proband wünscht sich eine Betrachtung nach Tageszeit, um Anomalien entdecken zu können. Durch die Identifikation einzelner Geräte im gesamten Stromverbrauch ist es möglich „Energiefresser“ zu erkennen. Zudem ist es möglich, defekte Geräte zu bestimmen. Dies wird als enormes Potenzial zur Stromeinsparung gesehen. Hierbei könnten sich die Probanden Tipps zu Optimierungen in Form von Benachrichtigungen vorstellen.

Weiterhin ist die Integration der Applikation in einer Smart-Home-Anwendung interessant. Dies erweitert die Analyse um eine aktive Steuerung der Geräte. Auch Prognoserechnungen über zu erwartende Stromverbräuche sind denkbar. Um Anreize zu schaffen sind Community-Funktionen interessant, um sich mit den Nachbarn oder einer Gruppe vergleichen zu können. Inhaltlich könnte es um die Vergleichbarkeit von einzelnen Geräten gehen oder auch die Gesamtverbräuche der Haushalte zu bestimmten Zeiten.

Abgesehen von den Informationen, ist auch die Visualisierung und Strukturierung der Informationen ein wichtiger Aspekt. Die Probanden fänden es interessant, über verschiedene, frei wählbare Oberflächen zu verfügen, die ganz nach den Bedürfnissen individualisiert werden können. Dabei sollen die Informationen in Relation zu der Zeit und zu den Kosten stehen. Trotzdem ist es wichtig am Anfang über ein übersichtliches Dashboard zu verfügen, dass die wichtigsten Informationen aggregiert bereitstellt. Die

bereits angesprochenen Benachrichtigungen stellen sich als überaus sinnvolle Funktion heraus. Auf Basis einer Geräteerkennung könnten Benachrichtigungen erfolgen, falls Gerätedurchläufe fertig sind, Geräte zu lange laufen, Anomalien auftreten oder Optimierungshinweise vorliegen. Diese Benachrichtigungen sollten moderat erfolgen. Deshalb sollte die Applikation automatisch Informationen filtern, oder dem Nutzer sollten Konfigurationsmöglichkeiten gegeben werden. Als alternative Form der Benachrichtigungen können E-Mail oder SMS versendet werden.

Am Ende eines jeden Interviews wurde der Proband gebeten, sich Gedanken über die negativen Folgen eines derartigen Energiemonitoring zu machen. Die Probanden haben eine kritische Haltung gegenüber Dritten, die Interesse an derartig fein aufbereiteten Daten haben könnten. Es sind tiefe Einblick in das Leben eines jeden Menschen möglich, insbesondere falls die Disaggregation von Lastkurven und die daraus resultierende Geräteerkennung umgesetzt wird. Lösungsansätze gibt es mehrere: Grundlegend sollte die Datensicherheit gesetzlich reguliert sein. Dabei sollten mindestens allgemeine IT-Sicherheitsstandard erfüllt sein. Darüber hinaus dürfen nur eingeschränkt Informationen an Dritte weitergeleitet werden. Dies kann durch eine lokale Datenhaltung und Verarbeitung gewährleistet werden. Dafür ist jedoch eine Recheneinheit im Haushalt notwendig. Im Idealfall kann der Nutzer freiwillig entscheiden, was mit seinen persönlichen Daten geschieht.

### 5.3 Ergebnis und Interpretation der Studie

Diese Studie soll zeigen, wie die Disaggregation von Lastkurven sinnvoll eingesetzt werden kann und welche resultierenden Informationen Mehrwerte für Konsumenten und somit auch der Energiewende bieten.

Zum einen wird deutlich, dass eine mobile Applikation geeignet ist, da diese zeit- und ortsunabhängig Zugriff auf die Informationen bietet. Zudem werden umständlichen Kontrollmechanismen bei der Authentifizierung vermieden. Der Nutzer hat ortsunabhängig die Möglichkeit sich mit dem Thema der elektrischen Energie zu befassen. Darüber hinaus haben die Konsumenten eine anfangs häufigere Nutzung beschrieben, die mit der Zeit wohl abnehmen würde. Dieses Nutzerverhalten ließe sich sehr gut mit einer mobilen Applikation abdecken und trägt zur angesprochenen Sensibilisierung der Gesellschaft bei. Deshalb kann festgehalten werden, dass die Informationen durch ein mobiles Medium zu den Konsumenten geführt werden sollten.

Zum anderen wird von den Probanden die Aufbereitung der Informationen stark thematisiert. Insbesondere beim Fokus auf die Durchschnittskonsumenten, wird auf eine einfache Darstellung wertgelegt. Ein Dashboard als Startseite einer mobilen Applikation, welches die wichtigsten Informationen direkt aufzeigen kann, wird von allen Nutzern präferiert. Zusätzlich kann auf dem Dashboard optional auf verschiedene, detaillierte Seiten innerhalb der App verwiesen werden. Die Daten müssen grafisch sinnvoll aufbereitet sein und in Relation zu anderen Größen, wie Zeit oder Währung, gebracht werden. Gleichermaßen gilt für die Analyse einzelner Verbraucher. Anhand variabler Zeitintervalle muss der Konsument einen Einblick in den Verbrauch erhalten. Unerfahrenen Konsumenten werden somit Möglichkeiten eröffnet, die Anomalien zu

erkennen und den Stromkonsum zu optimieren. In Kombination mit einer Benachrichtigungsfunktion erscheint die Geräteerkennung noch nützlicher. Hierbei darf der Konsument jedoch nicht zu sehr gestört werden, sodass eine einfache Benachrichtigung per Push-Funktion, bei defekten und bei angelassenen Geräten, individuell angepasst werden sollte. Die Benachrichtigung bei nicht ausgeschalteten Geräten, lässt sich durch die Verbindung mit der Standortfunktion eines Mobiltelefons, umsetzen. Dabei sind auch Betrachtungen der Vergangenheitswerte interessant, damit der Konsument sein Energieverhalten selbst reflektieren kann.

Es lassen sich folgende Kernanforderungen an eine Softwareanwendung zur Optimierung des Energiebedarfs (Tabelle 1) stellen:

**Tabelle 1.** Anforderungen an die Applikation

<i>Anforderung</i>	<i>Beschreibung</i>
Mobile Applikation	Informationen werden dem Konsumenten durch eine mobile Applikation angeboten.
Dashboard	Informationen zum Gesamtverbrauch anzeigen, wahlweise in Relation zum Strompreis.
Unterseite mit Stromverbrauch einzelner Verbraucher	Einzelne Verbraucher werden in Relation zu den Stromkosten gesetzt und historische Verbrauchsprofile angezeigt.
Benachrichtigungsfunktion	Benachrichtigungsfunktion auf Basis des Push-Prinzips mit Filterfunktionen
Unterseite mit Gesamtstromverbrauch	Vergangenheitswerte des Gesamtstromverbrauchs
Lokale Datenverarbeitung	Die Datenverarbeitung durch die Disaggregation muss lokal gehalten sein und Daten müssen lokal gespeichert werden.

## 6 Reflexion und Ausblick

Die Funktionsweise des Prototyps bietet den Konsumenten eine Vielzahl an Informationen die durch die ermittelten Anforderungen sinnvoll in dessen Alltag eingebunden werden können. Ob diese Information einen Beitrag zur Energiewende leisten können muss über einen längeren Zeitraum getestet werden. Fest steht jedoch, dass der Prototyp, anders als bei Sensorik oder intelligenten Steckdosen keinesfalls störend in das Leben des Konsumenten eingreift, da hierfür keine zahlreichen zusätzlichen Zwischenmessstationen angeschafft werden müssen, welche mit der Anzahl der Verbraucher ansteigt. Problematisch ist, dass derartig sensible Daten für negative Zwecke missbraucht werden können. Dem Konsumenten muss klar sein, dass

der Energielieferant viele Informationen über das Verhalten sammeln kann, deshalb müssen im Rahmen der Rechtsprechung Regulierungen festgelegt werden.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich das Verhalten von Prosumern steuern lässt. Beispielsweise dienen die Aussagen der Probanden, dass sie eine kostenorientierte Darstellung der erkannten Endgeräte begrüßen würden. Das bedeutet zum einen, dass sie darüber nachdenken ihr Konsumverhalten aus opportunistischen Gründen zu verändern. Andererseits, jedoch vor allem daraus resultierend, ergibt sich, dass diese Kosteneinsparungen in eine überdachte Nutzung der Endgeräte und schließlich zum verantwortungsvoller Stromkonsum führen kann. Die Quintessenz der Interviewstudie beinhaltet, dass die Technologie eines solchen Prototypen für die Erkennung von Geräten, die einen zu hohen Stromverbrauch aufweisen, am sinnvollsten ist. Das würde in der Tat einen Informationsgewinn für den Konsumenten und somit einen Beitrag zur Energiewende bedeuten, da so Effizienz im Haushaltssektor gesteigert werden kann. Um in Bezug zu den Ergebnissen eine allgemeingültige Aussage treffen zu können, müsste die vorliegende Studie in ihrer Stichprobe erweitert und in verschiedene Sinus-Milieus getestet werden. Darüber hinaus könnte der Leitfaden an die bisherigen Ergebnisse angepasst werden und eine darauf aufbauende, zweite Studie durchgeführt werden, die eine noch detailliertere Anforderungsdefinition zulässt.

Der Prototyp wurde indes lediglich unter Laborbedingungen erstellt und getestet. Dabei konnten zwei vorher eingespielte Geräte voneinander unterschieden werden. Die Grenzen hierbei waren die Frequenzen der gewonnenen Daten, die wenig Spielraum für weiteres forschen zuließen. Deshalb wurde gerade ein Forschungsschwerpunkt auf die Nutzungsmöglichkeiten einer solchen Technologie gelegt, anstatt die Optimierung weiter zu verfolgen. Die Datengrundlage müsste hierfür deutlich höher frequentiert sein. Erst dann würde es Sinn ergeben den Prototypen weiter zu verfolgen. Weiterführend ist die Entwicklung der mobilen Applikation mit den Anforderungen angestrebt. Die Disaggregation von Lastkurven ist eine von vielen Möglichkeiten, disruptive Technologien, wie den intelligenten Stromzählern, in der Energiewirtschaft nutzbar zu machen. Erkennbar wichtig ist jedoch, dass die Informationen einfach gehalten und für den Konsumenten zugänglich sind.

## Referenzen

1. Energietechnische Gesellschaft im VDE: Dezentrale Energieversorgung 2020. [www.vde.com/etg](http://www.vde.com/etg) (2007) (Stand: 06.09.17)
2. Synwoldt, C.: Dezentrale Energieversorgung mit regenerativen Energien. Springer Vieweg. Wiesbaden (2016)
3. Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB): Prognose der EEG-Umlage 2017 nach AusglMechV. <https://www.netztransparenz.de/EEG/EEG-Umlage/EEG-Umlage-2017> (2016) (Stand: 05.09.17)
4. Carrie Armel, K., Gupta, A., et al.: Is disaggregation the holy grail of energy efficiency? The case of electricity. Electrical Engineering Department, Stanford University. USA (2012)
5. Maubach, K.: Energiewende, Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung. Springer VS, Wiesbaden (2013)

6. Bundesministerium für Energie und Wirtschaft: Die nächste Phase der Energiewende kann beginnen. <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende.html> (2016) (Stand: 05.09.17)
7. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Ein Strommarkt für die Energiewende. [http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/weissbuch.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=29](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/weissbuch.pdf?__blob=publicationFile&v=29) (2015) (Stand: 05.09.17)
8. Bardt, H., Kempermann, H.: Folgen der Energiewende für die Industrie. Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH. Köln (2013)
9. Franz, P.: Nachhaltigkeitsberichterstattung: Empfehlungen für eine gute Unternehmenspraxis. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Berlin (2009)
10. Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg: Die Energiewende 2011. <http://www.lpb-bw.de/energiewende.html> (2011) (Stand: 05.09.17)
11. Erneuerbare Energien: Der Photovoltaikmarkt in Deutschland wird 2017 wieder wachsen. <https://www.erneuerbareenergien.de/der-photovoltaikmarkt-in-deutschland-wird-2017-wieder-wachsen/150/436/99880/> (Stand: 05.09.17)
12. Quaschning, V.: Installierte Photovoltaikleistung in Deutschland. <https://volker-quaschning.de/daterv/pv-deu/index.php> (Stand: 27.12.17)
13. Statista: Inwieweit sind Sie für oder gegen den Gebrauch von Solarenergie in Deutschland? <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/196147/umfrage/meinung-zum-gebrauch-von-solarenergie-in-deutschland/> (Stand: 05.09.17)
14. Langer, E.: Akzeptanz für erneuerbare Energien. CARMEN e.V. Straubing (2014)
15. Marx, E., Der Tagesspiegel: Zum Nachbarn für eine Tasse Strom. <http://www.tagesspiegel.de/politik/energiewende-zum-nachbarn-fuer-eine-tasse-strom/13666956.html> (Stand: 05.09.17)
16. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Energieeinsparverordnung. <http://www.bmub.bund.de/themen/bauen/energieeffizientes-bauen-und-sanieren/energieeinsparverordnung/> (Stand: 05.09.17)
17. Giacovelli, S.: Die Energiewende aus wirtschaftssoziologischer Sicht. Springer VS. Wiesbaden (2017)
18. Greveler, U.: Die Smart-Metering-Debatte 2010-2016 und ihrer Ergebnisse zum Schutz der Privatsphäre. Datenbankspektrum 16, 137-145 (2016)
19. Maubach, K.D.: Energiewende – Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung. Springer VS, Wiesbaden (2014)
20. Heinrich, B., Linke, P., Glöckler, M.: Grundlagen der Automatisierung - Sensorik, Regelung, Steuerung. Springer Fachmedien, Wiesbaden (2015)
21. Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Beltz Verlag, Weinheim und Basel (2015)
22. Aichele, C., Doleski, O.: Smart Market: Vom Smart Grid zum intelligenten Energiemarkt. Springer Gabler Verlag. Wiesbaden (2014)
23. Bundesregierung: Energiewende. <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html> (Stand: 23.12.17)
24. Karg, L., Kleine-Hegermann, K., Wedler, M., Jahn, C.: E-Energy Abschlussbericht. B.A.U.M. Consult GmbH. München (2014)
25. Flath, C., Nicolay, D., Conte, T, et al.: Clusteranalyse von Smart-Meter-Daten. Springer Gabler Verlag. Wiesbaden (2012)
26. Meinecke, C.: Vom einfachen zum adaptiven Verbraucher: Möglichkeiten von Feedback-Systemen und variablen Tarifmodellen. Bitkom Research GmbH. Berlin (2016)

# An Adaptable Innovation Competence Framework - The Play4Guidance Framework and its Application

Jan M. Pawłowski<sup>1</sup>, Thomas de Fries<sup>1</sup>, Zacharoula Smyrnaiou<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Ruhr West, Institute Computer Science, Bottrop, Germany

{jan.pawlowski, thomas.de-fries}@hs-ruhrwest.de

<sup>2</sup> University of Athens, Athens, Greece

zsmyrnaiou@ppp.uoa.gr

**Abstract.** In this paper, we outline a Framework for Innovation Competences. The framework was developed using a mixed method approach and has been validated within the project Play4Guidance. The framework consists of key competence categories and competence descriptions including three proficiency levels. This framework can be used for building curricula of both, study programs as well as courses. We show how the framework was used in the design process of a digital business game. In particular, it was used to 1) set scope and contents of the business game, 2) to prioritize specific competences, and 3) to implement assessments and feedback. The results show that such a framework can be used meaningfully when designing and implementing courses and supporting digital tools.

**Keywords:** Innovation, Competence Framework, Innovation Competence

## 1 Introduction

Innovation is a key for businesses to be successful on a global marketplace, in particular for Small and Medium Enterprises (SMEs) [1] as well as regions and sectors [2, 3, 4]. In this article, we discuss how to create a framework for innovation competencies for individuals as a basis for organizational and individual development.

Innovation has been discussed from a variety of perspectives with a simple goal: to better understand which organizations develop successful innovations in complex markets. A variety of factors influence innovation processes, amongst them intellectual resources [5], learning capabilities [6], marketing capabilities [7] or networks [8]. The broad range of factors influencing innovation can be seen in research on success factors [9] or barriers [10] towards innovation. One key aspect in this research area is the contribution of individual and organizational competencies and capabilities [11, 12]. It is obvious that individuals contribute towards innovation success. However, it is not yet clearly understood which individual competencies are necessary to form a successful, innovative business. Furthermore, there are few frameworks which can be adapted for different contexts (e.g. markets) and target groups (e.g. for students, professionals).

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

For this reason, we aim at answering the following questions:

- Which competencies are needed for individuals to successfully perform in innovation processes?
- How to build an adaptable competence framework for innovation / entrepreneurs?
- How to adapt the framework for designing a digital business game

In this paper, we discuss different competence schemes which have been developed in research and practice. As our analysis has shown, there is not a single standard (such as an “innovation curriculum”). To further explore which individual competences are necessary and different for certain target groups, we have performed a cross-European mixed-method study in different countries addressing different educational levels. The main result is a comprehensive framework for innovation competences. The framework specifies competencies including proficiency levels. The outcomes can provide guidance for organizations to develop their staff but also for curriculum development for different countries and educational backgrounds.

## 2 Innovation Competences

Most research on innovation focuses on explaining the innovation capability of a firm [13, 14, 15]. In the resource-based view of firms, capabilities comprise of (organizational) skills or processes to transform inputs into outputs of a greater worth [16, 17]. In our contribution, we focus on the individual contribution towards innovation, represented as competencies. These describe an organizational potential as competencies can be applied strategically to become organizational capabilities [18].

Generally, competencies can be defined as a “collection of skills, abilities, and attitudes to solve a problem in a given context” [19]. Thus, innovation competencies describe skills, abilities and attitudes to develop new technical, social or organizational ideas and corresponding processes and products covering all phases from idea generation to market entry. There is a strong relation to entrepreneurship competences: These should be integrated as entrepreneurship is one option to realize innovations [20].

There is no common methodology to develop competence frameworks. However, usually experts or even communities use different prioritization, feedback and consensus mechanisms (for example [21]). Competence frameworks, however, are the basis for curricula. Frameworks provide comprehensive concepts and their inter-relations. In the case of competencies, frameworks provide possible competencies which are then selected for specific curricula (e.g. for study programs or courses).

A first class of frameworks is based on (meta-)reviews. A starting point for the analysis on the current state-of-the-art on innovation competences is the comprehensive review by [22] distinguishing

- Entrepreneurial Competencies such as idea generation, environmental scanning, recognizing and envisioning taking advantage of opportunities

- Business and Management Competencies such as managerial experience, business operational skills, familiarity with industry, financial and budgeting skills, marketing skills, technical skills
- Human Resource Competencies such as delegation, motivation, hiring skills
- Conceptual and Relationship Competencies such as conceptual competencies, customer management, coordination, communication, decision making or analytical skills

As a second comprehensive approach, Morris et al [23] specify detailed competence descriptions for business as well as personal / social competences, amongst them Opportunity Recognition, Opportunity Assessment, Risk Management/Mitigation, Conveying a Compelling Vision, Tenacity/Perseverance, Creative Problem Solving/Imaginativeness. This framework is rather comprehensive but merges different competences so that these are complex to assess. Also, domain specific competences such as communication are not included which are frequently discussed in other sources.

While the above analyses focus on skills, Jain [24] performed a meta-analysis focusing on entrepreneurship motives and characteristics which can be seen as attitudes or affective competences: Examples are Achievement Motivation (Need for Achievement), Need for Independence/Autonomy/Personal Control, Need for Personal Growth and Development, Need for Social Recognition and Respect. While this analysis is comprehensive, it does not describe the specific competencies in detail and is thus not usable without interpretation bias.

Finally, the model by Deiling & Recker [25] relate organizational and individual capabilities to processes in open innovation settings. On the individual levels, skills are creativity, divergent thinking, business sense, architecture, development, marketing, operations and maintenance. Furthermore, the model contains affective competences such as motivation and attitude. The model is in particular when adapting frameworks to specific phases of the innovation process.

The second class of competence frameworks comes from practical contexts. As an example, Cooney [25] connects competence descriptions with guidance for application when starting a business, including the following categories: Technical Skills: skills necessary to produce the business's product or service; Managerial Skills: skills essential for day-to-day management and administration of the company; Entrepreneurial Skills: skills to recognize economic opportunities and acting effectively on them; Personal Maturity Skills: soft skills or attitudes such as self-awareness, accountability, and emotional skills.

Further models are considered by **industry consortia** such as the Consortium for Entrepreneurship Education [27]. Also, the European Commission [27] has provided a guide for educators for entrepreneurship education. These models aim at providing guidance for education and are usually based on experts and – methodologically – good practices. This kind of research focuses solely on non-rigorous observations from practice and are not reliable towards theory development. However, those can serve as an orientation for further investigation.

The last category of frameworks is based on empirical explorations and analyses. As an example, Izquierdo & Deschoolmeester [28] have derived the following competencies: Decision making, Innovative thinking, Identifying and solving problems, Having a different view of the market, Communication, Deal making and negotiation, Identifying business opportunities, Evaluating business opportunities, Networking, Team work, Team building, Intuitive thinking, Coping with uncertainties, Coping with stress, Taking calculated risk. While the analysis is also rather comprehensive, this study is related to undergraduate students and might not be transferable to other contexts and target groups.

As a final study, Wu [29] has conducted **expert interviews** to determine important entrepreneurial competencies: Analytical Thinking, Business Acumen, Client Service Orientation, Commitment to Learning, Communication, Conceptual Thinking, Order and Quality, Developing Others, Empathy, Expertise, Flexibility, Influence, Information Seeking, Initiative, Innovation, Organizational Awareness, Personal Motivation, Relationship Building, Results Orientation, Self-Confidence, Self-Control, Team Leadership, Verbal and Written Communication. This study has an appropriate level of detail and abstraction and is very comprehensive and well described. As only few studies are based on empirical work, are not suitable for our context, or are poorly explained or operationalized, we have chosen this approach as the basis for our further work. This choice does not limit us to the competencies proposed by [29]— the categories are mainly a starting point for further exploration, prioritization and validation. Summarizing this initial review, we have identified three main gaps in the domain of innovation competences:

- The broad variety of innovation competence models is in most cases not based on empirical evidence.
- Most competence models are not operationalized: in most cases, no proficiency levels are defined.
- Most models are normative whereas adaptation to certain contexts, situations or target groups are necessary.

### 3 Methodology

Our paper is based on a Design Science Research (DSR) approach [30, 31]. DSR connects the identification of current problems in practical contexts with the design of artifacts and evaluation [31].

Our initial problem statement is the lack of understanding which individual competences contribute to the success of innovation processes in different contexts. Especially for the European context, the European Commission defines entrepreneurship and thus innovation as one of eight key competences for the next decade [27]. However, as there is still a lack of understanding which and how to train competences for students and unemployed to increase employability [32, 27, 33].

As the initial starting point, we have done a broad literature review [34] to identify the main research gaps and to identify weaknesses in current solutions. As we have shown in the background, it is still necessary to explore the domain, in particular the

operationalization of competence frameworks. We therefore apply a mixed method approach [35] for the design phase of the proposed artifact: the comprehensive framework for innovation competences.

As a final step, the competence framework was validated in two cases: 1) designing courses and trainings, and 2) designing a business game for training entrepreneurs. In this paper, we focus on the second case study.

#### 4 Innovation Competence Framework

In the following, we briefly show the competence framework: The initial step for the empirical part was to defining the competence framework. We used focus groups [36] in five countries and different contexts to identify missing competences and proficiency levels for different stakeholder groups: 1) Unemployed, 2) Students, 3) Teachers and Professionals: (N=151 - Greece n1=8, n2=3, n3=8, Turkey n1=20, n2=9, n3=9, Italy n1=20, n2=9, n3=9, Ireland n1=10, n2=8, n3=4, Bulgaria n1=7, n2=12, n3=15). The main outcome was a refined competence framework. As a second step, we performed a quantitative study in the countries involved. The survey [37] was the assessment methodology following the focus groups and literature review respectively. Accordingly, the aims were to 1) validate and enable to prioritize the competences for each target group, 2) identify missing competences and 3) identify proficiency levels. Based on the qualitative part of our study, we classified the competences mentioned and harmonized the terminology eliminating competences with different terms but same meaning. Additionally, we identified proficiency levels for each competence.

The framework is divided into competence categories which contain the competence descriptions. The following table outlines the categories and competences.

Table 1: Competence Descriptions

Nº	Category of competence	Description of the competence
1	Analytical Thinking	<b>The ability to analyze problems systematically.</b> Objectively assess the situation, including facts and events related to the business. Analyze alternatives, make choices for the development of qualifications, & focusing on perspective areas.
02	Business Acumen	<b>The ability to discover opportunities and transform resources into performance</b> Take matters into their own hands. Search, find and exploit new profitable opportunities for business development.
03	Client / Service Orientation	<b>The ability to meet the needs of both internal and external customers.</b> Ability to present the qualities and skills in the context of the benefits of products / services to potential customers. Ability to defend and justify the added value of their work in terms of the expectations of internal and external customers.

04	Commitment to Learning	<b>The ability to actively pursue learning and develop competitiveness</b> Proactive search and utilizing opportunities for further training, retraining and development of new skills that are needed to improve the organization and its workforce.
05	Communication	<b>The ability to effectively receive and express information or feelings.</b> Ability to understand ourselves and others. To present ourselves, our skills and ideas within different business contexts and situations. To understand the messages of others and to give effective feedback.
06	Conceptual Thinking	<b>The ability to recognize patterns or trends in a problem</b> Ability to apply theoretical knowledge and conceptual models in practical situations.
07	Order and Quality	<b>The ability to reduce uncertainty and to control quality.</b> Demonstrating good organization and knowledge of business etiquette. Demonstration of readiness to reduce uncertainty, knowing and observing specific standards, rules and requirements to ensure quality.
08	Developing Others	<b>The ability to help others make progress</b> Ability to work in a team and cooperation with others with a focus on others' personal and professional development. Demonstrate a willingness to share knowledge and experience.
09	Empathy	<b>The ability to understand and respond to the concerns of others</b> Ability to adapt and socialize quickly to the organization and individuals. Demonstration of readiness for understanding and commitment to the care of others.
10	Expertise	<b>The ability to perform professional jobs.</b> Expertise describes Professional competency in terms of domain knowledge and skills.
11	Flexibility	<b>The ability to effectively adapt to a variety of situations.</b> Ability to effectively adapt to new situations, environments and requirements. Striving to learn new skills and requalification. Tolerance to change and vagueness.
12	Influence	<b>The ability to influence thoughts and actions of others.</b> Ability to persuade, cope with opposition and influence the thoughts/behavior of others, assertiveness.
13	Information Seeking	<b>The ability to find and capture information to increase knowledge or find solutions.</b> Ability to use information and communication technologies. Finding and selecting the information necessary to solve problems. Ability to select appropriate sources to collate and assess the information, and to apply it in practical terms.
14	Initiative	<b>The ability to be a self-starter and to meet the challenge of higher level objectives.</b> Activity on the market to proactively develop an enterprise. Orientation to action. Exploring new opportunities and undertaking action related to successful business activities.
15	Innovation	<b>The ability to make something new and to improve performance.</b> Ability to create something new on the basis of which to launch a proper business project towards market maturity. Ability to show ingenuity, creativity, to generate and implement new ideas.

16	Organizational Awareness	<b>The ability to recognize the power relationships in organizations.</b> Create a realistic picture of the characteristics, nature and corporate objectives of the organization. Demonstrating commitment and clear understanding of the organization and its culture.
17	Personal Motivation	<b>The will to succeed.</b> Will and ambition for success in the realization on the market.
18	Relationship Building	<b>The ability to build and maintain personal networks.</b> Establishing and maintaining useful contacts that help finding information about business opportunities.
19	Results Orientation	<b>The ability to set performance objectives, resulting targets and measures.</b> Setting realistic goals and taking adequate measures in the process of business and personal development.
20	Self-Confidence	<b>The ability to express oneself in a different / hostile situations.</b> Ability to successfully present and express skills, potential and qualities in an environment that is skeptical about people with his/her social status. Objective assessment and confidence in their own abilities.
21	Self-Control	<b>The ability to manage one's emotions under pressure or temptation.</b> Ability to control your own thoughts, feelings and behavior. Keeping cool in contingency, tense and critical situations. Tackling and mastering states of stress and anxiety.
22	Team Leadership	<b>The ability to create a favorable environment and mobilize people to succeed.</b> Ability to express leadership qualities to demonstrate readiness, skills and experience to work with people, taking responsibility, communicating goals, planning, organization and control.
23	Basic competences	<b>Ability to apply basic knowledge needed for running a business.</b> Ability to apply basic related concepts such as mathematics, law, economics and finances
24	Decision making	<b>Ability to make decisions.</b> Ability to apply decision making models in different situations. Ability to find decision alternatives and information to support the decision process.
25	Personal determination	<b>Ability and attitude to reach given objectives.</b> Ability to positively react to different situations in an optimistic, determined, durable manner

The full outcome includes proficiency levels (beginner, intermediate, advanced) which is provided as supplementary data to this article. The competence framework is a validated set of competencies which can then be used for different purposes:

1. **Curriculum Building:** The competence framework can be used for building curricula for both, broad study programs as well as single courses or trainings. The competences need to be selected, prioritized and adapted to the context (e.g. if innovation competences are part of a broader curriculum such as engineering entrepreneurship). The competences would be prioritized and selected by stakeholders involving educators, researchers, practitioners etc.

2. **Course Design:** In this context, specific competences would be used. In most cases, only a few competences are trained in a single course. The competence descriptions are then used as the basis for the course outline.
3. **Competence Assessment:** In the third application, the proficiency levels are used for assessing the level of learners. For each competence, an assessment item is created and mapped to the proficiency levels.

The framework therefore can be used in different contexts. In the following, we show the use for designing a digital business game.

## 5 Case Study: Utilizing the Competence Framework for Designing a Digital Business Game

The competence framework was used in the European project Play4Guidance [38] which aimed at developing, implementing and validating a Business Game for training young entrepreneurs in five European countries. The following case study does not describe the full business game but focuses on the use of the competence framework in the design and development.

The Business Game is about managing a T-Shirt production company. The main interface allows to run the company using parameters for purchasing, production, marketing, sales and other decisions. The game is run in twelve periods, after each period intermediate results are displayed.

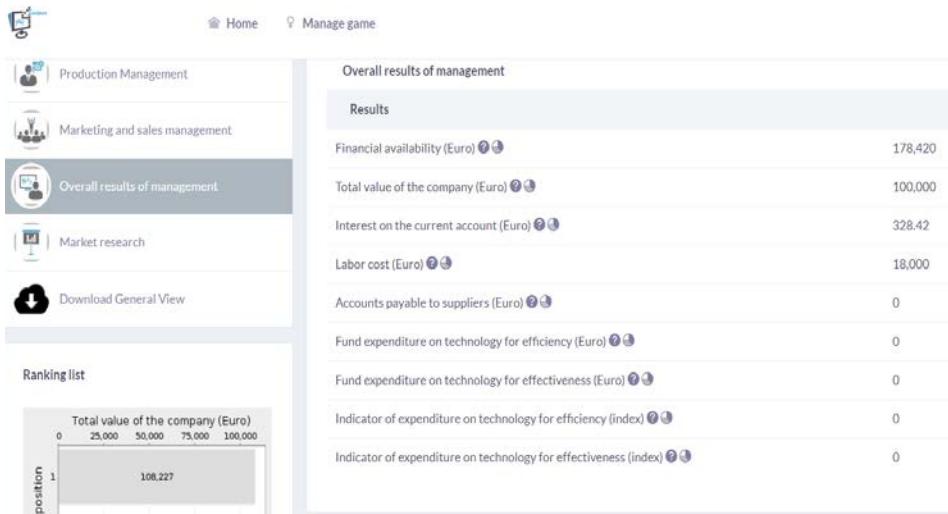


Figure 1: Play4Guidance result example

In the design process, experts were asked to prioritize competences for the Business Game. The competences selected were then mapped to (software development)

requirements for the business game and validated against their feasibility. As an example, affective competences (such as self-control or personal motivation) were excluded as they are hard to be trained in digital games. As an outcome, the following competences were selected and rated for each target group.

Table 2: Competence Rating

Competence Target Group	Analytical thinking	Business acumen	Commitment to learning	Order and quality	Expertise	Flexibility	Information seeking	Innovation	Results orientation	Decision Making
High School	3,58	3,59	3,49	3,41	3,38	3,32	3,52	3,60	3,53	3,98
Unemployed	3,45	3,47	3,60	3,39	3,35	3,49	3,46	3,46	3,61	3,77
University	3,42	3,47	3,39	3,45	3,16	3,31	3,56	3,47	3,53	3,82
Average	<b>3,49</b>	<b>3,46</b>	<b>3,45</b>	<b>3,33</b>	<b>3,28</b>	<b>3,36</b>	<b>3,54</b>	<b>3,45</b>	<b>3,57</b>	<b>3,89</b>

The ratings were then used as input for designing the game but also designing specific courses for each target group. Learning scenarios for different target groups and competences were thus built.

As part of the course design, competence assessments were designed. Each competence used in the game was mapped to certain game actions and decisions. As an example, the competence “Flexibility” is mapped to the choice of different suppliers within the stages of the game.

<b>Result Orientation</b>	The ability to set performance objectives, resulting targets and measures.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Growth of company value [25%] (<i>Do players increase company's value?</i>)</li> <li>Player's company value versus System's company value [25%]</li> <li>Strategy [50%] (<i>If the player hire new workers, does he invest the correct budget in training? Do players invest constantly?</i>)</li> </ul>
<b>Innovation</b>	The ability to make something new and to improve performance.	<ul style="list-style-type: none"> <li>New technology expenditure [50%]</li> <li>Player's actions that favour company's innovation [50%]</li> </ul>
<b>Flexibility</b>	The ability to effectively adapt to a variety of situations.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mix of suppliers chosen [50%] (<i>Do players use correctly the foreign supplier?</i>)</li> <li><b>Innovation</b> dependence [50%]</li> </ul>

Figure 2: Sample Competence - Action Mapping

As the final step of the game, a competence assessment and related feedback is given to the users. The feedback is also based on the competence proficiency levels of the framework.

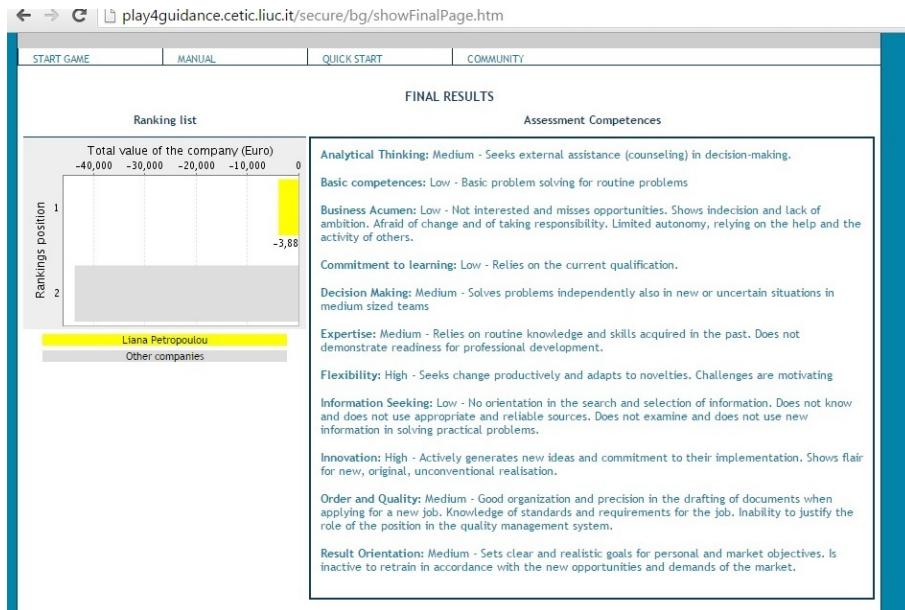


Figure 3: Assessment Feedback

The competence framework thus provides a solid basis for different parts of the game design, starting from building requirements to designing assessments and feedback.

## 6 Summary

In this article, we have outlined a framework for innovation competences and shown their use in the context of designing a business game. It has been shown that the framework strongly supports the design process, in particular for the design of contents, assessments and feedback. As a next step, we aim at testing the framework for curriculum building in different study programs and related courses.

## 7 Acknowledgements

This research has been co-funded by the European Commission through the Erasmus+ programme, Play4Guidance (Grant No. 2014-1-IT02-KA200-004150).

## References

1. Love, J. H., Roper, S.: SME innovation, exporting and growth: A review of existing evidence. *International Small Business Journal*, 33(1), 28-48 (2015)
2. Stern, S., Porter, M. E., Furman, J. L.: The determinants of national innovative capacity (No. w7876). National bureau of economic research (2000)

3. Audretsch, D. B., & Peña-Legazkue, I.: Entrepreneurial activity and regional competitiveness: an introduction to the special issue. *Small Business Economics*, 39(3), 531-537 (2012)
4. Hansen, T., Winther, L.: Innovation, regional development and relations between high-and low-tech industries. *European Urban and Regional Studies*, 18(3), 321-339 (2011)
5. O'Cass, A., Sok, P.: The role of intellectual resources, product innovation capability, reputational resources and marketing capability combinations in SME growth. *International Small Business Journal*, 32(8), 996-1018 (2013)
6. Sok, P., O'Cass, A., Sok, K. M.: Achieving superior SME performance: Overarching role of marketing, innovation, and learning capabilities. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 21(3), 161-167 (2013)
7. Weerawardena, J.: The role of marketing capability in innovation-based competitive strategy. *Journal of strategic marketing*, 11(1), 15-35 (2003)
8. Capaldo, A.: Network structure and innovation: The leveraging of a dual network as a distinctive relational capability. *Strategic management journal*, 28(6), 585-608 (2007)
9. Evanschitzky, H., Eisend, M., Calantone, R. J., Jiang, Y.: Success factors of product innovation: An updated meta-analysis. *Journal of Product Innovation Management*, 29(S1), 21-37 (2012)
10. Coad, A., Pellegrino, G., Savona, M.: Barriers to innovation and firm productivity. *Economics of Innovation and New Technology*, 1-14 (2015)
11. Danneels, E.: The dynamics of product innovation and firm competences. *Strategic management journal*, 23(12), 1095-1121 (2002)
12. Leiponen, A.: Competencies, innovation and profitability of firms. *Economics of innovation and new technology*, 9(1), 1-24 (2000).
13. Lawson, B., Samson, D.: Developing innovation capability in organisations: a dynamic capabilities approach. *International journal of innovation management*, 5(03), 377-400 (2001)
14. Lin, H. F.: Knowledge sharing and firm innovation capability: an empirical study. *International Journal of manpower*, 28(3/4), 315-332 (2007)
15. Zawislak, P. A., Cherubini Alves, A., Tello-Gamarra, J., Barbieux, D., Reichert, F. M.: Innovation capability: from technology development to transaction capability. *Journal of technology management & innovation*, 7(2), 14-27 (2012)
16. Wade, M., & Hulland, J.: Review: The resource-based view and information systems research: Review, extension, and suggestions for future research. *MISQ*, 28(1), 107-142 (2004)
17. Sanchez, R., Heene, A., Thomas, H.: Introduction: Towards the Theory and Practice of Competence-Based Competition, Pergamon Press, Oxford (1996).
18. Holtkamp, P., Pawlowski, J. M.: A Competence-based View on the Global Software Development Process. *Journal of Universal Computer Science*, 21(11), 1385-1404 (2015)
19. Pawlowski, J. M., Holtkamp, P.: Towards an internationalization of the information systems curriculum. Proc of MKWI '12, 437-449 (2012)
20. Trommelmans, J., De Wachter, J., De Cleyn, S., De Roy, L., Daems, W.: The Company: Integrating Innovation and Entrepreneurship Competencies. Proc of EDULEARN13, 3423-3427 (2013)
21. Topi, H., Karsten, H., Brown, S., Carvalho, J. A., Donnellan, B., Shen, J., Thouin, M. F.: MSIS 2016 Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems. *CAIS*, 40, 18 (2017)

22. Mitchelmore, S., Rowley, J.: Entrepreneurial competencies: a literature review and development agenda. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research*, 16(2), 92-111 (2010)
23. Morris, M. H., Webb, J. W., Fu, J., Singhal, S.: A Competency-Based Perspective on Entrepreneurship Education: Conceptual and Empirical Insights. *Journal of Small Business Management*, 51(3), 352-369 (2013)
24. Jain, R.K.: Entrepreneurial competencies a meta-analysis and comprehensive conceptualization for future research. Vision: *The Journal of Business Perspective*, 15(2): 127-152 (2011)
25. Dreiling, A., Recker, J.C. Towards a theoretical framework for organizational innovation. Proceedings of the 17th Pacific Asia Conference on Information Systems. Association for Information Systems, (2013)
26. Cooney, T. M.: Entrepreneurship Skills for Growth-Orientated Businesses. OECD Report, Copenhagen (2012)
27. Consortium for Entrepreneurship Education: Entrepreneurship Competency Model.
28. European Commission: Entrepreneurship Education - A Guide for Educators. European Commission–DG Enterprise & Industry, Brussels (2013)
29. Izquierdo, E., Deschoolmeester, D.: What entrepreneurial competencies should be emphasized in entrepreneurship and innovation education at the undergraduate level?. *Handbook of Research in Entrepreneurship Education*, Volume 3: International Perspectives, 194-207 (2010)
30. Wu, W.W.: A competency-based model for the success of an entrepreneurial start-up. *WSEAS transactions on business and economics*, 6(6), pp. 279-291 (2009)
31. Hevner, A.R., March, S.T., Park, J., Ram, S.: Design science in information systems research. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 28(1), 75-105 (2004)
32. Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M.A., Chatterjee, S.: A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, 24(3), 45-77 (2007)
33. Psacharopoulos, G., Schlotter, M.: Skills for employability, economic growth and innovation: Monitoring the relevance of education and training systems (No. 6). ENEE Analytical Report (2010)
34. Hoppe, M.: Policy and entrepreneurship education. *Small Business Economics*, 46(1), 13-29 (2016)
35. Webster, J., Watson, R.T.: Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), 13-23 (2002)
36. Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., Turner, L. A.: Toward a definition of mixed methods research. *Journal of mixed methods research*, 1(2), 112-133 (2007)
37. Kitzinger, J.: Qualitative research: introducing focus groups. *British Medical Journal*, 311 (7000), 299-302 (1995)
38. Pinsonneault, A., Kraemer, K.L.: Survey Research Methodology in Management Information Systems: An Assessment, *Journal of Management Information Systems*, 10(2), 75-105 (1993)
39. Play4Guidance Project Website <http://play4guidance.eu/> (Accessed 20.09.2017)

# **AgentUDE17: Imbalance Management of a Retailer Agent to Exploit Balancing Market Incentives in a Smart Grid Ecosystem**

Serkan Özdemir<sup>1</sup> and Rainer Unland<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> DAWIS, University of Duisburg-Essen, Schützenbahn 70, 45127 Essen, Germany

{serkan.oezdemir,rainer.unland}@icb.uni-due.de

<sup>2</sup> Department of Information Systems, Poznan University of Economics, Poznan, Poland

rainer.unland@ue.poznan.pl

**Abstract.** Electricity retailers suffer from the burden of financial challenges due to their balancing responsibility in the energy markets. They are penalized or rewarded by system operators, in the extent of their contribution or harm to the balancing process. In this paper, we present two novel algorithms, firstly to predict the demand of a mixed customer portfolio, secondly to bid strategically in the wholesale market, which exploits the inefficiencies between the wholesale and balancing markets. The algorithms were first deployed and tested in our winning broker agent (AgentUDE17), which competed in the Power Trading Agent Competition (Power TAC) 2017 Final. We analyze the tournament data, using several key performance indicators. Post tournament analysis shows that AgentUDE17 successfully managed its imbalance, even generating extra revenue within this process.

**Keywords:** broker, wholesale market, balancing market, trading.

## **1 Introduction**

Energy transition policies have been changing the energy landscape. Intermediary power actors (hereinafter broker or retailer are used interchangeably) are the most vulnerable entities, as they keep the bridge in balance between customers and generators [8, 13]. This challenge is usually controlled by non-profit transmission operators, by means of penalizing or rewarding the broker imbalance. In future electricity grids, retailers may have more instruments (e.g. demand response) to benefit from the incentives. Basically, brokers can do this in two ways: The system operator is permitted to utilize a certain amount of capacity for up and down power regulations. Secondly, brokers directly generate imbalance to help the system operator [17]. This paper focuses on the latter.

In this work, we present two novel algorithms. The first algorithm solves the demand forecasting problem of a heterogeneous customer portfolio. The second algorithm manages the imbalance strategy of AgentUDE17, and in turn, it determines the wholesale

market order price. The algorithm basically exploits the incentives, given by the balancing market. We deployed the algorithms in our winning broker agent AgentUDE17 and competed in Power TAC 2017 Final games. Results show that AgentUDE17 is a successful broker in many metrics, among its competitors.

The structure of the paper is organized as follows. Related work and the problem definition are explained in Section 2 and Section 3, respectively. The algorithms are detailed in Section 4. Afterwards, Section 5 describes the tournament data and the analysis process as well as a subsection, dedicated to the results. Finally, the paper is concluded in Section 6 with an outlook to our future work.

## 2 Related Work

This section details the relevant research of the concepts of this paper. We first introduce the existing works and potential challenges in the field of electricity demand forecasting. Then we will have a look at wholesale trading algorithms, implemented by other Power TAC developer teams.

Electricity demand forecasting has been studied by many researchers. In a survey, Taylor et al. [14] comprehensively review the seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) methods to forecast time-series signals. Wang et al. [18] focus on the usage pattern of an individual customer and aggregate these patterns. Rubio et al. [12] implement a fuzzy logic trading mechanism whereas Hernandez-Leal et al. [4] introduce an opponent model, which explores and tracks the opponent actions. A winning broker agent Maxon16 [15] uses multiple linear regression models to predict the future demand. Another winning broker TacTex13 [16] predicts the future demand, using a locally weighted linear regression by means of estimating the changes in customer subscriptions. In our approach, we process the signal of the aggregate demand. Therefore, our algorithm can be applied to any kind of customer portfolio.

In the literature, strategic bidding has been mainly applied to the energy amount or the limit-price. Kuate et al. [7] use a reinforcement learning algorithm to put the strategy on the energy amount. Hoogland and Poutre [5] implement a heuristic algorithm, which determines the cheapest auction slots and increases the limit-price only for these auction slots. Urban and Conen [15] use a defensive strategy to buy the needed energy as early as possible, using multiple price levels. Urieli and Stone [16] uses an acyclic approach, in which a back-sweep operator finds a limit price using a balancing price and a probability function of limit-prices. Unlike other approaches, their method builds a bridge between the balancing market and the wholesale market for the first time. In this paper, we extend this approach, using more data from the balancing market.

## 3 Problem Definition and Motivation

Power TAC [6] is an open-source smart grid simulation framework, which simulates competitive electricity markets and state-of-the-art customer models [11] for a robust policy guidance on the operation and structure of markets. A Power TAC broker is challenged to increase its profit, attracting more customers and trading in the electricity

markets on behalf of them. In this work, we exclude the retail market activities and focus on the wholesale and balancing market.

The wholesale market is a multi-channel spot market where buyers and sellers place orders in the wholesale market for future time slots. These auctions independently run in parallel and form an individual periodic double auction. Brokers ought to predict future aggregate demand  $\{\tilde{D}_{t+1}, \tilde{D}_{t+2}, \dots, \tilde{D}_{t+24}\}$  in MWh, and match it in the wholesale market to close the imbalance gap.

Balancing market is operated by a distribution utility (DU) which ensures that the system is balanced and financially settled in the current time slot  $t$ . It may penalize the broker in the extent of the gap between the actual net demand  $D_t$  in MWh, and wholesale market commitments  $\sum_{o=t-1}^{t-24} ca_t^o$ , where  $o$  is order time slot for the market clearing amount  $ca$  (MWh). Therefore, we can formalize the imbalance amount in the formula below:

$$I_t = D_t - \sum_{o=t-1}^{t-24} ca_t^o \quad (1)$$

At current time slot  $t$ , brokers receive a bunch of information, e.g. market clearing prices  $cp_t, cp_{t+1}, \dots, cp_{t+23}$  (€/MWh) and clearing amounts  $ca_t, ca_{t+1}, \dots, ca_{t+23}$  for delivery hours  $\{t, t+1, \dots, t+23\}$  as well as balancing unit cost  $bp_t$  (€/MWh), and imbalance amount  $I_t$  (MWh) for the current time slot. Therefore, brokers pay  $I_t bp_t$  € as an imbalance penalty to the DU. After all, the objective function can be formalized as follows:

$$\min \sum_{t=1}^T \left( \sum_{o=t-1}^{t-24} ca_t^o cp_t^o \right) + I_t bp_t \quad (2)$$

where  $T$  is a time horizon and the formula represents the cost function. In the formula, broker can only determine the price and energy amount to be submitted to the wholesale market. In the paper, we offer a solution to solve two problems, which determines the energy amount (i.e. demand prediction) and limit-price (i.e. strategic pricing), to be placed in the wholesale market.

### 3.1 Demand Volatility

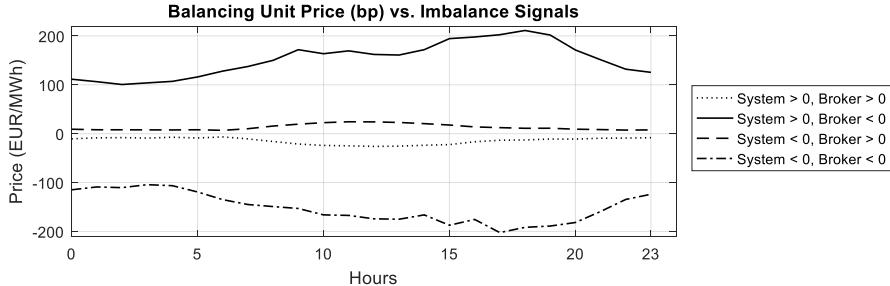
Brokers require a robust demand prediction algorithm to avoid cautionary imbalance penalties. However, thanks to the integration of new customer types (e.g. roof-top solar panels), the prediction accuracy tends to be driven by the power type and customer capabilities. Electric vehicles and storage customers are capable of demand response and they may react to prices or power regulations in an unpredictable way.

### 3.2 Incentives and Penalties in the Balancing Process

In Power TAC environment, the DU implements an incentive-based balancing mechanism [9]. Brokers are awarded (or penalized) in the extent of their contribution to the balancing problem. From the broker's perspective, the balancing price  $bp_t$  at current time slot is determined depending on the broker imbalance and system imbalance. System imbalance refers to total of broker imbalances  $I_t^{sys} = \sum_i I_t^{B_i}$  (MWh), where  $B_i$  is the  $i$ -th broker. System and broker imbalance amount can be in positive or negative magnitude. At current timeslot  $t$ :

1. If the system and the broker  $B_i$  have identical imbalance signs (e.g.  $I_t^{sys} < 0$  and  $I_t^{B_i} < 0$ ), then the broker usually pays a penalty, since it is one of the reasons of the system imbalance. Imbalance payments fund the contributing brokers (2) and ancillary services.
2. If the system and the broker  $B_i$  have different imbalance signs (e.g.  $I_t^{sys} < 0$  and  $I_t^{B_i} > 0$ ), then the broker is paid, due to its contribution to the balancing process. The payment is financed by the brokers in (1).

Fig. 1 shows the hourly balancing prices for the scenarios above. As seen, balancing unit prices dramatically differs in peak and off-peak hours.



**Figure 1.** Hourly average balancing prices ( $bp$ ) in four scenarios. A negative price refers to the payment from broker to DU. Broker is represented by AgentUDE.

## 4 Imbalance Management

In AgentUDE17, we use truthful information (i.e. forecasted prices) for the energy amount. However, we do not use the forecasted prices directly since we put the strategy on the limit-price. In the next sections, we will explain how we create the demand predictions and strategic limit-prices.

### 4.1 Demand Prediction

As noted in Section 3.1, the accuracy of the demand prediction model is driven by the demand volatility. However, most brokers serve a wide variety of customer groups,

which means producers, consumers, and prosumers are served in the same portfolio. To cope with that, we create two prediction models and a correlation coefficient to measure the demand volatility.

For low-volatile and periodic customer demands, we pick a seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) model [2],  $SARIMA(1,0,0)x(0,1,0)_{24}$ . We can formalize it as follows:

$$\tilde{D}_{t+n}^{lv} = (D_t - D_{t-24}) + D_{t-(24-n)} \quad (3)$$

Where  $t + n$  is the  $n$ -th time slot after the current time slot  $t$ . For high-volatile customers, the model that we picked is a simple autoregressive model (AR),  $AR(y)$ . It can be formalized as:

$$\tilde{D}_{t+n}^{hv} = \sum_{i=1}^y \omega_i D_{t-i} \quad (4)$$

Where  $\sum_{i=1}^y \omega_i = 1$  and  $y$  is the number of autoregressive terms, experimentally set to 2. In the next step, we calculate a correlation coefficient to measure the volatility of the demand signal.

$$\rho_t = \text{corr} \left( \begin{pmatrix} D_{t-1} \\ D_{t-2} \\ \dots \\ D_{t-24} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \tilde{D}_{t-25} \\ \tilde{D}_{t-26} \\ \dots \\ \tilde{D}_{t-48} \end{pmatrix} \right) \quad (5)$$

Where  $\text{corr}(a, b) = \frac{\text{cov}(a, b)}{\sigma_a \sigma_b}$ , which is known as Pearson product-moment correlation coefficient. We basically compare the actual demand vector of the most recent 24 hours and exponentially smoothed demand prediction vector of the previous day. In case of a spike in the actual demand, the coefficient converges to zero. Likewise, if the demand is periodic, the coefficient should be near one. We find the demand prediction using the formula below:

$$\tilde{D}_{t+n} = \rho_t \tilde{D}_{t+n}^{lv} + (1 - \rho_t) \tilde{D}_{t+n}^{hv} \quad (6)$$

Subject to  $\rho_t = 0$ , if  $\rho_t < 0$ . Note that  $\tilde{D}_{t+n}$  is smoothed with its previous value, if exists. At the end,  $\tilde{D}_{t+n}$  poses for the predicted energy amount for the  $n$ -th time slot after current time slot  $t$ .

#### 4.2 Strategic Price

In our strategic pricing algorithm, we use multiple balancing prices and forecasted market clearing prices to define the boundaries of the limit-price. The basic idea behind it

is to increase the limit-price up to the balancing price, as the gap between the order and delivery hour closes. In our previous work, we explain how we forecast market clearing prices, using a dynamic programming approach [10]. In this work, we omit the details of the electricity price forecasting algorithm. Hereinafter, we denote forecasted market clearing prices as  $\tilde{bp}_{h''}^{h'}$ , where  $h'$  and  $h''$  are order and delivery hours, respectively.

As detailed in Section 3.2, balancing prices are the main driver of our strategic pricing algorithm. In Fig. 1, we identified four hourly balancing prices,  $bp_h^{++}$ ,  $bp_h^{+-}$ ,  $bp_h^{-+}$  and  $bp_h^{--}$ , where hour  $h$  is hour of day and it corresponds to time slot  $t$  as  $h = t \% 24$ . The first and second sign on the upper-right corner indicate the signs of the system imbalance  $I_t^{sys}$  and broker imbalance  $I_t^B$ , respectively. At current time slot  $t$ , AgentUDE updates only one of these variables with the balancing price  $bp_t$ , since the system and broker imbalances can be either positive or negative. For example, only  $bp_h^{+-}$  is updated, if the  $I_t^{sys} > 0$  and  $I_t^B < 0$  at time slot  $t$ . The updated balancing price is smoothed with its previous value at  $t - 1$ , using an experimentally determined smoothing factor. At the beginning of games, initial values are needed for hourly balancing prices. Therefore, we assign the average balancing prices, shown in Fig. 1 as initial values.

As already mentioned, we use balancing prices to define the boundaries of the limit-prices at future time slots. To do that, we first reduce the number balancing price variables, and we obtain a new negative and positive balancing prices  $\overrightarrow{bp}_{h''}^{-}$ ,  $\overrightarrow{bp}_{h''}^{+}$ , projected to a future delivery hour  $h''$ .

The system imbalance can accurately be predicted (whether positive or negative) for next few time slots. Therefore, we need a quadratic weight to mitigate the effect of rewarding balancing prices on a future time slot, when the time slot proximity  $\delta$  increases. The proximity  $\delta$  refers to distance in time slot between order hour  $h'$  and delivery hour  $h''$ .

$$\omega_{bp} = \left(\frac{\delta}{A}\right)^2 \quad (7)$$

Negative price  $\overrightarrow{bp}_{h''}^{-}$  is used for bidding (e.g. buying energy) and defines the maximum limit-price in €/MWh that brokers pay.

$$\overrightarrow{bp}_{h''}^{-} = \begin{cases} bp_{h''}^{-} \omega_{bp} + bp_{h''}^{-+} (1 - \omega_{bp}), & I_t^{sys} > 0 \\ bp_{h''}^{-}, & \text{else} \end{cases} \quad (8)$$

Same way, we obtain a new positive balancing price  $\overrightarrow{bp}_{h''}^{+}$ , which is used for asking (selling energy) and defines the minimum selling price:

$$\overrightarrow{bp}_{h''}^{+} = \begin{cases} bp_{h''}^{++} \omega_{bp} + bp_{h''}^{+-} (1 - \omega_{bp}), & I_t^{sys} < 0 \\ bp_{h''}^{++}, & \text{else} \end{cases} \quad (9)$$

This way, rewarding balancing prices are weighted more when the gap (i.e. proximity  $\delta$ ) between the delivery hour and order hour is small.

We use forecasted prices to define the other side of the boundaries. However, we do not use them directly. Instead, we first create a mean  $\mu_{h''}$  and standard deviation  $\sigma_{h''}$  for a future delivery hour  $h''$  as follows:

$$\mu_{h''} = \sum_{h'=1}^A \bar{c}\bar{p}_{h''}^{h'}/A \quad (10)$$

$$\sigma_{h''} = \sqrt{\sum_{h'=1}^A (\bar{c}\bar{p}_{h''}^{h'} - \mu_{h''})^2 / A} \quad (11)$$

Where  $A$  is the number of opened auctions for a delivery hour,  $h'$  is the order hour. We set  $A$  as 24, which means that the first auction is enabled 24 hours before the delivery hour. For bidding, we use  $(\mu_{h''} - \sigma_{h''} - \sigma_{h''})$  as the lowest limit-price, which determines the boundary along with Formula (10). Likewise, we use  $(\mu_{h''} + \sigma_{h''} + \sigma_{h''})$  as the highest limit-price, which complements Formula (11).

After all, we defined the maximum and minimum limit-prices for the auction at delivery hour  $h''$ . We need another weight  $\omega_s$  to determine the limit-price between the lowest and highest boundaries.

$$\omega_s = \left(\frac{\delta}{A}\right)^2 \quad (12)$$

This weight simply mitigates the effect of balancing prices  $\bar{b}\bar{p}_{h''}^-$  and  $\bar{b}\bar{p}_{h''}^+$  on the limit-price of the delivery hour  $h''$ . After all, we define the limit-price as follows:

$$lp_{h''} = \begin{cases} (\mu_{h''} - \sigma_{h''} - \sigma_{h''})\omega_s + \bar{b}\bar{p}_{h''}^-(1 - \omega_s), & \text{if buying} \\ (\mu_{h''} + \sigma_{h''} + \sigma_{h''})\omega_s + \bar{b}\bar{p}_{h''}^+(1 - \omega_s), & \text{else} \end{cases} \quad (13)$$

Limit price  $lp_{h''}$  is submitted to the wholesale market along with a certain amount of energy, targeting a future delivery time slot. The amount is determined using the demand prediction algorithm, detail in Section 4.1. If the broker has already a market position for the regarded future time slot, then only the missing quantity is submitted.

## 5 Results and Discussions

As mentioned earlier, we deployed the presented approaches in our winning broker agent AgentUDE17. Therefore, we will analyze the tournament data (Power TAC 2017 Final) due to lack of possibility to prepare controlled experiments. In the analysis, we will show how presented algorithms affected the profitability against other brokers.

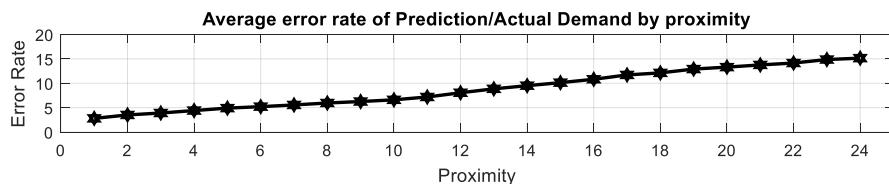
### 5.1 Tournament Data & Analysis Process

Power TAC 2017 Finals were played in June 2017 immediately after two trial tournaments and a qualification round. Eight brokers competed in 284 games, in the size of 3-, 5- and 8-player games. The finalist brokers were: AgentUDE [10], COLDPower17, CrocodileAgent [1], SPOT [3], VidyutVanika, ewiBroker, fimtac, and maxon17. According to the official tournament results<sup>1</sup>, published on Power TAC website, AgentUDE, fimtac, and SPOT took the first, second and third position, respectively. After a game successfully completed, a state log file is created which contains financial and energy transactions. We transform this raw data into a relational database model. All relevant outputs were processed in MATLAB R2016b and the results are valid for Power TAC release 1.4.3.

### 5.2 Results

In this section, we evaluate the performance of the approaches. Note that the results do not include all the tournament data due to high computational complexity. We randomly picked 8-player games #56, #57, #58, 5-player games #93, #134, #164, and 3-player games #205, #225, #238, #240 from the Power TAC 2017 Final games, in which AgentUDE involved. All the results reflect the average of these 10 games.

We measure the performance of our demand forecasting algorithm with an error function, which is the rate of forecasted demand to actual demand. Fig. 2 illustrates the demand prediction error by time slot proximity. Fig. 3 and Fig. 4 summarize the wholesale market performance of AgentUDE.

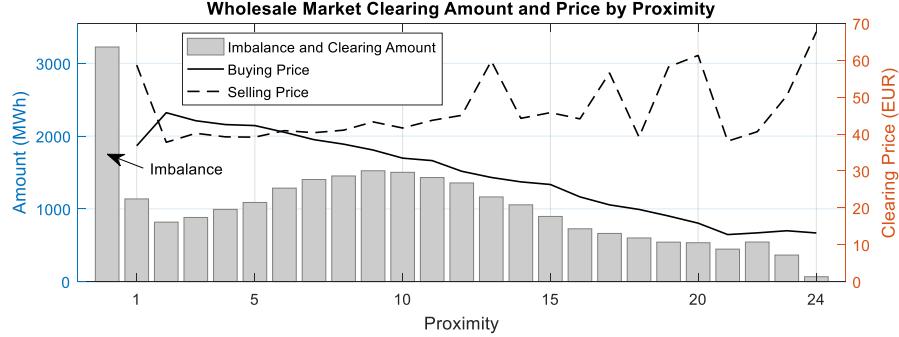


**Figure. 2.** Demand prediction error rate by proximity, having consumers, producers, and electric vehicle customers in the portfolio.



**Figure. 3.** Average unit costs of brokers in the wholesale market.

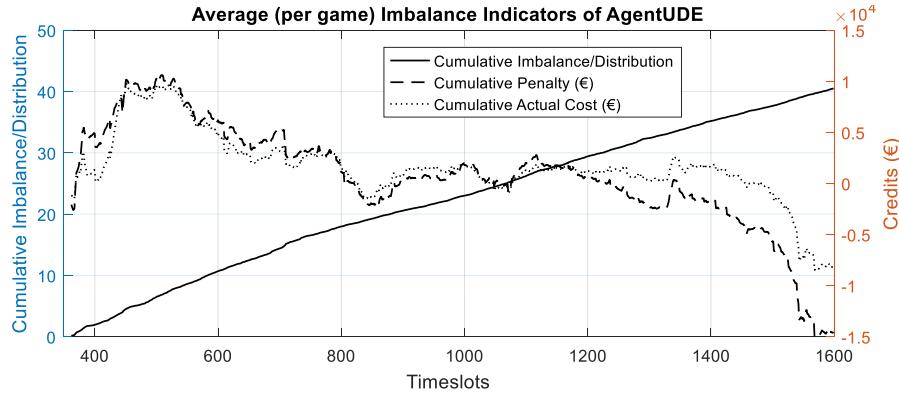
<sup>1</sup> cf. at <http://powertac.org/node/96>, accessed 03.10.2017.



**Figure 4.** Wholesale market clearing amount and average clearing prices of AgentUDE in a game (by proximity). The first column in the bar indicates the total imbalance amount.

To analyze the balancing market performance, we use several benchmarks:

- Cumulative Imbalance/Distribution Ratio  $\gamma_{I/D}$ : We use this benchmark to measure the imbalance ratio of brokers. We obtain the ratio, using the formula  $\sum_{t=1}^T |I_t|/D_t$ , where T is the length of a game.
- Cumulative Penalty  $\gamma_P$  (€): Per game cumulative penalty refers to imbalance payments from broker to the distribution utility. Positive value refers to credits which means that the broker is paid for its imbalance. We obtain it, using  $\sum_{t=1}^T I_t b p_t$ .
- Cumulative Actual Balancing Cost  $\gamma_{AC}$  (€): In addition to the imbalance penalty, actual cost includes neglected procurement cost. We pick the average unit wholesale market costs (AMC) from the Fig. 3. We obtain it, using  $\sum_{t=1}^T I_t b p_t - I_t \text{AMC}$ .
- Overall Unit Balancing Cost  $\gamma_{AC/D}$  (€): We obtain this benchmark when  $\gamma_{AC}$  is divided by broker's distribution amount. Therefore, we formalize it as  $\sum_{t=1}^T (I_t b p_t - I_t \text{AMC})/D_t$ .

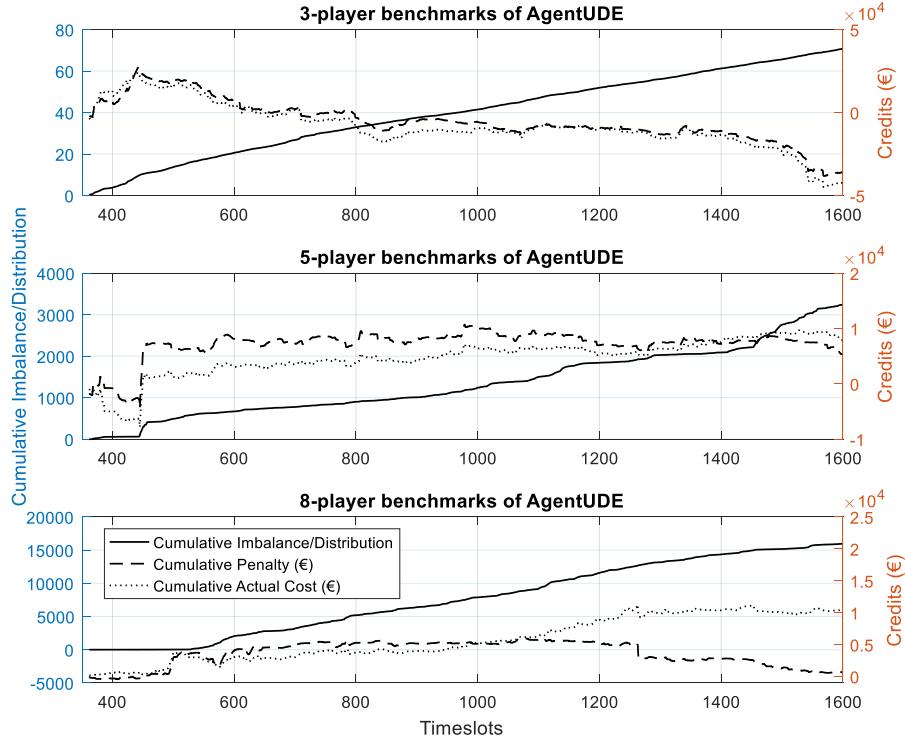


**Figure 5.** Average per game imbalance/distribution ratio, cumulative penalty and the actual cost of AgentUDE over time slots.

In addition to the details of AgentUDE, shown in Fig. 5, following table compares the benchmarks of brokers.

**Table 1.** Comparison of benchmarks of brokers. Values indicate the average per-game totals.

Broker	$\sum D$	$\sum I$	$\gamma_{I/D}$	$\gamma_P$	$\gamma_{AC}$	$\gamma_{AC/D}$
AgentUDE	9,058	2,948	<b>27554</b>	-14,529	-8,010	<b>-0.89</b>
fimtac	8	349	3336	-43,087	-29,106	-3,611
SPOT	197	373	7373	55	-8,922	-45
ewiBroker	5,299	2,903	69	-249,346	-216,076	-40
ViduyVanika	6,950	9,084	181	-162,119	-432,389	-62
COLDPower17	5,382	4,591	886	-282,451	-205,578	-38
maxon17	12,969	2868	28	-235,071	-229,863	-17
CrocodileAgent	30,270	3,846	15	-68,735	-166,021	-5



**Figure 6.** Benchmarks of AgentUDE by game size.

As seen in Table 1,  $\gamma_{I/D}$  performance of AgentUDE is the highest among other brokers. However, it has the lowest cumulative actual cost  $\gamma_{AC}$ . We use overall unit balancing cost  $\gamma_{AC/D}$  to see the real performance, dividing the actual cost to the distribution volume. For this benchmark, the result is more significant, as AgentUDE has the lowest  $\gamma_{AC/D}$  ratio among other brokers.

Now, we focus on AgentUDE and see how game size (i.e. number of players) affect the overall unit balancing cost. Fig. 6 illustrates the benchmarks by game size. As clearly seen, AgentUDE significantly performs better in games where a higher number of brokers compete. The reason behind this picture is that the system imbalance at a time is defined as the sum of participants' imbalances (see Formula 1). Therefore, a broker, e.g. in a 3-player game, may easily lead the system imbalance. Table 2 summarizes the performances of the benchmarks. In 8-player games, AgentUDE created the highest imbalance/distribution rate with the lowest penalty payments.

**Table 2.** Benchmarks of AgentUDE in different game sizes.

Broker	$\sum D$	$\sum I$	$\gamma_{I/D}$	$\gamma_P$	$\gamma_{AC}$	$\gamma_{AC/D}$
3-player	21,725	4,899	70	-42,280	-35,849	-1.65
5-player	500	1,538	3,241	5,434	7,933	15.9
8-player	559	1,242	15,946	697	10,520	18.8

## 6 Conclusion and Future Work

In this paper, we presented a novel approach to minimize the energy procurement cost of our winning broker AgentUDE. To do that, we first implemented multiple linear regression methods to forecast future customer demands, which uses a correlation coefficient to weight the regression models. The coefficient basically measures the stationarity of the aggregate demand. Therefore, it determines the weight of short-term and long-term regression model on the fly. Secondly, we implemented a strategic wholesale bidding algorithm, which transforms forecasted prices into strategic prices depending on the system and broker imbalance. Basically, AgentUDE leaves intentional imbalance, when the distribution utility rewards the imbalance.

Results show that AgentUDE has the lowest imbalance cost (even negative) and the highest imbalance amount among other brokers. After all, AgentUDE legally exploits the balancing market, which means that all parties, contributed to the balancing problem are satisfied. The algorithm in the paper may not be applied to real-world power systems in some regions due to the limited market operations. However, it is fairly transferable to the future energy markets once electricity grids hopefully digest the smart grid programs, such as demand response and distributed generation.

Broker agents trade in a highly dynamic environment. This means that they deal with a huge number of variables on the go. Many of them fail in terms of finding the global optimum, despite using advanced machine learning algorithms. In AgentUDE17, we used a genetic algorithm (GA) in the retail market and realized that GA fits extremely well in such dynamic environments. As a part of this project, we plan to replace the strategic bidding algorithm in the paper with an evolutionary bidding mechanism since we think that autonomous traders (not limited to power traders) needs an advanced self-evaluation structure to fully explore the search space and adapt themselves quickly.

## References

1. Babic, J., Podobnik, V.: Adaptive bidding for electricity wholesale markets in a smart grid. Presented at the (2014).
2. Box, G.E. et al.: Time series analysis: forecasting and control. John Wiley & Sons (2015).
3. Chowdhury, M.M.P. et al.: Investigation of Learning Strategies for the SPOT Broker in Power TAC. Presented at the (2015).
4. Hernandez-Leal, P. et al.: Bidding in Non-Stationary Energy Markets. In: 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems. pp. 1709–1710 Springer (2015).
5. Hoogland, J., Poutré, H.L.: An effective broker for the power tac 2014. Presented at the (2015).
6. Ketter, W. et al.: Power TAC: A competitive economic simulation of the smart grid. *Energy Economics*. 39, 262–270 (2013).
7. Kuaté, R.T. et al.: An Intelligent Broker Agent for Energy Trading: An MDP Approach. In: IJCAI. pp. 234–240 (2013).
8. Morris, C., Pehnt, M.: Energy Transition: The German Energiewende. Heinrich Böll Stiftung (2012).
9. Özdemir, S. et al.: Analysis of the Effects of Storage Capabilities Integration on Balancing Mechanisms in Agent-Based Smart Grids. In: German Conference on Multiagent System Technologies. pp. 215–230 Springer International Publishing (2016).
10. Ozdemir, S., Unland, R.: The strategy and architecture of a winner broker in a renowned agent-based smart grid competition. *Web Intelligence*, IOS Press. 15, 2, 165–183 (2017).
11. Reddy, P.P., Veloso, M.M.: Factored Models for Multiscale Decision-Making in Smart Grid Customers. In: AAAI. (2012).
12. Rúbio, T.R. et al.: Tugatac broker: A fuzzy logic adaptive reasoning agent for energy trading. Presented at the (2015).
13. Sijmons, D. et al. eds: Landscape and energy: Designing transition. Nai010 Publishers (2014).
14. Taylor, J.W. et al.: A comparison of univariate methods for forecasting electricity demand up to a day ahead. *International Journal of Forecasting*. 22, 1, 1–16 (2006).
15. Urban, T., Conen, W.: Maxon16: A Successful Power TAC Broker, (2016).
16. Urieli, D., Stone, P.: TacTex'13: a champion adaptive power trading agent. In: Proceedings of the 2014 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems. pp. 1447–1448 International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems (2014).
17. Vardakas, J.S. et al.: A survey on demand response programs in smart grids: Pricing methods and optimization algorithms. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 17, 1, 152–178 (2015).
18. Wang, X. et al.: A hybrid-learning based broker model for strategic power trading in smart grid markets. *Knowledge-Based Systems*. 119, 142–151 (2017).

# Ant Colony Optimization for a Network Design Problem in Freight Service

Leopold Kuttner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TU Dresden, Faculty of Business and Economics, 01069 Dresden, Germany  
leopold.kuttner@tu-dresden.de

**Abstract.** This paper studies a restrictive variant of the Network Design Problem in the literature also referred to as the Railroad Blocking Problem. The formulation presented here is used by Deutsche Bahn AG to assist in making network design decisions. An unconventional ant colony optimization metaheuristic is proposed, which utilizes a weighted shortest path algorithm in combination with two kinds of pheromones in order to steer the routing. Computational tests are performed on several large-scale, real-world instances. The results of the ant system are compared to those produced by a problem specific simulated annealing based heuristic as well as an exact solver.

**Keywords:** Railroad Blocking, Network Design, Ant Colony Optimization, Sequential Routing, Capacitated Multi-Commodity Flow.

## 1 Introduction

The planning of freight transportation is often broken down into multiple consecutive optimization processes, including the design of the transportation network, blocking of cars and routing of trains, as well as creating timetables and crew scheduling, building up to an integrated system for managing the planning process as a whole [1]. These problems are well understood, but with the growing need to more accurately map reality the computational models become ever more challenging. This is why heuristic methods are popular for solving complex planning problems and are used widely in the industry.

This paper studies the subproblem of creating blocking plans for single car transportation, it is the foundation upon which subsequent planning processes are built. A blocking plan describes a succession of stations for single railroad cars [2]. The physical process of consolidating multiple cars is also referred to as classification and does, in addition to the locomotive and car costs, constitute a major fraction of the overall costs incurred by the routing. An efficient blocking plan saves handling costs at classification yards, allows for greater utilization of train capacities and reduces the total kilometers traveled of cars, trains and personnel.

In sections 2 and 3, a brief literature review and a description of the considered planning problem lay out the cornerstones for discussing a mathematical formulation of a Railroad Blocking Problem (RBP) of specific interest to Deutsche Bahn AG (DB

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

AG). In section 4, an unconventional ant colony optimization approach is introduced together with a brief description of another heuristic currently in use for creating blocking plans at DB AG. In section 5, we perform computational tests on a variety of large-scale, real-world instances and compare the performance of the two heuristic approaches and an exact solver. Concluding remarks are given in section 6.

## 2 Literature Review

The RBP belongs to the class of Network Design Problems (NDPs) and Multi-Commodity Flow Problems (MCFPs), it is described by [2] and [3] in its most basic formulation. An extensive literature review of these problems is beyond the scope of this paper, we refer to [4] for an overview. Ref. [5] extends the RBP formulation and introduces the Flow Car Routing Problem (FCRP) that is currently used at DB AG. The FCRP considers additional constraints, such as capacities at stations and hierarchical movement rules. Ref. [5] proposes the rip-up and reroute (RR) heuristic to solve the problem, when applied to small and medium-sized, real-world problems the heuristic produces good results in a comparatively short time frame. Improvements to the formulation of the FCRP are provided by [6] with a focus on exact and heuristic cuts. The problem is extended by non-linear turnover time constraints, which are then linearized. Since then, the FCRP has slightly evolved to consider balancing constraints, train capacities at stations and a maximum number of classifications for a commodity, all of which are presented in section 3.

Methods with a focus on exact and heuristic solutions have been devised to solve the RBP, see [7–9]. Ref. [10] presents a non-linear variant of the RBP with direct train deliveries and introduces a conventional ant system enhanced by a variable evaporation rate. The authors claim to produce results comparable to exact approaches with an underlying network of 20 stations. Ref. [11] solves a RBP with yard and classification track constraints for networks of up to 100 nodes with a traditional ACO heuristic and obtain competitive results compared to CPLEX software. However, none of the above focus on instances of scale and restrictiveness comparable to that of the FCRP studied in this paper. Concerning the lack of appropriate methods for the problem presented here, we propose an ACO approach utilizing a local and a global pheromone as well as distinct pheromone graphs for each commodity, in order to solve moderately and highly constrained real-world NDPs. Extensions of and differences to traditional ACO algorithms are discussed in subsection 4.2.

## 3 Flow Car Routing Problem

Rail freight services for commercial cargo transportation can be categorized into two main groups: unit train transportation, where customers book a whole train for the transportation of their goods, and single car transportation, where customers book a single or multiple railroad cars for commodities to be transported from their respective origin to destination. At DB AG, around 100 billion ton-kilometers are shipped in freight service annually, thereof single car transportation makes up the majority of

cargo business and also gives rise to a complex planning problem. In the early stages of this planning process, a succession of stations has to be specified for every railroad car, i.e. a blocking plan. At stations where several cars meet they can be consolidated to form a block of cars. This means that they are grouped together, attached to a locomotive and travel as a unit to their next (intermediate) station without being handled in between. Only then, in later stages of the planning process, exact routes for these blocks through the physical railway network have to be generated, before determining timetables and crew schedules. These later stages are not the focus of this paper. Connections between two stations cannot necessarily be interpreted as physical tracks.

Let  $\mathcal{V}$  and  $\mathcal{A}$  denote the set of stations and relations of the underlying railway network, respectively, then  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{A})$  describes a complete directed graph abstracting the network. The relations  $\mathcal{A}$  are merely logical links, meaning that trains assigned to arc  $(i, j)$  are regrouped or (dis)assembled at  $i$  and  $j$ , and do not indicate any obligation to traverse a direct, actual track between  $i$  and  $j$  in later stages of the planning process. Incoming and outgoing arcs of node  $i$  are described by  $\delta_i^-$  and  $\delta_i^+$ , respectively. Additionally, we introduce  $\mathcal{K}$  which describes the set of commodities  $k$  that have to be routed from their origin  $\sigma^k \in \mathcal{K}^+$  to their destination  $\tau^k \in \mathcal{K}^-$ , where  $\mathcal{K}^+, \mathcal{K}^- \subseteq \mathcal{V}$  describe the sets of all origin and destination nodes. A commodity occupies space on one or multiple cars depending on the physical size and weight of the commodity. Cars are then grouped together and attached to a locomotive, the resulting vehicle is called a train. Classification yards are assigned to different hierarchical levels  $\gamma_i \in \{0, 1, 2, 3\}$ , where a lower level corresponds to a bigger and less prevalent station. Rules for classification are imposed which state that cars may descend  $((i, j): \gamma_i > \gamma_j)$  until they either stay or ascend, thereafter they can only continue to ascend in the hierarchical structure  $((i, j): \gamma_i < \gamma_j)$  [5]. Another important term is the uniqueness restriction, it requires all commodities with the same destination to share their route once they are both classified at the same station [12]. In practice the uniqueness restriction is not always relevant, which is why, in section 5, we perform computations without that very constraint.

In [5] the problem formulation for the above mentioned complete directed graph structure is given. It is then reformulated, s.t. the constraints that impose the hierarchical movement rules become obsolete and are factored in by design. This is achieved by transforming the original graph  $\mathcal{G}$  into a hierarchical graph  $\mathcal{G}'$ . The transformation works by multiplying nodes and adding arcs, resulting in a directed acyclic graph (DAG), and requires a mapping of the flow variables of  $\mathcal{G}$  to the edges of  $\mathcal{G}'$ . The hierarchical transformation guarantees feasibility w.r.t. the hierarchy constraints. This enables, otherwise inconceivable, preprocessing steps, which result in significantly shorter computational times for solvers and are beneficial for heuristic solution approaches. To obtain a valid solution the mapping must be inverted after solving the model in the post processing, s.t. the hierarchical edges map to the original edges. As it is not the subject of this paper, the mapping itself and the necessary changes induced on the model are given without further explanation, for details please refer to [5]. For the convenience of modeling we create an auxiliary graph  $\mathcal{H}'_k$  from  $\mathcal{G}'$  for every commodity  $k$ . The graph  $\mathcal{H}'_k$  is used to build the mixed-integer program and can be

used for the heuristics as well. The mapping  $X$  of arc  $(i, j) \in \mathcal{A}$  of  $k$  to the corresponding arcs of the hierarchical auxiliary graph  $\mathcal{H}'_k = (\mathcal{V}'_k, \mathcal{A}'_k)$  is in the form of  $X: \mathcal{A} \times \mathcal{K} \rightarrow \mathbb{B}: (i, j, k) \mapsto x_{i', j'}^k$ , with  $(i', j') \in \mathcal{A}'_k$ . Arcs for which  $(i', j') \in \{\mathcal{A}'_k: i' = j'\}$  applies are denoted as  $\mathcal{A}_k^t$ . The modified problem can now be formulated as:

$$\min \sum_{(i, j) \in \mathcal{A}} (c_{ij}^{\text{loco}} n_{ij} + c_t^{\text{track}} y_{ij}) + \sum_{k \in \mathcal{K}, (i, j) \in \mathcal{A}'_k \setminus \mathcal{A}_k^t} (c_i^{\text{switch}} \eta^k x_{ij}^k + c_k^{\text{car}} \eta^k \theta_{ij} x_{ij}^k) + \sum_{k \in \mathcal{K}} c_k^{\text{penalty}} a_k \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{(j, i) \in \delta_i^-} x_{ji}^k - \sum_{(i, j) \in \delta_i^+} x_{ij}^k = \begin{cases} 1 - a_k, & \text{if } i = \tau^k, \\ -1 + a_k, & \text{if } i = \sigma^k, \forall k \in \mathcal{K}, \forall i \in \mathcal{V}'_k, \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (2)$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \lambda^k X(i, j, k) \leq L_{ij} n_{ij}, \forall (i, j) \in \mathcal{A}, \quad (3)$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \omega^k X(i, j, k) \leq W_{ij} n_{ij}, \forall (i, j) \in \mathcal{A}, \quad (4)$$

$$-T_{ij} + 1 \leq n_{ij} - T_{ij} y_{ij} \leq 0, \forall (i, j) \in \mathcal{A}, \quad (5)$$

$$\sum_{(j, i) \in \delta_i^-} y_{ji} \leq Y_i^-, \forall i \in \mathcal{V}, \quad (6)$$

$$\sum_{(i, j) \in \delta_i^+} y_{ij} \leq Y_i^+, \forall i \in \mathcal{V}, \quad (7)$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K} \setminus (\mathcal{K}_i^+ \cup \mathcal{K}_i^-)} \sum_{v \in \{i_u, i_m, i_d\}} \sum_{(v, j) \in \delta_v^+ \setminus \mathcal{A}_k^t} \eta^k x_{vj}^k \leq E_i, \forall i \in \mathcal{V}, \quad (8)$$

$$X(j, i, k) \leq 3s_i, \forall i \in \mathcal{V}, \forall (j, i) \in \delta_i^-, \forall k \in \mathcal{K} \setminus (\mathcal{K}_i^+ \cup \mathcal{K}_i^-), \quad (9)$$

$$X(i, j, k) \leq 3s_i, \forall i \in \mathcal{V}, \forall (i, j) \in \delta_i^+, \forall k \in \mathcal{K} \setminus (\mathcal{K}_i^+ \cup \mathcal{K}_i^-), \quad (10)$$

$$\sum_{(j, i) \in \delta_i^-} n_{ji} \leq N_i^- s_i, \forall i \in \mathcal{V}, \quad (11)$$

$$\sum_{(i, j) \in \delta_i^+} n_{ij} \leq N_i^+ s_i, \forall i \in \mathcal{V}, \quad (12)$$

$$X(i, j, k) \leq z_{ij}^d, \forall (i, j, k) \in \mathcal{A} \times \mathcal{K}, d = \tau^k, \quad (13)$$

$$\sum_{(i, j) \in \delta_i^+} z_{ij}^d \leq 1, \forall i \in \mathcal{V}, d \in \mathcal{K}, \quad (14)$$

$$\sum_{(i, j) \in \mathcal{A}'_k \setminus \mathcal{A}_k^t} \theta_{ij} x_{ij}^k \leq H^k, \forall k \in \mathcal{K}, \quad (15)$$

$$\sum_{(i, j) \in \mathcal{A}'_k \setminus \mathcal{A}_k^t} x_{ij}^k \leq G^k + 1, \forall k \in \mathcal{K}, \quad (16)$$

$$y_{ji} = y_{ij}, \forall i \in \mathcal{V} \cap (\mathcal{K}^+ \cup \mathcal{K}^-), \forall (i, j) \in \{\mathcal{A}: (j, i) \in \delta_i^- \wedge (i, j) \in \delta_i^+\}, \quad (17)$$

$$x_{ij}^k \in \mathbb{B}, k \in \mathcal{K}, \forall (i, j) \in \mathcal{A}'_k, \quad (18)$$

$$z_{ij}^d \in \mathbb{B}, \forall (i, j) \in \mathcal{A}, d \in \mathcal{K}^-, \quad (19)$$

$$a_k \in \mathbb{B}, k \in \mathcal{K}, \quad (20)$$

$$s_i \in \mathbb{B}, i \in \mathcal{V}, \quad (21)$$

$$n_{ij} \in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \forall (i, j) \in \mathcal{A}, \quad (22)$$

$$y_{ij} \in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \forall (i, j) \in \mathcal{A}. \quad (23)$$

Boolean decision variables that indicate whether a commodity  $k$  travels along relation  $(i, j)$ ,  $x_{ij}^k = 1$  or not  $x_{ij}^k = 0$ , are introduced to the model. The variables  $a_k$  describe whether a shipment  $k$  is sent at all, and  $s_i$  indicate whether a station is in use. The number of trains that are needed to transport all commodities that travel on any relation is given by  $n_{ij}$ . Variables  $y_{ij}$  give the number of classification tracks that must be used at stations  $i$  and  $j$ . The train and classification track variables can both take positive integer values, meaning that multiple trains and tracks might be assigned to any relation. To comply with the uniqueness restriction, the variables  $z_{ij}^d$  are introduced and describe whether any commodity destined for node  $d$  travels along arc  $(i, j)$ . The variables  $x_{ij}^k$  in equations (2) constitute the flow variables and guarantee that any commodity  $k$  entering node  $i$  also leaves that node again, except for node  $i$  being either the origin  $\sigma^k$  or destination  $\tau^k$  of  $k$ . The variables  $a_k$  need to be added to allow for unrouted commodities. This is of interest for solving real-world instances because the capacity of a given network may not be sufficient to transport all commodities.

Let the length and weight of commodity  $k$  be represented by  $\lambda^k$  and  $\omega^k$ , respectively, then (3) and (4) ensure that the maximum length  $L_{ij}$  and weight  $W_{ij}$  restrictions are not violated by allocating the necessary number of trains  $n_{ij}$  to that relation. The train variables  $n_{ij}$  are linked to the track variables  $y_{ij}$  by (5) and determine the number of classification tracks which must be reserved at both stations  $i$  and  $j$ , in order to accommodate a block without exceeding the train capacity  $T_{ij}$  of a single track. Constraints (6) and (7) bound the number of tracks that are available at station  $i$  by the maximum number of incoming  $Y_i^-$  and outgoing  $Y_i^+$  tracks. Equations (8) ensure that the number of cars  $\eta^k$  of all commodities that pass station  $i$  does not violate the car switch capacity  $E_i$  at that station. Which stations are part of a solution is determined by (9) and (10). The maximum number of incoming  $N_i^-$  and outgoing  $N_i^+$  trains that can be handled at any station are limited by (11) and (12), respectively. Constraints (15) restrict any path a commodity takes to be less or equal to the maximum transport time  $H^k$ . The transport time  $\theta_{ij}$  is calculated as the sum of the departure processing time  $\theta_{ij}^{\text{dep}}$ , the travel time  $\theta_{ij}^{\text{travel}}$  and the arrival processing time  $\theta_{ij}^{\text{arr}}$ , i.e.  $\theta_{ij} = \theta_{ij}^{\text{dep}} + \theta_{ij}^{\text{travel}} + \theta_{ij}^{\text{arr}}$ . Further, commodities must not be classified more often than a predefined number  $G^k$ , i.e. the maximum number of hops through the network, which is cared for by (16). In order to balance the load on the stations the constraints (17) are introduced. For every destination  $d$ ,  $z_{ij}^d$  describes an arc in the rooted tree with root  $d$ . Equations (13) link the flow variables  $x_{ij}^k$  with the uniqueness variables  $z_{ij}^d$ , and (14) guarantee the tree structure.

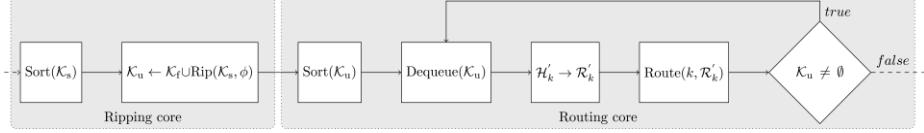
Given the above set of constraints, the objective is to minimize the overall costs which can be broken down into two major assets. First, there are costs incurred for actually moving a commodity, i.e.  $c_{ij}^{\text{loco}}$  for every locomotive of a train deployed on a relation, as well as  $c_k^{\text{car}}$  for hauling a single car of commodity  $k$  multiplied by the transport time  $\theta_{ij}$ . Not delivering commodity  $k$  is penalized with  $c_k^{\text{penalty}}$ . The second group of costs can be attributed to managing the incoming and outgoing vehicles at stations. It is calculated as the costs for reserving a classification track  $c_i^{\text{track}}$  at station  $i$  plus the costs  $c_i^{\text{switch}}$  for classifying a single car of shipment  $k$ .

## 4 Heuristic Approaches

At DB AG two heuristic approaches are used to tackle this problem because solvers alone cannot produce satisfactory results within a reasonable amount of time (see section 5). Both heuristics follow a common strategy in the sense that they, sequentially, choose a path for each commodity  $k$  on a dedicated routing graph  $\mathcal{R}'_k$ . The routing graph is generated from the auxiliary graph  $\mathcal{H}'_k$  by eliminating all infeasibilities regarding constraints (3) – (14) before any one commodity is routed. Feasibility w.r.t. the remaining constraints cannot be ensured with preprocessing and must be taken care of by other mechanisms. A rough outline to the RR heuristic is given in the following, the basic mechanisms as well as a measure of complexity will be conveyed. The ACO heuristic is discussed in greater detail thereafter.

### 4.1 Rip-up and Reroute

On a higher level, the RR heuristic is divided into a constructive and an improvement stage, both stages exhibit a simulated annealing strategy [5]. The RR heuristic implements a ripping and routing core as depicted in Figure 1. In the routing core, the commodities  $k \in \mathcal{K}_u$  that have to be routed are sorted according to a set of dynamically determined priority scores and are then, one after another, routed utilizing a shortest path algorithm. The scores are designed to factor in constraints (15) – (17) and allow for feasible solutions. Because the underlying graph  $\mathcal{R}'_k$  is a DAG we can utilize the DAG algorithm, which runs in  $\mathcal{O}(|\mathcal{V}| + |\mathcal{A}|)$  as compared to the runtime complexity  $\mathcal{O}((|\mathcal{V}| + |\mathcal{A}|) \log |\mathcal{V}|)$  of the  $A^*$  algorithm. If the path obtained by the DAG algorithm is feasible w.r.t. constraints (15) – (17), then commodity  $k$  is assigned to the set of successfully routed commodities  $\mathcal{K}_s$ ; to the set of the failed commodities  $\mathcal{K}_f$  otherwise. If all unrouted commodities are processed ( $\mathcal{K}_u = \emptyset$ ) we move on to the next iteration. In the ripping core, a variable ratio  $\phi$  of  $\mathcal{K}_s$  is ripped, i.e. removed from the solution, in order to be rerouted in addition to  $\mathcal{K}_f$ . Which of the commodities are ripped depends, again, on a dynamically chosen set of the aforementioned scores and the resulting sorting. The selection mechanism for choosing the scores is dependent on the stage of the heuristic and a multitude of other factors. The ratio  $\phi$  depends on the stage of the heuristic and the temperature of the underlying simulated annealing strategy.



**Figure 1.** Flowchart of the routing and ripping core

For performance reasons, the objective value is evaluated only if the ratio  $|K_f|/|K_s|$  exceeds a given threshold or a threshold set by the best solution found so far. The cost function, which is handed to the shortest path algorithm, is derived from the objective function (1) and is given as

$$c_{ij}^{\text{RR}} = c_k^{\text{car}} \eta^k \theta_{ij} + c_i^{\text{switch}} \eta^k + c_{ij}^{\text{loco}} n_{ij}(\eta^k, K_s) + c_i^{\text{track}} y_{ij}(\eta^k, K_s). \quad (24)$$

The locomotive  $c_{ij}^{\text{loco}} n_{ij}(\cdot)$  and track  $c_i^{\text{track}} y_{ij}(\cdot)$  costs that are incurred by commodity  $k$  are strongly dependent on the set of hitherto successfully routed commodities  $K_s$ . This imposes an additional level of complexity when routing sequentially. The required number of trains  $n_{ij}(\cdot)$  and tracks  $y_{ij}(\cdot)$  is determined according to constraints (3), (4) and (5).

#### 4.2 Ant Colony Optimization

From here on, we present the main contributions of this paper by introducing and applying two different ant systems to the studied problem. The ACO-P system is a conventional, probabilistic ACO algorithm, whereas ACO-D is not an inherently probabilistic system. Traditional ACO algorithms, e.g. as described by [13], work by modeling the food foraging behavior of real ant colonies, whereby ants traverse an area around their anthill continuously depositing pheromones. These pheromones evaporate over time and, eventually, some paths exhibit a higher pheromone concentration than others and are therefore more attractive for ants to follow. Ideally, this mechanism results in short paths to food sources, even though under certain circumstances quite the opposite has been observed in nature.<sup>1</sup> Inspiration for the ACO systems presented here is mainly taken from [10], [11] and [14].

Interpreting conventional ACO algorithms and applying them here, we model a colony as an amalgamation of ants, where a single ant represents a specific commodity. Each ant maintains separate pheromone values  $\pi_{ij}^k$  on the arcs of a distinct pheromone graph  $\mathcal{P}'_k = (\mathcal{V}'_k, \mathcal{A}'_k)$  [14]. The pheromones are meant to maintain favorability values of edges of commodity paths over time. Additionally, a metric is defined that calculates the visibility value  $\mu_{ij}^k$  for a given edge, and is representative of the costs incurred by traversing a relation. The edge to visit is then chosen according to a roulette wheel selection with the probabilities given by

<sup>1</sup> The phenomenon is known as an ant mill and causes ants to die of exhaustion after following a circular pheromone trail for an extended period of time.

$$\rho_{ij}^k = \frac{(\pi_{ij}^k)^\alpha (\mu_{ij}^k)^\beta}{\sum_{(i,v) \in \delta_i^+} (\pi_{iv}^k)^\alpha (\mu_{iv}^k)^\beta}, \quad (25)$$

with

$$\mu_{ij}^k := (c_{ij}^{\text{RR}}(k))^{-1}. \quad (26)$$

The exponents  $\alpha$  and  $\beta$  are used to specify the influence of the two components. In the implementation presented here, we use two kinds of pheromones, a local and a global pheromone [11]. Their weighted sum is the pheromone value used for guiding the search and is given by

$$\pi_{ij}^k = (1 - \varrho)\pi_{ij}^{k,\text{local}} + \varrho\pi_{ij}^{k,\text{global}}, \quad (27)$$

where  $\varrho \in [0; 1]$  controls the influence that is attributed to the global pheromone. Accordingly,  $1 - \varrho$  is the ratio the local pheromone enters into the equation. Generally, the idea behind those two pheromones is to have the global pheromone direct the search towards promising regions of the search space and act as a long-term memory. Local pheromones are used as a short-term memory and allow for the exploration of the more immediate neighborhood.

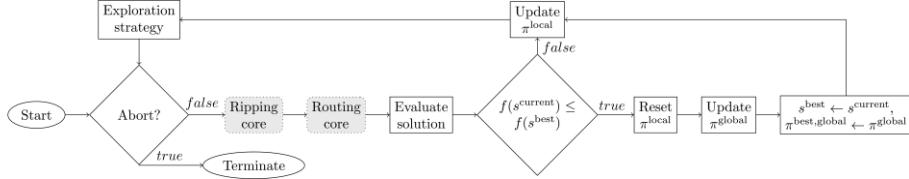
The natural evaporation of pheromones is modeled and applied when updating the pheromone trail to counter premature convergence to a suboptimal solution. Different pheromone update strategies have been devised in the literature, one of the most common is the following, where  $\epsilon$  denotes the evaporation rate of the pheromone:

$$\pi_{ij}(t + 1) = (1 - \epsilon)\pi_{ij}(t) + \epsilon F(s). \quad (28)$$

Suppose the objective is to minimize a function  $f(s)$ , then  $F(s)$  describes the fitness of a given solution  $s$  where  $f(s) \leq f(s')$  implies  $F(s) \geq F(s')$ . The specifics of  $F(s)$  are highly dependent on the underlying problem structure, the ant system and the parametrization thereof. The ant system presented here employs a pheromone update strategy similar to equation (28), with the variation that the global pheromones are only updated when a new best solution is found. The local pheromones are updated after routing a single commodity. Both updates only apply to edges that are part of the current solution. The set of edges that form the path of commodity  $k$  in a solution is denoted as  $\mathcal{S}_k \subseteq \mathcal{P}_k'$ . The evaporation rate of the global pheromone  $\epsilon$  is different to that of the local pheromone  $\epsilon$ , in order to be able to control the influence of the short- and long-term memory separately. The fitness  $F(s)$  of a solution is calculated as the ratio of the best-known solution  $s^{\text{best}}$  and the current solution  $s^{\text{current}}$ . The update function (28) in combination with this fitness function has the positive side effect of limiting the pheromone values to be in the range of  $[0; 1]$ , what is also known as the **MAX-MIN** ant system. With the ant system and pheromone strategies explained above, the update functions can be formulated as:

$$\pi_{ij}^{k,\text{local}}(t + 1) = \begin{cases} (1 - \epsilon)\pi_{ij}^{k,\text{local}}(t) + \epsilon \frac{f(s^{\text{best}})}{f(s^{\text{current}})}, & \text{if } (i, j) \in \mathcal{S}_k^{\text{current}} \\ \pi_{ij}^{k,\text{local}}(t), & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (29)$$

$$\pi_{ij}^{k,\text{global}}(t+1) = \begin{cases} (1 - \varepsilon)\pi_{ij}^{k,\text{global}}(t) + \varepsilon \frac{f(s^{\text{best}})}{f(s^{\text{current}})}, & \text{if } f(s^{\text{current}}) \leq f(s^{\text{best}}) \\ \pi_{ij}^{k,\text{local}}(t), & \wedge (i, j) \in \mathcal{S}_k^{\text{current}} \\ & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (30)$$



**Figure 2.** Flowchart of the ACO algorithm

The flowchart in Figure 2 depicts the routing procedure of the ant system as described previously. The ripping and routing core are basically the same as depicted in Figure 1. The difference to the RR heuristic is that  $\phi$  is constant and the commodities do not have to be sorted before ripping as the ripping happens in a first-in-first-out fashion, i.e. in the order in which the commodities have been routed in the preceding iteration. After ripping, the commodities undergo a random shuffle instead of a sorting by scores, before the sequential choice of arcs takes place according to equations (25) and (26). The evaluation of the objective function is performed in every iteration. An exploration strategy is triggered if there is no improvement in the objective value for a certain number of iterations. This strategy reduces all  $\pi^{\text{local}}$  to its initial value and resets  $\pi^{\text{global}}$  to the global pheromones  $\pi^{\text{best,global}}$  of the best solution found so far. With regards to constraints (15) – (17), apart from the pheromones, there is no mechanism to ensure feasibility.

Initial runs on the test instances employing ACO-P produce unsatisfactory results on all scenarios. Knowing the RR heuristic performs better by utilizing a shortest path algorithm, we now defer from probabilistically choosing edges one after another and, instead, apply the DAG algorithm to obtain complete origin-destination paths for single commodities. Thus, equations (25) and (26) become obsolete, as the use of the DAG algorithm implies a path selection scheme as opposed to an edge selection scheme. The associated cost function is obtained by weighting equation (24) with the pheromone values and results in

$$c_{ij}^{\text{ACO}}(k) = \left( \frac{1}{\pi_{ij}^k} \right)^\alpha (\mu_{ij}^k)^\beta, \quad (31)$$

with

$$\mu_{ij}^k := c_{ij}^{\text{RR}}(k). \quad (32)$$

Due to the utilization of a shortest path algorithm, we obtain a non-probabilistic ant system ACO-D. In this implementation, though, shuffling the commodities before the actual routing adds a random component.

## 5 Computational Results

Tests are executed with variations of the formulation discussed in section 3, i.e. different sets of constraint that are active. This is done to assure good performance on a wider range of problems. Twelve test instances are derived from four different real-world networks of DB AG, as given in Table 1. The name of the instance corresponds to the number of commodities that have to be routed. The letter following the name denotes the variant, i.e. the set of constraints and decision variables from the problem formulation in section 3. The four different scenarios comprise 338, 638, 1129 and 7334 commodities with  $|\mathcal{V}| = 46, 177, 177$  and 177 nodes, respectively. The number of edges of each scenario, before preprocessing and the hierarchical transformation, is given by  $|\mathcal{A}| = |\mathcal{V}|(|\mathcal{V}| - 1)$ . Variant **a** is a moderately constrained NDP, i.e. constraints (1) – (7), (18), (20), (22) apply and  $y_{ij} \in \mathbb{B}$ . Variant **b** is the same model as described in section 3 but without the uniqueness constraints (13), (14) and (19). Finally, variant **c** comprises all constraints and decision variables.

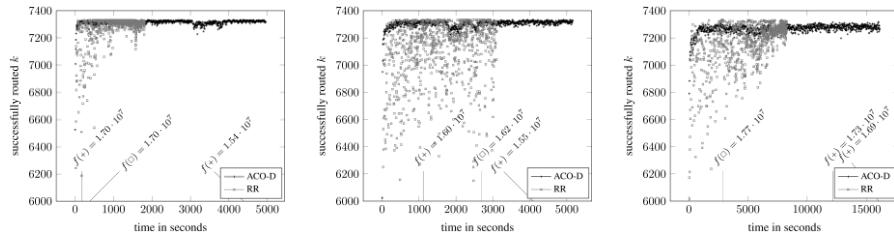
The ratio of the commodities that are to be ripped is fixed to  $\phi = 0.7$ . The global pheromone ratio is chosen to be  $\varrho = 0.5$ . The exponent of the pheromones  $\alpha$  and of the visibility  $\beta$  are both set to 1.0. The local and global pheromone evaporation rates take the values  $\epsilon = 0.05$  and  $\varepsilon = 0.65$ , respectively. The parameter  $\varepsilon$  is chosen to be greater than  $\epsilon$ , as to allow for bigger leaps in the search space once a new best solution is found, and not to get trapped in local optima. The initial value of the local pheromones is set to 0.0, and for the global pheromones it is set to 0.5. The threshold for triggering an exploration strategy is set to 100 iterations without objective improvement. The time limit for each run is set to eight hours (without preprocessing time for the hierarchical transformation) and the maximum number of iterations performed by any of the heuristics is set to 1000. All computations are performed on two cores of a XEON E5v2 processor on a system with 176 GB of RAM operating Windows with CPLEX 12.1.

**Table 1.** Computational results of CPLEX vs. RR vs. ACO-D

Name	CPLEX			RR			ACO-D				
	Time (s)	Obj	Gap (%)	$\Delta$ (%)	Time (s)	Min	Avg	$\Delta$ (%)	Time (s)	Min	Avg
338a	1890	<b><math>5.95 \cdot 10^6</math></b>	0.10	-3.72	42	$6.00 \cdot 10^6$	$6.08 \cdot 10^6$	-1.49	73	$6.03 \cdot 10^6$	$6.18 \cdot 10^6$
338b	28800	<b><math>1.69 \cdot 10^7</math></b>	0.30	-13.28	13	$1.90 \cdot 10^7$	$1.96 \cdot 10^7$	0.27	31	$1.88 \cdot 10^7$	$1.95 \cdot 10^7$
338c	28800	<b><math>1.70 \cdot 10^7</math></b>	0.86	-22.34	19	$1.95 \cdot 10^7$	$2.01 \cdot 10^7$	-8.06	43	$2.13 \cdot 10^7$	$2.19 \cdot 10^7$
638a	28800	<b><math>2.57 \cdot 10^6</math></b>	10.38	-2.83	288	$2.61 \cdot 10^6$	$2.72 \cdot 10^6$	2.85	499	$2.61 \cdot 10^6$	$2.64 \cdot 10^6$
638b	28800	$2.93 \cdot 10^6$	21.15	8.64	323	$2.71 \cdot 10^6$	$2.79 \cdot 10^6$	3.75	559	$2.63 \cdot 10^6$	<b><math>2.69 \cdot 10^6</math></b>
638c	28800	$3.25 \cdot 10^6$	32.25	18.70	1113	$2.61 \cdot 10^6$	$2.84 \cdot 10^6$	3.50	1501	$2.65 \cdot 10^6$	<b><math>2.74 \cdot 10^6</math></b>
1129a	28800	$3.87 \cdot 10^6$	24.34	3.08	442	$3.70 \cdot 10^6$	$3.82 \cdot 10^6$	1.92	784	$3.60 \cdot 10^6$	<b><math>3.75 \cdot 10^6</math></b>
1129b	28800	$3.81 \cdot 10^6$	24.51	3.33	420	$3.76 \cdot 10^6$	$3.84 \cdot 10^6$	3.98	704	$3.63 \cdot 10^6$	<b><math>3.69 \cdot 10^6</math></b>
1129c	28800	$4.17 \cdot 10^6$	31.93	9.82	511	$3.77 \cdot 10^6$	$3.91 \cdot 10^6$	3.06	803	$3.66 \cdot 10^6$	<b><math>3.80 \cdot 10^6</math></b>
7334a	28800	$7.92 \cdot 10^6$	–	–	1751	$1.70 \cdot 10^7$	$1.76 \cdot 10^7$	12.50	4978	$1.54 \cdot 10^7$	<b><math>1.57 \cdot 10^7</math></b>
7334b	28800	$7.76 \cdot 10^6$	–	–	2382	$1.62 \cdot 10^7$	$1.72 \cdot 10^7$	8.43	5297	$1.55 \cdot 10^7$	<b><math>1.58 \cdot 10^7</math></b>
7334c	28800	$7.33 \cdot 10^6$	–	–	7843	$1.77 \cdot 10^7$	<b><math>1.83 \cdot 10^7</math></b>	-0.49	16402	$1.69 \cdot 10^7$	$1.84 \cdot 10^7$

CPLEX gets invoked once whereas the RR and ACO-D heuristics perform 20 runs on each variant, the results are given in Table 1. For the heuristics, the mean computational time until a stopping criterion is met is given, followed by the minimum (Min) and average (Avg) objective values. The percentage difference  $\Delta$  of the objective is given, where the reference value is the average objective value of the ACO-D variant.

The CPLEX column exhibits the computational time of a single run until either the time limit of eight hours or a gap of 0.1% is reached. Entries where only the objective value is given represent the lower bound, as no feasible solution could be found within the given time limit. The lowest average objective value is set in bold, the lowest objective value overall is marked with an asterisk. The table reveals the dominance of ACO-D over the RR heuristic on almost all instances, though the ant system needs significantly longer computational time until it reaches an abort criterion. CPLEX outperforms both heuristics on small instances and is naturally less competitive on bigger ones, up to not being able to obtain a feasible solution for the biggest scenario, where ACO-D performs substantially better than the rest. The greater  $\Delta$  values of the heuristics compared to the solver on instances 338b and 338c can be explained by the penalization of unrouted commodities in the objective function.



**Figure 3.** Computational results of scenario 7334, variants (f.l.t.r.) a, b and c: ACO-D vs. RR

Figure 3 compares the RR and ACO-D heuristic w.r.t. their performance and runtime, the best of the 20 runs of both heuristics on the largest scenario are depicted. Because the RR heuristic is designed to not evaluate the objective function in most iterations, the number of successfully routed commodities is plotted against the computational time. The best objective values of both heuristics are highlighted, as well as the point in time at which the inferior solution is surpassed by the competing heuristic. It takes marginally longer for ACO-D to find competitive results on small instances, but it then outpaces the RR heuristic on larger ones and better solution are obtained significantly faster.

## 6 Conclusion

In contrast to conventional ACO algorithms the path construction is not accomplished with a sequential and probabilistic choice of edges, instead, appropriate shortest path algorithms are utilized. The assessment of the quality of the chosen paths, w.r.t. the routing order and resulting objective value, is implicitly carried out via the pheromones. The proposed ACO-D system produces satisfactory results on a broad range of instances and outperforms the problem-specific RR heuristic and CPLEX on large, highly constrained instances. In principle, the studied ACO concept is not limited to the problems presented here, as we demonstrate applicability to differently sized problem instances and levels of restrictiveness. In order to further verify the applicability of the

ACO-D system to conventional NDPs and MCFPs more computational tests are needed, e.g. on available benchmark problems.

## 7 Acknowledgments

The author would like to thank everyone at DB Analytics (DS.VO) for the welcoming atmosphere in the office. Thanks to Prof. Udo Buscher for suggesting the organization, and to the department head of logistics Dr. Jörg Wolfner for making the internship possible. Special thanks go to Hanno Schülldorf and Dr. Christine Hayn for their supervision despite a crammed schedule. Thanks to Marc Johann for offering guidance through the extensive code base, and to Dr. Christian Ullerich for fruitful discussions with jokes on the side. A special token of appreciation goes to the fellow interns Marie Leonhardt and Tim Kipshagen for making the internship particularly enjoyable.

## References

1. Assad, A. A.: Models for rail transportation. *Transportation Research Part A: General*, 14, 205–220 (1980)
2. Newton, H. N., Barnhart, C., Vance, P. H.: Constructing railroad blocking plans to minimize handling costs. *Transportation Science*, 32, 330–345 (1998)
3. Bodin, L. D., Golden, B. L., Schuster, A. D., Romig, W.: A model for the blocking of trains. *Transportation Research Part B: Methodological*, 14, 115–120 (1980)
4. Crainic, T. G., Laporte, G.: Planning models for freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 97, pp. 409–438 (1997)
5. Homfeld, H.: *Consolidating car routes in rail freight service by discrete optimization*. Verlag Dr. Hut, München (2012)
6. Fügenschuh, A., Homfeld, H., Schülldorf, H.: Single-car routing in rail freight transport. *Transportation Science*, 49, 130–148 (2015)
7. Ahuja, R. K., Jha, K. C., Liu, J.: Solving real-life railroad blocking problems. *Interfaces*, 37, 404–419 (2007)
8. Costa, A. M.: A survey on benders decomposition applied to fixed-charge network design problems. *Computers & Operations Research*, 32, 1429–1450 (2005)
9. Gabrel, V., Knippel, A., Minoux, M.: A comparison of heuristics for the discrete cost multicommodity network optimization problem. *Journal of Heuristics*, 9, 429–445 (2003)
10. Yue, Y., Zhou, L., Yue, Q., Fan, Z.: Multi-route railroad blocking by improved model and ant colony algorithm in real world. *Computers & Industrial Engineering*, 60, 34–42 (2011)
11. Yaghini, M., Foroughi, A., Nadjari, B.: Solving railroad blocking problem using ant colony optimization algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, 35, 5579–5591 (2011)
12. Schülldorf, H.: Optimization at Deutsche Bahn: aspects and examples. In: *Dagstuhl Seminar Proceedings*, pp. 1–6. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum für Informatik (2009)
13. Dorigo, M., Stützle, T.: Ant colony optimization: overview and recent advances. In: Gendreau, M., Potvin, J.-Y. (eds.) *Handbook of Metaheuristics*, vol. 146, 227–264. Springer, New York (2010)
14. Li, X., Aneja, Y. P., Baki, F.: Ant colony optimization metaheuristic for single-path multicommodity network flow problems. *Journal of the Operational Research Society*, 61, 1340–1355 (2010)

# **Beschreib mir deine Wohnung und ich sag' dir wer du bist – Eine explorative Analyse von Gastgeberpersönlichkeiten auf Airbnb**

Michelle Müller<sup>1</sup>, Dominik Gutt<sup>1</sup>, Jürgen Neumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Paderborn, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Paderborn, Deutschland.  
{mmuell15}@mail.uni-paderborn.de, {dominik.gutt, juergen.neumann}@wiwi.uni-paderborn.de

**Abstrakt.** Welche Persönlichkeiten haben Airbnb Gastgeber (Hosts)? Existieren signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Gastgebergruppierungen? Zur Beantwortung dieser Frage werden in dieser Studie die Beschreibungen der Unterkünfte sowie die Selbstbeschreibungen von Hosts der zehn größten Städte der USA herangezogen und anschließend mithilfe eines Textanalysealgorithmus auf die Eigenschaften des Fünf Faktoren Persönlichkeitsmodells untersucht: Offenheit, Gewissenhaftigkeit, Extrovertiertheit, Verträglichkeit und Neurotizismus. Signifikante Unterschiede gibt es zwischen den früh beigetretenen Hosts und den neueren Mitgliedern auf der Plattform: Hosts, die schon lange ihre Wohnung anbieten, haben eine höhere Ausprägung an Offenheit und Extrovertiertheit, sind hingegen weniger gewissenhaft, verträglich und neurotisch. Ebenso zeigen sich besonders für die Aufteilung von Hosts mit nur einem Inserat und Hosts mit mehreren angebotenen Unterkünften Unterschiede in der Persönlichkeit. Single Hosts sind dabei weniger verträglich und gewissenhaft, aber offener und extrovertierter als Multiple Hosts. Limitationen der Studie sowie Implikationen für zukünftiger Forschungen werden anschließend diskutiert.

**Stichworte:** Airbnb Host, Fünf Faktoren Modell, Persönlichkeitsmerkmale, Textanalyse, Sharing Economy

## **1 Einleitung**

Im Zeitalter der Digitalisierung entwickeln sich häufiger als jemals zuvor neue Geschäftsmodelle und Innovationen, welche die scheinbar grenzenlosen Möglichkeiten des Internets gewinnbringend zu nutzen versuchen. Eines dieser neuartigen Konzepte ist das der „Sharing Economy“, in welcher Privatpersonen und Interessengruppen sich gegenseitig systematisch Gegenstände, Räume und Flächen zur Verfügung stellen [1]. Hierzu zählen beispielsweise das Ausleihen von Autos, Büchern oder Kleidung. Der wohl bekannteste Vertreter des Wohnungssharing, das sich das Prinzip des ökonomischen Teilens von Wohnraum zu Nutzen macht, ist Airbnb. Seit 2008 bietet das Unternehmen Buchungen und Vermietungen von privaten Unterkünften an und zählt

mit einem geschätzten Firmenwert von 31 Milliarden US-Dollar zu den wertvollsten digitalen Start-Ups weltweit [2]. In über 190 Ländern und 65.000 Städten gibt es bereits buchbare Airbnb Unterkünfte, was für die enorme Reichweite und Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung spricht [2].

Um möglichst viele Interessenten für die eigene Unterkunft zu begeistern, müssen die Airbnb Hosts bestehende Informationsassymmetrien zwischen sich und den potenziellen Gästen abbauen und für die eigene Wohnung werben. Neben einem Sterne-Bewertungssystem, in dem vorherige Gäste ihre Unterkunft bewerten können, sind primäre Informationsquelle für die Nutzer dabei Bilddateien, die Selbstbeschreibung der Hosts sowie eine Beschreibung über die angebotene Unterkunft. Diese selbstgeschriebenen Texte stellen die Denkweise und die emotionalen Zustände des Verfassers heraus und sind in der Psychologie ein anerkanntes Indiz für die Persönlichkeit eines Menschen [3].

Durch das enorme Wachstumspotenzial solcher Plattformen zeigt sich in jüngster Vergangenheit immer wieder der Trend, dass Geschäftsleute die Innovation zu kommerziellen Zwecken ausnutzen. Airbnb scheint zunehmend steuerliche sowie mietrechtliche Problematiken zu missachten und das eigentliche Ziel der Vernetzung von Menschen und der Möglichkeit, neue Orte und Kulturen zu teilen, geht dabei verloren [4]. Einer Studie der New York Times zufolge verstößen mittlerweile 75% der Inserate in New York City, NY gegen ein Gesetz [5]. Vor dem Hintergrund der Kommerzialisierungsdiskussion stellt sich diese Arbeit die folgenden Forschungsfragen:

*Frage 1: Inwieweit haben sich die Persönlichkeiten der Airbnb Hosts im Laufe der Zeit verändert?*

*Frage 2: Existieren systematische Unterschiede in den Persönlichkeiten von Airbnb Hosts, basierend auf verschiedenen Gruppenzugehörigkeiten auf der Airbnb Plattform?*

Die folgende Studie analysiert zur Beantwortung der obigen Frage die Persönlichkeitsprofile der Airbnb Hosts. Dazu wird zunächst die verwandte Literatur präsentiert, woraufhin eine theoretische Grundlage geschaffen wird. Anschließend werden das Forschungsdesign sowie die Ergebnisse erläutert, bevor abschließend Limitationen beleuchtet und zu einem Fazit gelangt wird.

## 2 Verwandte Literatur

Gastgeberpersönlichkeiten auf Airbnb werden durch das rasante Wachstum der Plattform auch in der Wissenschaft zunehmend häufig untersucht. In bisherigen Forschungsarbeiten wurde sich bereits mit der Wahrnehmung von Vertrauenswürdigkeit der Airbnb Hosts beschäftigt. Eine Analyse von 1200 Gastgeberprofilen fand heraus, dass längere Selbstbeschreibungen der Hosts den Nutzern von Airbnb vertrauenswürdiger erscheinen als jene, die in ihrer Beschreibung wenig bis gar nichts von sich preisgeben [6]. Ebenso ist die Wahl der Themen in der Selbstdarstellung wichtig für den Aufbau von Integrität. Demnach gelten genannte Aspekte wie die Herkunft, der Bildungsstand und der Arbeitsplatz der Hosts als

besonders vertrauenswürdig. Schließlich wird herausgestellt, dass besonders Vertrauen erweckende Profile eine signifikant höhere Buchungsrate vorweisen können. Zudem neigen Airbnb Hosts zur Diskriminierung in der Auswahl ihrer Gäste. Einer Studie zufolge werden Gäste mit afroamerikanischem Namen zu 16% weniger akzeptiert als Gäste mit offensichtlich weißem Namen [7]. Unterschiedliche Typen von Airbnb Hostprofilen wurden ebenfalls bereits analysiert. Für die US-Stadt New York City, NY wurden, je nachdem wie sich die Hosts auf der Plattform präsentieren, fünf Persönlichkeitscluster herausgestellt. Demnach gibt es den Weltenbürger, den lokalen Experten, den Sympathischen, den Etablierten und den Kreativen. Hosts, welche sich in unterschiedliche Cluster zuordnen lassen, verhalten sich dementsprechend in der Interaktion mit anderen Nutzern verschieden [8]. Darüber hinaus beschäftigten sich andere Studien mit dem Einfluss von Persönlichkeitsmerkmalen auf die Wahrnehmung von Sharing Economy Plattformen im Allgemeinen. Demzufolge empfinden Menschen, die eine hohe Extraversion aufweisen, den Wert dieser Plattformen sehr hoch ein und verbinden damit ein positives Gefühl und besonders offene Persönlichkeiten nutzen Sharing Economy Plattformen häufiger [9].

Eine zeitbezogene Persönlichkeitsanalyse der Airbnb Hosts konnte in der Literatur jedoch nicht gefunden werden. Aufgrund der bisherigen Forschungsarbeiten auf diesem Themengebiet ist davon auszugehen, dass Diskrepanzen in den Persönlichkeitsmerkmalen nicht nur im Zeitverlauf existieren, sondern auch Differenzen aufgrund von Gruppenzugehörigkeiten der Hosts auf der Plattform auftreten.

### 3 Theoretischer Hintergrund

#### 3.1 Persönlichkeit und 5 Faktoren Modell

Es widmen sich zunehmend immer mehr Forschungsprojekte den Auswirkungen von Persönlichkeitsmerkmalen von verschiedenen Nutzern in Informationssystemen (IS). Zahlreiche Arbeiten kristallisieren die zunehmende Wichtigkeit von Persönlichkeitsmerkmalen heraus [10], [11], [12]. Vor allem für die Zielgruppenanalyse von Produkten und Dienstleistungen im Internet sind demnach solche Untersuchungen von Vorteil.

Die Persönlichkeit eines Menschen ist generell definiert als eine stabile Reihe von Charakteristika und Tendenzen, die die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Menschen in ihrer Denkweise, ihren Gefühlen und ihren Handlungen festlegen [13]. Die Methodologie, die fünf wesentlichsten Merkmalsdimensionen eines Menschen heranzuziehen, ist dabei weltweit von Forschern der Psychologie anerkannt [14]. Das sogenannte Fünf Faktoren Modell (FFM) nennt als essentielle Merkmale Offenheit, Gewissenhaftigkeit, Extrovertiertheit, Verträglichkeit und Neurotizismus, welche in Tabelle 1 zu finden sind.

Offenheit für Erfahrungen haben Menschen, die tolerant gegenüber neuen, unkonventionellen Ideen sind [12], eine generelle Neugier vorweisen und ständig neue Erfahrungen sammeln wollen [10]. Sie sind kreativ und zeigen außerdem Flexibilität in Bezug auf Herausforderungen [15]. Gewissenhafte Persönlichkeiten sind intrinsisch

motiviert, ihre Ziele zu erreichen und zudem möchten sie alle Aufgaben mit hoher Qualität erfüllen [12]. Sie sind besonders darauf bedacht, sich an Regeln zu halten [15]. Außerdem ist ein gewissenhafter Mensch zuverlässig, ambitioniert und willensstark [10]. Extrovertiertheit ist definiert durch eine hohe Ausprägung an Kontaktfreudigkeit, Fröhlichkeit und Optimismus [10]. Zudem legen extrovertierte Persönlichkeiten viel Wert auf enge, interpersonelle Beziehungen und können gut im Team arbeiten [16]. Menschen mit einer hohen Ausprägung an Verträglichkeit werden als nett, sympathisch und kooperativ beschrieben [12]. Aus diesem Grund berücksichtigen sie die Meinung und Gefühle der anderen [12] und arbeiten gerne im Team [16]. Als emotional labil, verlegen und nicht stressresistent werden Neurotiker beschrieben [10]. Sie tendieren aus diesem Grund zu einer schlechteren Jobleistung [16].

**Tabelle 1.** Persönlichkeitsmerkmale des Big 5 Modells mit Charakteristika [15][16]

<i>Persönlichkeitsmerkmal</i>	<i>Charakteristika (hohe Ausprägung vs. niedrige Ausprägung)</i>
Offenheit	fantasievoll vs. bodenständig, Präferenz für Abwechslung vs. Routine, unabhängig vs. konform
Gewissenhaftigkeit	gut organisiert vs. schlecht organisiert, vorsichtig vs. unvorsichtig, selbstdiszipliniert vs. willensschwach
Extrovertiertheit	sozial vs. zurückhaltend, lebenslustig vs. besonnen, liebevoll vs. reserviert
Verträglichkeit	weichherzig vs. rücksichtslos, vertrauensvoll vs. misstrauisch, hilfsbereit vs. unkooperativ
Neurotizismus	besorgt vs. ruhig, unsicher vs. sicher, selbstbemitleidend vs. selbstzufrieden

Anwendung findet diese Theorie beispielsweise bei der Analyse des Verhaltens von Managern. Eine hohe Ausprägung von Extraversion, Offenheit und emotionaler Stabilität hängt dabei signifikant mit dem Auftreten eines Managers zusammen [17]. In der Hotelindustrie eignen sich besonders extrovertierte, offene und gewissenhafte Persönlichkeiten gut für den Posten als Hotelmanager und bringen Führungsqualitäten mit [18]. Vor dem Hintergrund der Kommerzialisierungsdiskussion um die Plattform Airbnb ist also davon auszugehen, dass über die Zeit Unterschiede in den Persönlichkeiten der Hosts erkennbar sind.

### 3.2 Informationsassymmetrien in der Sharing Economy

Durch das große Wachstum der Plattform stehen Nutzer vor einer enormen Auswahl an Inseraten und müssen sich folglich für die beste Alternative entscheiden. Die potentiellen Gäste haben jedoch das Problem, dass diese nichts über die Hosts und deren Unterkunft wissen. Die Hosts wiederum verfügen über diese Information, sie kennen sich selbst sowie ihre Wohnung und haben das Wissen über die Qualität des Inserats. Es entsteht also eine Informationsasymmetrie.

Airbnb bietet in diesem Zusammenhang zahlreiche Möglichkeiten an, um Informationsasymmetrien zu reduzieren. Beispielsweise können vorherige Gäste sowohl den Host als auch die Unterkunft in einem fünf Sterne Ranking bewerten. In

einem Kommentarfeld können Gäste ebenfalls Anmerkungen und Anregungen hinterlassen. Des Weiteren haben Gäste die Möglichkeit, über eine Nachrichtenfunktion dem Host Mitteilungen zuzusenden und diesem Fragen sowie Informationen über die eigene Aufenthaltsabsicht zukommen zu lassen. Außerdem werden Hosts mit guten Bewertungen und vielen Vermietungen, von der Plattform als Superhost gekennzeichnet, was zukünftigen buchungswilligen Nutzern zusätzlich Aufschluss über die Qualität der Unterkunft und des Hosts gibt [19].

Eine weitere Möglichkeit, diese Informationsasymmetrien zu beseitigen, ist das sogenannte „Signalizing“. Dabei versucht die besser informierte Marktpartei, also die Hosts, durch ein aussagekräftiges Signal Aufschluss über die Qualität des angebotenen Produkts oder Services, in diesem Fall über die angebotene Unterkunft, zu geben [20]. Die Hosts können sich beispielsweise verifizieren lassen. Dabei verknüpfen sie ihr Airbnb Konto mit einem Facebook Account oder einem offiziellen Ausweis und weisen somit auf ihre Integrität hin. Zudem können Hosts Bilder von sich und der Unterkunft hochladen [19]. Primäre Informationsquelle für die Nutzer ist jedoch die vom Host selbst verfasste Beschreibung der Unterkunft. Ebenso dient die Selbstbeschreibung des Hosts mit Informationen über sich und sein Leben als Signal der Vertrauenswürdigkeit [19]. Ein besonders vertrauenswürdiger Host ist ein signifikanter Einflussfaktor für die Unterkunftswahl und somit entscheidend für den Erfolg der Hosts auf der Plattform [6]. Die textuellen Beschreibungen der Hosts fungieren in dieser Arbeit als Basis für die durchgeführte Persönlichkeitsanalyse.

## 4 Forschungsdesign

Um die Persönlichkeitsmerkmale der Airbnb Hosts zu extrahieren, wurden zunächst Inserate und deren Gastgeberinformationen mit Hilfe eines Webcrawlers heruntergeladen und in eine Datenbank gespeichert. Infolgedessen wurden die gesammelten Informationen gefiltert und bereinigt. Danach wurde in der Entwicklungsumgebung eclipse ein Java-Programm erstellt, welches die Schnittstelle (API) des Personality Insights Services von IBM nutzt. Mithilfe dieses Services, welcher Teil der künstlichen Intelligenz Watson ist, können auf Basis geschriebenen Textes die Merkmale des FFM herausgestellt werden [3]. Anschließend wurden alle relevanten Daten in das Programm geladen und deskriptiv sowie induktiv analysiert.

### 4.1 Datensätze

Alle Daten wurden im Juni 2017 gesammelt. Herangezogen wurden dabei insgesamt 35693 Inserate der zehn größten Städte der USA (New York, Los Angeles, Chicago, San Francisco, Houston, Dallas, Washington, Philadelphia, Miami, Atlanta). Die Beschreibung der Unterkunft und die Selbstbeschreibung sind infolgedessen zusammengeführt worden. Alle Inserate unter 100 Wörtern sind für IBMs Personality Insights Service unbrauchbar [3]. Je mehr Wörter genutzt werden, desto genauer ist demnach die Analyse. Empfohlen werden Texte über 3500 Wörtern, was bei den Airbnb Beschreibungen jedoch so gut wie gar nicht vorkommt [3]. Mit dem gewählten Schwellwert von 300 Wörtern ist eine akzeptable Menge an Daten vorhanden, welche

vertretbare Ergebnisse liefern kann (Abbildung 1). Die für die Persönlichkeitsanalyse genutzten Daten mit mehr als 300 Wörtern bestanden schließlich aus 11886 Inseraten und 5460 Hosts.

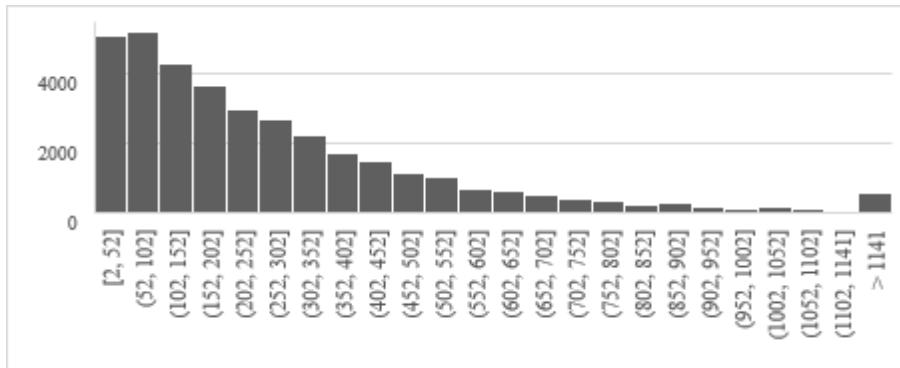


Abbildung 1. Häufigkeitsverteilung der Anzahl benutzter Wörter

#### 4.2 Messung der Persönlichkeitsmerkmale

Üblicherweise wird die Persönlichkeit eines Menschen über Gespräche bzw. Interviews untersucht. Aufgrund der großen Anzahl an Hosts in unserem Datensatz (und auf Airbnb generell) bietet sich diese Praktik in unserem Fall nicht an. IBM entwickelte zur Analyse natürlicher Sprache die künstliche Intelligenz Watson. Der Supercomputer zeigt unter anderem durch den Gewinn der Fernsehshow „Jeopardy“ gegen frühere Sieger sein enormes Potenzial in der Berechnung von kognitiven Prozessen. Die Persönlichkeitsanalyse ist eine der vielen Leistungen, die von IBM angeboten werden. Als Beispiel für eine Analyse wurde per Zufall ein beschreibender Text eines Airbnb Hosts ausgewählt (Tabelle 2).

Tabelle 2. Beispielbeschreibung und Persönlichkeitsanalyseergebnis

Eingabe (577 Wörter)	Ergebnis
If you plan to visit San Jose, you will certainly need to come here! This totally new and modern Studio is located in the immediate vicinity of 87 and 101 Freeways. Taste the fashionable life in the heart of San Jose, close to Memorial Park and the main neighborhood's Golf Courses. Hurry! This will get booked fast. Come here and be my guest right now! [...]	

IBM führt linguistische Untersuchungen durch, um somit auf die Persönlichkeitsmerkmale des FFM eines Menschen zu schließen, die dieser über Medien wie E-Mails, Textnachrichten, Tweets oder Forenbeiträge kommuniziert. Aufbauend auf bisherigen Forschungen nutzt IBM das sogenannte Linguistic Inquiry and Word Count (LIWC), ein psycholinguales Wörterbuch, welches psychologisch wertvolle Wortkategorien findet [21]. Besonders aussagekräftig sind selbstreflektierende Wörter wie jene über den Job, die Familie und Freunde, die Gesundheit, Geld, Gefühle, Ziele und positive sowie negative Emotionen [3].

### 4.3 Variablen

Um die Persönlichkeitsausprägungen der Airbnb Hosts über die Zeit vergleichen zu können, ist die Eigenschaft „Mitglied seit“ in den Untersuchungen die unabhängige Variable. Diese wurde binär unterteilt, sodass einmal die „frühen Mitglieder“, welche Mitglied vor dem Median aller untersuchter Datensätze (November 2014) wurden, und die „späten Mitglieder“, die nach November 2014 auf Airbnb beigetreten sind, verglichen werden können. Als abhängige Variable fungierten jeweils die fünf Persönlichkeitsmerkmale: Offenheit, Gewissenhaftigkeit, Extrovertiertheit, Verträglichkeit und Neurotizismus.

Weiterhin sind Analysen mit folgenden unabhängigen Variablen als Kontrollwerte durchgeführt worden: Unterteilung der Hosts in verifizierte und nicht verifizierte Hosts, Spaltung in Superhosts und nicht Superhosts sowie die Teilung von Hosts, die nur ein Inserat haben und Hosts, die mehrere Inserate einstellen. Als abhängige Variable wurden wieder die Dimensionen des FFM genutzt.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Deskriptive Statistiken

Deskriptive Statistiken sind in Tabelle 3 aufgeführt. Durchschnittlich haben die Airbnb Hosts eine hohe Ausprägung an Offenheit, Extrovertiertheit und Neurotizismus, wohingegen die Verträglichkeit sehr niedrig ausgeprägt ist. Diese Beobachtung kann dadurch erklärt werden, dass viele Hosts in ihren Beschreibungen Hausregeln formulieren und den Gästen für ihren Aufenthalt Restriktionen vorschreiben.

**Tabelle 3.** Deskriptive Statistiken der 5 Persönlichkeitsmerkmale

Persönlichkeitsmerkmal	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum
Offenheit	0,804910363	0,02571696	0,0226265	0,99999905
Gewissenhaftigkeit	0,64887165	0,19048197	0,04755921	0,99597211
Extrovertiertheit	0,84700564	0,1233166	0,145721	0,99952924
Verträglichkeit	0,18707554	0,1813738	0,00017246	0,98079209
Neurotizismus	0,87490346	0,10038182	0,03947256	0,99851588

Dadurch, dass Hosts jedoch ihre Wohnung anderen zur Verfügung stellen, ist generell davon auszugehen, dass diese eigentlich eine hohe Ausprägung an Verträglichkeit besitzen, also sich Menschen gegenüber kooperativ verhalten, dieses in den Beschreibungen jedoch nicht zum Ausdruck bringen.

## 5.2 Zeitbezogene Analysen

Es ist erkennbar, dass sich die Persönlichkeitsmerkmale im Zeitverlauf sprunghaft verhalten haben (Abbildung 2). Augenscheinlich befinden sich die Ausprägungen an Neurotizismus und Extrovertiertheit auf einem relativ konstanten Niveau von in etwa 85%. Die Hosts scheinen also konsequent ein großes Maß von Sozialität auszustrahlen, sie sind aber gleichzeitig sowohl früher als auch heute unsicher und besorgt über den Missbrauch der eigenen Wohnung durch fremde Gäste. Die Ausprägungen an Gewissenhaftigkeit sind jedoch über die Zeit von größeren Sprüngen gekennzeichnet.

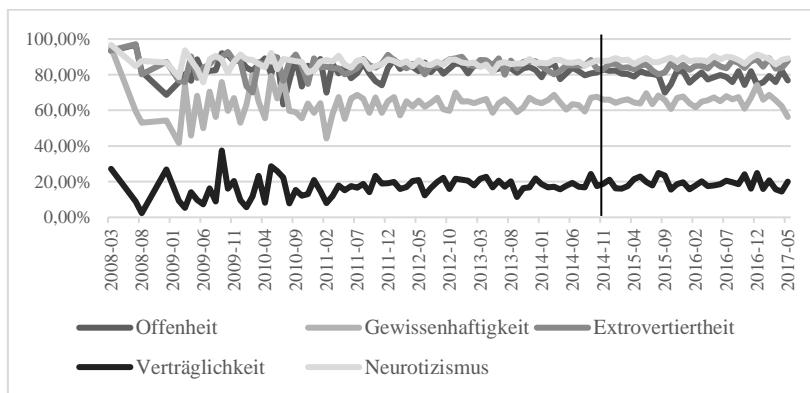


Abbildung 2. Entwicklung der Persönlichkeitsmerkmale anhand des Beitrittsdatums

Die Ergebnisse der T Tests in Tabelle 4 lassen signifikante Unterschiede in den Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale erkennen. Früh beigetretene Mitglieder besitzen dabei eine signifikant höhere Ausprägung an Offenheit und Extrovertiertheit als später beigetretene Mitglieder.

Tabelle 4. Ergebnisse des T Tests mit frühen und späten Mitgliedern

Merkmal	$\bar{x}$ Mitglied vor 11/2014	$\bar{x}$ Mitglied nach 11/2014	p Wert
Offenheit	0,82	0,79	0,0000***
Gewissenhaftigkeit	0,64	0,66	0,0000***
Extrovertiertheit	0,85	0,84	0,0013**
Verträglichkeit	0,18	0,19	0,0000***
Neurotizismus	0,87	0,88	0,0000***

Anmerkung: \* p < 0,05, \*\* p < 0,01, \*\*\* p < 0,001

Außerdem ist das Ausmaß an Neurotizismus für frühere Mitglieder signifikant niedriger als für späte Mitglieder. Längere Mitglieder scheinen also offener für neue Dinge zu sein und Abwechslung zu suchen, aus welchem Grund sie dem neuartigen Geschäftsmodell von Airbnb vermutlich schneller positiv gegenüberstanden. Weiterhin sind später beigetretene Hosts gewissenhafter und verträglicher.

### 5.3 Untersuchung der verschiedenen Gruppenzugehörigkeiten

Die Ergebnisse des T Tests für die Gruppenzugehörigkeiten von verifizierten Mitgliedern und nicht verifizierten Mitgliedern, der Unterteilung von Superhosts und Nicht Superhosts sowie den Hosts, die nur ein Inserat (Single Hosts) und die mehrere Inserate (Multiple Hosts) besitzen, ist in der Tabelle 5 zu finden.

**Tabelle 5.** Ergebnisse des T Tests von verschiedenen Gruppenzugehörigkeiten

<i>Persönlichkeitsmerkmal</i>	<i>Verifiziert</i>	<i>Nicht Verifiziert</i>	<i>p Wert</i>
Offenheit	0,80	0,81	0,1850
Gewissenhaftigkeit	0,65	0,63	0,0000***
Extrovertiertheit	0,85	0,85	0,1294
Verträglichkeit	0,19	0,17	0,0001***
Neurotizismus	0,87	0,88	0,0066**
<i>Persönlichkeitsmerkmal</i>	<i>Superhost</i>	<i>Nicht Superhost</i>	<i>p Wert</i>
Offenheit	0,80	0,81	0,0005***
Gewissenhaftigkeit	0,65	0,65	0,3290
Extrovertiertheit	0,85	0,85	0,7469
Verträglichkeit	0,19	0,18	0,0057**
Neurotizismus	0,88	0,87	0,0168*
<i>Persönlichkeitsmerkmal</i>	<i>Single Hosts</i>	<i>Multiple Hosts</i>	<i>p Wert</i>
Offenheit	0,83	0,81	0,0000***
Gewissenhaftigkeit	0,62	0,65	0,0000***
Extrovertiertheit	0,86	0,85	0,0079**
Verträglichkeit	0,16	0,19	0,0000***
Neurotizismus	0,87	0,87	0,004**

Anmerkung: \* p < 0,05, \*\* p < 0,01, \*\*\* p < 0,001

Signifikante Unterschiede für die Aufteilung in nicht verifizierte und verifizierte Hosts gibt es in den Persönlichkeitsmerkmalen Gewissenhaftigkeit, Verträglichkeit und Neurotizismus. Nicht verifizierte Mitglieder sind dabei weniger gewissenhaft und verträglich, dafür aber neurotischer als verifizierte Mitglieder.

Für die Unterteilung von Superhosts und Nicht Superhosts gibt es signifikante Unterschiede für die Merkmale Offenheit, Verträglichkeit und Neurotizismus. Hosts, die als Superhost gekennzeichnet sind, sind weniger offen, dafür aber verträglicher und neurotischer als diejenigen Hosts, die kein Superhost sind.

Es zeigt sich, dass es besonders signifikante Unterschiede für die Aufteilung der Hosts in Single Hosts und Multiple Hosts gibt. Dabei sind die Single Hosts signifikant weniger verträglich und weniger gewissenhaft, dafür aber offener und extrovertierter

als „Multiple Hosts“. Diese Ausprägungen lassen sich so erklären, dass Hosts mit mehreren Inseraten die Vergabe der Wohnungen möglicherweise strukturierter betrachten, diesen Vorgang eher als gewinnbringendes Geschäft ansehen und so auch auf der Plattform zur Verfügung stellen.

## 6 Diskussion

Diese Studie ist hauptsächlich von explorativer Natur, da den verschiedenen Persönlichkeitsprofilen der Airbnb Hosts bisher wenig Forschung gewidmet ist. Aufbauend auf den Ergebnissen der Arbeit haben die Hosts auf der Plattform generell eine hohe Ausprägung an Offenheit, Extrovertiertheit und Neurotizismus, zeigen jedoch aufgrund einiger Einschränkungen, die in den Beschreibungen für die eigene Wohnung genannt werden, einen geringen Verträglichkeitswert.

Es lassen sich durch die gemachten Untersuchungen die oben genannten Forschungsfragen beantworten. Es existieren signifikante Unterschiede in den Persönlichkeitsmerkmalen der Airbnb Hosts im Laufe der Zeit, früh beigetretene Mitglieder sind dabei offener, extrovertierter und emotional stabiler als Hosts, die erst vor kurzem ihre Wohnung auf der Plattform anbieten. Außerdem ist das Ausmaß an Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit für früh beigetretene Mitglieder signifikant niedriger als für spät beigetretene Mitglieder.

Weiterhin existieren vor allem systematische Unterschiede in den Persönlichkeitsmerkmalen für Hosts, die nur ein Inserat haben, verglichen mit den Hosts, welche mehrere Unterkünfte auf der Plattform anbieten. Die Single Hosts sind dabei weniger verträglich und gewissenhaft, haben aber dafür eine höhere Ausprägung an Offenheit und Extrovertiertheit.

## 7 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass Airbnb Hosts tendenziell nur bedingt mit Hotelmanagern zu vergleichen sind. Beide weisen zwar ein hohes Ausmaß an Offenheit und Extrovertiertheit auf, jedoch ist der Airbnb Host durchschnittlich emotional unstabil, was auf schlechte Managementperformance hinweist [17], [18].

Die aktuelle Studie unterliegt jedoch einigen Limitationen, die in diesem Zusammenhang beachtet werden müssen. Es gibt beispielsweise andere Hinweise auf die Persönlichkeit eines Hosts auf der Plattform, die in den Untersuchungen dieser Studie nicht berücksichtigt sind, wie beispielsweise die Aussagekraft von hochgeladenen Fotos. Ebenso enthalten selbst verfasste Bewertungen für andere Hosts aufschlussreiche Informationen für die Persönlichkeitsanalyse, sowie fremde Bewertungen von anderen Nutzern.

Weiterhin sollte bei der Ergebnisinterpretation der zeitbezogenen Analyse darauf geachtet werden, dass diese Studie keine Aussagen darüber trifft, ob alle frühen Mitglieder die gefundenen Persönlichkeitsmerkmale aufweisen oder lediglich

diejenigen, die bis heute an Airbnb teilnehmen. Möglich ist, dass sich frühe Hosts mit systematisch anderen Persönlichkeiten im Laufe der Zeit abgemeldet haben. In dieser Hinsicht kann jedoch zumindest die Persönlichkeit der frühen Hosts beschrieben werden, die bis heute Airbnb treu geblieben sind.

Schließlich weisen auch andere Studien darauf hin, dass die linguistische Analyse mit dem Personality Insights Service von IBM Watson aufgrund fehlender Transparenz mit Vorsicht genutzt werden sollte, es wird dabei jedoch von anderen Studien ebenso auf die Relevanz der gewonnenen Erkenntnisse hingewiesen [22]. Generell ist anzumerken, dass sich die einzelnen prozentualen Ergebnisse der Persönlichkeitsmerkmale nicht allzu weit voneinander unterscheiden, also durchschnittlich nur höchstens 5% Differenz aufweisen. Die Hosts schildern in ihren Beschreibungen sehr ähnliche Sachverhalte wie beispielsweise die Umgebung, Hausregeln und Ausstattung der Unterkunft. Da die Basis dieser Persönlichkeitsanalyse aber gerade eben diese Beschreibungen sind, fallen die Unterschiede zwischen den Hosts in der Persönlichkeitsanalyse nicht allzu groß aus. Eine weitere Untersuchung der Hosts durch Interviews oder Fragebögen könnte die hier durchgeführte Analyse stützen und präzisieren.

Schließlich existiert in diesem Zusammenhang also weiterer Forschungsbedarf, der sich nicht nur für die Plattform Airbnb anbietet, sondern sich auch vor allem für andere Anbieter im Internet eignet, beispielsweise im Online Dating. Folglich kann die Qualität der Plattform erhöht werden, da verschiedene Ausprägungen in den Persönlichkeitsmerkmalen Handlungen vorhersagen können, die besonders in neuen Geschäftsmodellen im vernetzten Raum Wettbewerbsvorteile bringen.

## 8 Acknowledgement

Diese Arbeit wurde zum Teil unterstützt von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) im Zuge des Sonderforschungsbereichs "On-The-Fly Computing" (SFB 901).

## Referenzen

1. Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Sharing Economy, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/688938792/sharing-economy-v6.html> (Letzter Zugriff am 08.08.2017)
2. Statistiken und Umfragen zu Airbnb, <https://de.statista.com/themen/2747/airbnb/> (Letzter Zugriff am 08.08.2017)
3. Watson Developer Cloud: The science behind the Personality Insights Service, <https://developer.ibm.com/watson/blog/2015/03/23/ibm-watson-personality-insights-science-behind-service/> (Letzter Zugriff am 08.08.2017)
4. Stern: Das zweifelhafte Geschäft mit AirBnb Wohnungen, <http://www.stern.de/wirtschaft/immobilien/privat-oder-gewerblich--das-zweifelhafte-geschaeft-mit-airbnb-wohnungen-3940700.html> (Letzter Zugriff am 08.08.2017)

5. NY Times: Airbnb Listings mostly illegal, New York State Contends, <https://www.nytimes.com/2014/10/16/business/airbnb-listings-mostly-illegal-state-contends.html> (Letzter Zugriff am 08.08.2017)
6. Ma, X., Hancock, J.T., Mingjie, K.L., Naaman, M.: Self-Disclosure and Perceived Trustworthiness of Airbnb Host Profiles. In: ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing 2017, Seiten 2397-2409 (2017)
7. Edelmann B., Luca, M., Svirsky, D.: Racial discrimination in the sharing economy: Evidence from a field experiment. In: American Economic Journal, Applied Economics 9.2, Seiten 1-22 (2017)
8. Tussyadiah, I.P.: Strategic self-presentation in the sharing economy: Implications for host branding. In: Information and Communication Technologies in Tourism 2016, Seiten 695-708 (2016)
9. Roy, S.: The impacts of gender, personality and previous use on attitude towards the sharing economy and future use of the services, Doktorarbeit (2016)
10. McElroy, J.C., Hendrickson, A.R., Townsend, A.M., DeMarie, S.M.: Dispositional Factors in Internet Use: Personality Versus Cognitive Style. In: MIS Quarterly, vol. 31, Nr. 4, Seiten 809-820 (2007)
11. Jahng, J.J., Jain, H., Ramamurthy, K.: Personality traits and effectiveness of presentation of product information in e-business systems. In: European Journal of Information Systems, vol. 11, Nr. 3, Seiten 181-195 (2002)
12. Devaraj, S., Easley, R.F., Crant, J.M.: How Does Personality Matter? Relating the Five-Factor Model to Technology Acceptance and Use. In: Information Systems Research, vol. 19, Nr. 1, Seiten 93-105 (2008)
13. Maddi, S.R.: Personality theories: A comparative Analyse. Dorsey Press (1989)
14. Goldberg, L.R.: An Alternative „Description of Personality“: The Big-Five Factor Structure. In: Journal of Personality and Social Psychology, vol. 59, Nr. 6, Seiten 1216-1229 (1990)
15. Costa, P.T., McCrae, R.R., Dye, D.A.: Facet Scales For Agreeableness and Conscientiousness: A Revision of the NEO Personality Inventory. In: Personality and Individual Differences, vol. 12, Nr. 9, Seiten 887-898 (1991)
16. Barrick, M.R., Mount, M.K., Judge, T.A.: Personality and Performance at the Beginning of the New Millennium: What Do We Know and Where Do We Go Next? In: International Journal of Selection and Assessment, vol. 9, Nr. 1-2, Seiten 9-30 (2001)
17. Rothmann, S., Coetzer, E.P.: The big five personality dimensions and job performance. In: Industrial Psychology, 29(1), Seiten 68-74 (2003)
18. Zoppiatis, A., Constanti, P.: Extraversion, openness and conscientiousness: The route to transformational leadership in the hotel industry. In: Leadership & Organization Development Journal, 33(1), Seiten 86-104 (2012)
19. Airbnb: Über uns, <https://www.airbnb.de/about/about-us> (Letzter Zugriff am 08.08.2017)
20. Bayron, T.: Neue Mikroökonomie und Marketing: Eine wissenschaftstheoretisch geleitete Analyse. Dr. Th. Gabler Verlag (1997)
21. Pennebaker, J.W., Booth, R.J., Boyd, R.L., Francis, M.E.: Linguistic Inquiry and Word Count: LIWC2015. Austin, TX (2015)
22. Thies, F., Wessel, M., Rudolph, J., Benlian, A.: Personality Matters: How Signaling Personality Traits can Influence the Adoption and diffusion of Crowdfunding Campaigns. ECIS, S. ResearchPaper36 (2016)

# Anwendungsmöglichkeit der Blockchain-Technologie für Bundestagswahlen

Tobias Perenthaler, Arne Schloßmacher und Sebastian Windeck

Technische Universität Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik insbes. Informationsmanagement, Dresden, Deutschland  
{tobias\_horst\_amadeus.perenthaler, arne.schlossmacher, sebastian.windeck}@mailbox.tu-dresden.de

**Abstract.** Geringe Wahlbeteiligung von jungen Wählenden und Beeinflussbarkeit der Ergebnisse sind aktuelle Herausforderungen, die über die Politik eines Landes entscheiden. Hierfür wird die Implementierung von Blockchain-Technologien als einen netzwerkbasierten, demokratischen Ansatz für eine elektronische Bundestagswahl diskutiert. Anhand eines Design-Science-Ansatzes wurden in mehreren Literaturrecherchezyklen ein Kriterienkatalog mit rechtlichen, fachspezifischen und akzeptanzrelevanten Anforderungen erstellt sowie technische Systemarchitekturen analysiert. Das Ergebnis dient als Basis eines prozeduralen und strukturellen *Votechain*-Modells für die Bundestagswahlen. Dieses Artefakt wurde anhand des Kriterienkataloges evaluiert und zeigt Handlungsempfehlungen auf. Diese Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Blockchain-Technologie als Grundlage für ein dezentrales elektronisches Wahlsystem erhebliches Potential für eine demokratische Wahl bietet.

**Keywords:** Blockchain, Bundestagswahl, Design Science, verteilte Systeme, internetbasierte Wahlen

## 1 Einleitung

Trotz Digitalisierung wurde bei der Bundestagswahl 2017 mit Wahlzetteln aus Papier gewählt (Urnenwahl). Es herrscht ein latentes Unsicherheitsgefühl sowie geringes Vertrauen in IT-Systeme, die ein Szenario der elektronischen Stimmabgabe unwahrscheinlicher machen. Laut Forsa-Umfrage hätten bei der Wahl 2013 51% der Befragten ihre Stimme per Internet abgegeben [1]. Hieraus leitet sich die Bedeutung der näheren Betrachtung elektronischer Wahlsysteme ab.

Die Blockchain-Technologie (kurz: Blockchain), eine dezentrale Systemarchitektur und deren mögliche Anwendungsbereiche in Wissenschaft und Praxis werden momentan intensiv untersucht [2, 3]. Einen möglichen Bereich stellen elektronische Wahlsysteme dar. Diese werden in der Literatur sowohl als zentrale als auch als dezentrale Systeme diskutiert. Die Schwächen zentraler Systeme fördern die Bedenken der Wählenden und können durch den Einsatz der dezentralen Blockchain überwunden werden.

Als Zielsetzung der Arbeit werden die Themengebiete Blockchain und Bundestagswahl nach dem Modell der Design Science untersucht. Abbildung 1 stellt die Forschungsfragen im Kontext der Anwendung der Blockchain in Wahlsystemen dar. Basiert auf der Literaturrecherche, werden Potentiale und Risiken elektronischer Wahlsysteme zusammengefasst und die Forschungsfragen in deren Mittelpunkt gesetzt.

<b>Risiken</b>	
<b>Potentiale</b>	<b>Sicherheit</b> <b>Technische Akzeptanz</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulation</li> <li>• Latente Unsicherheit</li> <li>• Infrastruktur</li> </ul>
<b>Wahlbeteiligung</b>	<p><i>Welche Kriterien muss ein dezentral organisiertes, elektronisches Wahlsystem aufweisen und kann die Blockchain-Technologie diesen gerecht werden?</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geografische Ungebundenheit</li> <li>• Demografie</li> </ul>	<p><i>Welchen Beitrag leistet die Blockchain-Technologie für ein vertrauenswürdiges, elektronisches Wahlsystem?</i></p>
<b>Organisation/Prozess</b>	<p><i>Wie gestaltet sich ein Blockchain-basiertes Bundestagswahlmodell?</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung</li> <li>• Infrastruktur</li> </ul>	

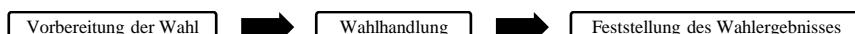
**Abbildung 1.** Motivation und Forschungsfragen [4–8]

Als Ergebnis der Forschung stellte sich das Potential der Blockchain für die Anwendung bei demokratischen Wahlen heraus. Die Anforderungen des Kriterienkatalogs an das entwickelte Artefakt sind nahezu vollständig erfüllt. Zusätzlich ergeben sich neue Forschungsfelder im Bereich der technischen Umsetzung und Akzeptanz.

## 2 Methodik

Methodische Grundlage des Forschungsvorhabens war Design Science. Als konstruktionswissenschaftliches Forschungsparadigma eignet sich diese Forschungsmethode zur Entwicklung von Modellen mit praktischem Fokus [9]. Mit Hilfe einer systematischen Literaturanalyse wurden Rigorosität und Relevanz untersucht. Ergebnis der Arbeit ist das *Votechain* Artefakt, das mit dem Kriterienkatalog evaluiert wird [10]. Dieser bezieht sich dabei auf die erste Forschungsfrage.

Die Analyse des Anwendungsszenarios Bundestagswahl orientiert sich am Bundeswahlgesetz [11] und der Bundeswahlordnung [12]. Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht der nach den Regularien unterteilten Schritte.



**Abbildung 2.** Ausschnitt des Prozessablaufs der Bundestagswahl

Jeweilige Akteure dieser Prozessschritte sind Bundes-, Landes- sowie Kreiswahlleiter und Kreisausschuss, amtliche Druckerei, Wahlvorstand und Gemeindebehörden. Aktuell ist der Prozess Feststellung des Wahlergebnisses Software-unterstützt. Mit Hilfe einer Modelliersprache wurden die Prozesse formalsprachlich dargestellt (BPMN 2.0 Modell der Bundestagswahl). Die Kreiswahlleiter melden mit Hilfe der Software

PC-Wahl, die ein erhebliches Risiko durch Hackerangriffe birgt, die Ergebnisse an die Landeswahlleiter [4].

Neben den gesetzlichen Bestimmungen liegt ein zweiter Fokus auf E-Wahlsystemen, die mittels elektronischer Hilfsmittel eine Stimmabgabe und deren Übertragung per Internet ermöglichen. Dadurch ist der Wählende weder zeitlich noch lokal an die Beschränkung der Urnenwahl gebunden und benötigt lediglich eine Internetverbindung und seine persönliche Authentifikation [13].

In Form eines Kriterienkataloges werden Eigenschaften, die ein E-Wahlsystem erfüllen muss, aggregiert dargestellt. Ein Änderungsvorschlag muss den Status Quo des bestehenden Systems beibehalten und mindestens einen Aspekt verbessern. Dementsprechend werden neben den Grundsätzen im Bundeswahlgesetz weitere Aspekte als Kriterien einbezogen. Tabelle 1 fasst die Kriterien zur Bewertung von E-Wahlsystemen, ihre Bedeutung und Quellen zusammen.

Insbesondere Sicherheitsaspekte werden berücksichtigt, um dem latenten Unsicherheitsgefühl der Nutzer eines solchen Systems entgegenzuwirken. Zusätzlich werden Standards zur Evaluierung der technischen Akzeptanz (TAM-Modell) hinzugezogen [14]. Hierbei ist das Input-Modell nach Huijts et. al [15] am besten geeignet, da die Veränderung einseitig und die Größe der Auswirkungen ähnlich eines grundlegenden Technologiewandels ist. Abschließend wird der entstandene Kriterienkatalog mit bestehenden Kriterienkatalogen zu IT-Sicherheit oder Wahlen verglichen. Dieser Kriterienkatalog soll im weiteren Verlauf der Arbeit dazu dienen, das entwickelte Wahlsystem zu evaluieren.

### 3 Systemarchitekturen für E-Wahlsysteme

Die Topologie von Rechnernetzen lässt sich grundsätzlich in zentrale (sternförmige) und dezentrale bzw. verteilte (vermaschte) Strukturen (hier Blockchain) untergliedern. Die verschiedenen Systeme haben aufgrund ihrer Datenhaltung und Transaktionsabwicklung Vor- und Nachteile und werden häufig verglichen [16, 17]. Die wesentlichen funktionalen Merkmale lassen sich in vier Kategorien unterteilen: *Vertraulichkeit, Robustheit, Leistungsgeschwindigkeit* und *Sicherheit* [18]. Technische Unterschiede der Netzwerkprotokolle und Architekturen werden hierbei nicht betrachtet.

*Zentrale* Systeme bieten eine *vertrauliche* digitale Architektur, weil jede Transaktion zwischen einem Client und dem Server stattfindet. Probleme der Server können wiederum zum Gesamtausfall führen. Die Leistungsgeschwindigkeit dieser Transaktionen bietet einen Effizienzvorteil. Hier ist nur die Authentifizierung des Clients zum Server notwendig. Kein weiterer Client erhält Einblick in die Transaktion [19]. In Bezug auf die Sicherheit, ist nur ein Zugriff auf die zentrale Administration notwendig, um die Daten zu fälschen.

Bei einer *dezentralen* Authentifizierung mit Blockchain ist jegliche Transaktion in allen Knoten zugänglich. Des Weiteren müssen Transaktionen von Prüfern authentifiziert, geprüft und der Blockchain angehängt werden. Dieser Prozess ist wesentlich aufwendiger und erfordert mehr Rechenkapazität und Zeit. Die Leistung eines

**Tabelle 1.** Kriterienkatalog zur Evaluierung des Artefakts

Kriterium	Bedeutung
<i>Rechtliche Aspekte</i>	
Allgemein [22]	Niemand darf aus politischen, wirtschaftlichen oder sozialen Gründen von der Wahl ausgeschlossen werden.
Unmittelbar [22]	Stimmen werden direkt auf die Abgeordnetensitze ohne Wahlmänner oder Ähnliches zugeteilt.
Frei [22]	Stimmabgabe erfolgt unbeeinflusst und darf zu keiner Benachteiligung führen.
Gleich [22]	Alle Wahlberechtigten haben dieselbe Stimmanzahl, die wiederum das gleiche Gewicht haben. Die Fünf-Prozent-Klausel ist hierbei eine Ausnahme.
Geheim [22]	Es darf nicht feststellbar sein, wie eine Person gewählt hat.
Wahlpropaganda [11]	§32 beinhaltet unzulässige Wahlpropaganda und Unterschriften sowie die unzulässige Veröffentlichung von Wählerbefragungen bzw. Wahlergebnissen.
Veröffentlichung von Wählerbefragungen [11]	Wählerbefragungen bzw. Wahlergebnissen beinhaltende Veröffentlichungen sind unzulässig.
Authentizität (ISO 15489)	Die Klassifikation der abgegebenen Stimme als Original ist essentiell für den gesamten Wahlprozess und bildet die technische Grundlage der Demokratie.
<i>Fachspezifische Aspekte</i>	
Verfügbarkeit [23]	Die Verfügbarkeit des Wahlsystems muss über die gesamte Wahlperiode gewährleistet sein.
Integrität [23]	Das Gesamtsystem muss integer sein, so dass die Manipulation von Stimmen während des Wahlvorgangs unmöglich ist.
Individuelle Nachprüfbarkeit [23]	Der Wählende muss nach Abschluss der Wahl die Möglichkeit haben zu prüfen, ob seine individuelle Stimme mitgezählt wurde. Zusätzlich soll jeder in der Lage sein, universell nachzuprüfen, ob alle Stimmen mitgezählt wurden.
Universelle Nachprüfbarkeit [23]	
Legitimation [24]	Nur rechtlich legitime Wählende dürfen eine genau definierte Anzahl an Stimmen abgeben.
Belegfrei [24]	Nach Abgabe der Stimme darf keine Quittung, die Auskunft über die Stimmabgabe gibt, erstellt werden, da diese möglichen Beeinflussern Informationen über die Wahl der jeweiligen Person geben würde.
Beeinflussungsresistent [25]	Das Wählen muss trotz Beeinflussung frei möglich sein. Selbst wenn ein Wählender beeinflusst wird, muss er dazu in der Lage sein, seine Stimme frei abzugeben
Vertraulichkeit [26]	Informationen sind vor unautorisierten Zugriffen zu schützen.
<i>Anwenderbezogene Aspekte</i>	
Benutzerfreundlichkeit [27, 28]	Anhand externer Variablen und dem Einfluss der Benutzerfreundlichkeit und dem direkten Nutzen eines Systems entsteht die Haltung und Absicht des Nutzers zu einem System.
Direkter Nutzen [27, 28]	
Haltung [29]	
Wahrgenommene, individuelle Verhaltenskontrolle [29]	Vier Hauptkriterien zur technologischen Akzeptanz mit den jeweils „subjektiven“ Konstrukten zur Wahrnehmung des Akzeptanzobjektes.
Persönliche Normen [29]	
Soziale Normen [29]	

Blockchain-Systems ist geringer und erzeugt eine Pseudoanonymität, die nur bedingt vertraulich ist [20]. Dezentrale Systeme mit verteilter Datenhaltung und Transaktionskontrolle wie bei Blockchain erzeugen eine sicherere und robuste digitale Umgebung, weil kein isolierter Angriffspunkt existiert [21]. Hierfür sichern die Knoten des Netzwerks das Protokoll der Blockchain, in dem alle Blöcke miteinander verbunden sind. Die Analogie dazu ist ein digitales Logbuch, das als identische Kopie auf Knoten dezentral gespeichert wird. Daher ist es nicht möglich, Transaktionen nachträglich zu manipulieren. Für die Validierung eines Blockes wird eine Gültigkeitsprüfung von Inhalt, Form und Struktur sowie einen Zeitstempel genutzt und dieser mit allen vorigen Blöcken verknüpft [30]. Diese Validierung ist sicher, weil sie im Peer-to-peer-Verfahren ohne dritte Partei funktioniert [31]. Prüfer prüfen einen Block, Validierer verteilen und sichern diesen nach dem Konsensprinzip im System. Für ein System ohne Vertrauen in alle Parteien ist Blockchain eine Lösung, weil ein digitaler Konsens des gesamten Netzwerkes durch übereinstimmende Blöcke getroffen wird und einzelnen Server- bzw. Knotenausfällen standhalten kann. Für den weiteren Aufbau der Arbeit ist die Unterscheidung der Akteure und deren Aufgaben für eine Blockchain relevant, um die Analogie für das Wahlmodell aufzubauen.

- **Prüfer:** Validieren und authentifizieren Transaktionen und ketten diese in Blöcken an die Blockchain.
- **Validierer:** Validieren Transaktionen der Benutzer und verteilen diese im Netzwerk
- **Benutzer:** Senden und empfangen von Transaktionen
- **Wallet:** Repräsentieren digitale Identität des Benutzers [32, 33]

#### 4      **Votechain: Blockchain-basiertes Bundestagswahlmodell**

Die Blockchain mit dezentraler Verifizierung und Authentifizierung der Transaktionen bietet unter der Annahme eines Systems ohne vollständiges Vertrauen die Grundlage für ein digitales Wahlsystem. Zur formalsprachlichen Darstellung des Artefakts wurde ein BPMN 2.0 Modell genutzt. Entgegen eines zentralen Systems wird dieses nicht vom Staat zentral geführt, sondern von den Bürgern, die sich digital an der Wahl beteiligen. Hierfür wurde von einer geschlossenen, öffentlichen Blockchain ausgegangen, in der nur autorisierte Wahlbeteiligte WALLETS nutzen dürfen. Durch die Offenlegung des Quellcodes und dem Einblick in die *Votechain* kann jeder Bürger an der digitalen Wahl teilhaben. Dies unterbindet die Manipulation durch Individuen oder Organisationen. Die Autoren gingen hierfür von einer etablierten Nutzung der Online-Funktionen des Personalausweises und von einer Verknüpfung der Identität an die Wahl aus, damit der Stimmverkauf ein hohes persönliches Risiko erzeugt. Des Weiteren liegt die Aufgabe der Entwicklung des Systems beim Staat.

## 4.1 Akteure

Das Blockchain-basierte Wahlmodell benötigt *Prüfer*, *Validierer* und *Benutzer*. Die *Prüfer* sind im Szenario die Wahlhelfer. Diese unterstützen die Wahl mittels Rechenkapazität über internethfähige Endgeräte, um die Stimmen in fälschungssichere Blöcke umzuwandeln. Die Wahlbeobachter sind *Validierer* und repräsentieren den dezentralen Sicherungsmechanismus, in dem jeder das gesamte System ständig synchronisiert und validiert. Die Klasse der *Benutzer* unterteilt sich in Wählbare, Wahlberechtigten und Wahlkreise. Die Wählbaren sind entweder Personen (Erststimme) oder Parteien (Zweitstimme) und haben jeweils eine Wahl-WALLET. Diese kann per Protokoll nur Transaktionen empfangen. Die Wahlberechtigten erhalten nach der Authentifizierung für die elektronische Wahl eine randomisierte Wähler-WALLET. Diese enthält bei der Initiierung der Wallet zwei TOKENs, um die lokale Erststimme und die Zweitstimme zu wählen. Die Wähler-WALLET kann TOKENs ausschließlich senden. Wählende, die sich für eine andere Wahlmöglichkeit entscheiden, können weiterhin analog wählen. Um die Brief- und Urnenwahl nach der Wahlhandlung einzubinden, haben Wahlkreise Kreis-WALLETs.

## 4.2 Wahlprozess

Der rechtliche Wahlprozess wurde für das Blockchain-basierte Wahlsystem übernommen. Die Struktur der Wahl wurde modifiziert, indem die Internetwahl als zusätzliche Wahlmöglichkeit hinzugefügt wurde und die Speicherung und Validierung der Transaktionen in einem dezentralen System erfolgen. Im Folgenden werden Verantwortungen und Rollen beschrieben.

Nachdem die Landeslisten und Kreislisten von den Wahlleitungen erstellt wurden, senden diese die Listen zur Bundeswahlleitung. Die Bundeswahlleitung initiiert zentral die *Votechain* und entwickelt das Protokoll, das die technischen Spezifikationen der Transaktionen und WALLETS beschreibt. Die Wählbaren (Kandidaten und Parteien) senden nach der Abstimmung auf Kreis- oder Landeswahlleitung eine Anmeldung an die Bundeswahlleitung, um eine Wahl-WALLET zu beantragen. Für diese erhalten sie den Public KEY, um damit zu werben (beispielsweise als QR-Code oder ASCII-Code auf Wahlplakaten). Das System wird über einen Client für Wahlbeobachter (*Validierer*) und Wahlhelfer (*Prüfer*) geöffnet. Diese können sich vor Wahlbeginn anmelden und erhalten so einen persönlich authentifizierten, ortsabhängigen Zugang.

Die Gemeindebehörden erzeugen bei der Erstellung des Wählerverzeichnisses für den Wahlkreis spezifische Access-KEYs und individuelle Access-KEYs für die Wählenden. In Kombination mit dem Personalausweis und dem Wahlkreis-KEY schalten die Wählenden einen Login zu einer randomisierten anonymen Wähler-WALLET frei. Mit der Benachrichtigung erhalten die Wählenden die notwendigen KEYs. Die Wählenden können entscheiden, ob sie per Internet-, Brief- oder Urnenwahl wählen. Wenn sie per Brief- oder Urnenwahl wählen, bleibt der vorherige Wahlprozess erhalten. Per Internetwahl rufen die Wählenden über ein internethfähiges Endgerät eine Applikation auf und benutzen die Multifaktor-Authentifizierung (Wahlkreis-Key, Access-Key und Personalausweis) zum Registrieren. Danach wird der Access-Key deaktiviert, damit ein

Wählender nur einmal abstimmen kann. Nun wählt der Währende den Public KEY des gewünschten Empfängers und kann seine Stimme abgeben bzw. den Wahl-TOKEN bis spätestens 18 Uhr am Wahltag senden. Diese Transaktion wird von Wahlbeobachtern erkannt und validiert. Sie kontrollieren dabei, ob der Währende nicht bereits gewählt hat und ob dieser den Kandidaten als Erststimme wählen darf. Wahlhelfer prüfen die Transaktionen und verketten sie im Anschluss zu einem Block der *Votechain* [34]. Der Proof-of-work wird durch den Proof-of-stake ersetzt. Da das erstgenannte Konzept aufgrund der benötigten Rechenleistung energie- und kostenintensiv ist, eignet es sich für das Anwendungsszenario dieser Arbeit nicht. Bei dem Proof-of-stake-Konzept ist im *Votechain*-Protokoll definiert, dass beispielsweise minütlich aus der Menge authentifizierter Wahlbeobachter zufällig einer ausgewählt wird. Dieser verifiziert die Transaktionen des nächsten Blocks und fügt diese der *Votechain* hinzu.

Das Vergütungssystem für Wahlhelfer und -beobachter kann aus Anerkennung des Beitrages zu transparenten und fairen Wahlen bestehen. Bei der Validierung der noch offenen Transaktionen werden die geprüften Blöcke erneut verifiziert. Wenn es zu Discrepanzen durch einen korrupten Helper kommt, kann dieser leicht identifiziert und vom weiteren Verlauf der Wahl ausgeschlossen werden [35]. Der Währende bekommt hiervom nichts mit. Dennoch kann er im Anschluss kontrollieren, ob die eigene Stimme in einem bestimmten Block enthalten ist und erhält eine anonyme Bestätigung.

Für die analoge Wahl (Urnen- und Briefwahl) werden während der Wahlhandlung für jeden analogen Wählenden eines Wahlkreises zwei TOKENs auf eine Kreis-WALLET gebucht. Diese Kreis-WALLET wird ab 18 Uhr am Wahltag freigeschaltet. Danach werden die Urnen von den analogen Wahlhelfern geöffnet und die analogen Wahlscheine im 4-Augenprinzip und unter Kontrolle einer elektronischen Auszählung in Transaktionen umgewandelt und den Wahl-WALLETs zugeschrieben. Diese Transaktionen werden ebenso von Wahlhelfern und -beobachtern validiert und geprüft.

Nachdem die Mehrheit der Transaktionen in der *Votechain* verkettet wurde, werden um 21 Uhr die Wahl-WALLETs von der Bundeswahlleitung mit dem jeweiligen PRIVATE KEY transparent geöffnet und die prozentuale Verteilung der TOKENs errechnet. Nachträgliche Manipulationen sind ausgeschlossen, weil diese nur durch angefügte Blöcke mit falschem Zeitstempel möglich sind [34].

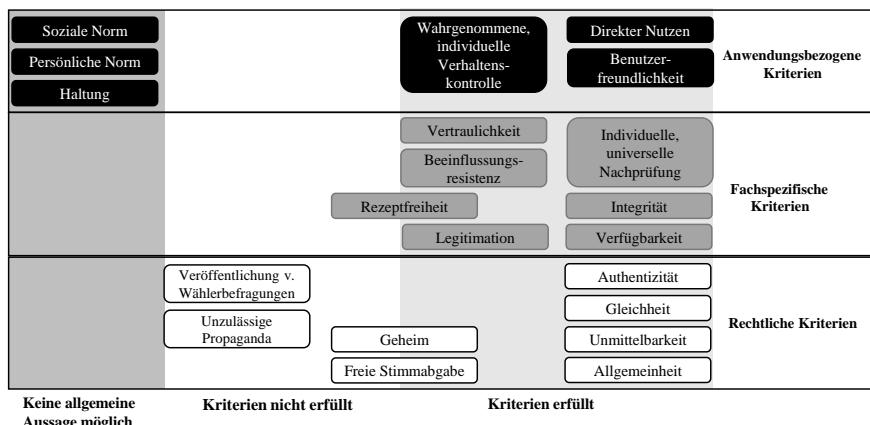
### 4.3 Potentiale und Risiken

Die elektronische Wahl bietet organisatorische Vorteile in der Wahlhandlung und Feststellung des Wahlergebnisses. Überfüllte Wahlbüros in Großstädten werden entlastet und Währende können mithilfe ihrer Wahlunterlagen, dem Personalausweis und einer Internetverbindung elektronisch wählen. Dies hilft insbesondere im Ausland lebenden deutschen Bürgern mit erschwertem Zugang zu Brief- und Urnenwahl. Die Repräsentanz der Wahl steigt mit Hilfe von *Votechain* durch eine demografisch gleichmäßiger verteilte Wahlbeteiligung, da die junge Altersgruppe aktuell prozentual unterdurchschnittlich wählt [6]. Kritische Bürger können sich leicht als Wahlbeobachter digital einschalten, den Quellcode kontrollieren und den Wahlprozess überwachen. Technisch bietet die *Votechain* in einer vermaschten Topologie einen Sicherheitsvorteil gegenüber einer zentralen sternförmigen.

Das dezentrale, elektronische Wahlsystem ist bei einer zu geringen Beteiligung an Wahlhelfern und -beobachtern ein Sicherheitsrisiko. Dementsprechend setzt die *Votechain* eine Mindestanzahl an Validierern und Prüfern voraus. Zum einen erhöht sie durch höhere Transparenz die individuelle und universelle Nachvollziehbarkeit, zum anderen reduziert sie die Anonymität und Geheimhaltung der Wählenden und ermöglicht die Einsicht in vorläufige Wahlergebnisse, die bis zum Ende der Wahlhandlung geheim bleiben müssen. Die Funktionsweise der *Votechain* ist komplexer als die bisherigen Wahlmodelle. Deshalb ist eine ablehnende Haltung der Wählenden aufgrund einer geringeren technischen Akzeptanz möglich. Das Bundesverfassungsgericht muss einer Veränderung des Wahlgesetzes zustimmen, um elektronische Wahlen zu realisieren.

## 5 Diskussion

Im Folgenden wird die *Votechain* anhand des Kriterienkatalogs bewertet, damit die Anforderungen eines E-Wahlsystems erfüllt werden. Einen Überblick des Evaluationsergebnisses gibt *Abbildung 3*.



**Abbildung 3.** Erfüllung des Kriterienkatalogs

### 5.1 Rechtliche Kriterien

Das Kriterium der *Allgemeinheit* ist durch die *Votechain* erfüllt. Niemand wird aus politischen, wirtschaftlichen oder sozialen Gründen von der Wahl ausgeschlossen. Zur Nutzung der *Votechain* ist ein internetfähiges Endgerät notwendig, das auch ein öffentlicher Computer sein kann. Zusätzlich nimmt frei verfügbares Internet in Großstädten immer weiter zu und ist in Gesetzestexten verankert [36]. Die eingeführten Akteure erfüllen das Kriterium der *unmittelbaren Zuordnung*, die durch die *WALLETs* der Erst- und Zweitstimmen erfolgt und der *Gleichheit*, da jeder Währende über genau zwei TOKENs verfügt. Auch die *Authentizität* der Stimmen ist durch die dezentrale und vielfach verifizierte Struktur der Blockchain erfüllt. Wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt, wird

in der *Votechain* auf der einen Seite die Nachvollziehbarkeit der eigenen Stimme erreicht, auf der anderen Seite ist aber auch die *freie Stimmabgabe* durch eine Anonymisierung und kryptografische Verschlüsselung der Stimmen möglich. Dadurch ist das nächste rechtliche Kriterium der *geheimen Wahl* zwar nur teilweise erfüllt, die Autoren sind jedoch der Meinung, dass die Zuordnung der Stimmen aufgrund der Pseudonymität möglich, aber nicht wahrscheinlicher als bei einer Urnen- oder Briefwahl ist. Die Vorgaben zur *unzulässigen Propaganda* und *Veröffentlichung von Wählerbefragungen* sind nicht erfüllt. Denn die Basis der Blockchain ist die absolute Transparenz der Transaktionen. Diese ermöglicht es beispielsweise Wahlbeobachtern, die *Votechain* lokal zu speichern und so die bis zum Abruf der Daten erfolgten Transaktionen auszulesen. Dadurch ist es theoretisch möglich, Rückschlüsse auf die Anzahl der erfolgten Stimmen pro Partei bzw. Direktkandidaten zu ziehen. So könnte unzulässige Wahlpropaganda durch die Möglichkeit der verfrühten Veröffentlichung der Stimmverteilung erfolgen.

## 5.2 Fachspezifische Kriterien

Die Wahlhelfer und –beobachter gewährleisten durch ihre ständige Anwesenheit im P2P-Netzwerk die *Verfügbarkeit* der *Votechain*. Der Merkle-Tree in den Blöcken sorgt per Definition für ein integres System, wodurch das Kriterium der *Integrität* erfüllt ist [32]. Aufgrund der Transparenz der *Votechain* ist sowohl die *individuelle Nachprüfung* der Erst- und Zweitstimme, als auch eine *universelle Nachprüfung* gegeben. Denn die *Votechain* bietet neben der Sicherstellung der korrekten Verrechnung der eigenen Stimme zusätzlich die Transparenz zur Nachvollziehbarkeit der ordnungsgemäßen Durchführung aller Transaktionen. Dies ist gegeben, wenn der letzte Block der Kette, der per Definition auch alle anderen Transaktionen konsolidiert beinhaltet, vollständig verifiziert ist. Damit ist die Gesamtmenge der Stimmen korrekt und unverfälscht abgegeben. Der Prozess der *Votechain* beinhaltet die 2-Faktor-Authentifizierung des berechtigten Wählenden in Form des Wahlkreis-KEYs und der Identifikation mit dem elektronischen Personalausweis. Dadurch ist sichergestellt, dass sich nur legitimierte Personen für die Onlinewahl freischalten können und das Kriterium der *Legitimation* erfüllt. Unter der Annahme einer hinreichenden Auslastung und der damit einhergehenden hohen Transaktionsfrequenz ist es für Dritte nicht möglich, einen konkreten Wählenden zu verfolgen. Dementsprechend ist das Kriterium der *Beeinflussungsresistenz* erfüllt. Die *Votechain* stellt durch ihre kryptografische Verschlüsselung den Schutz persönlicher Daten vor dem Zugriff Dritter sicher. Das Kriterium der *Vertraulichkeit* ist dadurch erfüllt. Ein Aspekt, der nicht vollständig durch das Blockchain-basierte Wahlsystem abgedeckt wird, ist die *Receipt Freeness*. So schreibt das Protokoll vor, dass dem Wählenden nach erfolgreicher Stimmabgabe eine Bestätigung zugesandt wird. Diese ist jedoch standardisiert und enthält keine Information darüber, welche Partei gewählt wurde. Demnach ist das Kriterium nicht vollständig erfüllt. Dennoch wird eine Belegbarkeit durch Dritte ausgeschlossen.

### 5.3 Anwenderbezogene Kriterien

Im Gegenteil zu den zuvor evaluierten rechtlichen und fachspezifischen Kriterien müssen die anwenderbezogenen Aspekte ganzheitlich betrachtet werden. Sie unterliegen der Subjektivität der Autoren. Die technische Akzeptanz hängt von einer transparenten und verständlichen Einführung des neuen Wahlsystems ab. Durch Interaktion mit den Bürgern beispielsweise anhand von Umfragen oder mittels einer digitalen staatlichen Plattform können negativen Entwicklungen frühzeitig vorgebeugt werden.

Die Kategorien *Benutzerfreundlichkeit* und *direkter Nutzen* sind für die Wahlberechtigten und insbesondere für junge Währende erfüllt. Die anderen Kriterien können aufgrund der persönlichen Individualität nicht kategorisch, sondern eher tendenziell beantwortet werden. Die *wahrgenommene individuelle Verhaltenskontrolle* ist analog zum Kriterium der individuellen Nachprüfbarkeit. Entsprechend ist durch eine mögliche Partizipation an der Wahl als Wahlbeobachter die Nachvollziehbarkeit des korrekten Ablaufs gegeben. Die *Haltung* und *persönliche Norm* eines Individuums zu dem neuen Wahlsystem ist stark von der Kommunikation bei der Einführung und der persönlichen Erfahrung mit Technologie abhängig. Dementsprechend können Präventivmaßnahmen eine positive Haltung unterstützen. Die *soziale Norm* bietet durch die steigende Quote der *Digital Natives*, Personen, die mit der digitalen Welt aufgewachsen sind, eine positive Tendenz für E-Wahlen. Zusammenfassend sind die Kriterien des TAM-Modells nach Auffassung der Autoren langfristig für die Gesamtbevölkerung erfüllt.

## 6 Fazit

Die Blockchain-Technologie ermöglicht es, Systeme in die digitale Welt zu überführen und ihre Sicherheit zu erhöhen. Die Anwendung auf elektronische Wahlen erhöht die Zugänglichkeit und bietet organisatorische und finanzielle Vorteile gegenüber analogen Wahlen. Für E-Wahlsysteme müssen dazu rechtliche, fachspezifische und anwenderbezogene Kriterien erfüllt werden, die in einem Kriterienkatalog zusammengefasst wurden. Hierbei kann ein Blockchain-basiertes Wahlsystem lediglich §32 Abs. 2 des Bundeswahlgesetzes nicht vollkommen genügen. Die Transparenz durch die Offenlegung der Blockchain steht im Konflikt zwischen Nachvollziehbarkeit und Anonymität der Wahlen. Die *Votechain* wurde anhand des Wahlprozesses der Bundestagswahl modelliert und diskutiert. Sie kann als Referenz für Blockchain-Anwendungen auf andere Wahlen in Deutschland genutzt werden.

Bei einer konkreten Implementierung müssen folgende Aspekte der *Votechain* näher untersucht werden: Transaktionsgeschwindigkeit bei hoher Skalierung, mögliche Nutzung des elektronischen Personalausweises für die persönliche Authentifizierung und detaillierte Anforderungen an Oberfläche und Logik des technischen Systems, sowie die Identifizierung der sicherheitsrelevanten Schwachstellen.

Um eine möglichst objektive Evaluierung der anwenderbezogenen Kriterien zu erreichen, bietet sich eine repräsentative Umfrage an. Ebenso müssen nach der technischen Klärung Test-Wahlen stattfinden, um das entwickelte System zu simulieren und Verbesserungspotenziale zu identifizieren.

## Quellenverzeichnis

1. Pommer, K.: Forsa-Umfrage: Jeder zweite würde online wählen, <https://web.archive.org/web/20130602070821/http://www.microsoft.com/de-de/news/pressemitteilung.aspx?id=533684>.
2. Yermack, D.: Corporate governance and blockchains. *Rev. Financ.* 21, 7–31 (2017).
3. Rückeshäuser, N., Brenig, C., Müller, G.: Blockchains als Grundlage digitaler Geschäftsmodelle. *Datenschutz und Datensicherheit - DuD.* 41, 492–496 (2017).
4. Berninger, V.: Chaos Computer Club: Wahl-Software ist hackbar, <http://www.sueddeutsche.de/digital/bundestagswahl-chaos-computer-club-wahl-software-ist-hackbar-1.3656904>.
5. Buhl, H.U., Schweizer, A., Urbach, N.: Blockchain-Technologie als Schlüssel für die Zukunft ? *Zeitschrift für das gesamte Kreditwes.* 4801, 596–599 (2017).
6. Bundeszentrale für politische Bildung: Wahlbeteiligung nach Altersgruppen, <http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/bundestagswahlen/205686/wahlbeteiligung-nach-altersgruppen>.
7. Netigate: Mehrheit der Deutschen bereit online wählen zu gehen, <https://www.netigate.net/de/marktforschung/mehrheit-der-deutschen-bereit-online-waehlen-zu-gehen/>.
8. Spiegel Online: Kosten für Bundestagswahl so hoch wie nie, <http://www.spiegel.de/politik/deutschland/bundestagswahl-kosten-laut-innenministerium-hoch-wie-nie-a-1164713.html>.
9. Wilde, T., Hess, T.: Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik Eine empirische Untersuchung. *Wirtschaftsinformatik.* 49, 280–287 (2007).
10. Hevner, A.R.: A Three Cycle View of Design Science Research. *Scand. J. Inf. Syst.* 19, 87–92 (2007).
11. BWahlG: Bundeswahlgesetz (BWahlG). (1956).
12. BWO: Bundeswahlordnung (BWO). (2002).
13. Volkamer, M., Krimmer, R.: Ver-/Misstrauen Schaffende Maßnahme beim e-Voting. In: GI Jahrestagung (1). pp. 418–425 (2006).
14. Davis, F.D.: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Q.* 319–340 (1989).
15. Huijts, N.M.A., Molin, E.J.E., Steg, L.: Psychological Factors Influencing Sustainable Energy Technology Acceptance: A Review-Based Comprehensive Framework. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 525–531 (2012).
16. Tanenbaum, A.S., Van Steen, M.: Architecture. In: *Distributed systems: principles and paradigms.* pp. 33–58. Pearson Prentice-Hall, Amsterdam (2007).
17. Ahram, T., Sargolzaei, A., Sargolzaei, S., Daniels, J., Amaba, B.: Blockchain Technology Innovations. In: *Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON), 2017 IEEE.* pp. 137–141. IEEE (2017).
18. Buchegger, S., Le Boudec, J.-Y.: Nodes Bearing Grudges: Towards Routing Security, Fairness, and Robustness in Mobile ad hoc Networks. In: *Parallel, Distributed and Network-based Processing, 2002. Proceedings. 10th Euromicro Workshop on.* pp. 403–410. IEEE (2002).
19. Pandya, K.: Network Structure or Topology. *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Manag. Stud.* 1, (2013).
20. Kovic, M.: Blockchain for the people Blockchain technology as the basis for a secure and reliable e-voting system. *ZIPAR Discuss. Pap.* (2017).
21. Osgood, R.: The Future of Democracy: Blockchain Voting. *COMP116 Inf. Secur.* 1–21 (2016).
22. Korte, K.R.: Wahlen in Deutschland. Bundeszentrale für politische Bildung (2009).
23. Clarkson, M.R., Chong, S., Myers, A.C.: Civitas: Toward a secure voting system. *Proc.*

- 24. Delaune, S., Kremer, S., Ryan, M.: Verifying Privacy-Type Properties of Electronic Voting Protocols: A Taster. *Towar. Trust. Elections - New Dir. Electron. Voting.* 6000, 260–273 (2010).
- 25. Juels, A., Catalano, D., Jakobsson, M.: Coercion-resistant electronic elections. *WPES '05 Proc. 2005 ACM Work. Priv. Electron. Soc.* 6000 LNCS, 61–70 (2005).
- 26. Fleeger, C.P., Fleeger, S.L.: *Security in Computing*. Prentice Hall (2006).
- 27. Choi, S.O., Kim, B.C.: Voter Intention to Use E-Voting Technologies: Security, Technology Acceptance, Election Type, and Political Ideology. *J. Inf. Technol. Polit.* 9, 433–452 (2012).
- 28. Yao, Y., Murphy, L.: Remote Electronic Voting Systems: An Exploration of Voters' Perceptions and Intention to use. *Eur. J. Inf. Syst.* 16, 106–120 (2007).
- 29. Keppler, D., Schäfer, M.: Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung - Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen. *Zent. Tech. und Gesellschaft.* 12, (2013).
- 30. Merkle, R.C.: Protocols for Public Key Cryptosystems. *Proc. - IEEE Symp. Secur. Priv.* 122–134 (1980).
- 31. Grewal-Carr, V., Lewis, H., Marshall, S.: *Blockchain: Enigma. Paradox. Opportunity*. Deloitte LLP. 25 (2016).
- 32. Antonopoulos, A.M.: *Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies*. O'Reilly Media (2014).
- 33. Nakamoto, S.: *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. [Www.Bitcoin.Org](http://www.bitcoin.org). 9 (2008).
- 34. Noizat, P.: *Blockchain Electronic Vote*. Handb. Digit. Curr. Bitcoin, Innov. Financ. Instruments, Big Data. 453 (2015).
- 35. King, S., Nadal, S.: Ppcoint: Peer-to-peer crypto-currency with proof-of-stake. In: self-published paper, August (2012).
- 36. Reents, R.R.: *Ausbau und Finanzierung einer flächendeckenden Breitbandversorgung in Deutschland*. Mohr Siebeck (2016).

# Prozessanalytische Betrachtung notfallmedizinischer Vorsichtsalgorithmen

Michéle Kümmel, Martin Benedict, Werner Esswein

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung

Technische Universität Dresden

{michele.kuemmel, martin.benedict, wener.esswein}@tu-dresden.de

**Abstract.** Massenanfälle von Verletzten erfordern eine ressourcenoptimierte Allokation notfallmedizinischer Expertise. Um diese zu gewährleisten werden sogenannte Vorsichtsalgorithmen zur Ermittlung konkreter notfallmedizinischer Behandlungsbedarfe eingesetzt. Bei der Anwendung existierender Algorithmen kommt es jedoch zu Problemen bei der Spezifität und Sensitivität, sodass eine Revision der Algorithmen erforderlich wird. Der vorliegende Beitrag adressiert diese Problematik, indem er mit Hilfe der Methode der Prozessanalyse, insb. mittels Prozessdefinition und -modellierung bestehende Vorsichtsalgorithmen durchdringt und diese vor dem Hintergrund der Algorithmusgüte untersucht. Auf dieser Basis werden Algorithmusfragmente identifiziert, die bei einer Revision von Vorsichtsalgorithmen prioritär behandelt werden sollten. Damit bildet das Papier einen Ausgangspunkt zur Neukonfiguration von Vorsichtsalgorithmen und trägt somit zur Verbesserung der medizinischen Versorgungslage bei Großschadenslagen und Katastrophenfällen bei.

**Keywords:** Triage, Vorsichtung, Prozessanalyse, Prozessmodellierung, MANV

## 1 Einleitung

Vor dem derzeitigen Hintergrund der aktuellen politischen und gesellschaftlichen Lage (z.B.: Terrorgefahr, Großveranstaltungen und Demonstrationen, Gefahr von großen Verkehrsunfällen, etc.) spielt die Handlungsfähigkeit von Einsatzkräften auch bei Großschadenslagen eine immer bedeutendere Rolle. Das Eintreten eines Massenanfalls von Verletzten (MANV) ist dabei ein typisches Szenario, welches sowohl medizinisches als auch nicht-medizinisches Personal vor verschiedene Herausforderungen stellt. Dabei liegt der Fokus auf der Koordination der restriktierten Menge an Ressourcen (z.B.: Einsatzwagen, Rettungsgeräte) im Schadensgebiet und der Bereitstellung medizinischer Fachexpertise durch Notärzte. Um die Notwendigkeit medizinischer Rettungsmaßnahmen, insbesondere für vital bedrohte Patienten, richtig abschätzen zu können, werden im Falle eines MANV Vorsichtsalgorithmen eingesetzt, die auch durch nicht-medizinisches Personal (z.B. Feuerwehrkräfte) angewandt werden können [1]. Diese Algorithmen dienen vornehmlich der standardisierten, schnellen und möglichst genauen Einordnung von Versorgungsaufgaben sowie der bestmöglichen Verteilung von knappen medizinischen und personellen Ressourcen [2]. Trotz einer Vielzahl an

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

existierenden Vorsichtungsalgorithmen gibt es keinen optimalen und unumstrittenen Algorithmus [1]. So ist insbesondere die diagnostische Güte der Algorithmen ein stark diskutierter Gegenstand [3]. Ein Konflikt im Zusammenhang mit der diagnostischen Güte erwächst beispielsweise aus der Notwendigkeit der einfachen Verständlichkeit für nicht-medizinisches Personal und der diagnostischen Genauigkeit der Einzelmaßnahmen innerhalb des Algorithmus. Aufwändige Verfahren, die zu höherer diagnostischer Güte führen, scheiden aufgrund der Anwendbarkeit durch nicht-medizinisches Personal aus. Weiterhin lassen sich MANV nur bedingt vorbereiten, da das zum Zeitpunkt eines MANV verfügbare Personal sowie dessen Qualifikation hinsichtlich der Vorsichtung schwer planbar sind [4]. Methodisch existieren bei bestehenden Vorsichtungsalgorithmen Defizite hinsichtlich Sensitivität und Spezifität, insbesondere wenn auch internistische Probleme erkannt werden sollen [3]. Häufig kommt es zu einer Untertriage oder Übertriage, was zur Folge hat, dass Patienten vermeintlich in falsche Sichtungskategorien eingeteilt werden, wodurch die Risiken der ausbleibenden oder fehlerhaften Versorgung verstärkt werden [2]. Aufgrund des variierenden Ablaufs und Inhalts der Algorithmen können sich unterschiedliche Ergebnisse und somit auch medizinische Fehler ergeben. So könnte ein gehfähiger Patient trotz eines schweren internistischen Problems in die Gruppe der nicht vital bedrohten Patienten eingeordnet werden [3]. Die Bestimmung einer optimalen Reihenfolge und Selektion von diagnostischen Einzelmaßnahmen ist daher ein Ziel bei der Gestaltung und Optimierung von Vorsichtungsalgorithmen. Korrespondierend besteht der Bedarf der prozessanalytischen Untersuchung dieser Algorithmen sowie der Erprobung einer veränderten Anordnung von Fragmenten. Hier können Methoden der Wirtschaftsinformatik, wie die Prozessanalyse und -simulation einen Beitrag zur methodischen Revision der Algorithmen liefern. Ansätze hierzu existieren bereits bei der Notaufnahmeorganisation [5, 6], wohingegen der Bereich der Vorsichtungsalgorithmen bislang weniger untersucht ist. Um eine Optimierung vorzunehmen, ist zunächst eine analytische Betrachtung der Einzelfragmente bestehender Algorithmen notwendig.

Der vorliegende Beitrag adressiert diesen Bedarf, indem er existierende Vorsichtungsalgorithmen hinsichtlich ihrer Einzelfragmente untersucht und die Existenz einzelner Fragmente in den Kontext der Güte der entsprechenden Algorithmen setzt. Ziel ist damit die analytische Erschließung von Vorsichtungsalgorithmen mittels Methoden der Wirtschaftsinformatik. Dementsprechend wird ein Grundstein für weitere Forschungsarbeiten zur Revision solcher Algorithmen gelegt, indem diese konzeptionell erschlossen werden.

Die vorliegende Abhandlung ist wie folgt organisiert: In Abschnitt 2 werden die Grundlagen der Vorsichtung als Methode der Notfallmedizin eingeführt. Abschnitt 3 stellt die Anwendbarkeit der Prozessanalyse für Vorsichtungsalgorithmen dar und beschreibt, welche Modellierungssprachen für diese angewendet werden können. Abschnitt 4 beschreibt die Analyse eines Vorsichtungsalgorithmus exemplarisch. In Abschnitt 5 sind die Ergebnisse des Vergleichs von Vorsichtungsalgorithmen dargestellt. Das Papier schließt mit einer Diskussion und einem Ausblick für weitere Forschungsperspektiven in Abschnitt 6.

## 2 Grundlagen

Der MANV stellt in der Notfallmedizin eine außergewöhnliche Situation dar. Hierbei kommt es zu einem „Notfall mit einer größeren Anzahl von Verletzten, Erkrankten oder Betroffenen, der mit vorhandenen Ressourcen aus dem Rettungsdienstbereich nicht bewältigt werden kann“ [7]. Um innerhalb dieser Großschadenslage eine prioritätsorientierte Behandlung der Patienten zu gewährleisten, ist ein methodisches und einheitliches Verfahren zur Identifikation und Kategorisierung von Verletzten essentiell. Diese vorläufige Zustandsbeurteilung durch ärztliches und nicht-ärztliches Personal wird als Vorsichtung bezeichnet und ist von der ärztlichen Sichtung und Nachsichtung zu unterscheiden [8]. Mögliche Werkzeuge dafür sind „standardisierte Algorithmen für die Entscheidungsfindung“ [9], sogenannte Vorsichtungsalgorithmen. Diese beschreiben auf Basis von Wenn-Dann-Beziehungen das Vorgehen zur qualitativen und schnellstmöglichen Identifizierung und Kategorisierung von Patienten. Die Kennzeichnung der Patienten und die damit verbundene Einschätzung der Versorgungs- und Transportpriorität erfolgen mit Hilfe von definierten Sichtungskategorien, wobei sowohl die Schädigungsintensität und die Vitalfunktion des Patienten als auch personelle und materielle Ressourcen beachtet werden [10]. Diese Sichtungskategorien umfassen fünf Ausprägungen, die sowohl numerisch (I, II, III, IV) als auch farblich mit Hilfe eines Ampel-Systems (rot, gelb, grün, grau / blau / schwarz) unterschieden werden können. Aus diesen lassen sich einfache Konsequenzen ableiten [11] (vgl. **Tabelle 1**):

**Tabelle 1.** Sichtungskategorien: Kennzeichnung, Beschreibung und Konsequenzen, nach [8]

Kategorie	Beschreibung	Konsequenz
I; rot	Akute, vitale Bedrohung	Sofortbehandlung
II; gelb	Schwerverletzt / schwer erkrankt	Aufgeschobene Behandlung
III; grün	Leicht verletzt / erkrankt	Spätere (ambulante) Behandlung
IV; blau	Ohne Überlebenschance	Betreuende (abwartende) Behandlung
schwarz	Tote	Kennzeichnung

Für den Begriff der Vorsichtung wird synonym die Triage verwendet [12]. Davon sind die Begriffe der Untertriaje und Übertriaje für problematische Phänomene bei der Vorsichtung abgeleitet. Die Untertriaje ist die fehlende Erkennung von Patienten während eines MANV, wodurch der Patient fälschlicherweise in eine zu geringe Sichtungskategorie eingeordnet wird (falsch-negative Zuordnung) [3, 13]. Übertriaje ist die fehlerhafte Auswahl von Patienten, wodurch der Patient fälschlicherweise in eine zu hohe Sichtungskategorie eingeordnet wird (falsch-positive Zuordnung) [3, 13]. Beide Probleme führen zu einer akuten Gefährdung von Menschenleben [3]: Die Untertriaje kann Patienten eine frühzeitige Behandlung verwehren und die Übertriaje hat zur Folge, dass benötigte Ressourcen nicht prioritätsorientiert eingesetzt werden können. Diese statistischen Probleme sind direkt mit den Gütekriterien der Sensitivität (Se) und Spezifität (Sp) verbunden, die der Beurteilung der Validität u.a. von diagnostischen Tests dienen und ebenfalls bei der Betrachtung der Güte von Vorsichtungsalgorithmen angewendet werden können. Die Sensitivität ergibt sich aus der Vermeidung von Untertriaje und

stellt somit den Anteil der Patienten dar, die in die richtige Sichtungskategorie eingestuft werden, deren Eigenschaften ihrer Schädigungsintensität entsprechen [2, 14]. Das Kriterium der Spezifität ergibt sich aus der Verhinderung von Übertriage und repräsentiert demnach den Anteil der Patienten, die richtig von der Sichtungskategorie ausgeschlossen werden, deren Kriterien sie nicht aufweisen [2, 14]. Der Youden-Index (Y) ist ein Validitätsmaß und aggregiert die genannten Gütekriterien. Dieser Index dient dem direkten Vergleich verschiedener Diagnosetests bzw. verschiedener Vorsichtungsalgorithmen, indem die Gesamt-Erkenntnisgewinne zueinander in Verhältnis gesetzt werden, wobei Sensitivität und Spezifität gleichgewichtet berücksichtigt werden [15]. Vorsichtungsalgorithmen mit hoher Güte sollten einen hohen Youden-Index aufweisen.

$$Y = Se + Sp - 1 \quad (1)$$

Im vorliegenden Beitrag werden sieben Algorithmen betrachtet, welche HELLER ET AL. [3] in ihrer Betrachtung der diagnostischen Güte von Vorsichtungsalgorithmen erwähnen: PRIOR (Primäres Ranking zur Initialen Orientierung im Rettungsdienst), mSTaRT (Modified Simple Triage and Rapid Treatment), FTS (Field Triage Score), ASA9 (Amberg-Schwandorf-Algorithmus für die Vorsichtung), STaRT (Simple Triage and Rapid Treatment), Care Flight und Triage Sieve.

### 3 Methodik: Prozessbetrachtung von Vorsichtungsalgorithmen

#### 3.1 Untersuchung der Anwendbarkeit der Prozessanalyse

Um eine prozessanalytische Betrachtung von Vorsichtungsalgorithmen zu ermöglichen, muss überprüft werden, ob diese Algorithmen der Prozessdefinition entsprechen.

Das Verständnis für den Prozessbegriff der vorliegenden Arbeit beruht auf den Merkmalen, die in **Tabelle 2** erwähnt sind. In der Tabelle werden außerdem die Merkmale von Vorsichtungsalgorithmen mit denen von Prozessen abgeglichen.

Von dem Begriff des Vorsichtungsalgoritmus abzugrenzen ist das Konzept des klinischen Behandlungspfades. GADATSCH zeigt auf, dass sich im Gesundheitswesen „der Begriff des Behandlungspfades für die medizinischen Prozesse etabliert [hat]“ [16]. VAUTH ergänzt diese Terminologie um die ökonomische und qualitative Versorgung von „Patienten mit bestimmten Krankheitsbildern“ [17]. So wird dieser Begriff vornehmlich für standardisierte Behandlungen und den darin vereinten Prozessabfolgen benutzt [16].

Demzufolge ist ein Prozess im Gesundheitswesen eine zielgerichtete, sachlogische Abfolge von Prozessschritten zur Versorgung von Patienten mit einem bestimmten Krankheitsbild. Sie dienen der Transformation eines definierten Inputs in einen gewünschten Output mit Hilfe von Arbeitsteilung in einer bestimmten Zeit und sind wiederholbar sowie standardisierbar.

**Tabelle 2.** Zusammenführung der Merkmale von Prozessen und Vorsichtungsalgorithmen

<b>Merkmale von Prozessen</b> [18–21]	<b>Merkmale von Vorsichtungsalgorithmen</b> [1, 8, 9, 22]
Prozesse setzen einen Zielbezug voraus.	Ziele der Vorsichtung sind best- und schnellstmögliche Identifizierung sowie vorläufige Zustandsbeurteilung und Kategorisierung von Patienten.
Prozesse dienen der Erstellung eines Outputs mit Hilfe der Transformation von Input (definierte Eingangs- und Ausgangsgrößen).	Die Transformation ist anhand der Eingangsgrößen (Schädigungsintensität und Vitalfunktionen des Patienten) und der Ausgangsgrößen (Sichtungskategorien) definiert.
Prozesse bestehen aus einer sachlogischen Abfolge einer Menge von Aktivitäten und Tätigkeiten.	Die Vorsichtung verfügt über Algorithmen zur Entscheidungsfindung mittels Wenn-Dann-Beziehungen.
Es herrscht Interdependenz zwischen Schritten und deren Teilschritten.	Die Handlungsabfolge, die durch die Entscheidungsmöglichkeiten initiiert wird, zeigt die Interdependenz der Prozessschritte.
Prozesse können durch Arbeitsteilung durchgeführt werden.	Vorsichtung kann durch nicht-ärztliches und ärztliches Rettungsdienstpersonal sowie in Zweierteams durchgeführt werden.
Prozesse sind zeitlich begrenzt.	Die Vorsichtung ist anhand definierter Anfangs- und Endzeitpunkte begrenzt.
Prozesse können regelmäßig durchgeführt werden und sind wiederholbar.	Vorsichtungsalgorithmen sind standardisierbar und demzufolge wiederholbar.

### 3.2 Untersuchung der Anwendbarkeit verschiedener Modellierungssprachen

Der Fokus der prozessanalytischen Untersuchung liegt auf der einheitlichen Modellierung der Prozesse. Infolgedessen wird eine Modellierungssprache entsprechend der Anforderungen von Vorsichtungsalgorithmen ausgewählt. Die Prozessmodellierung dient vor allem der detaillierten Dokumentation von Arbeitsabläufen, wobei eine standardisierte Beschreibungssprache für eine möglichst genaue und nachvollziehbare Darstellung genutzt werden soll [16]. Die Auswahl der Modellierungssprache erfolgt mittels festgelegter Kriterien, die sich aus der Definition von Prozessen im Gesundheitswesen, Merkmalen der Vorsichtungsalgorithmen sowie aus den Betrachtungen von BURWITZ ET AL. [23] bzgl. einer domänen spezifischen Modellierungssprache ableiten:

- **Anforderung 1: Abbildung medizinischer Konzepte** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte grundlegende medizinische Konzepte aufzeigen. Zu diesen Konzepten gehören (A1-a) der Patientenzustand, der sich vor allem auf die Schädigungsintensität bezieht, (A1-b) die Behandlungsschritte, da die Algorithmen einzelne Untersuchungsschritte beinhalten und (A1-c) der Prozessfluss, weil die Vorsichtung der Prozessdefinition entspricht [23].

- **Anforderung 2: Abbildung sequenzieller und paralleler Prozessschritte** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte sowohl (A2-a) sequenzielle als auch (A2-b) parallele Abläufe von Behandlungsschritten darstellen [23].
- **Anforderung 3: Abbildung von Entscheidungen** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte Entscheidungsmöglichkeiten darstellen, um eine bestmögliche Kategorisierung der Patienten zu ermöglichen.
- **Anforderung 4: Abbildung zeitlicher Größen** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte zeitliche Aspekte der Behandlung (z.B.: Anfangs- und Endzeitpunkt, Wartezeiten) darstellen, sodass die Ziele der schnellstmöglichen Identifikation und Zustandsbeurteilung berücksichtigt werden.
- **Anforderung 5: Formalisierung** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte formal oder formalisierbar (in eine formale Sprache überführbar) sein.

Für die Auswahl einer domänenpezifischen Modellierungssprache, die für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen geeignet ist, werden die von GADATSCH hervorgehobenen Sprachen (Swimlane-Diagramm, Business Process Model and Notation (BPMN), Aktivitätsdiagramm der Unified Modeling Language (UML)[16]) und die von SARSAHR UND LOOS genannten Sprachen (Klinischer Algorithmus, Prodigy, GLIF, EON, PROforma, Guide [24]) in **Tabelle 3** bzgl. der Anforderungen verglichen.

**Tabelle 3.** Übersicht über die Übereinstimmung der Anforderungen an eine Modellierungssprache für Vorsichtungsalgorithmen (Eigene Darstellung auf Basis von [16, 19, 21])

	Swimlane-Diagramm	BPMN	Aktivitätsdiagramm	Klinischer Algorithmus	Prodigy	GLIF	EON	PROforma	Guide
A1-a: Patientenzustand	~	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
A1-b: Behandlungsschritte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A1-c: Prozessfluss	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A2-a: Sequenzielle Abfolge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A2-b: Parallele Abfolge	~	~	✓	~	✗	✗	✗	✗	~
A3: Entscheidungsmöglichkeiten	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A4: Zeitliche Größen	~	~	~	✗	~	~	~	~	~
A5: Formalisierung möglich	~	✓	~	✗	~	~	~	~	✓

✓ Anforderung erfüllt

~ Anforderung tlw. erfüllt

✗ Anforderung nicht erfüllt

Die Suche nach Übereinstimmungen zwischen den Anforderungen an eine domänenpezifische Modellierungssprache für Vorsichtungsalgorithmen und den Eigenschaften der ausgewählten Sprachen ergab, dass die meisten Entsprechungen bei BPMN und Guide vorliegen. Die Entscheidung für Guide wird dahingehend begründet, dass dies einerseits eine Modellierungssprache der medizinischen Domäne ist und daher keine Anpassungen bzgl. medizinischer Aspekte vorgenommen werden muss, und

andererseits Formalisierung und Simulation aufgrund der direkten Überführbarkeit in ein Petri-Netz [24] möglich sind, was weitere computerbasierte Arbeit erleichtert. Mittels Guide wurden die Algorithmen modelliert, wodurch die Identifikation von Einzelfragmenten sowie die Vergleichbarkeit derselben ermöglicht worden.

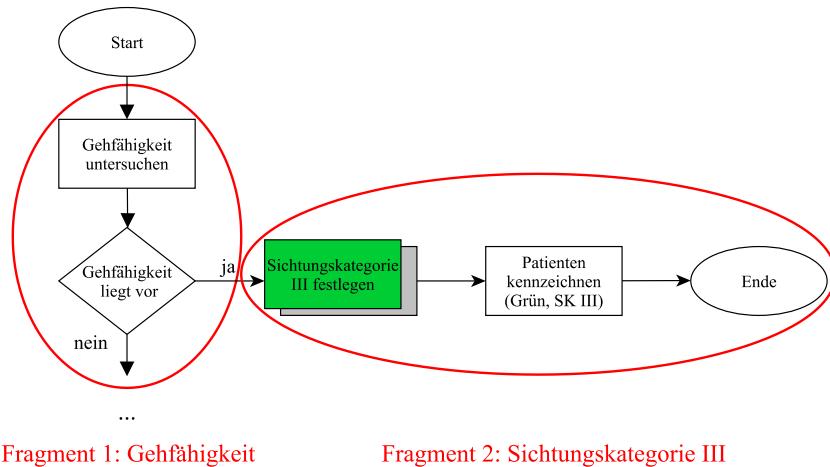
## 4 Beispielhafte Analyse für den STaRT-Algorithmus

Im Folgenden wird anhand eines Beispiels dargelegt, wie die von HELLER ET AL. [3] genannten Algorithmen prozessanalytisch erschlossen wurden. Als Beispiel wird der STaRT-Algorithmus betrachtet, da dieser die höchste Güte aufweist (vgl. **Tabelle 5**).

Die Prozessanalyse dient vornehmlich der wertneutralen Betrachtung des aktuellen Zustands eines IST-Prozesses. Sie umfasst die strukturierte Darstellung der Teilprozesse mit Hilfe einer Prozessdefinition und -abbildung [26, 27]. Daher wird folgende Vorgehensweise angewendet: Im ersten Schritt erfolgt die Prozessdefinition in Hinblick auf die Aspekte der Prozessbezeichnung, des Prozessergebnisses sowie der Eingangs- und Ausgangsgrößen (vgl. **Tabelle 4**); im zweiten Schritt erfolgt eine Modellierung mit Guide mit dem Ergebnis einer Prozessabbildung: Im vorliegenden Beitrag wird exemplarisch ein Ausschnitt von STaRT betrachtet, der den Schritt der Untersuchung der Gehfähigkeit (vgl. **Abbildung 1**) beinhaltet. Eine Identifikation der Einzelfragmente ist durch eine inhaltliche Erschließung der Prozessschritte möglich, indem die Fragmente eine inhaltlich abgeschlossene Einheit darstellen. In **Abbildung 1** sind zwei Fragmente dargestellt: Fragment 1 besteht aus einem atomaren Behandlungsschritt („Gehfähigkeit untersuchen“) und einer regelbasierte Entscheidung („Gehfähigkeit liegt vor“). Dieses Einzelfragment ist dahingehend eine Einheit, dass es ausschließlich eine Eingangsgröße („Gehfähigkeit“) untersucht. Das Fragment 2 beinhaltet einen zusammengesetzten Behandlungsschritt („Sichtungskategorie III festlegen“), der von einem atomaren Behandlungsschritt („Patienten kennzeichnen“) und einem Endzustand („Ende“) gefolgt wird. Die Identifikation dieses Einzelfragmentes basiert auf der inhaltlich abgeschlossenen Einheit der Kategorisierung der Patienten. Es können auch weitere Kombinationen von Behandlungsschritten, Entscheidungsmöglichkeiten, Zuständen sowie Konnektoren möglich sein.

**Tabelle 4.** Zusammenfassung der Merkmale von Prozessen und Vorsichtungsalgorithmen

Prozessbezeichnung	Vorsichtung anhand des Konzepts des STaRT-Algorithmus
Prozessergebnis	Einordnung des Patienten anhand der Schädigungsintensität in vier Sichtungskategorien
Eingangsgrößen	Gehfähigkeit, Vitalfunktion (Atmung, Atemfrequenz, Radialispuls, Rekapilarisierungszeit), Blutungen, Bewusstsein
Ausgangsgrößen	Drei Kategorien, die die Behandlungspriorität ähnlich der Sichtungskategorie nach SEFRIN ET AL. [11] beschreiben: (1) rote Sichtungskategorie (sofortig; Sichtungskategorie I), (2) gelbe Sichtungskategorie (verzögert; Sichtungskategorie II), (3) grüne Sichtungskategorie (untergeordnet; Sichtungskategorie III), (4) schwarze Sichtungskategorie (verstorben; Sichtungskat. „Tote“)



**Abbildung 1.** Untersuchung der Gehfähigkeit (STaRT; Modellierung mittels Guide)

In den untersuchten Vorsichtungsalgorithmen konnten 23 Einzelfragmente identifiziert werden, die aus Behandlungsschritten, Entscheidungen und Zuständen bestehen. Diese wurden entsprechend ihres Auftretens in den Algorithmen in drei Prioritätsstufen eingeordnet. Fragmente der ersten Priorität sind in jedem Vorsichtungsalgoritmus enthalten; Fragmente der zweiten Priorität kommen in mindestens vier Algorithmen vor; weitere Fragmente werden der dritten Priorität zugeordnet<sup>1</sup>:

- **Fragmente erster Priorität:** Sichtungskategorie I, Sichtungskategorie II, Sichtungskategorie III
- **Fragmente zweiter Priorität:** Sichtungskategorie „Tote“, Atemwege freimachen, Atmung untersuchen, Bewusstsein kontrollieren, Gehfähigkeit untersuchen, Radialispuls ertasten

Die Identifikation und Priorisierung der Einzelfragmente dient der Veranschaulichung von wiederkehrenden Elementen der Vorsichtungsalgorithmen, die in der weiterführenden Betrachtung gesondert berücksichtigt werden sollten.

## 5 Prozessanalytischer Vergleich

Der Vergleich der Algorithmen erfolgt auf Grundlage von vordefinierten Vergleichskriterien: Youden-Index, Prozessanalyseergebnisse und Algorithmusfragmente. Eine Systematisierung der Vergleichsergebnisse erfolgt in **Tabelle 5**.

<sup>1</sup> Auf eine Darstellung der Fragmente dritter Priorität wird in diesem Beitrag verzichtet.

**Tabelle 5.** Systematisierung der Vergleichsergebnisse

Prozessmodellierung	Güte	Youden-Index [%] [3]		STaRT	Care Flight	mSTaRT	ASAV	Triage Sieve	PRIOR	FTS
		Prozessergebnis: Vier Sichtungskategorien		✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Algorithmusfragmente	Ausgangs- größen	Atmung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		Bewusstsein	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗
		Gehfähigkeit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		(Radialis-) Puls	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		Sichtungskat. I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	~
		Sichtungskat. II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	~
		Sichtungskat. III	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	~
		Sichtungskat. „Tote“	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
		Atemwege freimachen	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		Atmung untersuchen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

✓ Fragment abgebildet

~ Fragment tlw. abgebildet

✗ Fragment nicht abgebildet

Der Vergleich der Vorsichtungsalgorithmen bzgl. des Prozessergebnisses ergibt, dass das häufigste Ergebnis die Einordnung des Patienten in vier Sichtungskategorien ist. Dies lässt sich durch die Inexistenz der Sichtungskategorie IV (Ausnahme: mSTaRT) begründen. In den meisten Fällen erfolgt eine Kategorisierung in Sichtungskategorie I, II, III und „Tote“. Dies hat die Ausprägung der Ausgangsgrößen zur Folge: Sichtungskategorie I, II und III sind der Output jedes Algorithmus und Sichtungskategorie „Tote“ der Output von fünf Algorithmen. Infolgedessen ist die Zuordnung der Patienten zu den genannten Sichtungskategorien für die weiterführenden Betrachtungen und Formalisierung essentiell. Außerdem sollten folgende Eingangsgrößen bei Untersuchung und Entwicklung von Vorsichtungsalgorithmen besonders beachtet werden: Atmung (Spontanatmung, Atemstörung, Atemfrequenz), Bewusstsein, Gehfähigkeit und Radialispuls.

Auf Basis der Prozessmodellierung mit Guide ergeben sich Einzelfragmente erster und zweiter Priorität, die in Hinblick auf eine spätere Formalisierung und Optimierung von Vorsichtungsalgorithmen berücksichtigt werden müssen.

Mit Hilfe der Daten von HELLER ET AL. [3] wird anhand der statistischen Größen Sensitivität und Spezifität der Youden-Index errechnet. Dieser Schritt dient der Einschätzung der Güte der Vorsichtungsalgorithmen in Hinblick auf die Bewertung der identifizierten Einzelfragmente. Wenn man die Berechnung des Youden-Index in Beziehung zu den vorhergehenden Betrachtungen setzt, fällt auf, dass der Vorsichtungsalgorithmus mit der höchsten Güte (STaRT) alle Einzelfragmente erster und zweiter Priorität aufweist. ASAV und mSTaRT beinhalten ebenfalls die sechs benannten Fragmente zweiter Priorität und weisen eine ähnliche Güte von 37,33% und 37,67% auf, die sich nur minimal von STaRT mit 39,33% unterscheidet. Im Gegensatz dazu zeigt FTS die geringste Güte mit 25,67% auf und beinhaltet keines der aufgezählten Fragmente, die für eine weiterführende Betrachtung von Bedeutung sind. Infolgedessen kann belegt werden, dass die genannten wichtigen Fragmente zu einer höheren Güte führen können und dementsprechend essentiell bei zukünftigen Untersuchungen von Vorsichtungsalgorithmen sind.

## 6 Diskussion

Die Diversität der Vorsichtungsalgorithmen für einen MANV kann zu medizinischen Fehlern bei der Behandlung von Patienten oder der Kategorisierung von Verletzten führen. Mit Hilfe der Prozessdefinition werden wichtige Parameter identifiziert, die für eine weiterführende Untersuchung in Hinblick auf eine Formalisierung von Algorithmen und Einzelfragmenten wichtig sind. Die bedeutsamen Größen in Bezug auf die Kategorisierung von Patienten in *vier Sichtungskategorien* (Prozessergebnis) sind einerseits die Eingangsgrößen *Atmung*, *Bewusstsein*, *Gehfähigkeit* und *Radialispuls* und andererseits die Ausgangsgrößen *Sichtungskategorie I, II, III* und „*Tote*“. Anhand der Prozessmodellierung werden wesentliche Einzelfragmente erkennbar, die sowohl die vier Sichtungskategorien als auch das *Freimachen der Atemwege*, die *Untersuchung der Atmung*, die *Kontrolle des Bewusstseins*, die *Untersuchung der Gehfähigkeit* und das *Ertasten des Radialispuls* umfassen.

Ziel der Arbeit ist die Untersuchung existierender Vorsichtungsalgorithmen hinsichtlich ihrer Einzelfragmente: Dabei werden die von HELLER ET AL [3] erwähnten Algorithmen untersucht und 23 Fragmente identifiziert sowie prioritätsorientiert sortiert. In Hinblick auf die Analyse der Beziehung zwischen den Einzelfragmenten und der Güte der Vorsichtungsalgorithmen lässt sich hervorheben, dass die Fragmente erster und zweiter Priorität direkt mit einer höheren Güte verbunden sind. Von diesem Standpunkt aus ist eine weiterführende Untersuchung in Bezug auf die isolierte Betrachtung des Einflusses der Einzelfragmente auf die Algorithmen denkbar.

Die Arbeit ist dahingehend limitiert, dass ausschließlich sieben Vorsichtungsalgorithmen betrachtet und die ärztliche Sichtung und Nachsichtung während eines MANV nicht berücksichtigt werden. Weiterhin existieren Algorithmen, wie beispielsweise tac-STaRT (Tactical Combat Casualty Care of Simple Triage and Rapid Treatment),

mSTaRT of the Fire Department New York, TAS-triage, MASS (Move Assess Sort Send) und SALT (Sort Assess LSI Triage / Treatment) [1]. Außerdem beruhen die dargestellten Erkenntnisse ausschließlich auf einer theoretischen Untersuchung aus der Perspektive einer Prozessanalyse, weshalb mögliche Determinanten der Individualmedizin, Charakteristika unterschiedlicher Rettungsdienste sowie Moral und Ethik ausgelassen werden.

Für die Praxis zeigt die Arbeit die Möglichkeit zur bedarfsgerechten Beschreibung von Vorsichtungsalgorithmen auf, die sich ebenfalls für weitere Triage-Verfahren, wie beispielsweise in der Notaufnahme, übertragen lässt. Aus wissenschaftlicher Sicht wird dargelegt, inwiefern medizinische Gütekriterien zur Analyse von Prozessfragmenten verwendet werden können.

Insgesamt zeigt die Betrachtung der Vorsichtungsalgorithmen, dass eine Prozessanalyse und Formalisierung von medizinischen Algorithmen und Prozessen sowie deren Fragmenten möglich und sinnvoll sind. Die Untersuchung ermöglicht die Identifikation und Klassifikation von entscheidenden Größen und Determinanten, die eine Optimierung und Standardisierung von Vorsichtungsalgorithmen begünstigen können.

## 7 Danksagung

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. Axel R. Heller für die Bereitstellung der Forschungsvorarbeiten.

## 8 Literatur

1. Streckbein, S., Kohlmann, T., Luxen, J., Birkholz, T., Prückner, S.: Sichtungskonzepte bei Massenanfällen von Verletzten und Erkrankten: Ein Überblick 30 Jahre nach START. *Unfallchirurg.* 119, 620–631 (2016).
2. Heller, A.R.: Sichtung: Das ideale Verfahren. *Im Einsatz.* 24, 16–19 (2017).
3. Heller, A.R., Salvador, N., Frank, M., Schiffner, J., Kipke, R., Kleber, C.: Diagnostische Güte von Vorsichtungsalgorithmen für den Massenanfall von Verletzten und Erkrankten. *Anaesthesist.* (2017).
4. Brodauf, L., Heßing, K., Hoffmann, R., Friemert, B.: Aktueller Stand der Versorgung beim Polytrauma und MANV in Deutschland: Sind wir gut vorbereitet? *Unfallchirurg.* 118, 890–900 (2015).
5. Schaaf, M., Funkat, G., Kasch, O., Josten, C., Winter, A.: Analysis and prediction of effects of the Manchester Triage System on patient waiting times in an emergency department by means of agent-based simulation. *GMS Med. Inform. Biom. Epidemiol.* 10, Doc02 (2014).
6. Schellein, O., Ludwig-Pistor, F., Bremerich, D.H.: „Manchester Triage System“: Prozessoptimierung in der interdisziplinären Notaufnahme. *Anaesthesist.* 58, 163–170 (2009).
7. Sautter, J., Habermann, M., Frings, S., Schneider, F., Schneider, B., Bracker, H.: Übungsumunterstützung für Einsatztrainings des Massenanfalls von Verletzten (MANV). In: Informatik 2014: Big Data, Komplexität meistern; Beiträge der 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI); 22-26.09.2014 in Stuttgart. pp. 965–976. Gesellschaft für Informatik, Bonn (2014).

8. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe ed: Protokoll der 6. Sichtungs-Konsensuskonferenz. In: 6. Sichtungs-Konsensuskonferenz. pp. 1–10 (2015).
9. Dittmar, M.S., Wolf, P., Bigalke, M., Graf, B.M., Birkholz, T.: Nichtärztliche Vorsichtung beim Massenanfall von Verletzten: Handlungskompetenz lässt innerhalb eines Jahres deutlich nach. *Notf. Rettungsmedizin.* 19, 108–114 (2016).
10. Sefrin, P.: Sichtung – zentrales Element zur Bewältigung eines Großschadensfalls und einer Katastrophe. *Notarzt.* 28, 194–202 (2012).
11. Sefrin, P., Weidringer, J.W., Weiss, W.: Sichtungskategorien und deren Dokumentation. *Dtsch. Ärztebl.* 100, 1615–1616 (2003).
12. Paul, A.O., Kay, M.V., Huppertz, T., Mair, F., Dierking, Y., Hornburger, P., Mutschler, W., Kanz, K.-G.: Validierung der Vorsichtung nach dem mSTaRT-Algorithmus: Pilotstudie zur Entwicklung einer multizentrischen Evaluation. *Unfallchirurg.* 112, 23–32 (2009).
13. Gutsch, W., Huppertz, T., Zollner, C., Hornburger, P., Kay, M.V., Kreimeier, U., Schäuble, W., Kanz, K.G.: Initiale Sichtung durch Rettungsassistenten: Ergebnisse bei Übungen zum Massenanfall von Verletzten. *Notf. Rettungsmedizin.* 9, 384–388 (2006).
14. Heller, A.R.: Sichtung: Zeitbedarf und Richtigkeit von Vorsichtungsverfahren. *Im Einsatz.* 24, 81–85 (2017).
15. Richter, K., Abel, U., Klar, R., Köbberling, J., Trampisch, H.J., Windeler, J.: Die Grundlagen der Validierung einfacher, diagnostischer Tests. *Klin. Wochenschr.* 66, 655–661 (1988).
16. Gadatsch, A.: IT-gestütztes Prozessmanagement im Gesundheitswesen: Methoden und Werkzeuge für Studierende und Praktiker. Springer Vieweg, Wiesbaden (2013).
17. Vauth, C.: Leistungsprozesse von Unternehmen im Gesundheitswesen. In: Greiner, W. and Graf von Schulenburg, J.-M. (eds.) *Gesundheitsbetriebslehre.* pp. 161–264. Huber, Bern (2008).
18. Gadatsch, A.: Grundkurs Geschäftsprozess-Management: Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen. Springer Vieweg, Wiesbaden (2017).
19. Schulte-Zurhausen, M.: Organisation. Vahlen, München (2014).
20. Gülke, N.: Prozessanalyse und Prozesssimulation: Eine anwendungsorientierte Modellentwicklung. Edition Rotwasser im Verlag Franzbecker, Hildesheim (2004).
21. Zapp, W., Beckmann, A. eds: Prozessgestaltung in Gesundheitseinrichtungen: von der Analyse zum Controlling. Economica-Verl, Heidelberg (2010).
22. Ellebrecht, N., Latasch, L.: Vorsichtung durch Rettungsassistenten auf der Großübung SOGRO MANV 500: Eine vergleichende Analyse der Fehleinstufungen. *Notf. Rettungsmedizin.* 15, 58–64 (2012).
23. Burwitz, M., Schlieter, H., Esswein, W.: Modellgestütztes Management in Krankenhausinformationssystemen am Beispiel der Klinischen Prozesssteuerung. *Tagungsband Inform.* 1–15 (2011).
24. Sarsahr, K., Loos, P.: Klassifikation von Sprachen zur Modellierung medizinischer Behandlungspfade. *Modellier. Betrieblicher Informationssysteme - MobIS.* 43–59 (2004).
25. Kanz, K.G., Hornburger, P., Kay, M.V., Mutschler, W., Schäuble, W.: mSTaRT-Algorithmus für Sichtung, Behandlung und Transport bei einem Massenanfall von Verletzten. *Notf. Rettungsmedizin.* 9, 264–270 (2006).
26. Becker, T.: Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. Springer, Berlin (2005).
27. Fischermanns, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement. G. Schmidt, Gießen (2010).

# Developing a Semantic Mapping between TOGAF and BSI-IT-Grundsatz

Delin Mathew<sup>1</sup>, Simon Hacks<sup>2</sup> and Horst Lichter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> RWTH Aachen University, Aachen, Germany

{delin.mathew}@rwth-aachen.de

<sup>2</sup> RWTH Aachen University, Research Group Software Construction, Aachen, German

{simon.hacks,horst.lichter}@swc.rwth-aachen.de

**Abstract.** Enterprise Architecture Frameworks (EAFs) are being employed vastly within various organizations in recent years. Moreover, due to the high prevalence of information technology in the enterprises, Information Security (IS) was incorporated into the EAFs. Therefore, it gradually became important for the EAFs to conform to the IS standards such as the ISO and the BSI series. In this paper, we present a mapping of such an EAF, called The Open Group Architecture Framework (TOGAF), to an IS standard, BSI-IT-Grundsatz. Following this, we explain how a real-world Enterprise Architecture (EA) model (developed using TOGAF) of a renowned German company was mapped to BSI-IT-Grundsatz. This not only allows the various IS safeguards defined within BSI-IT-Grundsatz to be adapted to TOGAF and the EA model but more importantly, it allows the reuse of identified components of the TOGAF and the EA model, while mapping it to BSI-IT-Grundsatz using an automated tool in future.

**Keywords:** Enterprise architecture, TOGAF, BSI-IT-Grundsatz

## 1 Introduction

An Enterprise Architecture (EA) gives a conceptual outline of the structure of the enterprise, including its various processes, their inter-relationships and the principles and guidelines that determine their design and evolution [1, 2]. It also facilitates the realization of the strategic objectives of the organization [1]. An Enterprise Architecture Framework (EAF) guides in the development of an EA by generating a model or a structure which assists in the visualization of the business process and IT activities in an enterprise, based on the principles and standards set by the enterprises. This helps in optimizing the business processes by the eradication of gaps, redundancies and contradictions [3]. Since the introduction of the first EA framework by Zachman, many other EA frameworks were introduced including Federal Enterprise Architecture (FEA), or The Open Group Architecture Framework (TOGAF).

After the establishment of EA frameworks in the enterprises, information security was incorporated into some of the EA frameworks as Enterprise Information Security

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

Architecture (EISA), due to the increasing prevalence of information technology in enterprises and because inadequately protected information can have far-reaching repercussions on the performance of business [4, 5].

Although, many best practices like EISA are being followed to implement the security measures defined by various standards like ISO27000 series, this has been found to fall short as it is generally difficult to audit best practices and they provide no certification. Also, these best practices are not incorporated into all the EAFs (for example, TOGAF and FEA) [3]. Besides, an information security standard, like the ISO or the BSI series, is applicable to any kind of EAF and also provides a certification which proves the information security capabilities of an enterprise [6]. Therefore, it is important that EAFs conform to Information Security Management (ISM) standards to protect all kinds of information pertaining to an enterprise from all sources and to maintain the confidentiality, availability and integrity of the information [5].

Therefore, a mapping between the BSI security standard and TOGAF will not only allow the various information security safeguards defined in the BSI security standard to be adapted to TOGAF for strengthening its information security. Furthermore and more importantly, it allows reusing the identified components of TOGAF while mapping it to the BSI security standard using an automated tool in future. As a result, if someone (for example, an IT-Security officer) wishes to do the same mappings using a tool, he or she can directly employ the identified components into the tool, without having to find the components again. Consequently, we formulated our research question: *How can EAF's artefacts be efficiently reused for ISM?*

To answer this question, we developed a semantic mapping between the EAF TOGAF and the BSI Standard 100-2 [21]. Since, this standard of BSI is commonly referred to as the IT-Grundschutz methodology, we would be addressing this standard as BSI-IT-Grundschutz from here on [21]. We chose TOGAF (and not any other EAF), because it is one of the most commonly employed EAF [22]. Additionally, we chose BSI-IT-Grundschutz over the ISO standards, because the BSI standard not only covers the same content, but also describes many issues more detailed and in a didactical and informative manner [5]. Moreover, an ISO certification is always included along with the BSI certification [5].

The rest of this paper is divided into five sections. Section 2 contains a compilation of various kinds of mapping techniques that have influenced our work. After this, we depict in section 3 the applied research methodology. Section 4 explains the concept followed to achieve our solution, and the tools used, if any. We divided our solution into four parts. In the first part we created a mapping between TOGAF process and BSI-IT-Grundschutz process. After that, we applied a mapping between the components of TOGAF and BSI-IT-Grundschutz. Following this, we mapped a real-world TOGAF-based EA of a renowned German company to BSI-IT-Grundschutz. Although, this company applied TOGAF to develop its EA, ArchiMate was used to model the EA. Therefore, we first mapped the components of ArchiMate and BSI-IT-Grundschutz components and used this mapping as a meta-model for the mapping between the components of the EA model of the company (i.e., the ArchiMate model) and the BSI-IT-Grundschutz. Following this, we conducted expert interviews to

discuss the obtained mappings. The results of the discussions are outlined in section 5. The last section of this paper summarizes the findings and provides suggestions for future work.

## 2 Related Work

This section outlines the various published mapping techniques, which we studied in detail. We incorporated some of the techniques to realize our solution.

Zadeh et al. mapped the EA principles defined in TOGAF to the cybernetics concepts such as Viable System Model (VSM) or Viable Governance Model (VGM) to establish suitable theoretical foundation for the EA principles. After having understood the semantics and the rationale behind each TOGAF principle, a cybernetic concept that matches the rationale and semantics of the principle was chosen and mapped to it [11].

Al-Nasrawi et al. did a dual mapping between the EA frameworks such as TOGAF, FEA and Gartner Methodology with Zachman Framework and also with Software Development Life Cycle (SDLC) to select the best EA framework for achieving seamless e-government integration. This was done by mapping the frameworks to the perspectives and abstractions of the Zachman Framework and by listing the phases of SDLC and checking which frameworks support each phase within its process [12].

Holm et al. created a mapping of the meta-model of a data collection tool called NeXpose Scanner to the EA meta-model called ArchiMate for the generation of EA models using the data collected by the scanner. Specifying the means of mapping the meta-models was done manually by the researchers. After this, an existing software tool was used for the model transformation based on the specified mapping [13].

König et al. conducted a mapping of Substation Configuration Language (SCL) to ArchiMate to better enable the stakeholders to understand the Substation Automation (SA) system and its architecture. The mapping is done by identifying the SCL objects that have the relation “is a kind of” or “is a part of” to any entity of ArchiMate [14].

Alizadeh et al. conducted a mapping between the concepts of enterprise ontology (DM2 meta-model) to service concepts in the Service Oriented Architecture (SOA) for the identification of services at the enterprise level. Based on the semantic specification of the services, the concepts and aspects of services that can be mapped to the concepts of enterprise ontology were identified [15].

In [16], Santikarama and Arman developed an EAF for non-cloud to cloud migration for the companies adopting cloud computing. This EAF was developed using TOGAF, Cloud Computing Reference Model (CCRM) and Cloud Reference Migration Model (CRMM). The design of this framework involved a mapping between the TOGAF Architecture Development Method (ADM) phases with the CCRM phases and the mapping of TOGAF ADM phases with the CRMM phases.

### 3 Methodology

In our work, we followed the Design Science Research (DSR) Methodology defined by Peffers et al. in [8]. DSR defines a systematic approach for the creation of successful artefacts such as constructs, models, methods or instantiations [9]. The process proposed by Peffers et al. includes six steps which are: problem identification and motivation, definition of objectives, design and development, demonstration, evaluation and communication [8].

Based on this methodology, we first defined the purpose of creating a mapping between TOGAF and BSI-IT-Grundschutz by describing the major concerns that such a mapping can address (problem identification and motivation at the beginning of section 1). After this, we formalized the different objectives to be achieved and their order of execution to realize our solution (definition of objectives at the end of section 1). Later, a literature review of various research papers helped us to discover multiple approaches for conducting the mapping. After scanning through over fifteen papers that focused on mappings of various kinds, we narrowed our focus down to six papers that used the concept of semantic mapping. The methods followed by König et al. [14] and Santikarama et al. [16] in their respective works has extensively influenced the realization of our idea (justification for using these methods are provided in section 4.1-4.3 of this paper). We demonstrated our idea by applying it to derive the mappings between TOGAF and BSI-IT-Grundschutz and later in deriving the mappings between the EA model and BSI-IT-Grundschutz (design and development in section 4.1-4.3 and demonstration in section 4.4). We discussed our findings by conducting expert interviews. Later, we used the results and feedback obtained from the expert interviews to improve our results (feedback loop from discussion with experts to design and development in section 5). The communication is done by publishing the obtained results in this paper. Furthermore, all our results can be accessed via <https://git.rwth-aachen.de/EARTh/Mapping>.

### 4 Concept and Realization

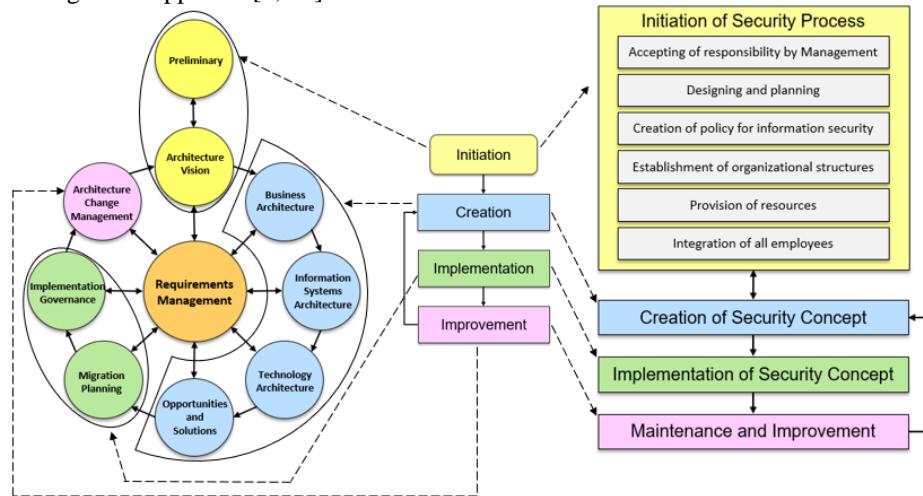
Within this section, we facilitate the design and development step of Peffers et al. [8]. First, we map the processes of TOGAF to the processes of BSI-IT-Grundschutz. Second, we map the components of TOGAF to those of BSI-IT-Grundschutz. Third, we map the ArchiMate's components with the BSI-IT-Grundschutz components. Last, we demonstrate our mappings by applying it to a company's EA model according to the fourth step of DSR.

#### 4.1 Mapping between TOGAF Process and BSI-IT-Grundschutz Process

The TOGAF process refers to the TOGAF ADM [2]. Similarly, the BSI-IT-Grundschutz also includes a security process which helps in the development of an Information Security Management System (ISMS) [21].

The idea was to first visualize each process from a higher level of abstraction. After understanding each phase of both processes, we sketched out a common process model for both processes, which is depicted in fig. 1 (center). This common process model was obtained based on quite a few similarities shared by the processes, out of which the first one being the iterative nature of the two processes. Fig. 1 shows that after the first phase of each process, which is the initiation phase (“preliminary phase” in case of TOGAF and “initiation of security process” phase in BSI-IT Grundschutz), the rest of the phases are iterative. Also, it can be observed that both processes have a similar structure. Each of the processes starts off with an initiation phase where the planning and defining of the scope takes place. This is followed by the creation phase where the creation of the main parts of the target state takes place. After this, the actual realization and implementation of the goal or the target state takes place. Finally, the already implemented target state gets improved [2, 21]. The technique applied here is inspired from the mapping technique mentioned in [16] as it also focuses on creating a mapping between different processes. Additionally, we also developed a meta-model for our mapping.

Based on the meta-model, the initial two phases of TOGAF, which are the Preliminary phase and the Architecture Vision, were mapped to the first step of the BSI-IT-Grundschutz process, which is the Initiation of Security Process (this corresponds to the initiation phase of the meta-model). The common activities that led to this mapping included: defining of scope, identifying organizational units, forming of teams, identifying stakeholders, defining resources, identifying gaps and getting management approval [2, 21].



**Figure 1:** Mapping of the TOGAF process (left) to the BSI-IT-Grundschutz process (right) based on the derived common process model (center)

The following four phases of TOGAF were mapped to the second step of the BSI-IT-Grundschutz process, which is the Creation of the Security Concept (this corresponds to the creation phase of the common process model). The common

activities in this case included: creating the main parts (in the case of TOGAF, the enterprise architecture and in the case of BSI-IT-Grundschutz, the security concept), obtaining stakeholder reviews, resolving gaps, mitigating risks and documentation of building blocks in case of TOGAF and in the case of BSI-IT-Grundschutz, its various components [2, 21].

The Migration Planning and Implementation Governance phases of TOGAF were mapped to the Implementation of Security Concept phase of BSI-IT-Grundschutz process (this corresponds to the implementation phase of the common process model). The common activities that led to this mapping included: developing the implementation plan, conducting cost-benefit analysis, checking availability of resources and conducting compliance reviews [2, 21].

Finally, the Architecture Change Management phase was mapped to the last step of BSI-IT-Grundschutz process which is Maintenance and Improvement (this corresponds to the improvement phase of the common process model). The common activities in this case included- conducting management reviews, documenting of results, checking the business value and maintenance [2, 21].

#### **4.2 Mapping between TOGAF Components and BSI-IT-Grundschutz Components**

The mapping between TOGAF and BSI-IT-Grundschutz components was conducted manually as there did not exist a tool for this specific mapping. The approach was to scan the entire TOGAF document and identify all the components and map them to the appropriate BSI-IT-Grundschutz components. This was performed by analyzing the BSI-IT-Grundschutz catalogues [4] and determining the components that were equivalent or related to the TOGAF components.

Once a BSI-IT-Grundschutz component is identified and mapped to a TOGAF component, the corresponding security safeguards associated with the BSI-IT-Grundschutz component are also assigned to the TOGAF component. Note that, in our work, the TOGAF components were first identified and mapped to the BSI-IT-Grundschutz modules and not the other way around. This was motivated by the fact that most of the elements in BSI-IT-Grundschutz are a general representation of the components in TOGAF.

Since these are two completely different processes focusing on different goals, a specific mapping between the components of TOGAF and BSI-IT-Grundschutz was a rare occurrence. Therefore, we chose to follow a mapping technique similar to the one employed by König et al. in [14]. When a direct mapping was not obtained, the TOGAF component was mapped to those BSI-IT-Grundschutz components which had the relation “is a kind of” or “is a part of” to the TOGAF component, as in [14].

After conducting the mapping task, a total of 873 mappings were obtained. These mappings can be divided into two types: 1:1 and 1:N. In a 1:N mapping, one component in TOGAF was mapped to multiple components in BSI-IT-Grundschutz, whereas, for a 1:1 mapping, only discrete components from both the processes were mapped together. A 1:1 mapping becomes a specific mapping when there is a perfect

match between discrete components from each process. Consequently, all the 1:N mappings are non-specific.

Some of the mappings that were obtained are:

- Databases ↔ Databases: This is a 1:1 mapping and is also a specific mapping. The component on the left belongs to TOGAF and the component on the right belongs to BSI-IT-Grundschatz.
- Data Server ↔ General Server: Here, the TOGAF component “Data Server” was mapped to “General Server”. This is another example of a 1:1 mapping. But, this is not a specific mapping. Therefore, this was mapped to the closest possible component in BSI-IT- Grundschatz which is “General server” [4]. Therefore, the relationship here is: Data Server “is a part of” General Server.
- Telephone ↔ Telecommunications system, Mobile telephones: This is a 1:N mapping. “Telephone” was mapped to “Telecommunications system” because Telephone “is a part of” Telecommunications system and “Telephone” was also mapped to “Mobile telephones” as Mobile telephones “is a kind of” Telephone.

#### **4.3 Mapping between ArchiMate Elements and BSI-IT-Grundschatz Components**

The concept followed for the mapping between ArchiMate and BSI-IT-Grundschatz components was very similar to the one used in the previous section. Here as well, a manual mapping among related components was carried out. For the mapping, we considered the components of BSI-IT-Grundschatz and mapped them to suitable ArchiMate elements, obtained from the various layers of the ArchiMate framework [7]. It should be noted that, unlike in the previous case (where the TOGAF components were mapped to the BSI-IT-Grundschatz modules), the BSI-IT-Grundschatz modules were mapped to the ArchiMate elements and not the other way around. This was motivated by the fact that most of the elements in ArchiMate are a general representation of the components in BSI-IT-Grundschatz.

Like the previous case, these are also two completely different processes trying to achieve different things. So, a specific mapping between the components of BSI-IT-Grundschatz and ArchiMate was not feasible. Therefore, we once again employed the mapping technique inspired by König et al. in [14]. After conducting the mapping task, a total of 80 mappings were obtained. The mappings were divided into two types: 1:1 and 1:N. Some of the mappings that were obtained are:

- Server Room ↔ Facility: The component on the left belongs to BSI-IT-Grundschatz and the component on the right belongs to ArchiMate. This is a 1:1 mapping and it is not a specific mapping. There is no component in ArchiMate that can be directly mapped to “Server Room” [4] from BSI-IT-Grundschatz. Therefore, we mapped “Server Room” to the closest possible element in ArchiMate which is “Facility” [7]. The resultant relationship is: Server room “is a kind of” Facility.
- Security Management ↔ Business Service, Technology Function: This is a 1:N mapping. Here, the BSI-IT-Grundschatz component “Security Management” [4]

was mapped to two components in ArchiMate “Business Service” and “Technology Function” [7]. Here the relationship is Security Management “is a kind of” Business Service and it is also “a kind of” Technology Function.

#### 4.4 Mapping between the Components of Company’s EA Model and BSI-IT-Grundschatz Components

**Case Environment:** The Company considered in our work is a leading insurance provider in Germany. It operates in over 30 countries and has over 40,000 employees. It has several subsidiaries, including an internal IT service provider, which we considered for our work. The IT service provider has over 1,400 employees and provides technological solutions for the entire organization. It used the TOGAF framework to develop its EA and a tool called Archi<sup>1</sup>, an ArchiMate tool, to develop of EA model.

Using the results of the mapping between ArchiMate and BSI-IT-Grundschatz components as a meta-model, a mapping between the components of the company’s EA model and BSI-IT-Grundschatz components was developed. The first step was to analyze the elements in the different ArchiMate layers (business layer, application layer, technology layer and so on) of the EA model and the relationship between the elements of the same or different layers. The second step was to map these elements to the BSI-IT-Grundschatz components. This was done by using a tool called Verinice<sup>2</sup> that facilitates the creation and management of an ISMS using BSI-IT-Grundschatz [17]. The BSI model in Verinice consists of different groups into which the ArchiMate elements should be grouped under, prior to the mapping to the BSI-IT-Grundschatz components. The Verinice tool not only allows the mapping of the ArchiMate elements to the BSI-IT-Grundschatz components, but also helps in modeling the relationships between the elements.

**Modeling Elements in Verinice.** After analyzing the ArchiMate elements in the EA model, it was found that some of the elements such as technology functions, technology services, business functions, business processes or products could not be included under the groups in the BSI model of Verinice, because the groups can only include the elements related to applications, IT-systems, network connections, rooms and staff. On the other hand, elements such as devices, nodes, system software, application collaboration, business actors could be included under the groups in the BSI model.

But the fact that some elements could not be included made it complicated to model relationships between elements in Verinice. For example, consider a web application which has a “used by” relationship with a technology service called content service which has a “realization” relationship with a data server (see fig. 2). As mentioned before, the technology service cannot be included in the different groups of Verinice, whereas, the web application and the data server can be included. Hence, it was not possible to model the relationships between the web application and

---

<sup>1</sup> <https://archimatetool.com>

<sup>2</sup> <https://verinice.com>

the content service, and between content service and data server in Verinice. Consequently, a relationship between web application and data server needs to be modeled. In such cases, a relationship needs to be derived between the two elements that do not have a direct relationship.

A workaround to this was found in the paper by Buuren et al. [18]. In their work, they first assigned a weight to every relationship type in ArchiMate, based on the semantics and understanding of the relations. They defined a composition operator which derives a relationship based on the weight of the existing relationships. And during the derivation, the relation type with the most minimum weight is derived. So, in this case between “used by” and “realization”, “used by” relation had lesser weight when compared to “realization” according to [18]. Therefore, a “used by” relation was derived between the web application and data server. Based on this principle, we were able to model the relationships between EA elements in Verinice even though many elements of the EA model could not be included in the Verinice tool.

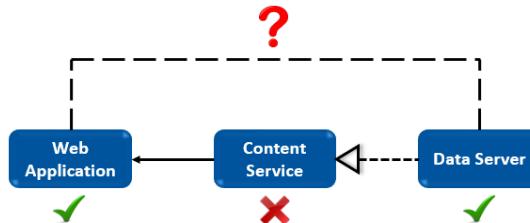


Figure 2: Multi-Step Relation

**Modeling Relationships in Verinice.** It was observed that not every element included in Verinice could be related to every other element. For example, an element under the group clients in Verinice can only have a relationship with the elements included under the group’s applications, staff and room. It cannot be related to elements in the other groups in Verinice such as buildings, clients, network components, PBX components, servers and network connections.

The relationship types in the ArchiMate such as composition, aggregation, association and so on does not exist in the Verinice tool. Verinice has its own set of relation types such as depends on, responsible for or necessary for. For example, consider an element under the group staff that has an association relationship with an element in the applications group. The relationship types available in Verinice for a relation between these two elements are “accountable for”, “consulted for”, “informed about” and “responsible for”.

**Mapping ArchiMate Elements to BSI-IT-Grundschutz Elements.** After having assigned the EA elements in the various groups of the BSI model in Verinice and having modeled the relationship between the elements, the next step was to map these elements to the BSI-IT-Grundschutz components. This can be done by dragging and dropping the appropriate BSI-IT-Grundschutz components under the suitable EA elements. Along with the BSI-IT-Grundschutz components, the security safeguards corresponding to those components will also be assigned to the elements.

**Advantages and Disadvantages of Verinice.** We summarize this section with the various advantages and disadvantages of Verinice. On one hand, Verinice is a tool

that facilitates the creation of an ISMS based on BSI-IT-Grundschutz, it allows easy mapping to the BSI-IT-Grundschutz components using drag and drop method, supports easy implementation of safeguards, allows relationship modeling, provides protection requirements, and performs basic security check and risk analysis. On the other hand, not all elements can be modelled in Verinice; there exists difficulty in modeling relationships, not every element can be related to every other element and ArchiMate relationship types cannot be modelled in Verinice.

## 5 Discussion

To discuss our obtained results, we conducted expert interviews. For the first discussion, we required someone with a good insight about BSI-IT-Grundschutz and for the second discussion we required an internal employee of the company who is familiar with the EA model. According to [10], the main purpose of expert interviews is to discuss and evaluate something that requires specific subject knowledge and in some cases insider knowledge on the related topics.

### 5.1 Discussion of the TOGAF and BSI-IT-Grundschutz Components Mapping

Since the mappings obtained were very high in number, a small sample of mappings was considered for the discussion. The method of stratified random sampling [19] was used to obtain a finite list of mappings. This was done by removing the duplicate mappings and dividing the entire group of mappings into homogeneous sub-groups called strata. While the elements within a stratum are mutually inclusive (homogeneous), each stratum should be mutually exclusive to each other. Then a simple random sampling is applied to each stratum where an element is randomly chosen from each stratum to generate the final sample.

The discussion was conducted by two experts who were well-versed with BSI-IT-Grundschutz. The goal of our work and the approach used to achieve the goal were briefed to each discussant. Thereupon, each mapping, along with its justification, was presented to them. The discussants were asked to rate each mapping on a 5-point Likert scale [20]. Along with the rating for each mapping, the feedback obtained for the mappings were duly noted. Both the discussants agreed with 90% of the mappings in the list provided to them and they found the mappings to be mostly accurate. After carefully assessing the feedback given by discussants, the necessary changes were made to the mappings.

### 5.2 Discussion of the Mapping between the Components of Company's EA Model and BSI-IT-Grundschutz Components

We discussed the proposed mapping with an employee of the company who was closely associated with the development of the company's EA. The entire process involved in the mapping, along with an example was illustrated to the discussant.

Unlike the previous discussion, instead of asking the discussant to rate the mapping, the discussant's feedback (both positive and negative) was collected.

In the discussant's opinion, the mapping will be particularly useful for data objects, system software, applications that use databases and application services. She felt that the mapping was very useful and would definitely benefit the company if done systematically and preferably by an internal person who has the necessary business knowledge. On a negative note, she felt that, even though the elements such as data objects and application services could be mapped to certain BSI-IT-Grundschutz components, it is a setback that these elements cannot be modeled in Verinice. Also, in her opinion, it would make the searching of the modules easier if the BSI-IT-Grundschutz components were categorized in Verinice.

## 6 Conclusion

The main aim of our work was to develop a mapping between TOGAF and BSI-IT-Grundschutz based on semantics. To better understand both processes and their similarities, a process to process mapping between TOGAF and BSI-IT-Grundschutz was done beforehand. For the complete realization of our solution, a real-world example of an EA model of a German company, developed using TOGAF, was considered and mapped to BSI-IT-Grundschutz using the Verinice tool. This mapping does not only allow organizations to strengthen their information security of TOGAF, ArchiMate and the EA model, but also allows reusing the identified components of TOGAF, ArchiMate and the EA model while conducting such a mapping using an automated tool in the future.

Although we were able to identify a large number of components for the mapping, the shortcomings of manual mapping such as accidental exclusion of components and creation of the mappings only based on the subjective understanding are undeniable.

We propose the following improvements to be implemented in the future. The first one is to automate the mapping using the identified components of TOGAF, ArchiMate and the EA model in a tool. This will provide accurate and faster results because as opposed to manual mapping, human errors could be eliminated. The second improvement would be to customize the Verinice tool to accommodate the mapping between BSI-IT-Grundschutz and the EA model in a more native way by allowing all the ArchiMate elements and relationships to be modelled in Verinice.

## References

1. Proper, E., and Greefhorst, D.: The Roles of Principles in Enterprise Architecture. In: Trends in Enterprise Architecture Research. 5th International Workshop, TEAR, pp. 57–70. Springer, Berlin, Heidelberg, (2010)
2. TOGAF®9.1, <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/> (Accessed on 05/22/2017)

3. Oda, S.M., Fu, H., and Zhu, Y.: Enterprise information security architecture a review of frameworks, methodology, and case studies. In: Computer Science and Information Technology, 2nd IEEE International Conference, pp. 333–337. IEEE, ICCSIT (2009)
4. IT-Grundschutz-Catalogues. Standard. Federal Office for Information Security, Bonn, Germany (2013)
5. BSI Standard 100-1: Information Security Management Systems (ISMS). Standard. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Bonn, Germany (2008)
6. Granneman, J.: IT security frameworks and standards: Choosing the right one. Article. (2013)
7. ArchiMate 3.0 Specification. Standard. The Open Group, Berkshire, United Kingdom, (2016)
8. Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M.A., and Chatterjee, S.: A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, Routledge (2007)
9. Hevner, A.R., March, S.T., and Park, J.: Design Research in Information Systems Research. pp. 75-105 *MIS Quarterly*, 28, 1 (2004)
10. Bogner, A., Littig, B. And Menz, W.: Interviewing Experts (Research Method Series). Palgrave Macmillan Limited, England (2009)
11. Zadeh, M. E., Millar, G. and Lewis, E.: Mapping the enterprise architecture principles in TOGAF to the cybernetic concepts—An exploratory study. In: *System Science (HICSS)*, 2012 45th Hawaii International Conference, pp. 4270–4276. IEEE. (2012)
12. Al-Nasrawi, S. and Ibrahim, M.: An enterprise architecture mapping approach for realizing e-government. In: *Communications and Information Technology (ICCIT)*, 2013 Third International Conference, pp. 17–21. IEEE. (2013)
13. Holm, H. and Buschle, M.: Automatic data collection for enterprise architecture models. In: *Software & Systems Modeling*, pp. 825–841. 13.2 (2014)
14. König, J., Zhu, K. and Nordstorm, L.: Mapping the substation configuration language of iec 61850 to archimate. In: *Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW)*, 2010 14th IEEE International, pp. 60–68. IEEE. (2010)
15. Alizadeh, K., Seyyedi, M. A. and Mohsenzadeh, M.: Mapping service concept and enterprise ontology in service identification. In: *Networked Computing (INC)*, 2011 The 7th International Conference, pp. 22–27. IEEE. (2011)
16. Santikarama, I. and Arman, A. A.: Designing enterprise architecture framework for non-cloud to cloud migration using TOGAF, CCRM, and CRMM. In: *ICT For Smart Society (ICISS)*, 2016 International Conference, pp. 32–37. IEEE. (2016)
17. verinice. / Produkt, <https://verinice.com/produkt/> (Accessed on 05/22/2017)
18. Buuren, R. v., Jonkers, H., Iacob, M. and Strating, P.: Composition of relations in enterprise architecture models. In: *International Conference on Graph Transformation*, pp. 39–53. Springer. (2004)
19. Neyman, J.: On the two different aspects of the representative method: the method of stratified sampling and the method of purposive selection. In: *Journal of the Royal Statistical Society* 97.4, pp. 558–625. (1934)
20. Dawes, J.G.: Do data characteristics change according to the number of scale points used? An experiment using 5 point, 7 point and 10 point scales. In: (2012)
21. BSI Standard 100-2: IT-Grundschutz Methodology. Standard. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Bonn, Germany (2008)
22. U. Franke et al.: EAF2 - A Framework for Categorizing Enterprise Architecture Frameworks. In 10th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligences, Networking and Parallel/Distributed Computing, pp. 327–332. (2009)

# Clusteranalyse und Mobile Health: ein Literaturreview

Johanna Wallner<sup>1</sup>, Max-Marcel Theilig<sup>1</sup>, Anne-Katrin Witte<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technical University Berlin, Chair of Information and Communication Management,  
Berlin, Germany  
j.wallner@campus.tu-berlin.de, {m.theilig, a.witte}@tu-berlin.de

**Abstract.** Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist der theoretische Vergleich von Clusteralgorithmen im Mobile Health Kontext. Dazu wurden mithilfe eines Literaturreviews 16 Clusteranalyseanwendungen auf gesundheitsbezogene Daten identifiziert. Die Forschungsarbeiten wurden zunächst hinsichtlich der verwendeten Algorithmen geprüft und schließlich 8 Arbeiten ausgewählt, um sie genauer zu analysieren. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden im Anschluss auf den Mobile Health Bereich übertragen, um eine Eignung der einzelnen Algorithmen für Mobile Health Daten zu bewerten. Der Großteil der untersuchten Arbeiten beschränkte sich auf die Verwendung der klassischen hierarchischen und partitionierenden Clusteralgorithmen. Besonders vielversprechende Ergebnisse erzielte aber die vergleichsweise moderne Technik selbstorganisierender Karten. Diese Arbeit ist für alle Leser interessant, die mehr über das Potential von Data Mining und insbesondere Clusteranalyse im Mobile Health Bereich erfahren möchten.

**Keywords:** cluster analysis, mobile health, data mining, literature review

## 1 Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojekts "Self-administered Psycho-Therapy-Systems" (SELPASS) der TU Berlin soll eine Therapie-App für Menschen mit Depression entwickelt werden. Diese App soll auf Basis von Biosignalen (wie z.B. der Herzfrequenz), standortabhängigen Umweltinformationen und der Selbsteinschätzung des Patienten individuelle praktische Empfehlungen zum Selbstmanagement geben. Außerdem soll die Symptomatik langfristig protokolliert und das System durch eine Feedback-Schleife weiter personalisiert werden. Es sollen zum Beispiel Warnungen generiert werden, sobald der Patient bedenkliche Verhaltensmuster zeigt. Dieser intelligente Aspekt der App soll durch Integration von Data Mining erreicht werden. Neben dem sogenannten präskriptiven Data Mining sollen auch Algorithmen zur Mustererkennung implementiert werden. Die Patienten sollen anhand der verfügbaren Daten analysiert und gruppiert werden. Diese Gruppierungen sollen neue Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen individuellen physischen und psychischen Zuständen liefern. Aus dieser Problemstellung ist die Idee für die vorliegende Arbeit entstanden.

Die zentrale Forschungsfrage lautet, welcher Clusteralgorithmus am besten für Mobile Health geeignet sein könnte. Mittels eines Literaturreviews soll ein Überblick über

aktuelle Anwendungen von Clusteranalyse auf gesundheitsbezogene Daten gegeben werden.

## 2 Methodik

Um die Frage zu beantworten, wie Clusteralgorithmen auf Mobile Health Daten angewendet werden können, wurde mittels einer Literaturübersicht recherchiert, wie Clusteranalysen in der Vergangenheit auf gesundheitsbezogene Daten angewendet wurden. Da bisher noch recht wenig Forschung zum Thema Clusteranalyse im Mobile Health Bereich direkt betrieben wurde, wurde das Suchfeld auf den gesundheitsbezogenen Kontext erweitert. Dies schloss somit auch Forschungsarbeiten ein, die Daten aus Umfragen analysierten, welche aber dennoch durch Smartphones und Wearables generierbar sind.

Es wurden nur Forschungsarbeiten berücksichtigt, die für den Mobile Health Bereich anwendbare Daten analysierten. Dabei wurde vor allem darauf eingegangen, welche Clusteralgorithmen verwendet worden sind und wie diese angewendet wurden. Daraus soll abgeleitet werden, welche Clusteralgorithmen sich besonders für den Mobile Health Kontext anbieten könnten. Insbesondere sollen die Unterschiede zwischen den einzelnen Algorithmen herausgestellt werden. Das Ziel ist, Handlungsempfehlungen für die Wahl des Clusteralgorithmus zu geben, die zum bestmöglichen Ergebnis bei der Analyse von Mobile Health Daten führen.

Dazu wurde ein Literaturreview nach den Vorschlägen von Levy & Ellis [1] und Webster & Watson [2] durchgeführt. Das Literaturreview gliedert sich in drei Schritte: Input, Verarbeitung und Output (s. Abbildung 1). Im Folgenden werden die einzelnen Schritte beschrieben, wobei Output mit dem Schreiben des Reviews gleichzusetzen ist und deshalb nicht explizit erwähnt wird.

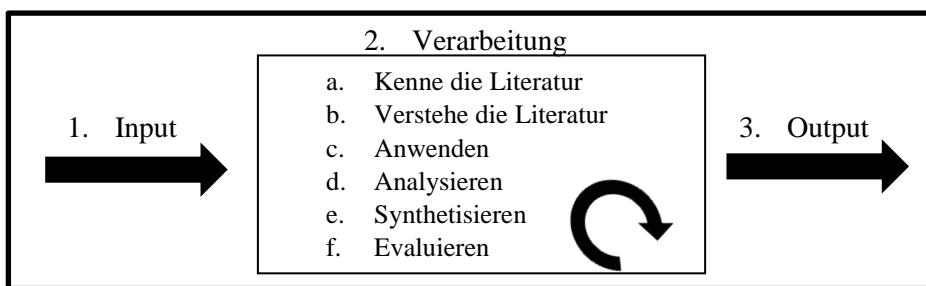


Abbildung 1. Die 3 Schritte des Literaturreviews, vgl. [1]

**1. Input:** Aufgrund der zeitlichen Begrenzung der Bearbeitungszeit wurde das Literaturreview gemäß Cooper's Taxonomie als „exhaustive with selective citation“ durchgeführt. Das heißt, es wurden nicht alle Resultate vollständig analysiert, sondern nur eine geringe Auswahl [3].

Im ersten Schritt wurden die Datenbank PubMed und Google Scholar nach den folgenden Stichworten durchsucht: „clustering“, „cluster analysis“, „health data“, „mental

“health“, „health“, „lifestyle“, „heart rate“, „heart rate variability“, „sleep“, „pattern recognition“, „unsupervised machine learning“, „patient“, „medicine“, „healthcare“.

Anhand der Überschrift, des Abstracts und (wenn vorhanden) der Conclusion wurden relevante Arbeiten ausgewählt. Es wurden nur Forschungsarbeiten einbezogen, in denen Patienten nach Daten geclustert wurden, die in Bezug zum Mobile Health Kontext stehen. Arbeiten zum Thema Gen Clustering, Text Clustering oder Medical Image Clustering fanden keine Berücksichtigung. Studien, in denen die Daten rein statistisch untersucht wurden, also ohne den Aspekt des Data Mining, wurden ebenfalls ausgeklammert.

Außerdem soll die Literatur ausschließlich qualitativ hochwertig sein, d.h. sie soll aus Peer Review geprüften Zeitschriften stammen. Die einzige Ausnahme bildet die Arbeit von Meyer et al. aufgrund der Relevanz des Themas und der Qualität des Artikels. Die 16 resultierenden Studien wurden im nächsten Schritt weiterbearbeitet.

**2. Verarbeitung:** Gemäß Webster & Watson [2] wurde das Literaturreview konzeptzentriert umgesetzt. Diese Form ermöglicht im Gegensatz zur autorenzentrierten Durchführung, welche im Wesentlichen eine Aneinanderreihung von Zusammenfassungen ist, eine Synthese der einzelnen Erkenntnisse zu einer neuen Schlussfolgerung [2]. Jede Forschungsarbeit wurde nach dem gründlichen Lesen und Verstehen (Schritte 2.a und 2.b in Abbildung 1) in die sogenannte Konzeptmatrix eingetragen (Schritte 2.c). Es wurden weiterhin diejenigen Studien ausgewählt, die inhaltlich am meisten auf die Clusteranalyse eingegangen sind. Außerdem wurde versucht, eine möglichst heterogene Auswahl bezüglich der Algorithmen zu bilden. Die 8 resultierenden Studien (s. Tabelle 1) wurden hinsichtlich ihrer Daten, Distanzmaß und Validierung analysiert (Schritt 2.d). Dieser Schritt ist von der Zusammenfassung insofern abzugrenzen als dass eine Analyse nur (für die Forschungsfrage) relevante Informationen extrahiert und auswertet.

Aus den restlichen 8 Arbeiten wurden nur die verwendeten Clusteralgorithmen extrahiert (s. Tabelle 2). Da einige dieser Arbeiten dennoch interessante Erkenntnisse boten, wurden diese Informationen in die Diskussion einbezogen. Die Synthese und Evaluation (Schritte 2.e und 2.f) beinhaltet die Verbindung der einzelnen Forschungsarbeiten zu einem neuen Ganzen sowie ihre qualitative Bewertung [1].

### 3 Ergebnisse

**Tabelle 1.** Fokusarbeiten

Paper	Inhalt	Algorithmus
[4]	<b>Daten:</b> 96 kategoriale Lifestyle-Environ Variablen, depressiv (ja/nein) <b>Distanzmaß:</b> Keine Angabe <b>Validierung:</b> Externe Validierung, Multivariate logistische Regression	SOM (R), agglom. hierarch. Clustering (Complete Linkage)
[5]	<b>Daten:</b> Zeitreihen: Herzfrequenz, HRV, Movement Activity Information <b>Distanzmaß:</b> Keine Angabe <b>Validierung:</b> Partition Index, Separation Index, Xie-Beni's Index	K-Means (Matlab)
[6]	<b>Daten:</b> Zeitreihen: Activities of Daily Living <b>Distanzmaß:</b> Dynamic Time Warping <b>Validierung:</b> Externe Validierung (Accuracy, F-1 Score, Normalized Mutual Information, Cluster Purity), Average Silhouette Width	Agglom. hierarch. Clustering (Complete Linkage)
[7]	<b>Daten:</b> Kategorial: gesundheitsbezogenes Verhalten, Selbsteinschätzung der Gesundheit, Lebensqualität, soziale Schicht, psychische Gesundheit <b>Distanzmaß:</b> Log-Likelihood-Distanz <b>Validierung:</b> Bayesian Information Criterion	TwoStep Clustering (SPSS)
[8]	<b>Daten:</b> Numerische Zeitreihe: Schritte in 15-minütigen Intervallen und pro Tag, außerdem Tagestyp (Jahreszeit, Wochentag/-ende) <b>Distanzmaß:</b> Eigenes Distanzmaß (basierend auf der Gower Distanz) <b>Validierung:</b> Keine Angabe	Wards hierarch. Clustering (R)
[9]	<b>Daten:</b> Physische und ruhende Aktivität <b>Distanzmaß:</b> Euklidische Distanz <b>Validierung:</b> Mehrmalige Anwendung des Algorithmus	Agglom. Hierarch. Clustering, K-Means
[10]	<b>Daten:</b> Kategorische und kontinuierliche Variablen: Bildschirmzeit, Schlaf, akademische Leistung, sozio-demografische Daten <b>Distanzmaß:</b> Euklidische Distanz <b>Validierung:</b> Keine Angabe	SOM (Matlab), K-Means
[11]	<b>Daten:</b> Zeitreihe: Asthma Symptome und Auslöser (binär) <b>Distanzmaß:</b> Ähnlichkeitsmaß basierend auf der Häufigkeit von Symptomen in einem bestimmten Zeitfenster <b>Validierung:</b> Relative Validierung (über Simulationen)	K-Means Consensus Clustering

**Tabelle 2.** Weitere Arbeiten

<i>Paper</i>	<i>Algorithmus</i>
[12]	TwoStep-Clustering (SPSS)
[13]	Agglom. hierarch. Clustering (Ward)
[14]	K-Medoid
[15]	K-Means (SAS FASTCLUS)
[16]	K-Means (SPSS)
[17]	2 Schritte: Agglom. hierarch. Clustering (Ward), K-Means
[18]	Wahrscheinlichkeits-basiertes Clustering (EM-Algorithmus)
[19]	TwoStep-Clustering

Welcher Clusteralgorithmus für eine Aufgabe gewählt werden sollte, ist abhängig von den zu bearbeitenden Daten und vom eigentlichen Ziel der Analyse. Das Ziel der Clusteranalyse von Mobile Health Daten ist die Gruppierung der Patienten und die Entdeckung von verborgenen Zusammenhängen zwischen den Gesundheitsparametern.

Ohne einen vorliegenden realen Datensatz ist es schwierig, Annahmen über die Natur der Mobile Health Daten zu treffen. Ob ein Mobile Health Datensatz beispielsweise nicht-sphärische bzw. willkürlich geformte Cluster enthält, kann nicht eindeutig ausgeschlossen werden. Diese Besonderheit spielt aber eher in der Bilderkennung und beim Clustern von geologischen oder räumlichen Daten eine Rolle und ist deshalb im Mobile Health Bereich nicht von Priorität [20]. Auch ist nicht damit zu rechnen, dass ein Mobile Health Datensatz eine sehr große Anzahl von Dimensionen haben wird. Wenn die Mobile Health Daten als Zeitreihe aufgezeichnet werden, sind diese zwar hochdimensional, aber auch von anderen hochdimensionalen Daten, wie z.B. Genexpressionsdaten, zu unterscheiden. In diesen Datensätzen sind die Datenpunkte spärlich verteilt, d.h. es gibt sehr viele Lücken, und es sind spezielle Clusteralgorithmen notwendig [21]. Viel wichtiger ist es für Mobile Health Anwendungen, einen skalierbaren und effizienten Algorithmus zu verwenden. Außerdem sollte der Algorithmus robust gegenüber Ausreißern und Datenrauschen und bestenfalls in der Lage sein, gemischte kategoriale und numerische Daten zu verarbeiten. Bei der Clusteranalyse von Mobile Health Daten handelt es sich also um eine vergleichsweise einfache Problematik (im Vergleich zu Text-Clustering), für die eine Vielzahl von Clusteralgorithmen in Frage kommen.

Im Allgemeinen konnte festgestellt werden, dass in einem Großteil der betrachteten Arbeiten auf die in Statistiksoftware enthaltenen Standardalgorithmen zurückgegriffen wurde. Dies war jedoch vor allem bei Artikeln, die aus medizinischen Journals stammten, der Fall. In diesen Arbeiten lag der Fokus weniger auf dem maschinellen Lernen an sich als auf den dadurch ermöglichten medizinischen Erkenntnissen, und es fand allgemein wenig Auseinandersetzung mit dem Clusteralgorithmus an sich statt. Der Algorithmus wurde nur sehr knapp beschrieben und auch eine Begründung, wieso gerade dieser Algorithmus gewählt wurde, fehlte. Dipnall et al. [4] beispielsweise dokumentierten zwar sehr ausführlich die Vorgehensweise bei ihrer Clusteranalyse mit selbstorganisierenden Karten, sie gaben aber keine Begründung dafür an, wieso sie gerade ein 20 x 20 rektanguläres Gitter benutzten. Nur in einem kleinen Teil der untersuchten Arbeiten wurden mehrere Algorithmen getestet und verglichen; in keiner Arbeit wurde

Kritik am verwendeten Algorithmus geäußert. Dennoch konnten einige Informationen aus den aktuellen Anwendungen von Clusteralgorithmen auf gesundheitsbezogene Daten extrahiert werden.

### 3.1 Partitionierende Verfahren

Die meisten Arbeiten nutzten partitionierende Verfahren (7 von 16); davon nutzten 4 den K-Means-Algorithmus alleine, 2 K-Means in Verbindung mit hierarchischem Clustering und eine Arbeit den K-Medoid-Algorithmus. Partitionierende Clusteralgorithmen haben im Allgemeinen folgende Vorteile: Sie sind sehr effizient in Bezug auf große Datenmengen, skalierbar und einfach anzuwenden. Jedoch hat der K-Means-Algorithmus einige Nachteile. Die Daten müssen zum Beispiel messbar sein, das heißt nicht kategorial. Außerdem muss (wenigstens ungefähr) die Clusterzahl K bekannt sein. Bidargaddi et al. [5] nutzten den K-Means-Algorithmus der Matlab Toolbox. In der Arbeit selbst wurde keine Angabe zum verwendeten Distanzmaß gemacht, es handelte sich jedoch sehr wahrscheinlich um die in Matlab enthaltene Hamming Distanz, da u.a. die binäre Variable „Aktivitätszustand“ geclustert wurde und K-Means nur in Verbindung mit der Hamming Distanz dazu in der Lage ist, binäre Variablen zu clustern [22].

Wenn in dem zu clusternden Mobile Health Datensatz kategoriale Variablen enthalten sind, ist K-Means nicht anwendbar. Wenn der Datensatz nur aus Zahlen besteht, bietet sich aber dennoch eher ein auf K-Medoid basierendes Verfahren, wie z.B. CLARANS, an. Dieses Verfahren ist robuster gegenüber Ausreißern und Datenrauschen als K-Means und effizient auf große Datenmengen anwendbar.

Weiterhin sind die Ergebnisse des K-Means-Algorithmus stark von den Initialisierungswerten der Algorithmen abhängig. Bidargaddi et al. [5] wendeten den K-Means-Algorithmus mehrmals mit verschiedenen Anfangswerten an. Dies ist eine empfehlenswerte Methode, um die Konvergenz des Algorithmus bei lokalen Optima zu verhindern.

Tignor et al. [11] nutzten das sogenannte Consensus Clustering und bildeten ein Ensemble, bestehend aus 100 K-Means-Basis-Clusterlösungen. Zusammen mit einem wahrscheinlichkeitsbasierten Imputationsalgorithmus, der die nicht zufällig fehlenden Werte ersetzt, konnten sinnvolle Muster im Datensatz entdeckt werden. Zwischen der Forschungsarbeit von Tignor et al. [11] und der Fragestellung der vorliegenden Arbeit lässt sich ein direkter Bezug herstellen. Sie wandten ihre Methode erfolgreich auf einen Mobile Health Datensatz, bestehend aus Zeitreihen von Asthmasymptomen und -auslösern sowie weiteren kategoriale Patientenvariablen, an. Somit ließe sich diese Clustermethode beispielsweise auf die SELFPASS-App übertragen, indem die täglichen Angaben zu Depressionssymptomen geclustert werden.

### 3.2 Hierarchische Verfahren

6 der 16 untersuchten Arbeiten nutzten eine Form von hierarchischem Clustering. Der größte Nachteil dieser Clustermethode ist die quadratische Komplexität, also eine Ineffizienz für große Datenmengen. Die Arbeiten, die hierarchisches Clustering verwendeten, analysierten relativ kleine Datensätze. Für das Data Mining von Mobile Health

Datensätzen sind jedoch schlecht skalierbare Algorithmen ungeeignet. Um dennoch effektive Clusterlösungen mittels hierarchischem Clustering zu bilden, sollte deshalb eine hybride Methode gewählt werden. Marshall et al. [9] nutzte beispielsweise hybrides hierarchisches K-Means-Clustering. Im Allgemeinen bieten sich solche hybriden Methoden besonders an, da sie die verschiedenen Vorteile der Algorithmen kombinieren. Die schlechte Skalierbarkeit und Effizienz auf große Datenmengen der hierarchischen Verfahren lassen sich durch einen zweistufigen Prozess eliminieren. Dadurch können hierarchische Verfahren auch in großen Datensätze z.B. nicht-sphärische Cluster finden.

Arbeiten nutzten das in SPSS enthaltene hierarchische TwoStep-Clustering. Der größte Vorteil dieser Methode ist, dass sie sowohl kategoriale als auch numerische Daten verarbeiten kann und die Clusterzahl K automatisch wählt. TwoStep ist eine modifizierte Variante des BIRCH-Algorithmus (BIRCH ist nur auf numerische Daten anwendbar) und besitzt, genau wie BIRCH, eine lineare Komplexität (und keine quadratische wie herkömmliche hierarchische Algorithmen). TwoStep ist somit bestens für große Datenmengen geeignet. Wenn der Datensatz jedoch fehlende Werte enthält, werden diese Fälle von TwoStep lediglich entfernt [23]. Auch Conry et al. [7] analysierten eine große Datenmenge mit gemischten Variablen und ohne Vorwissen zur Clusterzahl. TwoStep lieferte in diesem Fall Cluster, die signifikante Zusammenhänge zwischen verschiedenen gesundheitsbezogenen Verhaltensweisen nachwiesen. Im Mobile Health Bereich kann es jedoch oft zu fehlenden Werten kommen. Würden diese Fälle einfach nur gelöscht werden, könnte das zu Informationsverlusten führen. Es wäre zwar möglich, die fehlenden Werte vor der Anwendung des Algorithmus zu ersetzen, dennoch ist der SPSS TwoStep-Algorithmus aufgrund dieser Problematik nicht empfehlenswert.

### 3.3 Selbstorganisierende Karten

Pieró-Velert et al. [10] und Dipnall et al. [4] setzten zweidimensionale selbstorganisierende Karten ein, weil diese Methode dazu in der Lage ist, große Datensätze zu verarbeiten und keine Abhängigkeit von Verteilungshypothesen besteht. Außerdem hat sich in einer vorgelagerten Studie gezeigt, dass selbstorganisierende Karten bessere Leistung zeigen als andere Algorithmen. Pieró-Velert et al. [10] nutzten SOM zum Vorclustering und danach K-Means für die finale Clusterlösung, während Dipnall et al. [4] dazu hierarchisches Complete-Linkage-Clustering verwendeten. Pieró-Velert et al. [10] zeigte besonders gut die visuellen Fähigkeiten von SOM. Sie clusterten die Variablen zunächst getrennt voneinander mit dem SOM-Algorithmus. Auf den resultierenden Karten war auf den ersten Blick erkennbar, dass z.B. Mädchen kaum passive Videospiele, dafür aber Mobiltelefone zur Kommunikation benutzen. Vor allem für Mobile Health Daten bzw. nutzerbezogene Daten im Allgemeinen ist eine topologieerhaltende Visualisierung von großem Nutzen, um den Einfluss von vielen verschiedenen Variablen auf die Gesundheit zu identifizieren. Die visuelle Darstellung ist außerdem für die Kommunikation an der Schnittstelle zwischen Medizinern und Datenanalysten von Vorteil. Außerdem ist SOM in der Lage, sowohl numerische als auch kategoriale Daten zu verarbeiten. Dipnall et al. [4] konnten ebenfalls Zusammenhänge zwischen einer

großen Zahl von Einflussfaktoren (insgesamt 96) mit der Variable „Depression“ sichtbar machen.

Marshall et al. [9] und Pieró-Velert et al. [10] wiesen große Ähnlichkeit in ihren zur Verfügung stehenden Daten und ihren Zielen auf. Beide untersuchten die Zusammenhänge von ruhenden Tätigkeiten und ihren möglichen Folgen bei Jugendlichen. Auch ihre Clusterlösungen zeigten ähnliche Relationen. Pieró-Velert et al. [10] schafften es jedoch, weitaus mehr Cluster und Zusammenhänge zwischen den Variablen zu identifizieren. Durch die größere Anzahl der Cluster, konnten feinere Unterschiede zwischen ihnen festgestellt werden als bei Marshall et al. [9].

Der SOM-Algorithmus kann bei falscher Wahl der Inputparameter und Lernmethode schnell zu schlechten Ergebnissen führen. Andere Algorithmen wie Fuzzy-C-Means, K-Means und Ward's sind einfacher zu implementieren und führen ebenfalls zu guten Ergebnissen. Um die Wahl falscher Inputparameter zu verhindern, sollten, wie bei Peiró-Velert et al. [10], mehrere Variationen getestet und verglichen werden.

### 3.4 Weitere Verfahren

In [5, 6, 8, 11, 18] lagen die gesundheitsbezogenen Daten nicht als statische Variablen, sondern in Form von Zeitreihen vor. Auch Mobile Health Daten, wie zum Beispiel die Herzfrequenz, können als Zeitreihen aufgezeichnet und verarbeitet werden. Eine Analyse dieser Zeitreihen kann Aufschluss über zeitliche Muster in Verhalten und Gesundheit der Nutzer geben. Jedoch kommt es in mHealth-Zeitreihen oft zu fehlenden Daten, bspw. wenn der Akku des Fitnesstrackers leer ist oder die Verbindung abbricht [25]. Diese Lücken führen vor allem in Zeitreihendaten zu Problemen und müssen vor der Clusteranalyse oder währenddessen durch den Algorithmus sinnvoll gefüllt werden. Dazu verwendeten Tignor et al. [11] und Marlin et al. [18] ein wahrscheinlichkeitsbasiertes Modell. Meyer et al. [8] entfernten Tage, in denen über 90% der 15-minütigen Intervalle 0 Schritte enthielten. Bidargaddi et al. [5] analysierten die Daten nicht als Zeitreihe, sondern wandelten sie in 18202 statische Datenpunkte verteilt auf 6 Wochen und 7 Patienten um. Auf diese Daten wendeten sie dann den K-Means-Algorithmus an. Dies ergibt Sinn, wenn es wie in diesem Fall um das Clustern von Zuständen geht und vereinfacht die Analyse. Wenn Mobile Health Daten als Zeitreihe vorliegen, spielt vor allem die Wahl des Distanzmaßes eine große Rolle. Abgesehen davon können Zeitreihen mit den meisten Cluster-Algorithmen verarbeitet werden.

Yürüten et al. [6] zeigten besonders gut, inwieweit die Leistung von Clusteralgorithmen von der Vorbereitung der Daten und vom gewählten Distanzmaß abhängt. Yürüten et al. verglichen ihre Methode u.a. mit dem K-Means-Algorithmus. Während die eigene Methode das für Zeitreihen entwickelte Distanzmaß Dynamic Time Warping verwendete, wurde K-Means in Verbindung mit der euklidischen Distanz angewandt. K-Means schneidet signifikant schlechter ab als die Methoden mit DTW, obwohl K-Means im Allgemeinen gute Ergebnisse liefert.

Marlin et al. [18] nutzte zur Identifikation von Mustern in elektronischen Patientenakten modellbasiertes Clustering, genauer formuliert: den wahrscheinlichkeitsbasierten EM-Algorithmus. EHR-Daten sind in den meisten Fällen unvollständig, d.h. es fehlen

sehr viele Werte, und auch in Mobile Health Daten kann es zu fehlenden Werten kommen. Deshalb kann es, abhängig vom Anteil der fehlenden Daten, von Nutzen sein, spezielle wahrscheinlichkeitsbasierte Algorithmen für unvollständige Daten zu nutzen. Der EM-Algorithmus ist jedoch gleichzeitig sehr ineffizient für große Datensätze und deshalb für den Data Mining Kontext nicht unbedingt geeignet.

Marshall et al. [9] und Nuutinen et al. [16] führten die Clusteranalyse der Jugendlichen nach Geschlechtern getrennt durch. Die Ergebnisse der Analyse zeigten, dass diese Vorannahme korrekt war: Mädchen und Jungen zeigten unterschiedliche Verhaltensmuster. Dieser Ansatz ist auch für den Mobile Health Bereich interessant. Krankheitsverläufe, Symptome und Ursachen von beispielsweise psychischen Krankheiten können sich bei Männern und Frauen stark unterscheiden [26]. Durch eine nach Geschlecht getrennte Clusteranalyse könnten Unterschiede zwischen Männern und Frauen aufgedeckt werden, um daraus beispielsweise Gesundheitsmaßnahmen und Empfehlungen zu individualisieren.

Die verwendeten Clusteralgorithmen beschränkten sich auf hierarchische, partitio-nierende und modellbasierte Methoden. Bekannte Algorithmen, wie der dichte-basierte DBSCAN, fanden hingegen keine Anwendung. DBSCAN ist aufgrund seiner Robustheit gegenüber Ausreißern und seiner kleinen Anzahl an Inputparametern bestens für Mobile Health Daten geeignet. Jedoch hat DBSCAN Probleme damit, Datensätze korrekt zu analysieren, wenn die Cluster unterschiedlich dicht sind. Wenn in Mobile Health Daten ein Cluster nur wenige, weit auseinanderliegende Datenpunkte enthält, kann es sein, dass DBSCAN diese Cluster als Datenrauschen klassifiziert.

In vielen Fällen gibt es mehrere Algorithmen, die in Frage kommen und es ist a priori nicht möglich zu sagen, welcher das beste Ergebnis liefern wird. Deshalb ist es in diesen Fällen von Vorteil, mehrere Algorithmen anzuwenden und die Ergebnisse unter Zuhilfenahme von Expertenwissen über die Daten und die Algorithmen zu vergleichen [24].

Der Clusteranalyse, als Technik des unüberwachten maschinellen Lernens, fehlen objektive und allgemeingültige Bewertungskriterien. Alle Forschungsarbeiten präsentierten ihre Clusteranalyse als uneingeschränkt erfolgreich. Es fanden zwar Bewertungen über verschiedene Validierungsindizes statt, jedoch können diese nicht untereinander verglichen werden. Dieser Umstand erschwerte die kritische Diskussion und den Vergleich der Ergebnisse. Ob ein anderer Algorithmus eventuell bessere Ergebnisse liefert hätte, kann deshalb nur vermutet werden.

## 4 Fazit

Es wurden 16 Forschungsarbeiten zur Clusteranalyse identifiziert, welche durch eine Kategorisierung der Patienten Zusammenhänge zwischen physiologischen Zuständen, Umweltdaten und Patienteninformationen herstellen konnten.

Um den Umfang dieser Arbeit zu begrenzen, wurde kein vollständiges Literaturreview erstellt. Eine Erweiterung der Suche hätte noch weitere informative Beispiele für Clusteranalysen von gesundheitsbezogenen Daten geliefert. Außerdem stammte der Großteil der untersuchten Arbeiten aus medizinisch orientierten Fachzeitschriften. In

diesen Arbeiten wurde wenig auf den Clusteralgorithmus eingegangen und der Informationsgehalt für die vorliegende Arbeit war deshalb teilweise relativ gering. Einige der verwendeten Methoden ließen sich dennoch auf den Mobile Health Bereich übertragen.

Im Allgemeinen konnte festgestellt werden, dass der SOM-Algorithmus eine effektive Methode für die zeitgemäße Clusteranalyse multidimensionaler Mobile Health Daten ist. Der SOM-Algorithmus ist skalierbar, anwendbar auf gemischte Variablen und liefert robuste Ergebnisse. Hierarchische Clustermethoden sind aufgrund ihrer Ineffizienz nicht für das Mining von Mobile Health Daten zu empfehlen. In Verbindung mit anderen Algorithmen, zum Beispiel mit K-Means und SOM, können sie jedoch skalierbare und besonders robuste Cluster bilden. Wenn der Mobile Health Datensatz nur aus numerischen Variablen besteht, können partitionierende Verfahren angewendet werden. Dabei ist K-Means aufgrund seiner Ausreißerempfindlichkeit nicht zu empfehlen. Die Methode von Tignor et al. zum Clustern von Zeitreihendaten aus Mobile Health stach aufgrund ihres direkten Bezugs zu Mobile Health besonders hervor und lässt sich uneingeschränkt auf die Problemstellung der vorliegenden Arbeit anwenden.

Softwarepakete wie die Matlab SOM-Toolbox bieten eine Vielzahl von verschiedenen Möglichkeiten der Anwendung von selbstorganisierenden Karten. Da die Ergebnisse des SOM-Algorithmus stark abhängig von seinen Inputparametern sind, ist es empfehlenswert, die in den Softwarepaketen enthaltenen Möglichkeiten der Variationen zu nutzen, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen. Auch der K-Means-Algorithmus sollte unter Verwendung von verschiedenen Inputparametern mehrfach angewandt werden. Eine gute Möglichkeit ist hier das Consensus Clustering, das verschiedene Clusterlösungen kombiniert.

Welcher Algorithmus für einen bestimmten Anwendungsfall das beste Ergebnis liefern wird, kann a priori nicht eindeutig entschieden werden. Ob ein Algorithmus die verdeckten Muster und Zusammenhänge in einem Datensatz erkennen wird, ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig, wie der Vorbereitung der Daten und der Wahl des Distanzmaßes und der Inputparameter. Dennoch lässt sich die Wahl eines Clusteralgorithmus im Data Mining von Mobile Health Daten auf skalierbare und robuste Methoden eingrenzen. Dazu gehören vor allem neuere Methoden, wie SOM, CLARANS und DBSCAN. Im Fall von fehlenden Werten, bieten sich modellgestützte Verfahren, wie der EM-Algorithmus an. Die Entscheidung für einen Algorithmus sollte jedoch immer im Kontext der Vor- und Nachbereitung der Clusteranalyse und der Wahl des Distanzmaßes stehen.

## Referenzen

1. Levy, Y., Ellis, T.: A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 181–212 (2006)
2. Webster, J., Watson, R.T.: Analyzing the past to prepare for the future. Writing a literature review. *MIS Quarterly* 26, xiii–xxiii (2002)

3. Cooper, H.M.: Organizing knowledge syntheses. A taxonomy of literature reviews. *Knowledge in Society* 1, 104 (1988)
4. Dipnall, J.F., Pasco, J.A., Berk, M., Williams, L.J., Dodd, S., Jacka, F.N., Meyer, D.: Why so GLUMM? Detecting depression clusters through graphing lifestyle-environs using machine-learning methods (GLUMM). *European psychiatry : the journal of the Association of European Psychiatrists* 39, 40–50 (2017)
5. Bidargaddi, N., Sarela, A., Korhonen, I.: Physiological state characterization by clustering heart rate, heart rate variability and movement activity information. *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 2008*, 1749–1752 (2008)
6. Yürütен, O., Zhang, J., Pu, P.: Decomposing Activities of Daily Living to Discover Routine Clusters. *Proceedings of the Twenty-Eighth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 1348–1354 (2014)
7. Conry, M.C., Morgan, K., Curry, P., McGee, H., Harrington, J., Ward, M., Shelley, E.: The clustering of health behaviours in Ireland and their relationship with mental health, self-rated health and quality of life. *BMC public health* 11, 692 (2011)
8. Meyer, E.S., Tran, T., Greenwood, M.: Statistical methods for detecting groups of patterns in daily step count activity profiles. *Skyline - Te Big Sky Undergraduate Journal* 4 (2016)
9. Marshall, S.J., Biddle, S.J.H., Sallis, J.F., McKenzie, T.L., Conway, T.L.: Clustering of Sedentary Behaviors and Physical Activity Among Youth: A Cross-National Study. *Pediatr Exercise Science* 14, 401–417 (2002)
10. Peiró-Velert, C., Valencia-Peris, A., González, L.M., García-Massó, X., Serra-Añó, P., Devís-Devís, J.: Screen media usage, sleep time and academic performance in adolescents. Clustering a self-organizing maps analysis. *PloS one* 9 (2014)
11. Tignor, N., Wang, P., Genes, N., Rogers, L., Hershman, S.G., Scott, E.R., Zweig, M., Yvonne Chan, Y.-F., Schadt, E.E.: Methods for Clustering Time Series Data Acquired from Mobile Health Apps. *Pacific Symposium on Biocomputing. Pacific Symposium on Biocomputing* 22, 300–311 (2016)
12. Busch, V., van Stel, H.F., Schrijvers, A.J.P., Leeuw, J.R.J. de: Clustering of health-related behaviors, health outcomes and demographics in Dutch adolescents: a cross-sectional study. *BMC public health* 13 (2013)
13. Verger, P., Lions, C., Ventelou, B.: Is depression associated with health risk-related behaviour clusters in adults? *European journal of public health* 19, 618–624 (2009)
14. Marshall, S.A., Yang, C.C., Ping, Q., Zhao, M., Avis, N.E., Ip, E.H.: Symptom clusters in women with breast cancer. An analysis of data from social media and a research study. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation* 25, 547–557 (2016)
15. Sewitch, M.J., Leffondré, K., Dobkin, P.L.: Clustering patients according to health perceptions. *Journal of Psychosomatic Research* 56, 323–332 (2004)
16. Nuutinen, T., Lehto, E., Ray, C., Roos, E., Villberg, J., Tynjälä, J.: Clustering of energy balance-related behaviours, sleep, and overweight among Finnish adolescents. *International journal of public health* (2017)
17. Painter, J., Trevithick, L., Hastings, R., Ingham, B., Roy, A.: The extension of a set of needs-led mental health clusters to accommodate people accessing UK intellectual disability health services. *Journal of mental health* (Abingdon, England), 1–9 (2017)

18. Marlin, B.M., Kale, D.C., Khemani, R.G., Wetzel, R.C.: Unsupervised Pattern Discovery in Electronic Health Care Data Using Probabilistic Clustering Models. *Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium*, 389–398 (2012)
19. Dodd, L.J., Al-Nakeeb, Y., Nevill, A., Forshaw, M.J.: Lifestyle risk factors of students: a cluster analytical approach. *Preventive medicine* 51, 73–77 (2010)
20. Chaoji, V., Li, G., Yildirim, H., Zaki, M.J.: ABACUS: Mining Arbitrary Shaped Clusters from Large Datasets based on Backbone Identification. In: Liu, B., Liu, H., Clifton, C.W., Washio, T., Kamath, C. (eds.) *Proceedings of the 2011 SIAM International Conference on Data Mining*, pp. 295–306. [Society for Industrial and Applied Mathematics], [Philadelphia, Pennsylvania] (2011)
21. Wang, Y., Miller, D.J., Clarke, R.: Approaches to working in high-dimensional data spaces. *Gene expression microarrays. British journal of cancer* 98, 1023–1028 (2008)
22. MathWorks: Documentation: Statistics and Machine Learning Toolbox, <https://de.mathworks.com/help/stats/kmeans.html>
23. SPSS: The SPSS TwoStep Cluster Component, [https://www.spss.ch/upload/1122644952\\_The%20SPSS%20TwoStep%20Cluster%20Component.pdf](https://www.spss.ch/upload/1122644952_The%20SPSS%20TwoStep%20Cluster%20Component.pdf)
24. Kaufman, L., Rousseeuw, P.J.: *Finding groups in data. An introduction to cluster analysis*. Wiley, New York NY u.a. (1990)
25. Dai, X., Bikdash, M.: Trend Analysis of Fragmented Time Series for mHealth Apps. Hypothesis Testing Based Adaptive Spline Filtering Method with Importance Weighting. *IEEE Access*, 1 (2017)
26. Afifi, M.M.: Gender differences in mental health. *Singapore Medical Journal* 48, 385–391 (2007)

# **Vom CRM-System ins Social Network of Business Objects (SoNBO): Entwicklung eines Prototyps für eine innovative Informationsintegration**

Flemming Götz<sup>1</sup>, Berit Gebel-Sauer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Koblenz-Landau, Institut für Wirtschafts- und Verwaltungsinformatik, Koblenz,  
Deutschland  
[{fgoetz,gebelsauer}@uni-koblenz.de](mailto:{fgoetz,gebelsauer}@uni-koblenz.de)

**Abstract.** Trotz des Angebots an großen zusammenhängenden Softwarepaketen für das Informationsmanagement in Unternehmen und vielfältiger Möglichkeiten für deren Integration, wird der Zugriff auf Informationen für einen Mitarbeiter zunehmend schwieriger. Dies liegt an der Anzahl und Komplexität der verschiedenen Benutzeroberflächen und Softwaresystemen, mit denen täglich interagiert werden muss. Die Betrachtung der Unternehmensdaten als *Social Network of Business Objects* (SoNBO) ist ein Konzept, um ein integriertes und plattformunabhängiges System für den digitalen Arbeitsplatz zu schaffen. In dieser Arbeit wird dafür eine technologische Umsetzung als Prototyp entwickelt, die exemplarisch zeigt, wie Unternehmensdaten aus mehreren Anwendungen eines Customer Relationship Management (CRM) Systems per Konfiguration zu einem Netzwerk aus digitalen Business Objects zusammengefasst werden können, um die Daten auf diese Weise für den Mitarbeiter nutzbar und somit wertvoll zu machen. Für eine intuitive Erkundung dieses Netzwerks wird eine webbasierte Oberfläche zur Graph-basierten Navigation bereitgestellt. Das dahinterliegende Konzept basiert auf der erfolgreich eingeführten Eigenentwicklung eines Unternehmens.

**Keywords:** Information, Integration, Business Object, Graph-basierte Navigation

## **1 Homogene Perspektive auf eine heterogene Systemlandschaft**

Im Zuge der Diskussion um den „digitalen Arbeitsplatz der Zukunft“ wird die Entwicklung von auf den Mitarbeiter zentrierten maßgeschneiderten Applikationen gefordert, die plattformunabhängig nutzbar sind und ein hohes Maß an Benutzerfreundlichkeit bieten [1]. Zwar hat sich in den meisten Unternehmen mittlerweile der Einsatz von großen zusammenhängenden Softwarepaketen (Enterprise Systems) etabliert [2], die einst die lückenlose Integration sämtlicher betrieblicher Informationsflüsse versprachen [3], jedoch gibt es kein Enterprise System, das alle Anforderungen eines Unternehmens alleine optimal abdecken würde [4]. Aus diesem Grund werden in der Realität weiterhin mehrere Softwaresysteme im täglichen Betrieb eingesetzt. Daraus

entstehen verschiedene Herausforderungen, denen mit der Entwicklung von Enterprise Systems entgegengewirkt werden sollte [2], was unter anderem negative Auswirkungen für die Beschaffung von Informationen mit sich bringt. Beispielsweise sind Informationen in verschiedenen Systemen verteilt. Da die Integration von Anwendungen auf Präsentationsebene zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht weit vorangeschritten ist [5], können Informationen oft nur mit spezifischem Wissen über das jeweilige Softwareprodukt und dem Speicherort der Information abgerufen werden. Werden spezifischere Informationen benötigt, ist zusätzlich häufig ein IT-Experte gefragt, der die jeweiligen Informationen beschaffen kann [6]. Hier wird ein Ansatz benötigt, der durch die technologische Entwicklung realisierbar wird und eine vollständigere Integration aus Benutzerperspektive ermöglicht. Diese Herausforderung ist dem Forschungsfeld Enterprise Application Integration (EAI) zuzuordnen, das sich mit der uneingeschränkten Nutzung von Daten und Geschäftsprozessen über alle verbundenen Datenquellen und Anwendungen im Unternehmen hinweg befasst [7].

### **1.1 Bestehende Ansätze für den zentralisierten Zugriff auf Informationen**

Ein Ansatz für die Herausforderung des zentralisierten Datenzugriffs wird Ontologie-basierter Datenzugriff genannt (OBDA) [8]. Eine konkrete Implementierung für den vorgeschlagenen Ansatz wurde mit „Ontop“ umgesetzt, einer Software die relativ simple Abfragen auf eine Ontologie ermöglicht, ohne die dahinterliegende komplexe Datenstruktur kennen zu müssen [9]. Das EU-finanzierte Projekt Optique baut darauf auf und entwickelt eine Plattform, die den Datenzugriff vereinfacht und es Endbenutzern in Unternehmen ermöglichen soll, ohne Fachwissen Informationen aus verschiedenen Systemen abzufragen [6, 10]. Dazu wurde eine Benutzeroberfläche namens OptiqueVQS entwickelt, die den Endbenutzer dabei unterstützt, Abfragen mithilfe eines visuellen Abfragesystems (VQS) zu erstellen [11]. Neben OptiqueVQS gibt es zahlreiche weitere Projekte, die verschiedene Bedienkonzepte verfolgen, um die Suche und Navigation in großen Datenmengen für den Endbenutzer zu erleichtern und zu verbessern [12, 13]. Die darin enthaltenen Suchkonzepte können nach ter Hofstede et al. [14] in zwei Kategorien eingeteilt werden: QbC (Query by Construction) bezeichnet Ansätze, bei denen Abfragen in einer Abfragesprache formuliert werden. QbN (Query by Navigation) steht für Ansätze, bei der die gesuchten Informationen durch Navigation in den visuell aufbereitenden Daten gefunden werden können. In diversen Webanwendungen, auch außerhalb des Unternehmenskontexts, ist eine spezifische Form des QbN Ansatzes etabliert, die im Rahmen dieser Arbeit aufgegriffen werden soll und nachfolgend als „Graph-basierte Navigation“ bezeichnet wird. Gibt man beispielsweise in der Suchmaschine Google einen Künstlernamen ein, wird in einer separat dargestellten Box eine Übersicht mit grundlegenden biografischen Daten zu der hinter dem Künstlernamen stehenden Person gelistet, sowie ausgewählte Werke des Künstlers. Möchte der Nutzer nun weitere Informationen zu einem spezifischen Werk des Künstlers erhalten, klickt er auf den jeweiligen Link und gelangt zu dem zugehörigen Objekt. Er kann von einem Objekt über einen Link zu einem anderen Objekt navigieren und bewegt sich in einer Graphstruktur. Google greift das bestehende Konzept „Knowledge Graph“ [15] auf und übernimmt auch diese Bezeich-

nung [16]. Die Graphstruktur entsteht aus den im Schema der Objekttypen<sup>1</sup> definierten Beziehungen zwischen den Klassen einer Ontologie [17]. Klassen oder auch Konzepte genannte Elemente einer Ontologie beschreiben eine Menge von Objekten (Individuen) mit ähnlichen Eigenschaften [18]. Alle Konzepte einer Ontologie stehen dabei in irgendeiner Beziehung zu Entitäten der realen Welt [19]. Sie stellen daher für den Nutzer wahrscheinlich bekannte Zusammenhänge dar, wodurch eine intuitive Benutzung ermöglicht wird.

## 1.2 Das Social Network of Business Objects (SoNBO)

Gewehr et al. [20] beschreiben im Ansatz des „Social Network of Business Objects“ (SoNBO) die Integration von Informationen für eine Graph-basierte Navigation im Unternehmenskontext. Im SoNBO stehen als „Type of Business Objects“ bezeichnete Klassen wie z. B. *Rechnung*, *Produkt*, *Mitarbeiter*, *Kunde* oder *Projekt* in Beziehung zueinander. Business Objects bezeichnen konkrete Instanzen wie z. B. *Rechnung 1725* oder *Mitarbeiter Müller*. Jedes der Business Object Typen besitzt ein „Profil“, das die Art der Darstellungsweise, sowie die möglichen Inhalte der davon abgeleiteten Business Objects definiert. Änderungen an den direkt verbundenen Business Objects werden in einem Activity Stream des Profils angezeigt. Beispielsweise postet die *Rechnung 1725* an den *Mitarbeiter Müller* die Information, wenn diese bezahlt wurde. Außerdem wird weitere Social Software Funktionalität integriert, indem ein Business Object kommentiert oder in einem Kommentarfeld erwähnt werden kann (z. B. Kommentar für Rechnung 1725 mit Erwähnung: @Müller – Bitte die Rechnung prüfen). Daher wird das Unternehmensnetzwerk als „Social“ Network of Business Objects bezeichnet. Die Navigation durch das Netzwerk erfolgt dabei in einer Weise, die dem QbN-Ansatz zugeordnet werden kann. Ausgangspunkt der Navigation ist, im Gegensatz zu anderen beschriebenen QbN-Lösungen [21, 22], nicht die initiale Stichwortsuche nach einer Information, sondern das Profil des Mitarbeiters selber. Aus der Sicht seines Profils werden alle Business Objects gelistet, die unmittelbar mit ihm in Beziehung stehen. Der Nutzer kann sich dann von Business Object zu Business Object bewegen und das Unternehmensnetzwerk erkunden. Mithilfe einer Facettennavigation können Filter definiert und so in Kombination mit QbN implizit Fragen beantwortet werden [21]. Weiterhin wird die Integration der Lösung in ein Enterprise Collaboration System (ECS) [23] als einzelnen Zugriffspunkt für die Mitarbeiter beschrieben. Dadurch wird dem Mitarbeiter ermöglicht, durch eine Kollaborationssoftware auf die Informationen eines Enterprise Systems (wie z. B. ERP- oder CRM-System) zuzugreifen.

Das SoNBO-Konzept basiert auf der Eigenentwicklung eines Unternehmens [24]. Da die Software der Wissenschaft nicht zugänglich ist, besteht das Ziel dieser Arbeit in der Entwicklung und Evaluation eines Prototyps mithilfe eines methodischen und strukturierten Vorgehens, um eine Übertragbarkeit des Konzepts auf andere Unternehmen zu ermöglichen. Der Prototyp, in Form eines ausführbaren Programms, soll beispielhaft demonstrieren, wie Informationen aus mehreren Modulen eines aktiv in

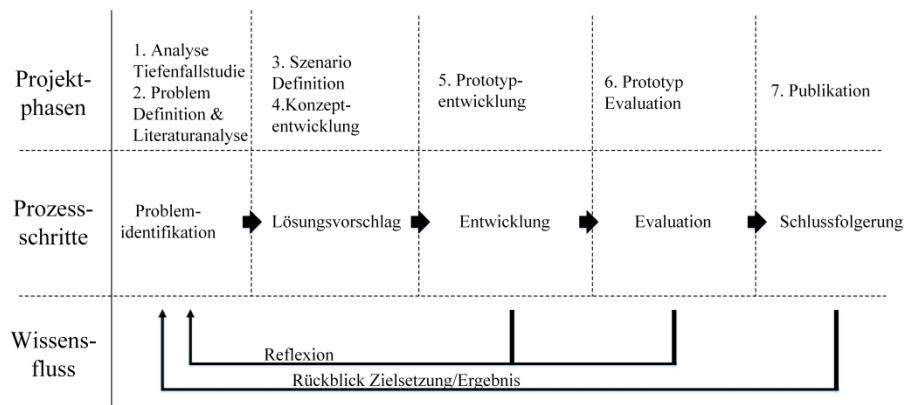
---

<sup>1</sup> <http://schema.org>

der Forschungsgruppe eingesetzten Customer Relationship Management (CRM) Systems namens GEDYS IntraWare 8 zu Business Objects aggregiert werden können. Durch Konfiguration wird dabei ein Netzwerk aus Business Objects definiert, um eine Graph-basierte Navigation zu ermöglichen.

## 2 Forschungsdesign und Anwendungszenario

Das methodische Vorgehen zur Erreichung des Forschungsziels ist dem Design Science Research (DSR) Ansatz zu ordnen. Bei der Entwicklung des Prototyps geht es um die Erschaffung eines neuartigen Artefakts, von dem ein gewisser Nutzen für den Einsatz in Unternehmen vermutet wird. March und Smith betonen bereits 1995 die Bedeutung des Design Science Ansatzes für die Forschung im Bereich der Informatikstechnologie [25]. Die Autoren beschreiben Design Science als technologieorientierten Ansatz, der dazu dient, neue und effizientere Lösungen zu finden. Im Gegensatz zur naturalistischen Wissenschaft („Natural Science“), die versucht Phänomene zu erklären, sei der Design Science Ansatz in erster Linie darauf fokussiert, neue Dinge zu erschaffen, ohne dessen Wirkungsweise unmittelbar erklären zu müssen. Die Umsetzung und Planung des Forschungsvorgehens orientiert sich am „Design Science Research (DSR) Cycle“ nach Vaishnavi & Kuechler [26, 27], die die Schritte *awareness of problem, suggestion, development, evaluation und conclusion* vorschlagen. Da die Herausforderung der Informationsintegration ein praktisches Problem ist, wurde neben einer Literaturanalyse (deren Ergebnisse primär in Sektion 1.1 eingeflossen sind) für die Entwicklung des Prototyps eine Tiefenfallstudie mit einem Unternehmen (Ingenieurbüro) herangezogen [28, 29], dessen IT-Abteilung eine Lösung zur Integration von Informationen entwickelt hat.



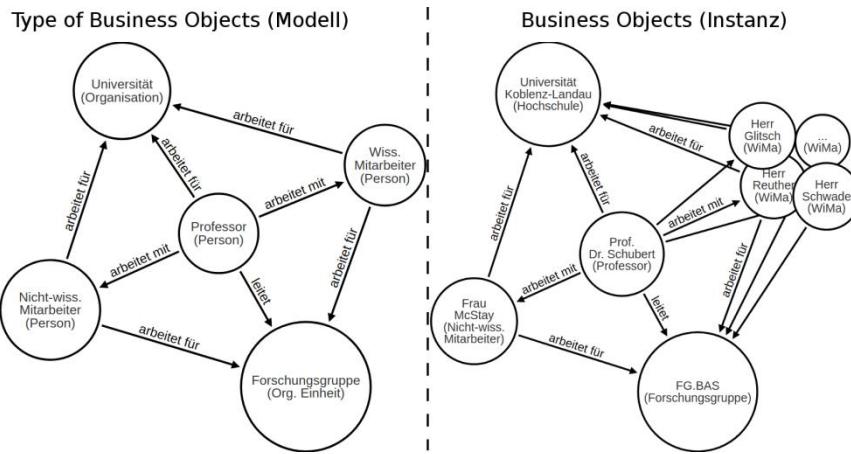
**Abbildung 1.** Übersicht zum Forschungsvorgehen (in Anlehnung an [26])

Somit lassen sich folgende Forschungsschritte ableiten (vgl. Abbildung 1): Die (1) Analyse der Tiefenfallstudie sowie eine (2) initiale Literaturrecherche zu aktuellen technologischen Umsetzungen zur Informationsintegration diente als Grundlage für

die Bestimmung von Anforderungen für einen Lösungsvorschlag. Diese werden im Rahmen dieser Arbeit aufgrund des geringen Umfangs nicht im Detail vorgestellt, jedoch basieren sie im Wesentlichen auf dem in Sektion 1.2 vorgestellten SoNBO-Konzept. Um das (3) Network of Business Objects der Forschungsgruppe Betriebliche Anwendungssysteme (FG BAS) abzubilden, wurde anschließend zusammen mit der Forschungsgruppe ein Entwurf ausgearbeitet, für den ein (4) Konzept zur technischen Realisierung erstellt wurde. Darauffolgend wurde mit der (5) Entwicklung eines Artefakts, in Form eines ausführbaren Programms, begonnen. In der (6) Evaluationsphase soll analysiert werden, inwiefern die Suche nach Informationen über die Graph-basierte Navigation des Prototyps eine Verbesserung gegenüber der Suche im ursprünglichen CRM-System darstellt. Dabei ist geplant, die Think Aloud Methode [30] zu verwenden, die auch zur Evaluierung von Benutzeroberflächen eingesetzt werden kann [31]. Die sich aus der Evaluation ergebenden Erkenntnisse können dann zur Bewertung und Verbesserung des Prototyps genutzt werden. (7) Letztendlich wird diskutiert, inwiefern der entwickelte Prototyp für den Einsatz in der Praxis verbessert werden muss und welche Anpassungen für verschiedene Anwendungsszenarien gemacht werden müssen. Für die Schritte (3) und (4) sind noch folgende Rahmenbedingungen von Bedeutung: Die Zielgruppe des Prototyps ist, wie bereits erwähnt, die FG BAS der Universität Koblenz-Landau. Da die FG BAS Unternehmenssoftware nicht nur selber erforscht, sondern auch eingesetzt (wie z. B. für das Management der Lehrveranstaltungen und Forschungsprojekte), stellt diese ein geeignetes Umfeld zur Entwicklung des Prototyps dar. Der erste Schritt zur Integration mithilfe des SoNBO-Ansatzes ist die (3) Definition des Netzwerks. Mit Unterstützung der Verantwortlichen und unter Zuhilfenahme der JavaScript Bibliothek Arrows<sup>2</sup> wurde ein Network of Business Objects für die FG BAS modelliert, welches als Ausgangsszenario für den zu entwickelnden Prototyp diente. Die Definition des Netzwerks erfolgte in mehreren Workshops, in denen die Perspektive der Nutzer (die Verantwortlichen der FG BAS) und die technische Sicht (die vorhandenen Datensätze und –struktur des CRM-Systems) zusammengebracht wurden. Die Ontologie „Semantic Web for Research Communities“ diente dabei als Orientierung für mögliche Begrifflichkeiten und Beziehungen innerhalb des gewählten Szenarios [32]. In Abbildung 2 ist ein Ausschnitt aus dem für die Forschungsgruppe im Rahmen der Arbeit modellierten Netzwerk zu sehen, welches aus Platzgründen hier nicht im Gesamten dargestellt werden kann. Dabei ist im linken Teil des Ausschnitts das Modell (*Types of Business Objects*) des Netzwerks zu sehen und im rechten Teil entsprechende konkrete Instanzen (*Business Objects*). Die in dem Modell aufgeführten *Types of Business Objects* (wie z.B. „Professor“), deren Zuordnung zu Kategorien (in Klammern z.B. „Person“) und Beziehungen (z.B. „leitet“) dienten als Vorlage für die Konfiguration des Netzwerks im Prototypen („SoNBO-Explorer“). Die konkrete Instanziierung dagegen entsteht aus den vorhandenen Datensätzen und ist hier nur beispielhaft als Netzwerkmodell visualisiert worden. Sie entspricht dem in Abschnitt 3.3 abgebildeten Screenshot (Abbildung 5), auf dem die Benutzeroberfläche des entwickelten Prototyps zu sehen ist.

---

<sup>2</sup> <https://github.com/apcj/arrows>



**Abbildung 2.** Ausschnitt aus dem Network of Business Objects der Forschungsgruppe BAS (eigene Darstellung)

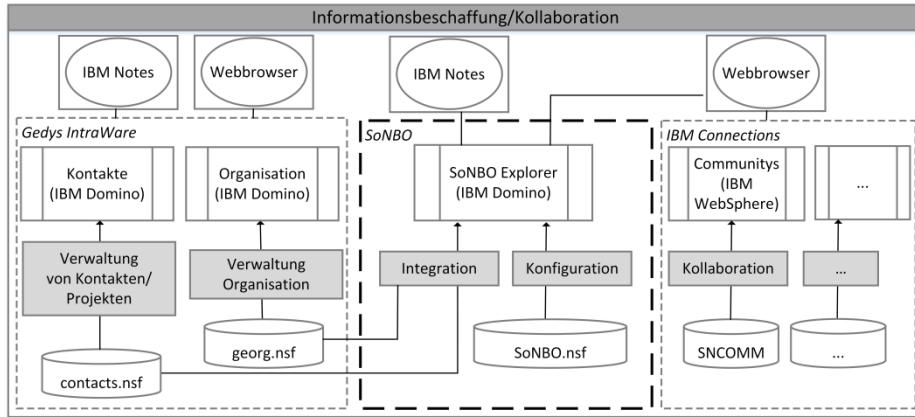
Der SoNBO-Ansatz ermöglicht durch Darstellung von Informationen in einer Netzwerkstruktur die intuitive Beantwortung von Fragen wie z. B. *Welche wissenschaftlichen Mitarbeiter arbeiten für die FG BAS?* Die Antwort der Frage wird durch die Beziehung „arbeitet für“ repräsentiert und so können die Nutzer auf dem Profil der Forschungsgruppe eine Übersicht der wissenschaftlichen Mitarbeiter listen lassen, die für die Forschungsgruppe arbeiten. Die Beantwortung solcher Fragen ist auch mit dem CRM-System möglich, aber erfordert spezifisches Wissen (z.B. über Navigation, Speicherort).

### 3 Der SoNBO-Explorer: Ein Prototyp zur Graph-basierten Navigation im Network of Business Objects

Im Rahmen der Arbeit wurde eine prototypische Umsetzung des im SoNBO-Ansatz vorgeschlagenen Konzepts für einen zentralen Datenzugriff und die Bereitstellung einer Graph-basierten Navigation entwickelt. Im Folgenden wird die Systemumgebung und Technologie für die Entwicklung und Ausgestaltung des Prototyps (Architektur & Benutzeroberfläche) vorgestellt.

#### 3.1 Systemumgebung und Technologie

Der zu entwickelnde Prototyp sollte in die bestehende Infrastruktur der Forschungsgruppe integriert werden und das Network of Business Objects, mithilfe der aus einem CRM-System (*GEDYS IntraWare 8*) stammenden Daten, verfügbar machen (vgl. Abbildung 3). Dabei sollten, der Beschreibung des SoNBO-Ansatzes folgend, keine redundanten Daten in einer weiteren Datenbank hinterlegt werden, um das Netzwerk abzubilden, sondern ausschließlich auf die bereits vorhandenen Daten zurückgegriffen werden.



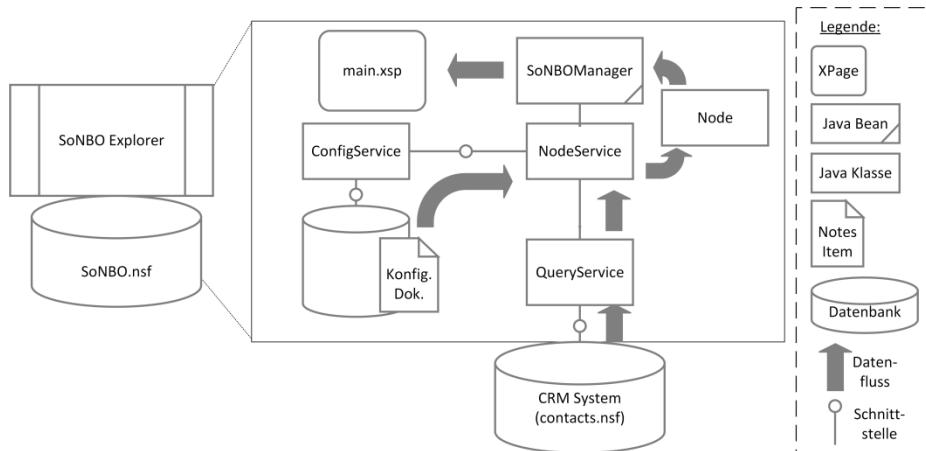
**Abbildung 3.** Einbettung des entwickelten SoNBO-Prototyps (gestrichelte Linie) in die IT-Landschaft der FG BAS (eigene Darstellung)

Mit dem *SoNBO-Explorer* wurde ein Prototyp in Form einer IBM Domino Anwendung geschaffen, der über einen *IBM Notes Client* konfiguriert werden kann und dynamisch Daten von IBM Domino Datenbanken (hier am Beispiel der „*contacts.nsf*“ Datenbank des CRM-Systems) zu Business Objects aggregieren kann. Bei der IBM Notes/Domino Technologie handelt es sich um eine Nachrichten- und Webanwendungsplattform, wobei IBM Notes die Client Software bezeichnet und IBM Domino den zugehörigen Server [33]. Die darin integrierte Datenbanktechnologie wird der Gattung der dokumentenbasierten Datenbanken zugeordnet, wobei es sich hierbei um ein individuelles Konzept handelt, in dem Daten und Anwendungsdesign in einem Container gespeichert werden [34]. Die entwickelte Webanwendung sollte zusätzlich in einem von der Forschungsgruppe genutztes ECS (*IBM Connections*) verfügbar gemacht werden, das bereits als zentraler Zugriffspunkt für weitere Anwendungen und Inhalte von den Mitarbeitern genutzt wurde. Für den Nutzer erscheint die Webanwendung des Prototyps als Teil der Plattform. Diese Faktoren führten zu der Entscheidung, bei der Umsetzung des Prototyps auf die IBM Notes/Domino Technologie zu setzen und eine IBM XPages Anwendung zu entwickeln. XPages ist eine Erweiterung der Java Server Faces (JSF) Technologie, die zur Entwicklung von Webanwendungen konzipiert wurde [35]. An dieser Stelle wird betont, dass der Prototyp auch mit anderen Technologien implementierbar gewesen wäre, sich diese Lösung jedoch aufgrund der bereits vorhandenen Technologien anbot.

### 3.2 Architektur des Prototyps

Im Zentrum des Architekturdesigns stand eine zentrale Herausforderung: Das Network of Business Objects sollte konfigurierbar sein, sodass bei der Erweiterung des Netzwerks kein zusätzlicher Programmieraufwand entstehen würde [20]. Konkret bedeutet dies, die Datenherkunft der Business Objects, deren Beziehungen und die Darstellungsweise konfigurieren zu können. Um diese Anforderung zu erfüllen, wur-

de mit der IBM Notes/Domino-Technologie eine Logik geschaffen, die auf Basis von Konfigurationsdokumenten Zugriffe auf andere Informationssysteme tätigt und die darin enthaltenen Daten zu Business Objects zusammensetzt (vgl. Abbildung 4).



**Abbildung 4.** Logik des SoNBO-Explorers (eigene Darstellung)

Mit dem Aufruf der Webanwendung ruft der Nutzer eine XPage (*main.nsf*) auf und stellt dadurch eine Anfrage nach einem Business Object durch die Übergabe einer ID. Die XPage ist mit einer Java Bean (*SoNBOManager*) verknüpft, die verschiedene andere Java Klassen verwaltet, um die gestellte Anfrage zu bearbeiten. Der *NodeService* ist dabei für die Zusammenstellung der Business Objects, deren Beziehungen und Attribute zuständig. Damit dies geschehen kann, stellt der *NodeService* eine Anfrage an den *ConfigService*, der alle Aufgaben zum Management der Konfigurationsdokumente übernimmt. Anhand der übermittelten ID wird dafür zuerst der Objekttyp des jeweiligen Objekts bestimmt, indem in den Datenquellen nach einem Datensatz mit der entsprechenden ID gesucht wird. Nach der Bestimmung des Objekttyps können dann die entsprechenden Konfigurationsdokumente aus der Datenbank der Anwendung (*SoNBO.nsf*) geladen werden. Die Konfigurationsdokumente enthalten die Definition der Objekttypen, deren Attribute, deren Zuordnung zu einer Kategorie, sowie Beziehungen zu anderen Objekttypen. Für die Attribute und Beziehungsdefinitionen ist dabei jeweils zusätzlich festgelegt, wie auf die eigentlichen Daten in den zugrundeliegenden Informationssystemen zugegriffen werden kann. Der *NodeService* verarbeitet diese Informationen und nutzt den *QueryService*, um die Attributwerte des Business Objects (*Node*) aus den jeweiligen Informationssystemen zu beschaffen und zu den Business Objects hinzuzufügen.

### 3.3 Administrations- und Benutzeroberfläche

Um die Komplexität eines heterogenen Systems aus Benutzersicht zu reduzieren, wurde die Entwicklung einer getrennten Administrations- und Benutzeroberfläche vorgesehen. Die Rolle des Prototyps ist mit der von Wiederhold [25] beschriebenen

Mediator Architektur vergleichbar, in der von Experten administrierte Systeme Benutzeranwendungen vorgeschaltet sind, um die Komplexität des Datenzugriffs zu reduzieren. Die Konfiguration des Netzwerks kann über die separate Administrationsoberfläche von IT-Experten übernommen werden, die das nötige Wissen über die Datenstruktur und IT-Systeme besitzen. Durch die Möglichkeit zur Interaktion mit der Datenbank über Formulare (Forms), bot die gewählte Technologie eine simple Möglichkeit zur Bereitstellung einer Administrationsoberfläche.

The screenshot displays the SoNBO user interface. At the top, a navigation bar includes 'IBM Connections', 'Home', 'Profile', 'Community', 'Anwendungen', and 'Teilen'. The 'Community' tab is active, showing 'MA Götz - SoNBO Explorer Demo Community'. Below the navigation is a search bar and a link to 'Community-Aktionen'.

The main content area is divided into several sections:

- Profil (1):** Shows the profile of 'Frau Prof. Dr. Petra Schubert', a Professor. It includes a placeholder image, the title 'Rolle: Forschungsgruppenleiterin', and contact information: 'Ort: Koblenz', 'Straße: Universitätstraße 1', 'PLZ: 56070', 'Skype: [redacted]', and 'E-Mail: schubert@uni-koblenz.de'.
- Pfad (5):** A sidebar showing the navigation path: 'Frau Prof. Dr. Petra Schubert' → 'Zurück zu mir'.
- Filtern (6):** A sidebar for filtering objects. It shows 'Aktive Filter: (1) all, (2) CEIR, (3) Institution'. Below this are buttons for 'all', 'Professor', 'Wiss. Mitarbeiter', 'Unternehmen', and 'HWI'. A 'Filter hinzufügen:' section allows adding filters by attribute key ('Ort (String)') and value ('Koblenz').
- Object List (4):** A table showing a list of objects. The columns are 'Name (String)', 'Attributwert', and 'Attributwert'. The table contains the following data:
 

Name (String)	Attributwert	Attributwert
Soehnke Grams Wiss. Mitarbeiter	E-Mail: grams@uni-koblenz.de	Patrick Nitschke Wiss. Mitarbeiter
Mike Reuther Wiss. Mitarbeiter		E-Mail: nitschke@uni-koblenz.de
		Johannes H. Glitsch Wiss. Mitarbeiter

Abbildung 5. SoNBO-Benutzeroberfläche zur Navigation (eigene Darstellung)

In Abbildung 5 ist der aktuelle Stand der Benutzeroberfläche zu sehen. Dabei wird das Profil (1) des aktuell betrachteten Business Objects im oberen Teil des Bildschirmbereichs angezeigt. In diesem wird ein Profilbild angezeigt (hier ein Platzhalter), sowie die für den Objekttyp (in diesem Fall „Person“) konfigurierten Attribute. Jedes dieser Attribute kann dabei potenziell aus einem anderen Informationssystem stammen. Ein Attribut wurde als Titel konfiguriert und wird dementsprechend oberhalb des Objekts angezeigt. Die Anwendung lädt beim Aufruf des Profils, eine Voransicht aller Objekte, die mit diesem Objekt in einer Beziehung stehen. Alle möglichen Beziehungen eines Objekttyps zu einem anderen Objekttyp werden über die Administrationsoberfläche definiert. Welche Beziehungen dann instanziert werden, hängt von den zugrundeliegenden Datensätzen ab. Über den Bereich unterhalb des Profils, kann der Nutzer nun zu einem dieser benachbarten Objekte navigieren, indem er in der Ergebnisliste (4) auf die jeweilige Objektvorschau klickt. Dabei bieten die

darüber liegenden Navigationsleisten die Möglichkeit, eine Vorauswahl bezüglich der gesuchten Kategorie des Objekttyps (2) und/oder des Objekttyps (3) zu treffen. Mit dem „Filter“ Widget (6) wird eine zusätzliche Filterung der Suchergebnisse über die Spezifizierung von Attributen ermöglicht. Das „Pfad“ Widget (5) auf der linken Seite bietet die Möglichkeit, den eigenen Pfad durch das Netzwerk nachzuvollziehen und zu seinem eigenen Profil zurückzukehren.

## **4 Einordnung, Weiterentwicklung und Evaluation des Prototyps**

Mit der gezeigten Form des zentralisierten Datenzugriffs wurde ein Teilespekt des SoNBO-Ansatzes implementiert. Der entwickelte Prototyp demonstriert beispielhaft, wie Informationen aus mehreren Informationssystemen (CRM-Anwendungen) per Konfiguration zu einem Netzwerk aus Business Objects zusammengefasst und über eine einheitliche Oberfläche mit Graph-basierter Navigation bereitgestellt werden können. Dabei wurde der Fokus auf einen generischen Implementierungsansatz gesetzt, sodass der Prototyp durch möglichst geringe Anpassungen und Erweiterungen und vorwiegend durch simple Konfiguration, in andere Systemlandschaften integriert werden kann. Das soll verschiedenen Unternehmen ermöglichen, das Konzept aufzutragen. Die derzeitige Umsetzung ist aufgrund des ersten Anwendungsszenarios auf den Datenzugriff in IBM Domino Systemen beschränkt, jedoch ist die Anbindung an andere Technologien bereits geplant. Im Gegensatz zu anderen Ansätzen des zentralisierten Datenzugriffs wie z.B. OBDA, sind bei der gewählten Form der Implementierung keine Abfragen auf das gesamte Netzwerk möglich, sondern es werden ausschließlich der aktuelle Knoten und dessen benachbarte Knoten in Form von Business Objects geladen. Dadurch wird zwar die Form der Suche auf das Konzept der „Suche durch Navigation“ limitiert, es wird jedoch vermutet, dass gerade in dieser relativ simplen aber einheitlichen Perspektive ein großes Potenzial zur Reduzierung der Komplexität des betrieblichen Anwendungssystems aus Benutzerperspektive liegt. Die noch anstehende Evaluation des Prototyps im Rahmen dieser Arbeit soll einen Hinweis darauf geben, inwiefern sich diese Vermutung verstärkt. In der vorgestellten Arbeit wurde somit ein konkretes Network of Business Objects für die CRM Informationen der FG BAS basierend auf dem SoNBO-Ansatz konzipiert und anschließend als Prototyp technisch realisiert. Damit leistet die Arbeit einen Beitrag zum Erkenntnisgewinn.

## **5 Danksagungen**

Ein besonderer Dank geht an Frau Prof. Dr. Schubert (FG BAS, Universität Koblenz-Landau) für die tatkräftige Unterstützung dieses Forschungsprojekts, an die Vössing Ingenieurgesellschaft mbH, insbesondere an Bernd Gewehr, für die Bereitschaft zur Zusammenarbeit und an die Deutsche Industriestiftung, für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit, in Form eines Forschungsstipendiums.

## Literaturverzeichnis

1. Urbach, N., Ahlemann, F.: Der Wissensarbeitsplatz der Zukunft: Trends, Herausforderungen und Implikationen für das strategische IT-Management. *HMD Prax. der Wirtschaftsinformatik*. 53, 16–28 (2016).
2. Markus, M.L., Tanis, C.: The Enterprise System Experience — From Adoption to Success. In: *Framing the Domains of IT Management: Projecting the Future Through the Past*. pp. 173–207. Pinnaflex Educational Ressources Inc. (2000).
3. Davenport, T.H.: Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Harv. Bus. Rev.* 76, 1–12 (1998).
4. Strong, D.M., Volkoff, O.: Understanding Organization—Enterprise System Fit: A Path to Theorizing the Information Technology Artifact. *MIS Q.* 34, 731–756 (2010).
5. He, W., Xu, L. Da: Integration of distributed enterprise applications: a survey. *Ind. Informatics, IEEE Trans.* 10, 35–42 (2014).
6. Kharlamov, E., Jiménez-Ruiz, E., Zheleznyakov, D., Bilidas, D., Giese, M., Haase, P., Horrocks, I., Kllapi, H., Koubarakis, M., Özcep, Ö., Rodríguez-Muro, M., Rosati, R., Schmidt, M., Schlatte, R., Soylu, A., Waaler, A.: Optique: Towards OBDA Systems for Industry. In: *Extended Semantic Web Conference*. pp. 125–140. Springer, Berlin, Heidelberg (2013).
7. Linthicum, D.S.: *Enterprise Application Intergration*. Addison-Wesley Professional (1999).
8. Poggi, A., Lembo, D., Calvanese, D., De Giacomo, G., Lenzerini, M., Rosati, R.: Linking Data to Ontologies. In: *Journal on Data Semantics X (Lecture Notes in Computer Science)*. pp. 133–173. Springer (2008).
9. Calvanese, D., Cogrel, B., Komla-Ebri, S., Kontchakov, R., Lanti, D., Rezk, M., Rodriguez-Muro, M., Xiao, G.: Ontop: Answering SPARQL queries over relational databases. *Semant. Web.* 8, 471–478 (2017).
10. Giese, M., Soylu, A., Vega-Gorgojo, G., Waaler, A., Haase, P., Jimenez-Ruiz, E., Lanti, D., Rezk, M., Xiao, G., Ozcep, O., Rosati, R.: Optique: Zooming in on Big Data. *Computer (Long. Beach. Calif.)*. 48, 60–67 (2015).
11. Soylu, A., Giese, M., Jimenez-Ruiz, E., Vega-Gorgojo, G., Horrocks, I.: Experiencing OptiqueVQS: a multi-paradigm and ontology-based visual query system for end users. *Univers. Access Inf. Soc.* 15, 129–152 (2016).
12. Dadzie, A.-S., Rowe, M.: Approaches to visualising Linked Data: A survey. *Semant. Web.* 2, 89–124 (2011).
13. Soylu, A., Giese, M., Jimenez-Ruiz, E., Kharlamov, E., Zheleznyakov, D., Horrocks, I.: Ontology-based end-user visual query formulation: Why, what, who, how, and which? *Univers. Access Inf. Soc.* 16, 435–467 (2017).
14. Ter Hofstede, A.H.M., Proper, H.A., Van Der Weide, T.P.: Query formulation as an information retrieval problem. *Comput. J.* 39, 255–274 (1996).
15. Stokman, F.N., de Vries, P.H.: Structuring knowledge in a graph. In: *Human-Computer Interaction*. pp. 186–206. Springer, Berlin, Heidelberg (1988).
16. Singhal, A.: Introducing the Knowledge Graph: things, not strings.
17. Mitra, P., Wiederhold, G., Kersten, M.: A Graph-Oriented Model for Articulation of Ontology Interdependencies. In: *International Conference on Extending Database Technology*. pp. 86–100. Springer, Berlin, Heidelberg (2000).
18. Horrocks, I.: Ontologies and the semantic web. *Commun. ACM*. 52, 58–67 (2008).
19. Smith, B., Ceusters, W.: Towards a reference terminology for ontology research and development in the biomedical domain. *KR-MED. 2006*, 57–66 (2006).
20. Gewehr, B., Gebel-Sauer, B., Schubert, P.: Social Network of Business Objects (SoNBO): An Innovative Concept for Information Integration in Enterprise Systems. In: *Procedia Computer Science*. pp. 904–912. Elsevier B.V., Barcelona (2017).

21. Kobilarov, G., Dickinson, I.: Humboldt: Exploring linked data. In: Proceedings of the Linked Data on the Web Workshop, Beijing, China. p. 7. CEUR Workshop Proceedings (2008).
22. Harth, A.: VisiNav: Visual Web Data Search and Navigation. In: Database and Expert Systems Applications. DEXA 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 5690. pp. 214–228. Springer, Berlin, Heidelberg (2009).
23. Schubert, P., Williams, S.P.: The Concept of Social Business: Oxymoron or Sign of a Changing Work Culture? In: 26th Bled eConference . eInnovations: Challenges and Impacts for Individuals, Organizations and Society. pp. 222–235 (2013).
24. Gewehr, B., Gebel-Sauer, B., Schubert, P.: Social Network of Business Objects (SoNBO): An Innovative Concept for Information Integration in Enterprise Systems. *Procedia Comput. Sci.* 121, 904–912 (2017).
25. March, S.T., Smith, D.: Design and natural science research on information technology. *Decis. Support Syst.* 15, 251–266 (1995).
26. Vaishnavi, V.K. & Kuechler, W.: Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology. Auerbach Publications, Boston, MA, USA (2007).
27. Vaishnavi, V., Kuechler, B.: Design Science Research in Information Systems. *Ais.* 1–45 (2004).
28. Flyvbjerg, B.: Five Misunderstandings About Case-Study Research. *Qual. Inq.* 12, 219–245 (2006).
29. Thomas, G.: A Typology for the Case Study in Social Science Following a Review of Definition, Discourse, and Structure. *Qual. Inq.* 17, 511–521 (2011).
30. Van Someren, M.W., Barnard, Y.F., Sandberg, J.A.C.: The Think Aloud Method: a practical approach to modelling cognitive processes. Academic Press, London (1994).
31. Jaspers, M.W.M., Steen, T., van den Bos, C., Geenen, M.: The think aloud method: a guide to user interface design. *Int. J. Med. Inform.* 73, 781–795 (2004).
32. Sure, Y., Bloehdorn, S., Haase, P., Hartmann, J., Oberle, D.: The SWRC Ontology – Semantic Web for Research Communities. In: Bento, C., Cardoso, A., and Dias, G. (eds.) *Progress in Artificial Intelligence. EPIA 2005*. Lecture Notes in Computer Science, vol 3808. pp. 218–231. Springer, Berlin, Heidelberg (2005).
33. Tulisalo, T., Carlsen, R., Guirard, A., Hartikainen, P., McCarthy, G., Pecl, G.: *Domino Designer 6: A Developer's Handbook*. IBM Corp. - IBM Redbooks (2002).
34. Moore, K., Kenneth, Moore, Kenneth: The Lotus notes storage system. *ACM SIGMOD Rec.* 24, 427–428 (1995).
35. Donnelly, M., Wallace, M., McGuckin, T.: *Mastering XPages: a step-by-step guide to XPages application development and the XSP language*. Pearson Education, Inc., Boston, MA, USA (2011).

# **Vergleich der Prozessqualität von IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen in Unternehmen: eine experimentelle Studie**

Simon Pinell, Sven Dittes, und Stefan Smolnik

FernUniversität in Hagen, Hagen, Deutschland  
simonpinell@gmail.com, {sven.dittes,stefan.smolnik}@fernuni-hagen.de

**Abstract.** Entscheidungen sind von höchster Bedeutung für den Erfolg von Unternehmen. Die Verbesserung von Entscheidungsprozessen und den daraus resultierenden Entscheidungen ist daher seit langem ein wichtiges Bestreben von Unternehmen. In den letzten Jahren wurden durch den Einsatz von Informationstechnologie (IT) bereits zahlreiche unternehmerische Prozesse optimiert. Immer häufiger wird die IT hierbei auch zur Verbesserung von Entscheidungsprozessen eingesetzt. Vor diesem Hintergrund vergleicht dieser Beitrag mithilfe einer experimentellen Studie die Prozessqualität IT-gestützter und nicht-IT-gestützter Entscheidungsprozesse. Im Rahmen der Studie wurden vier Gruppen untersucht, von denen zwei Gruppen eine IT-gestützte Entscheidung unter Verwendung einer webbasierten Entscheidungssoftware und zwei Gruppen eine nicht-IT-gestützte Entscheidung trafen. Als Ergebnisse wurden Hypothesen hinsichtlich des Einflusses einer IT-Unterstützung des Entscheidungsprozesses abgeleitet. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine IT-Unterstützung eines Entscheidungsprozesses positive Auswirkungen auf die Qualität in einzelnen Prozessphasen und im Hinblick auf einzelne Qualitätsmerkmale haben und somit die Prozessqualität von Entscheidungsprozessen in Unternehmen insgesamt verbessern kann.

**Keywords:** Decision Support Systems, IT-Unterstützung, Entscheidungsprozesse, Entscheidungen, Prozessqualität

## **1 Einleitung**

Entscheidungen sind von höchster Bedeutung für den Erfolg von Unternehmen [1, 2]. Einzelne strategische Entscheidungen können zum Niedergang bisher erfolgreicher Unternehmen führen oder eher durchschnittliche Unternehmen zu überaus erfolgreichen Unternehmen werden lassen [3]. Daneben ist täglich eine Vielzahl an operativen Entscheidungen zu treffen, die den Erfolg eines Unternehmens in der Summe ebenfalls maßgeblich mitbestimmen [4].

Unternehmerische Entscheidungsprozesse wurden im Zuge der Ausbreitung der Informationstechnologien (IT) zunächst dahingehend unterstützt, dass Informationen, welche die Grundlage für Entscheidungen bilden, schneller und in höherer Qualität

zur Verfügung standen [5]. Auch die Kommunikation im Rahmen von Entscheidungsprozessen wird durch IT zunehmend unterstützt, um die notwendige Abstimmung und Koordination in Entscheidergruppen zu beschleunigen und die damit verbundenen Kosten und Aufwände zu verringern [6, 7]. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Ausweitung und Differenzierung von IT-Anwendungen gewinnt auch die IT-Unterstützung des Entscheidungsprozesses an sich an Bedeutung [8-10]. Dies geschieht in der Annahme, dass sich die Qualität des Entscheidungsprozesses direkt auf die Qualität daraus resultierender Entscheidungen und damit maßgeblich auf den Unternehmenserfolg auswirkt [11-13]. Gerade deshalb ist die Verbesserung von Entscheidungsprozessen seit langem ein wichtiges Bestreben von Unternehmen [6, 11].

In den bisherigen Forschungsarbeiten wurden IT-gestützte und nicht-IT-gestützte Entscheidungsfndungen vor allem nur hinsichtlich einzelner Qualitätsmerkmale verglichen [14, 15]. Des Weiteren werden die unterschiedlichen Phasen eines Entscheidungsprozesses nur sehr vereinzelt in der derzeitigen Forschung betrachtet [16]. Eine Betrachtung der Prozessqualität von Entscheidungsprozessen mit und ohne IT-Unterstützung, die ganzheitlich sowohl einzelne Prozessphasen als auch mehrere unterschiedliche Qualitätsmerkmale untersucht, stellt somit eine interessante und relevante Forschungsfrage dar.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieses Beitrages, die Prozessqualität von IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen zu untersuchen, um auf Basis der gewonnenen Ergebnisse Hypothesen für die IT-Unterstützung abzuleiten. Um dieses Ziel zu erreichen wurde eine fiktive Fallstudie von vier Gruppen in einer experimentellen Umgebung bearbeitet, von denen zwei Gruppen eine IT-gestützte Entscheidung unter Verwendung einer webbasierten Entscheidungssoftware und zwei Gruppen eine nicht-IT-gestützte Entscheidung trafen. Im Anschluss daran bewerteten die Teilnehmer die Prozessqualität ihres Entscheidungsprozesses. Im Ergebnisteil der Studie werden diese Bewertungen sowohl für die einzelnen Prozessphasen als auch für die Qualitätsmerkmale präsentiert und Unterschiede zwischen IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen herausgestellt.

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Entscheidungsprozesse

Ein Entscheidungsprozess ist ein Wahlprozess, der eine Auswahl aus mehreren Entscheidungsmöglichkeiten – die Entscheidung – zum Ergebnis hat [17, 18]. Das Treffen einer Entscheidung stellt somit die abschließende Phase in einem Entscheidungsprozess dar, der sich aus mehreren Phasen zusammensetzt. Für die Unterteilung dieser Prozessphasen existieren in Forschung und Praxis verschiedene Ansätze [4, 17-20]. Ein Entscheidungsprozess, der die unterschiedlichen Phasenansätze aggregiert und die Grundlage für die vorliegende Studie bildet, besteht

aus den Phasen (1) Definition des Entscheidungsproblems, (2) Festlegung und Gewichtung von Zielen, die bei der Entscheidung verfolgt werden, (3) Identifikation von Alternativen, d.h. Entscheidungsmöglichkeiten, zwischen denen ausgewählt werden kann, (4) Bewertung dieser Alternativen hinsichtlich ihrer Erreichung der zuvor definierten Ziele und (5) Treffen der gemeinsamen Entscheidung [8].

## 2.2 IT-Unterstützung von Entscheidungsprozessen

Entscheidungsprozesse können durch Informationstechnologie in unterschiedlicher Weise unterstützt werden [6]. Eine grundlegende Form der IT-Unterstützung bilden erstens IT für einen phasenspezifischen oder auch -übergreifenden Austausch von Informationen und Daten sowie BI-Lösungen für eine Auswertung dieser, welche die Grundlage für Entscheidungen bilden [21]. Zweitens existieren IT, deren Unterstützung sich gezielt auf einzelne Phasen richtet oder auf einen Problemtyp einer Entscheidung konzentriert, wie beispielsweise Brainstorming-Werkzeuge zur Generierung von Alternativen [9] oder Funktionalitäten zur gemeinsamen Evaluation [22]. Einen stärkeren Grad der Unterstützung des Entscheidungsprozesses bieten schließlich umfangreiche IT-Systeme, die Funktionalitäten für einzelne Phasen in einem ganzheitlichen System kombinieren [9]. Das für den Vergleich der Prozesse im Rahmen dieser Studie genutzte Entscheidungssystem ist diesen ganzheitlichen Systemen zuzuordnen.

## 2.3 Qualitätsmerkmale für die Prozessqualität

Auf Basis einer Literaturanalyse wurden die Zeiteffizienz, der Partizipationsgrad, die Einfachheit, die Transparenz und die Zufriedenheit als wesentliche Prozessqualitätsmerkmale aus Forschung und Praxis identifiziert und für die vorliegende Untersuchung festgelegt (s. Tabelle 1).

**Tabelle 1.** Untersuchte Qualitätsmerkmale im Rahmen der Studie

<i>Qualitätsmerkmal</i>	<i>Beschreibung</i>
Zeiteffizienz [6, 14-16, 21, 23, 24]	Dauer der Entscheidungsfindung, d.h. Zeit von der Initiierung bis zum Treffen der Entscheidung
Partizipationsgrad [15, 23]	Anteil der Redezeit der jeweiligen Teilnehmer an der Gesamtdauer (nicht-IT-gestützt) und Anteil der Interaktionen der jeweiligen Teilnehmer an den Gesamtinteraktionen mit der Software (IT-gestützt)
Einfachheit [9, 14]	Einfachheit der Entscheidungsfindung mit oder ohne IT-Unterstützung und Einfachheit der Handhabung (Usability) der Entscheidungssoftware (IT-gestützt)
Transparenz [14, 15]	Nachvollziehbarkeit und Strukturierung des Prozesses, d.h. des Ablaufs der Entscheidungsfindung [14, 15] und Verständlichkeit der kommunizierten Inhalte [14] sowie die Nachvollziehbarkeit des Ergebnisses, d.h. der final getroffenen Entscheidung [14]
Zufriedenheit [14-16, 21]	Zufriedenheit mit dem Prozess, d.h. dem Ablauf der Entscheidungsfindung [14, 15, 21] und Zufriedenheit mit der eigenen Partizipation in diesem Prozess [14, 21] sowie die Zufriedenheit mit dem Ergebnis, d.h. der final getroffenen Entscheidung [14-16, 21]

### 3 Forschungsprozess und -methode

#### 3.1 Versuchsaufbau und -ablauf

Um den Einfluss von IT auf die Entscheidungsfindung zu beobachten, wurde ein experimentelles Studiendesign gewählt. Experimentelle Studien sind besonders geeignet, um den Einfluss einer Maßnahme (hier IT-Unterstützung) zu untersuchen [25]: Im Rahmen der Untersuchung trafen zwei Gruppen eine Entscheidung mithilfe eines IT-gestützten Entscheidungsprozesses (Gruppe A1 und A2) und zwei Gruppen ohne eine solche IT-Unterstützung (Gruppe B1 und B2). Die Gruppen A1 und B1 bestanden dabei aus jeweils drei Teilnehmern, während sich die Gruppen A2 und B2 aus jeweils vier Teilnehmern zusammensetzten. Die Teilnehmer waren Studierende mit betriebswirtschaftlichem Hintergrund und kannten sich innerhalb der jeweiligen Gruppen untereinander. Zudem haben die Teilnehmer bereits in der Gruppe zusammengearbeitet. Jede Testgruppe erhielt dabei die gleiche fiktive Fallstudie:

*Das Unternehmen Smart AG hat eine neue Software entwickelt. Geschäftskunden aus Unternehmen unterschiedlicher Größe bilden die Zielgruppe für diese Software. Da die Softwareentwicklung fast abgeschlossen ist, sollen nun Maßnahmen für die Vermarktung der Software geplant werden. Die Vermarktung soll bereits in wenigen Wochen starten. Bisher ist die Software nur wenigen, potenziellen Kunden bekannt, was das Unternehmen schnell ändern möchte. Im Rahmen der Planung der Vermarktung sollen nun Kommunikationskanäle festgelegt werden. Über diese Kommunikationskanäle soll die Software den Kunden bekannt gemacht werden. Die erste Überlegung der Marketingabteilung ist es, „IT-Fachzeitschriften“ als ersten Kommunikationskanal zu nutzen. Darüber hinaus sollen aber weitere Kanäle zur Vermarktung genutzt werden. Das Unternehmen besteht aus einem kleinen Team von sechs Personen und ist erst vor zwei Jahren gegründet worden, weshalb das Unternehmen nur über wenige finanzielle Mittel für die Vermarktung verfügt. Für neue Ideen ist das Team durchaus aufgeschlossen, sofern sie zur Zielgruppe passen. Sie, als Mitglied dieses Teams der Smart AG, sollen nun entscheiden, welche Kommunikationskanäle unter Berücksichtigung der Unternehmenssituation am besten genutzt werden sollen. Entscheiden Sie sich als Gruppe für bis zu vier Kommunikationskanäle, die für die Vermarktung der Software genutzt werden sollen.*

Für die IT-Unterstützung des Entscheidungsprozesses wurde die webbasierte Entscheidungssoftware *dcision*<sup>1</sup> verwendet, da dieses Tool alle Phasen des Entscheidungsprozesses ganzheitlich durch IT unterstützt (siehe Abschnitt 2.2). Dazu bietet die Software Funktionalitäten zu allen in Abschnitt 2.1 beschriebenen Entscheidungsphasen sowie Möglichkeiten für eine Datenauswertung und textbasierte, phasenübergreifende Kommunikationsfunktionen [26]. Bei den nicht-IT-gestützten Prozessen durften die beiden Gruppen Whiteboards sowie Stift und Papier zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses nutzen. Im Anschluss an die Entscheidungsfindung wurden Einzelinterviews und Gruppendiskussionen durchgeführt, aufgenommen und transkribiert, um in der Analyse Hypothesen hinsichtlich der Unterschiede zwischen der IT-gestützten und der nicht-IT-gestützten Entscheidungsfindung abzuleiten [27].

---

<sup>1</sup> <https://www.crowd-intelligence.com/>

### 3.2 Analyse

Die Prozessqualität der Entscheidungsprozesse wurde durch objektive Kennzahlen und subjektive Bewertungen der Teilnehmer zu den Phasen des Entscheidungsprozesses und den Qualitätsmerkmalen gemessen. Neben der Erfassung der Dauer der Entscheidungsfindung wurde der Partizipationsgrad anhand von Eingaben in die Software bzw. der Redeanteile pro Teilnehmer objektiv gemessen. Die qualitative Analyse erfolgte durch eine Auswertung der Einzelinterviews und Gruppendiskussionen unter Anwendung von Coding-Techniken der qualitativen Datenanalyse [27]. In den folgenden Ausführungen werden Auszüge aus den Interviews verwendet, um die Ergebnisse der Analyse zu unterstreichen. Diese Auszüge sind jedoch nicht ausschließlich als Einzelaussagen zu verstehen, sondern stehen repräsentativ für die Bewertungen mehrerer Teilnehmer.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Entscheidungsprozessphasen

**Definition des Entscheidungsproblems.** Ein erstes Ergebnis der Studie ist, dass das genaue Festhalten eines Entscheidungsproblems generell von hoher Bedeutung ist. So fasst ein Teilnehmer aus Gruppe B beispielhaft zusammen: „*Das Problem muss aufgeschrieben werden, ob mit oder ohne IT.*“ Die Studie zeigt, dass ein Festhalten des Problems mit IT-Unterstützung einfacher möglich ist, wodurch eine Entscheidungsfindung mit IT-Unterstützung zielgerichteter abläuft als ohne den IT-Einsatz. Ein Teilnehmer aus Gruppe A sagt beispielsweise, „*dass IT-gestützt übersichtlicher ist und es durch das Festhalten alle nachlesen können*“. Ein Teilnehmer aus Gruppe B bekräftigt dies und ergänzt für den nicht-IT-gestützten Prozess: „*Es kann passieren, dass man die Problemstellung in einem Meeting einfach nur mal herunter sagt und dann nicht festhält. Die Problemstellung kann dann aus dem Fokus geraten.*“ Jedoch wurde besonders bei komplexeren Entscheidungsproblemen eine nicht-IT-gestützte Definition bevorzugt, um das Problem besser ausdiskutieren zu können, wie ein Teilnehmer von Gruppe A betont: „*In einem Meeting [...] kann die Problemstellung vielleicht besser zusammen definiert werden. Es kann ja sein, dass das Problem noch nicht ganz klar ist.*“

Ausgehend davon können für die Problemdefinition die folgenden Hypothesen abgeleitet werden:

**H1a (Problem):** *Bei weniger komplexen und konkreten Problemstellungen lässt sich das Entscheidungsproblem IT-gestützt besser festhalten.*

**H1b (Problem):** *Bei komplexen und unklaren Problemstellungen ist eine nicht-IT-gestützte Lösung besser geeignet.*

**Festlegung und Gewichtung der Ziele.** Bezüglich der Ziele wird deutlich, dass sich diese IT-gestützt übersichtlicher festlegen und deren jeweilige Bedeutung besser angeben lässt: „*Das Festhalten von Zielen und der Gewichtung ist [IT-gestützt] sehr einfach und übersichtlich.*“ Ohne IT-Unterstützung werden Ziele hingegen nur selten festgehalten und oft gar nicht nach ihrer Bedeutung gewichtet. So gibt zum Beispiel

ein Teilnehmer aus Gruppe A zum nicht-IT-gestützten Prozess an, „*dass man Ziele nicht so gemeinsam festlegt in einem Meeting. Eigentlich überlegt man nur die Alternativen in einem Brainstorming*“. Ein anderer Teilnehmer aus Gruppe A bekräftigt dies und ergänzt: „*Ziele werden nicht explizit gewichtet. Das passiert vielleicht im Hintergrund oder macht jeder für sich. Richtig gewichtet auf einer Skala werden die aber nicht.*“

Hinsichtlich der Festlegung und Gewichtung der Ziele lassen sich die folgenden Hypothesen ableiten.

**H2 (Ziele):** Durch eine IT-gestützte Zieldefinition werden Ziele und deren Bedeutung den Entscheidungsträgern besser bewusst gemacht sowie übersichtlicher festgelegt und -gehalten.

**Identifikation von Alternativen.** In der Alternativen-Phase zeigt die Studie geringere Unterschiede, jedoch lassen sich Alternativen IT-gestützt erst einmal ohne Wertung nennen. Ein Teilnehmer aus Gruppe A gibt zum Beispiel an, dass er „*erst einmal alle Ideen einbringen [kann], ohne dass die anderen eine Wertung abgeben*“. Ohne IT-Unterstützung hingegen können Alternativen etwas leichter vom Team detailliert werden, wie ein Teilnehmer aus Gruppe B beispielhaft herausstellt: „*Bei zwei Alternativen war eine Diskussion wichtig und notwendig. Am Ende haben wir eine Alternative nochmal unterschieden. Ich weiß nicht, ob wir mit IT auch so die Unterscheidung getroffen hätten.*“

Auf Grundlage dieser Ergebnisse können mit Bezug auf die Identifikation von Alternativen die folgenden Hypothesen formuliert werden.

**H3a (Alternativen):** IT-gestützt können zunächst Alternativen besser unbewertet und unkommentiert gesammelt werden.

**H3b (Alternativen):** Ohne IT-Unterstützung können Alternativen direkt vom Team weiter detailliert werden.

**Bewertung der Alternativen.** Neben einer unbeeinflussten Identifikation der Alternativen zeigt die Studie, dass auch eine IT-gestützte Bewertung im Gegensatz zu einer nicht-IT-gestützten Bewertung ohne Beeinflussung durch andere erfolgt. So äußert ein Teilnehmer aus Gruppe B bezüglich des IT-gestützten Prozesses beispielsweise: „*Jeder bewertet erst einmal für sich und wird nicht beeinflusst von Einwürfen.*“ Zudem werden IT-gestützte Bewertungen durch die Quantifizierung auch als genauer und dadurch das Ergebnis als konkreter gesehen. So sagt beispielsweise ein Teilnehmer aus Gruppe A über den IT-gestützten Prozess, dass „*die numerischen Bewertungen zu einem messbaren Ergebnis führen und eine fundierte Entscheidung getroffen werden kann*“. Im Gegensatz dazu sind bei der nicht-IT-gestützten Bewertung Beweggründe besser nachvollziehbar, wie ein Teilnehmer aus Gruppe A unterstreicht: „*Unterschiedliche Ebenen wie eigene Interessen oder fehlendes Wissen werden [ohne IT-Unterstützung] besser erfasst.*“

Ausgehend von diesen Ergebnissen lassen sich für die Bewertung von Alternativen die folgenden Hypothesen ableiten.

**H4a (Bewertung):** Eine IT-gestützte Bewertung der Alternativen ist genauer und unbeeinflusst.

**H4b (Bewertung):** Bei einer nicht-IT-gestützten Bewertung der Alternativen sind Beweggründe besser nachvollziehbar.

**Treffen der Entscheidung.** In der abschließenden Phase des Entscheidungsprozesses zeigt die Studie, dass eine IT-gestützt getroffene Entscheidung durch die Rangfolge der Entscheidungsalternativen als fundiert und auch als nachträglich nachvollziehbar gesehen wird. So sagt ein Teilnehmer aus Gruppe A beispielsweise: „*Das Ranking bietet eine fundierte Grundlage, um die Entscheidung zu treffen bzw. um sie nachzuvollziehen.*“ Bei einem knappen Ranking wird jedoch die Bedeutung einer nachgelagerten, persönlichen Diskussion herausgestellt. So sagt beispielsweise ein Teilnehmer aus Gruppe A, dass „*das Ranking [...] eher als Stimmungsbild und bei einem knappen Ranking nicht als finale Entscheidung gilt. Im Nachgang sind dann die Diskussion und gegebenenfalls die Kombination von Alternativen wichtig.*“

Als Hypothesen für das Treffen der Entscheidung lassen sich hieraus ableiten.

**H5a (Entscheidung):** Ein IT-gestütztes Treffen der Entscheidung ist fundierter.

**H5b (Entscheidung):** Bei nahezu gleich gut bewerteten Alternativen und somit bei einer nicht eindeutigen Entscheidung kann diese durch eine nicht-IT-gestützte Entscheidungsfindung besser diskutiert werden.

**Ganzheitlicher Entscheidungsprozess.** Darüber hinaus werden Ergebnisse zu einer möglichen ganzheitlichen IT-Unterstützung aller Phasen deutlich. Die Möglichkeit durch IT-Unterstützung Entscheidungen unabhängig von Zeit und Ort zu treffen, wird hier – besonders auch im Hinblick auf Zeiteffizienz – als wesentlicher Mehrwert gesehen. Ein Teilnehmer aus Gruppe A sagt beispielsweise: „*Für Teams, die aus diversen Gründen nicht zusammenkommen können, ist es sicherlich enorm hilfreich in dieser Form zusammen Entscheidungen zu treffen.*“ Demgegenüber wird eine ganzheitliche IT-Unterstützung des Entscheidungsprozesses für sehr einfache Entscheidungen als zu aufwändig gesehen, wie ein Teilnehmer aus Gruppe B beispielhaft herausstellt: „*Für kleinere Entscheidungen ist es vielleicht zu umständlich und aufwändig zunächst eine Entscheidung zu erstellen und durch alle Schritte zu gehen.*“

Auf Basis dessen lassen sich für eine ganzheitliche Unterstützung des Entscheidungsprozesses durch IT die folgenden Hypothesen formulieren.

**H6a (alle Phasen):** Bei verteilt arbeitenden Teams führt ein ganzheitlich IT-gestützter Entscheidungsprozess zu einer Verbesserung der Prozessqualität.

**H6b (alle Phasen):** Bei trivialen Entscheidungen ist ein ganzheitlich IT-gestützter Entscheidungsprozess zu aufwändig.

## 4.2 Prozessqualitätsmerkmale

**Zeiteffizienz.** Im Hinblick auf die Zeiteffizienz zeigt die Studie deutliche Differenzen bei den IT-gestützten Entscheidungsprozessen, deren Dauer bei 81 (A1) und 37 Minuten (A2) liegen, im Gegensatz zu ungefähr gleich lang dauernden nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen mit 65 (B1) und 58 Minuten (B2).

Die deutlich längere Dauer des IT-gestützten Entscheidungsprozesses in Gruppe A1 könnte durch einen erhöhten Diskussionsbedarf erklärt werden. So sagt ein Teilnehmer dieser Gruppe beispielhaft: „*Anfangs wurden Ziele nur grob definiert. Das hat dann bei einigen Zielen und Alternativen zu viel Kommunikationsaufwand geführt bis zur Klärung.*“

Aufgrund der nicht eindeutigen Ergebnisse konnte zum Zeitpunkt der Studie mit jeweils zwei Gruppen keine Tendenz abgeleitet werden. Hieraus ergibt sich für die zeitliche Effizienz die folgende Hypothese.

**H7 (Zeiteffizienz):** *Eine IT-Unterstützung hat keinen direkten Einfluss auf die Zeiteffizienz.*

**Partizipationsgrad.** Der Partizipationsgrad der Teilnehmer ist bei den Gruppen mit drei Teilnehmern leicht unterschiedlich verteilt. So haben in Gruppe A1 die Teilnehmer zu 37, 34 und 27 Prozent Anteil an den 77 Softwareinteraktionen, während sich in Gruppe B1 die Redeanteile beim nicht-IT-gestützten Prozess zu 43, 30 und 27 Prozent auf die Teilnehmer verteilen. In den Gruppen mit vier Teilnehmern hingegen liegt der Partizipationsgrad der Teilnehmer etwas näher beieinander – 38, 26, 23 und 13 Prozent in Gruppe A2 bei 39 Eingaben und 34, 28, 25 und 13 Prozent Redeanteile in Gruppe B2.

Eine mögliche Erklärung ist, dass eine IT-Unterstützung nur geringen Einfluss auf den Partizipationsgrad hat, sodass die folgende Hypothese formuliert werden kann.

**H8 (Partizipationsgrad):** *Eine IT-Unterstützung führt nicht direkt zu einem gleich verteilten Partizipationsgrad der Entscheidungsträger.*

**Einfachheit.** Die Studie zeigt zudem, dass die nicht-IT-gestützte und nach einer kurzen Einarbeitungsphase auch die IT-gestützte Entscheidungsfindung aufgrund des verständlichen Ablaufs und der leichten Handhabung als einfach wahrgenommen wird. Ein Teilnehmer aus Gruppe A unterstreicht dies beispielhaft: „*Nach einem kurzen Einführungsvideo zu den grundlegenden Funktionalitäten, war das für mich klar ersichtlich. Ich finde das Tool einfach zu bedienen und den Ablauf gut zu durchschauen.*“

Im Hinblick auf die Einfachheit lässt sich die folgende Hypothese formulieren.

**H9 (Einfachheit):** *Die Entscheidungsfindung ist mit einem IT-gestützten Prozess nach kurzer Einarbeitungszeit ähnlich einfach wie mit einem nicht-IT-gestützten Prozess.*

**Transparenz.** Ein erstes Ergebnis beim Vergleich der Transparenz ist, dass durch die Strukturierung des Ablaufs die Entscheidungsprozesstransparenz beim IT-gestützten Prozess höher ist. Ein Teilnehmer aus Gruppe A sagt beispielsweise: „*Die Phasen geben dem Prozess eine sehr klare Struktur, sodass der Ablauf und die Aufgaben für alle Teilnehmer transparent sind.*“ Demgegenüber wird die Transparenz bei einem Prozess ohne IT-Unterstützung teilweise als etwas geringer gesehen, wie ein Teilnehmer aus Gruppe B beispielhaft herausstellt: „*Durch das eher impulsive Brainstormen und die Mind Map war der Prozess weniger strukturiert.*“ Zudem ist die Prozesstransparenz ohne IT-Unterstützung stärker abhängig von der Gruppe und vom Leiter der Besprechung, wie ein Teilnehmer aus Gruppe B beispielhaft benennt:

„[Die Prozesstransparenz ist] abhängig von der Größe und Zusammensetzung der Gruppe“. Ein weiterer Teilnehmer aus Gruppe A bekräftigt dies: „Die Transparenz eines Entscheidungsprozesses hängt maßgeblich von der Steuerung durch den Meeting-Leiter ab. Es sind [...] klare Kommunikationsregeln notwendig und eine Abstimmung, wie die Entscheidung getroffen und die einzelnen Phasen bearbeitet werden.“ Als weiteres Ergebnis wird bezüglich der Transparenz die hohe Bedeutung von klar formulierten Inhalten, d.h. von Zielen, Alternativen und auch Kommentaren, deutlich. So sagt ein Teilnehmer von Gruppe A beispielsweise: „Die final getroffene Entscheidung hängt stark von den gefundenen Zielen und Alternativen ab. Sind diese schwammig definiert oder unklar, dann bringt auch das beste Tool nichts.“ Diesen Punkt aufgreifend zeigt die Studie, dass unklare Inhalte ohne IT-Unterstützung einfacher und besser geklärt werden können. So stellt ein Teilnehmer aus Gruppe A zum Beispiel heraus, dass „man [ohne IT-Unterstützung besser] effektiv im Team Fragen klären kann und gegebenenfalls schnell Änderungen vorgenommen werden können.“ Ein weiterer Teilnehmer aus Gruppe A bestärkt dies: „Ich sehe die Gefahr, dass [...] Fragen zu Inhalten [...] nicht immer geklärt werden. Dadurch können dann später auch nicht alle Inhalte richtig bewertet werden.“ Demgegenüber wird bezüglich der Transparenz in der Studie auch deutlich, dass sowohl IT-gestützt als auch nicht-IT-gestützt eine hohe Transparenz des Ergebnisses vorliegt. Jedoch ist durch die detaillierte und übersichtliche Aufbereitung das IT-gestützte Ergebnis etwas transparenter und kann auch im Nachhinein nachvollzogen werden. So stellt ein Teilnehmer aus Gruppe A beispielhaft heraus: „Vor allem die Detailansicht im Alternativen-Ranking zeigt eine detaillierte Auswertung der Gewichtungen und Bewertungen. Dadurch sind die Gründe für die Platzierung einer Alternative vollkommen transparent. Es kann nachvollzogen werden, wie das Ergebnis zustande gekommen ist [...].“ Ein Teilnehmer aus Gruppe B ergänzt zum nicht-IT-gestützten Prozess: „Die Entscheidung ist nachträglich nur schwer nachvollziehbar.“

Ausgehend davon lassen sich die folgenden Hypothesen zur Transparenz ableiten.

**H10a (Transparenz): Die Transparenz des Entscheidungsprozesses und der Entscheidung sind IT-gestützt höher.**

**H10b (Transparenz): Die Transparenz der kommunizierten Inhalte ist IT-gestützt geringer.**

**Zufriedenheit.** Die Studie zeigt darüber hinaus Unterschiede hinsichtlich der Zufriedenheit auf. Erstens wird sowohl eine hohe Zufriedenheit mit dem IT-gestützten als auch mit dem nicht-IT-gestützten Prozess deutlich, das mit der Möglichkeit der aktiven Teilnahme begründet wird. Ein Teilnehmer aus Gruppe B stellt dies beispielhaft heraus: „Ich bin sehr zufrieden, weil ich den Weg bis zur finalen Entscheidung auch aktiv mit habe beschreiten können.“ Ein Teilnehmer aus Gruppe A bestärkt dies für den Prozess mit IT-Unterstützung: „Da bin ich zufrieden. Jeder konnte seine Ziele und Alternativen beitragen und auch alles bewerten.“ Jedoch wirken sich hohe Kommunikationsaufwände negativ auf die Zufriedenheit mit dem IT-gestützten Prozess aus. So sagt beispielsweise ein Teilnehmer aus Gruppe A: „Für mich war es zu viel Aufwand an Kommunikation bis zur finalen Entscheidung.“ Beim nicht-IT-gestützten Prozess hingegen wird die hohe Zufriedenheit mit dem Entscheidungsprozess auch auf die jeweilige Gruppe zurückgeführt, wie ein

Teilnehmer aus Gruppe B beispielhaft herausstellt: „*Das lag schon auch an unserer Gruppe. In ziemlich vielen anderen Fällen hätte ich das nur mit mittel anstatt mit sehr hoch bewertet.*“ Zudem zeigt die Studie, dass die Zufriedenheit mit der eigenen Partizipation beim IT-gestützten Prozess höher ist. Beim nicht-IT-gestützten Prozess hätten einige Teilnehmer gerne mehr zur Entscheidungsfindung beigetragen, was bei einer IT-Unterstützung besser möglich ist. So sieht ein Teilnehmer aus Gruppe B beispielsweise „*besonders für Personen, die in Meetings untergehen, weil sie zu leise oder zu zurückhaltend sind, [...] den Mehrwert der IT-Stützung, die es mit Sicherheit erleichtert sich zu äußern*“. Nicht zuletzt zeigt die Studie, dass die Zufriedenheit mit dem Ergebnis bei beiden Prozessen hoch ist. Beim IT-gestützten Prozess jedoch verringert eine umstrittene Entscheidung ohne weitere Abstimmungen die Zufriedenheit vereinzelter Teilnehmer. Ein Teilnehmer aus Gruppe A benennt dies beispielhaft: „*Die Ergebnisse haben sich bei uns nur sehr geringfügig unterschieden [...]. Gerade deshalb sollte das Ergebnis noch mal besprochen werden.*“

Hinsichtlich der Zufriedenheit lassen sich die folgenden Hypothesen ableiten.

**H11a (Zufriedenheit):** *Die Zufriedenheit mit dem Entscheidungsprozess sowie mit der Entscheidung ist bei beiden Prozessen ähnlich hoch.*

**H11b (Zufriedenheit):** *Die Zufriedenheit mit der eigenen Partizipation ist bei IT-gestützten Entscheidungsprozessen höher.*

## 5 Fazit und Ausblick

Ziel dieses Beitrags war es, die Prozessqualität von IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen in Unternehmen vergleichend zu untersuchen. Dazu wurde eine experimentelle Studie entworfen, in der zwei Gruppen eine Entscheidung mit und zwei Gruppen eine Entscheidung ohne IT-Unterstützung treffen sollten, um ausgehend davon die Prozessqualität zu vergleichen. Dabei wurden zum einen Bewertungen zu einzelnen Prozessphasen eines Entscheidungsprozesses und zum anderen zu spezifischen Qualitätsmerkmalen erfasst.

Zusammenfassend lassen sich beim Vergleich der Prozessqualität bei IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen folgende zentrale Ergebnisse festhalten: Eine IT-Unterstützung des Entscheidungsprozesses führt zu einer zielgerichteten Entscheidungsfindung, die ohne Beeinflussung erfolgt sowie eine höhere Zufriedenheit der Entscheidungsträger mit der eigenen Partizipation zur Folge hat und dessen Ergebnis (Entscheidung) besser nachvollzogen werden kann. Demgegenüber besteht bei einem Entscheidungsprozess ohne IT-Unterstützung eher die Möglichkeit, Inhalte zu detaillieren und zu diskutieren. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass eine ausschließliche Nutzung von IT- bzw. nicht-IT-gestützter Entscheidungsfindung nicht rein als kontrastierende Herangehensweisen gesehen werden sollten, sondern eine kombinierte und der Entscheidung angemessenen Verwendung von IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Elementen die Entscheidungsfindung oft vereinfacht. Dies wird auch an einer Beispielaussage eines Teilnehmers veranschaulicht: „*Generell würde ich die Nutzung von beiden Prozessen [...] ideal finden. Ein IT-gestützter Prozess könnte für die Vorbereitung für das persönliche Meeting von Nutzen sein.*“

Insgesamt sind die Ergebnisse des Beitrags sowohl für die Forschung als auch die Praxis relevant. So stellt der Beitrag eine holistischere Untersuchung des Einflusses von IT-Unterstützung auf mehrere Prozessqualitätsmerkmale und auf den gesamten Prozess der Entscheidungsfindung vor. Die Ergebnisse der Studie können zum einen die Grundlage für eine Weiterentwicklung von Entscheidungsunterstützungssoftware bilden und zum anderen von Unternehmen dazu verwendet werden, um Entscheidungsprozesse gezielt zu verbessern.

Die Ergebnisse sind vor dem Hintergrund folgender Limitationen zu betrachten. Eine erste Limitation besteht hinsichtlich der Entscheidungsträger und deren Zusammensetzung. Durch die ausschließliche Untersuchung von Studierenden in kleinen Gruppen ist es möglich, dass andere Gruppengrößen und -zusammensetzungen oder auch veränderte Beziehungsstrukturen der Entscheidungsträger untereinander Auswirkungen auf die Ergebnisse zur Prozessqualität haben können. Der Typ des Entscheidungsproblems stellt eine zweite Limitation der Untersuchung dar. Da im Rahmen der Studie nur ein Entscheidungsfall untersucht wurde, bleibt eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Arten von Entscheidungsproblemen offen. Schließlich besteht die Möglichkeit, dass die Ergebnisse bei Verwendung eines stärker vorstrukturierteren nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozesses oder eines anderen IT-Systems zur Unterstützung des Prozesses von den vorliegenden Ergebnissen abweichen. Auch die Nutzung eines IT-Systems über einen längeren Zeitraum kann Einfluss auf die Ergebnisse zur Prozessqualität haben.

Die vorliegenden Ergebnisse können den Ausgangspunkt für zukünftige Forschungsarbeiten bilden, in denen zum einen die Hypothesen der vorliegenden Arbeit konfirmativ empirisch überprüft und zum anderen die genannten Limitationen der Untersuchung aufgegriffen werden sollten. Ausgehend davon sollten veränderte Rahmenbedingungen und deren Auswirkung auf die einzelnen Prozessphasen sowie auf die spezifischen Qualitätsmerkmale analysiert werden, um einen umfassenden Vergleich der Prozessqualität von IT-gestützten und nicht-IT-gestützten Entscheidungsprozessen in Unternehmen zu erreichen.

## Referenzen

1. Eisenhardt, K.M., Zbaracki, M.J.: Strategic Decision Making. *Strategic Management Journal* 1992, 17–37 (1992)
2. Fredrickson, J.W.: The Strategic Decision Process and Organizational Structure. *The Academy of Management Review* 1986, 280–297 (1986)
3. Grünig, R., Kühn, R.: Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme. Ein heuristischer Ansatz. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2006)
4. Eisenführ, F., Weber, M.: Rationales Entscheiden. Springer, Berlin u.a. (2003)
5. Andersen, T.J.: "Information technology, strategic decision making approaches and organizational performance in different industrial settings". *The Journal of Strategic Information Systems* 2001, 101–119 (2001)
6. DeSanctis, G., Gallupe, R.B.: A foundation for the study of group decision support systems. *Management Science*, 589–609 (1987)

7. Gorla, N., Somers, T.M., Wong, B.: Organizational impact of system quality, information quality, and service quality. *The Journal of Strategic Information Systems* 2010, 207–228 (2010)
8. López, J.C.L., Álvarez Carrillo, P.A., Gastélum Chavira, D.A., Solano Noriega, J.J.: A web-based group decision support system for multicriteria ranking problems. *Operational Research* 11, 1-36. (2016)
9. Shim, J.P., Warkentin, M., Courtney, J.F., Power, D.J., Sharda, R., Carlsson, C.: Past, present, and future of decision support technology. *Decision support systems* 2002, 111–126 (2002)
10. Razmak, J., Aouni, B.: Decision Support System and Multi-Criteria Decision Aid. A State of the Art and Perspectives. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 22, 101–117 (2015)
11. Dean Jr., J.W., Sharfman, M.P.: Does Decision Process Matter? A Study of Strategic Decision-Making Effectiveness. *The Academy of Management Journal*, 368–396 (1996)
12. Bourgeois, L.J., Eisenhardt, K.M.: Strategic Decision Processes in High Velocity Environments. Four Cases in the Microcomputer Industry. *Management Science* 34, 816–835 (1988)
13. Priem, R.L., Harrison, D.A., Muir, N.K.: Structured Conflict and Consensus Outcomes in Group Decision Making. *Journal of Management* 21, 691–710 (1995)
14. Fjermestad, J.: An analysis of communication mode in group support systems research. *Decision support systems* 37, 239–263 (2004)
15. Dennis, A.R., George, J.F., Jessup, L.M., Nunamaker, J.F., Vogel, D.R.: Information Technology to Support Electronic Meetings. *MIS quarterly* 12, 591 (1988)
16. Williams, M.L., Dennis, A.R., Stam, A., Aronson, J.E.: The impact of DSS use and information load on errors and decision quality. *European Journal of Operational Research* 176, 468–481 (2007)
17. Harrison, E.F.: A process perspective on strategic decision making. *Management Decision* 34, 46–53 (1996)
18. Göbel, E.: Entscheidungen in Unternehmen. UVK-Verl.-Ges, Konstanz (2014)
19. Simon, H.A.: The New Science of Management Decision. Harper & Row, New York, NY (1960)
20. Mintzberg, H., Raisinghani, D., Theoret, A.: The Structure of "Unstructured" Decision Processes. *Administrative Science Quarterly* 21, 246 (1976)
21. Baltes, B.B., Dickson, M.W., Sherman, M.P., Bauer, C.C., & LaGanke, J.S.: Computer-mediated communication and group decision making: a meta-analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 156–179 (2002)
22. Jessup, L.M., Kukalis, S.: Better planning using group support systems. *Long Range Planning*, 100–105 (1990)
23. Kiesler, S., Sproull, L.: Group decision making and communication technology. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 96–123 (1992)
24. Eisenhardt, K.M.: Making fast strategic decisions in high-velocity environments. *Academy of Management Journal*, 543–576 (1989)
25. Yin, R.K.: Case Study Research: Design and Methods. SAGE Publications, Thousand Oaks (2013)
26. Crowd Intelligence Institute: Decision services and crowd intelligence research, <https://crowd-intelligence.com/> (Stand: 23.12.2017)
27. Eisenhardt, K.M.: Building Theories from Case Study Research. *Academy of management review* 14, 532–550 (1989)

# Improving Product Life-Cycle Cost Management by the Application of Recommender Systems

Simon Völker<sup>1</sup>, Matthias Walter<sup>2</sup>, and Torsten Munkelt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden,

Faculty of Informatics / Mathematics, 01069 Dresden, Germany

{simon.voelker, torsten.munkelt}@htw-dresden.com

<sup>2</sup> Technische Universität Dresden, Chair of Information Systems, esp. IS in Manufacturing and Commerce, 01069 Dresden, Germany  
{matthias.walter3}@tu-dresden.de

**Abstract.** Shorter market cycles and growing competition require professional product life-cycle cost management for manufacturing companies. During a co-innovation workshop at SAP SE, we analyzed product-cost optimization applied by discrete manufacturers to identify corresponding deficits and requirements of product costing. We identified a significant lack of software support regarding cost optimization, especially in the early phases of the product life cycle. To improve information system support during early phases of product life cycle, this paper points out a new field of application for recommender systems. In detail, we compile the concept of a ready-to-use recommender system that aims at the improvement of product life-cycle cost management. This concept complements the expertise of experts by recommending how to further optimize product costs.

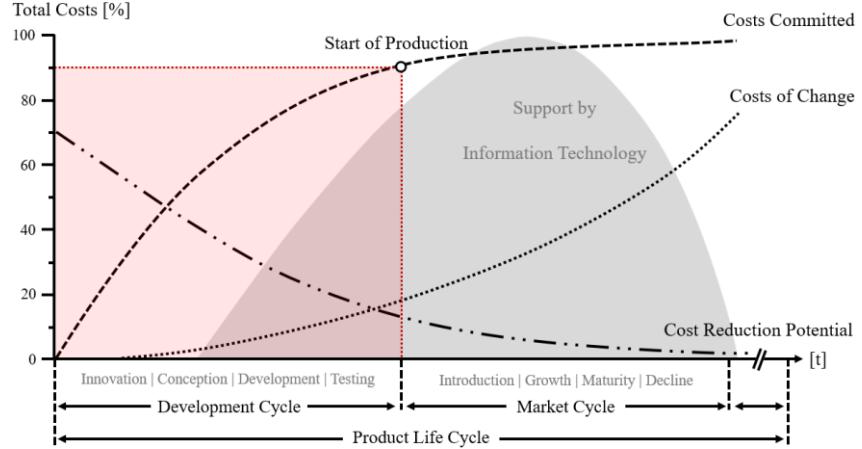
**Keywords:** Product life-cycle cost management, recommender systems, product-cost optimization, enterprise information systems

## 1 Motivation

Efficient cost management has become an indispensable success factor for the discrete manufacturing industry. One reason for the increased relevance of cost management is high competition in global markets in combination with shorter market cycles [1]. Companies need to sell their products at reasonable prices to ensure long-lasting economic success. Reasonable pricing is accomplished by optimal product costs (including such costs as development efforts, procurement costs and production costs) [2]. Therefore, the search for optimal product costs requires concepts that focus on the complete life cycle of a product from ideation to degeneration (Figure 1). Product life-cycle cost management (PLCM) is such a product-related, modern cost management concept, which addresses the challenges and weak points of classical product costing [3]. PLCM considers costs along the life cycle of a product by considering incurred costs in combination with the estimation of committed costs for the upcoming product life cycle [4]. With PLCM, cost analyses are already performed before start of

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

production (SOP). This is important since almost 90% of the total product costs are committed before SOP (Figure 1) [3].



**Figure 1.** Cost reduction potential along product life cycle ([5], adapted from [6])

Although the product development phase is the most important phase to influence and, therefore, optimize product costs, early product-cost optimization seems to lack software support (Figure 1). While ERP systems support product costing for the market cycle, there seems to be potential for further software support during the product development cycle. In 2008, Schicker et al. [7] examined the status quo of PLCM in industry. In total, 91% of the participants requested improved information system support for product costing within product development [7].

Having identified this potential to improve information system support for early product-cost optimization in general, we joined a co-innovation development session at SAP SE. During this session, we gained insights into the current state of applied PLCM and its software support. As a result, we identified the need in industry to find software-supported solutions that assist costing experts in cost optimization to exploit optimization potentials of the product development cycle (Figure 1).

As part of a long-term research project, which was introduced by Walter and Leyh in 2017 [5], we initiated the research on the application of recommender systems (RS) to improve information system support for PLCM and moreover, to enhance early product-cost optimization. We formulated the following research questions to structure our research into the potential of RS as a feature for product-costing software:

1. What are essential domain-specific aspects and requirements for recommender systems to support product-cost optimization?
2. What would a recommender system conception look like and which components as well as functionalities would be required?

To answer these research questions, the paper is structured as follows: The next section provides a research background on recommender systems. Subsequently, we introduce our research methodology. Based on our findings, we derive domain-specific

requirements for RS in the context of PLCM. Furthermore, we elaborate core components of a potential RS in PLCM to draft a high-level architectural system concept to overcome hurdles of early product-cost optimization. The paper concludes with a summary of research results.

## 2 Background on Recommender Systems

Recommender systems are nowadays a ubiquitous part of the internet, well known to users of online services like Amazon or eBay. RS basically provide recommendations about items that the user may like to see [8]. Everybody is familiar with messages such as “Customers who bought this item also bought...” [9]. RS were created to help users orient themselves in the ever-increasing diversity of information, products and services available online. Recommendations for movies and videos (Netflix, YouTube), jobs (LinkedIn), or texts (GroupLens) are only minor subsets of existing scenarios [8, 10].

Methods for generating recommendations differ on the basis of the data analyzed [9]. One widespread approach of RS methodology is content-based filtering (CBF) [11, 12]. CBF identifies items to recommend based on their attributes. It assumes that if somebody likes many items with similar attribute values, then he or she will also like other items with similar attributes [8]. Take, for example, the case of a user who bought several books from the genre “fantasy”. Based on this preference, a CBF system recommends other books from the same genre to this user. However, this approach can raise problems. A slightly different example could be that a user buys a printer. As people usually do not need multiple printers, recommending similar exemplars does not make any sense. Collaborative filtering (CF) is a method that overcomes this hurdle. CF assumes that if many people are interested in different items and some of those people are also interested in other items, then the rest of the people will also be interested in these other items [11, 12]. Recommendations in CF are mainly retrieved by analyzing users’ behavior and the comparison of user profiles [10]. Now, consider again the printer example. The CF system knows that other customers who bought a printer usually also buy ink cartridges and printer paper. With that community knowledge, the system can recommend such complementary items.

The success of the two RS approaches mentioned above strongly depends on the amount of ratings. In both RS approaches, new users explicitly or implicitly need to rate at least a few items to identify the user’s preferences (new user problem). In CF, ratings for new items are also required as the system cannot sense their appropriateness among the user base otherwise (new item problem). Beyond that, deep knowledge about users’ preferences and constraints are not taken into consideration [13]. Hence, another approach was developed called knowledge-based (KB) RS that achieves better accuracy of predictions integrating specific domain knowledge about certain item features and a user’s specific requirements [8]. KB RS emphasizes the user’s situation and how recommendations can meet the particular need in that situation. Assessing the same knowledge sources as CBF and CF, KB RS takes further information into account (e.g., specific requirements of the user). Such additional information is typically retrieved by interacting with the user (e.g., interactive dialogs) [13]. For example, CB and CBF can hardly recommend items that are not bought frequently, whereas a

KB RS can do so. Consider the following use case. A user wants to buy an apartment. Through interaction with the user, a KB RS can request personal attributes (e.g., income, family status) and can thus generate a suitable recommendation based on these, whereas neither CBF nor CF would be able to provide reasonable recommendations due to lack of prior knowledge [12]. The knowledge needed to interact with the user must be engineered and then explicitly encoded into a formal and executable representation by domain experts. This initial process is called knowledge acquisition and represents a bottleneck when developing KB RS, as it demands a lot of effort [14].

Each of these RS approaches has its individual disadvantages (e.g., new user problems for CB and CBF, knowledge acquisition bottleneck for KB RS). Synthesizing single technologies to a hybrid recommender system is a widespread approach to achieve some synergy between them and, thus, reduce individual disadvantages [9].

### 3 Research Approach

The purpose of this paper is to elaborate a RS concept for product-cost optimization during product development. It is necessary to consider industry's state of the art to ensure problem relevance, as argued in Rosemann et al. [15] and Österle et al. [16]. At the same time, we wanted to confirm earlier research results from Schicker et al. [7] concerning a lack of domain-specific functionality within PLCM software. Such access to practical knowledge is important in the context of PLCM since product costing and its methods rely on expert knowledge (e.g., analogous cost-estimating techniques [17]) and, moreover, current research [18] has identified industrial practice as the most important source to learn about cost-optimization projects.

We chose the discrete manufacturing industry as reference industry due to product complexity and, therefore, the need for extended cycles to develop products such as automobiles, airplanes, or special machinery [19]. To acquire knowledge concerning the reference industry, we were able to join a co-innovation session at SAP SE, where potential and current SAP customers discussed business concepts and software requirements for the on-going development of SAP Product Lifecycle Costing [20].

In order to gain insights into the status quo and identify problems with product-cost optimization across the discrete manufacturing industry, we hosted a workshop with 19 experts (including 8 product controllers, 5 project controllers, and 4 information technology experts) from international companies from the automotive industry and the mechanical engineering industry [5]. The aim of this workshop was to capture tacit knowledge regarding the process of early product-cost optimization and to elaborate objectives to overcome drawbacks of today's information systems [7].

In a first run, all participants with costing-related competences (i.e., product controllers and project controllers) answered the following questions among others [5]:

1. How, when and why do you optimize product costs?
2. What problems do you face when optimizing product costs (especially related to software support)?
3. Where and to what end could the provision of dedicated recommendations improve the optimization of product costs?

The individual answers were presented to the other costing experts, before the main results were condensed into a joint summary. In the second run of the workshop, this summary was introduced to the whole group of experts, whereby every expert had a chance to challenge and discuss the group results. Industry insights and process deficits collected during this workshop were published in Walter and Leyh [5]. To further strengthen our understanding of the cost-optimization process and to elaborate use cases for optimization measures, we conducted a second study. This study contains an interview series followed by an evaluation with additional domain experts [21].

Based on this research results, we identified cost optimization use cases that offer potential to be supported by software-based approaches. These use cases have formed a foundation for our subsequent construction-oriented research approach. Taking elaborated use cases and requirements into consideration, we followed a requirement driven design process [22] to draft a conceptual approach of a RS in context of PLCM as initial design stage, and therefore to answer the second research question.

## 4 Findings

Initially, we performed a market sounding to gain an overview about information system support aiming at the support of PLCM in general. Examples of such software are SAP Product Lifecycle Costing [20], aPriori Product Cost Management [23], Siemens Teamcenter Product Costing [24], and FACTON EPC Suite [25]. While there is domain-specific software available on the market in general, industry experts are demanding further functionality to improve software-supported cost optimization. Due to a lack of specific functionality, participants confirmed that spreadsheet software is still being used for a variety of tasks regarding early cost optimization [5]. Therewith, we can confirm earlier research results from Schicker et al. in 2008 [7].

But before thinking about new approaches on how to improve software support, we wanted to understand the circumstances of the optimization environment. On the one hand, there exists a huge product complexity. Through our workshop we learned that product cost estimations for one product consist of up to 35,000 single items that require to be costed and optimized during product development. On the other hand, optimization processes are highly dynamic with a variety of coherent as well as contrary optimization measures each being manually evaluated and applied under increasing time pressures (e.g., to prepare customer quotations). Participants stated that quotations in discrete manufacturing industry – containing product cost estimates for upcoming decades – in some cases must be prepared in only 2 business days.

As our workshop practitioners are fully aware of the potential of product-cost optimization during the development cycle (Figure 1), we were able to jointly elaborate the main objectives to be addressed with future functional approaches to enhance information system support for cost optimization [5]:

1. Reduction of manual effort
2. An integrative adoption (into existing PLCM software) to avoid data inconsistency
3. Reduction of costing complexity by centrally accessing optimization measures

As a next step for our research it was necessary to identify potential use cases which a software-based approach must support. Since experts highlighted the importance of accessing optimization measures, we based our use case elaboration on the evaluation of applied measures among discrete manufacturing within our second study [21]. The result of this study by Walter et al. [21] shows a variety of optimization measures in relation to their relevance (scores from 0 to 10) for different branches (Table 1).

**Table 1.** Optimization measures being used during product development [21]

<i>Optimization Measures</i>	<i>Average Score</i>		<i>Std. Dev.</i>
	<i>Overall</i>	<i>Automotive</i>	
Alternative concept and product designs	7.33	7.75	7.50
Alternative reference components, assemblies, materials, and recipe ingredients	7.06	7.00	7.00
Alternative production plants	7.29	7.82	7.75
Alternative production processes and production process optimizations	6.56	7.08	4.50
Lot size and cycle-time optimizations	4.88	5.80	1.75
Material price optimization	7.78	8.25	7.25
Make-or-buy decisions	7.83	7.92	8.25
Investments in tools or equipment	5.88	7.73	2.50
Optimization of logistics costs	5.61	6.58	4.25
			2.69

## 5 Conception of a Recommender System for PLCM

### 5.1 Transform Optimization Measures into Recommendations

With the knowledge about optimization measures (Table 1) we were confronted with a variety of measures addressing different needs during product development projects each requiring a variety of different organizational stakeholders (e.g., purchasers, product engineers, process engineers, and logistic experts). Based on the main objective to centrally access optimization measures (see Section 4), we identified RS as one technique to fit our requirements. In particular, RS provide an easy, intuitive guidance for users (see Section 2) in a diversity of information. In parallel, we identified such a situation with the need to generalize access within a broad bandwidth of information such as 35.000 items to be costed during product development (see Section 4).

To develop an artifact that could serve as basis for iterative evaluation and development, we needed to elaborate an initial design stage for our construction-oriented research approach. How do we bridge the gap between typical RS-use cases and an optimization-use cases as described in Section 4? A simple make-or-buy recommendation could be: “Producing assembly X in plant B could lower production costs by 50 €”. The search for alternative items or assemblies can be turned into a recommendation as well: “In the past, users replaced assembly A by assembly B for product Y. For the current product X, this replacement would reduce total costs by 50 €. Apply recommendation?”. We want to seize common RS functionalities (Section

2) to generate recommendations. However, due to the complexity of cost-estimate structures, iterating all items within a cost estimate and checking for all available optimization measures is not a valid solution. Such an approach would easily lead to performance issues, an information overload for the user and, in the worst case, pure mathematical optimization problems. Therefore, we rely on existing approaches described in Section 2.

We want to offer global recommendations for the whole product cost estimate based on optimizations made in the past (exploit organizational knowledge) by applying CF. Context-sensitive recommendations, on the other hand, are triggered on the level of single-cost items, and are based on CBF. When the user navigates to a specific cost item within the costing estimate, possible optimization measures are validated corresponding to its attributes. If possible, the potential financial savings that can be achieved by accepting a recommendation should be displayed to enhance the user's ability to make faster decisions on evident recommendations. In such optimization recommendations and therefore in the application of RS, we see an opportunity to challenge the high time pressure during product development (Section 4).

## 5.2 Requirements toward Recommender Systems in PLCM

In our requirement analysis, we noticed that the application of a RS in the context of PLCM relates to domain-specific requirements. At first, we collected universal requirements valid for any kind of RS, based on a literature review on evaluation criteria and RS properties [8, 26]. The list of requirements addresses quality characteristics such as a high prediction accuracy, an item coverage, serendipity, or diversity. Furthermore, the knowledge from our findings (Section 4) helped us to identify requirements which are particularly relevant for a RS in PLCM. We value the following requirements as the most critical ones to continue our construction-oriented research approach in the given domain:

- The process of generating recommendations should be transparent for the user in order to increase confidence in the information system support.
- The system should be capable of learning and thus improving the quality of recommendations.

During the innovation sessions, the experts stated their concerns about the feasibility of recommendations made by a system, as they are responsible for providing fully traceable and reasonable cost estimates – which can be ruined by calculations based on erroneous assumptions [5]. Therefore, it is necessary to enhance the recommendations by utilizing detailed information about its accomplishment. Comprehensible explanations are a success factor to increase the transparency of the purpose of the system as well as users' satisfaction and their confidence in the system [27].

In Section 2, we stated that KB RS can gain specific domain knowledge through user interaction to increase recommendation quality. By enabling users to reject recommendations, we want to follow this approach. Users should provide additional information about the reasons for their decisions. Consider the following example. The RS recommends production of an item in *plant A* instead of *plant B*. The user knows

through his or her expert knowledge that it is not possible to produce the item in *plant A* (e.g. because of strategic plant utilization). To retrieve the expert's knowledge, the system proposes a set of possible answers. A conceivable set could be: “*It is not possible to produce item X in plant A. Please specify the reason for the rejection: [ ] strategic plant utilization, [ ] local content restrictions, [ ] other: ...*”. The system transforms the answers into knowledge content so that the newly acquired knowledge can steer further recommendation generation processes.

### 5.3 Essential Aspects of a Recommender System in PLCM

Based on the theoretical foundations of RS (Section 2) and the knowledge gained during the requirements analysis, we derived a concept of an RS for PLCM. We worked out a set of main aspects that needed to be included to provide a basic functionality. Besides basic functionality, further aspects were considered to improve the quality of the RS. When we had elaborated these aspects, we transformed them into abstract software components from which we deducted a high-level architectural concept.

As declared in previous sections, recommendations made by our system are based on relevant product cost-optimization measures (Table 1). These measures are collected within a dynamically extended catalogue of optimization measures. We distinguish between global recommendations based on CF and context-sensitive recommendations based on CBF (Section 4). The CBF recommendations are generated in real time for particular items or assemblies that the user is currently working on. Focusing on item characteristics and attributes (e.g., production plant, supplier, or product characteristics), our system validates possible optimization measures and, in the case of success, transforms them into recommendations. Consider the following example. While using PLCM software, a product costing expert selects *assembly X*, which is planned to be produced in *plant A*. By analyzing corresponding data, our system validates that *assembly X* can also be produced in *plant B* or *plant C*. As a result, our system recommends alternative production plants (if the impact is advantageous). Besides those attribute-related CBF approaches, CF is considered for retrieving our global optimization recommendations. Due to logging and analyzing the product costing expert's optimization activities, additional recommendations can be derived for other experts. For example, when a set of screws is replaced in one product's cost estimate, those screws may also be replaced in another product. To support CF use cases, a logging module should be implemented to analyze historical data. Global recommendations are shown directly when a user opens a cost estimation structure of a product. To do so, the setup of a database for frequently retrieved recommendations is essential for our system.

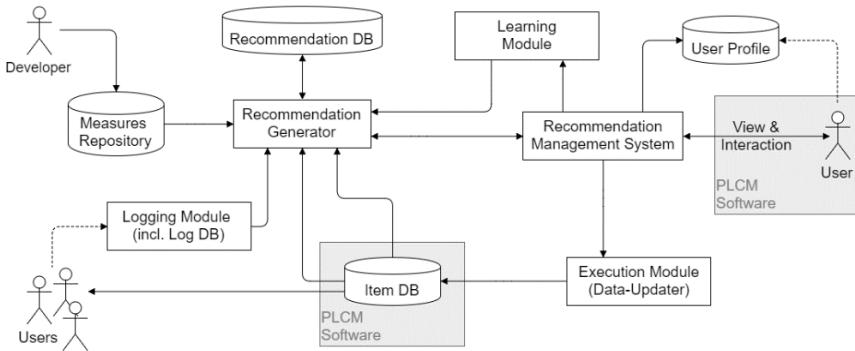
As companies are, in terms of processes and structures, heterogeneous constructs, the need for configurable software is an essential requirement [28]. The quality of RS can be increased through utilization of interactive KB RS (Section 2) [13]. Related to this interactivity, the systems' ability to learn is another important aspect. From the perspective of a product-costing expert (as of any other user), it is unsatisfactory to get a similar set of non-applicable recommendations repeatedly. Hence, a system needs to learn by user interaction which recommendations are value-adding and which are

not [29]. The demand for such behavior leads to a configurable and teachable system based on knowledge-based recommender technologies [8]. Implementing this functionality satisfies the need for a system with ongoing learning capability (Section 4). The use of KB RS in combination with CBF and CF makes our system a hybrid RS (Section 2).

Multiple recommendations can influence each other when they exist at the same time [30]. Imagine a certain material is required to produce an assembly and two recommendations are made: the first (*recommendation A*) recommends purchasing the item from an external supplier, while the second (*recommendation B*) recommends the production in a different plant. What is the system supposed to do with *recommendation B*, when the user accepts *recommendation A*, or vice versa? Accepting *recommendation A* does not automatically imply the invalidity or change of relevance of *recommendation B*. Rejecting all other recommendations for the selected item may lead to a loss of optimization potential. Therefore, interdependencies between recommendations have to be validated and resolved.

#### 5.4 High-level Architecture of a Recommender System in PLCM

To visualize the concept of an RS that improves PLCM, we deliberated over a component-based high-level architecture (Figure 2). Driven by the idea of transforming optimization measures into recommendations we elaborated our architecture model by translating former deliberated aspects (Section 5.1) into software components. We enriched these domain-specific components by RS modules as suggested by Imran et al. [31] and synthesized all components into a holistic model. Furthermore, the architecture is expanded by user roles including their interaction correlations.



**Figure 2.** Component-based high-level architecture of a recommender system in PLCM

The directional arrows in Figure 2 indicate the direction of data access, whereby dashed lines indicate not explicit access, but implicit access gained by interpreting the user's behavior. Our system is primarily managed by the Recommendation Management System (RMS). It manages the interaction with the users. The user interface must be adaptable for available PLCM software as elaborated in Section 4. We suggest

separating the presentation logic and the control logic of the RS to ensure the interchangeability of the user interface depending on the underlying PLCM software. The independence of the presentation layer can be achieved by following the architectural pattern Model-View-Controller (MVC) [32]. The RMS forwards feedback retrieved from the user (explicit or implicit) to the Learning Module. This module includes a knowledge database and is used to improve recommendation quality through KB RS functionalities. One conceivable approach is reinforcement learning, where the learning effect is achieved by the repetitive interpretation of positive (applied recommendations) or negative (rejected recommendations) feedback [33]. When a recommendation, which includes proposed data changes, is accepted, the RMS also initiates the application of optimization measures at the Execution Module. The database of PLCM software serves as the Item Database, where all cost-estimate items are stored. It includes all relevant cost items of any product-cost estimate. The data layer should also be separated from the presentation logic and control logic by MVC to enable integration into different PLCM tools. Corresponding data updates are initiated by the Execution Module over provided interfaces. The RMS requests the recommendations, which are shown to the user from the Recommendation Generator (RG). The RG generates recommendations based on information from several different data sources. Digital representations of available optimization measures are stored in the Measures Repository, which can be extended dynamically. The RG transforms these measures into recommendations integrating CBF and CF algorithms. Furthermore, the RG takes information from the Learning Module in account to enhance the recommendation quality. Historical data about optimization activities are stored in and retrieved from the Logging Module, which is used to generate global recommendations. Corresponding recommendations are continuously updated in the Recommendation DB to be available to the user at any time.

## 6 Conclusion and Future Work

Product development is the most important phase to leverage optimization potentials and to ensure overall economic success. Therefore, the lack of information system support in early product-cost optimization is astonishing, but has been confirmed by a variety of business experts from the discrete manufacturing industry. Product-costing activities during the market cycle are covered by ERP systems. Main product-costing activities within the development cycle are nowadays supported by costing software. However, optimization of product costs is still impeded by enormous amounts of data, which need to be evaluated under increasing time pressures. Optimization operations are indeed applied manually by experts. In this article, we suggest the application of a recommender system to supplant manual efforts and improve product-cost optimization. This RS generates recommendations relating to optimization measures that are relevant for the industry.

Following a comprehensive analysis of common scientific and domain-specific requirements of an RS within PLCM, we identified essential aspects that need to be considered for future implementations. Our approach follows the concept of hybrid RS. It is a necessarily configurable approach supporting heterogeneous organizations within

discrete manufacturing industries. Furthermore, the integration of learning mechanisms is indispensable to improving recommendation quality gradually. We transformed these aspects into a component-based high-level architecture (Figure 2). Transforming this architecture into a recommendation system is addressing major objectives to overcome hurdles in today's product-cost optimization, especially for large cost estimates that are required to be optimized within a limited period of time. This concept should not replace, but complement the expertise of experts by recommending possibilities to further optimize product costs.

Further research in this area should concentrate on the iterative development of artifacts like proof of concepts to evaluate the proposed system concept [34]. What could be taken into further consideration is the integration of additional optimization dimensions besides costs, such as ecological aspects, risks, and quality. Moreover, attention should be paid to sophisticated information presentation for recommendation details in order to heighten both the transparency and the traceability of the system to the users.

## References

1. Joos, T.: Controlling, Kostenrechnung und Kostenmanagement - Grundlagen - Anwendungen - Instrumente (in German). Springer Gabler, Wiesbaden (2014)
2. Georg, S.: Cut! Rezepte für ein wirkungsvolles Kostenmanagement (in German). Vahlen, München (2016)
3. Hansen, D.R., Mowen, M.M.: Cost Management Accounting and Control. Thomson South-Western, Mason (2006)
4. Schild, U.: Lebenszyklusrechnung und lebenszyklusbezogenes Zielkostenmanagement (in German). Deutscher Universitäts-Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden (2005)
5. Walter, M., Leyh, C.: Knocking on Industry's Door: Product Cost Optimization in the Early Stages Requires Better Software Support. In: IEEE 19th Conference on Business Informatics. CBI 2017, Thessaloniki (2017)
6. Eigner, M., Stelzer, R.: Product Lifecycle Management: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. Springer, Heidelberg (2009)
7. Schicker, G., Mader, F., Bodendorf, F.: Product Lifecycle Cost Management - Status quo, Trends und Entwicklungsperspektiven im PLCM - eine empirische Studie (in German). In: Arbeitspapier Wirtschaftsinf. II (02/2008). Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg (2008)
8. Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B.: Recommender Systems Handbook. Springer, New York (2015)
9. Burke, R.: Hybrid Web Recommender Systems. In: Brusilovsky, P., Kobsa, A., Nejdl, W. (eds) The Adaptive Web. LNCS, vol. 4321, pp. 377-408. Springer, Berlin, Heidelberg (2007)
10. Klahold, A.: Recommender Systems - Grundlagen, Konzepte und Lösungen (in German). Vieweg+Teubner, Wiesbaden (2009)
11. Mettouris, C., Papadopoulos, G.A.: Ubiquitous recommender systems. In: G.A. Computing 96 (3), 223-257. Springer, New York (2014)
12. Mandl, M., Felfernig, A., Teppan, E., Schubert, M.: Consumer decision making in knowledge-based recommendation. In: J Intell Inf Syst (2011) 37(1), pp 1-22 (2011)
13. Felfernig, A., Burke, R.: Constraint-based Recommender Systems: Technologies and Research Issues. In: ICEC '08 Proceedings of the 10th international conference on Electronic commerce, Innsbruck, Article 3. ACM, New York (2008)

14. Felfernig, A., Friedrich, G., Jannach, D., Zanker, M.: Constraint-Based Recommender Systems. In: Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B. (eds.): *Recommender Systems Handbook*. Chapter 5, pp. 161-190. Springer, New York (2015)
15. Rosemann, M., Vessey, I.: Toward Improving the Relevance of Information Systems Research to Practice: The Role of Applicability Checks. In: *MIS Quarterly*, 32(1), 1-22 (2008)
16. Österle, H., Otto, B.: Consortium Research. *Bus Inf Syst Eng.* 2, pp. 283-293 (2010)
17. Asiedu, Y., Gu, P.: Product Life Cycle Cost Analysis: State of the Art Review. *International Journal of Production Research*. 36(4), 883-908 (1998)
18. Mörtl, M., Schmied, C.: Design for Cost - A Review of Methods, Tools and Research Directions. *Journal of the Indian Institute of Science*. 95(4), 379-404 (2015)
19. Roda, I., Garetti, M.: TCO Evaluation in Physical Asset Management: Benefits and Limitations for Industrial Adoption. In: Grabot, B., Vallespir, B., Gomes, S., Bouras, A., Kirlitsis, D. (eds.) *Advances in Production Management Systems 2014. Proceedings, Part III*, pp. 216-223. Springer, Berlin (2014)
20. Vosough, Z., Walter, M., Rode, J., Hesse, S., Groh, R.: Having Fun with Customers: Lessons Learned From an Agile Development of a Business Software. In: *Proceedings of 9th Nordic Conference on Human-Computer Interaction (NordiCHI'16)*. ACM, New York (2016).
21. Walter, M., Leyh, C., Strahringer, S.: Knocking on Industry's Door: Needs in Product-Cost Optimization in the Early Product Life Cycle Stages. *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly (CSIMQ)*. 13, 43-66 (2017)
22. Braun, R., Benedict, M., Wendler, H., Esswein, W.: Proposal for Requirements Driven Design Science Research. In: Donnellan, B., Helfert, M., Kenneally, J., VanderMeer, D., Rothenberger, M., Winter, R. (eds) *DESRIST 2015: New Horizons in Design Science: Broadening the Research Agenda*. Proceedings, pp. 135-151. Springer, Cham (2015)
23. aPriori Product Cost Management, <https://www.apriori.com/products> (Accessed 06.11.2017)
24. Teamcenter Product Costing, <https://www.plm.automation.siemens.com/de/products/teamcenter/product-cost-management/> (Accessed 06.11.2017)
25. FACTON EPC SUITE, <https://www.facton.com/software/facton-epc-suite> (Accessed 06.11.2017)
26. Wu, W., He, L., Yang, J.: Evaluating recommender systems. In: *Seventh International Conference on Digital Information Management ICDIM 2012*. IEEE, Macau (2012)
27. Tintarev, N., Masthoff, J.: A Survey of Explanations in Recommender Systems. In: *ICDEW '07 Proceedings of the 2007 IEEE 23rd International Conference on Data Engineering Workshop*, pp. 801-810. IEEE Computer Society, Washington (2007)
28. Quéval, M., Männistö, T., Ricci, L., Probst, C.W.: Modelling Configuration Knowledge in Heterogeneous Product Families. In: *Proceedings of the IJCAI 2011 Workshop on Configuration*, pp. 9-16. CEUR Workshop Proceedings, Aachen (2011)
29. Rubens, N., Elahi, D., Sugiyama, M., Kaplan, M.: Active Learning in Recommender Systems. In: Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B. (eds.) *Recommender Systems Handbook*, pp. 809-846. Springer, New York (2015)
30. Ziegler, C.N.: *Social Web Artifacts for Boosting Recommenders*. Springer, Cham (2013)
31. Imran, H., Belghis-Zadeh, M., Chang, T.W., Kinshuk, Graf, S.: A Rule-Based Recommender System to Suggest Learning Tasks. In: Trausan-Matu S., Boyer K.E., Crosby M., Panourgia K. (eds) *Intelligent Tutoring Systems. ITS 2014. Lecture Notes in Computer Science*, 8474, pp. 672-673. Springer, Cham (2014)
32. Sommerville, I.: *Software engineering*, 9th Edition. Addison-Wesley, Boston (2011)
33. Portugal, I., Alencar, P., Cowan, D.: The Use of Machine Learning in Recommender Systems: A Systematic Review. *Expert Systems with Applications*. 97, 205-227, in press (2017)
34. Hevner, A.R., March, S.T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*. 28(1), 75-105, MIS Research Center, Minneapolis (2004)

# A Maturity Model for Business Model Management in Industry 4.0

Sarah Rübel<sup>1</sup>, Andreas Emrich<sup>2,3</sup>, Sabine Klein<sup>2,3</sup>, and Peter Loos<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Saarland University, Saarbrücken, Germany

s9sarueb@stud.uni-saarland.de

<sup>2</sup> German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Saarbrücken, Germany

{andreas.emrich, sabine.klein, peter.loos}@dfki.de

<sup>3</sup> Institute for Information Systems (IWi), Saarland University, Saarbrücken, Germany

{andreas.emrich, sabine.klein, peter.loos}@iwi.uni-sb.de

**Abstract.** In a continuously changing business environment and the era of digitalization, business models need to adapt constantly to allow organizations to differentiate themselves from their competitors and to secure their economic survival. However, organizations are neither able to review their business model management nor systemize it productively. Hence, the combination of Industry 4.0, business model and business model management aspects emphasizes an organization's potential and results in an increased competitive and operational success. To guide an organization's advancement, a maturity model for business model management is developed, which delivers assistance suitable to an organization's requirements and strategic orientation. It assesses the organization's current maturity level and proposes sequential steps to advance towards a refined business model and process mastery by indicating improvement potentials. Thus, the maturity model links an organization's existing organizational and operational knowledge to new concepts and makes it accessible through a modified business model for Industry 4.0.

**Keywords:** maturity model, process mastery, business development, digitalization, business model innovation

## 1 Introduction

### 1.1 Motivation

Today, companies striving to survive in an increasingly ambitious environment need to undergo substantial transformations. To achieve durable success in the market business models can be utilized as a navigation instrument. Therefore, business model management needs to be equipped to react, enable and control those newly emerging business models. Thus, organizations discovered the potential of Industry 4.0 as an opportunity to thrive, boost their revenue and improve customer satisfaction. [1-3] To measure the degree of progress and advancement, maturity models were developed. Usually applied to new technologies, their goal is to provide insight into continuous

process improvement and status quo analysis [3]. As a whole, the maturity model describes an anticipated, desired or typical development trajectory [4]. It therefore serves as a scale to evaluate the management of the considered objects of a selected domain [5]. Maturity models also represent theories about organizations' capabilities to evolve in a stage-by-stage manner along an anticipated, desired, or logical path [6], which proves them to be a versatile tool in achieving process mastery.

By combining the three competences of Industry 4.0, business models and maturity models, a framework for optimization can be constructed. The adaption of business models through management while including aspects of Industry 4.0 can be measured with the help of a maturity model by classifying management processes and ranking them towards process mastery. This helps companies to renew business models to drive innovation. Hence, a maturity model can guarantee confirmation of business model management's performance and to measure its capability and success.

## 1.2 Problem Statement

To internalize newly generated knowledge, implicitly available knowledge has to be collected, documented and transferred to explicit knowledge [7]. Ideally, organizations should recognize problems or not yet optimized factors and advance. Hence, a maturity model for business model management in Industry 4.0 will enable companies to strive towards an optimized business model in order to benefit according to their strategic goals, responsibility and spirit.

However, a structured business model management rarely exists and companies could struggle to associate obstacles in one sector of their company to solutions or obstacles in another sector. This is especially the case in the era of Industry 4.0 where changes occur frequently and require organizations to keep up. Flawed operational decisions can lead to a downward spiral if not interrupted by alert systems such as a decrease in profit [8]. A maturity model, in which a company's status quo can be categorized, provides a proposition of steps to be taken in order to prevent this downward spiral and loss of control [1]. It poses a clear structure of steps, which can be applied to a company depending on its strategic orientation.

## 1.3 Objective

This paper's aim is to detect how modified business models can be managed to generate assistance, guidance and, hence, profit for a company by developing a maturity model for business model management in Industry 4.0. The development will follow a procedure model and the intermediate results of adopting or altering business model management have to be visible in the maturity model. Therefore, multiple stages representing process advancement must be defined to create an evolution of steps with the goal of process mastery of each respective element.

The model's purpose is to identify improvement potentials. Hence, a business model needs to be matched to the maturity model's stages by analyzing its own processes. It also needs to give information about further approaches, show already adopted measures and indicate the significance and effectiveness of business model

management. The model's evaluation can be outlined but will not be conducted. The maturity model's levels provide indications about required alterations to the business model orientation and enables business model management. In the end, the maturity model reveals a business model management, which manages the company's ideal business model and adds value to a company.

#### 1.4 Methodology

The maturity model is based on the design theory in information systems and the design science approach [4,5,10]. The procedure model for maturity model construction [9] led through the development process providing an outline of the order in which the maturity model components were derived. It depicted the elements relevant to the maturity model.

For this paper, research concerning existing maturity models and maturity models in Industry 4.0 were reviewed. The maturity model's development in section 3 focuses on the procedure model and the derivation of the underlying business model in Industry 4.0. Requirements for a successful maturity model construction were identified and defined through a literature analysis. Following the model's construction and item selection, the evaluation approach is discussed in section 4. The conclusion in section 5 presents future implementation and improvement potentials.

Preliminary to the maturity model construction, the business model for Industry 4.0 was developed [11]. The included elements originated from a literature analysis. A requirement analysis for maturity models and process based quality models was conducted to determine factors for the maturity model's continuous operation. Additionally, the business model's items were derived from the resulting business model. They were subdivided into an advancing sequence towards process mastery.

The relevant literature is extracted from the databases Springer, IEEE Xplore, Google Scholar and Citeseer. They were searched for the terms: "maturity model", "business model management", "Industry 4.0", "business model", "business model innovation", "Industry 4.0 challenges" and "business model maturity model" among others.

Qualifying articles and papers were taken into account, regardless of their publication date. When multiple articles and journals described the same facts, the newest article was considered. Furthermore, the weighting factors quantity, information content and amount of citations of those papers were examined and then considered if they added value to the maturity model and covered this paper's topic.

## 2 Related Work

### 2.1 Existing Maturity Models

From developments in the software industry, various models derived some years later. Three of these models are still applied in the software industry: CMMI [12], SPICE [13] and BOOTSTRAP [11, 12]. The most prominent maturity model is the Capability Maturity Model Integration (CMMI). Its aim is to continuously improve processes in software development by applying them to five maturity levels, which all

have their individual generic goal with characteristics and requirements. To fulfill the criteria for the next level, all requirements of the next level have to be met as well as all previous requirements. Due to the maturity levels' structure, it displays the recommendation for action making it more practicable. This generates a foundation for assessing process maturity and indicates strategies to optimize processes [12]. Based on the assumption of predictable patterns of organizational evolution and change, maturity models represent theories about how organizations' capabilities evolve in a stage-by-stage manner along an anticipated, desired, or logical path [6].

Different models display the functionality and structure and are, therefore, representable for all models—specially, since they are still general enough to be used for the Business Intelligence domain with slight modifications [16]. By regarding different maturity models, it can be decided which approach to choose to develop a model applicable for business models in Industry 4.0. In this case, the most promising characteristics of each model can be derived to form a new, goal-oriented model.

## 2.2 Maturity Models in Industry 4.0

A common procedure to methodically support the implementation of Industry 4.0 has not yet been established throughout the industry and, hence, maturity models are not notably common as well. Moreover, procedure models are generally applied [17], which mostly lack a specific assessment or measurement [18].

Industry 4.0 enables the management and optimization of entire value networks through the development of intelligent monitoring systems and autonomous decision processes. This vertical integration of entire organizations with embedded systems can lead to new business models and optimization in logistics and production. It can, therefore, be utilized to facilitate operational process optimization [19] and form dynamic networks, which require innovative tools to plan, regulate and control new concepts deriving from Industry 4.0. As a consequence, interrelations and interdependencies emerge from the integration of various components [20].

The acatech Industry 4.0 Maturity Index focuses on processes in manufacturing companies applying Industry 4.0 technologies. By colliding an organizations current situation, capabilities can be determined which need to be adopted in order to enable Industry 4.0 from a strategic point of view. The six-stages index assesses the organization according to structural and functional areas [21].

One CMMI inspired maturity model found discusses Industry 4.0 and is constructed with five steps. It considers descriptive characteristics of Industry 4.0 and takes the number of those applied into account. Hence, technologies are the foundations of this model and their impact on the maturity depends on the phase it is assigned to. If a technology is applied and appears in the model, it is considered a match. All matches are added up and count towards the maturity level. The result is a trend in the organization's handling with Industry 4.0 [22]. The higher the maturity level, the lower the risks when establishing and introducing a new technology [23].

### 3 Maturity Model Development

#### 3.1 Procedure Model

To support the maturity model's development, design a model range and enable the evaluation of results, a guideline needs to be established. Therefore, a procedure model was chosen, which distinguishes between six different phases [9].

For a holistically applicable model, all criteria affecting the maturity stages and functionality can be determined with the chosen procedure model. Hence, by identifying all influence factors, information about the practitioner's process mastery can be optimized. This procedure model delivers a development process specifically for maturity models in the context of performance management with which a maturity model can also be assessed at the same time [9]. Its underlying requirements are based on design science to guarantee a steadily increasing solution quality [10].

Key Partners	Key Activities	Value Proposition	Customer Relationship	Customer Segment
<ul style="list-style-type: none"><li>• Added Value Partners</li><li>• Value Proposition Cooperation</li><li>• Partner</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Automated Optimization</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• USP</li><li>• Object</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extent</li><li>• Customer Relationship Management</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Market</li><li>• Customer Area</li><li>• Customer Region</li></ul>
	<b>Key Resources</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Means of Production</li><li>• Knowledge/ Know-How</li><li>• Employees</li><li>• Finances</li><li>• Data</li><li>• Technology</li><li>• Partner Network</li></ul>		<b>Channels</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sales Channels</li><li>• Extent</li><li>• Scope</li><li>• Orientation</li></ul>	
Cost Structure		Source of Income		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cost Orientation</li><li>• Use Orientation</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Types</li><li>• Pricing</li><li>• Method of Payment</li></ul>		

**Figure 1.** Business Model in Industry 4.0 based on Business Model Canvas

#### 3.2 Business Model Management in Industry 4.0

Business models in Industry 4.0 differ from common models regarding their performance in partners, added values, resources and activities. This is mostly because the recent era of digitalization left a gap in the world of digital business, which needs to be filled [24]. Furthermore, Industry 4.0 enables values based on individualization, interaction and hybridity and allows access to Big Data through professional approaches and tools to accomplish business model development [25].

Industry 4.0 triggers a proactive behavior in organizations and their business model and enables opportunities to differ from their former core business. This can be regarded as ambivalent technology innovation and ambivalent business models [26].

However, no business model was found which describes an Industry 4.0 business model needed to base the maturity model on. The structure of the underlying Industry 4.0 business model depicted in *figure 1* therefore provides the first stage of content for the maturity model. Hence, the business model canvas' nine building blocks and their respective elements pose the business model's outline. It was created by merging information about the business model canvas, Industry 4.0 and data derived from the Bitkom handbook [27]. The elements describe the structure of any organization completely and to their entirety. However, selected elements are not disjoint. Hence, multiple elements can be chosen in order to describe an organization's business model. The entrepreneurial mode of business model management aims for risk affinity and change promotion, whereas the adaptive mode pursues consensus regarding reactivity and gradual adjustments. The planning mode prefers analytical procedures to reach target values and establish complex strategies [28]. The management aspect of business models derives from the strategic adaption of business models through the maturity model.

### 3.3 Requirements for Process-Based Quality Models

Besides content-related specifications, requirements for process-based quality models need to be established and elucidated. Essential specifications for the operationalization of quality are completeness, adaptability, comprehensiveness and sustainability, which were derived from literature involving general requirements for quality models [29].

**Completeness.** All relevant quality characteristics have to be taken into account when constructing a maturity model [29]. Multiple elements of one cluster can be chosen simultaneously in order to improve business model management and move to the following maturity stage. The maturity model itself must be complete as well – in the sense of it complying with certain requirements facing completeness in the long run – those necessities being the potential of improvement, multidimensionality, focus, functionality, reliability, usability and efficiency. If mentioned specifications are all met, then the condition of completeness is sufficiently accomplished [30].

**Adaptability.** Business models are exposed to constant change. Thus, so are the technologies, processes, methods, techniques change entails and so is their management. The matching requirements, individual elements or process steps can therefore be exchanged at any time. Hence, the adaptability of the maturity model is given [31]. Furthermore, the practitioner has to possess methodical knowledge and expertise in the field of business models, their management, Industry 4.0 and emerging technologies to ensure an optimal adaptability of the maturity model [15].

**Comprehensiveness.** In order for a quality model to be comprehensive, it needs to be unambiguous, consistent and have the lowest complexity possible [31].

**Sustainability.** Sustainability explains how much the model succeeded over time and to what extent the model is expected in order to prove it practically relevant. One important factor towards sustainability is an empirical foundation, where an extensive literature analysis occurs and experts are questioned. This increases the chances of the model being accepted throughout the industry and being applied universally [15].

### 3.4 Maturity Model Construction

The model's construction depends on the definition of aspects regarding the model's requirements to enable the assessment of its validity later on. Thus, four distinct requirements were identified and will be explained and defined in the following.

**Purpose.** The maturity model is expected to continuously improve processes by mastering processes of business model management in organizations where Industry 4.0 components can be implemented. Hence, the scope of application can be described as general opposed to domain-specific. This first version of the maturity model is intended for an internal audience due to confidentiality obligations. Organizations need to have an established drive for implementing Industry 4.0. This is necessary, because the maturity model is developed to enable assessments of business model management in Industry 4.0. Otherwise, many elements of the model cannot be matched to the actual business model and therefore distort achieved results.

**Generic Objective.** The maturity model poses a guideline for the development or alteration of a successful Industry 4.0 capable business model management. Additionally, management can discern where progress did not advance as anticipated. It is crucial that the model's goal is not solely the assessment of maturity but also focuses on the factors that influence further evolution and change – specially, when considering that Industry 4.0 can never be an “end state”.

**Structure.** The maturity model's structure follows the business model's design. Hence, the business model's nine building blocks separate into independent elements, reflecting a fundamental and distinct characteristic of the business model. Besides the five final, steadily advancing maturity levels, several other criteria need to be displayed. The process steps are arranged in sequential order along one axis whereas the business model elements' order can be displayed at random or to the preference of the practitioner along the other axis. Since business models can be subdivided into fragments, it can be determined beforehand what criteria underlie the individual elements. Business model elements become indicators for each maturity stage. These elements qualify for the ranking system applied in maturity models and are chosen to represent the maturity levels. Their attributes and requirements, however, illustrate with which characteristics and specifications these elements may be improved. Requirements, are specifications of actions, standards, methods or technologies necessary for the successful implementation of an Industry 4.0 business model. Attributes are characteristics, consequences or impacts unique to Industry 4.0 business models and, hence, their management.

**Stages.** There are five possible maturity levels to be reached, the higher the level, the more mature the business model. By dividing the model into different performance levels and criteria, an objective basis for a target-oriented evaluation is created [3].

Hence, the staged function is chosen opposed to the continuous function, since it adapts best to the conditions given and provides a clear path for further improvement. The individual stages' characteristics and descriptions are determined according to the chosen items' process mastery and can be defined generically for the entire maturity model. Respective items can be found in *table 1*. The degree of achievement of each business model element, however, is customized for each respective element.

**Table 1.** Business Model Management Items for Maturity Model

Building Blocks	Business Model Elements	Items
Customer Segment	Market	Market Selection
	Customer Area	Customer Area Selection
	Customer Region	Expansion of Customer Region
Value Proposition	Object	Product and Service Adaption
	USP	Automated USP Evaluation
Channels	Sales Channel	Sales Channel Adaption
	Extent	Selection of Channel Extent
	Scope	Acquisition of New Channels
	Orientation	Selection of Orientation
Customer Relationship	Extent	Implementation of one Direction
	Management	Customer Integration
	Types	Automated Type Evaluation
Source of Income	Types	Automated Adaption
	Pricing	Optimization through System Solutions
	Method of Payment	Customer Individualized
Key Resources	Means of Production	Data Integrated Optimization
	Knowledge/ Know-How	Conquering New Training Areas
	Employees	Optimization of Employee Motivation
	Finances	Automated Financial Source Selection
	Data	Business Model Enhancement
	Technology	Development as Provider and Operator
	Partner Network	Extension of Partner Network
Key Activities	Automated Optimization	
Key Partners	Added Value Partners	Competitive Success Through Systems
	Value Proposition Cooperation	Joint Elaboration of Business Models
	Partner	Standardization and Transparency
Cost Structure	Cost Orientation	Cost Structure Optimization
	Use Orientation	Selection/ Optimization of Orientation

*Implicit.* This stage identifies the business model elements by describing the stage of process progress. This step is based on experience and generated without norms.

*Defined.* Based on the level of process mastery from the previous maturity stage, this stage includes the theoretical background and information about goals and the scope

of possibilities. Screening potential features and designating factors generate a more exclusive knowledge about the advancement of process mastery. This can ultimately lead to a better understanding of business process management.

*Validated/ Standardized.* The third stage provides confirmation about the selected features' performances by applying methods, techniques and technologies in order to assess collected data to increase overall efficiency. This way, standardization can be achieved and Industry 4.0 technologies can be implemented to detect further improvement potentials as well as establishing computer-aided approaches to generate harmonization and compatibility of different selected features.

*Analyzed.* During this stage, the selected features' opportunities are analyzed and adapted according to analysis results and validity of the preceding maturity level. For this purpose, required technologies may be implemented to advance the maturity level towards process mastery and optimized management while also applying benchmarking, factor and data analyses, customer surveys and conducting research.

*Optimized.* The final stage consists of the definite selection of features, which achieve the optimal results concerning the organizational operation. This includes the implementation of further methods, techniques and technologies and a continuous expansion of the selected features. An automated analysis controls and monitors the adaption or exchange of features in case of occurring obstacles.

Building Blocks	Business Model Elements	Implicit	Defined	Validated/ Standardized	Analyzed	Optimized
Value Proposition	USP	no deliberate emphasis of USPs	explicit designation of USPs	validation of designation through market research	analysis of selected USPs through factor analysis within market research	automated USP analysis through software sensors such as customer sentiment analysis
	Object	...				
Channels	...					
...						

**Figure 2.** Extract of the Maturity Model for Business Model Management in Industry 4.0

## 4 Evaluation

Evaluations of the maturity model and its underlying theoretical foundation have not yet been conducted. However, as part of the procedure model, evaluation possibilities were preselected. A complete model is not automatically a finalized model. Thus, it needs to be evaluated regarding validity of construction. This will ensure the model's functionality and viability and guarantees an unobstructed and frictionless application. One possible method is the Delphi method. It identifies trends, future events and technological developments. A case study can assess the maturity model in its future environment. Both aim at improvements by analyzing the practical application with a questionnaire. Evaluation also has to occur concerning the model's theoretical

foundation. Thus, it is required to conduct empirical studies to back the underlying theory and ensure validity. Stylized facts will be used additionally to determine or confirm the selected maturity stages of each business model management element. Also, a cross validation of the scale can be conducted to develop valid norms for the scale. The result evaluation and, hence, the review whether the resulting maturity level is valid can be part of the model's application process. This is part of future research and was currently not subject of the model's development.

## 5 Conclusion

By combining the three areas Industry 4.0, business models and maturity models, a framework for optimization was constructed. It classifies management processes and ranks them towards process mastery. It is based on a set of criteria and the relationship between them [5]. Thus, the maturity model links existing organizational and operational knowledge about to new concepts and makes it accessible through a modified business model for Industry 4.0 and the created sequence of process steps. The conducted literature analysis ensures the accuracy of the derived models.

An organization can be matched to one of the maturity stages depending on the chosen method of process analysis and evaluation. The sequence of maturity stages provides recommendations for the future through the implementation of Industry 4.0 related technologies, techniques and methods. Hence, the organization's determined maturity level can indicate improvement potentials. Recommendations are not mandatory, but leave room for options depending on an organization's strategic drive. Nonetheless, further development levels need to be reached to achieve sufficient results. As a result, the maturity model enables the optimization of business models and operational decision-making through process mastery and a holistic view over the entirety of an organization.

## 6 Outlook

Business model management could be continuously optimized by other factors than process mastery. Technologies, which have proven to advance the maturity of specific business model elements, could be identified and integrated directly into the maturity model. Furthermore, the level of Industry 4.0 technology use could indicate maturity, as could the degree of innovativeness.

A prospective operating principle can be specified as followed: by individually deciding for each element whether and how much it applies to the organization's current condition, it is measured how advanced a business model is and which countermeasures to take. Depending on the quantity and quality of requirements and attributes met, the level of maturity can then be determined. Operators can compare the successfully implemented elements to elements required for each maturity stage. The stage with most accordance is then determined to be current maturity level. The organization can implement technologies to advance to a superior level and remains in one stage as long as a certain percentage of conformance is reached or all

requirements are fulfilled [12]. The model's operating principal guarantees one valid result and its application occurs by assessment methods such as a questionnaire [9]. By matching the model's process states to the organization's ones, and applying a predetermined thresholds for each stage to the result, the outcome will be unambiguous and consistent. By combining environment and knowledge base throughout multiple iteration steps, the model will be sophisticated enough to withstand field-testing [10]. Furthermore, it could be assessed, how the application of a maturity model influences organizations and their business model management. Since a standard covering this specific topic is not yet in use, conclusions about purpose and intention could be analyzed.

However, solutions regarding possibly occurring problems concerning the application in different industry sectors need to be identified to guarantee the model's success in future. This may lead to the decision to apply the maturity model in specific industry sectors and location bound at first.

## 7 Acknowledgments

The research in this paper has been funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMBF) within the Mittelstand Digital network in the Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Kaiserslautern.

## References

1. Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M., Lappe, D.: Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. *J. Chem. Inf. Model.* 53, 650 (2014).
2. Scheer, A.W.: *Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung.*, Saarbrücken (2016).
3. Puchan, J., Seif, H., Mayer, D.: Bestimmung des Stands deutscher produzierender Unternehmen auf dem Weg zu Industrie 4.0 und Verwendung der Ergebnisse für ein Industrie-4.0-Reifegradmodell Jörg. *Angew. Forsch. der Wirtschaftsinformatik Prozesse, Technol. Anwendungen, Syst. und Manag.* 1, 58–68 (2015).
4. Becker, J., Knackstedt, R., Pöppelbuß, J.: Developing Maturity Models for IT Management. *Bus. Inf. Syst. Eng.* 1, 213–222 (2009).
5. Kuznets, S.S.: *Economic Growth and Structure: Selected Essays*, (1965).
6. Gottschalk, P.: Maturity levels for interoperability in digital government. *Gov. Inf. Q.* 26, 75–81 (2009).
7. Nonaka, I., Takeuchi, H.: The Knowledge-Creating: How Japanese companies create the dynamics of innovation. *Oxford Univ. Press.* 3, 25–27 (1995).
8. Zott, C., Amit, R.: Value Creation in e-Business. *Strateg. Manag. J.* 22, 493–520 (2001).
9. Knackstedt, R., Pöppelbuß, J., Becker, J.: Vorgehensmodell zur Entwicklung von Reifegradmodellen. In: *Business Services: Konzepte, Technologien, Anwendungen.* pp. 535–544. Österreichische Computer Gesellschaft, Wien (2009).
10. Hevner, A.R., March, S.T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. *28*, 75–105 (2004).
11. Osterwalder, A., Pigneur, Y.: *Business Model Generation*. John Wiley & Sons, New York

(2010).

12. CMMI Product Team: Capability Maturity Model ® Integration ( CMMI SM ), Version 1.1. 1–645 (2002).
13. Hindel, B., Hörmann, K., Müller, M., Schmied, J.: Basiswissen Software - Projektmanagement. (2013).
14. Stienen, H., Engelmann, F.: Die BOOTSTRAP-Methode zur Bewertung und Verbesserung der Software-Entwicklung. *Wirtschaftsinformatik*. 38, 609–616 (1996).
15. Ahlemann, F., Schroeder, C., Teuteberg, F.: Kompetenz- und Reifegradmodelle für das Projektmanagement: Grundlagen, Vergleich und Einsatz. (2005).
16. Rajterič, I.H.: Overview of business intelligence maturity models. *Manag. J. Contemp. Manag.* 15, 47–67 (2010).
17. Felser, W.: Ein Rahmenwerk, um Industrie 4.0 jetzt auch für den Mittelstand greifbarer zu machen! 2013, 48–55 (2015).
18. Erol, S., Schumacher, A., Sihn, W.: Auf dem Weg zur Industrie 4.0 – ein dreistufiges Vorgehensmodell. In: *Industrial Engineering und Management*. pp. 247–266. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden (2016).
19. Kagermann, H., Lukas, W.-D., Wahlster, W.: Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI Nachrichten*. 3–4 (2011).
20. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., Hoffmann, M.: Industry 4.0. *Bus. Inf. Syst. Eng.* 6, 239–242 (2014).
21. Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier J., ten Hompel, M., Wahlster, W.: Industrie 4.0 Maturity Index. *Managing the Digital Transformation of Companies* (acatech STUDY). Herbert Utz Verlag, Munich (2017).
22. Huber, W.: Industrie 4.0 in der Automobilproduktion. (2016).
23. Feld, T., Hoffmann, M., Schmidt, R.: Industrie 4.0 - Vom intelligenten Produkt zur intelligenten Produktion. *Inf. Manag. und Consult.* 38–42 (2012).
24. Al-Debei, M.M., El-Haddadeh, R., Avison, D.: Defining the Business Model in the New World of Digital Business. *Proc AMICS 2008*. 1–11 (2008).
25. Gebauer, H., Fleisch, E., Friedli, T.: Overcoming the service paradox in manufacturing companies. *Eur. Manag. J.* 23, 14–26 (2005).
26. Burmeister, C., Luettgens, D., Piller, F.T.: Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the “Industrial Internet” Mandates a New Perspective. *SSRN Electron. J.* 0, 1–31 (2015).
27. Bitkom: Big Data und GeschäftsmodellInnovationen in der Praxis: 40+ Beispiele. (2015).
28. Wirtz, B.W.: *Business Model Management. Design–Instrumente– Erfolgsfaktoren von Geschäftsmodellen*. Gabler Verlag, Rostock (2010).
29. Büker, B.: Qualitätsbeurteilung investiver Dienstleistungen: Operationalisierungsansätze an einem empirischen Beispiel zentraler EDV-Dienste. Lang (1991).
30. Malik, F.: Management-Systeme, in der Reihe» Die Orientierung «. Hrsg. Schweiz. Volksbank Bern (1981).
31. Reißling, R.: Bewertung der Qualität objektorientierter, [http://www.worteprojekt.de/reissing/Dissertation\\_Reissing.pdf](http://www.worteprojekt.de/reissing/Dissertation_Reissing.pdf), (2002).

# **Unternehmenssoftware in der Ära der Digitalisierung – Organisationale und technologische Herausforderungen**

## **Teilkonferenzleitung**

Christian Leyh  
Susanne Strahringer



# Vorgehensweisen zur Einführung von Big Data in Unternehmen

Christian Bremser<sup>1</sup>, Gunther Piller<sup>1</sup> und Franz Rothlauf<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Mainz, Fachbereich Wirtschaft, Mainz, Deutschland

{christian.bremser, gunther.piller}@hs-mainz.de

<sup>2</sup> Universität Mainz, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Mainz, Deutschland

rothlauf@uni-mainz.de

**Abstract.** Im Zuge einer fortschreitenden Digitalisierung versprechen sich viele Unternehmen durch die Einführung von Big-Data-Technologien neue Möglichkeiten, Daten geschäftswirksam einzusetzen. Allerdings nutzen nur wenige Firmen Big-Data-Anwendungen produktiv, trotz ihres vermuteten hohen Potenzials. Auf welche Art und Weise Unternehmen die Möglichkeiten von Big Data untersuchen, ist die zentrale Fragestellung der vorliegenden Arbeit. Im Rahmen einer multiplen Fallstudie werden drei verschiedene Vorgehensweisen identifiziert. Unternehmen konzentrieren sich zuerst entweder auf rein betriebswirtschaftliche Aspekte, oder auf einen systematischen Aufbau einer Big-Data-Technologie- und Datenplattform. Als theoretische Basis dient die Innovationsadoptionsforschung.

**Keywords:** Big Data, Technologieinnovation, Digitalisierung

## 1 Einführung

Die mit Big Data verbundenen Nutzenpotenziale und Herausforderungen sind im Zeitalter einer immer schneller fortschreitenden Digitalisierung ein wichtiges Thema für Unternehmen aller Branchen. Big Data verspricht neue datengetriebene Services, um Prozesse zu verbessern sowie innovative Produkte und Geschäftsmodelle zu ermöglichen [1]. Vor diesem Hintergrund investiert eine steigende Zahl von Unternehmen in Big Data, verbunden mit der Hoffnung, sich Wettbewerbsvorteile sichern zu können [2]. Dennoch scheinen Unternehmen Schwierigkeiten bei der produktiven Einführung von Big-Data-Anwendungen zu haben. Einer Gartner Studie zur Folge haben nur 14% der Unternehmen Big-Data-Anwendungen im produktiven Betrieb [3]. Untersuchungen, die die Einführung von Big-Data-Anwendungen begleiten sind somit wichtig und von wissenschaftlichem und praktischem Interesse.

Die Einführung von technologischen Innovationen wird in der wissenschaftlichen Literatur durch die Innovationsadoption beschrieben. Der Prozess der Innovationsadoption erstreckt sich typischerweise über zwei Phasen [4]: Initiierung und Implementierung. Innerhalb dieser Phasen müssen neue Technologien zahlreiche Hürden überwinden. Für technologiegetriebene Innovationen, wie Big Data [5], stellt

die Initiierungsphase, in der Unternehmen nach wertvollen Anwendungsfällen für bestimmte Big-Data-Technologien suchen, eine erste Hürde dar. Um diesen initialen Schritt in Richtung produktiver Implementierung zu untersuchen, geht die vorliegende Arbeit folgender Forschungsfrage nach:

*Welche generischen Vorgehensweisen lassen sich in der Initiierungsphase bei Unternehmen, die Big-Data-Anwendungen einführen, identifizieren?*

Trotz einer hohen Relevanz, existieren bisher keine spezifischen Studien zur Initiierungsphase der Big-Data-Adoption. Aktuelle Arbeiten untersuchen vornehmlich allgemeine Einflussfaktoren und Hürden bei der Implementierung von Big-Data-Technologien. Im Gegensatz hierzu analysiert dieser Beitrag derzeitige Vorgehensweisen bei der Untersuchung von neuen Potenzialen. Hierfür wurde eine multiple Fallstudie mit zehn Großunternehmen durchgeführt. Als theoretische Ausgangsbasis wird der organisationale Adoptionsprozess von Rogers [4] verwendet.

In einer fortschreitend digitalen Welt sind Unternehmen unter anderem dazu aufgefordert, sich aktiv mit neuen Technologien, ihren Möglichkeiten für Geschäftsprozesse und ihren Konsequenzen für die Unternehmens-IT auseinanderzusetzen. In dieser Arbeit wird gezeigt, wie dies im Bereich von Big Data derzeit geschieht.

Kapitel 2 nimmt Bezug zum aktuellen Stand der Forschung. In Kapitel 3 wird das konzeptionelle Modell und in Kapitel 4 das Forschungsdesign vorgestellt. Kapitel 5 präsentiert die Daten der Fallstudien. Eine Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 6 und eine Zusammenfassung der Arbeit in Kapitel 7 schließen die Arbeit ab.

## 2 Stand der Forschung

Big Data wird von der TechAmerica Foundation [6] definiert als „a term that describes large volumes of high velocity, complex and variable data that require advanced techniques and technologies to enable the capture, storage, distribution, management, and analysis of the information.“ Aus der Definition wird offensichtlich, dass es sich bei Big Data um ein Bündel neuer technologischer und methodischer Möglichkeiten handelt, die es erlauben große, komplexe und schnell wachsende Datenbestände zu verarbeiten (z.B. In-Memory Datenverarbeitung, NoSQL Datenbanken). Big Data Analytics steht hierbei für verschiedene Techniken, die es erlauben, Wissen aus Big Data zu extrahieren [7]. Unternehmen wollen diese Möglichkeiten nutzen und versprechen sich vielseitige Vorteile durch die Einführung von konkreten Big-Data-Anwendungen (siehe dazu z.B. [7–9]).

Die Einführung von technologischen Innovationen wird in der wissenschaftlichen Literatur durch die Innovationsadoption beschrieben. Diese stellt zum einen die Einflussfaktoren auf die Entscheidungsfindung innerhalb des Einführungsprozesses dar [4]. Zum anderen beschreibt sie den Prozess, den Innovation von ihrer ersten Wahrnehmung in Unternehmen bis zu ihrem produktiven Einsatz durchlaufen [10]. Vorangegangene Arbeiten im Kontext der Big-Data-Adoption fokussieren

überwiegend die Untersuchung allgemeiner Einflussfaktoren auf den Adoptionsprozess mittels Technology-Organization-Environment Framework (TOE) (siehe hierzu z.B. [11–13]). Das TOE unterteilt diese Einflussfaktoren hinsichtlich ihrer technologischen, organisatorischen und umweltbedingten Aspekte [14]. Als Ergebnis wird gezeigt, dass Herausforderungen im technologischen Bereich in der Einhaltung von Datenschutz und in der Datenintegration liegen. Organisatorische Aspekte, wie u.a. fehlendes analytisches Können oder unklare Prozesse und Priorisierung von Anwendungsfällen sind weitere Hemmnisse bei der Einführung von Big Data. Positiv wird die Adoption hingegen von Unternehmensgröße und Wettbewerbsintensität beeinflusst.

Nam et al. [5] untersuchen in ihrer Forschungsarbeit die Veränderung der Einflussfaktoren innerhalb des Adoptionsprozesses. Als Ergebnis weisen Nam et al. nach, dass vorhandene IS-Kompetenz den Beginn des Adoptionsprozesses positiv beeinflusst, während Wettbewerbsintensität und finanzielle Bereitschaft die erfolgreiche Implementierung von Anwendungsfällen maßgeblich fördern.

In Bremser et al. [15] wird im Rahmen von TOE gezeigt, welche Faktoren die Herangehensweise von Unternehmen an Big-Data-Potenziale beeinflussen. IS-Kompetenz, wahrgenommene Komplexität der Big-Data-Technologien, sowie finanzielle und strategische Bereitschaft von Unternehmen wurden als wesentliche Einflussgrößen identifiziert.

Eine Untersuchung des Big-Data-Adoptionsprozess gibt es bisher nur von Chen et al. [16]. Diese nutzen eine multiple Fallstudie, um die Implementierungsphase zu beschreiben und Faktoren zu validieren, die diese beeinflussen. Die Faktoren dieser Untersuchung entstammen dem TOE [14], der Diffusionstheorie [4] und der IT Fashion Theorie [17]. Die Diffusionstheorie beschreibt die Ausbreitung einer Innovation innerhalb eines sozialen Systems und die Faktoren, die diese beeinflussen [4]. Die IT Fashion Theorie betrachtet soziale Aspekte im Rahmen der Innovationadoption, wie z.B. der Einfluss von Berater und Analysten [17]. Nach Chen et al. umfasst die Implementierungsphase tiefgreifende organisatorische Veränderungen, die für eine produktive Implementierung von Big-Data-Anwendungen notwendig sind. Als Ergebnis präsentieren sie eine „Limbo Stage“, in der Unternehmen, trotz positiver Absicht Big-Data-Anwendungen produktiv einzuführen, nicht über das Testen von Anwendungsfällen hinauskommen.

Die Darstellung der aktuellen Forschungsergebnisse zeigt, dass die Einflussfaktoren auf den Adoptionsprozess bereits umfangreich betrachtet wurden. Eine Untersuchung des Adoptionsprozess erfolgte durch Chen et al. [16], jedoch fokussierte dieser die Implementierungsphase. Es ist damit festzuhalten, dass für die Initiierungsphase trotz ihrer hohen Relevanz keine wissenschaftliche Untersuchung existiert.

### 3 Konzeptionelles Modell

Um die Forschungslücke zu adressieren und die Einführung von Big-Data-Anwendungen zu untersuchen, wird in dieser Arbeit der Adoptionsprozess von

Rogers als theoretische Ausgangsbasis verwendet [4]. Der Prozess der Innovationsadoption kann nach Rogers [4] in die Phasen Initiierung und Implementierung unterteilt werden, wobei beide Phasen durch eine Adoptionsentscheidung getrennt sind. Die Initiierungsphase besteht aus den Stufen Agenda-Setting und Matching und ist Basis des konzeptionellen Modells.

Das Agenda-Setting wird ausgelöst durch ein organisationales Problem oder durch die Wahrnehmung einer Innovation. Das organisationale Problem äußert sich durch eine wahrgenommene Leistungslücke, welche Resultat interner Ineffizienz oder veränderter Umweltbedingungen ist [18]. Die Wahrnehmung einer Innovation erfolgt durch kontinuierliches Scannen der Unternehmensumwelt (z.B. das Beobachten von Wettbewerbern oder technologische Entwicklungen). Beides löst in Unternehmen das Bedürfnis nach der Einführung einer Innovation aus. Innerhalb der Agenda-Setting-Stufe werden daher die unternehmerischen Reaktionsmöglichkeiten abgewogen, wie beispielsweise auf die Verfügbarkeit neuer Technologien reagiert werden kann.

Die Matching-Stufe umfasst Aktivitäten, die prüfen, ob die identifizierte Innovation geeignet ist, die organisationalen Bedürfnisse zu erfüllen und deren Einführung im Kontext der jeweiligen Unternehmenssituation sinnvoll ist. Typischerweise befassen sich einige Mitglieder einer Organisationseinheit intensiv mit den Funktionen dieser Innovation, um eine Empfehlung bezüglich der produktiven Einführung abgeben zu können. Fällt diese Prognose positiv aus, wird im Adoptionsprozess die Implementierungsphase angestoßen. Diese setzt sich aus den Stufen „Redefining“, „Clarifying“ und „Routinizing“ zusammen und umfasst alle Aktivitäten und Entscheidungen, die dazu nötig sind, die Innovation produktiv zu nutzen. Die vorliegende Forschungsarbeit konzentriert sich auf die Initiierungsphase des Adoptionsprozess. Die Implementierungsphase ist nicht Gegenstand dieser Arbeit und wird von Chen et al. [16] untersucht.

## 4 Forschungsdesign

Die Erforschung der Big-Data-Adoption in Unternehmen stellt ein komplexes Forschungsfeld dar. Aus diesem Grund wurden Fallstudien als geeignetes Mittel zur Analyse dieses komplexen Phänomens erachtet [19, 20]. Die Hauptinformationsquellen waren Experteninterviews mit Schlüssel-Informanten. Die Teilnehmer umfassten Führungskräfte aus Business und IT-Einheiten, sowie Chef-Architekten und Chef-Strategen. Alle Interviewteilnehmer waren verantwortlich für die jeweiligen Big-Data-Initiativen in ihren Unternehmen.

Im Sinne einer stringenten Umsetzung des Forschungsdesigns wurden vier etablierte Gütekriterien zugrunde gelegt [19]: externe Validität, interne Validität, Konstruktvalidität und Reliabilität.

Die *externe Validität* fokussiert die Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Diese wird durch das Replizieren der Fallstudien sichergestellt. Im Kontext der Big-Data-Adoption wurde entschieden, eine multiple Fallstudie durchzuführen. Die Auswahl der Fallstudien erfolgte hierbei nach der „literal“ Replikationslogik [20]. Zur Sicherstellung eines vergleichbaren organisatorischen und technologischen Kontexts

wurde daher bei der Auswahl der Fallstudien explizit auf reine Internetunternehmen verzichtet und der Big-Data-Bezug mittels wissenschaftlicher Taxonomien geprüft (siehe z.B. [21]). Die Big-Data-Taxonomien stellen ein Klassifikationsschema dar und zeigen auf, welche Technologien, Methoden und Daten typischerweise im Kontext von Big Data verwendet werden.

Um die *interne Validität* sicherzustellen, wurde der Interviewleitfaden auf Basis des konzeptionellen Models, das in Kapitel 3 beschrieben wurde, aufgebaut. Die Experteninterviews waren semi-strukturiert und die Fragen bewusst offen gehalten, um den Teilnehmern die Möglichkeit zu geben, frei zu sprechen. Der Interviewleitfaden baute sich wie folgt auf: Der erste Teil enthielt generelle Fragen über Rolle und Verantwortung des Interviewteilnehmers, sowie die aktuellen strategischen und taktischen Herausforderungen des Unternehmens und deren Einfluss auf den Umgang mit Big Data. Der zweite Teil der Fragen konzentrierte sich auf den aktuellen Einsatz von Daten, Methoden und Technologien zur datengetriebenen Entscheidungsfindung, sowie die entsprechend notwendigen Organisationsstrukturen und Prozesse. Zum Beispiel wurde nach der derzeitigen Relevanz von Daten im Entscheidungsfindungsprozess in verschiedenen Organisationen innerhalb der Unternehmen gefragt. Der dritte und umfangreichste Teil der Fragen richtete sich nach dem „warum“ und „wie“ Unternehmen im Kontext der Big-Data-Adoption vorgehen und erste Potenziale von Big-Data-Anwendungen finden. Dies umfasste den Auslöser solcher Big-Data-Initiativen, deren Fokus und organisatorische Einbindung, sowie den Prozess zur Identifikation und Evaluation von Big-Data-Einsatzszenarien.

Um *Konstruktvalidität* sicherzustellen, schlägt Yin [19] unter anderem Triangulation vor. Innerhalb der Fallstudien wurden daher unterschiedliche Datenquellen herangezogen. Neben den Interviews wurden öffentliche und - sofern verfügbar - interne Dokumente über Big-Data-Initiativen und Strategien der jeweiligen Unternehmen verwendet. Des Weiteren wurden Interviews mit Unternehmensberatungen und Software-Anbietern durchgeführt, die auf die Adoption von Big Data spezialisiert sind und bereits mit Unternehmen aus entsprechenden Branchen zusammen gearbeitet haben.

Die *Reliabilität* der Fallstudien wurde sichergestellt, indem eine Fallstudien Datenbank eingerichtet wurde. Dort wurden Daten zum Datenerfassungsprozess, Fallstudienprotokolle, die Daten selbst, wie z.B. Transkripte und Fallstudienresultate abgelegt. Nach Yin [19] wird damit sichergestellt, dass außenstehende Dritte bei Durchführung der Studie zu gleichen Ergebnissen kommen können.

Die Datenerhebung erfolgt im Zeitraum von Juni 2016 und erstreckte sich über einen Zeitraum von sieben Monaten. Jedes Interview dauerte im Durchschnitt 90 Minuten und wurde vor Ort oder per Telefonkonferenz durchgeführt. Die Gespräche wurden aufgezeichnet und im Anschluss transkribiert. Nach jedem Interview wurde ein „Contact-Summary-Sheet“ [22] angefertigt, welches erste Eindrücke und Hauptinhalte des Interviews rekapitulierte.

Tabelle 1 präsentiert einen Überblick über die Teilnehmer der Fallstudie. Der Fokus der Fallstudienauswahl liegt auf Unternehmen, die mehr als 10.000 Mitarbeiter aufweisen und deren Unternehmenszentrale in Deutschland ist. Die untersuchten

Unternehmen operieren sowohl im Business-to-Consumer- als auch im Business-to-Business-Segment. Die Interviewteilnehmer stammen aus IT und Fachbereichen und verantworten in ihrem jeweiligen Unternehmen Big-Data-Initiativen.

**Tabelle 1.** Teilnehmende Unternehmen

<i>Branche</i>	<i>Beschäftigte</i>	<i>Geschäftsfeld</i>	<i>Rolle des Teilnehmers</i>
1 Transport	>50.000	B2C, B2B	Head Domain Architecture
2 Banken	>50.000	B2C, B2B	Head IT Architecture
3 Versicherungen	>10.000	B2C, B2B	Head Group Strategy
4 Schienenfahrzeugbau	>50.000	B2B	IS Chief-Architect
5 Einzelhandel	>50.000	B2C	Head Business Intelligence
6 Energie	>50.000	B2C, B2B	Chief Digital IT Strategist
7 Automobilindustrie	>50.000	B2B	Head Analytics Lab
8 Bekleidungshersteller	>50.000	B2C	Head Data Analytics Lab
9 Konsumgüterproduktion	>10.000	B2C	Head Marketing & Analytics
10 Pharmaindustrie	>10.000	B2B	Head BI Architecture

Die Ergebnisse der Fallstudien wurden anhand eines zweistufigen Verfahrens extrahiert. Im ersten Schritt wurde eine Within-Case-Analyse durchgeführt und alle charakteristischen Inhalte, die sich auf das Agenda-Setting und Matching beziehen, extrahiert [19]. Die Darstellung der Phasen erfolgt in Kapitel 5 anhand der Prozessdefinition von Hammer und Champy [23], wonach ein Prozess Input, Aktivitäten und Ergebnis umfasst. Im zweiten Schritt wurde eine Cross-Case-Analyse durchgeführt und die Fallstudien miteinander verglichen. Das Resultat dieses Vergleichs wird in Kapitel 6 diskutiert.

## 5 Ergebnisse der Fallstudien

Auslöser für ein Unternehmen sich mit den Möglichkeiten einer technologischen Innovation zu befassen ist nach Rogers eine Leistungslücke der Firma oder das Wahrnehmen neuer Möglichkeiten [4]. Im Fall technologiegetriebener Innovationen wird in der dann gestarteten Agenda-Setting-Phase geprüft, wie das Unternehmen auf die Verfügbarkeit neuer Technologien reagieren soll [4]. Resultat ist eine sogenannte Agenda, die das Ziel der nächsten Schritte im Adoptionsprozess festlegt.

In der nachfolgenden Matching-Phase wird untersucht, inwieweit eine Innovation dazu genutzt werden könnte, unternehmerische Bedürfnisse zu adressieren. Kann für einen konkreten Anwendungsfall eine erfolgversprechende Prognose abgegeben werden, wird dieser zur Implementierung vorgeschlagen [4]. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der Agenda-Setting- und Matching-Phase.

Bei allen Teilnehmern der Fallstudie wurde der Adoptionsprozess für Big Data durch das Senior Management angestoßen. Ausschlaggebend war bei allen Unternehmen die Wahrnehmung des Hypes um Big Data und nicht die Suche nach Möglichkeiten zur Lösung bestehender interner Anforderungen. Ein Interviewteilnehmer der Fallstudie 8 beschrieb dies beispielsweise wie folgt: „es war

*unserer damaliger CIO [...], der gesagt hat, Big Data ist ein Megatrend, den will ich auf keinen Fall verpassen ...“.*

**Tabelle 2.** Agenda-Setting und Matching nach Rogers [4]

<i>Agenda-Setting</i>	
Input	Performance Gap oder Wahrnehmung einer Innovation
Aktivität	Betrachtung unternehmerischer Reaktionsmöglichkeiten
Resultat	Agenda: Legt das unternehmensspezifische Ziel der nächsten Aktivitäten im Adoptionsprozess fest
<i>Matching</i>	
Input	Agenda
Aktivität	Erprobung, in wieweit unternehmerische Bedürfnisse mit Hilfe einer Innovation adressiert werden können
Resultat	Entscheidungsvorlage für die mögliche Implementierung eines Anwendungsfalls

Die langfristigen Ziele, die sich Unternehmen mit Big Data erhofften, spannten die gesamte Bandbreite, von einer Optimierung bestehender Geschäftsprozesse, bis zu Services für gänzlich neue Geschäftsmöglichkeiten, auf. Ein Zitat aus Fallstudie 5 belegt dies: „...[wir hoffen Big Data] entweder zur Rationalisierung [nutzen zu können] oder auch zu anderen Wertschöpfungsmöglichkeiten, die jetzt nicht unbedingt was mit Rationalisierung zu tun haben, sondern wo wirklich neue Felder hinzukommen.“

Um die jeweilige Stoßrichtung der nächsten Big-Data-Aktivitäten festzulegen, wurde das Thema in allen Unternehmen im Senior Management besprochen. Als Resultat wurden erste Ziele und hierfür notwendige Schritte festgelegt. So wurden Verantwortliche für Big-Data-Initiativen und Ressourcen für Projektteams benannt. Tabelle 3 zeigt die kurzfristigen Ziele als Agenda der jeweiligen Big-Data-Initiative.

**Tabelle 3.** Agenda der Interviewteilnehmer

1	Portfolio für innovative datengetriebene Produkte, Services, Geschäftsmodelle
2	Möglichkeiten technologische Hürden für künftige Big-Data-Anwendungsfälle kostenneutral zu minimieren
3	Roadmap für einen systematischen Aufbau unternehmensinterner Fähigkeiten Big-Data-Technologien zu nutzen und Daten geeignet bereitzustellen
4	Konsistente Datenbasis für unternehmensweite Analysen, initial zur Identifikation von Effizienzsteigerungspotenzialen innerhalb bestehender Wertschöpfungsketten
5	Möglichkeiten eines zukunftsorientierten Ausbaus der Daten- und Technologieplattform für analytische Anwendungen
6	Portfolio innovativer digitaler Produkte für öffentliche, gewerbliche und private Kunden
7	Liste mit notwendigen Grundlagen bezüglich Technologien und Organisationen für zukünftige datenbasierte Produktinnovationen sowie eine konsistente Datenbasis
8	Potenziale für innovative Produkte und Verbesserungen der Prozesse entlang bestehender Wertschöpfungsketten

---

9	Möglichkeiten von Datenanalysen zur Effizienzsteigerung bestehender Prozessen mit Schwerpunkt Marketing & Vertrieb
10	Datenbasis aus bestehenden und neuen Daten für zukünftige Datenservices

---

Wie Tabelle 3 zeigt, war es Ziel einiger Unternehmen (Fälle 1, 6, 8, 9) sich unmittelbar mit möglichen Anwendungsfällen zu befassen. Für den Rest der Unternehmen (Fälle 2, 3, 4, 5, 7, 10) stand vorerst die Schaffung einer guten technologischen Ausgangsbasis und Datengrundlage im Vordergrund.

Ihrer Agenda folgend, haben die befragten Unternehmen ihre Aktivitäten in der Matching-Phase unterschiedlich ausgerichtet. Die wichtigsten Aktivitäten der untersuchten Fälle werden in Tabelle 4 dargestellt. Für ihre Ausführung wurde ein jeweils passender organisatorischer Rahmen festgelegt. Die gewählten Organisationsformen variieren zwischen Arbeitskreisen, eigenständigen Einheiten innerhalb der IT oder aus der Unternehmensorganisation gelöste Laborumgebungen.

**Tabelle 4.** Wesentliche Aktivitäten der Matching-Phase

---

1	- Suche nach neuen, potenziellen datengetriebenen Produkten und Kundenservices
	- Bewertung der Anwendungsfälle hinsichtlich ihres betriebswirtschaftlichen Mehrwerts
	- <u>Validierung von Prototypen in ausgewählten Marktsegmenten</u>
2	- Analyse bestehender Anforderungen in Hinblick auf Möglichkeiten Big-Data-Technologien einzusetzen
	- Suche nach Gelegenheiten bestehende IT-Bausteine kostenneutral durch Big-Data-Technologien zu substituieren (z.B. Hadoop File System statt Oracle Cluster)
3	- Standortbestimmung über derzeit vorhandene Big-Data-Fähigkeiten und Lücken mittels branchentypischer Anwendungsfälle
	- Entwurf einer Roadmap um fehlende Fähigkeiten zu entwickeln, mit Fokus auf Big-Data-Technologien und Datenmanagement
4	- Identifikation von Schwachstellen in der Datenarchitektur
	- Definition von Performance-KPIs für funktionsübergreifender Geschäftsprozesse
	- Planung eines Cloud Data Lakes zur unternehmensweiten Bereitstellung eines konsistenten Datenbestands
5	- Kontinuierliche Evaluation von technologischen Innovationen zum Ausbau der zentralen Datenplattform
	- <u>Identifikation und Integration weiterer Datenquellen für zukünftige Anwendungsfälle</u>
6	- Suche nach neuen datengetriebenen Kundenservices im B2C- und B2B-Segment
	- Beurteilung der Betriebswirtschaftlichkeit der Anwendungen als Proof of Concept (PoC) innerhalb einer zeitlich abgegrenzten Testphase in ausgewählten Marktsegmenten
7	- Reduktion der Datensilos und Erstellen einer zentrale Datenbasis
	- Explorative Umsetzung branchentypischer Anwendungsfälle in einer Laborumgebung
	- Evaluierung von typischen Big-Data-Anforderungen hinsichtlich notwendiger technologischer und organisatorischer Auswirkungen

---

---

8 - Suche nach Anwendungsfällen in Fachbereichen mit Fokus auf potenzielle Wachstumsfelder und Kundennutzen

- Aufbau eines Labors zur explorativen Datenanalyse, Einstellung von Data Scientists und Data Engineers
- Identifikation von Leuchtturm Use Cases und Umsetzung als PoC in Laborumgebung

---

9 - Identifikation neuer Potenziale für datengetriebene personalisierte Kundenservices in Marketing und Vertrieb

- Durch konkrete Anwendungsfälle getriebene Erweiterung der unternehmensweiten Datenplattform mit zunehmender Integration externer Daten, z.B. Mediadaten

---

10 - Aufbau eines Data Lakes in einer Cloud Infrastruktur, Integration der Unternehmensdaten

- Entwurf und Implementierung von Prozessen zur Datengovernance
- Bereitstellung von Data Scientist zur Untersuchung künftiger Big-Data-Anwendungsfälle

Ziel der Matching-Phase ist eine Entscheidungsvorlage, um beschließen zu können, ob ein konkreter Big-Data-Anwendungsfall produktiv implementiert werden soll oder nicht. Wie Tabelle 4 zeigt, befassen sich einige Unternehmen (Fälle 2, 3, 4, 5, 7, 10) in Übereinstimmung mit ihrer Agenda zuerst mit dem Aufbau einer Datenplattform und der Entwicklung von Fähigkeiten mit Big-Data-Technologien umzugehen. Untersuchungen konkreter unternehmensspezifischer Anwendungsfälle werden von diesen Firmen erst im Anschluss an diese Vorarbeiten geplant. Unternehmen (Fälle 1, 6, 8, 9), die mögliche Anwendungsfälle prototypisch umsetzen und evaluieren, nehmen diese bei einer positiven Adoptionsentscheidung in ein Projekt- oder Innovationsportfolio auf. Dort konkurrieren sie dann mit anderen Unternehmensprojekten um Ressourcen zur produktiven Implementierung.

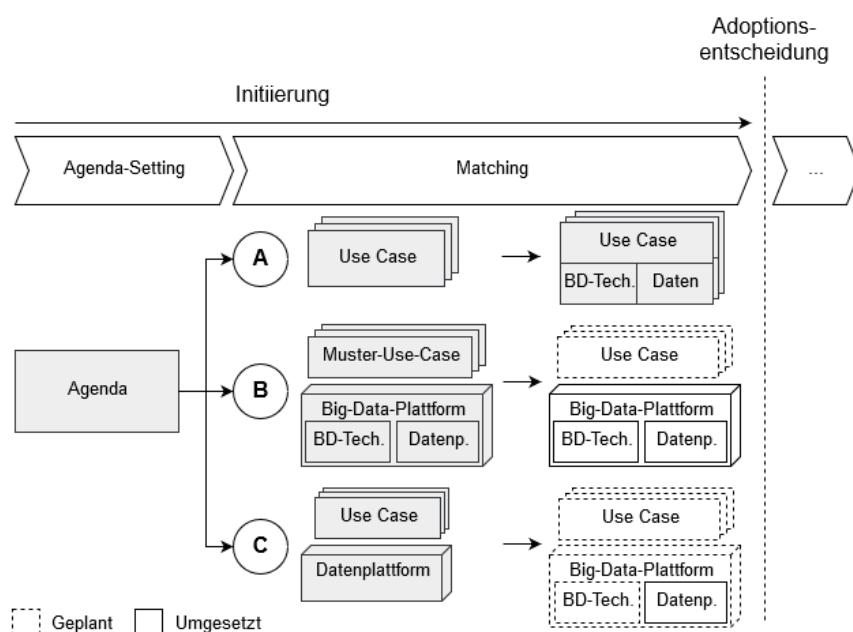
## 6 Diskussion

Ein Vergleich der Fallstudien zeigt, dass drei unterschiedliche Vorgehensweisen identifiziert werden können. In Abbildung 1 werden diese schematisch dargestellt.

Die erste Vorgehensweise (**Business First**) fokussiert ausschließlich auf betriebswirtschaftliche Aspekte. Unternehmen suchen nach Anwendungsfällen mit einem hohen geschäftlichen Mehrwert. Sowohl eine Optimierung bestehender Geschäftsprozesse als auch die Bereitstellung neuer Produkte und Service werden untersucht. Dies wird durch ein Zitat aus Fallstudie 1 greifbar: „... *das eine ist das existierende Geschäft dem Markt anzupassen [...], also existierende Prozesse zu verbessern [...]. Daneben gibt es das zweite Thema, neue Prozesse zu erfinden oder neue Geschäftsmodelle – tatsächlich Innovationen – anzugehen.*“

Eine technische Bewertung der Anwendungsfälle hinsichtlich ihrer Integration in bestehende IT-Landschaften erfolgt in der Initiierungsphase nicht. Dies belegt unter anderem ein Zitat aus der Fallstudie 6: „*Die Integrierbarkeit ist dabei anfangs tatsächlich nachrangig [...]. Wenn wir ein Produkt erfolgreich an den Markt gebracht haben, das auf der grünen Wiese entstanden ist, dann will man natürlich irgendwann auch eine Integration durchführen.*“ Typischerweise werden bei diesem Vorgehen Big Data Use Cases als eigenständige IT-Systeme mit den jeweils notwendigen Big-

Data-Technologien (BD-Tech.) und Daten in einer Laborumgebung umgesetzt und dann mit ausgewählten Marktteilnehmern getestet. Ist diese Phase erfolgreich, wird der Use Case zur produktiven Implementierung vorgeschlagen. Beispielsweise wird in Fallstudie 6 gesagt: „[Ziel ist es, Use Cases in] 6-12 Monaten mit mehreren tausenden vielleicht auch einigen zehntausend Kunden [...] im echten Einsatz zu verproben. Und dann gibt's die Entscheidung, go or no-go“. Bei einer positiven Entscheidung wird eine Anwendung erstmals als eigenständiges IT-System weiter betrieben, um sie dann Schritt-für-Schritt in eine bestehende IT-Landschaft einzufügen. Unternehmen mit dieser Vorgehensweise finden sich in Fallstudie 1, 6, 8 und 9.



**Abbildung 1.** Vorgehensweisen zur Analyse von Big-Data-Potenzialen: A) Business First, B) Platform Building, C) Data Integration

Die zweite Vorgehensweise (**Platform Building**) zielt auf den Aufbau einer Technologie- und Datenplattform (Datenp.) für Big Data ab. Dieser Aufbau orientiert sich oft an Anforderungen aus branchentypischen Muster-Use-Cases. Zudem werden auch bestehende Anforderungen an die IT genutzt, um neue Technologien einzuführen, wie z.B. in Fallstudie 2: „... es ist Strategie, [...] für Sachen, die wir verpflichtend machen müssen, auf neue Technologien zu setzen, um damit [...] die Hürde für weniger gut kalkulierbare Use Cases [...] klein zu machen“. Unternehmen mit dieser Vorgehensweise wollen unter anderem aufgrund von finanziellen Restriktionen die monetären Aufwände für zukünftige Anwendungsfälle möglichst gering halten. Daher werden, wie z.B. in Fallstudie 2, bestehende Data-Management-Technologien sukzessive durch Big-Data-Technologien substituiert. Nicht den

Anschluss an aktuelle Entwicklungen zu verlieren, obgleich Fachbereiche noch keine überzeugenden Big-Data-Anwendungsfälle identifiziert haben, ist eine weitere beobachtete Motivation für Platform Building, wie z.B. in Fallstudie 5: „*In Memory Technik, [...] das wird die nächsten 10 Jahren in allen Bereichen Einzug halten. Dann kann ich investieren ohne konkrete Nutzung schon direkt vor Augen zu haben*“. Die aus diesem Vorgehen resultierende Big-Data-Plattform bildet die Grundlage für eine nachfolgend geplante Identifikation und Bewertung von Big Data Use Cases. Dieser Vorgehensweise folgen die Fallstudien 2, 3, 5 und 7.

Vornehmliches Ziel der dritten Vorgehensweise (**Data Integration**) ist die Bereitstellung einer konsistenten Datenbasis für zukünftige Analysen. Sie wird als elementare Grundlage für alle weiteren Entwicklungen im Themenbereich Big Data angesehen. So wird in Fallstudie 10 betont: „*...das ist unser Ansatz [...], wir wollen dieses Enterprise Data Repository aufbauen, [...] Schritt für Schritt alle Daten dort hineinbringen und verwalten, monitoren und ein semantisches Netzwerk darüber aufbauen*“. Die geschaffene Datenplattform soll dann erstmals in Use Cases mit traditionellen Analysen für unternehmensweite Fragestellungen verwendet werden. Ist dies erfolgreich, will man sich mit Big-Data-Anwendungsfällen und -Technologien auseinandersetzen. Die Fallstudien 4 und 10 fallen in diese Klasse.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde untersucht, wie sich Unternehmen den Möglichkeiten von Big Data nähern, um letztendlich über die Implementierung und Einführung neuer Anwendungen zu entscheiden. Theoretischer Rahmen war der Adoptionsprozess von Rogers [4], dessen erste Phasen Agenda Setting und Matching in einer multiplen Fallstudie detailliert beleuchtet wurden. Als Ergebnis konnten drei unterschiedliche Vorgehensweisen identifiziert werden. Unternehmen konzentrieren sich zuerst entweder auf rein betriebswirtschaftliche Aspekte, oder auf einen systematischen Aufbau einer Big-Data-Technologie- und Datenplattform.

Als nächster Schritt soll im Detail untersucht werden, welche Einflussgrößen für diese unterschiedlichen Strategien verantwortlich sind und welche Vor- und Nachteile mit ihnen verbunden sind. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse sollen dann zur Konstruktion eines Methodenbaukastens zur Identifikation und Bewertung potenzieller Big-Data-Anwendungsfälle genutzt werden.

## References

1. Sivarajah, U., Kamal, M.M., Irani, Z., Weerakkody, V.: Critical Analysis of Big Data Challenges and Analytical Methods. *J. Bus. Res.* 70, 263–286 (2017).
2. Constantiou, I.D., Kallinikos, J.: New Games, New Rules: Big Data and the Changing Context of Strategy. *J. Inf. Technol.* 30, 44–57 (2015).
3. Kart, L.: Big Data Industry Insights 2015, [http://public.brighttalk.com/resource/core/80421/september\\_29\\_industry\\_insights\\_lkart\\_118453.pdf](http://public.brighttalk.com/resource/core/80421/september_29_industry_insights_lkart_118453.pdf) (Accessed: 22.08.2017)
4. Rogers, E.M.: Diffusion of Innovations, 5th Edition. Free Press, New York (2003).

5. Nam, D.W., Kang, D., Kim, S.H.: Process of Big Data Analysis Adoption: Defining Big Data as a New IS Innovation and Examining Factors Affecting the Process. In: Hawaii International Conference on System Sciences. pp. 4792–4801 (2015).
6. TechAmerica Foundation: Demystifying Big Data: A Practical Guide to Transforming the Business of Government, [https://bigdatawg.nist.gov/\\_uploadfiles/M0068\\_v1\\_3903747095.pdf](https://bigdatawg.nist.gov/_uploadfiles/M0068_v1_3903747095.pdf) (Accessed: 22.08.2017)
7. LaValle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M.S., Kruschwitz, N.: Big Data, Analytics and the Path From Insights to Value. *MIT Sloan Manag. Rev.* 52, 21–32 (2011).
8. Davenport, T.H., Barth, P., Bean, R.: How “Big Data” is Different. *MIT Sloan Manag. Rev.* 54, 22–24 (2012).
9. Kiron, D., Prentice, P.K., Ferguson, R.B.: The Analytics Mandate. *MIT Sloan Manag. Rev.* 55, 1 (2014).
10. Fichman, Robert, G.: The Diffusion and Assimilation of Information Technology Innovations. *Fram. Domains IT Manag.* 105–127 (2000).
11. Malaka, I., Brown, I.: Challenges to the Organisational Adoption of Big Data Analytics : A Case Study in the South African Telecom Industry. In: South African Institute of Computer Scientists Conference. p. 27 (2015).
12. Agrawal, K.: Investigating the Determinants of Big Data Analytics ( BDA ) Adoption in Asian Emerging Economies. *Acad. Manag. Proc.* 1–18 (2015).
13. Sun, S., Cegielski, C.G., Jia, L., Hall, D.J.: Understanding the Factors Affecting the Organizational Adoption of Big Data. *J. Comput. Inf. Syst.* 1–11 (2016).
14. Tornatzky, L. G., Fleischer, M. & Chakrabarti, A.K.: Technological Innovation as a Process. In: *Processes of Technological Innovation*. Lexington Books, Lexington (1990).
15. Bremser, C., Piller, G., Rothlauf, F.: Strategies and Influencing Factors for Big Data Exploration. In: American Conference on Information Systems. pp. 1–10 (2017).
16. Chen, H., Kazman, R., Matthes, F.: Demystifying Big Data Adoption: Beyond IT Fashion and Relative Advantage. In: Pre-ICIS DIGIT workshop (2015).
17. Wang, P.: Chasing The Hottest IT: Effects of Information Technology Fashion on Organizations. *MIS Q.* 34, 63–85 (2010).
18. Damanpour, F., Schneider, M.: Phases of the Adoption of Innovation in Organizations: Effects of Environment, Organization and Top Managers. *Br. J. Manag.* 17, 215–236 (2006).
19. Yin, R.K.: Case Study Research: Design and Methods. SAGE Publications, New York (2003).
20. Dubé, L., Paré, G.: Rigor in Information Systems Positivist Case Research: Current Practices, Trends, and Recommendations. *MIS Q.* 597–636 (2003).
21. Kune, R., Konugurthi, P.K., Agarwal, A., Chillarige, R.R., Buyya, R.: The Anatomy of Big Data Computing. *Softw. - Pract. Exp.* 46, 79–105 (2016).
22. Miles, M.B., Huberman, A.M., Saldana, J.: Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook. SAGE Publications, Los Angeles (2013).
23. Hammer, M., Champy, J.: Business Reengineering: Die Radikalkur für das Unternehmen. Campus Verlag, Frankfurt am Main (2003).

# Toward Early Product Cost Optimization: Requirements for an Integrated Measure Management Approach

Matthias Walter<sup>1</sup>, Christian Leyh<sup>1</sup>, and Susanne Strahringer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TU Dresden, Faculty of Business and Economics, Chair of Business Informatics, esp.  
Information Systems in Manufacturing and Commerce, Dresden, Germany  
{matthias.walter3, christian.leyh, susanne.strahringer}@tu-dresden.de

**Abstract.** In industry, product costs must be optimized to ensure long-lasting economic success. Cost optimization should already be performed during product development, in order to leverage its potential. Previous research has shown that information system support is greatly needed within early product cost optimization. Taking this on, we conducted interviews among discrete manufacturing industry experts, seeking to identify implementation challenges and, moreover, to develop a requirements model to overcome current challenges. To evaluate research results, we joined a co-innovation workshop at SAP SE, during which business domain experts from different industries successfully evaluated our approach. In summary, the concept introduces a promising solution to improve information system support during early product cost optimization.

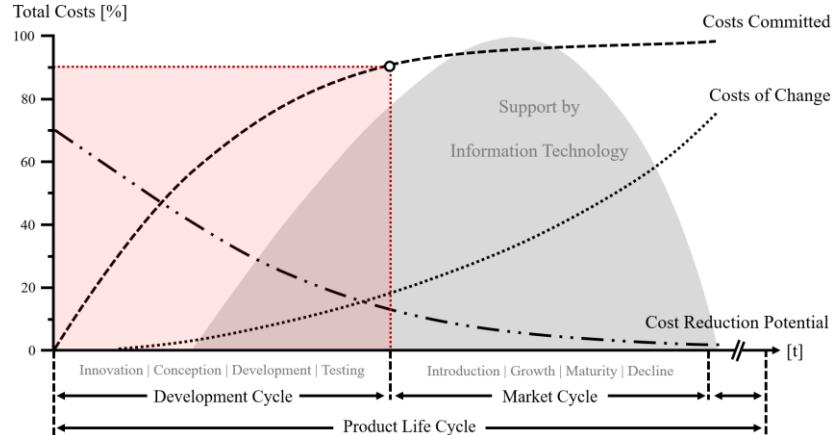
**Keywords:** Product costing, product-cost optimization, product development, enterprise systems, emergent knowledge processes

## 1 Motivation

In times of globalization, demand rises for agility, innovation, and quality. Furthermore, shortened product life cycles and grown variety of product models have increased pressure on product manufacturers and their product portfolios [1]. In order to keep up with the global competition as such, optimizing costs throughout a product's life cycle has become a major driver for long-lasting economic success.

This circumstance becomes even more important for the discrete manufacturing industry; final products such as cars, trucks, and agricultural machines are assembled out of thousands of globally sourced components along a specific production routing. The complex manufacture of such products requires sophisticated planning, scheduling, and tracking of production processes. However, before a product goes to production, a significant effort is put into the product development. Product development includes several stages: an innovation phase to conceptualize new products, various research and development activities, feasibility and product tests, and production and resource planning. Such development cycles can last up to five years for products (esp. automobiles) within discrete manufacturing industries [2]. Moreover, summed-up figures for all-embracing product life cycles (Figure 1) can easily span across decades;

for example, such a cycle covers almost five decades for automobiles, including the spare part warranties [3].



**Figure 1.** Cost commitments and reduction potential along product life cycle [3, 4]

To ensure long-lasting economic success of products in the upcoming decades, organizations try to optimize product costs for the overall product life cycle. At first glance, only 20% of the total product costs are incurred during product development cycles (Figure 1). However, at the end of the development cycle, 90% of the total product costs are already determined (by such factors as defining product variants, materials, production processes or sourcing strategies) [5]. This means that only marginal potential remains to optimize cost-efficiency once a product is in production. To leverage the potential to design a cost-efficient and therefore competitive product (e.g. by improving operations or material selections), optimization activities must be carried out as early as possible within the product life cycle, and therefore within product development.

Despite the immense potential of early optimization, which is evident among literature [4, 5, 6], we have shown that early cost optimization requires better software support [3]. Although information technology and product-costing methodologies have evolved over time, we could still highlight a clear gap in the expedient use of such technological capabilities and methodologies within the discrete manufacturing industry in our previous research [3]. In essence, the current status quo in the application domain suffers from non-transparent, inconsistent, and inefficient processes, caused by using spreadsheet software to calculate and manage product costs during product development cycles [3, 7, 8]. Not surprisingly, practitioners commonly agree that this practice has a negative impact on enterprises' profitability, and hence they demand solutions to overcome current hurdles.

Continuing our long-term design science research project [9], we now follow up our problem-centered initiation [3] with the definition of objectives that a future artifact has to accomplish. Therefore, we further explore implementation challenges and require-

ments for enhanced information system (IS) support during early product cost optimization [10, 11]. Following recommendations by Österle and Otto [12] for design-oriented information system research, we conduct collaborative research with practitioners among the discrete manufacturing industry to ensure both scientific rigor and practical relevance simultaneously [13]. Therefore, our elaboration focuses the following research questions:

**Q1:** Which main implementation challenges can be identified with respect to the enhancement of software support within early product cost optimization?

**Q2:** What are the most relevant requirements, from a practitioner's perspective, regarding software support for early product cost optimization?

To answer these questions, the paper is structured as follows. First, the next section provides research background and presents related work on IS support for optimization during early product development phases. Subsequently, we outline the methodology on how we conducted collaborative research. The following section states the key findings and implementation challenges, which are then transformed into an evaluated requirements model. The paper concludes with a discussion of research results and highlights the need for future development of rigorous artifacts following our proposal.

## 2 Related Work

The immense potential of early cost optimization is already recognized in existing literature. Authors such as Horváth [14] stress that product-cost optimization activities have to shift from operative functions (such as production, purchasing, etc.) to an activity that takes place within product development, and thus into a phase where no support is provided by information systems like ERP systems [4]. As product development in general is less structured than the production phase, research focuses on leveraging this potential by providing specific costing techniques and methodologies that serve dedicated contexts [15, 16, 17]. In their review of research directions toward cost-focused product development, Mörtl et al. [5] present a comprehensive framework for guidance among the variety of methodologies. Particularly relevant is the role of IS support: though recent research found a variety of software tools in relation to cost estimation and cost analysis, such tools were mainly introduced in individual companies, specific industries, or even worse, not yet used in industry at all [5]. This finding seems valid, as modern technological approaches like artificial intelligence are aimed at solutions for highly specialized and complex optimization scenarios [17].

However, as explored by Schicker et al. [7] and supported by our research [3], this practice leads to a status quo in which no IS support is available that addresses industry's requirements toward early product costing in an integrated approach. Thus, early product costing and its optimization are mainly dominated by spreadsheet software, leading to various disadvantages such as high manual efforts, high degree of information inconsistency, and lack of transparency [3, 7, 8]. As a result, the pure

support of dedicated costing methodologies is not sufficient to satisfy industry's requirements toward an integrated IS support for early product cost optimization.

What should certainly be highlighted is the process perspective on cost optimization as part of product development. Traditional IS research focuses on the support of well-structured business processes with regards to their predetermined and repeatable characters [18]. Nevertheless, various publications contrast the upcoming importance of ad-hoc activities in modern business environments. These ad-hoc activities are initiated without being planned in advance and, therefore, could be described as loosely defined processes [18]. As a result, the degree of process specification can be stated in relation to the overall extremes (Figure 2).



**Figure 2.** Degree of process specification [adapted from 18]

To ensure both scientific rigor and relevance, early product cost optimization must be classified regarding its degree of process specification, as each process type has its own constraints and requirements. This classification is important because our previous research highlights the need for process flexibility within early product cost optimization [3]. To classify early cost optimization, we refer to Markus et al. [19], who see the development of a new product as an example of emergent knowledge processes (EKP) in general. Such EKP are characterized as organizational activity patterns with the following attributes:

- a) An emergent process of deliberations with no best structure or fixed sequences
- b) Unpredictable process actor set in terms of job roles, prior knowledge, and work context
- c) Dynamically-evolving information requirements that include general, specific, and tacit knowledge distributed across actor sets [19]

In terms of these process characteristics, IS for the support of EKP “cannot target specific user roles, depend on training, or assume motivation to use the tool,” “must accommodate complex, distributed, and evolving knowledge-base,” and “support an unstructured, dynamically changing process of deliberations of tradeoffs” [19]. In the context of our design science project, this justificatory knowledge serves as a foundation to guide further research activities, and is therefore our kernel theory [20].

Based on this justificatory knowledge, Marjanovic [21] has researched the IS-supported coordination of such EKP within an industry context. She summarizes her research with the conclusion that the coordination of a knowledge-intensive process cannot be fully predefined. Thus, automation of such processes—as known from workflow technology—is neither desirable nor possible at all. What is instead required for IS support is a fundamentally different coordination support toward situated decision-

making. Moreover, those requirements are not all thoroughly supported by familiar classes of current system types [21].

Following those research results on EKP and the information system design theory proposed in [19], we look to analyze the problem domain of cost optimization processes during the product development phase, in context of its degree of process specification to state implementation challenges; in addition, with the help of practitioners, we intend to develop a requirements model that serves for further artifact development.

### 3 Research Methodology

The purpose of this paper is to elaborate upon implementation challenges and to develop a requirements model toward early product cost optimization. By doing so, we follow the recommendation for a design science research process by Peffers et al. [10] and aim at developing an object-centered solution. Product costing has a long history of methodologies relying on expert knowledge (e.g. analogous models [22]), and even in current research authors like Mörtl et al. [5] state that industrial practice is the most important source of information for cost reduction projects. Therefore, the access to knowledge from practitioner communities is fundamental for our research. At the same time, such knowledge ensures that our research is relevant to practice, as argued in Rosemann et al. [23]. To capture tacit knowledge among the discrete manufacturing industry, we joined a co-innovation session at SAP SE, where potential and current SAP customers discuss business concepts and software requirements for the development of a new software for product life-cycle costing framed by an agile development process [24]. Following the recommendations of Österle and Otto [12], we applied research techniques that have been proven to capture the tacit knowledge of individuals within design-oriented IS research:

1. Interviews with domain experts from industry
2. Analysis of interviews
3. Elaboration of a common requirements model
4. Requirements model evaluation by domain experts

As a first step, we conducted eleven semi-structured interviews with international business domain experts who came from different industries and possessed diverse competences within the area of early product costing (Table 1). These experts declared specific interest in our research during earlier collaboration phases [3, 24] and moreover, have a high level of domain expertise.

**Table 1.** Expert interviews (step 1): Industry and competence distribution of participants

<i>Industry</i>	<i>Participants</i>	<i>Area of Competence</i>	<i>Participants</i>
Automotive	7	(Product) Controlling	7
Machinery Construction	3	Product Engineering	1
Food Industry	1	Consulting	2
<i>Overall</i>	<i>11</i>	Information Technology	1
		<i>Overall</i>	<i>11</i>

These interviews were then analyzed to identify implementation challenges and possible artifact requirements. To do so, we systematically coded interview protocols. By the exploration of code structures, we were able to derive specific requirements for our research. In the third step, we combined the collection of requirements into an aligned requirements model, which includes significant experts' requirements for an approach toward IS support for early product cost optimization.

**Table 2.** Evaluation (step 4): Industry distribution of participants

<i>Industry</i>	<i>No. of Participants</i>	<i>Avg. Working Experience</i>	<i>Median of Working Experience</i>
Automotive	12	9.6 Years	6.0 Years
Machinery Construction	4	3.5 Years	3.5 Years
Consulting	2	4.5 Years	4.5 Years
<i>Overall</i>	<i>18</i>	<i>8 Years</i>	<i>5 Years</i>

Finally, this requirements model was presented to a separate group of business experts (Table 2) as part of a co-innovation focus group. As there were only two overlapping participants with the previous group of expert interviewees, the goal of this focus group was to evaluate in detail a) our understanding of interview results and b) the requirements model. To strengthen the results evaluation, we independently conducted iterative analysis on each requirement within the model. During each iteration, we presented the requirement description in relation to a practical example on how a potential artifact instantiation could work. Since we were interested in different evaluation perspectives, we conducted the evaluation again with experts from different industry roles and with varying domain expertise (Table 3). During each step of our evaluation, the focus group participants had to rate requirements with a score from 0 to 10, in which each business expert rated the requirements independently of one another for the whole requirements model.

**Table 3.** Evaluation (step 4): Competence distribution of participants

<i>Industry</i>	<i>No. of Participants</i>	<i>Avg. Working Experience</i>	<i>Median of Working Experience</i>
(Product) Controlling	10	9.6 Years	8.5 Years
Product Engineering	1	6.0 Years	6.0 Years
Consulting	2	4.5 Years	4.5 Years
Information Technology	5	6.0 Years	6.0 Years
<i>Overall</i>	<i>18</i>	<i>8 Years</i>	<i>5 Years</i>

## 4 Results

### 4.1 Key Findings: Challenges within Early Product Cost Optimization

In the first step, we identified major challenges and characteristics regarding the early cost optimization process, with the purpose of providing necessary context information for elaborating the requirements. By interviewing business domain experts from different types of organizations (Table 1), we learned that the product development cycle (Figure 1) is structured into dedicated phases which are very often linked by strict gates (e.g. quality gates or management approvals). Though this finding indicates a structured process for product development in general, we did learn that product cost optimization does not follow such a determined process. In truth, early product optimization (as part of the product development process) evaluates and compares numerous alternative optimization concepts to each other—in terms of product designs, production processes, and production resources—in various back-and-forth iterations to find an optimal solution (in relation to financial figures like total costs, IRR, RoS, RoCE, etc). Thus, while the overall product development process tends to be well structured, optimization processes are executed separately from these established processes.

Moreover, the development of these alternative concepts requires in-depth knowledge about such concepts, including production resources and processes, price trends, customer requirements, and technical feasibilities. Consequently, the individual participation of experts in the optimization process is not predetermined; rather, it is a question of required skills and knowledge towards specific optimization measures (e.g. procurement department will be included in a make-or-buy analysis for a specific component). This variety of knowledge is then transformed into a common cost estimation that predicts a product's total costs throughout its life cycle. The optimization results must be transparent and traceable among all phases, due to their importance and impact on businesses' future profitability. For that reason, the interview participants reject black-box optimization approaches as elaborated in [17] during the product development cycle.

Since spreadsheet software has been identified as a tool of choice for early product costing in general (see section 2), it is not surprising to find this software in place for the management and execution of early product cost optimization across industries. Again, according to the experts' opinions, cost optimization suffers from a lack of transparency in regards to progress and responsibility management. Though ideas abound for cost improvements, no suitable IS support exists to capture and follow up on this tacit but important knowledge. Moreover, experts claim that the high manual effort to maintain and link emergent information as part of optimization management is exacerbated by spreadsheet software; this is also valid for the evaluation of optimization measures with regard to their impact on the entire product cost calculation. This is particularly critical, as costing experts suffer from time pressure during product development [3] and therefore are not able to realize all available optimization potentials.

In total, we identified six major implementation challenges for IS support in early product cost optimization (Table 4). The next step is to work out suitable design requirements for potential solutions.

**Table 4.** Implementation challenges for IS support within early cost optimization

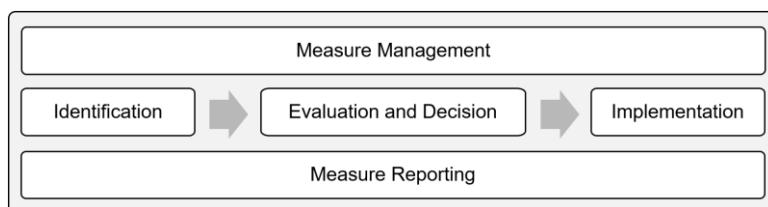
No.	Implementation Challenges
1	Highly unspecified optimization processes
2	Unpredictable integration of business experts from the organization
3	Demand for process transparency and traceability
4	High efforts to coordinate and manage optimization processes
5	Manual efforts to evaluate and implement optimization measures
6	Lack of comprehensible documentation of solution approaches for optimization

#### 4.2 Requirements Model: Approach towards Early Product Cost Optimization

Markus et al.'s [19] theory of EKP (see section 2) exhibits a high degree of correspondence with the early optimization of product costs (see section 4.1). Particularly, a strong similarity is indicated between the emergent process structures and the unpredictable integration of business experts to context-related tasks [21]. Slightly weaker is the correlation for user's information requirements [19], as optimization is carried out within an environment of business experts only. Consequently, early product cost optimization can be characterized as a type of EKP and is therefore neither an ad-hoc process nor a well-defined process, and instead shares characteristics of both extremes (Figure 2). In order to contextualize this conclusion, our approach should follow requirements as specified by Markus et al. [19], which essentially combine the accommodation of complex, distributed, and evolving knowledge with the ability to support dynamically changing processes of deliberations (see section 2).

What must be further taken into consideration is singularity of EKP; according to Marin et al. [25], the execution environment is crucial for any implementation. Following recommendations and research results from the literature [18, 19, 21], we designed an adequate approach that provides the right degree of process specification towards a structured optimization approach without being too restrictive.

Based on the result of our expert interviews, we devised a requirements model that includes a processual perspective for early product cost optimization (Figure 3). To address all implementation challenges (Table 4), we propose a concept for a) the overall coordination of early cost optimization (Measure Management and Measure Reporting) and b) the specific process to guide a specific optimization measure from an initial idea (Identification) through its evaluation (Evaluation & Decision) to its final implementation (Implementation). In total, we derived 30 detailed requirements, which are presented in the next section.



**Figure 3.** Approach to early product cost optimization

### 4.3 Requirements Model: Result Evaluation

To simultaneously answer the second research question and evaluate our interpretation of expert interviews, the focus group evaluated all requirements within our model. To highlight differences within the discrete manufacturing industry, we report the results separately for the participants from automotive and machinery-construction businesses (Table 2). In addition, the total values include results from the consulting sector as well.

Measure Management (Table 5, Measure Management) covers all-embracing requirements to provide an overall support enabling the coordination of various optimization measures within product development. Together with Measure Reporting (Table 5, Measure Reporting), it aims at managing measures efficiently by providing solutions for process transparency and traceability. On the detailed level, requirements focus the identification of optimization potentials (Table 5, Measure Identification). Once an optimization potential is identified, it is further developed into a specific measure. This measure is evaluated in regard of its feasibility and benefit. Based on its impact regarding total product costs and further financial figures, the measure is approved for future implementation (Table 5, Measure Evaluation and Decision). Finally, approved optimization measures are implemented into the main product development process (Table 5, Measure Implementation).

In general, business experts with different roles from different industries evaluated the established requirements model very positively. Moreover, no changes to the overall approach or to the single requirements were deemed necessary.

**Table 5.** Evaluated requirements for measure management

<i>Measure Management</i>	<i>Average Score</i>			<i>Std. Dev.</i>
	<i>Overall</i>	<i>Auto motive</i>	<i>Machinery Construction</i>	
Collect cost-optimization measures	7.78	8.25	7.50	1.72
Select measures for projects, calculations, versions, and cost items	8.06	8.42	7.75	1.43
Define responsibilities	6.78	7.08	7.00	2.44
Create achievement plans	7.06	7.45	6.50	2.29
Estimate measure impact	8.29	8.64	7.00	1.45
Rate measure maturity	7.59	8.00	7.00	1.82
Tag/flag measures	5.35	5.18	5.50	2.03
Change history	7.44	8.00	6.25	2.41
Control measure dependencies	5.63	5.90	5.25	2.06
<i>Measure Identification</i>				
Target costing	8.72	8.83	8.00	1.45
Internal benchmarking	7.44	7.67	8.25	1.86
External benchmarking	6.50	6.92	5.75	2.11
Measure-independent scenario simulation	7.67	8.00	7.50	2.16
Cost driver analyses	7.89	7.83	9.00	2.21
Best practice database	6.28	7.17	4.75	2.13
Checklist	6.00	6.83	6.00	2.58
Tool-generated optimization recommendations	6.83	7.17	6.25	1.92

<i>Measure Evaluation and Decision</i>				
Optimization concept development	7.11	6.75	8.50	1.59
Impact evaluation for alternative concepts	7.56	7.67	7.00	1.64
Concept documentation	6.50	6.67	7.00	2.54
Concept versioning	6.28	6.50	6.75	2.23
<i>Measure Implementation</i>				
Highlight measure impact	7.50	7.67	7.50	1.57
Costing structure integration	8.06	7.67	9.00	1.39
Optimization history	7.67	7.67	8.25	1.49
Link measure result to best practice database	5.72	6.58	5.50	2.76
<i>Measure Reporting</i>				
Optimization progress reporting	7.33	7.50	5.50	2.00
Target cost deviation tracking	8.22	8.17	8.25	1.40
Measure achievement reporting	7.39	7.50	7.00	1.42
Measure impact evaluation	7.39	7.50	8.50	1.74
Measure dependency reporting	5.39	5.83	5.25	2.00

## 5 Discussion

All in all, the evaluation scores for most requirements are nearly equal across the different industries and indicate a strong need for such an artifact. One reason for differences is the circumstances of production. Particularly within the automotive industry, we learned about long product development cycles lasting up to five years [3]. This circumstance leads to higher scores for requirements that improve the overall process transparency and traceability (e.g. change history or creation of achievement plans). Surprisingly, a requirement ranked as less important is the ability to enable knowledge externalization and harvesting (Best practice database for measures), which Marjanovic [21] describes as a major aspect for IS support in EKP. This finding supports our interpretation about the reduced necessity for information in early cost optimization (see section 4.2). Therefore, we should discuss and evaluate our results against common approaches that are described alongside best-practices for EKP.

Workflow systems are considered as process-oriented coordination technology [26]. Though workflow systems allow an effective coordination support with the ability to assign tasks to respective users within routines, these systems are only suitable for well-structured processes that have been defined in advance [21]. As such, workflow systems are not able to overcome implementation challenges 1 and 2 (Table 4).

In contrast to that analysis, Böhringer [18] describes a solution based on micro-blogging and activity streams as a possibility to overcome boundaries of structured workflows. This need to overcome boundaries of structured workflows also exists in the context of product costing [8]. Nonetheless, Böhringer [18] faces fragmentation of information because of provided flexibility, especially when knowledge is generated in relation to ad-hoc processes. Due to needing a holistic coordination approach towards different optimization measures, as expressed by implementation challenges 3 and 4

(Table 4), these artifacts also cannot solve our problem in the context of early product cost optimization.

Furthermore, implementation challenges 5 and 6 (Table 4) intensify the need for a much more specific IS support, which is capable of integrating with current product costing solutions in the area of product development. In essence, many solutions are available to manage knowledge-intensified processes, but these are not able to address our implementation challenges with a holistic approach, which is required to ensure usability and effectiveness [19]. This perspective receives support from industry, which highlights the need for improvement and offers collaboration for further research. Therefore, our requirements model for a specific type of EKP remains valid and should be instantiated as a software artifact to enable extensive evaluation.

## 6 Conclusion

Based on our earlier research [3], we were able to elaborate and evaluate a requirements model for the IS support of early product cost optimization with 27 business experts from the discrete manufacturing industry. This requirements model has its roots in theory about emergent knowledge processes [19]; it contains 30 requirements to address the industry's key implementation challenges. This evaluated requirements model serves as a solid foundation for the next steps in our design science research project. Following the recommendation of Peffers et al. [10], we further concentrate on iterations for development and design of a software artifact including further formative evaluations to address the limitation that our model lacks a broad empirical evaluation. The current evaluation scores for our 30 requirements will provide guidance on how to prioritize while designing the instantiation in our next step.

## References

1. Roda, I., Garetti, M.: TCO Evaluation in Physical Asset Management: Benefits and Limitations for Industrial Adoption. In: Grabot, B., Vallespir, B., Gomes, S., Bouras, A., Kirlitsis, D. (eds.) *Advances in Production Management Systems 2014. Proceedings, Part III*, pp. 216-223. Springer, Berlin (2014)
2. Griffin, A.: Metrics for Measuring Product Development Cycle Time. *Journal of Product Innovation Management*. 10, 112-125 (1993)
3. Walter, M., Leyh, C.: Knocking on Industry's Door: Product Cost Optimization in the Early Stages Requires Better Software Support. In: 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI), pp. 330-338. IEEE, Thessaloniki (2017)
4. Eigner, M., Stelzer, R.: Product Lifecycle Management: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. Springer, Heidelberg (2009)
5. Mörtl, M., Schmied, C.: Design for Cost - A Review of Methods, Tools and Research Directions. *Journal of the Indian Institute of Science*. 95 (4), 379-404 (2015)
6. Ehr lenspiel, K., Kiewert, A., Lindemann, U.: Cost-Efficient Design. Hundal, M. S. (ed.). Springer Berlin Heidelberg, Berlin (2007)
7. G. Schicker, G., Mader, F., Bodendorf, F.: Product Lifecycle Cost Management (PLCM): Status quo, Trends und Entwicklungsperspektiven im PLCM – eine empirische Studie. In:

Arbeitspapier Wirtschaftsinf. II (02/2008). Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg (2008)

8. Lück, D., Leyh, C.: Integrated Virtual Cooperation in Product Costing in the Discrete Manufacturing Industry: A Problem Identification. In: Nissen, V., Stelzer, D., Straßburger, S., Fischer, D. (eds.) Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2016. Universitätsverlag Ilmenau, Ilmenau (2016)
9. Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. *MIS quarterly*. 28(1), 75-105 (2004)
10. Peffers, K., Tuunanen, T., Gengler, C. E., Rossi, M., Hui, W., Virtanen, V., Bragge, J.: The Design Science Research Process: A Model for Producing and Presenting Information Systems Research. In: Proceedings of the 1st International Conference on Design Science in Information Systems and Technology, pp. 83-106. Claremont Graduate University, Claremont (2006)
11. Löhe, J., Legner, C.: Overcoming Implementation Challenges in Enterprise Architecture Management: A Design Theory for Architecture-Driven IT Management (ADRIMA). *Information Systems and e-Business Management*. 12(1), 101-137 (2014)
12. Österle, H., Otto, B.: Consortium Research. *Business & Information Systems Engineering*. 2, 283-293 (2010)
13. Winter, R.: Design Science Research in Europe. *European Journal of Information Systems*. 17, 470-475 (2008)
14. Horváth, P.: *Controlling*. Verlag Franz Vahlen, Munich (2011)
15. Andersch, A., Buehlmann, U., Palmer, J., Wiedenbeck, J. K., Lawser, S.: Product Costing Guide for Wood Dimension and Component Manufacturers. *Forest Products Journal*. 63(7-8), 247-256 (2013)
16. Chayoukhi, S., Bouaziz, Z., Zghal, A: Costweld: A Cost Estimation System of Welding Based on the Feature Model. *Advances in Production Engineering & Management*. 4, 263-274 (2009)
17. Silva, J. A., Siller, H. R., Kitazawa, G., Abellán-Nebot, J. V.: On-Line Production Cost Optimization in High Performance Machining Operations through AI Techniques. In: IEEE Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, pp. 47-52. Cuernavaca, Morelos (2011)
18. Böhringer, M.: Emergent Case Management for Ad-hoc Processes: A Solution Based on Microblogging and Activity Streams. In: Zur Muehlen, M., Su, J. (eds.) *Business Process Management Workshops: BPM 201*, pp. 384-395. Springer Berlin Heidelberg, Heidelberg (2011)
19. Markus, M. L., Majchrzak, A., Gasser, L.: A Design Theory for Systems that Support Emergent Knowledge Processes. *MIS quarterly*. 26(3), 179-212 (2002)
20. Gregor, S., Jones, D.: The Anatomy of a Design Theory. *Journal of the Association for Information Systems*. 8(5), 1-25 (2007)
21. Marjanovic, O.: Towards IS Supported Coordination in Emergent Business Processes. *Business Process Management Journal*. 11, 476-487 (2005)
22. Asiedu, Y., Gu, P.: Product Life Cycle Cost Analysis: State of the Art Review. *International Journal of Production Research*. 36(4), 883-908 (1998)
23. Rosemann, M., Vessey, I.: Toward Improving the Relevance of Information Systems Research to Practice: The Role of Applicability Checks. *MIS Quarterly*. 32(1), 1-22 (2008)
24. Vosough, Z., Walter, M., Rode, J., Hesse, S., Groh, R.: Having Fun with Customers: Lessons Learned From an Agile Development of a Business Software. In: *Proceedings of 9th Nordic Conference on Human-Computer Interaction (NordiCHI'16)*. ACM, New York (2016)
25. Marin, M. A., Haider, M., Matthes, F.: Case Management: An Evaluation of Existing Approaches for Knowledge-Intensive Processes. In: Reichert, M., Reijers, H. A. (eds.) *Business Process Management Workshops: BPM 2015*, 13th International Workshops, pp. 5-16. Springer International Publishing, Cham (2016)
26. Workflow Management Coalition (WfMC): *Workflow Handbook 2001*. Future Strategies Inc., Lighthouse Point (2000)

# **Der Weg zum Einkauf 4.0: Herausforderungen bei der Automatisierung und Digitalisierung im Einkauf – Eine multi-methodische Analyse am Beispiel der Logistikbranche**

Fartash Zafari<sup>1</sup> und Frank Teuteberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Osnabrück, Fachgebiet für Unternehmensrechnung und Wirtschaftsinformatik,  
49069 Osnabrück, Deutschland  
{fzafari,frank.teuteberg}@uni-osnabrueck.de

**Abstract.** Im Zuge der Globalisierung und des steigenden Kostendrucks sind Unternehmen gezwungen, ihre Prozesse kontinuierlich zu verbessern, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Dementsprechend beschäftigen sich Unternehmen in den letzten Jahren intensiv mit der Digitalisierung von Prozessen und der Integration neuer Technologien und Software in ihre Systemlandschaft, was zu einem höheren Automatisierungsgrad, einer Veränderung der Unternehmensorganisation sowie zu neuen Formen von Kooperation und Wertschöpfung führt. Zu diesem Thema existieren bereits mehrere Studien und Beiträge, die sich mit der Thematik der Digitalisierung von Geschäftsprozessen und ihren Auswirkungen auf die Arbeitswelt auseinandersetzen. Trotz der hohen Bedeutung wurde bisher jedoch nicht ausreichend beleuchtet, wie die Digitalisierung konkret genutzt werden kann, um Einkaufsprozesse weitgehend zu automatisieren und effizienter zu gestalten sowie mit welchen Herausforderungen Unternehmen bei der Digitalisierung im Einkauf konfrontiert sind. Dies aufgreifend wird im vorliegenden Beitrag anhand der Fallstudie eines deutschen Unternehmens aus der Logistikbranche analysiert, welche Einflüsse die Digitalisierung im Einkauf auf das Unternehmen hat und wo die Hindernisse auf dem Weg zu einer erfolgreichen Umsetzung liegen.

**Keywords:** Einkauf 4.0, Digitalisierung, Prozessverbesserung, Automatisierung von Einkaufsprozessen

## **1 Einleitung und Motivation**

Kontinuierliche Verbesserungsprozesse, Qualität und Produktivität sind Themen, mit denen sich Unternehmen seit vielen Jahren beschäftigen, um sich gegen den Wettbewerb behaupten zu können. Gleichzeitig steigern die immer stärker von Kunden geforderte Variantenvielfalt und die gewünschten Individuallösungen sowie kürzere Lieferzeiten den Druck auf Unternehmen, was zur Erhöhung der Komplexität von Prozessen, Systemen und Entscheidungen führt [1-3]. Dementsprechend werden immer innovativere Informations- und Anwendungssysteme gesucht, um eine

reibungslose Planung und Abwicklung von Prozessen sowie eine möglichst effiziente Unterstützung der Steuerungs- und Optimierungsaufgaben sicherzustellen. Hierbei spielen die technische Integration von unternehmerischen Systemen und die Digitalisierung von Prozessen eine zunehmend wichtige Rolle, da diese erheblich mehr Effizienz und Flexibilität – sowohl im Unternehmen aller Branchen als auch in der gesamten Wertschöpfungskette – ermöglichen [4-7].

Heutzutage sind die Begriffe Industrie 4.0, Digitalisierung und die damit verbundene Automatisierung ein beherrschendes Thema der Industrie, Wirtschaft und Gesellschaft. Sie bieten aufgrund der Verbesserung und Flexibilität von Prozessen durch neue IT-Entwicklungen große Einsparpotenziale und somit entsprechende Wettbewerbsvorteile [8-9]. Trotz großer Bedeutung und Potenziale im Bereich Digitalisierung weist nur ein Fünftel der mittelständischen Unternehmen in Deutschland bereits heute einen hohen Digitalisierungsgrad auf, insbesondere im Bereich der Dienstleistungen [10-11]. Dies zeigt, dass die Digitalisierung und Nutzung innovativer Technologien und IT-Lösungen in mittelständischen Unternehmen noch stark ausbaufähig sind [10], [12].

Die wachsende Bedeutung der Digitalisierung und die damit verbundenen Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik betrifft alle Unternehmensbereiche, insbes. aber den Einkauf, weil dieser mit einem Anteil von durchschnittlich 60 % der Gesamtkosten in der Wertschöpfungskette als Bindeglied zwischen Lieferanten und internen Bedarfsträgern eine entscheidende Rolle spielt [5], [13-15]. Andererseits wachsen die Anforderungen an den Einkauf durch immer höhere Material-, Lagerhaltungs- und Logistikkosten, kürzere Reaktionszeiten sowie gestiegene Qualitätsanforderungen stetig. Deshalb werden immer mehr schlanke, IT-gestützte und ggf. automatisierte Prozesse im Einkauf benötigt, um schneller und flexibler auf die ständig gestiegenen Anforderungen und stetig komplexere Aufgaben reagieren zu können [2], [5], [14], [16]. Durch Digitalisierung und integrierte IT-Lösungen können operative Einkaufsprozesse nahezu komplett digitalisiert werden (Einkauf 4.0), strategische Prozesse müssen dann lediglich noch für die Planung, Steuerung und Überwachung der operativen Prozesse sorgen [5], [14].

Da die Digitalisierung und die Nutzung innovativer Technologien Unternehmen neue Wege eröffnen, ihre Prozesse zu verbessern und damit langfristigen Erfolg zu erzielen, gibt es mittlerweile sowohl in der wissenschaftlichen Literatur als auch in der Praxis eine große Anzahl an Beiträgen und Publikationen, welche Einflüsse die Digitalisierung auf Unternehmen und die Arbeitswelt hat. Obwohl der Einkauf als zentrale Schnittstelle zwischen internen und externen Partnern in der gesamten Wertschöpfungskette eine besondere Bedeutung für Unternehmen hat, wurde bisher jedoch kaum erforscht, inwieweit Effizienz und Flexibilität von Einkaufsprozessen durch die Digitalisierung gesteigert werden können und wo konkret die Herausforderungen liegen. Vor diesem Hintergrund ist es Ziel des vorliegenden Beitrags, anhand eines Praxisbeispiels aus der Logistikbranche zu untersuchen, inwiefern der Einkauf durch Digitalisierung und damit einhergehende Automatisierung unterstützt und effizienter gestaltet werden kann und welche Hindernisse bei der Umsetzung überwunden werden müssen. In diesem Fallbeispiel handelt es sich um ein in Deutschland ansässiges Unternehmen, welches in

Kooperation mit einem Softwareentwickler ein neues System zur Unterstützung bzw. Digitalisierung der Einkaufsprozesse, vor allem bei Bestellabwicklungsprozessen, Bestandsmanagement sowie Planungs- und Steuerungsaufgaben, getestet und eingeführt hat. Da der vorliegende Beitrag auf Basis einer analysierten Fallstudie zur Einführung in die Digitalisierung von Einkaufsprozessen und deren Herausforderungen bei der Umsetzung verfasst wurde, sind entsprechende Ergebnisse sowohl für Wissenschaftler als auch für Praktiker relevant.

In Anbetracht der Zielerreichung wird der Beitrag in sechs Abschnitte gegliedert. Der zweite Abschnitt wird zunächst einen Überblick über die Forschungsmethodik geben. Anschließend werden in Abschnitt drei die verwandten Arbeiten vorgestellt, bevor im vierten Abschnitt die Fallstudie im Detail charakterisiert wird. Im fünften Abschnitt werden aus der Analyse und Auswertung der Fallstudie die Auswirkungen und Herausforderungen der Digitalisierung von Einkaufsprozessen im Unternehmen aufgezeigt. Zum Schluss werden in Abschnitt sechs die Ergebnisse zusammengefasst.

## 2 Forschungsmethodik und Datengrundlage

Um zu analysieren, inwiefern die Digitalisierung von Einkaufsprozessen einen Beitrag zur Unterstützung des Einkaufs durch eine effizientere Prozessgestaltung leisten und welche Barrieren einer erfolgreichen Implementierung entgegenwirken, wurde nach einer systematischen *Literaturrecherche* im Themenbereich Digitalisierung und Automatisierung im Einkauf bzw. Einkauf 4.0 eine Fallstudie im Zeitraum von April bis September 2017 entsprechend der von Robert K. Yin definierten *Case Study Research Vorgehensweise* gewählt [17]. Für die Erhebung der benötigten Daten zwecks späterer Ausarbeitung und Auswertung wurde neben der Analyse der Fallstudie die Forschungsmethode der qualitativen *Experteninterviews* gewählt [18]. In diesem Zusammenhang wurden der IT-Leiter, der Einkaufsleiter und zwei Mitarbeiter der Einkaufsabteilung des Unternehmens, das in den Kontext der in dieser Arbeit beschriebenen Fallstudie involviert ist, zu Themen wie der Digitalisierung der Einkaufsprozesse, deren Einflüsse auf die Arbeit sowie die neuen Herausforderungen bei der Umsetzung befragt. Anschließend wurden anhand der resultierenden Erkenntnisse der betrachteten Fallstudie und der durchgeföhrten Experteninterviews entsprechende Ergebnisse auf Basis einer PESTEL-Analyse [19] präsentiert und diskutiert.

## 3 Verwandte Arbeiten

Um eine Übersicht über den aktuellen Stand der Forschung und Wissenschaft wiederzugeben, wurde eine intensive Literaturanalyse bei den Datenbanken *Google Scholar*, *ScienceDirect* und der Suchmaschine *Google* mit den Schlüsselwörtern „Digitalisierung“ AND „Einkauf“, „Digitalisierung“ AND „Einkauf 4.0“, „Einkauf 4.0“, „Industrie 4.0“ AND „Einkauf“, „Procurement 4.0“ und „Purchasing 4.0“ durchgeführt. In Tabelle 1 sind die verwandten Studien und Beiträge, die ab 2015 veröffentlicht wurden, zusammenfassend dargestellt, wobei „M“ für Methodik, „L“

für Literaturanalyse, „E“ für Empirische Studie, „Ex“ für Expertenbefragung, „F“ für Fallstudie und „Sz“ für Szenario-Analyse steht und die in den jeweiligen Studien bzw. Beiträgen verwendete Forschungsmethodik angeben.

**Tabelle 1.** Überblick über verwandte Veröffentlichungen zu Einkauf 4.0

Autor(en)/Jahr	Titel	Themengebiet	M
Pellengahr, Schulte, Berg, Richard [14] /2016	Einkauf 4.0 – Digitalisierung des Einkaufs	Industrie 4.0 im Einkauf in 4 Dimensionen; Ziele und Hürden im Einkauf 4.0	Ex
Müller, Niethardt, Teichgräber, Zörner [20] /2017	Einkauf 4.0: Stand und Perspektiven in Sachsen	Stand von sächsischen Unternehmen auf dem Weg zum Einkauf 4.0; Aufdeckung von Potenzialen	L, E
Vollrath, Klemen, Peček [21] /2015	Einkauf 4.0 in Österreich	Einflüsse der Industrie 4.0 auf den Einkauf aus Sicht von österreichischen Unternehmen	E
Kleemann, Glas [22-23] /2015	Industrie 4.0 – Smart Procurement & Supply Management	Identifizierung der Potenziale im Einkauf durch Industrie 4.0; Identifizierung von Umsetzungsproblemen	Ex, L
Bogaschewsky, Müller [24] /2016	Industrie 4.0: Wie verändern sich die IT-Systeme in Einkauf und SCM	Untersuchung des aktuellen Stands der IT-Systeme in Einkauf und SCM und deren Veränderungen durch die Industrie 4.0	E
Vollrath, Ruile [25] /2015	Industrie 4.0 und Einkauf der Zukunft	Untersuchung der Sensibilität und Bereitschaft der Schweizer Einkäufer bzgl. der Industrie 4.0	E
Deloitte [26] /2016	Operations Insights: Digitalisierung im Einkauf	Einflüsse der Digitalisierung auf den Einkauf; Einblicke in die aktuellen Trends	E, F
Von der Gracht, Giunipero, Schueller [27] /2016	Future-proof procurement	Identifizierung von vier Szenarien über die Zukunft des Einkaufs	Sz
Inverto [28] /2017	Der digitale Reifegrad des Einkaufs: der weite Weg zum Einkauf 4.0	Stand deutschsprachiger Unternehmen bei der Digitalisierung im Einkauf	E
Dougados, Felgendreher [29] /2016	Digitale Transformation der Supply Chain – Stand heute und in 5 Jahren	Übersicht zum aktuellen und zukünftigen Stand der Digitalisierung in der SC	E

Im Vergleich zu den identifizierten verwandten Arbeiten steht im vorliegenden Beitrag die multi-methodische Untersuchung (Literaturanalyse, Fallstudie, Experten-interviews) der Einflüsse bzw. Herausforderungen der Digitalisierung und der damit einhergehenden Automatisierung von Einkaufsprozessen anhand eines konkreten Beispiels aus der Logistikbranche (Dentalfachhandel) im Fokus, welches Konsequenzen der Einführung eines neuen Systems im Einkauf wiederspiegelt.

## 4 Fallstudie

In der Fallstudie steht ein führendes und wachsendes Großhandels- und Logistikdienstleistungsunternehmen, welches mit einem Jahresumsatz von über 146 Millionen Euro und etwa 120 Mitarbeitern an vier Standorten im Geschäftsjahr 2016/17 den deutschen und europäischen Dentalmarkt, wie z. B. Zahnärzte und Dentallabore mit insgesamt über 135.000 Material- und Technik-Artikeln beliefert. Zum Unternehmen gehören u. a. der Einkauf, die Lagerhaltung, die Auftragsbearbeitung und -abwicklung inklusive Kommissionierung, Verpackung und Versand, die Transportorganisation bis zum Endkunden. Das sehr breite Artikelspektrum umfasst neben Dentalmaterialien auch Ersatzteile.

In den letzten Jahren konnte das Unternehmen ein stetiges Wachstum verzeichnen und verfügt aktuell über eine Lagerfläche von rund 8.300 Quadratmetern, auf der heute durchschnittlich ca. 2.600 Aufträge und 13.000 Positionen pro Tag bearbeitet werden. Dieses Wachstum ergibt sich aus zwei Gründen. Einerseits basiert die Unternehmensstrategie auf der Marktführerschaft im Bereich der Teileverfügbarkeit, um im immer stärker werdenden Wettbewerbsdruck wirtschaftlich bestehen zu können. Andererseits werden die Kunden zunehmend anspruchsvoller und fordern mehr Varianten von Produkten als noch vor einigen Jahren.

Parallel zum Unternehmenswachstum wurden auch die Anzahl der gelagerten Artikel, der durchschnittliche Lagerbestandswert und somit entsprechende Lagerhaltungskosten sowie das damit gebundene Kapital deutlich gesteigert (zum Teil jedoch unnötig), was einerseits Differenzierungsmöglichkeiten zwischen kritischen und unkritischen Artikeln sowie die Planung und Bestandsoptimierung verkompliziert hat. Andererseits führte dies zum Platzmangel und zu Engpässen bei Arbeitsabläufen und Prozessen sowie zu einer Behinderung der Sortimentserweiterung im Lager, was sich negativ auf Lieferservice und Logistikkosten niederschlägt.

Die Bewirtschaftung des Lagersortiments erfolgte in der Vergangenheit durch sechs Disponenten über das ERP-System des Unternehmens. Durch die permanente Steigerung der Kooperationen mit neuen Lieferanten und dem immer umfangreicher werdenden Artikelsortiment kamen die Einkäufer zunehmend mehr an ihre Grenzen. „*Mir fällt es oft schwer, Prioritäten zu setzen, dringende Bestellungen bezüglich des Sicherheitsbestandes von Artikeln zum richtigen Zeitpunkt abzuwickeln bzw. Überbestände zu vermeiden*“, war eine typisch zu hörende Äußerung der Einkäufer. Eine effiziente Disposition von Materialien bzw. die Vermeidung von Überbeständen ist in diesem Sektor besonders wichtig, da die Produkte in der Dentalbranche oft mit einer Chargennummer gekennzeichnet sind und die Produkte, deren MHD

(Mindesthaltbarkeitsdatum) weniger als drei Monate beträgt, nicht mehr vertrieben werden dürfen. Zudem waren die Disponenten zu sehr mit hohen manuellen, wiederholenden Tätigkeiten beschäftigt und deshalb nicht in der Lage, einen strategischen Einkauf zu entwickeln. „*Insbes. zu Urlaubszeiten wie in den Sommerferien oder in umsatzstarken Monaten ist die Belastung im Einkauf schon sehr hoch.*“

In der Vergangenheit arbeiteten die Einkäufer nur mit einer einzigen Prognoseformel für alle Artikel. „*Die fehlenden individuellen Prognosen im ERP-System müssen wir immer wieder durch unsere Erfahrungswerte und unser Know-how mit hohem manuellen und zeitintensiven Aufwand kompensieren.*“ Dies führte oft zur Erhöhung der Fehlerwahrscheinlichkeit und Ungenauigkeit.

Um einen besseren Überblick zu geben, werden hier der Bestellvorgang und dessen Einflussfaktoren erläutert. Die Bestellung von Artikeln im Unternehmen basiert grundsätzlich auf dem Kundenbedarf bzw. der Prognose des Kundenbedarfs, welche über einen langen Zeitraum insbesondere europaweit üblicherweise schwer zu ermitteln ist. Parallel dazu werden bei der Bestellung die Rückstände aus Kundenbestellungen, mögliche Lieferengpässe aus Informationen des Lieferanten mit der Berücksichtigung der wirtschaftlichen und politischen Marktsituation, Einhaltung des Mindestbestellwertes nach Verhandlungen und Zielvereinbarungen mit Lieferanten (sog. Quartalsziele), Sondereinkäufe sowie teilweise festgelegte, spezifische Bestell- und Lagermengen actionsweise (z. B. Rabatt auf eine bestimmte einmalige Bestellung oder Zusatzbestellung zur Erreichung einer besseren Bonusstufe) beachtet. Nach Festlegung der Liefermenge und -termin erfolgte die Bestellung im ERP-System in mehreren Schritten manuell. Da die Bestellung im Hinblick auf alle oben erwähnten Faktoren sehr zeitaufwendig und komplex war, lag die Konzentration häufig nur auf Angeboten und Rabatten bzw. auf der Beschaffung der Artikel mit den niedrigsten Preisen. „*Auf die Beachtung der Lagerhaltungs- und Logistikkosten habe ich verzichtet.*“ Die Situation des Einkaufs vor der Einführung des neuen Systems wird zusammenfassend in Abbildung 1 dargestellt.

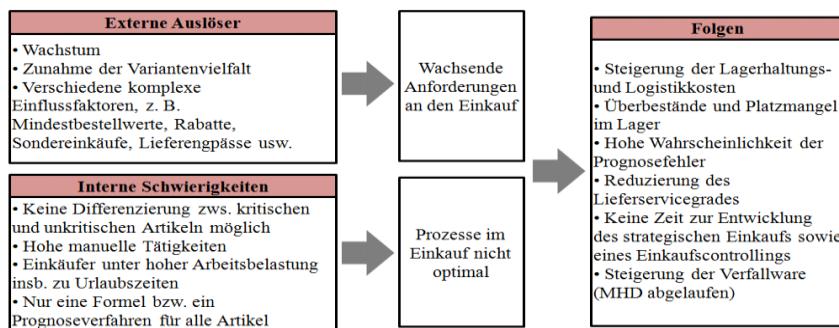


Abbildung 1. Situation des Einkaufs vor der Einführung des neuen Systems

Um die Prozesse im Einkauf bestmöglich zu unterstützen und die oben genannten Schwierigkeiten zu reduzieren, hat das Unternehmen nach mehreren Workshops und grundlegenden Prozessanalysen beschlossen, eine neue Software zur Unterstützung

von Einkaufsprozessen wie bspw. bei Dispositionsprozessen, Bestandsoptimierung sowie den Planungs- und Steuerungsaufgaben einzuführen. Dementsprechend kann die Effizienz im Einkauf gesteigert werden, indem manuelle Kontrollschritte und - eingaben sowie teilweise papierbasierte Aufgaben entfallen, was auch zur Verringerung der Fehlerquote führt. In diesem Zusammenhang wurde die Software in Kooperation mit einem Softwareentwickler kundenindividuell und in Übereinstimmung mit den branchenspezifischen Anforderungen entwickelt und über eine Schnittstelle mit dem unternehmerischen ERP-System verbunden. Abbildung 2 illustriert die neu geschaffene Systemlandschaft des Unternehmens inklusive Systemschnittstellen und dem dazugehörigen Datenaustausch.

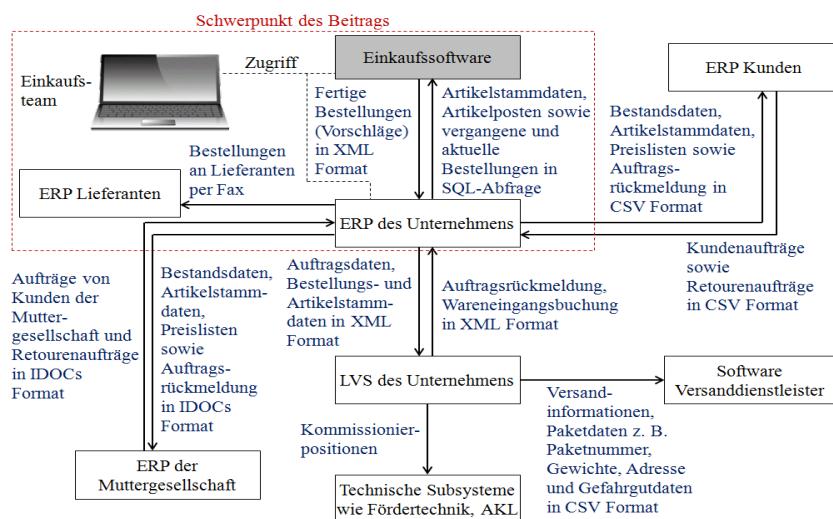


Abbildung 2. Schematische Systemlandschaft des Unternehmens

Durch die Integration der neuen Einkaufssoftware mit dem ERP-System des Unternehmens werden alle Daten für jeden Artikel wie beispielsweise Einkaufs- und Verkaufspreise, Anzahl der gelagerten Artikel, MHD, Jahresabsatz in der Vergangenheit, Hersteller bzw. Lieferantenname etc. automatisch in die Einkaufssoftware übertragen. Die Übertragung bzw. Aktualisierung von Daten erfolgt jede Nacht und dauert etwa drei Stunden. Anschließend werden im System täglich auf Basis der aktuellen Daten artikelweise über 50 verschiedene Prognosen durchgeführt und die adäquateste, zuverlässigste Prognoseart zur weiteren Berechnung ermittelt, welche den Einkäufern als Bestellvorschlag zur Verfügung steht. Hierbei werden für die Prognosen neben Rabatten und Sonderaktionen auch andere Parameter wie Lieferzeit, Lagerhaltungs-, Logistik- und Bestellabwicklungskosten berücksichtigt. Die Software ist so aufgebaut, dass der Bestellvorgang im Falle einer Bestätigung mit nur einem Klick als Bestellung – je nach Vereinbarung per Fax oder E-Mail an den Lieferanten – versandt wird. Darüber hinaus wurden in der Software zahlreiche hilfreiche Kennzahlen zur Unterstützung der Planungs- und Steuerungsaufgaben hinterlegt, was das Treffen von Entscheidungen vereinfacht und somit beschleunigt.

## 5 Auswirkungen und Herausforderungen der Digitalisierung im Einkauf

In diesem Abschnitt werden zunächst auf Basis der Erkenntnisse aus der Fallstudie und der Experteninterviews die Auswirkungen der Digitalisierung von Einkaufsprozessen im Unternehmen anhand einer PESTEL-Analyse erarbeitet (Tabelle 2). Diese unterteilt die Ergebnisse in eine politische (P), ökonomische (E), sozio-kulturelle (S), technologische (T), ökologische (E\*) und rechtliche (L) Perspektive (Pe).

**Tabelle 2.** Chancen der Automatisierung und Digitalisierung von Einkaufsprozessen

Auswirkungen (Chancen)	Pe
<b>Steigerung der Prognosequalität:</b> Da die neue Software im Vergleich zur früheren Methode mit unterschiedlichen Prognoseverfahren arbeitet, sind die Prognosen und die daraus resultierenden Bestellvorschläge wesentlich präziser und zuverlässiger geworden.	E
<b>Reduzierung der Arbeitszeit sowie der Dispositionsfehler:</b> „ <i>Die frühere Disposition im ERP-System erfolgte in mehreren Schritten mit hohem manuellen Aufwand. Bei jedem einzelnen Artikel sollte durch die Erfahrung und das Know-how der Einkäufer die Entscheidung getroffen werden, ob der Artikel zu bestellen ist (auch Liefermenge und -termin).</i> “ Diese Entscheidung wird nun durch Bestellvorschläge erleichtert. Dadurch wurde die Arbeitszeit beim Dispositionssprozess um 40-50 % reduziert.	E
<b>Verringerung der Belastung der Einkäufer:</b> Vorher konnte bei der Disposition nicht zwischen den wichtigen und unwichtigen Artikeln unterschieden werden. So wurde täglich viel Zeit der Einkäufer mit völlig uninteressanten E-Artikeln gebunden. „ <i>Heute ist die Differenzierung nach Artikeln möglich und die frei gewordene Zeit kann in weiteren wichtigen Tätigkeiten wie der Entwicklung eines strategischen Einkaufs, der Lieferantenbewertung sowie in das Einkaufscontrolling eingesetzt werden.</i> “	E
<b>Papierlose Prozesse:</b> Die Bestellung erfolgt aktuell papierlos und automatisch mit nur einem Klick (Blindbestellung). Hierbei übernehmen die Einkäufer nur noch Kontroll- bzw. Freigabeaufgaben.	E*
<b>Erhöhung der Lieferantenzufriedenheit und des Images des Unternehmens:</b> Durch die effizientere Kommunikation mit Lieferanten und exaktere Prognose der Bedarfe können Lieferanten ihre eigene Produktion besser planen.	S
<b>Bessere Erfüllung von Zielvereinbarungen:</b> Ein Vorteil liegt bei der Einhaltung bestimmter Vereinbarungen bzw. vertraglicher Pflichten ggü. Lieferanten wie z. B. die Auffüllfunktion, um Zielwerte zu erreichen oder die Einhaltung vorgeschriebener Bestellmengen und -rhythmen.	L
<b>Reduzierung der Inventurkosten:</b> Vorher wurde die Inventur manuell über eine Vollaufnahme durchgeführt, welche drei Tage Zeit in Anspruch nahm. Aktuell wird durch die Funktion der Stichprobeninventur eine Inventur mit gleicher Ergebnisqualität in weniger als fünf Stunden möglich.	E

<p><b>Reduzierung der Lagerbestände bei gleichzeitiger Steigerung des Lieferservicegrades:</b> Der größte Einfluss lag bei der Reduzierung der Lagerbestände und der entsprechenden Lager- sowie Bestellkosten. Gleichzeitig erhöhte sich der Lieferservicegrad, was langfristig zu einer Steigerung der Kundenzufriedenheit und dadurch zu einer Erhöhung des Marktanteils führen kann. „<i>Nach nur sechs Monaten wurde der Lieferservicegrad um drei Prozent erhöht, während der Lagerbestand z. B. bei AX-Artikeln um 16,81 % (1.715.093 €) reduziert werden konnte.</i>“</p>	E
<p><b>Möglichkeit zur Entwicklung der Digitalisierung in der Dentalbranche:</b> Als einer der ersten Dentalfachhändler, dessen Einkaufsprozesse digitalisiert wurden, hat das Unternehmen die Möglichkeit, die Zukunft der Dentalbranche im Zeitalter der Digitalpolitik der Bundesregierung aktiv mitzugestalten und somit entsprechende Wettbewerbsvorteile zu erzielen.</p>	P

Obwohl bei der Digitalisierung von Einkaufsprozessen viele Ziele erreicht wurden, stand das Unternehmen bei der erfolgreichen Umsetzung des neuen Systems vor vielen Herausforderungen bzw. Schwierigkeiten (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3.** Herausforderungen bei der Umsatzung

Herausforderungen (Schwierigkeiten)	Pe
<p><b>Mitarbeiterakzeptanz:</b> Die größte Herausforderung, mit der die Firma konfrontiert war, ist die Anpassung der Einkäufer an die Veränderungen der Arbeitsorganisation und -prozesse. Manche Einkäufer haben mehr als 15 Jahre mit dem unternehmerischen ERP-System gearbeitet, was die Umstellung auf die Arbeit mit einem neuen System erschwert. „<i>Zusätzliche Funktionen, die uns Mitarbeitern bereits in den letzten Jahren schon nicht zur Verfügung standen, werden auch im neuen System häufig nicht benutzt.</i>“ Dieses Thema gewinnt heutzutage immer mehr an Bedeutung. In einer Studie wird der Faktor „Mensch“ als Hauptgrund zum Scheitern von Industrie 4.0-Projekten genannt (Status Quo-Bias, Verharrungseffekt, Technologieakzeptanz, Vertrauen) [30].</p>	S
<p><b>Zu viele KPI's (teilweise nicht entscheidungsrelevante Informationen):</b> Ein großes Problem besteht darin, dass im System über 50 KPI's und Begriffe (Fachwörter aus der Logistik und BWL) zur Verfügung stehen, welche teilweise verschieden benannt sind, was sie schwer nachvollziehbar macht und zu Irritationen von Mitarbeitern führt.</p>	E
<p><b>Datenpflege:</b> Eine große Herausforderung liegt aktuell bei der Datenpflege bzw. der regelmäßigen und schnellen Aktualisierung der benötigten Daten im System, welche sehr wichtig aber zeitaufwendig ist, da die Software auf die Daten des ERP-Systems zurückgreifen muss und Fehler in den Dateninhalten zu erheblichen Schäden führen können.</p>	T
<p><b>Hohe Investition:</b> Die Automatisierung und Digitalisierung im Einkauf sind mit relativ hohen Implementierungs- und Wartungskosten verbunden.</p>	E
<p><b>Datensicherheit:</b> Durch die Digitalisierung von Einkaufsprozessen steigen die Anforderungen an Datensicherheit im Unternehmen.</p>	T

<p><b>Teilweise ungenaue Prognose:</b> Aufgrund fehlender Daten aus der Vergangenheit ist das System für Produkte, die neu im Sortiment sind, nicht geeignet. Zudem können weder die großen Sprünge und starken Schwankungen wie z. B. nach Messeveranstaltungen noch Sondereinkäufe durch das System berücksichtigt werden.</p>	E
<p><b>Steigerung der Anzahl von Anlieferungen:</b> Da das neue System sowohl Einkaufspreise als auch weitere Faktoren wie die Lagerhaltungs- und Logistikkosten beachtet, erfolgen die Bestellvorschläge oft zu kurzfristig und mit einer Tendenz zu möglichst kleineren aber mehreren Bestellungen, um Lagerhaltungskosten zu verringern. Folglich wird die Anzahl von Anlieferungen im Lager gesteigert, was zu mehr Koordinationsaufwand im Lager und teilweise Engpässen beim Wareneingang führt.</p>	E
<p><b>Daten in Echtzeit notwendig:</b> Dass die Daten im Nachlauf aktualisiert werden (z. B. Änderungen bzgl. der Zu- und Abgänge im Lager), könnte manchmal zu Abweichungen zwischen den optimalen Planwerten und den durchgeführten Dispositionen führen (noch keine Echtzeitverfügbarkeit von Daten). Als nächster Schritt zum Einkauf 4.0 müssen die Daten in Echtzeit verfügbar sein, um die Prognosen optimal durchführen zu können.</p>	T

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Der Weg zum Einkauf 4.0 erfordert die Automatisierung und Digitalisierung von Einkaufsprozessen. Obwohl derzeit bereits innovative, technische Möglichkeiten, mit denen die Prozesse im Einkauf automatisiert und digitalisiert werden können, existieren, ist das Potenzial bei vielen Unternehmen noch nicht ausgeschöpft.

Mittlerweile gibt es eine breite Wissensbasis, wie Einkauf 4.0 definiert ist, wie der Stand der Digitalisierung von Einkaufsprozessen im Unternehmen ist, sowie welche Chancen und Möglichkeiten der Digitalisierung im Einkauf mit sich bringen. Es wurde bisher aber nicht ausreichend erforscht, inwieweit die Effizienz und Produktivität von Prozessen durch die Digitalisierung im Einkauf erhöht werden können und welche Herausforderungen bzw. Hindernisse zur Umsetzung überwunden werden müssen. Daher wurden in diesem Beitrag im Rahmen einer Fallstudie und der Durchführung von Experteninterviews wichtige Erkenntnisse zu Einflüssen und Herausforderungen der Digitalisierung von Einkaufsprozessen gewonnen. Die Ergebnisse können Wissenschaftlern und Praktikern erste neue Impulse liefern, inwieweit die Einkaufsprozesse durch die Nutzung bereits vorhandener Technologien effizienter zu gestalten sind, um Kosten- und Zeitsparnisse zu erzielen und herkömmliche, papierbasierte und aufwändige Einkaufsprozesse durch einen durchgängigen digitalen und automatisierten Prozess zu ersetzen. Es sollte jedoch im Rahmen weiterer Forschungen ggf. in anderen Branchen untersucht werden, welche anderen Einflüsse die Digitalisierung von Prozessen im Einkauf auf die Prozesse sowie das Unternehmen hat.

Verwendung digitaler Technologien und der Industrie 4.0 im Einkauf bietet Unternehmen viele Optimierungsmöglichkeiten, darunter erhöhte Produktivität und Entlastung von Routinetätigkeiten im Einkauf, verbesserte Liquidität, kostenoptimale

Bedarfsprognose und Bestellabwicklung, Schaffung von Transparenz sowie Steigerung des Lieferservicegrades bei gleichzeitiger Bestandsreduzierung.

Die Komplexität der Digitalisierung von Prozessen, z. B. durch die Einführung neuer Systeme bzw. Vernetzung der Systeme, dürfen nicht unterschätzt werden. Dies setzt eine klare, genaue Definition von Projektzielen und ein umfassendes Projektmanagement voraus. Zur Steigerung der Mitarbeiterakzeptanz ist es wichtig, die Mitarbeiter möglichst früh ins Projektteam einzubeziehen sowie eine transparente Kommunikation und eine vollständige Informationsvermittlung zu sichern.

Die Unternehmen sollten in Zukunft mit ihren Lieferanten und Partnern vernetzt werden, indem sie z. B. auf eine gemeinsame Datenbank zurückgreifen, um die Daten in Echtzeit zur Verfügung stellen zu können und Vorteile der Digitalisierung von Prozessen in der gesamten Wertschöpfungskette vollständig nutzen zu können.

## References

1. Schmidt, J., Drews, P.: Entwicklung und Evaluation eines Metamodells zur Verbesserung der unternehmensweiten Entscheidungsorientierung mithilfe der Unternehmensarchitektur. In: 12th International Conf. on Wirtschaftsinformatik, pp. 1814–1828. Osnabrück (2015)
2. Detecon International GmbH, [https://www.detecon.com/sites/default/files/Digitale\\_Transformation\\_Einkauf.pdf](https://www.detecon.com/sites/default/files/Digitale_Transformation_Einkauf.pdf) (Accessed: 02.08.2017)
3. Müller, C., Bösing, K.D.: Vergleich von Simulationsfunktionalitäten in Werkzeugen zur Modellierung von Geschäftsprozessen. In: 28. AKWI-Jahrestagung, pp. 9–19. Hochschule Luzern (2015)
4. Lederer, M., Knapp, J., Schott, P.: The digital future has many names - How business process management drives the digital transformation. In: 6th International Conf. on Industrial Technology and Management, pp. 22–26. IEEE Cambridge (2017)
5. Tschandl, M., Schentler, P., Bischof, C.: Digitalisierung im Einkauf - Technologien und Anwendungsbeispiele. In: Zeitschrift WINGbusiness Heft 4, pp. 29–33 (2016)
6. Bley, K., Leyh, C.: Status Quo der Digitalisierung deutscher Industrieunternehmen - Eine Studie ausgewählter Unternehmen. In: Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, Band III, pp. 1651–1662. Technische Universität Ilmenau (2016)
7. Horlacher, A., Hess, T.: What does a Chief Digital Officer Do? Managerial Tasks and Roles of a new C-level Position in the Context of Digital transformation. In: 49th Hawaii International Conf. on System Sciences, pp. 5126–5135. IEEE, Koloa (2016)
8. John, U.: Digitales Unternehmen - Bausteine für Effizienz, Agilität und Transparenz. In: 45. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, pp. 1103–1117. Cottbus (2015)
9. Jodlbauer, H., Schagerl, M.: Reifegradmodell Industrie 4.0 - Ein Vorgehensmodell zur Identifikation von Industrie 4.0 Potentialen. In: 46. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, pp. 1473–1487. Klagenfurt (2016)
10. Saam, M., Viete, S., Schiel, S.: Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. ZEW GmbH, Mannheim (2016)
11. Demary, V.: Digitalisierung, Vernetzung und Strukturwandel: Wege zu mehr Wohlstand. Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Consult GmbH (Hrsg.), Köln (2015)
12. Fachhochschule des Mittelstands (FHM): Studie Digitalisierungsindex bei KMU in NRW: Ergebnisse des Digitalisierungsstands in den Branchen Industrie, Handwerk und industriennahe Leistungen, [http://www.fh-mittelstand.de/fileadmin/pdf/Projekte/FHM\\_Digitalisierungsindex\\_NRW\\_Digital.pdf](http://www.fh-mittelstand.de/fileadmin/pdf/Projekte/FHM_Digitalisierungsindex_NRW_Digital.pdf) (Accessed: 04.09.2017)

13. Horváth & Partners Management Consultans: Studienbericht Digitalisierung - Der Realitäts-Check, [https://www.horvath-partners.com/fileadmin/horvath-partners.com/assets/05\\_Media\\_Center/PDFs/deutsch/Teaser\\_Website\\_g.pdf](https://www.horvath-partners.com/fileadmin/horvath-partners.com/assets/05_Media_Center/PDFs/deutsch/Teaser_Website_g.pdf) (Accessed: 02.09.2017)
14. Fraunhofer-Institut IML, BME e.V.: Vorstudie Einkauf 4.0: Digitalisierung des Einkaufs, [https://www.bme.de/fileadmin/\\_horusdam/4190-Vorstudie\\_Einkauf\\_40.pdf](https://www.bme.de/fileadmin/_horusdam/4190-Vorstudie_Einkauf_40.pdf) (Accessed: 06.08.2017)
15. Günther, J.: Digitalisierung im Einkauf - technologische und organisatorische Trends. In: Zeitschrift Elektrotechnik & Informationstechnik, vol. 134/4-5, pp. 287-289, Springer-Verlag GmbH Austria (2017)
16. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau: Einkauf 4.0 - Mehr als Digitalisierung. VDMA Betriebswirtschaft, Frankfurt am Main (2016)
17. Yin, R.K.: Case Study Research: Design and Methods, 5. Auflage. Sage Publications, London (2013)
18. Kaiser, R.: Qualitative Experteninterviews, konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung. Springer VS, Wiesbaden (2014)
19. Kaplan, R.S., Norton, D.P.: The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage. Boston (2008)
20. Müller, H., Niethardt, S., Teichgräber, G., Zörner, K.: Einkauf 4.0: Stand und Perspektiven in Sachsen. HTWK Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (2017)
21. BMÖ Österreich, IMP AG: Einkauf 4.0 in Österreich, [http://www.impconsulting.com/neu/editor/upload/file/BM%C3%96\\_EK4\\_0\\_Klemen-Vollrath\\_Results.pdf](http://www.impconsulting.com/neu/editor/upload/file/BM%C3%96_EK4_0_Klemen-Vollrath_Results.pdf) (Accessed: 21.08.2017)
22. Kleemann, F.C., Glas, A.H.: Industrie 4.0: Smart Procurement & Supply Management, [https://www.bme.de/fileadmin/\\_horusdam/3696-SPSM\\_4.0\\_Auswertung\\_Interviews\\_BIP.pdf](https://www.bme.de/fileadmin/_horusdam/3696-SPSM_4.0_Auswertung_Interviews_BIP.pdf) (Accessed: 11.09.2017)
23. Glas, A.H., Kleemann, F.C.: The Impact of Industry 4.0 on Procurement and Supply Management: A Conceptual and Qualitative Analysis. In: International Journal of Business and Management Invention, vol. 5, pp. 55-66 (2016)
24. Bogaschewski, R., Müller, H.: Industrie 4.0: Wie verändern sich die IT-Systeme in Einkauf und SCM, [http://www.cfsm.de/fileadmin/Downloads/Studien/I40/Studie\\_Industrie\\_4\\_0\\_2016.pdf](http://www.cfsm.de/fileadmin/Downloads/Studien/I40/Studie_Industrie_4_0_2016.pdf) (Accessed: 06.07.2017)
25. IMP AG, VNL Schweiz, Procure: Industrie 4.0 und Einkauf der Zukunft, [http://www.impconsulting.com/neu/editor/upload/file/Industrie%204\\_0%20und%20Einkauf%20der%20Zukunft\\_Ergebnisse.pdf](http://www.impconsulting.com/neu/editor/upload/file/Industrie%204_0%20und%20Einkauf%20der%20Zukunft_Ergebnisse.pdf) (Accessed: 17.09.2017)
26. Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL): Operations Insights: Digitalisierung im Einkauf, [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/operations/Digitalisierung%20Einkauf\\_04-2016\\_safe.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/operations/Digitalisierung%20Einkauf_04-2016_safe.pdf) (Accessed: 21.07.2017)
27. Von der Gracht, H., Giunipero, L.C., Schueller, M.: Future-proof procurement – Now or never: the big procurement transformation, [https://www.allocation.net/wp/wp-content/uploads/2017/08/future\\_proof\\_procurement\\_sec.pdf](https://www.allocation.net/wp/wp-content/uploads/2017/08/future_proof_procurement_sec.pdf) (Accessed: 12.09.2017)
28. Inverto GmbH: Der digitale Reifegrad des Einkaufs: der weite Weg zum Einkauf 4.0. Kundenmagazin Ausgabe 03, Köln (2017)
29. Dougados, M., Felgendreher, B.: Digitale Transformation der Supply Chain – Stand heute und in 5 Jahren, <http://mktforms.gtnexus.com/rs/979-MCL-531/images/GTNexus-Digitale-Transformation-der-Supply-Chain%20%80%93Stand-heute-und-in-5-Jahren.pdf> (Accessed: 25.08.2017)
30. CSC Proprietary and Confidential, [http://assets1.csc.com/de/downloads/Ergebnisse\\_CSC-Studie\\_4.0.pdf](http://assets1.csc.com/de/downloads/Ergebnisse_CSC-Studie_4.0.pdf) (Accessed: 18.08.2017)

# **Der Kunde in der Digitalen Transformation – Creating Customer Values (Teil II)**

## **Teilkonferenzleitung**

Christoph Lattemann  
Susanne Robra-Bissantz



# Design Principles for Co-Creating Digital Customer Experience in High Street Retail

Jan H. Betzing<sup>1</sup>, Daniel Beverungen<sup>2</sup>, and Jörg Becker<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Muenster, ERCIS, Münster, Germany

{jan.betzing.joerg.becker}@ercis.uni-muenster.de

<sup>2</sup> University of Paderborn, Business Information Systems, Paderborn, Germany

daniel.beverungen@uni-paderborn.de

**Abstract.** While customers increasingly embrace online shopping, many retailers in high streets struggle to attract profitable customers to their stores and retain them. Establishing digital customer experiences may increase customers' value perceptions, improving the competitive position of high street retailers. Customer experience creation in retail is a multi-faceted construct that, amongst others, depends on the service interface, atmosphere, assortment, price, past experiences, and the social environment in which retail service is co-created while customers shop. However, extant customer experience theory insufficiently accounts for the transformative power of recent mobile technology that enables digital and contextual service. In a conceptual approach, we develop eight propositions to frame *digital* customer experience, enabled by mobile technologies. In line with these propositions, we propose eight design principles that enable and constrain IT artifacts for co-creating digital customer experience.

**Keywords:** Digital Customer Experience, High Street Retail, Context-aware Service, Location-based Service, Design Principles

## 1 Introduction

For centuries, city centers, with their high streets, markets, and central shopping districts, have been lively and vibrant places for social activities, culture, exchange, and shopping. High street retail now is subject to structural transformation, induced by the digitalization and by changing shopping behavior [1]. Customers increasingly turn towards digital channels to shop, which diminishes revenues for small and medium-sized independent retailers that lack a digital strategy, leaving them in a struggle to retain their market position [2]. A recent study predicts for Germany that by 2020, more than ten percent of retail stores will be shut down [3]. While many high street retailers fail to counteract this trend effectively, e-commerce strongly innovated on customer experience creation in recent years. Coming down a long road from tiny product online images and cumbersome order processes, they now offer online-fashion-magazines (e.g., *NET-A-PORTER*), personal video advisory chats (e.g., *Butlers*), and personal style guides (e.g., *Stilight*). Besides fulfilling hedonic needs, online shops yield utilitarian value [4], since they are available 24/7, provide home delivery, numerous payment options, and digital interactions with personnel and other customers through

social media. Moreover, online shops capitalize on analyzing personalized data to offer customer-specific recommendations or promotions [5].

We maintain that improving the in-store customer experience and thus better fulfilling customers' expectations is a viable path for high street retailers to retain or increase their market share, leveling some of the advantages of online retailers [1, 6]. Customer experience has been defined as "internal and subjective response customers have to any direct or indirect contact with a company" [7, p. 117] and conceptualized in a model for customer experience creation [8].

The increasing diffusion of mobile technologies profoundly transforms interactions between customers and retailers and our understanding of the conventional customer experience construct. Customers now are "online in-store" [9, p. 11] and use smart devices for price comparison, experience reports, and product search. Smart devices that access the Internet and sense situational information on location, identity, status, and time yield potentials for personalized service offerings [10, 11].

Against this background, we discuss how smart mobile technologies and contextual information on customers enable *digital customer experience creation*. Our research goal is to develop design principles that guide and constrain IT artifacts, which are required to co-create such digital customer experience in high street retail. In line with other papers that identify design principles that challenge current design theories [12], our paper is conceptual. Our research is embedded in a larger design science research project [13, 14] to design and evaluate service systems for co-creating digital customer experiences in high street retail. This paper covers the initial research stage by identifying the problem, motivating its relevance, and establishing a theoretical foundation that informs the subsequent design of IT artifacts.

In Section 2, we discuss current customer experience theory, context-aware service systems, and mobile technologies. In Section 3, we motivate updating customer experience theory by investigating the influence that contextual data supplied by mobile technology has on the determinants and moderators of customer experience. In Section 4, we sketch design principles to guide the design of IT artifacts for digital customer experience creation. In Section 5, we conclude with a research agenda.

## 2 Research Background

### 2.1 Customer Experience Theory

Companies have started to recognize the importance of actively managing the customer experience. As a multidimensional construct, customer experience comprises the customer's "cognitive, emotional, behavioral, sensorial and social responses to a firm's offerings during the customer's entire purchase journey" [15, p. 74]. Any responses result from communication between retailers and customers (*communication encounter*), from interaction with staff or service applications (*service encounter*), and from the actual use of a product or service (*usage encounter*) [16]. Verhoef et al. developed a holistic conceptual model of customer experience creation in which they identify the social environment, service interface, retail atmosphere, assortment, price

and promotions, retail brand, customer experiences in alternative channels, and previous experiences with the company as independent variables impacting on customer experience [8, p. 32]. Situational factors (e.g., type of store, location, and season) and consumers' orientation (e.g., hedonic or utilitarian) moderate the determinants' effects on an individual customer's experience [8].

Although the term *context* is not explicitly named in the conceptual model, both information on the situational factors and the consumer's goals characterize the situation in which a customer experience is created. Context has been conceptualized as "any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and the application itself" [17, p. 3]. Consequently, contextual information on consumers can yield insights for retailers to support customer experience creation [10].

From a Service Science perspective, contextual information is a resource that can be used to co-create value in service systems for high street retail [16–18]. The Service-Dominant (S-D) logic of marketing refers to "value-in-context" to emphasize that value is co-created using a dynamic, context-dependent configuration of actors and resources [18]. Mobile devices and other hardware must be added to and integrated with other resources in a service system so that customers can provide their contextual information and retailers can personalize their service delivery. Drawing from Dey and Abowd, we conceptualize a service system to be context-aware, "if it uses context to provide relevant information and/or services to the user" [17, p. 6], where relevancy depends on the user's situational needs.

## 2.2 Mobile Technology for Context-Aware Service Systems in Retail

Service designers can select from a wide range of available hard- and software technologies such as smart devices, sensors, cameras, and digital signage to augment the retail servicescape [19, 20]. Customers further carry myriads of sensor-based Internet-enabled mobile devices with them, which can also be integrated into the servicescape. Combining the customers' and retailer's devices with back-stage systems allows capturing, processing, and using contextual information anytime and anywhere.

The notion of pervasive commerce subsumes customer interaction with digital technology in-store [10]. Digital technology can augment all parts of the customer journey, including active and passive touch points [1]. Active touch points comprise person-to-person and person-to-machine interaction, where customers and retailers apply digital technology to facilitate the encounter [16]. Machine-to-machine communication between customers' and retailer's devices (e.g., Wi-Fi access points, Bluetooth beacons) augments passive touch points. In contrast to active touch points, passive touch points can initiate communication automatically in the background.

Previous work on context-aware mobile services can be related to different communication and service encounters. Smartphones can be used for mobile customer segmentation and user fingerprinting [21]. Advances in biometric face recognition and passive monitoring allow monitoring customer behavior, movement patterns, and

interaction with digital touchpoints [22, 23]. These approaches provide the means for very precisely targeted communication encounters.

In-store service encounters comprise among other things recommendations, checkout, and payment [1]. Researchers take co-creation into account and have proposed situation-aware and personalized mobile recommendation systems [24]. Kowatsch and Maass analyze, how mobile recommendation agents influence customer behavior [25]. Dahlberg et al. illustrate, how other forms of payment such as mobile payment using Near-Field Communication (NFC) technology in smart devices replace traditional payment in retail stores [26]. There is first evidence of the acceptance and positive impact of mobile services on the retail shopping experience [20].

Even against this background, research on digital customer experience creation that is enabled by the technologies mentioned above is scarce [1, 15, 27]. Widespread networked mobile devices and accompanying software systems provide the technological foundation for identifying and using contextual information to create digital customer experience. The customers' digital footprint can be recorded in-store and be interlinked to customer information from other channels. Retailers can use this strategy to adapt and further evolve digital services into the physical servicescape, which were formerly exclusive to e-commerce.

### 3 Digital Customer Experience in High Street Retail

Combining the benefits of e-commerce (e.g., product information, ratings, recommendations) and high street retail (e.g., immediate product availability, haptic and visual product inspection, personal advice) in context-aware service systems transforms our understanding of customer experience creation. We define digital customer experience to be the subset of customer experience that is facilitated using digital touch points [1]. Digital customer experience consequently spans across all forms of communication, service, and usage encounters that incorporate digital and mobile technology [16]. We now revisit and extend current customer experience theory [8] to include more detailed aspects of the customer's context that are provided by mobile technologies. Regarding the determinants and moderators of customer experience, we derive eight propositions on how mobile technology and digital contextual information enable digital customer experience creation in high street retail, and thus, we conceptualize digital customer experience creation based on updating the extant literature [8, 15].

Person-to-person service encounters co-create value in interpersonal actions [11]. Store personnel, other customers in the store, and the own peer group [28] make up the *social environment* in which customer experience is co-created [8]. Customer experience is influenced by interactions of customers with service staff and other customers, even if not all of these persons are physically present in the front-stage of the service system (i.e., in a store), but remain in the back-stage (e.g., at home) [16]. With mobile technology such as smartphones, customers can reach out to a much larger social environment. On the one hand, customers can go online in the store to access user-generated online reviews and online communities [9], a reference group of

acquaintances and strangers. On the other hand, customers can connect to their known and trusted reference group comprised of family, friends, and acquaintances that remain back-stage, during shopping in a retail store. While it is fair to say that people are embedded in the value- and belief-systems upheld by them and their social references groups, we argue that the ability to communicate with other people synchronously or asynchronously goes beyond these belief-systems. For instance, the ability to chat with family members on whether to buy some jeans might have a more immediate effect on a purchase decision than has a feeling that buying the jeans is consistent with (or deliberately contradicts) the general belief system held by one's family. Based on the observation that a person's social environment is an important factor for customer experience creation [8], mobile technology provides an opportunity also to take a person's digital social environment into consideration.

**Proposition 1.** *Mobile technologies enable connecting customers with their social reference groups and with acquaintances and strangers in online communities, even if these people are not physically present in the same retail store.*

As regards *service interfaces*, mobile technologies provide means to personalize interactions between customers and retailers [25] and to extend service interfaces beyond the physical boundaries of stores. Potentials for digital customer experience creation arise in the identification of customers and their location within the store, through new touch points for communication and service encounters, indoor navigation, the collection of behavioral information, and the automatic interaction with in-store hardware [20, 22, 23]. Collected contextual data can be combined with socio-demographical information. Given the technical means to identify customers across different channels, information on past service encounters as well as information on the customer's shopping history that originates from other channels such as online shops can be analyzed in back-stage processes. These processes comprise techniques from customer relationship management, data analytics, and recommender systems [24, 25]. Customers can receive personalized content such as recommendations or special offers directly on their smart devices. At the same time, service personnel can be supplied with behavioral information on the customer to better tailor their service interactions to the customer's needs [1]. On the other hand, customers can check product reviews and prices online, beyond the retailers' influence. For both reasons, retailers must consider the different influences that digital channels can have on the in-store service interface.

**Proposition 2.** *Mobile technology enables digitized and personalized interactions between customers and service persons, informed by data analytics in the back-stage of a service system.*

Customer self-service on smart devices, info terminals, and self-checkout augments the *retail atmosphere* with technology. Info terminals and digital signage can automatically react to identified customers and initiate an interactive session with the customers and their devices [23, 29]. Audio-visual installations can highlight specific products and support navigation. Whereas traditional customer touch points are located in-store, beacon technology enables retailers to reach into the community space outside their store [30]. Nearby customers can receive personalized offerings on their mobile devices, for instance, rewarding their loyalty and luring them into the store. Inside a store, mobile technology can augment the servicescape, for example with virtual reality.

The success of these digital channels can be measured easily, for example by the number of people that have received notifications and by the number of people that subsequently participated in these communication encounters [16].

**Proposition 3.** *Mobile technology augments the physical servicescape in stores with virtual environments. Thus, it extends the servicescape into community spaces, beyond the physical boundaries of stores.*

E-commerce benefits from the low marginal costs of storage space, which allows for “long tail” business models in which the available *assortment* exceeds the product palette of physical stores by far [31]. Customers value product diversity and large assortment sizes but can be overwhelmed as to which product alternative to choose from [31]. Online shops support product discovery and product selection processes by providing advanced search technologies and recommendations. Moreover, online marketplaces such as Amazon or eBay aggregate and integrate the product ranges of many online retailers to increase their assortments even further [32].

Technological advances now allow bringing the concept of online marketplaces to physical shopping districts. When information on the physical product ranges of local retailers is digitally available, groups of local retailers can combine their inventory data in digital marketplaces that serve as shared digital front-end for all connected stores. In effect, customers in shopping districts would get access to an extensive assortment available in their immediate physical proximity. Therefore, we propose to combine the benefits of online marketplaces (large assortment, advanced search technologies) and high street stores (immediate product availability, haptic and visual inspection). Based on shared inventory data, retailers might even recommend products provided by other local retailers on a commission basis and generate cross-selling effects [1]. For example, a tailor might recommend matching shoes from a nearby store to a customer by sending a product link to the customer’s smartphone. Furthermore, retailers connected to such digital marketplaces might provide combined offers such as receiving a 20% coupon on shoes when buying a suit. Also, out-of-stock situations and resulting customer frustration can be mitigated, when retailers can refer customers to nearby stores that have a product in stock. Lastly, hybrid offline-online offers such as digital shelf space can mitigate the problem of limited shelf space. That is, a high street retail store has the most popular items in stock and an extended product range available at a remote warehouse [11], which can be shipped directly to customers’ homes.

**Proposition 4.** *Mobile technology enables groups of retailers to combine their assortments to overarching assortments in high street retail. Besides, retailers can establish hybrid offline-online assortments.*

High street retailers face high overhead cost and *price* pressure from rival e-commerce offerings [31]. Based on mobile technologies, retailers can perform customer segmentation and use contextual information for price differentiation (e.g., discounts and personalized promotions for loyal customers) [21]. For instance, the location-based service provider *Foursquare* measures loyalty regarding “check-ins”, i.e., how often a customer has actively visited a place and checked-in online on his mobile device. Additionally, smart devices equipped with NFC technology can free up space in the customers’ wallets by replacing traditional code- or radio-frequency-based loyalty/reward cards [26] to identify the client as a member in the loyalty program.

**Proposition 5.** *Mobile technology enables price differentiation among identified customers as well as implementing loyalty programs on an individual level of detail.*

About previous customer experiences, current offline retail falls behind online retail for two reasons. First, since service encounters are not documented, and customers seldom give vocal feedback on their experiences, retailers do not know how satisfied customers were in previous encounters. Thus, they lack knowledge on the quality and crucial elements of their service. Apart from stores that use loyalty programs to identify their customers or the stores that “know” their customers on a personal basis, customers remain anonymous for most offline retailers [11]. This anonymity prevents identifying their previous experiences [7, 15]. With mobile technologies, retailers might identify customers and link them to customer reviews provided on online rating platforms, such as *Yelp*. Therefore, retailers can compensate bad experiences in the past or further strengthen customer loyalty. Besides, retailers might also access experiences their customers have had in other stores or with online shops.

**Proposition 6.** *Mobile technology enables a more focused development of customer loyalty, based on identifying customers and reviewing their past customer experiences in offline stores and online shops.*

Customers increasingly use multiple *channels* to interact with retailers, i.e., the customer’s journey spans across online and offline channels as well as person-to-person and self-service encounters [33]. Tightly integrating information flows between these channels is necessary to get a holistic picture of the customer [7] and to provide personalized service [11]. The identification of the customer at all communication and service encounters, even across different channels, is a crucial prerequisite for omnichannel retail in general and for integrating mobile technology and digital contextual information in a service system in particular. In traditional person-to-person service encounters, customers can identify themselves by stating their names or through loyalty cards, so that the store personnel can look up the customer in their information systems. The technologies mentioned above provide capabilities for machine-to-machine communication, where the information systems in the store can automatically interact with smart devices the customer carries while browsing through the store [20, 30]. To identify a particular customer, the customer’s devices must be linked to the client’s central account. This linkage can be set up when the customer installs the store’s app on his smartphone and logs in with his account. To sum up, our propositions for creating digital customer experience require customer identification and data integration across all personal and non-personal, online and offline touch points [29], which can be done through mobile technology. With omnichannel strategies [33] the online channel can support in-store shopping through digital services.

**Proposition 7.** *Mobile technology enables retailers to identify customers at all touch points and allows them to implement omnichannel strategies.*

With the proliferation of mobile technologies, *situation moderators* become detectable as digital context information. Contextual information provided by mobile technology includes information about the person carrying the devices, about the location of these devices, and about the distance of persons/devices to other persons/devices [10]. With these data, high street retailers can implement entirely new data-driven service. For instance, aggregating contextual data enables analyzing how

groups of people move along high streets [1], an analysis that is unfeasible in non-digital environments, whereas it has been performed for many years in online retail. Likewise, due to personalized Information Systems, *consumer moderators* can be assessed with mobile technology.

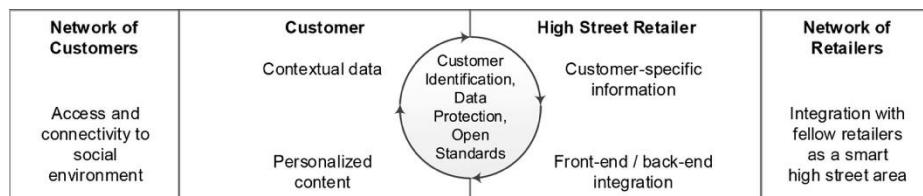
Using and analyzing contextual information is bounded by the willingness of customers to provide data on their context to other actors. Literature reminds us that customers often draw a fine line between positive experience through added-value and privacy concerns through misuse of data [34]. The EU General Data Protection Regulation, effective May 2018, aims at decreasing privacy issues through transparency. It mandates service providers to inform users of the purpose and terms of personal data processing before data are collected in a more comprehensive and user-friendly way [35]. Previous research further underlined that customers are more willing to consent to provide contextual information if they are fully informed of the app's behavior regarding data collection, processing, and sharing with third parties [36]. When customers understand why sensitive information is needed and what their benefits are, they can give informed consent.

**Proposition 8.** *Given that sufficient levels of data security and privacy are complied with, mobile technology can elicit situational moderators and consumer moderators that influence customer experience, enabling retailers to personalize service and analyze the behavior of customers and groups of customers in downtown areas.*

## 4 Design Principles for Digital Customer Experience Creation

Our overall goal is to design service systems that foster digital customer experience creation in high street retail. Engineering these service systems requires developing innovative IT artifacts that enable the actors involved to engage in experience co-creation. To inform the design of these IT artifacts, we now identify design principles that build on the propositions we developed in the preceding section.

Design principles (DP) are justified statements or rules that guide and constrain design actions [12–14]. In the spirit of design science research, design principles are inferred from kernel theories that inform how useful and relevant IT artifacts need to be designed and implemented [37]. Building on the notion of a service system [38], we systematize our design principles with a framework (see Fig. 1) in which digital customer experience is co-created by networked customers and networked retailers.



**Figure 1.** Service system for digital customer experience creation in high street retail

By introducing mobile- and self-service technology to the servicescape, retailers transform existing touch points and add digital touch points to the service interface

(propositions 3, 7). To provide personalized service (propositions 2, 5, 6, 8), every touch point should (a) identify the user, (b) access contextual information, and (c) collect data on the current encounter. It is fair to assume that customers expect the same seamless and convenient interaction they know from online shops from service encounters with mobile- and self-service technology. Thus, all devices involved in customer interactions should identify users automatically. For instance, when customers enter the store, they would receive a welcome message on their phone (service front-stage), while the visit is logged at back-stage systems. While browsing the store, they can read personal recommendations on info terminals. Finally, the point of sale terminal at the check-out recognizes the user and updates the customer's record.

***DP 1. IT artifacts must seamlessly identify customers at all digital touch points.***

European and national data protection laws restrict businesses from collecting and processing data on customer behavior without prior consent. Also, customers might easily feel overwhelmed and out of control, when digital technologies automatically collect their data. Consequently, fair use of information, transparency on data processing practices, and data protection policies have to be major features when developing IT artifacts and setting up the service system (proposition 8).

***DP 2. IT artifacts must comply with international and national data protection laws.***

*They need to inform users of data processing practices and request the informed consent of a user. Data protection regulations and ethical standards must be respected.*

Connecting people and digital entities with each other is a prerequisite for creating digital customer experiences. Network configurations are ever changing, since network participants, IT services, and mobile technologies change and evolve at fast speed. Open standards and protocols build the foundation for designing IT artifacts that interface with these technologies and adapt to their evolution at the same pace (propositions 1, 2, 4, 7).

***DP 3. IT artifacts should use open standards and protocols to interact with both external IT services and mobile devices via direct communication.***

With the consent of a customer (proposition 8), mobile technology provides contextual data, including the customer's current location, trajectory, preferences, and past purchases in offline or online channels, creating an omnichannel shopping experience (propositions 3, 6, 7). In-store-hardware automatically connects to the user's devices to obtain and send data, connecting stores with customers.

***DP 4. IT artifacts must network customers' mobile devices with in-store hardware, to obtain contextual data from customers and to send data to their devices.***

Traditional person-to-person encounters benefit from contextual data. Service personnel should be provided with the collected data on customers entering their store, to provide personalized service encounters (proposition 2, 6). In a similar vein, information on past encounters with the customer allows for individual price differentiation, e.g., by rewarding the customer for his loyalty (proposition 5).

***DP 5. IT artifacts that support service persons should present user-specific information, if available, automatically upon service encounters.***

Integrating IS in the front-stage and back-stage of a store is a prerequisite for creating digital customer experiences. For instance, mobile technology requires access to the retailer's inventory control systems to run product availability checks, issue

reservations, use payment services, or access augmented reality applications (propositions 2, 3, 7).

***DP 6. IT artifacts require access to systems in the back-end of retail stores.***

Digital customer experience unfolds its full potential only when reaching beyond single retailers. The combination of inventory data from multiple retailers to an integrated high street assortment yields cross-selling potentials by extending product recommendation across stores and cross-promotion potentials (propositions 2, 4). For instance, when buying a suit at a boutique, the service person can recommend matching shoes from a nearby store. This approach can also mitigate out-of-stock situations by referring customers to another retailer that has the requested product in stock. Therefore, IT artifacts that enable digital customer experience should allow for easy integration of multiple participants.

***DP 7. IT artifacts should be designed for networks of retailers, allowing them to create a seamless digital customer experience in a smart high street.***

Customer experience is also influenced by a customer's social environment. Based on mobile technology, customers interact with their peers through social networks and online customer review services (proposition 1). Retailers can tap into these data to elicit their customers' experiences, even if not identifying individual customers. For example, a digital shopping adviser can build on online reviews on digital platforms. Linking customers to their reviews is another way of providing better-personalized service to them (proposition 6).

***DP 8. IT artifacts should explore the customers' social environment, including interfaces to online social networks and online review platforms.***

## 5 Conclusion

Improving in-store customer experience is a viable path for high street retailers to rebuild a competitive edge. With the omnipresence of smart mobile technologies, interactions between customers and local retailers are transformed, allowing additional communication channels and service encounters. However, current customer experience theory [8, 15] insufficiently accounts for the transformative power of digital and context-aware service systems in high street retail.

We contribute to theory by suggesting avenues to conceptualize *digital* customer experience creation, based on revisiting and extending (conventional) customer experience theory. We developed eight propositions for digitizing the customer experience construct. Building on these propositions, we postulated eight design principles that guide and constrain the design of IT artifacts that serve to co-create digital customer experience. Also, we contribute to practice by highlighting how digital customer experiences can be fostered with current mobile technologies.

In future work, we will design and evaluate IT artifacts that enable digital customer experience in high street retail. We imagine a community platform that brings together retailers and customers and considers the peculiarities of the individual high street. It comprises a customer-facing shopping companion app and a back-end system for retailers to plan, issue, monitor, and evaluate digital interactions with their customers.

In a cyclic action design research approach, we will design and evaluate all IT artifacts in close cooperation with retailers and customers in four city centers in Germany.

## Acknowledgements

This paper was developed in the research project smartmarket<sup>2</sup> ([www.smartmarketsquare.de](http://www.smartmarketsquare.de)), which is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), promotion sign 02K15A074. We thank the Project Management Agency Karlsruhe (PTKA).

## References

1. Betzing, J.H., Beverungen, D., Becker, J., et al.: Interactive Digital Customer Experience in High Street Retailing. *HMD Prax. der Wirtschaftsinformatik*. 54, 659–671 (2017)
2. Bollweg, L., Lackes, R., Siepermann, M., et al.: Digitalization of Local Owner Operated Retail Outlets: The Role of the Perception of Competition and Customer Expectations. In: *PACIS 2016 Proceedings*. p. 348 (2016)
3. Eichholz-Klein, S., Preißner, M., Lerch, C., et al.: *Stadt, Land, Handel 2020*. IFH Institut für Handelsforschung Köln, Cologne (2015)
4. Tynan, C., McKechnie, S., Hartley, S.: Interpreting value in the customer service experience using customer-dominant logic. *J. Mark. Manag.* 30, 1058–1081 (2014)
5. Spann, M., Hinz, O., Ramachandran, V.: Business and Information Systems Engineering and Marketing. *Bus. Inf. Syst. Eng.* 5, 127 (2013)
6. Brynjolfsson, E., Hu, Y.J., Rahman, M.S.: Competing in the Age of Omnichannel Retailing. *MIT Sloan Manag. Rev.* 54, 23–29 (2013)
7. Meyer, C., Schwager, A.: Understanding Customer Experience. *Harv. Bus. Rev.* 85, 116–124 (2007)
8. Verhoef, P.C., Lemon, K.N., Parasuraman, A., et al.: Customer Experience Creation: Determinants, Dynamics and Management Strategies. *J. Retail.* 85, 31–41 (2009)
9. Heinemann, G., Gaiser, C.: Always on and Always in Touch: The New Buying Behaviour. In: *Social - Local - Mobile: The Future of Location-based Services*. pp. 1–12. Springer, Berlin, Heidelberg (2015)
10. Bauer, C., Spiekermann, S.: Conceptualizing Context for Pervasive Advertising. In: Müller, J., Alt, F., and Michelis, D. (eds.) *Pervasive Advertising*. pp. 159–183. Springer (2011)
11. Glushko, R.J.: The Discipline of Organizing: Core Concepts. (4 ed.). O'Reilly Media, Sebastopol, CA (2016)
12. Chaturvedi, A.R., Dolk, D.R., Drnevich, P.L.: Design Principles for Virtual Worlds. *MIS Q.* 35, 673–684 (2011)
13. Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M., et al.: A Design Science Research Methodology for IS Research. *J. Manag. Inf. Syst.* 24, 45–77 (2007)
14. Hevner, A., Chatterjee, S.: Design Research in Information Systems. Springer US, Boston, MA (2010)
15. Lemon, K.N., Verhoef, P.C.: Understanding Customer Experience and the Customer Journey. *J. Mark.* 80, 69–96 (2016)
16. Payne, A.F., Storbacka, K., Frow, P.: Managing the Co-Creation of Value. *J. Acad. Mark. Sci.* 36, 83–96 (2008)

17. Dey, A.K., Abowd, G.D.: Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In: Proc. HUC '99. pp. 304–307 (1999)
18. Vargo, S.L., Lusch, R.F.: Service-dominant logic 2025. *Int. J. Res. Mark.* 34, 46–67 (2017)
19. Betzing, J.H., Hoang, A.-Q.M., Becker, J.: In-store Technologies in the Retail Servicescape. In: Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2018). (2018)
20. Inman, J.J., Nikolova, H.: Shopper-Facing Retail Technology: A Retailer Adoption Decision Framework Incorporating Shopper Attitudes and Privacy Concerns. *J. Retail.* 93, 7–28 (2017)
21. Hamka, F., Bouwman, H., de Reuver, M., et al.: Mobile customer segmentation based on smartphone measurement. *Telemat. Informatics.* 31, 220–227 (2014)
22. Ravnik, R., Solina, F., Zabkar, V.: Modelling In-Store Consumer Behaviour Using Machine Learning and Digital Signage Audience Measurement Data. In: International Workshop on Video Analytics for Audience Measurement in Retail and Digital Signage. pp. 123–133 (2014)
23. Frontoni, E., Raspa, P., Mancini, A., et al.: Customers' Activity Recognition in Intelligent Retail Environments. In: International Conference on Image Analysis and Processing. pp. 509–516 (2013)
24. Walter, F.E., Battiston, S., Yildirim, M., et al.: Moving recommender systems from on-line commerce to retail stores. *Inf. Syst. E-bus. Manag.* 10, 367–393 (2012)
25. Kowatsch, T., Maass, W.: In-store consumer behavior: How mobile recommendation agents influence usage intentions, product purchases, and store preferences. *Comput. Human Behav.* 26, 697–704 (2010)
26. Dahlberg, T., Bouwman, H., Cerpa, N., et al.: M-Payment - How Disruptive Technologies Could Change The Payment Ecosystem. In: ECIS 2015 Proceedings. p. 35 (2015)
27. Balaji, M.S., Roy, S.K.: Value co-creation with Internet of things technology in the retail industry. *J. Mark. Manag.* 2025, 1–25 (2016)
28. Tauber, E.M.: Why Do People Shop? *J. Mark.* 36, 46–49 (1972)
29. Lazaris, C., Vrechopoulos, A.: Human-Computer vs. Consumer-Store Interaction in a Multichannel Retail Environment: Some Multidisciplinary Research Directions. In: Nah, F.F.-H. (ed.) HCI in Business. pp. 339–349. Springer, Cham, Switzerland (2014)
30. Shankar, V., Kleijnen, M., Ramanathan, S., et al.: Mobile Shopper Marketing: Key Issues, Current Insights, and Future Research Avenues. *J. Interact. Mark.* 34, 37–48 (2016)
31. Hinz, O., Eckert, J., Skiera, B.: Drivers of the Long Tail Phenomenon: An Empirical Analysis. *J. Manag. Inf. Syst.* 27, 43–70 (2011)
32. Brynjolfsson, E., Hu, Y.J., Simester, D.: Goodbye Pareto Principle, Hello Long Tail. *Manage. Sci.* 57, 1373–1386 (2011)
33. Verhoef, P.C., Kannan, P.K., Inman, J.J.: From Multi-Channel Retailing to Omni-Channel Retailing. Introduction to the Special Issue on Multi-Channel Retailing. *J. Retail.* 91, 174–181 (2015)
34. Acquisti, A., Brandimarte, L., Loewenstein, G.: Privacy and human behavior in the age of information. *Science.* 347, 509–515 (2015)
35. European Union: Regulation 2016/679 of the European parliament and the Council of the European Union, <http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj> (Accessed: 23.06.2017)
36. Schaub, F., Balebako, R., Durity, A.L., et al.: A Design Space for Effective Privacy Notices. In: Proceedings of the 11th Symposium On Usable Privacy and Security. pp. 1–17 (2015)
37. Gregor, S., Hevner, A.R.: Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact. *MIS Q.* 37, 337–355 (2013)
38. Spohrer, J., Vargo, S.L., Caswell, N., et al.: The Service System is the Basic Abstraction of Service Science. *Inf. Syst. E-bus. Manag.* 7, 395–406 (2009)