

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

vor Ihnen liegt nunmehr die bereits neunzehnte Ausgabe des E-Journals **Anwendungen und Konzepte in der Wirtschaftsinformatik (AKWI)** – wir hoffen, dass wir Ihnen wieder eine Reihe von spannenden Artikeln aus dem Umfeld der Wirtschaftsinformatik zusammenstellen konnten. Wir möchten auch noch einmal darauf hinweisen, dass die regulären Artikel alle durch einen komplett anonymisierten Review-Prozess laufen, in dem zwei Gutachter und ein Redakteur/ Herausgeber den Artikel begleiten.

Die Artikel dieser Ausgabe lassen sich wieder in die verschiedensten Bereiche der Wirtschaftsinformatik einordnen, wobei wir hier wie gewohnt die klassische Strukturierung der Kernwirtschaftsinformatik verwenden. Die Ausgabe gliedert sich in gewohnter Weise wieder in eigentliche Zeitschriftenartikel sowie Kurzübersichten einiger Abschlussarbeiten; einige der Zeitschriftenartikel sind wie bereits gewohnt, Zweitveröffentlichungen von Konferenzbeiträgen.

Die eigentlichen Zeitschriftenartikel inklusive Praxisteil stammen diesmal schwerpunktmäßig aus den Bereichen des Geschäftsprozessmanagements/ Digitalisierung, der Business-Intelligence sowie der (betrieblichen) Anwendungen und auch der KI. Teilweise überlappen die Arbeiten auch mehrere dieser Bereiche.

Konkret behandelt ein Artikel aus dem Bereich Geschäftsprozessmanagement die Erstellung eines Dashboards für Supply Chain Management Prozesse, welches auf dem SCOR-Standard basiert und als Tool ein führendes Process Mining Tool verwendet. Ein weiterer Artikel soll die Digitalisierung im Gesundheitswesen unterstützen, indem eine sehr stark vereinfachte Programmieroberfläche den Pflegekräften die Definition von Geschäftsprozessen erlaubt, die durch eine etablierte Engine ausgeführt werden. Zudem werden in einem Artikel Methoden und Techniken des Geschäftsprozessmanagements mit Methoden und Techniken des Kundenkontaktpunkt-Managements verknüpft, um kundenorientierte Geschäftsprozesse zu optimieren. Eine Überlappung der GPM und BI Themen finden Sie in einer Arbeit, die über eine RPA-Schnittstelle Daten für eine Analytics on Demand Lösung bereitstellt.

Der Bereich des Business-Intelligence wird zudem durch zwei weitere Arbeiten abgedeckt. In einer wird auf Basis neuronaler Netzwerke versucht, die Dynamik in der Bauindustrie abzubilden, um so die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Bauphasen besser zu erfassen zu können. Des Weiteren finden Sie eine Anforderungsanalyse zur standardisierten und automatisierten Berichterstellung, in die eine Reihe typischer Anbieter betrachtet werden

Der Bereich der Anwendungssysteme behandelt einerseits eine Analyse einer Ergänzung bestehender Anwendungen um ein „Carbon Footprint“ Datenmanagement, wobei eine Reihe von Alternativen, wie z.B. eine Blockchain-Lösung oder eine Erweiterung der Standardanwendung betrachtet wurden. Des Weiteren behandelt ein Artikel die Untersuchung einer aktuellen Low-Code Entwicklungsumgebung unter dem Gesichtspunkt der Eignung aus qualitativen und quantitativen Kriterien für einen speziellen Anwendungsfall. Letztlich behandelt ein Artikel die Nutzung von Voice Assistenten im privaten Umfeld.

Im Bereich der Anwendung von KI behandelt ein Artikel die Verwendung von Künstlicher Intelligenz im Verhandlungsprozess für direktes Material. Hier werden die unterschiedlichen KI-Anwendungen entlang der Phasen des klassischen Verhandlungsprozesses identifiziert und analysiert. Letztlich behandelt ein Artikel die ethischen Fragestellungen aus technologischen Innovationen im Zusammenhang mit KI und Neurotechnologie.

Wir haben diesmal vier Kurzdarstellungen von Abschlussarbeiten aufgenommen, die ganz ähnliche Bereiche der Wirtschaftsinformatik abdecken, wie die kompletten Artikel. Konkret sind dies eine Arbeit zur Vorhersage von Aufträgen eines Logistikdienstleisters mit Hilfe statistischer Modelle, Machine Learning und neuronalen Netzen. Eine Arbeit, die sich mit dem Aufbau einer Datenpipeline mit No-Code-Applikationen in der Cloud als SaaS-Anwendung befasst. Eine Arbeit zur Optimierung der Customer Experience durch Marketing Intelligence & CRM-Analyse sowie eine Evaluation des Einsatzes von Robotic Process Automation Technologie am Beispiel eines Service-Ticket-Systems und eine Transformative Datensicherung mit Hilfe eines Webcrawlers.

Über Ihr Interesse an der Zeitschrift freuen wir uns und wünschen Ihnen Freude bei der Lektüre.

Regensburg, Fulda, Luzern und Wildau, im Juli 2024.

Frank Herrmann, Norbert Ketterer, Konrad Marfurt und Christian Müller



Christian Müller



Konrad Marfurt



Norbert Ketterer



Frank Herrmann

ANALYSIS OF THE HOUSING MARKET DYNAMICS USING NARX NEURAL NETWORK

Grażyna Suchacka¹, Daria Wotzka², Paweł Frącz³, Łukasz Mach³, Marzena Stec⁴,
and Joachim Foltys⁵

¹Institute of Informatics, University of Opole, e-mail: g.suchacka@gmail.com

²Faculty of Electrical Engineering, Opole University of Technology, e-mail: d.wotzka@po.edu.pl

³Faculty of Economics, University of Opole, e-mail: {p.fracz@gmail.com, lmach@uni.opole.pl}

⁴Narodowy Bank Polski, Regional Branch in Opole, e-mail: 7m.stec@gmail.com

⁵Humanitas University in Sosnowiec, e-mail: joachimfol@onet.pl

KEYWORDS

NARX model, Nonlinear Autoregressive Exogenous Model, time series prediction, machine learning, real estate forecast.

ABSTRACT

This study employs a Nonlinear Autoregressive with eXogenous inputs (NARX) neural network to model the dynamics of the housing construction market in Poland, with a distinction made between segments of developers and individual investors. The dataset under analysis contains the 19-year data corresponding to the numbers of housing units approved for construction, under construction, and completed. The NARX model was calibrated thoroughly to suit unique characteristics of the data, with an emphasis put on the hidden layer size and delay parameters, to capture the estate market's nonlinear trends. Results show a very high efficiency of NARX models and highlight distinct patterns and dynamics in the housing completion, construction starts, and permit issuance between the two market segments. These variations are vital for understanding the distinct forces and trends shaping the developers' and individual investors' markets in the Polish housing sector. Findings of the analysis provide valuable insight into the nuanced functioning of these market segments.

INTRODUCTION

The real estate market plays a crucial role in the economy, representing a key sector that impacts numerous other industries (Breuer and Steininger, 2020; Gomez-Gonzalez et al., 2024). First of all, the real estate market, particularly the construction and real estate trade, generates significant employment opportunities, engaging both construction professionals and service sector representatives (Xiong, 2023). Second, the real estate market influences credit activity, serving as an important income source for financial institutions while affecting the financial balance of households at the same time (Lang et al., 2022). Last, property values directly impact consumer wealth, shaping their capital and affecting their ability to invest and utilize various

financial instruments (de Bondt et al., 2020; Hong, 2014). The real estate market in Poland is relatively stable although it has slowed down in recent years, mainly due to a very high inflation, high-interest rates, and insecure geopolitical situation (Statista, 2024).

The pivotal role of the real estate market underscores the importance of a precise identification of changes occurring within it. Thus, accurate determination of its parameters is crucial for effective management in this market. In practice, to identify parameters of this market, time series data or panel data is utilized and various analytical methods are applied (Shao et al., 2020). Commonly used methods include mathematical (especially statistical) and artificial intelligence-based techniques (Grybauskas et al., 2021; Kakulu, 2014). In recent years the use of artificial neural networks in real estate market analysis has been particularly popular (Gabrielli et al., 2021; Frącz et al., 2023), including the application of NARNET models (Wotzka et al., 2023). In this context, this paper continues the previous research, demonstrating the efficient use of the NARX Neural Network tool (MathWorks, 2024). A research hypothesis underlying our study assumes that NARX NN can be a reliable tool to model time series representing three main components of the housing construction market: the issuance of house building permits, the house construction, and completion of the house construction, with a distinction made between developers and individual investors.

DATA AND RESEARCH METHODS USED

Time Series Data

The data subjected to analysis was the free data made available by the Central Statistical Office in Poland (GUS, 2023). The data covers a period of more than 19 years (228 months), ranging from January 2005 to December 2023. Six datasets were used in our study, including the numbers of house building permits issued to individual investors and to developers, the numbers of houses under construction by individuals and developers, and the numbers of houses completed and put into use by these two groups.

Each dataset is represented as a univariate time series, where an element of a series represents the number of houses under consideration in a given time slot (month of a year). Thus, six time series were prepared:

- **permits-ind** – house building permits issued for individual investors,
- **permits-dev** – house building permits issued for developers,
- **initiated-ind** – houses under construction (constructions started) by individual investors,
- **initiated-dev** – houses under construction by developers,
- **completed-ind** – houses that have been completed by individual investors,
- **completed-dev** – houses finished by developers.

There were two outliers in *completed-ind* series and one outlier in *completed-dev* series. These outliers were replaced by respective means. Basic information on the time series used are given in Table 1.

Table 1: Basic Statistics and Correlations of Time Series

Dataset	Avg.	Min.	Max.	Std. dev.	Var. coeff.	Corr.
<i>permits-ind</i>	7817.2	3201	12010	1855.4	23.7	0.1
<i>permits-dev</i>	9477.9	1608	26076	4647.3	49.0	0.7
<i>initiated-ind</i>	6993.7	1236	11958	2572.2	36.8	0.1
<i>initiated-dev</i>	7256.4	1149	17821	3494.9	48.2	0.7
<i>completed-ind</i>	5713.2	2329	10518	1169.7	20.5	0.5
<i>completed-dev</i>	7344.0	1665	16793	3338.6	45.5	0.8

Methods

Z-Score Standardization

To enable the comparison between the series, deal with outliers, and ensure precise and consistent interpretation of results, all the data was standardized using the Z-Score method. This technique uses the average and the standard deviation of each variable to adjust the corresponding data points to have a mean of zero and a standard deviation of one. The transformed data points reflect their deviation from the mean, with positive z-scores indicating values above the mean and negative scores indicating values below it.

NARX NN

To model the dynamics of the housing construction market we are utilizing a NARX (Nonlinear Autoregressive with eXogenous inputs) network with various configurations. We focus on assessing the effectiveness of different combinations of hidden layer sizes, training algorithms, and delays in the context of the normality of prediction residual distributions.

Traditional autoregressive models, such as AR, ARMA, and ARIMA, rely on linear relationships between successive data points. These are statistical models, in which future values of a time series are predicted based on a combination of its past values. In contrast, autoregressive neural networks are able to model complex, nonlinear relationships in time series data. An

autoregressive NN consists of layers of neurons that receive inputs from previous time points. The model allows one to adjust the *delay* window length, affecting how many previous time steps are taken into account in making predictions. The network is trained to predict current time series values based on the historical data. During the learning process, an error between predictions and actual values (MSE – *Mean Squared Error*) is minimized by modifying the network's weights. NARX NN is an advanced method for modeling and forecasting which utilizes nonlinear autoregressive models with external inputs. It is widely used in various scientific fields due to its ability to model complex nonlinear relationships. A mathematical equation of the NARX model is the following:

$$\mathbf{Y}(t) = f(\mathbf{Y}(t-1), \mathbf{Y}(t-2), \dots, \mathbf{Y}(t-d_y), \mathbf{X}(t-1), \mathbf{X}(t-2), \dots, \mathbf{X}(t-d_x)) + e(t),$$

where $\mathbf{Y}(t)$ – the observed value of the dependent variable at time t (model output), $\mathbf{X}(t)$ – a vector of values of the independent variable at time t (model input), d_y and d_x – delays for the dependent and independent variables, respectively, $e(t)$ – a model error or noise, representing unaccounted factors, $f(\cdot)$ – a nonlinear function which can be realized using various techniques, such as neural networks.

The number of neurons in the input layer equals to the sum of both delays: $d_y + d_x$. The output of the network constitutes of single neuron, which can be mathematically described as:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{HL} v_i \cdot h_i + b_{output}$$

$$h_i = \text{tansig} \left(\sum_{j=1}^{d_y+d_x} w_{ji} \cdot \text{input}_j + b_i \right)$$

where $d_y + d_x$ – the number of neurons in the input layer, w_{ji} – the weight for the i -th neuron of the hidden layer from the j -th neuron from the input layer input_j , b_i – the i -th bias, h_i – an activation function of the i -th neuron in the hidden layer (we apply *tansig*, i.e., a hyperbolic tangent sigmoid transfer function), HL – the number of neurons in the hidden layer, v_i – the weight of the output layer from the i -th neuron of the hidden layer, b_{output} – an output bias. Furthermore, we apply a linear transfer function at the output layer and assume $d_x = d_y$.

A schematic view of an example NARX network is given in Fig. 1. This network comprises a single hidden layer with 30 neurons. Delays d_x and d_y are marked within the hidden layer as “1:150”.

Our idea for improving effectiveness of model predictions involved creating matrix \mathbf{X} and vector \mathbf{Y} as described in the following code listing:

```
ModelOrder = 18; X = []; Y = [];
for i = ModelOrder + 1:length(timeseries)
X = [X; timeseries(i - ModelOrder: i - 1)'];
Y = [Y; timeseries(i)];end
```

An order of the autoregressive model (i.e. the size of matrices \mathbf{X}) equal to 18 had been selected at the initial stage of the study. We carried out preliminary experiments for model order values ranging from 1 to 18 (based on the size of the input time series, containing 228 elements). Models of the 18th order demonstrated the lowest values of MSE. This means that the \mathbf{X} matrix contains 18 sequences of data, each shifted back by one time interval (one month), thereby implementing the regression. Moreover, the standard input for the model is the same time series sequence, \mathbf{Y} .

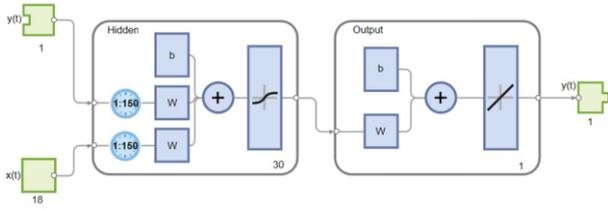


Figure 1: A Schematic View of an Example NARX Network with $delay = 150$, $order = 18$, and $HL = 30$.

Other parameters of the NARX model, including delays d_y and d_x , as well as the form of function f , have been selected based on characteristics of the data and the specificity of the problem the model is intended to solve. A proper selection of these parameters is crucial for the high effectiveness and accuracy of the model.

In experiments three hidden layer sizes were investigated: $HL = 10, 20, 30$. Values of $delay$ (i.e., time steps), were the following: 1, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150. Eight learning functions were applied:

- CGD – Conjugate Gradient with Powell/Beale Restarts,
- CGF – Fletcher-Reeves Conjugate Gradient,
- GDA – Gradient Descent with Adaptive Learning Rate,
- GDM – Gradient Descent with Momentum,
- GDX – Gradient Descent with Momentum and Adaptive Learning Rate,
- OSS – One Step Secant,
- RP – Resilient Backpropagation,
- SCG – Scaled Conjugate Gradient.

The learning process was conducted in 500 iterations, which allowed us to maintain the minimum value of MSE. Extending the learning process beyond 500 iterations did not improve the results significantly.

The Jarque-Bera (JB) Test

After conducting the regression process, a well-known practice to examine the quality of a model is investigation of the normality of residuals. The Jarque-Bera (JB) test is a popular statistical test used to check whether residuals follow a normal distribution. It is based on two measures of the distribution of the variable under study – the skewness and the kurtosis:

$$JB = n/6 (\gamma^2 + 0.25 (K - 3)^2),$$

where: n is the number of observations in the sample, γ is the skewness, K is the kurtosis. The JB statistics adheres to a chi-square distribution with two degrees of freedom. When the p-value (probability) associated with this statistics falls below the predetermined level of significance ($\alpha = 0.01$ in our study), the hypothesis of data normality is rejected (in this case we denote the results as $H = 1$). Otherwise, we lack grounds to reject this hypothesis (and the result is $H = 0$). Outcomes of these analyses are detailed in the subsequent section.

ANALYSIS OF MODELING RESULTS

Performance of the developed NARX NN models was evaluated based on MSE across varying parameters: delay, the hidden layer size, and a learning function. Due to the space limit we do not present graphical results for all the tested cases but only for best models. Example model responses are presented in Fig. 2 (for the *permits-ind* scenario) and Fig. 3 (for the *permits-dev* scenario).

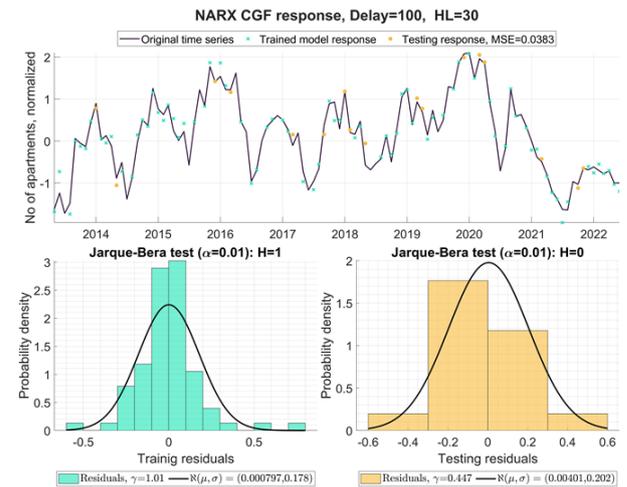


Figure 2: Response of NARX with CGF Learning Algorithm, $HL = 30$, $delay = 100$ for *permits-ind* Data

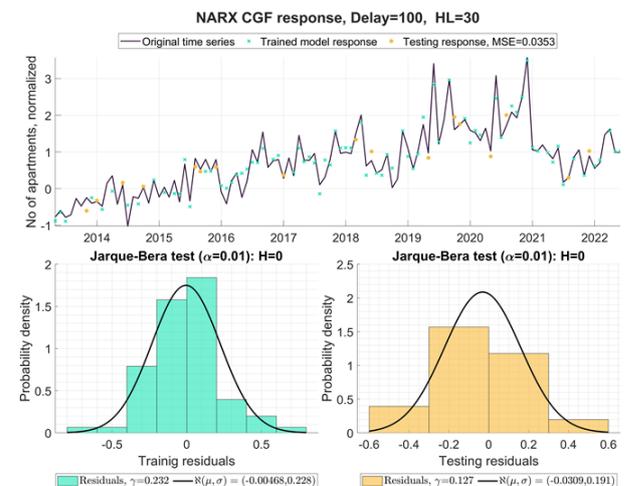


Figure 3: Response of NARX with CGF Learning Algorithm, $HL = 30$, $delay = 100$ for *permits-dev* Data

The upper part of each figure visualizes the original data along with the model response to the training data and the model response to the test data. One can observe that for both scenarios the time series exhibit a clear seasonality, which is highly related to the seasons of a year. Seasonal patterns for developers and individuals are different, however, and a plot representing building permits issued to developers has a more evident increasing trend. In both cases the model efficiency is very high; it is confirmed by low MSE values (visible above the plots), which are below 0.04.

Lower parts of Fig. 2 and Fig. 3 contain histograms of residuals obtained in both the training (bottom-left) and the testing (bottom-right) processes, along with a fitted normal distribution curve. Values of the Jarque-Bera test are given as well, showing whether the hypothesis of normality of the calculated residuals is accepted ($H = 0$) or rejected ($H = 1$). Such a presentation aims at providing a comprehensive evaluation of the model performance, emphasizing the analysis of residuals as an important component of model validation and underscoring the importance of statistical testing in confirming assumptions underlying the model's application.

Table 2 summarizes the best NARX models obtained for all six datasets (these are models for which the hypothesis of residuals' normality according to the Jarque-Bera (JB) test is not rejected). It can be seen that the efficiency of all the models is very high, resulting in very low MSE. In most cases, the best results were achieved by employing Conjugate Gradient with Powell/Beale Restarts training algorithm (CGD). In contrast, regarding the number of neurons in the hidden layer, one cannot generalize the best value of HL parameter. Regarding the delay (the number of previous time steps taken into account in making predictions), it can be observed that at least 100 steps should be taken into consideration when building an efficient model.

To better assess the model performance and fit, subsequent analysis results are depicted in Fig. 4, containing the best model cases for all six time series (results for the best models are marked in Fig. 4a – Fig. 4f with black ovals).

Plots on the left side of the figure provide detailed graphical representations of performance metric MSE achieved by the respective NARX models over 500 training iterations. These charts illustrate in detail how MSE varies depending on the delay for each specified learning algorithm, offering a clear visual depiction of their performance characteristics. It should be emphasized that characteristics and tendencies of individual algorithms were consistent for all test cases (all three hidden layer sizes), also for these not shown in the figure.

Plots on the right side of Fig. 4 visualize the corresponding results of the Jarque-Bera test for various training algorithms and delays, showing whether the hypothesis of data normality is rejected ($H = 1$) or not ($H = 0$).

Table 2: MSE and Parameters for NARX Models with Best Performance

Dataset	Parameters			MSE
	HL	Alg.	$delay$	
<i>permits-ind</i>	10	CGD	150	0.0000018
	20	CGD	100	0.0000020
	30	CGD	125	0.0000035
<i>permits-dev</i>	10	CGD	150	0.0000137
	20	CGD	125	0.0000445
	30	CGD	150	0.0000511
<i>initiated-ind</i>	10	CGD	150	0.0000051
	20	CGD	100	0.0000019
	30	CGD	150	0.0000043
<i>initiated-dev</i>	10	CGD	125	0.0000372
	20	CGD	150	0.0000035
	30	CGD	150	0.0000073
<i>completed-ind</i>	10	SCG	150	0.0000008
	20	CGD	125	0.0000093
	30	CGD	125	0.0000082
<i>completed-dev</i>	10	CGD	150	0.0000093
	20	CGD	150	0.0000171
	30	CGD	150	0.0000156

It can be observed that Resilient Backpropagation algorithm (RP) practically does not work for the problem under consideration – it is insensitive to delay changes and is not capable of providing low MSE. Gradient Descent-based algorithms (GDM, GDA, and GDX), as well as Fletcher-Reeves Conjugate Gradient (CGF) tend to improve slightly with the delay increase but they are not able to provide acceptable MSE even for very large delays. Efficiency of other training algorithms (CGD, SCG, OSS) varies across the six scenarios; it can be observed, however, that extending the delay leads to better results (lower MSE) in general. The most effective training algorithm for large delays has turned out to be CGD. It gave the best results for the majority of scenarios under consideration, regardless of the number of neurons in the hidden layer (c.f. Table 2.) CGD resulted in the most efficient models for time series representing houses approved for construction (*permits-ind* and *permits-dev*, for delay of 150 in both cases), houses under construction (*initiated-ind* for delay of 100 and *initiated-dev* for delay of 150), as well as houses completed by developers (*completed-dev* for delay of 150). Only for the time series corresponding to houses completed by individuals (*completed-ind*) the best model was based on SCG training algorithm (for delay of 150).

This analysis demonstrates the critical impact of the number of neurons in the hidden layer and the delay parameter on the performance of various learning algorithms in NARX neural network modeling. It highlights the importance of fine-tuning these parameters for optimal predictive accuracy in different real estate development scenarios.

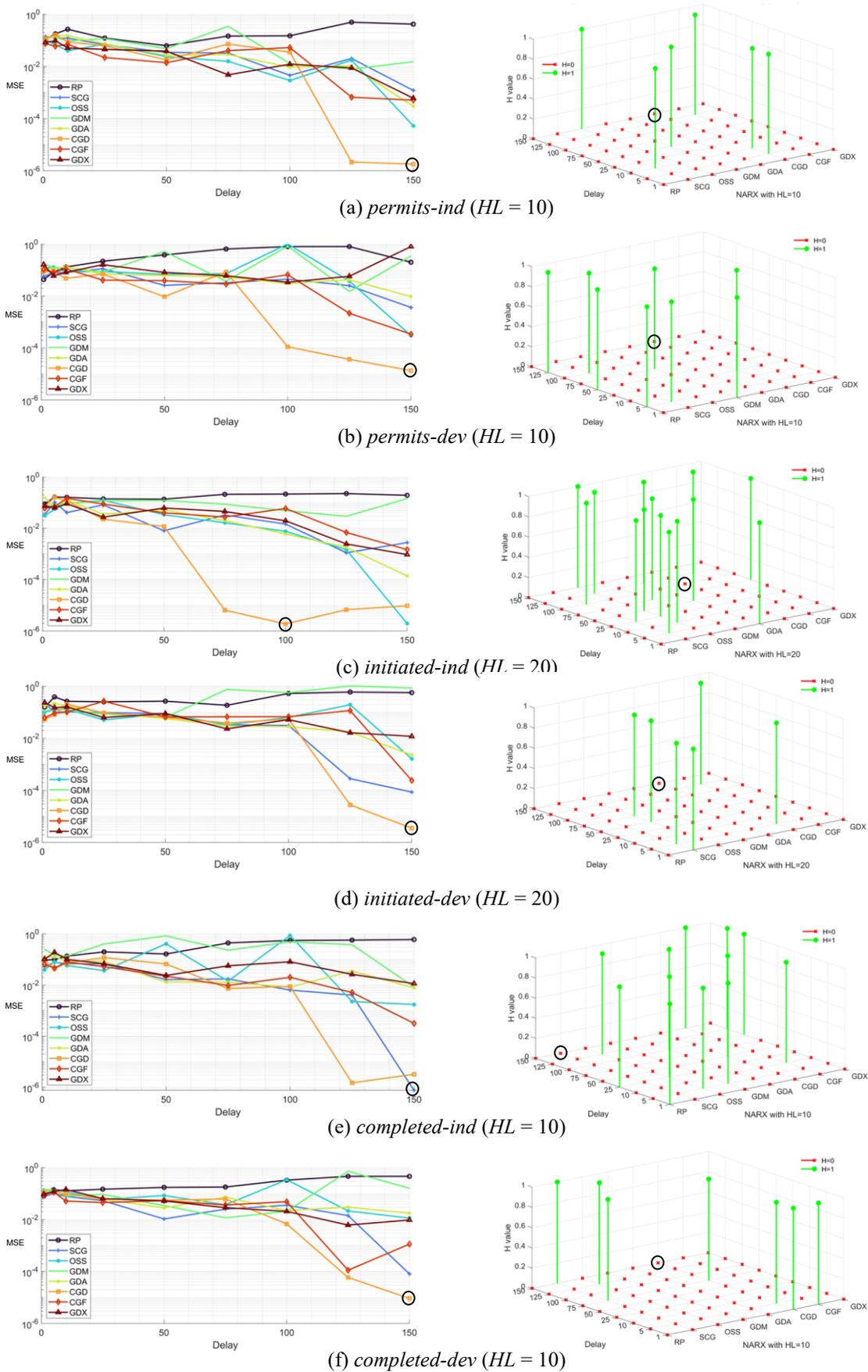


Figure 4: Testing Performance of NARX Models (left) and Results of the Jarque-Bera Test of the Normality of Residuals (right) for Various Learning Algorithms and Delays

Another aspect that was investigated to evaluate the model adequacy involved examining residuals, in particular, how their distributions conform to the normal distribution. As it was explained earlier, this conformity had been evaluated using the Jarque-Bera test. We denote a result of this test as “ $H = 0$ ” or “ $H = 1$ ”. $H = 0$ indicates no grounds for rejecting the null hypothesis, i.e., the assumption of a normal distribution of residuals. In contrast, $H = 1$ implies rejection of the null hypothesis, thereby challenging the assumption that the residuals follow a normal distribution.

Results of the Jarque-Bera test for the six datasets are presented in Fig. 4a – Fig. 4f on the right. Each plot shows H values for a given dataset and a given size of a NN hidden layer, HL (the one containing the best model cases), for different delays and training algorithms. Table 3 contains aggregate results (numbers of cases with the normality of residuals unconfirmed) for various training algorithms and HL sizes.

Results show that for all six datasets most of cases (configurations of delays, algorithms, and HL sizes) resulted in the normal distribution of residuals. The number of cases for which the normality of residuals was not confirmed was the highest for *initiated-ind* and *completed-ind* datasets (95 and 92 cases, respectively, at an average of 83). It indicates that time series representing houses being constructed and completed by individual investors are more unpredictable than the remaining time series. OSS and CGF algorithms were the least efficient in the analysed context (29 and 25 cases, respectively, at an average of 17.25).

Table 3: Results of the Jarque-Bera Test (Numbers of Cases with $H = 1$) for NARX Models with Best Performance for Various Hidden Layer Sizes

Dataset	HL	Algorithm							
		C G D	C G F	G D A	G D M	G D X	O S S	R P	S C G
<i>permits-ind</i>	10	2	1	0	1	0	1	0	1
	20	0	1	0	0	2	0	1	1
	30	0	1	0	1	1	3	0	0
<i>permits-dev</i>	10	1	0	0	2	0	0	3	2
	20	1	1	0	2	0	0	1	0
	30	0	1	0	0	0	0	3	0
<i>initiated-ind</i>	10	0	2	2	2	1	3	0	1
	20	0	1	3	1	1	5	0	3
	30	1	3	1	2	0	3	0	0
<i>initiated-dev</i>	10	1	2	0	2	2	1	0	1
	20	1	1	0	0	0	2	0	2
	30	0	3	2	0	1	1	0	1
<i>completed-ind</i>	10	1	2	1	1	2	3	2	0
	20	1	1	1	2	0	2	1	0
	30	2	2	1	2	2	3	0	0
<i>completed-dev</i>	10	3	1	0	0	0	1	0	2
	20	0	1	0	0	0	1	0	0
	30	1	1	0	0	1	0	0	2

Furthermore, a comparison of MSE values and Jarque-Bera test results for the analysed cases showed that some configurations of model parameters were able to provide high performance (low MSE values) but the hypothesis of the residuals normality could not be accepted.

SUMMARY

This paper focused on analysing the dynamics of the housing construction market in Poland, employing the methodology of the NARX neural network. Three stages of the housing construction process have been taken into consideration (building permits, houses under construction, and completed houses) with a distinction made between individual investors and developers. The analysis focused on evaluating the NARX network model performance and tuning the model parameters. A careful selection and calibration of the model was conducted to adjust the model to the specificity of the analysed data. Special attention was paid to the size of the network's hidden layer and determination of the delay size of the model (the number of recent time intervals taken into consideration while doing predictions) for various training algorithms, aimed at the optimal modeling the nonlinear dependencies in the time series data.

Findings of the study provide significant insight into the efficiency of different NARX network configurations in modeling time series representing the numbers of houses accepted, initiated, and completed by individual and commercial investors. They emphasize the importance of selecting an appropriate neural network training algorithm, a hidden layer size, and a delay to obtain reliable forecasts. The most efficient algorithm, especially for high delays and regardless of the hidden layer size, was CGD (Conjugate Gradient with Powell/Beale Restarts).

The analysis revealed significant differences in trends and dynamics between the segments of developers and individual investors. The results indicate unique patterns in time series representing issued building permits, houses under constructions, and houses completed in both segments. These differences are crucial for understanding the specificity and mechanisms governing each of the markets.

REFERENCES

- W. Breuer and B.I. Steininger. Recent trends in real estate research: a comparison of recent working papers and publications using machine learning algorithms. *J. of Business Economics*, 90(7): 963–974, 2020.
- G. de Bondt, A. Gieseck, and M. Tujula. Household wealth and consumption in the euro area. *ECB Economic Bulletin*, 1, 2020.
- P. Frącz, I. Dąbrowski, D. Wotzka, D. Zmarzły, and Ł. Mach. Identification of differences in the seasonality of the developer and individual housing market as a basis for its sustainable development. *Buildings*, 13(2), 2023.

- L. Gabrielli, A.G. Ruggeri, and M. Scarpa. Using Artificial Neural Networks to uncover real estate market transparency: The market value. In *ICCSA'2021*, pages 183–192, 2021. Springer International Publishing.
- J.E. Gomez-Gonzalez, J. Hirs-Garzón, S. Sanin-Restrepo, and J.M. Uribe. Financial and macroeconomic uncertainties and real estate markets. *Eastern Economic Journal*, 50(1): 29–53, 2024.
- A. Grybauskas, V. Pilinkienė, and A. Stundžienė. Predictive analytics using Big Data for the real estate market during the COVID-19 pandemic. *Journal of Big Data*, 8(1): 105, 2021.
- GUS. Główny Urząd Statystyczny – Publications, 2023. <https://stat.gov.pl/publikacje/publikacje-a-z>.
- L. Hong. The dynamic relationship between real estate investment and economic growth: Evidence from Prefecture City Panel Data in China. *IERI Procedia*, 7: 2–7, 2014.
- I.I. Kakulu. Qualitative research strategies and data analysis methods in real estate research – an innovative approach using the BB Model. In *Estate Management Department Workshop*, 2014.
- J.H. Lang, M. Behn, B. Jarmulska, and M. Lo Duca. Real estate markets, financial stability and macroprudential policy. *Macroprudential Bulletin*, European Central Bank, 2022.
- MathWorks Documentation – Design Time Series NARX Feedback Neural Networks, <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/narnet.html> (access date: 08.01.2024).
- S.W. Shao, X. Huang, L.X. Xiao, and H. Liu. Exploring the impact of real estate policy on real estate trading using the time series analysis. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42: 1281–1287, 2020.
- Statista. Real estate market in Poland – statistics & facts, <https://www.statista.com/topics/7893/real-estate-market-in-poland/#topicOverview> (access date: 25.03.2024).
- D. Wotzka, G. Suchacka, Ł. Mach, P. Frącz, J. Foltys, and I. Maniu. Time series prediction for the housing construction market with the use of NARNET. In *Proc. ECMS'2023*, pages 284–290, 2023. ECMS.
- W. Xiong. The impact of the real estate market on labor productivity. In *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*, 14: 50–53, 2023.

Disclaimer: The paper presents personal opinions of the authors and does not necessarily reflect the official position of the Narodowy Bank Polski.

AUTHOR BIOGRAPHIES

GRAŻYNA SUCHACKA received M.Sc. degrees in Computer Science and Management, as well as a Ph.D. degree in Computer Science with distinction from Wrocław University of Science and Technology, Poland. Now she is an Assistant Professor at the Institute of Informatics at the University of Opole, Poland. Her research interests include data analysis and modeling, data mining, machine learning, and Quality of Web Service with special regard to Web bot detection and electronic commerce support. Her e-mail address is g.suchacka@gmail.com.

DARIA WOTZKA received an M.Sc. degree in Computer Science from the Technische Universität Berlin, Germany, the Ph.D. and habilitation degree in Electrical Engineering from the Opole University of Technology, Poland. She is a lecturer and research fellow at the Opole University of Technology, Poland. Her research interests include data mining, modeling, and simulation. Her e-mail address is d.wotzka@po.edu.pl.

LUKASZ MACH received a Ph.D. and habilitation degree in Economics and Finance from the Warsaw School of Economics, Poland. He is a Professor, researcher, and lecturer at the Faculty of Economics and Management at the Opole University of Technology, Poland. His research interests include quantitative methods in economic research, time series analysis, modeling of the residential real estate market, and the analysis of its cyclicity. His e-mail address is lmach@uni.opole.pl.

PAWEŁ FRĄCZ is a full Professor, researcher, and lecturer at the Faculty of Economics at the University of Opole, Poland. His research interests include methods of time series analysis, issues in the area of modeling real estate markets, and applications of signal analysis methods in the time and frequency domain in economic sciences. His e-mail address is p.fracz@gmail.com.

MARZENA STEC received an M.Sc. Degree from the University of Opole, Poland, in the field of social sciences. She is an employee of the Narodowy Bank Polski. Her area of research interests is related to the real estate market. Her e-mail address is 7m.stec@gmail.com.

JOACHIM FOLTYS is an extraordinary professor at Humanitas University in Sosnowiec. His research interests include outsourcing, digital (virtual) environment, and shaping and valuation of contemporary organizations, including intangible assets, and family companies. His e-mail address is joachimfol@onet.pl.

Optimierung von kundenorientierten Geschäftsprozessen unter Anwendung von Methoden des Kundenkontaktpunkt-Managements

Ahmed Damak

Scheffelhof 2
38440 Wolfsburg
E-Mail: damakahmed3@gmail.com

Prof. Dr. Matthias Zapp

Institut für Informatik
Technische Hochschule Köln
Campus Gummersbach
Steinmüllerallee 1
51643 Gummersbach
E-Mail: matthias.zapp@th-koeln.de

ABSTRACT

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, stehen Unternehmen vor der Herausforderung, die Effizienz und Effektivität ihrer Geschäftsprozesse kontinuierlich zu verbessern und insbesondere die Zufriedenheit ihrer Kunden zu erhöhen.

Die Kundenzufriedenheit wird zum einen durch die Eigenschaften der Produkte oder der Dienstleistungen des Unternehmens bestimmt. Darüber hinaus spielen die Erfahrungen, die der Kunde bei der Interaktion mit dem Unternehmen an allen Kontaktpunkten sammelt, eine entscheidende Rolle.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Vorgehensmodell für Projekte zur Geschäftsprozessoptimierung mit Fokus auf die Kundenzufriedenheit vorgestellt. In diesem werden Methoden und Techniken des Geschäftsprozessmanagements mit Methoden und Techniken des Kundenkontaktpunkt-Managements verknüpft.

SCHLÜSSELWÖRTER

Geschäftsprozessmanagement, Kundenkontaktpunkt-Management, Kundenzufriedenheit

EINLEITUNG

Für Unternehmen reicht die in der Vergangenheit erworbene Reputation allein nicht mehr aus, um sich dauerhaft am Markt zu behaupten. Aus Kundensicht sind Produkte und Dienstleistungen zunehmend austauschbar. Kunden bewerten ein Produkt oder eine Dienstleistung nicht nur aufgrund ihrer Eigenschaften, sondern auch aufgrund ihrer Erfahrungen mit dem Unternehmen beim Kauf (vgl. Pina und Dias 2021).

Produkte und Dienstleistungen sind die Ergebnisse einer Menge von in Unternehmen ablaufenden Aktivitäten, welche in Geschäftsprozessen organisiert sind (Weske 2019). Mit zunehmenden Kundenanforderungen steigt die Komplexität dieser Prozesse und Unternehmen stehen vor großen Herausforderungen, um deren Effizienz und Effektivität zu steigern (Schmelzer und Sesselmann 2020).

Die Disziplin des Geschäftsprozessmanagements (GPM) umfasst eine Vielzahl von prozessorientierten Methoden und Techniken zur Optimierung von Geschäftsprozessen in Unternehmen (vgl. u.a. Schmelzer und Sesselmann 2020 und Dumas et al. 2021). Die Kundenorientierung von Geschäftsprozessen gilt dabei als eine wichtige Grundlage des GPM. Nach Schmelzer und Sesselmann (2020) kann das gewünschte Kundenverhalten und damit der Unternehmenserfolg nur durch eine Ausrichtung der Prozesse auf den Kunden und eine daraus resultierende hohe Kundenzufriedenheit sichergestellt werden (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Verbindung Kundenorientierung, Kundenzufriedenheit, Kundenverhalten und Unternehmenserfolg (Schmelzer und Sesselmann 2020, S. 72)

Trotz der Berücksichtigung des Prinzips der Kundenorientierung in der GPM zeigt die Unternehmenspraxis, dass die Optimierung stark kundenorientierter Prozesse im Allgemeinen verbesserungswürdig ist. Die gilt insbesondere für die explizite Betrachtung und Verbesserung von Kundenerfahrungen (vgl. Keller, Kykalová und Brucker-Kley 2018).

Das Kundenkontaktpunkt-Management bietet spezifische Vorgehensmodelle, Methoden und Techniken zur Analyse und Verbesserung von Kundenerfahrungen (vgl. Schüller 2012). Die vorliegende Arbeit widmet sich der Frage, wie Methoden und Techniken des Kundenkontaktpunkt-Managements in ein Vorgehensmodell für Geschäftsprozessoptimierungsprojekte integriert werden können. Ein erster Ansatz wurde im Rahmen der Masterarbeit des Erstautors (Damak 2021) entwickelt und erprobt. In der vorliegenden Arbeit wird ein neu entwickeltes Vorgehensmodell vorgestellt.

STAND DER TECHNIK

Zunächst werden Methoden und Techniken des Geschäftsprozessmanagements und des Kundenkontaktpunkt-Managements erläutert.

Geschäftsprozessmanagement

Das Management von Geschäftsprozessen ist unabhängig von Branche und Unternehmensgröße für den Unternehmenserfolg von entscheidender Bedeutung. Für den Begriff Geschäftsprozessmanagement werden in der Literatur unterschiedliche Definitionen vorgeschlagen. Nach Becker et al. (2012) werden unter GPM alle prozessbezogenen Aufgaben auf operativer, taktischer oder auch strategischer Ebene verstanden, die im Unternehmen durchgeführt werden. GPM ist „auf die Erfüllung der Bedürfnisse der Kunden sowie anderer Interessengruppen (Stakeholder) ausgerichtet und dient dazu, die strategischen und operativen Ziele der Organisation zu erreichen“ (Schmelzer und Sesselmann 2020).

Die Ziele von Unternehmen in Bezug auf ihre Geschäftsprozesse lassen sich nach Schmelzer und Sesselmann (2020) in Prozesseffizienz und Prozesseffektivität unterteilen. Die Leistung eines Geschäftsprozesses und damit seine Effizienz, so Schmelzer und Sesselmann (2020), kann laut Dumas et al. (2021) durch die vier Dimensionen Zeit, Kosten, Qualität und Flexibilität bewertet werden. Im Mittelpunkt der Prozesseffektivität steht die Kundenzufriedenheit, die durch verschiedene branchenabhängige Dimensionen bestimmt wird. Dazu gehören beispielsweise das Produkt, aber auch der Service und die Reaktion auf Reklamationen und Beschwerden (Schmelzer et Sesselmann 2020).

Für die operative Anwendung von GPM und damit die Optimierung ihrer Geschäftsprozesse müssen sich Unternehmen mit verschiedenen prozessbezogenen Aufgaben auseinandersetzen. Diese Aufgaben des Geschäftsprozessmanagements werden in der Literatur häufig in Zyklusmodellen strukturiert. Der von Dumas et al. (2021) beschriebene und hier betrachtete BPM-Lebenszyklus besteht aus sechs Phasen (siehe Abbildung 3) und kann als Grundlage für ein Vorgehensmodell in Geschäftsprozessoptimierungsprojekten verwendet werden.

In der Phase der **Prozessidentifikation** werden die für das vorliegende Problem relevanten Prozesse und die Beziehungen zwischen ihnen identifiziert (Dumas et al. 2021).

In der **Prozesserhebungsphase** werden Informationen über den Ist-Zustand der identifizierten Unternehmensprozesse gesammelt, um die Prozesse im Detail zu verstehen. Hierzu werden in der Regel Ist-Modelle erstellt (Dumas et al. 2021; Funk 2013).

In der anschließenden **Prozessanalyse** werden anhand der Ist-Modelle Probleme und Verbesserungspotenziale identifiziert und bewertet (Dumas et al. 2021).

Im Rahmen der **Prozessverbesserung** werden mögliche Veränderungen der Ist-Prozesse betrachtet, um die zu Projektbeginn definierten und im weiteren Projektverlauf entdeckten Probleme zu adressieren. Abschließend werden die erfolgversprechendsten Maßnahmen ausgewählt und in einem Soll-Konzept zusammengefasst. Dieses

dient als Grundlage für die nächste Phase (Dumas et al. 2021).

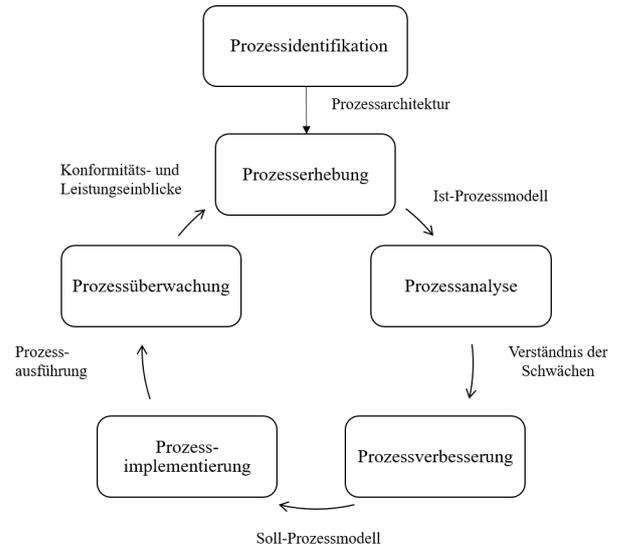


Abbildung 2: Der BPM-Lebenszyklus (Dumas et al. 2021, S. 26)

Die **Prozessimplementierung** widmet sich der Vorbereitung und Umsetzung der notwendigen Maßnahmen, die der Überführung des Ist-Zustandes in das Soll-Konzept dienen. Dies betrifft Aktivitäten zur effizienten Gestaltung von Geschäftsprozessen aus organisatorischer Sicht ebenso wie die Erweiterung bestehender oder die Entwicklung und Einführung neuer IT-Systeme zum Zweck der Prozessautomatisierung (Dumas et al. 2021). Schließlich wird im Rahmen der **Prozessüberwachung** das umgesetzte Konzept kontinuierlich überwacht und anhand von vordefinierten Kennzahlen analysiert und bewertet, um die angestrebte Prozessverbesserung sicherzustellen (Dumas et al. 2021; Bayer und Kühn 2013).

Kundenkontaktpunkt-Management

Mögliche Einflussfaktoren auf die Gesamtzufriedenheit eines Kunden sind in Abbildung 3 dargestellt (Simon und Homburg 1997).

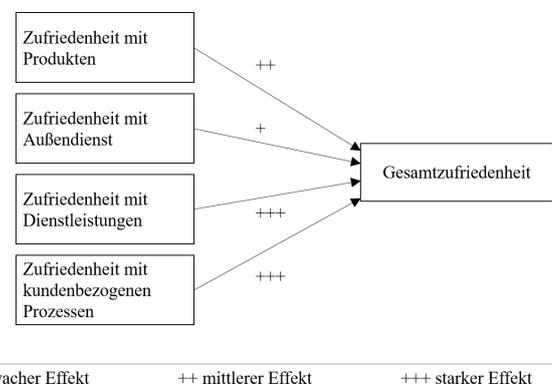


Abbildung 3: Zufriedenheitsfaktoren (Simon und Homburg 1997)

Homburg und Rudolph (2016) betonen, dass neben der Produktqualität auch die Interaktion mit dem Kunden

und die kundenbezogenen Prozesse von Bedeutung sind. Die Erfahrungen, die der Kunde während der gesamten Customer Journey sammelt, stellen aus Kundensicht einen wesentlichen Teil des Wertes des Produktes oder der Dienstleistung dar. Folglich ermöglicht das Management der Kundeninteraktion an den Kundenkontaktpunkten (Customer Touchpoints) den Unternehmen eine Differenzierung am Markt (Johnston und Kong 2011). Dabei ist zu beachten, dass sich die Kundenzufriedenheit aus dem Vergleich der tatsächlichen mit der erwarteten Leistung ergibt (Töpfer 2020). Ein Kunde ist zufrieden, wenn die tatsächliche Leistung die erwartete Leistung übersteigt. Liegt die tatsächliche Leistung hingegen unter der erwarteten Leistung, führt dies zu Unzufriedenheit (Simon und Homburg 1997).

Nach Schüller (2012) liegen Kundenkontaktpunkte überall dort vor, wo der Kunde mit einem Mitarbeiter, einem Produkt oder einer Dienstleistung eines Unternehmens interagiert. Ein Kontaktpunkt kann vor, während oder nach einer Kaufaktivität auftreten.

Zur Steigerung der Kundenzufriedenheit ist eine systematische Betrachtung der bestehenden Kontaktpunkte notwendig. Die Kundenkontaktpunkte müssen optimiert, eliminiert oder neugestaltet werden. Dabei müssen an jedem Punkt die Erwartungen der Kunden untersucht werden, um deren Reaktionen antizipieren zu können.

Als systematisches Vorgehensmodell hierfür ist das Ablaufkonzept zum Kundenkontaktpunkt-Management von Schüller (2012), welches vier Hauptphasen unterscheidet (vgl. Abbildung 4):

Ziel der **Ist-Phase** ist die umfassende, abteilungsübergreifende Identifikation der direkten und indirekten Kundenkontaktpunkte in chronologischer Reihenfolge sowie eine Analyse der Ist-Situation an jedem Kontaktpunkt (Schüller 2012).

In der anschließenden **Soll-Phase** wird der optimale Zustand definiert. Sofern noch nicht vorhanden, sind Mindeststandards für die Kundenkontaktpunkte zu entwickeln und entsprechende Maßnahmen zu identifizieren (Schüller und Schwarz 2010). Für jeden Kontaktpunkt müssen Ziele definiert werden. Hierbei wird festgelegt, was an den einzelnen Kontaktpunkten geleistet werden soll, um ein besseres Kundenerlebnis zu bieten (Schüller 2012).

In der **Aktion-Phase** werden Maßnahmen geplant und umgesetzt, um die Ist-Situation in die Soll-Situation zu überführen. Dabei ist es wichtig, im Vorfeld einen Rahmen für die Umsetzung der Maßnahmen zu definieren. Darauf aufbauend sollten verschiedene Szenarien geplant werden, um auf unterschiedliche Gegebenheiten reagieren und mit unvorhersehbaren Situationen umgehen zu können (Schüller 2012; Keller und Ott 2017).

In der **Monitoring-Phase** wird die Wirksamkeit der Maßnahmen gemessen und dokumentiert, um den Prozess weiter zu optimieren. Für ein effektives Monitoring müssen der Rahmen für die Dokumentation der gewonnenen Erkenntnisse und die Verantwortlichkeiten für notwendige Reaktionen festgelegt werden (Schüller und Schwarz 2010).

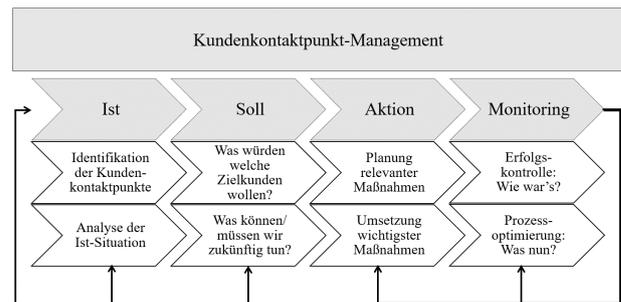


Abbildung 4: Kundenkontaktpunkt-Management Ablauf (Schüller 2012, S.155)

VORGEHENSMODELL

Aus den vorangegangenen Abschnitten geht hervor, dass es Gemeinsamkeiten zwischen dem Ablauf zum Kundenkontaktpunkt-Management nach Schüller (2012) und dem BPM-Lebenszyklus nach Dumas et al. (2021) gibt. In beiden Konzepten sind eine Ist-Analyse, die Entwicklung eines Soll-Konzepts, die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen und ein Monitoring vorgesehen. Erwähnenswert ist, dass ein gemeinsames Ziel die Steigerung der Kundenzufriedenheit ist.

Wie in der Abbildung 5 nach Johnston et al. (2012) aufgezeigt, wird dieser Aspekt jedoch aus unterschiedlichen Perspektiven untersucht.

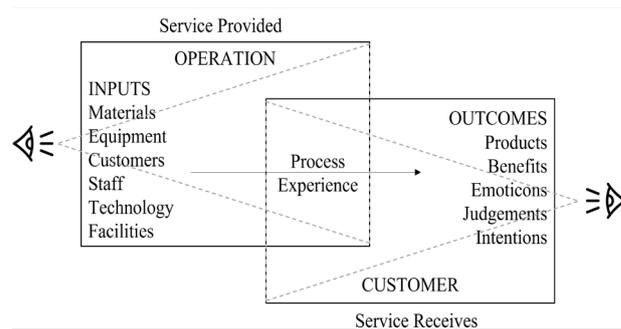


Abbildung 5: Unterschied der Blickwinkel (Johnston et al. 2012)

Aus Kundensicht stehen die Ergebnisse (Outcomes) bzw. der Nutzen der erhaltenen Produkte oder Dienstleistungen und die Erfahrungen, die ein Kunde damit machen kann, im Vordergrund. Aus Unternehmenssicht hingegen liegt der Fokus oftmals stark auf den Eingangsgrößen (Inputs) bzw. Ressourcen und der Verbesserung der internen Prozesse.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein **Vorgehensmodell** für Projekte vorgestellt, welches beide Perspektiven und die damit verbundenen Methoden und Techniken stärker integriert, um die Effizienz und Effektivität von Geschäftsprozessen mit einem starken Fokus auf das Kundenerlebnis zu verbessern.

Das Vorgehensmodell verbindet Phasen des GPM-Zyklus nach Dumas et al. (2021) und des Kundenkontaktpunkt-Managements nach Schüller (2012) (siehe

Abbildung 6). Diese werden im Folgenden zusammen mit den anwendbaren Methoden und Techniken dargestellt.

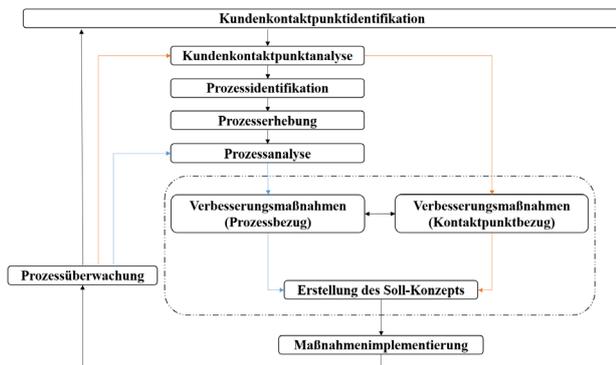


Abbildung 6: Vorgehensmodell für Projekte zur kundenorientierten Geschäftsprozessoptimierung

Kundenkontaktpunkt-Identifizierung

Im Gegensatz zum Vorgehen bei der Geschäftsprozessoptimierung nach Dumas et al. werden in der ersten Phase (Kundenkontaktpunktidentifikation) in Anlehnung an Schüller (2012) zunächst alle Kontaktpunkte, die ein Kunde im Rahmen einer Nutzungsbeziehung bzw. Interaktion mit einem Unternehmen hat oder haben könnte, identifiziert und chronologisch aufgelistet. Hierzu kann die Technik des Service-Blueprints genutzt werden. Dabei handelt es sich um eine schematische Darstellung, in der alle Akteure und Aktivitäten durch Symbole repräsentiert werden. Sie ermöglicht einen Überblick über konzeptionelle Abläufe oder Details, die aus Kundensicht relevant sind (Kazemza deh et al. 2015). In einem Service-Blueprint können fünf Komponenten unterschieden werden (siehe Abbildung 7) (Bitner et al. 2008):

Die **Physische Evidenz** beschreibt alle physischen Dinge, denen der Kunde ausgesetzt ist und die seine Wahrnehmung beeinflussen können.

Kundenaktionen umfassen alle Aktivitäten, die der Kunde während der Interaktion mit einem Unternehmen durchführen kann.

Die **sichtbaren Mitarbeiteraktionen** sind die Aktivitäten der Front-Office-Mitarbeiter, die während der Interaktion mit dem Kunden stattfinden und durch die Interaktionslinie vom Kunden getrennt sind.

Die **unsichtbaren Mitarbeiteraktivitäten** sind alle Aktivitäten von Backoffice-Mitarbeitern, die unterhalb der Sichtbarkeitslinie stattfinden und darauf abzielen, die Leistungserbringung für den Kunden sicherzustellen.

Die **Unterstützungsprozesse** umfassen alle Aktivitäten unterhalb der unternehmensinternen Interaktionslinie, die für die Leistungserbringung notwendig sind und von Backoffice-Mitarbeitern durchgeführt werden.



Abbildung 7: Service-Blueprint Vorlage (Bitner et al. 2008)

Der Service-Blueprint schafft Transparenz über die Kundenkontaktpunkte.

Kundenkontaktpunkt-Analyse

In der Kundenkontaktpunkt-Analyse werden diese Kundenkontaktpunkte analysiert, um die Bedürfnisse der verschiedenen Zielgruppen an diesem Kontaktpunkt zu verstehen. Durch die Erfassung und Interpretation der Gedanken, Gefühle und Reaktionen der Kunden können bedürfnisspezifische Verbesserungspotenziale in Bezug auf das Kundenerlebnis identifiziert werden.

Das hier beschriebene Vorgehensmodell schlägt vor, auf Basis des Persona-Konzepts **Empathie-Karten** zu generieren (siehe Abbildung 8). Empathie wird in verschiedenen Disziplinen als potenzieller Vermittlungsmechanismus genutzt, um Gedanken, Gefühle und Verhaltensweisen anderer wahrzunehmen (Rödiger 2017). Cooper (2014) stellt in diesem Zusammenhang das **Persona-Konzept** als Technik zur Bedürfnis- und Zielgruppenanalyse vor. Dabei werden Nutzermodelle synthetisiert, um Personen einer bestimmten Kundengruppe mit bestimmten Eigenschaften zu charakterisieren (Cooper et al. 2014).

Bei der Erstellung von Empathie-Karten sind folgende Aspekte zu berücksichtigen (Schallmo und Brecht 2014):

- Sehen: Was sieht der Kunde? Welche Angebote bekommt er?
- Hören: Was kann der Kunde hören? Was wird ihm gesagt? Von wem wird er beeinflusst?
- Denken: Was kann der Kunde denken? Was kann ihm wichtig sein? Was kann er fühlen? Was kann ihn beschäftigen?
- Sagen: Wovon spricht der Kunde? Wie verhält er sich? Was erzählt er anderen? Welche möglichen Konflikte gibt es zwischen dem, was der Kunde denkt, und dem, was er sagt?
- Frust: Welche Ängste, Sorgen oder Probleme hat der Kunde? Welche Frustrationen hat der Kunde? Was sind die größten Hindernisse für den Kunden, seine Ziele zu erreichen?
- Lust: Welche Ziele hat der Kunde? Was möchte er erreichen? Was sind seine Träume und Wünsche? Was sind seine Motivationsfaktoren?

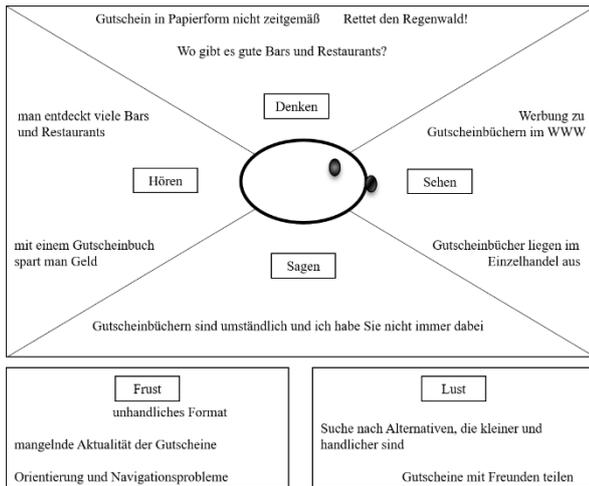


Abbildung 8: Beispiel einer Kunden Empathie-Karte nach (Schallmo und Brecht 2014, S. 104)

Basierend auf den Ergebnissen der Analyse können im weiteren Verlauf Verbesserungsmaßnahmen definiert werden. Der in dieser Phase erstellte Service-Blueprint kann darüber hinaus zur Identifikation relevanter Geschäftsprozesse genutzt werden.

Prozessidentifikation

Um den Anforderungen und Wünschen der Kunden gerecht zu werden, werden im Rahmen der Prozessidentifikation die kundenkontaktpunktrelevanten Prozesse im Unternehmen identifiziert. Hierbei sollten alle Prozesse berücksichtigt werden, die einen direkten Einfluss auf die Kundenzufriedenheit haben.

Als Hilfsmittel kann ein Service-Blueprint um Elemente eines Prozess-Organisations-Diagramms erweitert werden (siehe Abbildung 9).

Hier werden die Kundenkontaktpunkte (z.B. Website mit Produktinformationen) chronologisch nach Phasen (Vorverkauf, Kauf, Nachkauf) geordnet. Für jeden Kontaktpunkt werden die Prozesse bzw. Prozessschritte (z.B. Content-Erstellung) und die beteiligten Organisationseinheiten identifiziert.

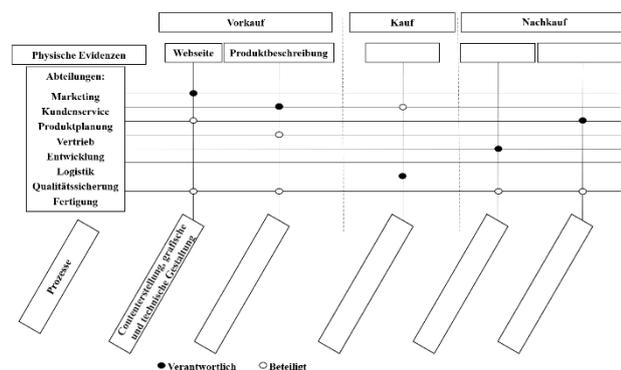


Abbildung 9: Verantwortungsmatrix (in Anlehnung an Schmelzer und Sesselmann 2020)

Prozesserhebung

In dieser Phase wird der Ist-Zustand der Geschäftsprozesse als Voraussetzung für die Ableitung und Umsetzung von Prozessverbesserungen erfasst. Daher müssen

in dieser Phase Informationen über die Prozesse gesammelt und diese systematisch beschrieben werden. Hierfür stehen Prozesserhebungsmethoden wie Beobachtungen oder Interviews zur Verfügung, die für die Erhebung von prozessbezogenen Informationen geeignet sind (Dumas et al. 2021). Darüber hinaus sollten geeignete Dokumentationstechniken eingesetzt werden. Zum einen bieten sich hier Prozesssteckbriefe an, in denen die Merkmale des Prozesses übersichtlich zusammengefasst werden (Reiss und Reiss 2019). Aufbauend auf dieser ersten Beschreibung kann der Ist-Zustand der Unternehmensprozesse mittels einer Modellierungssprache für Geschäftsprozesse, wie zum Beispiel der Business Model and Notation (BPMN) (OMG 2014), in Ist-Modellen dargestellt werden. Durch diese grafische Darstellung kann ein einheitliches Verständnis unter den Projektbeteiligten unterstützt werden.

Prozessanalyse

Aufbauend auf den Ist-Modellen werden die Geschäftsprozesse im Hinblick auf Probleme und Verbesserungspotenziale analysiert. Diese Problemsuche ist umfassend und systematisch durchzuführen und kann über die in der Kundenkontaktpunktanalyse identifizierten Probleme hinausgehen. Das Ergebnis dieser Phase ist eine Liste von Schwachstellen und deren Ursachen, auf deren Basis mögliche Verbesserungsmaßnahmen identifiziert werden können (Schmelzer und Sesselmann 2020).

Die Schwachstellenanalyse kann nach verschiedenen Bereichen gegliedert werden (vgl. Best und Weth 2009; Gronau 2017), z. B.:

- Ablauforganisation
- Aufbauorganisation
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Prozessmessung
- Personal und Unternehmenskultur

In der GPM-Literatur werden eine Reihe von zu untersuchenden Aspekten bzw. typischen Schwachstellentypen genannt, die als Hilfestellung für eine solche Analyse eines konkreten Geschäftsprozesses dienen können (Best und Weth 2009).

Darüber hinaus ist für identifizierte Schwachstellen eine Ursachenanalyse durchzuführen: Statt einer Vielzahl von Einzelsymptomen sind die Hauptprobleme bzw. Ursachen zu adressieren. Dazu können Ishikawa-Diagramme verwendet werden. Mit dieser Technik können Probleme in einen kausalen Zusammenhang gebracht und die zugrundeliegenden Ursachen grafisch zugeordnet und dargestellt werden (Best und Weth 2009).

Um Probleme weiter zu differenzieren, kann zusätzlich die 5-W-Technik angewendet werden. Dabei wird ein identifiziertes Problem mittels Warum-Fragen mehrfach hinterfragt, um die Analyse zu vertiefen und tiefer liegende und behebbare Ursachen aufzudecken (Brüggemann und Bremer 2012).

Erstellung des Soll-Konzepts

In dieser Phase wird ein Soll-Konzept entwickelt, welches die Behebung der identifizierten Schwachstellen und eine darüberhinausgehende Verbesserung der

Geschäftsprozesse und der damit verbundenen Kundenerlebnisse zum Ziel hat.

Dabei sind Maßnahmen aus Prozesssicht (prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen) und aus Kundensicht (kontaktpunktbezogene Verbesserungsmaßnahmen) zu definieren, die einen direkten Bezug zu den in der Kundenkontaktpunktanalyse und der Prozessanalyse identifizierten Schwachstellen aufweisen.

Darüber hinaus können aus Sicht der Prozessoptimierung weitere Ansätze, Methoden und Techniken zur Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen herangezogen werden, die von Dumas et al. (2021) unter dem Begriff Process-Redesign beschrieben werden.

Aus Sicht des Kundenkontaktpunktmanagements können weitergehende Maßnahmen aus den folgenden drei Kategorien betrachtet werden (Glattes 2016):

Auf der Ebene der Mikroaktivitäten kann ein Rückmeldesystem entwickelt werden, um Kundenprobleme an den Kundenkontaktpunkten zu erkennen und schnell darauf zu reagieren. Jedes erhaltene Kundenfeedback kann nicht nur eine einzelne Person, sondern eine Gruppe von Kunden repräsentieren, die mit dem gleichen Problem konfrontiert sind. Aus diesem Grund ist es wichtig, standardisierte und wiederverwendbare Maßnahmen zur Problemlösung zu entwickeln, anstelle von einmaligen Lösungen, die auf Dauer kostspielig und zeitaufwändig sind.

Auf der Makroebene steht das Bestreben des Unternehmens im Vordergrund, die Probleme des Kunden zu lösen und damit seine Erfahrungen mit dem Unternehmen zu verbessern. Dies kann einerseits durch systematische Ursachenforschung und präventive Maßnahmen geschehen. Zum anderen können Innovationen das Kundenerlebnis und die Kundenbindung positiv beeinflussen. Die Maßnahmen in dieser Kategorie zielen nicht auf die Befriedigung eines kurz- oder mittelfristigen Bedarfs ab. Vielmehr geht es darum, einen Kulturwandel und eine bereichsübergreifende Zusammenarbeit im Unternehmen zu etablieren.

Kundenerlebnis-kulturbezogene Aktivitäten stellen den Kunden in den Mittelpunkt. Die Aufmerksamkeit aller Mitarbeiter soll auf das Wohl des Kunden gerichtet werden. Dies wird u.a. durch die Berücksichtigung der Kundenstimme bzw. Kundenperspektive bei der Gestaltung von Visionen, Zielen, Unternehmensstrukturen und Personalentwicklung sichergestellt.

Die Menge der möglichen Verbesserungsmaßnahmen sowohl mit Kundenkontaktpunktbezug als auch mit Prozessbezug ist abzugleichen, zu bewerten, zu priorisieren und in ein Maßnahmenpaket (Soll-Konzept) zu integrieren.

Maßnahmen-Implementierung

Für die umzusetzenden Maßnahmen sind im Vorfeld folgende Aspekte zu definieren (Keller und Ott 2017):

- Was ist das Ziel?
- Was soll getan werden?
- Wer sind die beteiligten Personen und Bereiche?
- Wann sind Start- und Endzeitpunkt?
- Welche Ressourcen werden benötigt?

Darüber hinaus muss in dieser Phase sichergestellt werden, dass die Prozessdokumentation aktualisiert wird. Diese wird als Grundlage für zukünftige Analysen und für anforderungsspezifische technische Änderungen benötigt (Bayer und Kühn 2013).

Prozessüberwachung

Die implementierten Prozesse müssen kontinuierlich überwacht werden. Dies kann beispielsweise durch die Erhebung von Messdaten und daraus statistisch abgeleiteten Kennzahlen erfolgen. Die Messdaten werden regelmäßig mit verschiedenen Instrumenten analysiert, um die tatsächliche Prozessleistung mit den vorab definierten Zielen abzugleichen (vgl. Bayer und Kühn 2013).

Wichtig aus Sicht des hier vorgestellten Ansatzes ist die Berücksichtigung von Kennzahlen aus Kundensicht, z.B. die Integration von Reklamationen oder Online-Kommentaren. Die Kennzahlen können in Berichten zusammengefasst und grafisch übersichtlich dargestellt werden (vgl. Schüller 2012).

Auf Basis der Analyse werden Abweichungen zwischen Soll-Prozess und Ist-Prozess aufgezeigt. Bei größeren Abweichungen ist zu klären, ob Leistungsschwankungen oder Störungen vorliegen. Darauf aufbauend sind geeignete Korrekturmaßnahmen vorzuschlagen (vgl. Bayer und Kühn 2013).

Zusammenfassung und Bewertung

Die Erfahrungen der Kunden mit dem Unternehmen sind von entscheidender Bedeutung für die Kundenzufriedenheit und damit für die Effektivität kundenorientierter Geschäftsprozesse.

Obwohl Kundenorientierung ein grundlegendes Merkmal des Geschäftsprozessmanagements ist, werden Kundenerfahrungen und -erlebnisse in der Praxis selten ausreichend im Rahmen von Prozessoptimierungsinitiativen berücksichtigt. Kundenerwartungen an Geschäftsprozesse und deren Einfluss auf die Kundenzufriedenheit werden dadurch vernachlässigt.

Das Kundenkontaktpunkt-Management bietet Methoden und Techniken, um Kundenerlebnisse systematisch zu analysieren und zu verbessern.

Das in dieser Arbeit vorgestellte Vorgehensmodell versucht eine Brücke zwischen einem klassischen Geschäftsprozessoptimierungsansatz nach Dumas et al. (2018) und der Verbesserung der Kundenzufriedenheit durch Methoden und Techniken des Kundenkontaktpunkt-Managements zu schlagen. Die Integration von Methoden und Techniken aus beiden Bereichen versprechen eine kunden- und kundenerlebnisorientierte Optimierung von Geschäftsprozessen. Allerdings weist ein solcher Ansatz im Vergleich zu einem klassischen Vorgehen Nachteile wie einen höheren Aufwand und Schulungsbedarf für Prozessanalysten auf.

Die stärkere Fokussierung auf das Kundenerlebnis bietet jedoch das Potenzial, die Effektivität von Geschäftsprozessen weitreichender als mit herkömmlichen Ansätzen zu verbessern. Daher ist eine weitergehende Erprobung des hier vorgeschlagenen Zusammenspiels der Methoden

und Techniken in unterschiedlichen Anwendungsfällen von Interesse.

KONTAKT

Ahmed Damak

Adresse: Scheffelhof 2, 38440 Wolfsburg, Deutschland

E-Mail: damakahmed3@gmail.com

LITERATUR

Bayer, Franz; Kühn, Harald (2013) Prozessmanagement für Experten. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.

Becker, Jörg; Kugeler, Martin; Rosemann, Michael (2012) Prozessmanagement. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.

Best, Eva; Weth, Martin (2009) Geschäftsprozesse optimieren. Wiesbaden : Gabler.

Bitner, Mary Jo; Ostrom, Amy L.; Morgan, Felicia N. (2008) Service Blueprinting. A Practical Technique for Service Innovation. In : California Management Review, vol. 50, n° 3, p. 66–94. DOI: 10.2307/41166446.

Brüggemann, Holger; Bremer, Peik (2012) Grundlagen Qualitätsmanagement. Wiesbaden : Vieweg+Teubner Verlag.

Cooper, Alan; Reimann, Robert.; Cronin, David. (2014) About face. The essentials of interaction design. 4th edition. Indianapolis (Ind.) : Wiley.

Dumas, Marlon; La Rosa, Marcello; Mendling, Jan; Reijers, Hajo A. (2021) Grundlagen des Geschäftsprozessmanagements. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.

Funk, Burkhardt (2013) Geschäftsprozessintegration mit SAP. Fallstudien zur Steuerung von Wertschöpfungsprozessen entlang der Supply Chain. Softcover. Berlin : Springer.

Glattes, Karin (2016) Der Konkurrenz ein Kundenerlebnis voraus. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden.

Homburg, Christian; Rudolph, Bettina (2016) Theoretische Perspektiven zur Kundenzufriedenheit. In : Christian Homburg, coord.: Kundenzufriedenheit. Konzepte - Methoden - Erfahrungen. Avec la collaboration de Andreas Fürst, Torsten Gerpott, Oliver Götz, Bernd Günther, Diana Hawranek, Andreas Herrmann et al. 9., überarbeitete Auflage. Wiesbaden, Mannheim: Springer Gabler; Homburg & Partner, p. 31–51.

Johnston, Robert; Clark, Graham; Shulver, Michael (2012) Service operations management. Improving service delivery. Fourth edition. Harlow Essex England and New York : Pearson.

Johnston, Robert; Kong, Xiangyu (2011) The customer experience. A road-map for improvement. In : Managing Service Quality: An International Journal, vol. 21, n° 1, p. 5–24. DOI: 10.1108/09604521111100225.

Kazemzadeh, Yahya; Milton, Simon K.; Johnson, Lester W. (2015) A Conceptual Comparison of Service Blueprinting and Business Process Modeling Notation (BPMN). In : Asian Social Science, vol. 11, n° 12. DOI: 10.5539/ass.v11n12p307.

Keller, Bernhard; Ott, Cirk Sören, eds. (2017) Touchpoint Management. Entlang der Customer Journey erfolgreich agieren. 1. Auflage. Freiburg im Breisgau : Haufe-Lexware (Haufe Fachbuch).

Keller, Thomas; Kykalová, Denisa; Brucker-Kley, Elke (2018) Kundennutzen durch digitale Transformation. Business-Process-Management-Studie - Status quo und Erfolgsmuster. [Erscheinungsort nicht ermittelbar] : Springer Nature.

Pina, Rita; Dias, Álvaro (2021) The influence of brand experiences on consumer-based brand equity. In : Journal of Brand Management, vol. 28, n° 2, p. 99–115. DOI: 10.1057/s41262-020-00215-5.

Reiss, Manuela; Reiss, Georg (2019) Praxisbuch IT-Dokumentation. Vom Betriebshandbuch bis zum Dokumentationsmanagement - die Dokumentation im Griff. 3., aktualisierte Auflage. München : Hanser.

Rödiger, Kai (2017) Empathie im Kundenkontakt. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden.

Schallmo, Daniel R. A.; Brecht, Leo (2014) Prozessinnovation erfolgreich anwenden. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.

Schmelzer, Hermann J.; Sesselmann, Wolfgang (2020) Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Kunden zufrieden stellen - Produktivität steigern - Wert erhöhen. 9th ed. München : Hanser.

Schüller, Anne M. (2012) Touchpoints. Auf Tuchfühlung mit dem Kunden von heute. Managementstrategien für unsere neue Businesswelt. Offenbach : Gabal Verlag GmbH (Management).

Schüller, Anne M.; Schwarz, Torsten, eds. (2010) Leitfaden WOM-Marketing. Die neue Empfehlungsgesellschaft ; online und offline neue Kunden gewinnen durch Social-Media-Marketing, Viral-Marketing, Advocating und Buzz. Waghäusel : Marketing-Börse.

Simon, Hermann; Homburg, Christian (1997) Kundenzufriedenheit. Wiesbaden : Gabler Verlag.

Töpfer, Armin (2020) Entstehung und Stufen der Kundenzufriedenheit. In : Armin Töpfer, coord.: Strategische Positionierung und Kundenzufriedenheit. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, p. 153–160.

Weske, Mathias (2019) Business process management. Concepts, languages, architectures. Third edition. Berlin: Springer.

Patientenspezifisch konfigurierbare Pflegeprozesse basierend auf BPMN-Prozessbausteinen für die Prozessengine Camunda

Prof. Dr. Peter Edelmann

Technische Hochschule
Mittelhessen
Wilhelm-Leuschner-Straße 13
61169 Friedberg
Peter.Edelman@mnd.thm.de

Prof. Dr. Armin
Wagenknecht

Technische Hochschule
Mittelhessen
Wiesenstraße 14
35396 Gießent
Armin.Wagen-
knecht@mni.thm.de

M.Sc. Melvin Schmidt

Technische Hochschule
Mittelhessen
Wiesenstraße 14
35396 Gießen
melvin.schmidt92@gmail.com

ABSTRACT

In der Praxis werden wegen des hohen Aufwands meist nur solche Prozesse mittels BPMN automatisiert, die oft wiederverwendet werden können wie etwa ein Warenbestellprozess. Im Pflegebereich benötigt man jedoch für jeden Patienten einen individualisierten Prozess, der oft nur genau einmal für diesen Patienten durchlaufen wird und für den nächsten Durchlauf eventuell schon wieder an die veränderte Gesundheit des Patienten angepasst werden muss.

Die vorliegende Arbeit untersucht durch Entwicklung eines Prototyps die Hypothese, dass die Kapselung einer Camunda-Prozessengine durch eine React-Applikation einer Pflegekraft ermöglicht, den für die Pflege eines Patienten notwendigen Prozess mittels Drag&Drop als geschachtelte ToDo-Liste auf einem Tablet zu spezifizieren. In diesem Prototyp werden komplexe, in BPMN modellierte Subprozesse zur Ausführung einzelner Pflegeaufgaben abstrahiert und so gekapselt, dass ein Lego-ähnliches System aus grobgranularen und patientenspezifisch konfigurierbaren Pflegebausteinen entsteht. Damit werden unwesentliche Prozessdetails und somit Komplexität vor der Pflegekraft verborgen.

SCHLÜSSELWÖRTER

Prozessautomatisierung, Prozessindividualisierung, Pflegeprozesse, Medizintechnik, BPMN

EINLEITUNG

Im Mai 2021 wurde das „Digitale-Versorgung-und-Pflege-Modernisierungs-Gesetz“ vom Bundesrat gebilligt. Es unterstützt die Verwendung digitaler Pflegeanwendungen in der Regelversorgung [Bun21]. Nach einer Studie der Bertelsmann-Stiftung führen digitale Anwendungen in der Pflege zu einer Fehlerreduzierung und Zeiteinsparung im Pflegealltag [LTBHB21].

Die vorliegende Arbeit untersucht, ob eine Camunda Prozessengine so durch eine React Applikation gekapselt werden kann, dass eine Pflegekraft in der Lage ist, selbstständig und ohne Kenntnis von BPMN den für die Pflege eines Patienten notwendigen Prozess zu spezifizieren.

PROBLEME HERKÖMMLICHER

PROZESSAUTOMATISIERUNGEN IN DER

PFLEGE

In der Praxis werden aus Aufwands- und Kostengründen meist nur solche Prozesse automatisiert, die oft wiederverwendet werden können, wie etwa die Kreditabwicklung einer Bank oder ein Warenbestellprozess. Hier lohnt die Beauftragung eines Informatikers zur direkten Codierung oder Konfigurierung einer Prozessengine mittels

BPMN. Solche Prozesse sind ohne ein Hintergrundwissen zur Codierung oder zu BPMN meist nicht modifizierbar.

Im Pflegebereich benötigt man für jeden Patienten einen individualisierten Prozess, der oft nur genau einmal für diesen Patienten durchlaufen wird und für den nächsten Durchlauf ggf. schon wieder modifiziert werden muss, um ihn an die veränderte Gesundheit des Patienten oder eine veränderte Pflegesituation anzupassen. Design und Modifikation dieser patientenspezifischen Prozesse sollten daher von Personen ohne informationstechnischen Hintergrund, z.B. vom Pflegepersonal, durchgeführt werden können. Für einen Patienten müssen sowohl der Top-Level-Prozess in Form der grobgranularen Pflegeaufgaben (z.B. Diabetis-Kontrolle, Verband wechseln, Medikament verabreichen, ...) wie auch die zu den Pflegeaufgaben gehörenden Subprozesse (z.B. Zucker messen und schwellenwertabhängig Insulin spritzen im Rahmen der Diabetis-Kontrolle) passend konfiguriert werden.

STAND DER FORSCHUNG

Die nachfolgend vorgestellten Arbeiten beschreiben Systeme, die eine eingeschränkte Konfiguration von Patientenprozessen durch medizinisches Fachpersonal ermöglichen.

Behandlungspfade in der Medizin

Der Artikel [LGM09] beschreibt Vor- und Nachteile von Behandlungspfaden in der Medizin.

Behandlungspfade definieren einen Prozess, der den gesamten Behandlungsablauf abbildet: So wird z.B. für die Behandlung des akuten Schlaganfalls festgelegt, wie Patienten, die sich für eine Thrombolyse eignen, bereits vom Sanitäter oder dem Hausarzt angemeldet werden, welches Behandlungsteam involviert ist und wie eine standardisierte Bildgebung vor der Lysetherapie erfolgt. Es werden Kriterien festgelegt, wie lange ein Patient auf der Intensivstation oder der Stroke Unit überwacht werden muss, wie und durch wen die Weiterbetreuung auf der Abteilung erfolgt und wann der Patient in die Rehabilitation verlegt werden kann.

Durch dieses standardisierte Vorgehen können Qualitätskriterien wie die „door-to-needle“-Zeit oder die Hospitalisationsdauer gemessen werden. Diese Strukturierung komplexer Abklärungs- und Behandlungswege innerhalb eines Krankenhauses ermöglicht es, Prozesse zu optimieren, eine Kosten-, Ergebnis- und Leistungstransparenz zu ermöglichen und vorhandene Leistungs- und Kostensenkungspotentiale auszuschöpfen.

Behandlungspfade sind jedoch sehr komplexe Konstrukte, die einen hohen Aufwand zu ihrer Erstellung und Aufrechterhaltung benötigen. Behandlungspfade liegen daher meist nur in Papier-Form vor, nicht aber in digitaler oder sogar automatisierter Form.

iManageMyHealth and iSupportMyPatients

Der Artikel „iManageMyHealth and iSupportMyPatients“ [SSBa18] aus dem Jahr 2018 beschreibt ein spezielles System im Bereich der Krebsbehandlung. Das System besteht aus den Applikationen „iSupportMyPatients“ für die Ärzte sowie „iManageMyHealth“ für die Patienten. In Abbildung 1 ist die Prozessverwaltung der „iSupportMyPatients“-Applikation abgebildet.

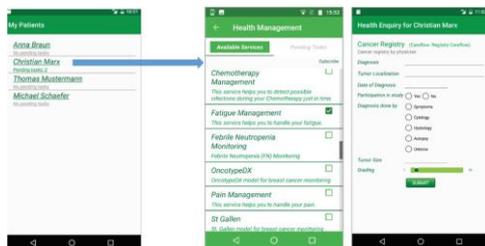


Abbildung 1: Benutzeroberfläche „iSupportMyPatients“ [SSBa18]

Krebsspezialisten können mittels eines vereinfachten Editors für jeden Patienten individuell einen patientenspezifischen Prozess zur Krebsbehandlung entwerfen. Der Editor ähnelt einem BPMN-Editor und ermöglicht den Aufbau des Prozesses aus elementaren BPMN-Elementen wie User-Tasks, Service-Tasks und Gateways. Ein Generator bildet dabei die für medizinisches Fachpersonal angepassten Prozess-Elemente des Editors unter Beibehaltung der Struktur auf BPMN 2.0 Elemente ab. Der resultierende BPMN Prozess wird von der Process-Engine Activiti [Alf21] ausgeführt. Patienten und Ärzte erhalten von der Prozessengine ihre Aufgaben zur Bearbeitung. Die Entscheidungen der Gateways basieren

auf Decision Rules oder Predictive Models für Krebsbehandlungen. Prozesse können für Patienten selektiert und aktiviert werden.

A Process-oriented Approach for Supporting Clinical Decisions for Infection Management

Der Artikel „A Process-oriented Approach for Supporting Clinical Decisions for Infection Management“ [BFB+17] beschreibt ein System, das die Erstellung von Prozessen für die Infektionsverwaltung basierend auf klinischen Richtlinien ermöglicht. Dabei werden die Prozesse zum Infektionsmanagement von Domänenexperten in einem BPMN-Editor erstellt. Das System zeigt den Status der einzelnen Aufgaben und sendet Erinnerungen. Zudem werden die medizinischen Tasks als farbliche Blöcke in einer Zeitleiste visualisiert. Die Blöcke repräsentieren die Zeitabschnitte der Tasks aus dem BPMN-Prozess und ermöglichen eine Überwachung des Fortschritts.

Die Prozesse werden nicht von einer gängigen Processengine ausgeführt, sondern von einer eigens entwickelten Lösung, welche Daten aus verschiedenen Krankenhausinformationssystemen bezieht.

In Abbildung 2 ist die grafische Oberfläche der Anwendung dargestellt.

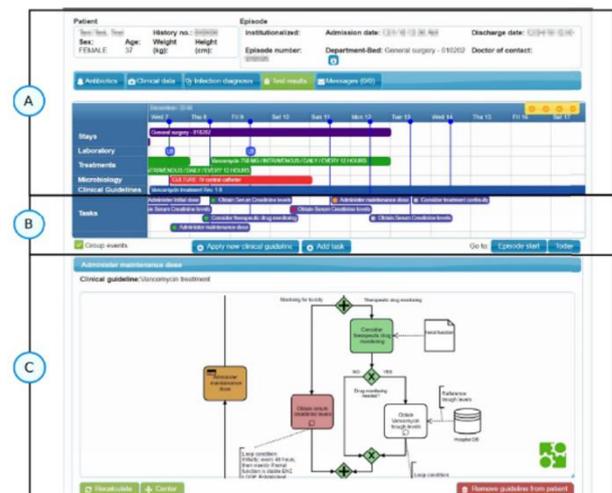


Abbildung 2: Screenshot der Anwendung

Oben: Übersicht Patientenprozess mit Aufgaben in einem Zeitstrahl;

Unten: Lokalisierung der Aufgabe innerhalb des BPMN-Prozess[BFB+17]

APP FÜR DURCH PFLEGEKRÄFTE

KONFIGURIERBARE

PATIENTENSPEZIFISCHE PFLEGEPROZESS

Der vorliegende Ansatz löst die oben genannten Probleme von individualisierten Prozessen, indem er Subprozesse zur Ausführung einzelner Pflegeaufgaben so kapselt, dass ein Lego-ähnliches System aus grobgranularen Pflegebausteinen entsteht (siehe Abbildung 3).

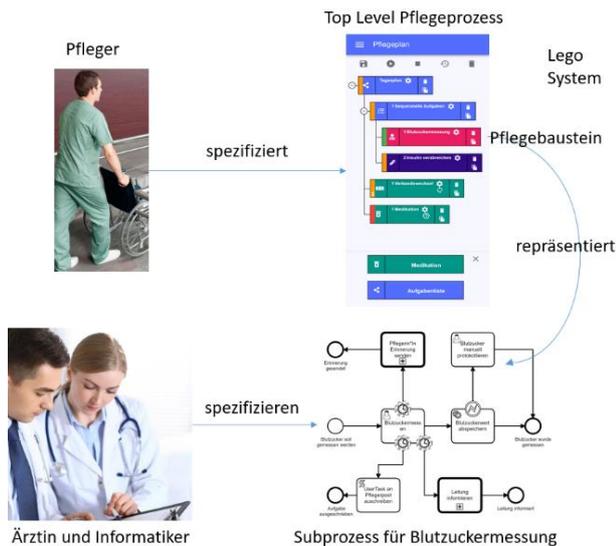


Abbildung 3: Visualisierung des Lego-ähnlichen Konzeptes

Quelle: Eigene Darstellung

Die Pflegebausteine repräsentieren komplette, in BPMN modellierte, wiederverwendbare und patientenspezifisch konfigurierbare Subprozesse. Durch die Kapselung als Pflegebausteine werden diese Subprozesse abstrahiert und damit unwesentliche Prozessdetails und somit Komplexität vor der Pflegekraft verborgen (Information Hiding).

Im Gegensatz zu den im Kapitel Stand der Forschung vorgestellten Ansätzen werden die patientenspezifischen Pflegeprozesse im vorliegenden Ansatz nicht mit einem BPMN-ähnlichen Editor aus elementaren Low-Level-Elementen wie Human Tasks, Service Tasks und Gateways als Aktivitätsfluss modelliert, sondern aus grobgranularen Pflegebausteinen als Repräsentanten für komplexe, abstrahierte Subprozesse baumartig strukturiert.

Beispielsweise kann eine Pflegekraft für einen Patienten einen Pflegebaustein „Blutzuckermessung“ direkt vor dem Pflegebaustein „Frühstück“, im Rahmen des Top-Level-Pflegeprozesses für einen Tag konfigurieren. Sie orientiert sich dabei ggf. an einem Behandlungspfad „ZuckerErkrankung“. Die einzelnen Pflegeaufgaben der von Ärzten definierten und in der Regel nicht durch eine Prozessengine automatisierten Behandlungspfade bilden damit die Basis für die Zusammenstellung des täglichen oder wöchentlichen durch eine Prozessengine automatisierten Pflegeprozesses für einen spezifischen Patienten.

Die Baumstruktur der Pflegebausteine ermöglicht einer Pflegekraft, den für die Pflege eines Patienten benötigten Top-Level-Prozess mittels Drag&Drop als geschachtelte ToDo-Listen zu spezifizieren.

Die Applikation ist zur besseren Integration in den Pflegealltag ergonomisch für Smartphones und Tablets gestaltet und unterstützt die Arbeit der Pflegekräfte durch Protokollierung und Erinnerungen.

Eine Evaluation hinsichtlich Praxistauglichkeit und Zuverlässigkeit erfolgte durch examinierte Pflegekräfte.

Anwendbar ist der vorliegende Ansatz in solchen Domänen, die wie im Pflegebereich Top-Level-Prozesse mit einem hohen Individualanteil und wiederverwendbare Subprozesse enthalten, wie etwa kundenspezifische Betreuungs- oder Entwicklungsprozesse.

Die im Rahmen des Prototyps modellierten Pflegeprozesse haben nicht den Anspruch inhaltlich vollständig und medizinisch korrekt zu sein. Sie dienen lediglich als Anschauungsbeispiele.

Basierend aus der Relevanz im Pflegealltag, werden die Pflegeaufgaben „Blutzuckermessung“, „Insulin verabreichen“, „Medikation“ und „Verbandswechsel“ als Beispiele ausgewählt.

EIGENSCHAFTEN DES PROTOTYPS

Im Folgenden werden nur die für den vorliegenden Ansatz wesentlichen Eigenschaften anhand von Screenshots erläutert.

Funktionale Eigenschaften

Pflegeprozess erstellen/bearbeiten/starten

Die Pflegekraft kann einen individuellen baumartig strukturierten Top-Level-Pflegeprozess für einen Patienten erstellen und dazu Pflegebausteine in den Pflegeprozess per Drag&Drop einfügen sowie kopieren und löschen (siehe Abbildung Abbildung 4a (G) sowie 4b (H)).

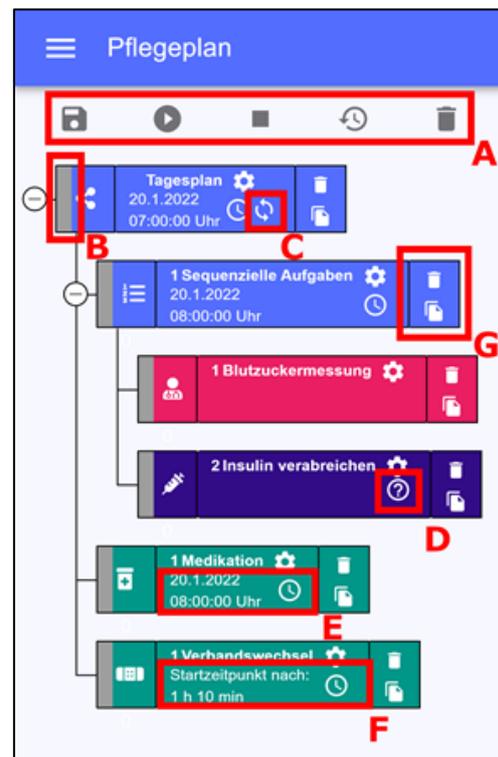


Abbildung 4a: Oberfläche des Prozesskonfigurators

Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 4b: Konfigurationsdialog für den Blutzuckermanagement-Baustein

Quelle: Eigene Darstellung

Die Pflegekraft kann z.B. im Konfigurationsdialog des Pflegebausteins "Blutzuckermanagement" den Startzeitpunkt, den Schwellwert für eine Verabreichung von Insulin oder eventuelle Wiederholungen spezifizieren (siehe Abbildung 4b).

Nach dem Start des erstellten Pflegeprozess durch die Pflegekraft (siehe Abbildung 4a (A)) startet die Applikation den zugehörigen Top-Level-BPMN-Camunda-Prozess und ggf. die durch die Pflegebausteine spezifizierten BPMN-Camunda-Subprozesse.

Ausführen einer Human-Task

Die Pflegekraft wird von der Prozessengine Camunda mittels TaskList zur Ausführung einer innerhalb eines Subprozesses spezifizierten elementaren Human-Task, z.B. zur Verabreichung eines Medikamentes, aufgefordert und die Verabreichung wird nach der Quittierung der Human Task protokolliert (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Human-Task "Medikament verabreichen"

Quelle: Eigene Darstellung

Prozesshistorie und Pflegeprotokoll einsehen

Die Pflegekraft kann sich sowohl über die Historie und den Zustand des Prozesses informieren (z.B. grün=erledigt, gelb=laufend, rot=fehlerhaft, siehe Abbildung 6), als auch über Daten und Fehlermeldungen, die während der Ausführung von Pflegebausteinen entstanden sind (siehe Abbildung 7).

Der erfolgreiche Abschluss eines Pflegebausteins, die Anzahl der Wiederholungen und aufgetretene Fehler werden angezeigt.

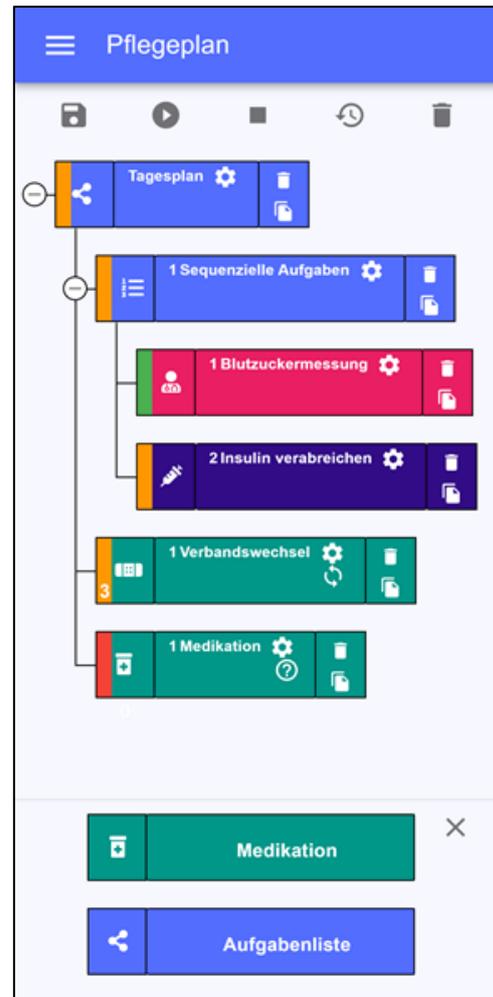


Abbildung 6: Darstellung des Prozesszustands

Quelle: Eigene Darstellung

Qualitative Eigenschaften

Durch die Reduktion der Sicht von dem Subprozess auf den kapselnden Pflegebaustein mit zugehörigem Konfigurationsdialog wird die Komplexität des Subprozesses vor der Pflegekraft verborgen.

Die Zusammenstellung von ToDo-Listen mittels Drag&Drop ermöglicht eine für Pflegekräfte intuitive und einfache Bedienbarkeit.

Durch das Lego-ähnliche Bausteinprinzip werden Wartbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Erweiterbarkeit des Systems gewährleistet.

Pflegeprotokoll	
BLUTZUCKER	VERBAND
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 🔍 📄 🖨️ ☰ ☰ </div>	
Patient*in	Erika Mustermann
Pfleger*in	demo
Blutzucker	130
Blutzucker wurde gemessen?	ja
Notiz	Patient nicht nüchtern
Datum	20.1.2022, 11:56:08
Patient*in	Erika Mustermann
Pfleger*in	

Abbildung 7: Protokoll Blutzuckermessung

Quelle: Eigene Darstellung

VERWENDETE FRAMEWORKS UND TECHNOLOGIEN

Als grafische Notation für die Modellierung und Automatisierung der Prozesse dient der ISO-zertifizierte und dementsprechend weltweit genormte Prozessmodellierungsstandard BPMN 2.0.

Das Lesen und Schreiben von BPMN-2.0-Diagrammdateien erfolgte mittels BPMN Moddle, ein Camunda Open-Source Framework für Javascript [Git22a].

Für die Erstellung und Ausführung von BPMN-2.0-Prozessen wurde Camunda BPM, ein quelloffenes und auf Java basierendes Framework verwendet [Cam19].

Die auf React basierende grafische Oberfläche nutzt Capacitor [Cap22b], eine Laufzeitumgebung, welche die Entwicklung von hybriden Applikationen erlaubt, die nativ auf iOS-, Android- und im Browser laufen [Ion22].

Der Prototyp soll lediglich die Machbarkeit des Konzeptes zeigen. Die verwendeten Technologien wurden daher nicht im Hinblick auf eine Optimierung für den Pflege-

bereich ausgewählt. Jedoch unterstützt React als Framework für die grafische Oberfläche unterschiedlichste von Pflegekräften verwendete Smartphone-Betriebssysteme. Die leichtgewichtige Prozessengine Camunda ist als Bibliothek einem Microservice Container hinzufügbare und über „external worker“ und Polling asynchron an beliebige Technologien für Pflegemanagement-Systeme anbindbar.

ARCHITEKTURKONZEPTE

Grobgranulare Pflegebausteine

Grobgranulare Pflegebausteine repräsentieren und abstrahieren komplexe, wiederverwendbare, in BPMN modellierte Subprozesse für die Durchführung einer Pflegeaufgabe. Diese Subprozesse beschreiben die im Rahmen einer Pflegeaufgabe auszuführenden Aktionen der beteiligten Personen oder Softwaresysteme.

Für die Aufgabe „Blutzuckermanagement“ beinhaltet dies etwa die Messung des Blutzuckers, die Protokollierung des gemessenen Wertes in einer Datenbank, die Prüfung des Schwellwertes für eine Verabreichung von Insulin, die Verabreichung von Insulin, sowie Sonderfälle wie das Eskalationsmanagement durch eine Push-Nachricht an die Pflegeleitung, die Absicherung der zu verabreichenden Insulindosis durch das 2-Augen-Prinzip, eine Wiederholung der Blutzuckermessung oder eine Fehlerbehandlung.

Durch die Kapselung als grobgranulare Pflegebausteine werden diese Subprozesse abstrahiert und damit unwesentliche Prozessdetails und somit Komplexität vor der Pflegekraft verborgen (Information Hiding), so z.B. die komplexen Prozessstrukturen, die sich durch ein gestuftes Eskalationsmanagement ergeben.

Die Bausteine sind patientenspezifisch konfigurierbar. Sie werden durch typisierte JavaScript-Objekte repräsentiert und die zugehörigen Konfigurationsdaten für den repräsentierten Subprozess durch typisierte Attribute.

Lego-System aus Pflegebausteinen

Die Pflegebausteine können über Arrays zu einem Baum verlinkt werden. Der Baum repräsentiert aus der Sicht der Pflegekraft geschachtelte ToDo-Listen.

Die Pflegebausteine können durch eine Kapselung mit Loop-Bausteinen explizit wiederholt, mit If-Bausteinen bedingt ausgeführt und mit And-Bausteinen gruppiert werden. Die Gruppierung ermöglicht eine sequentielle oder parallele Ausführung. Prozessvariablen ermöglichen einen Informationstransport zwischen den Bausteinen.

Neue Bausteine erfordern im Wesentlichen die BPMN-Modellierung der elementaren Aktionen zur Durchführung der Pflegeaufgabe als Subprozess, die Codierung der den Subprozess repräsentierenden JavaScript-Klasse und der zugehörigen Datenbanktabellen zur Persistierung.

KOMPONENTENSTRUKTUR DES PROTOTYPS

Ein Übersichtsdiagramm der Systemkomponenten ist in Abbildung 8 zu sehen.

Die Komponenten CareProcessManagement und BPMNProcessAndTaskManagement sind für das Verständnis des vorliegenden Ansatzes wesentlich und werden daher näher erläutert. Die übrigen Komponenten des Systems dienen der Verwaltung von Patienten, Nutzern, Zugriffsrechten und dem Reporting geloggtter medizinischer Messwerte.



Abbildung 8: Übersicht der System Komponenten

Quelle: Eigene Darstellung

Komponente CareProcessManagement

Diese Komponente (siehe Abbildung 9) ist verantwortlich für die Erstellung, Verwaltung und Überwachung der von einer Pflegekraft spezifizierten patientenspezifischen Pflegeprozesse.

So ermöglicht die CareProcessManagementGUI etwa die Erstellung und Konfiguration eines Pflegeprozesses als Baum CareProcessTree aus Pflegebausteinen CareProcessElement. Der Service CareProcessManagementService verwaltet und persistiert diesen Pflegeprozess mittels des CareProcessManagementDAOService, transformiert ihn mittels des BPMNCreatorService in einen BPMNProcess und deployed die zugehörige BPMN-XML-Datei an die Komponente BPMNProcessAndTaskManagement. Darüber hinaus erfragt der Service CareProcessManagementService nach dem Start des Pflegeprozesses den Status des zugehörigen BPMN-Prozesses bei der Komponente BPMNProcessAndTaskManagement für ein Update der Statusanzeige in der CareProcessManagementGUI.

Der CareProcessTree der Komponente CareProcessManagement repräsentiert den zugehörigen Top-Level-BPMNProcess der Komponente BPMNProcessAndTaskManagement für die patientenspezifische Pflege und das CareProcessElement den zugehörigen BPMNSubProcess für eine einzelne Pflegeaufgabe.

Komponente BPMNProcessAndTaskManagement

Die Komponente wird im Wesentlichen durch das Framework Camunda realisiert (graue Komponenten, siehe Abbildung 10). Ausführbare BPMN-Prozesse und Tasks (hellblaue Komponenten) sind patientenspezifisch angepasst. Der ausführbare Top-Level BPMNProcess wird von der Komponente CareProcessManagement nach der Transformation des von der Pflegekraft als Baum spezifizierten Pflegeprozesses in eine BPMN-XML-Datei an die Komponente BPMNProcessAndTa-

skManagement übergeben und mittels ProcessManagementService verwaltet sowie mittels BPMNProcessAndDAOService persistiert.

Der ausführbare BPMNSubProcess zur Realisierung einer Pflegeaufgabe wird z.B. von einer Ärztin mittels ProcessModelerGUI passend zu dem medizinischen Pflegebaustein modelliert und vom BPMNProcessManagementService verwaltet. Er wird mittels von der Pflegekraft spezifizierten Prozessvariablen des Top-Level BPMNProcess patientenspezifisch konfiguriert.

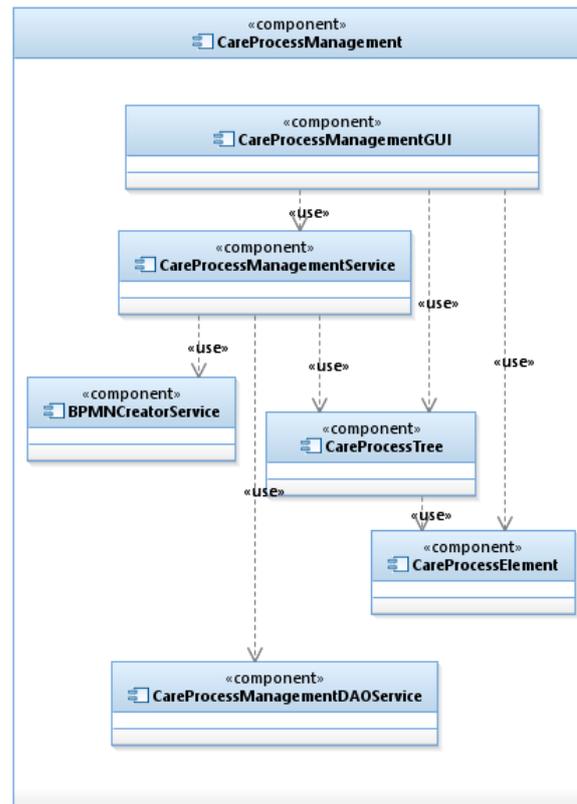


Abbildung 9: Übersicht der Komponente CareProcessManagement

Quelle: Eigene Darstellung

Die Prozessengine wird von der CareProcessManagement Komponente mit dem Start des Top-Level-BPMN-Prozesses beauftragt. Sie übernimmt die Ausführung des Top-Level-Prozesses durch Aufrufen der Subprozesse sowie Instantiieren von HumanTasks und ExternalTasks. Zur Bearbeitung anstehende HumanTasks werden von der TaskListGUI mittels HTML-Formulare angezeigt und von der Pflegekraft ausgeführt. Z.B. misst die Pflegekraft den Blutzucker und trägt diesen in das Formular ein. Anstehende ExternalTasks werden in der ExternalTaskList verwaltet und vom external Worker gepollt. Z.B. erfragt ein external Worker der Komponente ReportingManagement einen Log-Eintrag für den Blutzucker und persistiert ihn. Andere external Worker versenden z.B. im Rahmen des Eskalationsmanagements per E-Mail Erinnerungen an Pflegekräfte oder deren Vorgesetzte.

Komponente BPMNCreatorService

Die Komponente BPMNCreatorService (siehe Abbildung 9) transformiert den von der Pflegekraft als Baum CareProcessTree spezifizierten Pflegeprozess in eine von der Prozessengine ausführbare BPMN-XML-Datei. Dazu verwendet sie BPMN Moddle, ein Camunda Open-Source Framework für Java-Script zum Lesen und Schreiben von BPMN2.0-Diagrammdateien [Git22a]. Der Baum aus CareProcessElement JavaScript-Objekten wird innerhalb des BPMNCreatorServices mittels Visitor-Pattern traversiert. Dabei wird für einen Pflegebaustein wie etwa ein BloodSugarElement ein Objekt der Camunda Bibliothek BPMN-Moddle erzeugt, welches eine BPMN CallActivity repräsentiert. Diese CallActivity ruft per Link im Rahmen ihrer Ausführung in Camunda z.B. den zuvor von der Ärztin modellierten BPMN Subprozess für die Pflegeaufgabe Blutzucker

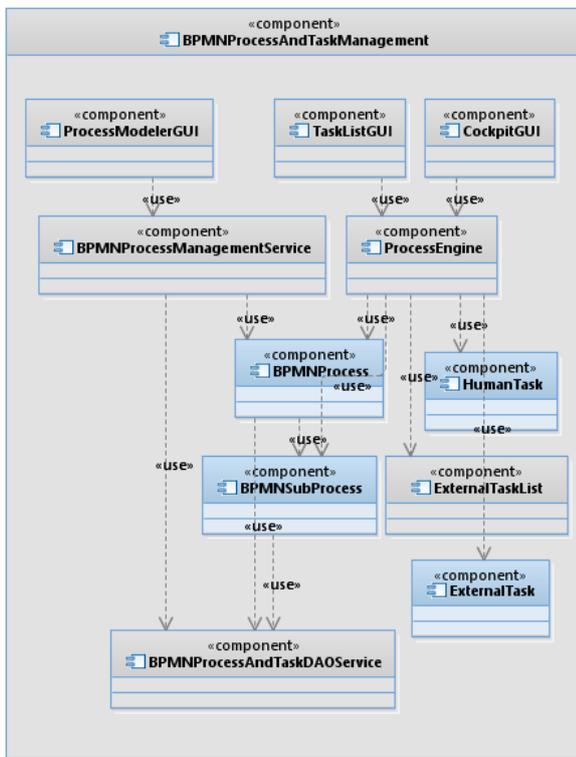


Abbildung 10: Übersicht der Komponente BPMNProcessAndTaskManagement

Quelle: Eigene Darstellung

Messung auf (Zuordnung über ID des SubProzesses). Der CallActivity werden Prozessvariablen zur patientenspezifischen Konfigurierung des BPMN Subprozesses übergeben, die zuvor von der Pflegekraft mittels Konfigurationsdialog spezifiziert wurden. Mittels BPMN-Moddle wird schließlich aus den miteinander verbundenen Moddle Objekten eine BPMN-XML-Datei für den patientenspezifischen Top-Level Pflegeprozess erzeugt.

EXEMPLARISCHE BAUSTEINE

Struktur-Bausteine

Generischer Timer-If-Loop-Baustein zur Kapselung funktionaler Bausteine mit Strukturelementen

Timer, Wiederholungs- und Wenn-Bausteine basieren auf dem in Abbildung 11 dargestellten BPMN-Diagramm. Der Prozessfluss des Subprozesses wird im ersten Schritt durch ein Timer-Event (T) blockiert. Die Konfiguration erlaubt ein absolutes Datum oder einen relativen Zeitabstand zum vorhergehenden Baustein. Das OR-Gateway (IF1) überprüft zunächst, ob die Prozessvariablen aus der Wenn-Bedingung bereits im Prozess vorhanden sind. Falls nicht, wird eine External-Task aufgerufen, die eine Fehlermeldung an den ReportingService weitergibt. Anschließend wird im OR-Gateway (IF2) geprüft, ob die konfigurierte Wenn-Bedingung (z.B. BloodSugar > 120) erfüllt ist. Ist sie erfüllt, läuft der Prozessfluss weiter in den Kind-Baustein (z.B. Insulin verabreichen), ansonsten wird der Prozessfluss beendet (IF2).

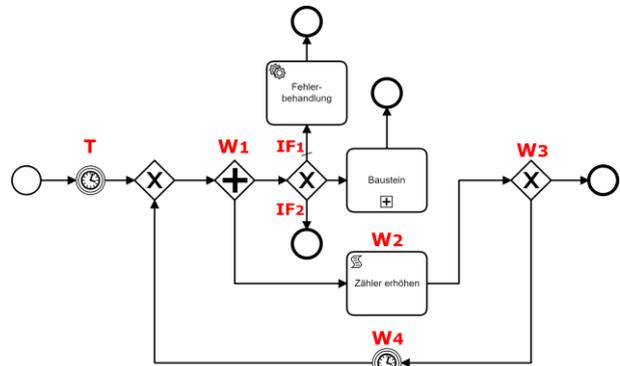


Abbildung 11: BPMN-Diagramm des „Timer-If-Loop“-Subprozess

Quelle: Eigene Darstellung

Der Prozessfluss wird nach dem Timer-Event mit einem AND-Gateway (W1) geteilt. Der so entstehende zweite Prozessfluss dient zur Realisierung einer Wiederholung des ummantelten Pflegebausteins ohne Blockade durch einen vorangegangenen ggf. hängenden Durchlauf. In diesem zweiten Prozessfluss wird durch eine Skript-Task (W2) ein Zähler erhöht. Im OR-Gateway (W3) wird geprüft, ob der Zähler den Wert in der Konfigurationsvariablen LOOP COUNT überschreitet oder ob das Datum END DATETIME erreicht ist und ggf. die Schleife beendet. Das TIMER-Gateway (W4) repräsentiert die Zeitspanne LOOP DURATION für die Wartezeit bis zu einem erneuten Durchlauf der Schleife.

Um die vielfältigen Konfigurationsmöglichkeiten in allen Pflegebausteinen verwenden zu können, wird jeder Baustein (außer Timer, Wenn und Wiederholung) mit diesem Timer-If-Loop Baustein ummantelt. Somit kann beispielsweise auch am Pflegebaustein Blutzuckermessung direkt eine Wiederholung definiert werden ohne explizite Anordnung unter einem isolierten Wiederholungsbaustein.

Der Aufbau des Timer-If-Loop Bausteins ermöglicht auch, strukturelle Prozesskonfigurationen in einzelne Bausteine zu kapseln. Beispielweise ist im isolierten Wenn-Baustein If der Ausdruck „true“ für das OR-Gateway (W3) hinterlegt, da dieser Baustein nicht wiederholt werden soll. Im Falle des isolierten Wiederholungsbausteins Loop ist im OR-Gateway (IF) der Wert „true“ gesetzt für eine nicht bedingte Ausführung des Kind-Bausteins. Der separate Timer-Baustein Timer bestimmt lediglich den Zeitpunkt (absolut oder relativ zum vorigen Baustein) der Ausführung.

Zur Konfiguration werden der Pflegekraft alle Bausteinparameter aus dem bis dahin modellierten Pflegeprozess in einem Drop-Down-Feld angezeigt. So kann etwa ein Schwellwert für den zuvor modellierten Blutzuckermessungs-Pflegebaustein als Bedingung für die Verabreichung von Insulin formuliert werden. Mehrere Bedingungen werden mit einem logischen UND-Operator verknüpft.

Der Timer-If-Loop Baustein enthält kein Eskalationsmanagement, da die Eskalationsstrategie von der semantischen Bedeutung des ummantelten Pflegebausteins abhängt. Beispielsweise kann die verspätete Ausführung des Bausteins „Insulin verabreichen“ lebensbedrohliche Folgen haben im Gegensatz zu einer „Zahnpflege“.

Parallele-Liste Baustein

Die Pflegebausteine innerhalb dieser Liste werden unabhängig voneinander parallel ausgeführt.

Sequenzielle-Liste Baustein

Pflegebausteine innerhalb dieser Liste werden hintereinander ausgeführt. Jeder Baustein innerhalb der Liste erhält eine Nummerierung basierend auf der Reihenfolge.

Domänenspezifische Bausteine für die Pflege

Blutzuckermessung-Baustein

Der Pflegebaustein basiert auf dem in Abbildung 12 dargestellten BPMN-Diagramm.

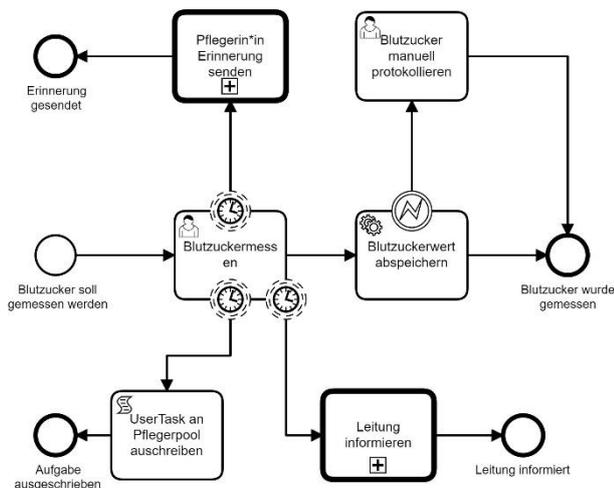


Abbildung 12: BPMN-Diagramm Blutzuckermessung

Quelle: Eigene Darstellung

Im Normalfall trägt die Pflegekraft den gemessenen Blutzuckerwert rechtzeitig im Rahmen der Human-Task „Blutzuckermessen“ in ein Webformular ein. Der Wert wird in die Prozessvariable bloodSugar gemappt. Der erfasste Blutzuckerwert wird über eine External-Task „Blutzuckerwert abspeichern“ durch den ReportingService in die Datenbank persistiert. Tritt im Rahmen der Persistierung eine Exception auf, wird die Pflegekraft mittels Human-Task „Blutzucker manuell protokollieren“ aufgefordert, die zuvor gemessenen Daten manuell zu notieren. Bei nicht rechtzeitiger Ausführung der Blutzuckermessung benachrichtigt das Timer-Boundary-Event in konfigurierten Zeitabständen die Pflegekraft über eine unerledigte Aufgabe in der Taskliste (CallActivity: „Pflegekraft Erinnerung senden“). Nach einer weiteren Zeitspanne wird die Aufgabe mittels Script-Task „UserTask an Pflegerpool ausschreiben“ zusätzlich an einen Pfleger-Pool vergeben. Mitglieder dieses Pools können diese Aufgabe nun ebenfalls sehen und erledigen. Wird die Aufgabe auch dann nicht erledigt, wird die Leitung per E-Mail (CallActivity: „Leitung informieren“) über die unerledigte Aufgabe informiert.

Insulin-verabreichen-Baustein

Die Pflegekraft kann im Rahmen dieses den Pflegebaustein Blutzuckermessung ergänzenden Bausteins die verabreichte Dosierung Insulin eintragen.

Medikament-verabreichen-Baustein

Mithilfe des Bausteins wird die Verabreichung von Medikamenten im Vier-Augen-Prinzip ermöglicht. Die erste Pflegekraft kann den Namen des Medikaments und die vorgesehene Dosierung angeben. Die zweite Pflegekraft überprüft und bestätigt die Angaben. Die erste Pflegekraft protokolliert die verabreichte Dosierung.

Kombinationsbaustein

BlutzuckerManagement-Baustein

Der Baustein „Blutzuckermanagement“ beinhaltet die Messung des Blutzuckers sowie die Verabreichung von Insulin in Abhängigkeit von einem Schwellwert. Die Abbildung 13 zeigt das BPMN-Diagramm des Subprozesses.

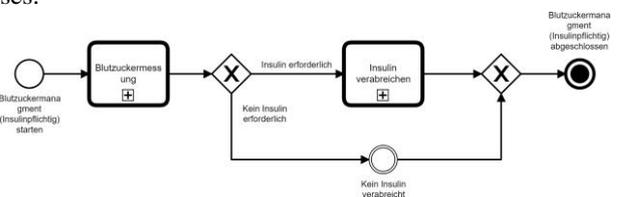


Abbildung 13: BPMN-Diagramm Blutzuckermanagement

Quelle: Eigene Darstellung

Nachdem der Blutzuckermessung-Subprozess beendet wurde, wird in einem OR-Gateway der Ausdruck „bloodSugar > bloodSugarThreshold“ ausgewertet. Die Variable bloodSugarThreshold wird über den Konfigurationsdialog an die CallActivity übergeben.

Der Kombinationsbaustein verbirgt die Struktur der Bedingung und die Abhängigkeit der Pflegebausteine „Blutzuckermessung“ und „Insulin verabreichen“ über die Prozessvariable bloodSugar vor der Pflegekraft. Die Konfiguration wird auf das Setzen des Schwellwertes reduziert.

BAUSTEINÜBERGREIFENDER INFORMATIONSTRANSPORT

Der Camunda Scope regelt, welche Variablen für welchen Prozess sichtbar sind. Sobald der Prozessfluss in einen Subprozess eintritt, wird ein neuer Subprozess-Scope erzeugt. Alle Aktivitäten innerhalb des Subprozess-Scopes (z.B. Human Task) können die zugehörigen Variablen sehen, jedoch nicht die Variablen, die außerhalb des Subprozess-Scopes liegen. Für einen Subprozess kann über ein Prozessvariablen-Mapping definiert werden, welche Prozessvariablen bei Aufruf an den Subprozess weitergegeben werden und bei Abschluss des Subprozesses an den aufrufenden Prozess zurück propagiert werden.

Abbildung 14 zeigt geschachtelte Scopes am Beispiel „Blutzuckermessung“ und „Insulin verabreichen“. Aus Darstellungsgründen sind die „Timer-If-Loop“-Ummantelungen (B'),(I'),(M') der Pflegebausteine nicht vollständig mit ihren Elementen abgebildet.

Innerhalb der Human Task in (B) gibt die Pflegekraft den Wert der Blutzuckermessung (bspw. 130) ein. Somit wird die Prozessvariable bloodSugar=130 innerhalb von Scope (B) gesetzt. Wird nun der Subprozess B beendet, wird der bloodSugar-Wert zunächst in den Scope (B') propagiert und nach Beendigung von (B') in den Scope (S). Nun läuft der Prozessfluss weiter in die „Insulin verabreichen“-Ummantelung (I'). Durch das Input Mapping ist nun die Prozessvariable bloodSugar im Scope (I') enthalten. Der „Timer-If-Loop“-Mantel kann nun den logischen Ausdruck (bloodSugar > 120) in (I') auswerten.

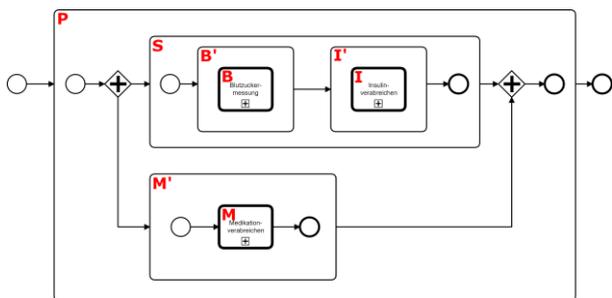


Abbildung 14: Weitergabe Prozessvariablen an Subprozess

Quelle: Eigene Darstellung

TEST UND EVALUATION

Die Korrektheit und Zuverlässigkeit der Anwendung wurde am Beispiel von unterschiedlich konfigurierten Pflegeprozessen geprüft. Die Testfälle umfassten neben der zeitgerechten Durchführung von spezifizierten Pflegeaufgaben auch die Prüfung der vorgesehenen Eskalati-

onsstufen (Erinnerung, Zuweisung an Pflegepool, Nachricht an Pflegeleitung) bei nicht zeitgerechter Durchführung sowie eine Fehlkonfiguration bedingt durch die Vertauschung voneinander abhängiger Pflegebausteine. Die Evaluation der App hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und Nutzungsfreundlichkeit im Pflegeumfeld erfolgte am Beispiel eines kleinen exemplarischen Pflegeprozesses basierend auf den Bausteinen des Prototyps durch examinierte Pflegekräfte.

FAZIT UND AUSBLICK

Der vorliegende Ansatz ermöglicht die Konfiguration von patientenspezifischen Pflegeprozessen durch Pflegekräfte ohne informationstechnischen Hintergrund, indem er Camunda-BPMN-Subprozesse für einzelne Pflegeaufgaben so durch eine React-Applikation kapselt, dass ein Lego-ähnliches System aus konfigurierbaren Pflegebausteinen entsteht. Diese Pflegebausteine repräsentieren und abstrahieren komplexe, in BPMN modellierte, wiederverwendbare Subprozesse für die Durchführung einer Pflegeaufgabe.

Im Gegensatz zu den im Kapitel Stand der Forschung vorgestellten Ansätzen werden die Pflegeprozesse nicht als Aktivitätsflüsse mit einem BPMN-Editor aus elementaren Low-Level-Elementen modelliert, sondern aus grobgranularen Pflegebausteinen baumartig strukturiert. Die durchgeführte Evaluation lässt erwarten, dass Pflegekräfte ohne Kenntnisse von BPMN bereits nach kurzer Einlernphase komplexe Pflegeprozesse als geschachtelte ToDo-Listen mittels Drag&Drop auf einem Tablet erstellen können.

Für das betrachtete Verfahren ergeben sich Verbesserungsmöglichkeiten bezogen auf die nachfolgenden Aspekte.

Für eine belastbare Evaluation in einer typischen Pflegeeinrichtung sollten die Pflegebausteine des Prototyps um weitere üblicherweise benötigte Bausteine ergänzt werden.

Hinzugefügt werden sollte auch ein Rechtssystem mit Rollen, um den im medizinischen Bereich benötigten Zugriffs- und Datenschutz zu gewährleisten. Mit einem solchen System könnte auch der Freiheitsgrad beim Design der Pflegeprozesse an die Fähigkeiten des Wissensarbeiters angepasst werden. Z.B. könnte das Recht, den Schwellwert für die Insulinverabreichung zu spezifizieren oder mittels isolierter Loop- und If-Bausteine beliebig komplex strukturierte Pflegeprozesse zu erstellen, auf die Pflegeleitung beschränkt werden.

Im oft hektischen Alltag der Pflegekräfte wäre eine Integration der Camunda-Taskliste in die App hilfreich, ebenso wie eine Erinnerung an ausstehende Tasks über Push-Nachrichten basierend auf einem Dienst wie Firebase Cloud.

Hilfreich wäre auch die Möglichkeit, zur Laufzeit Änderungen am Prozess vornehmen zu können.

Camunda erlaubt im Prinzip, Prozesse dynamisch zu ändern. Eine Übertragung des Konzeptes auf die App steht noch aus.

Interessant wäre eine Untersuchung, wie sehr durch generische Komponenten, kombiniert mit einem Plugin-Konzept, der Aufwand zur Ergänzung von Pflegebausteinen bzw. zum Umstieg auf eine andere Domäne reduziert werden kann.

Ebenfalls von Interesse wäre eine Untersuchung, inwieweit die Einbringung z.B. eines vollständig automatisierten Behandlungspfades „ZuckerErkrankung“ sinnvoll und möglich ist. Ggf. müssten zu diesem Zweck Behandlungspfade im Hinblick auf eine patientenspezifische Anpassung in elementare durch Drag&Drop zusammenstellbare Pflegebausteine zerlegt und mit Pflegebausteinen anderer Behandlungspfade synchronisiert werden (z.B. Zuckermessung eine halbe Stunde vor dem Frühstück).

In einem weiteren Prototyp könnte man prüfen, ob höhere Petrinetze ggf. besser für die angedachte Modellierung und Automatisierung der Pflegeprozesse geeignet sind.

Eine Evaluation des Konzeptes durch Anwendung auf andere Domänen, die wie im Pflegebereich Top-Level-Prozesse mit einem hohen Individualanteil und wiederverwendbare Subprozesse enthalten, wie etwa kundenspezifische Betreuungs- oder Entwicklungsprozesse, steht noch aus.

LITERATURVERZEICHNIS

[Alf21] ALFRESCO SOFTWARE, Inc: Open Source Business Automation — Activiti. <https://www.activiti.org/>. Version: 21.07.2021

[BFB+17] B. CA´NOVASS-SEGURA , B.; ZERBATO, F.; OLIBONI, B.; COMBI, C.; CAMPOS M.; MORALES, A.; JUAREZ, J. M.; MARIN R.; PALACIOS, F.: A Process-Oriented Approach for Supporting Clinical Decisions for Infection Management. Version: 2017. <http://dx.doi.org/10.1109/ICHL.2017.73>. In: IEEE (Hrsg.): IEEE International Conference 2017. 2017. S. 91–100

[Bun21] BUNDESREGIERUNG: Mehr Digitalisierung in der Pflege. <https://www.bundesregierung.de/bregde/suche/digitalisierung-pflege-1841204>. Version: 27.04.2021

[Cam19]CAMUNDA: User Guide — camunda BPM docs. <https://docs.camunda.org/manual/7.3/guides/user-guide/>. Version: 28.05.2019

[Cap22b] CAPACITOR: CROSS-PLATFORM NATIVE RUNTIME for WEB APPS: Cordova and PhoneGap - Capacitor. <https://capacitorjs.com/docs/cordova>. Version: 04.02.2022

[Git22a] GITHUB: bpmn-io/bpmn-moddle: Read and write BPMN 2.0 XML from JavaScript. <https://github.com/bpmn-io/bpmn-moddle>. Version: 04.02.2022

[Ion22] IONIC: Capacitor Web View for iOS and Android Apps - Ionic Framework. <https://ionicframework.com/docs/core-concepts/webview>. Version: 04.02.2022

[LGM09] LAIFER, G.; GAUDENZ, R.; MEIER, C. M.: Behandlungspfade in der Medizin; Klinik für Innere Medizin, StadtspitalTriemli, Zürich, 2009

[LTBHB21] LUTZE, M.; TRAUZETTEL, F.; BUSCHHEIZMANN, A.; OVENSCHULTE, M.: Potenziale einer Pflege 4.0. (2021), S. 92 https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Pflege_4.0_final.pdf

[SSBa18] SCHERA, F.; SCHÄFER, M.; BUCUR, A.; et. al.: iManageMyHealth and iSupportMyPatients: Mobile decision support and health management apps for cancer patients and their doctors. In: Ecancermedalscience. Online journal 12 (2018), S. Art. 848, 11

KONTAKT

Prof. Dr. Peter Edelmann
Technische Hochschule Mittelhessen
Wilhelm-Leuschner-Straße 13
61169 Friedberg
Peter.Edelman@mnd.thm.de

Prof. Dr. Armin Wagenknecht
Technische Hochschule Mittelhessen
Wiesenstraße 14
35396 Gießen
Armin.Wagenknecht@mni.thm.de

M.Sc. Melvin Schmidt
Technische Hochschule
Mittelhessen
Wiesenstraße 14
35396 Gießen
melvin.schmidt92@gmail.com

Anwendung von Blockchain im PCF-Datenmanagement der Supply Chain

Yannick Eccard

Siemens Healthineers AG
Allee am Röthelheimpark 2
91054 Erlangen
yannick.eccard@siemens-healthineers.com

Florian Haas

Hochschule Pforzheim
Tiefenbronner Str. 65
75175 Pforzheim
florian.haas@hs-pforzheim.de

Schlüsselwörter

Blockchain, Datenmanagement, Supply Chain Management, Greenhouse Gas Protocol, Product Carbon Footprint

Problemstellung und Zielsetzung

Die globale Gesundheit ist durch den fortschreitenden Klimawandel akut bedroht. Hitzewellen, Dürren, Stürme und Überschwemmungen treffen besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen und führen bereits heute zu Gesundheitsproblemen. Hauptverursacher des Klimawandels ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe, die nicht nur zu erheblicher Luftverschmutzung führt, sondern auch jährlich mehr als sieben Millionen vorzeitige Todesfälle verursacht. Länder mit niedrigem Einkommen und schwachen Gesundheitssystemen sind besonders gefährdet (Josh et al. 2019, S. 9 f.).

Der weltweite CO₂-Ausstoß hat im Jahr 2022 37,15 Milliarden Tonnen erreicht (Global Carbon Project 2024). Die Hauptverursacher dieser Emissionen sind der Energiesektor (38%), der Transportsektor (21%) und die industrielle Verbrennung (17%) (Crippa et al. 2024). In den letzten 60 Jahren ist die globale Durchschnittstemperatur um knapp 1 Grad Celsius gestiegen (Lindsey Rebecca und Dahmann Luann 2024). Dieser scheinbar geringe Anstieg hat bereits weitreichende Folgen, wie die eingangs beschriebenen zunehmenden extremen Wetterereignisse, schmelzende Gletscher und steigende Meeresspiegel (Intergovernmental Panel on Climate Change 2023).

Um die Folgen der globalen Erwärmung zu begrenzen, ist eine drastische Reduzierung des CO₂-Ausstoßes notwendig. Die Energiewende zu erneuerbaren Energien, die Dekarbonisierung der Industrie und eine nachhaltige Verkehrswende sind zentrale Schritte, um diese Herausforderung zu bewältigen.

Die Messung der CO₂-Emissionen ist daher ein wichtiger Schritt, um den eigenen Beitrag eines Unternehmens zur globalen Erwärmung zu verstehen und zu reduzieren. Durch die Identifizierung der größten Emissionsquellen können gezielte Maßnahmen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes ergriffen werden. Um den Beitrag eines Unternehmens zum Klimawandel zu erfassen, hat sich das Greenhouse Gas (GHG) Protocol als führendes Mess- und Berichtssystem etabliert. Es teilt die Treibhausgasemissionen eines Unternehmens in drei Kategorien ein:

Scope 1: umfasst direkte Emissionen

Scope 2: umfasst indirekte Emissionen aus eingekaufter Energie,

Scope 3: umfasst weitere indirekte Emissionen durch die vor- und nachgelagerte Lieferkette (World Resources Inst 2004).

Die Herausforderung bei der Messung des Scope 3 besteht darin, den sogenannten Product Carbon Footprint (PCF) zu messen. Der PCF gibt an, wie viele Treibhausgase während des gesamten Lebenszyklus eines Produkts von der Herstellung bis zur Entsorgung freigesetzt werden. Die präzise Erfassung und Verwaltung dieser Daten ist entscheidend, um Unternehmen und Regierungen dabei zu unterstützen, ihre Umweltauswirkungen zu reduzieren und nachhaltiges Handeln zu fördern (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 4 f.).

Das übergeordnete Ziel ist die Verbesserung der Nachhaltigkeit entlang der Lieferkette durch die Reduktion des PCF. Um die Ziele der Emissionsreduktion in Scope 3 erreichen zu können, ist es zunächst notwendig, diese messbar zu machen. Dazu werden Primärdaten benötigt, also Daten, die für einen bestimmten Prozess in einem untersuchten Produktsystem erhoben werden. Das Hauptaugenmerk liegt jedoch auf der Bewältigung der Herausforderungen beim Austausch von PCF-Daten. Herkömmliche Kommunikationsmittel wie Papierdokumente und E-Mails erweisen sich als problematisch, da sie Risiken wie Datenverlust und -verfälschung bergen. Zudem erschwert die fehlende Standardisierung bei der Berechnung des PCF die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Produkten und Unternehmen (Villena und Gioia 2020).

Die Blockchain-Technologie gilt als vielversprechender Lösungsansatz. Blockchain ermöglicht einen transparenten und vertrauenswürdigen Austausch von PCF-Daten entlang der Lieferkette. Die Dezentralisierung und Unveränderbarkeit von Daten in Blockchain-Systemen soll nicht nur die derzeitigen Schwierigkeiten im Datenmanagement überwinden, sondern auch die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren fördern und die Überwachung von Nachhaltigkeitsstandards erleichtern (Iansiti und Lakhani 2017).

Die Implementierung von Blockchain-Systemen könnte somit nicht nur dazu beitragen, die Herausforderungen im Datenmanagement zu bewältigen, sondern auch die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren in

der Lieferkette zu stärken. Darüber hinaus würde sie eine verlässliche Grundlage für die Überwachung und Verbesserung von Nachhaltigkeitsstandards schaffen. Dieser innovative Ansatz könnte somit einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Nachhaltigkeit in der Lieferkette des Gesundheitswesens leisten.

Da es sich bei der Blockchain Technologie um eine vergleichsweise neue Technologie handelt, bestehen nach wie vor Herausforderungen, die gelöst werden müssen und insbesondere die Anwendung im Supply Chain Management befindet sich noch im Anfangsstadium (Wamba und Queiroz 2020, S. 2 f.). Die Bewertung erfolgt deshalb im Vergleich zu zwei etablierten Möglichkeiten, der Datenverwaltung mittels der Cloud-Technologie und mittels eines SAP Add-Ons. Cloud-Lösungen bieten Flexibilität und Skalierbarkeit, während ein SAP Add-On die Integration in bestehende Systeme erleichtert. Jeder Ansatz besitzt eigene Vor- und Nachteile

Methodisches Vorgehen

Ziel dieser Studie ist es, die Potenziale der Blockchain-Technologie im Bereich des PCF-Datenmanagements entlang der Supply Chain zu bewerten. Der Fokus liegt dabei auf der Untersuchung der Möglichkeiten und Herausforderungen, die die Blockchain-Technologie in diesem Kontext bietet. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Frage, inwieweit die Blockchain-Technologie einen positiven Beitrag zur Erfassung, Verwaltung und Auswertung von PCF-Daten leisten kann. Die Bewertung der Blockchain-Technologie erfolgt dabei am Beispiel einer bereits in der Chemiebranche implementierten Lösung (Siemens AG 2023): SiGREEN, entwickelt von der Siemens AG, mit der blockchainbasiert aktuelle CO₂-Werte beim Entstehen vor Ort erfasst und entlang der gesamten Lieferkette aggregiert werden können (Siemens AG 2023).

Die Ziele dieser Arbeit umfassen zunächst die Darstellung der theoretischen Grundlagen der PCF-Datenerfassung und des Sustainable Supply Chain Managements. Dabei sollen auch die Schwierigkeiten bei der Datenerhebung sowie die Vorteile und Grenzen der PCF-Datenerhebung beleuchtet werden. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf den Anforderungen an die Erfassung, das Management und die Auswertung von PCF-Daten entlang der Wertschöpfungskette.

Besonderes Augenmerk wird darauf gelegt, die Vorteile der Blockchain-Technologie im Vergleich zur Cloud-Technologie und einem SAP Add-On für das PCF-Datenmanagement zu identifizieren. Dabei sollen die spezifischen Mehrwerte der Blockchain-Lösung im Kontext der Supply Chain herausgearbeitet werden. Dazu werden die verschiedenen Technologien in mehreren Kategorien miteinander verglichen. Diese umfassende Analyse bildet die Grundlage für eine ganzheitliche Bewertung der Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie im PCF-Datenmanagement entlang der Supply Chain.

Nachhaltiges Supply Chain Management

Nachhaltiges Supply Chain Management (SCM) hat sich zu einem zentralen Ansatz entwickelt, der Unternehmen hilft, ökonomische, ökologische und soziale Ziele in Einklang zu bringen. In einer Zeit wachsenden Umweltbewusstseins spielt nachhaltiges SCM eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung von Lieferketten, die nicht nur wirtschaftliche Effizienz, sondern auch ökologische Integrität und soziale Gerechtigkeit fördern (Rajeev et al. 2017, S. 299 ff.).

Green Supply Chain Management (GSCM) zielt darauf ab, Umweltmanagementprinzipien in die Kernwerte des Unternehmens zu integrieren, um ein effizientes Design, Beschaffung, Produktion, Distribution, Nutzung und Recycling zu erreichen. Der Erfolg von GSCM hängt entscheidend davon ab, inwieweit Umweltinformationen entlang der Lieferkette erfasst, gemessen, ausgetauscht und in ein kohärentes System integriert werden können (Şen und Clark 2009, S. 95; Srivastava 2007, S. 53). Trotz der Standardisierung von Umweltverträglichkeitsprüfungen in einigen Branchen, wie z.B. der Lebensmittelindustrie, sind Kooperationen zur Messung von Umweltauswirkungen und zum Management relevanter Umweltrisiken und -chancen im GSCM noch relativ neu (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 1).

Besondere Herausforderungen ergeben sich bei der Verwaltung von Ökobilanzdaten (Life Cycle Inventory - LCI) für die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment - LCA) und das Lebenszyklusmanagement (Life Cycle Management - LCM) in Lieferketten, da bestehende Datenbanken aus Sekundärdaten oft nur begrenzte und durchschnittliche Branchenpraktiken repräsentieren (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 1 f.). Dies führt zu unzureichenden Daten für die Bewertung der Umweltleistung über den gesamten Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen in dynamischen Lieferkettennetzwerken (Browne und Allen 2004, S. 13 f.).

Grundlagen des Product Carbon Footprint (PCF)

Das Pariser Klimaabkommen und globale Green Deals wie der europäische Green Deal bilden den Rahmen für Unternehmen, Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Der europäische Green Deal (European Commission 2023) fördert Klimaneutralität und Kreislaufwirtschaft auf der Grundlage von Lebenszyklusanalysen. Die Einführung digitaler "Produktpässe" mit Umweltleistungsindikatoren, einschließlich PCF und Recyclinginformationen, soll öffentliche und private Verbraucher stärken, erfordert jedoch enge Zusammenarbeit und Datenaustausch entlang der Wertschöpfungskette (Jaeger et al. 2022, S. 1).

Produktlebensweg

Die Analyse der Klimaauswirkungen von Produkten bedarf eines methodisch fundierten Ansatzes, der den gesamten Lebensweg berücksichtigt. Der Lebenszyklusansatz existiert seit den 1980er Jahren und hat seit den

1990er Jahren vor allem durch die Integration in die Ökobilanzierung (LCA) an Bedeutung gewonnen. (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 8) ISO-Normen wie ISO 14040 und ISO 14044 haben diesen Ansatz international standardisiert. Ziel der Ökobilanzierung ist es, alle Umweltwirkungen eines Produktes über seinen gesamten Lebensweg zu erfassen, wobei der Schwerpunkt auf dem Klimawandel liegt, es werden aber auch andere Umweltaspekte berücksichtigt (Umweltbundesamt 2018).

Die Einbeziehung des gesamten Lebensweges ist entscheidend für die Vergleichbarkeit von Produkten und die Identifizierung effektiver Klimaschutzmaßnahmen. Der Lebensweg umfasst Rohstoffgewinnung, Produktion, Nutzung, Verbrauch und Entsorgung. Der PCF-Ansatz berücksichtigt sowohl den Abbau als auch die Emission von Treibhausgasen aus fossilen und biogenen Quellen, was beispielsweise bei Vergleichen von Elektro- und Dieselfahrzeugen eine ganzheitliche Betrachtung des Lebensweges und damit eine genaue Bewertung der Klimawirksamkeit von Produkten ermöglicht (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 8 f.).

Definition des PCF

Der "Carbon Footprint" bezeichnet die systematische Messung von Treibhausgasemissionen auf verschiedenen Ebenen: Länder, Regionen, Unternehmen, Individuen, Produkte und Dienstleistungen. Insbesondere wird zwischen produkt- und unternehmensbezogenen Bilanzen unterschieden (ISO 2022).

Der Product Carbon Footprint (PCF) erfasst umfassend die Treibhausgasemissionen und -absorptionen über den gesamten Lebenszyklus von materiellen Gütern und immateriellen Dienstleistungen. Der Fokus liegt auf spezifisch definierten funktionalen Einheiten und im Gegensatz zum Begriff "Carbon Footprint" berücksichtigt der PCF alle Treibhausgase gemäß Kyoto-Protokoll, nicht nur CO₂-Emissionen (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 9).

Nutzen des PCF

Die PCF-Methode bietet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten und Zielsetzungen, wobei der konkrete Nutzen für bilanzierende Organisationen stark von deren individuellen Zielsetzungen abhängt. Der übergeordnete Nutzen liegt in der Unterstützung von Unternehmen bei einer nachhaltigen Produktion. Die Messung und Bewertung der Klimarelevanz von Produkten schafft Transparenz über die produktbezogenen Treibhausgasemissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Diese Transparenz ermöglicht gezielte Maßnahmen zur Emissionsminderung. Der Mehrwert liegt dabei weniger in der absoluten Zahl als vielmehr in den individuellen Beiträgen zu dieser Zahl, die die gewünschte Transparenz erst ermöglichen (He et al. 2019, S. 1 ff.).

Bestehende Standards der PCF-Erfassung

Die konsistente methodische Grundlage für die Erfassung von Product Carbon Footprints (PCFs) wurde durch die britische PAS 2050 aus dem Jahr 2008 gelegt. Parallel dazu wurden internationale Standards durch die Greenhouse Gas Protocol Initiative (WIR/WBCSD) und die International Organization for Standardization (ISO 14067) entwickelt (GHG Protocol PAS 2050 2008, S. 1 f.).

Nationale Initiativen existieren ebenfalls, zielen aber häufig auf nationale Produktkennzeichnungsstandards ab. Diese führen jedoch nicht zu einer einheitlichen Bewertung der Klimarelevanz von Produkten. Eine internationale Entwicklung und Standardisierung, manifestiert durch ISO-Normen oder den GHG Product Standard, ist entscheidend, um eine konsistente Bewertung der Klimawirksamkeit von Produkten zu gewährleisten (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 12; Lewandowski, Ullrich und Gronau 2021, S. 17 ff.).

Einbezug der Lebenswegphasen bei PCF-Erfassung

Der PCF von der „Wiege bis zur Bahre“ (cradle-to-grave) deckt den gesamten Lebenszyklus eines Produkts ab und identifiziert Emissionsverlagerungen zwischen den Phasen. Der GHG Product Standard fordert diese Systemgrenze insbesondere für Endprodukte und einige Zwischenprodukte, deren Verwendung bekannt ist. Der Ansatz von der „Wiege bis zum Werkstor“ (cradle-to-gate) konzentriert sich auf die Umweltauswirkungen bis zum Verlassen des Unternehmens, schließt aber Nutzung und Entsorgung aus, was zu einem partiellen PCF führt (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 30).

Bei unbekannter Endnutzung erlaubt der Standard Cradle-to-gate-Ansätze, empfiehlt aber repräsentative Nutzungsprofile. Die Einbeziehung von Nutzung und Entsorgung identifiziert Emissionsminderungspotenziale für einen vollständigen PCF. Bei cradle-to-gate-Bilanzen sollte die Systemgrenze deutlich gemacht werden, im Gegensatz zu ISO 14067, die gate-to-gate-PCFs erlaubt, was im GHG Product Standard und PAS 2050 nicht vorgesehen ist (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 30 f.).

Gesamte Lieferkette vs. First-Tier Betrachtung

Um aussagekräftige Ökobilanzdaten zu generieren, sind durchgängige Anstrengungen entlang der Wertschöpfungskette erforderlich. Informationen von hoher Zuverlässigkeit sind oft auf das ausführende Unternehmen beschränkt, während das Wissen über nachgelagerte Prozesse begrenzt ist. Da externe Prozesse den größten Beitrag zum Fußabdruck leisten, haben einzelne Unternehmen nur begrenzte Möglichkeiten, belastbare PCFs zu erstellen (Jaeger et al. 2022, S. 2).

Derzeit basieren LCA-Ergebnisse hauptsächlich auf Annahmen und Durchschnittswerten und nicht auf einzelnen Wertschöpfungsketten, was dazu führt, dass Verbraucher und Unternehmen zögern, ihre Entscheidungen darauf zu

stützen. Die Überwindung dieser Herausforderung erfordert einen zuverlässigen Informationsaustausch zwischen den Akteuren der Branche, um die Konsistenz der Fußabdruck-informationen zu gewährleisten (Jaeger et al. 2022, S. 2; Villena und Gioia 2020).

Vorteile bei Betrachtung der Lieferkette

Im Folgenden werden die Vorteile einer Betrachtung der PCF-Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette dargestellt. Dabei wird auch auf die Nachteile einer ausschließlichen Betrachtung der PCF-Daten der ersten Stufe eingegangen.

1. **Umfassendes Verständnis der Emissionen:** Die Erfassung von PCF-Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette ermöglicht ein umfassenderes Verständnis der Emissionen im Vergleich zur ausschließlichen Betrachtung der First-Tiers (Jaeger et al. 2022, S. 7; Villena und Gioia 2020).
2. **Einbeziehung aller Stakeholder:** Die Einbeziehung der gesamten Lieferkette fördert einen ganzheitlichen Nachhaltigkeitsansatz und ermöglicht die Zusammenarbeit aller Stakeholder im Gegensatz zur Vernachlässigung anderer relevanter Stakeholder bei einer Fokussierung auf First-Tiers (Jaeger et al. 2022, S. 1 f.).
3. **Risikomanagement und -kontrolle:** Die umfassende Datenspeicherung ermöglicht ein effektiveres Risikomanagement, indem potenzielle Umweltrisiken entlang der gesamten Lieferkette identifiziert werden, während bei einer Beschränkung auf die ersten Stufen Risiken in anderen Teilen übersehen werden könnten (Smith, Zurynski und Braithwaite 2022, S. 2170 f.).
4. **Umfassende Nachhaltigkeitsbewertung:** Die Speicherung von PCF-Daten über die gesamte Lieferkette ermöglicht eine umfassendere Nachhaltigkeitsbewertung unter Berücksichtigung indirekter Emissionen, im Gegensatz zu der eingeschränkten Perspektive bei einer Fokussierung auf die ersten Stufen (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 197).
5. **Einbeziehung von Sub-Tiers und Vorlieferanten:** Die Betrachtung der gesamten Lieferkette ermöglicht die Einbeziehung von Sub-Tiers und Vorlieferanten, während bei einer Fokussierung auf First-Tiers diese wichtigen Akteure und ihre Beiträge zur Emissionsminderung vernachlässigt werden können. Zudem sind in der Regel die stärksten THG Emittenten am Anfang der Lieferketten zu finden (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 79 f; Villena und Gioia 2020).

6. **Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Lieferkette:** Eine umfassende Erfassung fördert die Transparenz und Rückverfolgbarkeit von Emissionsdaten und unterstützt die Kommunikation der Nachhaltigkeitsleistung im Vergleich zur eingeschränkten Sichtweise bei einer Fokussierung auf die ersten Stufen (Jaeger et al. 2022, S. 1 f; Villena und Gioia 2020).
7. **Lieferanten in Nachhaltigkeitsziele einbinden:** Die Einbeziehung der gesamten Lieferkette ermöglicht eine stärkere Einbindung der Lieferanten in die Nachhaltigkeitsziele durch den Austausch von Daten und die Entwicklung gemeinsamer Lösungen im Gegensatz zur Vernachlässigung dieser Möglichkeiten bei einer Fokussierung auf die ersten Stufen (Hottenroth, Joa und Schmidt 2014, S. 79 f; Villena und Gioia 2020).

Datenmanagement von PCF-Daten

Zur Erfassung und Auswertung der PCF-Daten bieten sich drei unterschiedliche Ansätze an: Blockchain-Technologie, Cloud-Lösungen und SAP-Add-on.

Blockchain bietet Sicherheit und Unveränderbarkeit, Cloud-Lösungen Flexibilität und SAP-Add-On erleichtert die Integration in Unternehmenssysteme. Als Beispiel für die Blockchain-Technologie wird das Tool SiGREEN von Siemens vorgestellt, gefolgt von einer kurzen Darstellung der beiden alternativen Lösungen. Im nächsten Schritt werden die Anforderungen an eine Technologie für das PCF-Datenmanagement entwickelt und eine vergleichende Bewertung anhand der entwickelten Kriterien vorgenommen.

Blockchain-Technologie (SiGREEN)

SiGREEN revolutioniert das PCF-Datenmanagement durch den Einsatz der Blockchain-Technologie. Die Plattform stellt die Integrität, Transparenz und Zuverlässigkeit von PCF-Daten sicher, indem sie diese in einer unveränderlichen Blockchain verankert. SiGREEN schafft eine dezentrale Umgebung für die Zusammenarbeit relevanter Akteure in der Wertschöpfungskette, um präzise PCF-Daten zu sammeln und zu verifizieren. Die Plattform basiert auf bestehenden Standards zur Datenerfassung und ermöglicht die Verifizierung durch Zertifizierungsstellen (Windkraft Journal 2021).

Jeder CO₂-Wert ist mit einem verifizierbaren digitalen Nachweis verknüpft und bildet die Grundlage für eine datengetriebene Produktdekarbonisierung. Die Plattform kann eigenständig oder in bestehende Systeme integriert werden und ermöglicht die kostengünstige Bereitstellung von Emissionsdaten, auch für Zulieferer. Durch den direkten Austausch dynamischer CO₂-Daten entlang der gesamten Lieferkette ermöglicht SiGREEN datenbasierte Entscheidungen zur Emissionsreduktion (Siemens AG 2023).

Mit einem bereits produktiv laufenden System und einem Pilotprojekt (TFS Initiative 2024) in der chemischen Industrie unterstreicht SiGREEN seine Eignung als PCF-Datenmanagement-Tool. Die Plattform verbessert die Qualität, Transparenz und Glaubwürdigkeit von PCF-Daten und ermöglicht fundierte Entscheidungen für Emissionsminderungs- und Nachhaltigkeitsstrategien. (Siemens AG 2023) Die erhöhte Transparenz stärkt das Vertrauen der Verbraucher in die berichteten Umweltauswirkungen von Produkten, was sich positiv auf die Markenreputation auswirken kann (Shakhbulatov et al. 2019, S. 546 ff.).

Cloud-Lösung

Eine Cloud-Lösung für das PCF-Datenmanagement ermöglicht Unternehmen die Erfassung, Analyse und Verwaltung von Umweltbelastungsdaten ihrer Produkte in Echtzeit. Durch die Nutzung der Cloud können Unternehmen ihre Daten sicher speichern und flexibel auf sie zugreifen, unabhängig von Standort und Gerät. Die Skalierbarkeit der Cloud ermöglicht es, sich an verändernde Anforderungen anzupassen, ohne teure Hardware-Upgrades durchführen zu müssen. Zudem bietet die Cloud-basierte Lösung verbesserte Kollaborationsmöglichkeiten, da Teams gleichzeitig auf die Daten zugreifen und gemeinsam an Projekten arbeiten können. Die Automatisierung von Prozessen in der Cloud optimiert die Effizienz und ermöglicht eine schnellere Bereitstellung von Berichten und Analysen, was wiederum zu fundierteren Entscheidungen und einer verbesserten Nachhaltigkeitsperformance führt (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 3 ff.).

SAP-Add-On

Die Implementierung von SAP Add-On-Lösungen im PCF-Datenmanagement bietet ebenso eine vielversprechende Möglichkeit, um die Effizienz und Genauigkeit der Umweltdatenverwaltung zu steigern. Wichtig ist hierbei zu erwähnen, dass es sich in diesem Ansatz um eine Möglichkeit handelt, Stammdaten in SAP zu erweitern und mit Umweltdaten zu ergänzen.

Kategorien für das PCF-Datenmanagement

Die Definition der Anforderungen an ein PCF-Datenmanagementsystem ist entscheidend für die genaue Erfassung und Analyse von PCF-Daten. In diesem Kapitel werden die wesentlichen Kriterien eines solchen Systems erläutert.

Die Anforderungen an das PCF-Datenmanagement sind entscheidend, um die Konsistenz, Integrität und Nachvollziehbarkeit von Daten zu gewährleisten. Dies unterstützt fundierte Entscheidungsprozesse, die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und verbessert die betriebliche Effizienz. Ein effektives Datenmanagement minimiert Risiken, reduziert Kosten und ermöglicht eine optimierte Nutzung von Ressourcen, was für die strategische Planung und den langfristigen Erfolg unerlässlich ist.

Die Anforderungen an ein PCF-Datenmanagement lassen sich grundsätzlich aus den Anforderungen an ein allgemeines und insbesondere Forschungsdatenmanagement ableiten (Earley und Henderson 2017, S. 217 ff; Ludwig und Enke 2013, S. 22 f.). Diese wurden auf Basis der allgemeinen Anforderungen der ‚Together for Sustainability Initiative‘ (TFS Initiative 2024) sowie des Instituts für Energie, Ökologie und Ökonomie (DFGE 2024) um zwei weitere spezifische Faktoren, nämlich Ressourceneffizienz und Umweltstandards ergänzt. So wurden die nachfolgenden 10 Kern-Anforderungen identifiziert:

1. **Datenintegrität:** Schutz vor Manipulation für korrekte und verlässliche PCF-Daten.
2. **Datensicherheit:** Sicherer Schutz vor unberechtigtem Zugriff für Vertraulichkeit und Integrität.
3. **Skalierbarkeit und Flexibilität:** Verarbeitung großer Datenmengen, Skalierbarkeit für zukünftiges Wachstum, Flexibilität für weitere umweltrelevante Daten.
4. **Kosten:** Minimierung der Kosten für Implementierung und Nutzung im Rahmen des Budgets.
5. **Datenzugang und -freigabe:** Sicherstellung der Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Daten sowohl zum internen Gebrauch als auch für externe Partner.
6. **Interoperabilität:** Nahtlose Interaktion mit Unternehmenssystemen für einen effizienten Datenfluss.
7. **Reporting-Funktionalität:** Generierung automatisierter Berichte und Analysen zur transparenten Darstellung der PCF-Daten für interne und externe Stakeholder.
8. **Benutzerfreundlichkeit:** Intuitive Benutzeroberfläche für einfache Navigation und Interaktion, auch für externe Nutzer.
9. **Ressourceneffizienz:** Minimierung des Ressourcenverbrauchs und der Umweltbelastung.
10. **Anwendung von Umweltstandards:** Einhaltung von nationalen und internationalen Standards wie dem Greenhouse Gas Protocol und Auditvorgaben.

Analyse der Technologien zu den Kategorien

Die Blockchain-Technologie in SiGREEN und Cloud-Lösungen sowie SAP Add-ons im PCF-Datenmanagement zeigen jeweils Vor- und Nachteile in verschiedenen Kategorien. Die empfohlene Lösung pro Anforderung wird gesondert hervorgehoben. Dabei werden die Technologien pro Anforderung jeweils folgendermaßen mit Punkten bewertet:

- 3 Punkte → Empfohlene Lösung bei dieser Anforderung
- 2 Punkte → Anforderung voll erfüllt
- 1 Punkt → Anforderung teilweise erfüllt

1. Datenintegrität

- Blockchain (SiGREEN): Dezentrale und unveränderbare Aufzeichnung gewährleistet Integrität (Fill und Meier 2020, S. 1). Ist hierbei die empfohlene Lösung, da die Blockchain als einzige Technologie eine vollkommene Datenintegrität darstellen kann.
- Cloud: Speicherung und Übertragung in einer sicheren, verschlüsselten Umgebung schützt die Integrität (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 197).
- SAP Add-On: Sichere und unveränderbare Aufzeichnung in geschützter Umgebung gewährleistet Integrität.

2. Datensicherheit

- Blockchain (SiGREEN): Kryptographische Mechanismen sichern Daten und kontrollieren den Zugriff (Fill und Meier 2020, S. 6 f.). Ist die empfohlene Lösung, da über die Hashwert-Verschlüsselung kein Rückschluss auf Originaldaten erfolgen kann. Zudem werden die Dokumente extern bei den jeweiligen Lieferanten gespeichert, sodass nur der Lieferant auf die Dokumente zugreifen kann.
- Cloud: Verschlüsselungs- und Zugriffskontrollmechanismen gewährleisten Datensicherheit (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 196 f.).
- SAP Add-On: Verschlüsselte Datenübertragung und Zugriffskontrolle implementieren robuste Datensicherheit.

3. Skalierbarkeit und Flexibilität

- Blockchain (SiGREEN): Skalierbarkeit mit wachsenden Datenmengen und flexible Anpassung (Jaeger et al. 2022, S. 5 ff.).
- Cloud: Einfache Anpassung der Ressourcenkapazitäten für bedarfsgerechte Skalierung. Ist hierbei die empfohlene Lösung, da die Cloud sich am einfachsten auf weitere Datenfelder erweitern lässt. Zudem ist die Cloud einfach auf verschiedene Unternehmensanforderungen anpassbar.
- SAP Add-On: Anpassbare Module für flexible Erweiterungen und Anpassungen.

4. Kosten

- Blockchain (SiGREEN): Aktuelle Nutzung von SiGREEN ist kostenlos, Implementierungskosten können variieren. Ist hierbei die empfohlene Lösung, da sich die Anwendung im Grunde kostenlos verwenden lässt. Kosten entstehen erst bei Anpassungen, welche vom Unternehmen gefordert werden.
- Cloud: In der Regel kostengünstig, höhere Kosten bei individueller Anpassung.

- SAP Add-On: Kostenintensiv durch Erweiterung von SAP Standardmodulen.

5. Datenzugriff und -freigabe

- Blockchain (SiGREEN): Dezentrale Blockchain-Plattform ermöglicht sicheren Datenzugriff und -freigabe (Siemens AG 2023). Ist die empfohlene Lösung, da hierbei die Datenzugriff- und freigabe am besten geregelt werden kann.
- Cloud: Flexible, sichere Zugriffsmöglichkeiten, erfordert regelmäßige Aktualisierung der Zugriffsrechte (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 202).
- SAP Add-On: Nutzung bestehender Datenzugriffs- und Freigaberechte.

6. Interoperabilität

- Blockchain (SiGREEN): Integration von Schnittstellen für nahtlose Kommunikation.
- Cloud: Nahtlose Integration und Datenaustausch mit unterschiedlichen Systemen (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 199 f.).
- SAP Add-On: Nahtlose Integration in bestehende Systeme für effektiven Datenaustausch. Ist aus der Sicht von Unternehmen, welche bereits SAP verwenden die empfohlene Lösung. Da hier bereits SAP genutzt wird und die Interoperabilität und die erweiterte Nutzung sich hiermit am besten gestalten lässt.

7. Benutzerfreundlichkeit

- Blockchain (SiGREEN): Intuitive Benutzeroberfläche und Testmöglichkeit durch Demoversion.
- Cloud: Individuelle Anpassung der Benutzeroberfläche.
- SAP Add-On: Verbesserte Usability durch intuitive Benutzeroberfläche und nahtlose Integration. Ist aus der Sicht von Unternehmen, welche bereits SAP verwenden die empfohlene Lösung. Da hier bereits SAP genutzt wird und die Anwendung unternehmensweit bekannt ist und genutzt wird.

8. Reporting-Funktionalität

- Blockchain (SiGREEN): Unterstützung bei der Datenanalyse durch Filterfunktionen und vielfältige Auswertungstools (Siemens AG 2023). Ist hierbei die empfohlene Lösung, da mithilfe des Tools bereits gängige Reporting-Standards unterstützt werden können.
- Cloud: Flexible Berichterstellung, oft mit zusätzlicher Auswertungsanwendung.
- SAP Add-On: Umfassende Reporting-Funktionalitäten für detaillierte Analysen.

9. Ressourceneffizienz

- Blockchain (SiGREEN): Einsatz eines ressourcenschonenden PoS-Konsens-Algorithmus (Siemens AG 2023).

- Cloud: Effiziente Nutzung von skalierbaren, gemeinsam genutzten Ressourcen (Xing, Qian und Zaman 2016, S. 196 f.).
- SAP Add-On: SAP ist bereits ressourcen-effizient. Ist die empfohlene Lösung, da die Erweiterung um wenige Stammdatenfelder nur wenig Ressourcen erfordert.

10. Anwendung von Umweltstandards

- Blockchain (SiGREEN): Nutzung gängiger Standards für PCF-Daten, externe Verifizierung möglich (Siemens AG 2023). Ist die empfohlene Lösung, da SiGREEN bereits mit den gültigen Standards arbeitet und die Verwendung dieser durch externe Zertifizierungsstellen unterstützt.
- Cloud: Einhaltung durch Lieferantenverpflichtung zu gängigen Standards im Upload.
- SAP Add-On: Einhaltung von Standards und Dokumentenhinterlegung.

Anforderung	Blockchain (SiGREEN)	SAP Add-On	Cloud
Datenintegrität	★★★	★★	★★
Daten-sicherheit	★★★	★★	★★
Skalierbarkeit und Flexibilität	★★	★★	★★★★
Kosten	★★★	★	★★
Datenzugriff- und Freigabe	★★★	★★	★★
Interoperabilität	★★	★★★★	★★
Benutzer-freundlichkeit	★★	★★★★	★★
Reporting Funktionalität	★★★	★★	★★
Ressourcen-ef-fizienz	★	★★★★	★★
Erfüllung von Umwelt-stand-dards	★★★	★★	★★
Ergebnis	25 Punkte	22 Punkte	21 Punkte

Tabelle 1 Gesamtergebnis Bewertung

Tabelle 1 fasst die Bewertung der drei Technologien hinsichtlich der Anforderungen zusammen. Bei einer Gleichgewichtung der Kriterien erweist sich die Blockchain als die vorteilhafteste Lösung. Allerdings bleibt anzumerken, dass der Abstand dieser Bewertung zu den anderen beiden Lösungen nicht sehr hoch ist. In der konkreten Anwendung ist sicher abzuwägen welchen Stellenwert die Kriterien im jeweiligen Anwendungsfall haben, um darauf basierend spezifisch zu entscheiden.

Fazit

In der vorliegenden Untersuchung wurden Nutzen und Anwendbarkeit der Blockchain-Technologie für das PCF-Datenmanagement entlang der Lieferkette analysiert und bewertet. Dazu wurde zunächst die PCF-Datenerfassung im Rahmen eines Green Supply Chain Managements dargestellt und dann die Anforderungen von Unternehmen an diese untersucht. Allein die Datenerfassung ist ein wichtiger Schritt in Richtung nachhaltiges Supply Chain Management. Unternehmen können Umweltauswirkungen quantifizieren und verstehen, was für gezielte Maßnahmen zur Emissionsreduktion und Ressourceneffizienz entscheidend ist. Die PCF-Datenerfassung ermöglicht nicht nur die Quantifizierung des eigenen CO₂-Fußabdrucks, sondern auch die Identifikation von Emissionen entlang der Lieferkette. Dies ermöglicht gezielte Optimierungen und Reduktionen, die Überwachung der Lieferantenleistung und die Förderung von Verbesserungen.

Auf Basis der konkreten, bereits implementierten Lösung SiGREEN konnte bestätigt werden, dass mit der Blockchain eine vielversprechende Technologie zur Verfügung steht, die die Anforderungen insbesondere im Hinblick auf Sicherheit, Transparenz und Dezentralisierung klar erfüllt.

Die Wahl der Technologie, ob Blockchain, SAP Add-On oder Cloud-Lösung, hängt aber letztendlich von den anwendungsspezifischen Bedarfen ab. Je nach Gewichtung dieser kann sich auch eine der beiden etablierten Lösungen, die ebenfalls eine ganze Reihe von Anforderungen an ein PCF-Datenmanagement erfüllen, als die vorteilhafteste erweisen. Nicht zuletzt sind an dieser Stelle auch die Vorbehalte, die hinsichtlich der vermuteten Komplexität und Schwierigkeiten der passenden Anwendung, die in der Praxis existieren, zu nennen.

Ein weiterer Aspekt, der eine gesonderte Betrachtung verlangt, sind die Umweltauswirkungen der Blockchain Technologie selbst. Insbesondere der Proof-of-Work (PoW) Konsensalgorithmus, bei dem der Konsens durch die Netzwerkteilnehmer hergestellt wird, die versuchen, einen Hashwert zu finden, der einer bestimmten Schwierigkeit genügt, erfordert viel Rechenkapazität. Dies geht mit einem erheblichen Energieverbrauch und entsprechenden Emissionen in Blockchain-Netzwerken einher (Hellwig 2021, S. 17; Sedlmeir et al. 2020, S. 599 ff; Vries 2018, S. 801).

Allein die Kryptowährung Bitcoin verursachte 0,59 Prozent des weltweiten Stromverbrauchs 2022 (Bocksch 2022). Die wichtigste Alternative, die deshalb für die Nutzung im Rahmen der PCF-Datenmanagement vorzuziehen ist und die auch das beispielhaft in dieser Untersuchung betrachtete Tool SiGREEN nutzt, ist der Proof-of-Stake (PoS) Algorithmus. Dieser zielt darauf ab, den Konsensalgorithmus von der Nutzung der Rechenkapazität zu entkoppeln, indem der Konsens wieder durch bestimmte Teilnehmer im Netzwerk hergestellt wird.

Bei der Kryptowährung Ethereum konnte mit der Umstellung von PoW auf PoS im September 2022 eine Reduktion des Energieverbrauchs um 99,9% erzielt werden (Crypto Carbon Ratings Institute 2022). Die Bewertung der Kategorie Ressourceneffizienz erfolgte entsprechend auch unter der Prämisse, dass die gewählte Blockchain-Lösung den PoS-Algorithmus nutzt.

Zusammenfassend unterstreichen die Ergebnisse die vielversprechende Zukunft der Blockchain-Technologie im PCF-Datenmanagement entlang der Lieferkette. Blockchain bietet Vorteile in Bezug auf Datensicherheit, Transparenz und Rückverfolgbarkeit. Die zukünftige Forschung sollte sich auf die praktische Umsetzung, Kosten-Nutzen-Analysen und branchenspezifische Standards konzentrieren.

Literaturverzeichnis

- Bocksch, René. „Bitcoins Stromverbrauch übertrifft den der Ukraine.“, <https://de.statista.com/infografik/18608/stromverbrauch-ausgewaehlter-laender-im-vergleich-mit-dem-des-bitcoins/>.
- Browne, M., und J. Allen. *Applying life cycle assessment to investigate the balance of energy consumption between production and transport activities*. Cost 355 - WATCH workshop: changing behaviour towards a more sustainable transportsystem., 2004. <https://westminsterresearch.westminster.ac.uk/item/93143/applying-life-cycle-assessment-to-investigate-the-balance-of-energy-consumption-between-production-and-transport-activities>.
- Crippa, M., D. Guizzardi, E. Solazzo, M. Muntean, E. Schaaf, F. Monforti-Ferrario, M. Banja et al. „Verteilung der CO2-Emissionen weltweit nach Sektor 2022.“. Zuletzt geprüft am 29.03.2024, https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2021.
- Crypto Carbon Ratings Institute. „The Merge - Implications on the Electricity Consumption and Carbon Footprint of the Ethereum Network.“, <https://carbon-ratings.com/dl/eth-report-2022>.
- DFGE. „Aktualisierte TfS-Richtlinie und Einführung des PCF-Datenmodells: Förderung der Nachhaltigkeit in der chemischen Industrie.“, <https://dfge.de/tfs-richtlinie-pcf-datenmodell-chemische-industrie/>.
- Earley, Susan, und Deborah Henderson. „DAMA-DMBOK: data management body of knowledge.“ Basking Ridge, New Jersey: Technics Publications, 2017.
- European Commission. „A European Green Deal.“, letzte Aktualisierung 15.08.2023, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de.
- Fill, Hans-Georg, und Andreas Meier. *Blockchain kompakt*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27461-0>.
- GHG Protocol PAS 2050. „Quantifying the Greenhouse Gas Emissions of Products PAS 2050 & the GHG Protocol Product Standard.“, 2008. Zuletzt geprüft am 15.08.2023. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GHG_Protocol_PAS_2050_Factsheet.pdf.
- Global Carbon Project. „CO₂-Emissionen weltweit in den Jahren 1960 bis 2022.“. Zuletzt geprüft am 29.03.2024, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37187/umfrage/der-weltweite-co2-ausstoss-seit-1751/>.
- He, Bin, Yongjia Liu, Lingbin Zeng, Shuai Wang, Dong Zhang, und Qianyi Yu. „Product carbon footprint across sustainable supply chain.“ *Journal of Cleaner Production* 241 (2019): 118320. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118320>.
- Hellwig, Daniel. *BUILD YOUR OWN BLOCKCHAIN: Ein praktischer Leitfaden zur distributed-ledger-technologie*. [S.l.]: GABLER, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62966-6>.
- Hottenroth, Heidi, Bettina Joa, und Mario Schmidt. *Carbon Footprints für Produkte: Handbuch für die betriebliche Praxis kleiner und mittlerer Unternehmen*. MV-Wissenschaft. Münster: Verl.-Haus Monsenstein und Vannerdat, 2014.
- Iansiti, Marco, und Karim R. Lakhani. „The Truth About Blockchain: It will take years to transform business, but the journey begins now.“ *Harvard Business Review*, 2017. Zuletzt geprüft am 06.08.2023. <https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Headline Statements from the Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, 2023. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- ISO. *Environmental management: Life cycle assessment*. 2. Aufl., 2022, 14044:2006; 14040:2006. <https://www.iso.org/standard/37456.html>.
- Jaeger, Florian A., Peter Saling, Nikolaj Otte, Rebecca Steidle, Jan Bollen, Birte Golembiewski, Ivana Dencic, Ulla Letinois, Torsten Rehl, und Johannes Wunderlich. „Challenges and requirements of exchanging Product Carbon Footprint information in the supply chain.“ *E3S Web of Conferences* 349 (2022): 7005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234907005>.
- Josh, Karliner, Slotterback Scott, Boyd Richard, Ashby Ben, und Steele Kristian. *Health Care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action.*, 2019.
- Lewandowski, Stefanie, André Ullrich, und Norbert Gronau. „Normen zur Berechnung des CO₂-Fußabdrucks.“ *Industrie 4.0 Management* 2021, Nr. 4 (2021): 17–20. Zuletzt geprüft am 15.08.2023. https://doi.org/10.30844/I40M_21-4_S17-20.
- Lindsey, Rebecca, und Dahmann Luann. „Climate Change: Global Temperature: Global Average Surface Temperature.“. Zuletzt geprüft am 29.03.2024, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>.
- Ludwig, Jens, und Harry Enke. „Leitfaden zum Forschungsdaten-Management: Handreichungen aus dem WissGrid-Projekt.“ Glückstadt: VWH, Verlag

- Werner Hülsbusch, Fachverlag für Medientechnik und -wirtschaft., 2013.
- Rajeev, A., Rupesh K. Pati, Sidhartha S. Padhi, und Kannan Govindan. „Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review.“ *Journal of Cleaner Production* 162 (2017): 299–314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.026>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617309514>.
- Sedlmeir, Johannes, Hans Ulrich Buhl, Gilbert Fridgen, und Robert Keller. „The Energy Consumption of Blockchain Technology: Beyond Myth.“ *Business & Information Systems Engineering* 62, Nr. 6 (2020): 599–608. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00656-x>.
- Sen, Sevil, und John Andrew Clark. „A grammatical evolution approach to intrusion detection on mobile ad hoc networks.“ In *WiSec'09: Proceedings of the Second ACM Conference on Wireless Network Security; Zurich, Switzerland; March 16-18, 2009*. Hrsg. von David Basin, Srdjan Capkun und Wenke Lee, 95–102. New York, NY: ACM Press, 2009.
- Shakhbulatov, Denisolt, Arshit Arora, Ziqian Dong, und Roberto Rojas-Cessa. *Blockchain Implementation for Analysis of Carbon Footprint across Food Supply Chain.*, 2019.
- Siemens AG. „Dekarbonisierung beginnt mit Daten.“ Zuletzt geprüft am 24.08.2023, https://www.siemens.com/de/de/unternehmen/nachhaltigkeit/product-carbon-footprint.html?acz=1&gclid=Cj0KCQjw3JanBhCPARI-sAJpXTx7R95JquufcZYVRNl-6xFsrw-V5DiyxCYahBMi0vTZFh4NrJyfvnw8aApS-fEALw_wcB.
- Siemens AG. „Chemiebranche setzt bei Pilotprojekt zur Dekarbonisierung der Lief.“, letzte Aktualisierung 22.08.2023, <https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/chemiebranche-setzt-bei-pilotprojekt-zur-dekarbonisierung-der-lieferkette-auf>.
- Smith, Carolyn L., Yvonne Zurynski, und Jeffrey Braithwaite. „We can't mitigate what we don't monitor: using informatics to measure and improve healthcare systems' climate impact and environmental footprint.“ *Journal of the American Medical Informatics Association JAMIA* 29, Nr. 12 (2022): 2168–73. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocac113>.
- Srivastava, Samir K. „Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review.“ *International Journal of Management Reviews* 9, Nr. 1 (2007): 53–80. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x>.
- TFS Initiative. „Home - TFS Initiative.“, https://www.tfs-initiative.com/app/uploads/2024/03/TfS_PCF_guidelines_2024_EN_pages-low.pdf
- Umweltbundesamt. „Ökobilanz: Internationale Initiativen zur Anwendung von Ökobilanzen.“, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oekobilanz>.
- Villena, Verónica H., und Dennis A. Gioia. „A More Sustainable Supply Chain.“, letzte Aktualisierung 16.11.2020, <https://hbr.org/2020/03/a-more-sustainable-supply-chain>.
- Vries, Alex de. „Bitcoin's Growing Energy Problem.“ *Joule* 2, Nr. 5 (2018): 801–5. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.04.016>.
- Wamba, Samuel Fosso, und Maciel M. Queiroz. „Blockchain in the operations and supply chain management: Benefits, challenges and future research opportunities.“ *International Journal of Information Management* 52 (2020): 102064. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102064>.
- Windkraft Journal. „SiGreen: Siemens entwickelt ökosystembasierten Ansatz für den Austausch von Emissionsdaten.“ *Windkraft-Journal*, 22.11.2021. Zuletzt geprüft am 24.08.2023. <https://www.windkraft-journal.de/2021/11/22/sigreen-siemens-entwickelt-oeko-systembasierten-ansatz-fuer-den-austausch-von-emissionsdaten/169315>.
- World Resources Inst. *The greenhouse gas protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Revised ed. Washington, DC: World Resources Inst, 2004.
- Xing, Ke, Wei Qian, und Atiq Uz Zaman. „Development of a cloud-based platform for footprint assessment in green supply chain management.“ *Journal of Cleaner Production* 139 (2016): 191–203. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616311672>.

Identifikation von Einsatzmöglichkeiten, Potenzialen und Herausforderungen bei der Anwendung von Künstlicher Intelligenz im Verhandlungsprozess für direktes Material

Seghen Araya

Hochschule Pforzheim
Fachbereich Einkauf, Logistik
und Supply Chain Management
Tiefenbronner Str. 65
75175 Pforzheim
seghen.araya@hotmail.de

Florian Haas

Hochschule Pforzheim
Fachbereich Einkauf, Logistik
und Supply Chain Management
Tiefenbronner Str. 65
75175 Pforzheim
florian.haas@hs-pforzheim.de

Frank Schätter

Hochschule Pforzheim
Fachbereich Einkauf, Logistik
und Supply Chain Management
Tiefenbronner Str. 65
75175 Pforzheim
frank.schaetter@hs-pforzheim.de

Schlüsselwörter

Einkaufsverhandlungen, Künstliche Intelligenz, Verhandlungsprozess

Abstract

Die Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI) wird zunehmend in Unternehmen propagiert, speziell auch im Bereich Einkauf. Im Rahmen der vorgestellten Untersuchung wird auf Basis einer Literaturanalyse und von Expertengesprächen bewertet, inwiefern Einkaufsverhandlungen durch KI unterstützt werden können und mit welchen Herausforderungen und Risiken Unternehmen umgehen müssen. Die unterschiedlichen KI-Anwendungen werden hierfür entlang der Phasen des klassischen Verhandlungsprozesses identifiziert und analysiert. Die Ergebnisse leisten einen Beitrag zur hochaktuellen Suche spezifischer Anwendungsfälle für KI in Unternehmen.

Problemstellung und Zielsetzung

Künstliche Intelligenz (KI) hat sich in den letzten Jahren als Schlüsseltechnologie etabliert und findet zunehmend Anwendung in Unternehmen. Mit dem Aufbruch in eine neue Ära des Einkaufs 4.0 nimmt die digitale Transformation einen hohen Stellenwert ein. Dies wird beispielsweise durch die Roadmap von Einkaufsmanagern in einer Untersuchung von PwC Global belegt. Trotz dieser Priorität werden Investitionen in bewährte Anwendungen mit nachgewiesenem Mehrwert bevorzugt (PwC Global 2022, S. 4ff.). Insbesondere die Integration von KI in den Verhandlungsprozess befindet sich daher noch in den Anfängen, wenngleich eine zunehmende Verbreitung erwartet wird (Meitinger 2024). Aktuelle Forschungen deuten darauf hin, dass KI eine Vielzahl von Aufgaben im Verhandlungsprozess übernehmen kann, um die Zeit und den Aufwand für menschliche Verhandler zu reduzieren. Diese reichen von einfachen Unterstützungssystemen für repetitive Aufgaben bis hin zu Chatbots, die im besten Fall den gesamten Verhandlungsprozess autonom führen können (Dobrijević und Đoković 2020, S. 289).

Vor diesem Hintergrund identifiziert und untersucht die in diesem Artikel vorgestellte Untersuchung Anwendungsfälle von KI im Verhandlungsprozess des Einkaufs. Im Rahmen dessen werden Potenziale, Herausforderungen und Risiken analysiert. Mit den

Erkenntnissen soll ein Beitrag zu einem bisher wenig erforschten Themengebiet geleistet werden.

Methodisches Vorgehen

Zunächst werden basierend auf einer Literaturrecherche die Einsatzmöglichkeiten von KI in den verschiedenen Stufen des Verhandlungsprozesses identifiziert und klassifiziert. Die Bewertung der Potenziale, Herausforderungen und Risiken erfolgt dann mittels Experteninterviews in verschiedenen Unternehmen im Bereich Einkauf.

KI-Einsatzmöglichkeiten für den Verhandlungsprozess

Verhandlungsprozesse lassen sich in mehrere Phasen unterteilen: Verhandlungsvorbereitung, Verhandlungsführung und Verhandlungsnachbereitung (Wenski 2020, S. 103, Sorge 2014, S. 104), siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Der Verhandlungsprozess (Quelle: Eigen-darstellung in Anlehnung an Sorge 2014, S.104; Faze-kas et al. 2022, S.299)

1) Verhandlungsvorbereitung

Profiling und Recherche – Generierung und Analyse vergangener Interaktionen in Echtzeit

Im Bereich des Profilings bieten sich KI-Systeme an, die automatisierte Profile auf Grundlage von öffentlich zugänglichen Daten erstellen und in Echtzeit bereitstellen (Ploug 2023, S. 1) Diese Profile können Informationen wie das Profilbild, den beruflichen Werdegang, die derzeitige Position sowie allgemeine Unternehmensinformationen umfassen (Cisco public 2021, S. 2f.). Automatisierte Profile bieten Verhandlungsteilnehmern eine effizientere Alternative zum herkömmlichen Prozess, indem sie auf Erinnerungen an vergangene Interaktionen, Befragungen von Kollegen oder Recherchen im Internet zurückgreifen, um sich einen Überblick über ihre

Verhandlungspartner zu verschaffen (Sorge 2014, S. 97). Die Informationen aus vergangenen Interaktionen und der Befragung von Kollegen können daher als unterstützende Ergänzung zum Echtzeit-Profilung durch KI dienen. Hierbei besteht dennoch das Risiko, dass das Profiling nicht die korrekte Person umfasst. Darüber hinaus soll zukünftig intelligentes Profiling durch die Analyse historischer Interaktionsdaten ermöglicht werden. Verhandlungspartner der Gegenseite könnten mit einer Zuverlässigkeit von bis zu 81 Prozent einem Persönlichkeitstyp zugewiesen werden. Dies ermöglicht es, das eigene Verhalten strategisch effektiver zu planen (Voeth et al. 2021, S. 199).

Ziele – Datenanalyse, Konsolidierung und Predictive Analytics

Die simultane Verfolgung der in einer Verhandlung zu berücksichtigende Ziele ist aufgrund menschlicher kognitiver Grenzen eingeschränkt. Bei der Definition und Festlegung der Ziele ermöglicht KI die Einbeziehung einer größeren Anzahl, indem sie die erforderliche kognitive Kapazität bereitstellt. Durch eine gezielte maschinelle Analyse verschiedener Datenquellen der Einkaufsorganisationen, wie Vertragsbedingungen, Einsparziele und vorhandene Texte können diese Daten intelligent zusammengeführt werden. Die Auswertung und Konsolidierung der Informationen dienen dem Einkäufer als Grundlage zur Ausgestaltung der Ziele (Bar-Haim et al. 2020, S. 4030; Schulze-Horn et al. 2020, S. 629)

Um die Ziele angemessen festlegen zu können, sind ferner externe Datenquellen zum Verhandlungsgegenstand notwendig. Hierbei besteht die Option, bereits in der Vorbereitungsphase KI-Systeme einzusetzen, die Preis- und Marktentwicklungen prognostizieren (Ursel 2023). Hier kommen KI-Algorithmen zum Einsatz, die historische und aktuelle öffentlich zugängliche Daten analysieren. Dazu gehören beispielsweise Rohstoffpreise oder Marktdaten, wobei die relevanten Informationen nach spezifischer Materialgruppe berücksichtigt werden müssen (Binckebanck et al. 2023, S. 614). Die Algorithmen identifizieren Muster, Trends und bislang unentdeckte Beziehungen in den Daten, die mittels Predictive Analytics in Erkenntnisse umgewandelt werden. Diese Option dient als Entscheidungsunterstützung, um einen optimalen Preiskorridor zu bestimmen und realistische Preisziele festzulegen (Bley et al. 2020, S. 46; Buxmann und Schmidt 2019, S. 111).

Durch die Kombination von Daten der Einkaufsorganisation sowie Prognosen über Preis- und Marktentwicklungen eröffnen sich Potenziale für realistische Zielsetzungen und für die Formulierung aussagekräftiger Argumente für Verhandlungen. Dies befähigt den Verhandlungsführer dazu, fundierte strategische Entscheidungen zu treffen und potenzielle Chancen genauer zu evaluieren. Es besteht jedoch das Risiko, dass eine ausschließliche Abhängigkeit von KI-Unterstützung seitens des Einkaufs die Neigung zur kritischen Reflexion und die Suche nach alternativen Lösungsansätzen verringert.

Strategie und Taktik – Predictive Analytics

Predictive Analytics spielt auch im Rahmen der Planung von Strategie und Taktik eine wesentliche Rolle. Daten aus der Verhandlungshistorie können mithilfe von Predictive Analytics zur Vorhersage des Lieferantenverhaltens genutzt werden (Schulze-Horn et al. 2020, S. 628). Des Weiteren nimmt Big Data Analytics eine zentrale Rolle ein. Big Data umfasst große Datenmengen, die nicht nur strukturiert, sondern auch unstrukturiert vorliegen, typischerweise im Bereich von Terabytes. Innerhalb der Big Data Analytics können umfangreiche Mengen interner Daten aus der Verhandlungshistorie analysiert werden (Bley et al. 2020, S. 45, 46). Hierbei kann das Verhandlungsverhalten der gegnerischen Partei antizipiert werden, indem relevante Bestandteile für Prognosen identifiziert und in Erwartungswerte umgewandelt werden (Minner und Mandl 2017, S. 23; Voeth et al. (2021), S. 198). Dabei führt eine größere verfügbare Datenmenge zu einer höheren Zuverlässigkeit der Vorhersagen (Bley et al. 2020, S. 47). So ermöglichen Big Data Analytics und Predictive Analytics eine optimierte Vorhersage des Verhandlungsverhaltens der Gegenseite. Diese kann der Einkauf nutzen, um seine Strategie und Taktik entsprechend zu planen. Zukünftige Entwicklungen könnten dazu führen, dass KI-Systeme dem Einkauf zusätzlich suggestive Strategien und Taktiken zur Verfügung stellen (Helmold 2023, S. 194).

Die größte Herausforderung liegt in der Beschaffung der erforderlichen Datengrundlage. Bei Einkaufsverhandlungen liegen diese Daten größtenteils unstrukturiert vor und sind daher nicht maschinenlesbar, was die Erstellung zuverlässiger Prognosen erschwert. Zusätzlich werden externe Indikatoren in der Analyse nicht berücksichtigt.

Verhandlungstraining mit einem KI-Bot

In der Verhandlungsvorbereitung bieten sich KI-Bots an, die aufgrund ihrer Ausrichtung darauf abzielen, menschliches Wissen und Verhalten in der Durchführung von realistischen Verhandlungssimulationen oder -trainings nachzuahmen. Diese dienen beispielsweise als Schulungsinstrumente für menschliche Verhandlungsführer (Dobrijević und Đoković 2020, S. 293). Strategische Aktions- und Reaktionsmuster im Training unterstützen dabei, sich auf verschiedene Situationen wie Zeitdruck oder kulturellere Unterschiede vorzubereiten sowie Verhandlungsstrategien für verschiedene Verhandlungstypen anzuwenden. Das Ziel besteht darin, die Verhandlungskompetenz zu verbessern und diese in realen Verhandlungen anzuwenden, um deren Effektivität zu steigern (Klaue et al. 2020, S. 2). Eine solche Option bietet z.B. ChatGPT in der kostenpflichtigen Version 4.0 an.

Das größte Potenzial liegt in der Flexibilität, den Bot zu jeder Zeit zu trainieren. Darüber hinaus können erhebliche Kostenvorteile im Vergleich zu herkömmlichen Schulungs- und Coaching-Methoden erzielt werden. Es besteht jedoch das potenzielle Risiko, dass die Bots nicht die gesamte Bandbreite der Facetten einer Verhandlung sowie die Komplexität menschlicher Verhandlungen angemessen berücksichtigen können. Zusätzlich

gestaltet es sich schwierig, viele Strategien und Taktiken in virtuellen und chatbasierten Umgebungen zu vermitteln. Letztlich wird das Ausmaß, in dem menschliches Wissen und Verhalten durch einen digitalen Agenten nachgeahmt werden können, durch die Trainingsdaten bestimmt, die bei der Entwicklung und dem Betrieb dieser Systeme verwendet werden.

2) Verhandlungsführung

Chatbots für automatisierte Verhandlungen

Die Fortschritte der letzten Jahre in der KI haben die Tür für ergebnisorientierte automatisierte Verhandlungen geöffnet, indem KI-gesteuerte Chatbots sequenziell als auch parallel autonom Verhandlungen mit einer oder mehreren Parteien führen können (Herle o.J.). Insbesondere für weniger komplexe Verhandlungen über geringwertige Güter mit hohem Volumen bietet der Einsatz von KI ein vielversprechendes Einsatzfeld (Dinnar et al. 2021, S. 75). In der Regel werden Chatbots mit einer Fülle von Protokoll Daten aus Verhandlungen gefüttert, um aus diesen Daten menschliche Kommunikation und Entscheidungsfindung zu extrahieren und eigenständig eigene Handlungsschritte auszuführen (Buchenau 2019, S. 511). Analysten entwickeln aus den Protokoll Daten eine Nutzenfunktion, die in den Chatbot integriert wird und eine Entscheidungsfindung ermöglicht. Bei automatisierten Verhandlungen steht die Generierung von Angeboten und Gegenangeboten im Fokus (Gratch 2021, S. 15). Algorithmen spielen hierbei eine zentrale Rolle, indem alternative Optionen, potenzielle Konsequenzen und angestrebte Ergebnisse berücksichtigt werden (Herle o.J.). Eine grundlegende Voraussetzung hierfür ist die sogenannte „Gegnermodellierung“ (opponent modeling). Hierbei werden die Präferenzen und Grenzen des Verhandlungspartners in Bezug auf verschiedene Verhandlungsgegenstände erforscht, um den Verhandlungsspielraum zu erkunden und wirtschaftlich effiziente Vereinbarungen zu erzielen. Im Verhandlungsverlauf aktualisieren Chatbots kontinuierlich ihr Wissen über die beteiligten Parteien und die spezifische Situation, was zu einer fortlaufenden Optimierung ihrer Leistung führt (Gratch 2021, S. 15). Darüber hinaus können sekundenschnelle Analysen und Auswertungen verschiedener Datenmengen, darunter Marktdaten und Vertragsinhalte, bis ins Detail durchgeführt werden. Die Chatbots zeichnen sich durch ihre emotionslose und sachliche Herangehensweise aus, mit dem Ziel, gewinnbringende Resultate zu erzielen. Im Gegensatz dazu ist ein menschlicher Verhandlungspartner von Emotionalität geprägt, was ihn möglicherweise anfälliger macht, sich überzeugen zu lassen und seine Entscheidungen aufgrund zwischenmenschlicher Beziehungen zu ändern (Mörk 2023, S. 230, 231).

Pactum AI, ein Startup-Softwareunternehmen aus dem Silicon Valley, bietet bereits einen Chatbot an, der autonom Verhandlungen mit Lieferanten führt. Der US-Einzelhandelskonzern Walmart gehört zu den Kunden, die den Chatbot bereits 2021 erfolgreich für den indirekten Einkauf zur Abwicklung von „Tail-End-Lieferanten“ eingesetzt haben. Im Rahmen des Pilotprojekts

unterzeichneten rund 20 Prozent der Lieferanten Vereinbarungen mit Standardbedingungen, die häufig nicht verhandelt werden (Pactum o.J).

Die Implementierung von Chatbots im Einkauf können zu potenziellen Kosteneinsparungen, die Möglichkeit des rationalen Verhandeln durch die Vernachlässigung von Sympathieaspekten als auch zu einer Entlastung der Einkäufer führen. Trotz dieser Vorteile ist jedoch zu bedenken, dass sich der Einsatz von Chatbots negativ auf die Beziehung mit Lieferanten auswirken könnte, welche häufig auf Kompromissbereitschaft und gegenseitigem Vertrauen basieren. Eine solche Kompromissbereitschaft kann beispielsweise in Krisenzeiten von Vorteil sein. Des Weiteren besteht die potenzielle Gefahr von Kollateralschäden durch ungünstige Entscheidungen, die durch den Bot getroffen werden.

Argumentations- und Beschlussphase - Verhandlungsunterstützung in Echtzeit

Im Kontext zahlreicher und kollidierender Ziele können Verhandlungsführer inmitten einer Verhandlung durch Unterstützungssysteme beraten werden, die als eine Art Verhandlungsscoach fungieren. Diese Systeme liefern situationsabhängige, relevante Informationen und bieten Entscheidungsunterstützung (Voeth et al. 2021, S. 198, 200). Eine solche hilft dem Einkauf dabei, persönlichen Verhandlungsziele zu erreichen. Dabei wird der Nutzen des Einkaufs unter Berücksichtigung der individuellen Präferenzen optimiert. Im Mittelpunkt stehen Ratschläge in Bezug auf die Bewertung von Angeboten sowie die Generierung von Angebotsvorschlägen. Dies könnte beispielsweise durch die Zugänglichkeit und Analyse historischer Verhandlungsdaten erfolgen. Auf dieser Grundlage werden Präferenzen identifiziert, wobei gleichzeitig Echtzeit-Eingaben des Benutzers über ermittelte Präferenzen einbezogen werden. Das KI-System bietet eine Schätzung des erwarteten Nutzens sowie eine Darstellung des geschätzten Verhandlungsspielraums (Jonker et al. 2017, S. 21, 23).

Hierdurch können erhebliche Entlastungen in zeitlicher und mentaler Hinsicht für Einkäufer bewirkt werden. Gleichzeitig besteht jedoch das Risiko, dass das KI-System aufgrund falscher Schlussfolgerungen aus den Daten weniger geeignete Empfehlungen generiert, was potenziell zu einem suboptimalen Verlauf der Verhandlung führen kann. Die Überprüfung solcher möglicherweise unangemessener Empfehlungen gestaltet sich äußerst schwierig, da während einer laufenden Verhandlung Zeitdruck herrscht und somit eine gründliche Prüfung der KI-Empfehlungen behindert wird.

3) Verhandlungsnachbereitung

Nach Einigung der Verhandlungsparteien rückt in der Nachbereitungsphase die Analyse der Verhandlung und der Ergebnisse in den Fokus. Im Prozessschritt der Verhandlungsführung nimmt die Protokollführung eine wesentliche Rolle ein. In der vorliegenden Analyse wird die Protokollführung innerhalb der Verhandlungsnachbereitung behandelt, da sie als Grundlage für die Erfüllung der Prozessschritte innerhalb der

Verhandlungsnachbereitung dient. Bislang bestehen eine Vielzahl von KI-Anwendungen, die Unternehmen eine automatisierte Form anbieten. Hierbei handelt es sich um transkribierende KI-Anwendungen, die sich als nützliche Einsatzmöglichkeit für die Dokumentation und Zusammenfassung von Verhandlungsinhalten und -ergebnissen anbieten. In diesem Zusammenhang werden durch den Einsatz von Natural Language Processing (NLP) wesentliche Inhalte aus aufgezeichneten Sprachdaten, einschließlich Informationen über vereinbarte Aufgaben und Deadlines extrahiert (Shah 2023, S. 1, 2; Voeth et al. 2021, S. 201). Diese extrahierten Informationen werden dem Einkauf strukturiert zur Verfügung gestellt, um auf dieser Grundlage eine detaillierte Analyse des Verhandlungsverlaufs und der Ergebnisse durchzuführen. Dies ermöglicht eine retrospektive Evaluierung der Verhandlungsleistung, um Erkenntnisse für zukünftige Verhandlungen abzuleiten (Minner und Mandl 2017, S. 23). Darüber hinaus kann der Aktionsplan, falls vorhanden, einfach überwacht werden (Helmold et al. 2019, S. 109).

Durch den Einsatz von transkribierenden KI-Anwendungen kann eine manuelle Protokollierung obsolet werden, was bedeutende Effizienzsteigerungen ermöglicht. Ein standardisiertes Protokoll fördert zusätzlich die Transparenz und Fairness. Weiterhin können durch die Archivierung in der Datenbank der Einkaufsorganisation Synergien erzielt werden, indem diese Protokolle als Input für andere KI-Systeme dienen. Dennoch ist es unabdingbar, die Datenschutzgrundverordnung bezüglich der Aufzeichnung und Archivierung von Verhandlungsgesprächen sorgfältig zu berücksichtigen. Selbst bei Einwilligung besteht das potenzielle Risiko, dass sich das Verhalten der Verhandlungsteilnehmer signifikant ändert, da jedes gesprochene Wort aufgezeichnet und dokumentiert wird. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass die Genauigkeit der Transkription durch verschiedene Faktoren wie Akzente, Abkürzungen oder Ironie beeinflusst wird.

Fazit

Das Ziel dieses Beitrags ist es, die Einsatzmöglichkeiten von KI für den Verhandlungsprozess im Einkauf zu identifizieren und zu analysieren. Zusammenfassend lässt sich aus der Literaturanalyse und der qualitativen Forschung festhalten, dass auf der Einkaufsseite eine fallabhängige Abwägung erforderlich ist, welcher Grad an Verhandlungsunterstützung bzw. -automatisierung durch KI gewählt werden sollte. Dies sollte vor dem Hintergrund erfolgen, traditionelle Verhandlungsprozesse durch das identifizierte Potenzial zu bereichern. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, die erwarteten Potenziale der KI-Technologie in Relation zu den Herausforderungen zu betrachten, die sich durch die Implementierung im Verhandlungsprozess ergeben. Unabhängig von der spezifischen KI-Technologie sind finanzielle Ressourcen, qualifizierte IT-Fachkräfte, die Standardisierung und Systematisierung in Bezug auf die bestehenden Prozesse sowie die Akzeptanz aller Beteiligten grundlegende Faktoren für eine erfolgreiche

Implementierung. Die Ergebnisse dieser Untersuchung eröffnen Einblicke in die Möglichkeiten und Grenzen der KI-Nutzung im Verhandlungsprozess und liefern Erkenntnisse in einem hochaktuellen Forschungsgebiet, das bis dato nur in Ansätzen erforscht wurde.

Literaturverzeichnis

- Bar-Haim, Roy; Eden, Lilach; Friedman, Roni; u. a. (2020): From Arguments to Key Points: Towards Automatic Argument Summarization. In: Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Online, Association for Computational Linguistics, S. 4029–4039.
- Binckebanck, Lars; Elste, Rainer und Haas, Alexander (Hrsg.) (2023): Digitalisierung im Vertrieb: Strategien zum Einsatz neuer Technologien in Vertriebsorganisationen. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bley, Christopher; Giesel, Alexander und Ruhwedel, Franca (2020): Einsatz von Big Data und Predictive Analytics in der Unternehmensplanung - Ergebnisse einer Befragungsstudie. In: Controlling, 32, 2, 45–52.
- Buchenau, Peter (Hrsg.) (2019): Chefsache Zukunft: Was Führungskräfte von morgen brauchen. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Buxmann, Peter und Schmidt, Holger (Hrsg.) (2021): Künstliche Intelligenz: Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg.
- Cisco public (2021): People Insights: Creating a Human Collaboration Experience. In: Data management. URL <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collaboration/people-insights-whitepaper.pdf>.
- Dinnar, Samuel "Mooly"; Dede, Chris; Johnson, Emmanuel; u. a. (2021): Artificial Intelligence and Technology in Teaching Negotiation. In: Negotiation Journal, 37, 1, 65–82.
- Dobrijević, Gordana und Đoković, Filip (2020): E-Negotiation: Can Artificial Intelligence Negotiate Better Deals? In: Proceedings of the International Scientific Conference - Sinteza 2020. Beograd, Serbia, Singidunum University, S. 289–294.
- Fazekas, Stefan; Arndt, Anna Karolina; Götz, Heike; u. a. (2022): Modernes Beschaffungsmanagement in Lehre und Praxis. 1. Aufl., Hecht, Dirk; Hofbauer, Günter und Hecht, Dirk (Hrsg.). Stuttgart, W. Kohlhammer GmbH.
- Gratch, Jonathan (2021): The Promise and Peril of Automated Negotiators. In: Negotiation Journal, 37, 1, 13–34.
- Helmold, Marc (2023): Verhandlungen gewinnen: Konzepte, Methoden und Tools. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Helmold, Marc; Dathe, Tracy und Hummel, Florian (2019): Erfolgreiche Verhandlungen: Best-in-Class Empfehlungen für den Verhandlungsdurchbruch. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Herle, Fabio (o.J): Understanding Autonomous Negotiations. URL <https://pactum.com/understanding-autonomous-negotiations/> (abgerufen am 14.02.2024).
- Jonker, Catholijn M.; Aydoğan, Reyhan; Baarslag, Tim;

- u. a. (2017): An Introduction to the Pocket Negotiator: A General Purpose Negotiation Support System. In: Criado Pacheco, Natalia; Carrascosa, Carlos; Osman, Nardine; u. a. (Hrsg.): Multi-Agent Systems and Agreement Technologies. Lecture Notes in Computer Science. Cham, Springer International Publishing, S. 13–27.
- Klaue, Katharina; Oehlschläger, Patricia; Zender, Raphael; u. a. (2020): Automatisierung im Verhandlungstraining durch den Einsatz intelligenter Dialogsysteme und Virtual Reality. In: WI2020 Community Tracks. Potsdam, GITO Verlag, S. 88–102.
- Meitinger, Therese (2024): Umfrage: Einkauf setzt zunehmend auf künstliche Intelligenz. URL <https://logistik-heute.de/news/umfrage-einkauf-setzt-zunehmend-auf-kuenstliche-intelligenz-81539.html> (abgerufen am 11.11.2023).
- Minner, Prof. Dr. Stefan und Mandl, Christian (2017): Big Data in der Rohstoffbeschaffung. URL <https://www.prelytico.de/wordpress/wp-content/uploads/2022/05/Mandl-Minner-2017-2.pdf>
- Mörk, Olaf (2023): Proaktive Marketing- und Vertriebs-Impulse: Content, Automatisierung, KI, Daten & Trends – worauf sich das B2B- und B2C-Business vorbereiten müssen. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Pactum (o.J): Do you believe that AI could be a superior negotiator? URL <https://pactum.com/about/> (abgerufen am 20.12.2023).
- Ploug, Thomas (2023): The Right Not to Be Subjected to AI Profiling Based on Publicly Available Data—Privacy and the Exceptionalism of AI Profiling. In: *Philosophy & Technology*, 36, 1, 14.
- PwC Global (2022): PwC Global Digital Procurement Survey 2022. 4. Ausgabe.
- Schulze-Horn, Ines; Hueren, Sabrina; Scheffler, Paul; u. a. (2020): Artificial Intelligence in Purchasing: Facilitating Mechanism Design-based Negotiations. In: *Applied Artificial Intelligence*, 34, 8, 618–642.
- Shah, Manan (2023): Efficient meeting insights: NLP - Enhanced summarization of voice and Text. In: Indian Institute Technology.
- Sorge, Georg (2014): Verhandeln im Einkauf: Praxiswissen für Einsteiger und Profis. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Ursel, Sabine (2023): KI im Einkauf: Verhandlungs-Avatare und besseres Recycling. URL <https://www.technik-einkauf.de/einkauf/ki-im-einkauf-verhandlungs-avatare-und-besseres-recycling-546.html> (abgerufen am 20.12.2023).
- Voeth, Markus; Oryl, Michael und Bronnert, Niklas F. (2021): Einsatz Künstlicher Intelligenz in Einkaufsverhandlungen – Status quo und Anwendungsfälle. In: Bruhn, Manfred und Hadwich, Karsten (Hrsg.): Künstliche Intelligenz im Dienstleistungsmanagement. Forum Dienstleistungsmanagement. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 185–211.
- Wenski, Guido (2020): Nachhaltig verhandeln im Technischen Einkauf: So erzielen Sie Win-Win-Lösungen im Beschaffungsmanagement. Wiesbaden, Springer

Auswahl und Anwendung einer geeigneten Software zur standardisierten und automatisierten Berichterstellung im Service am Beispiel der Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

Andreas Kerschbaum B.Sc.
 Maschinenfabrik Reinhausen
 OTH Regensburg
 Seybothstraße 2
 93053 Regensburg
 E-Mail:
 andreas.kerschbaum@st.oth-regensburg.de

Professor Dr. Frank Herrmann
 Ostbayerische Technische
 Hochschule Regensburg
 Laboratory of Information
 Technology and Production
 Logistics (LIP)
 Germany, Universitätsstraße 31,
 93053 Regensburg

ABSTRACT

Die Berichterstattung ist ein wichtiger Bestandteil der Aufgaben der MR. Aktuell fehlen zur Erledigung dieser Aufgabe festgelegte Standards, sowie ein Programm, das sich umfangreich für diese Aufgabenstellung eignet. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Prozessstrecke des Prozesses zur Erstellung eines Ölberichts aufgenommen und auf Schwachstellen untersucht. Anschließend erfolgt die Verbesserung der Schwachstellen durch die Einführung einer neuen Software. Diese wird in einem phasenbasierten Prozess, in Anlehnung an das Phasenmodell zur Softwareauswahl nach Gronau, unter Einbezug festgelegter Kriterien sorgfältig ausgewählt. Das Ergebnis dieser Arbeit ist die Verbesserung des betrachteten Prozesses, sowie die Einführung der Software *DevExpress* und die Erstellung eines ersten Entwurfsberichts welcher als Vorlage für die zukünftigen Berichte dient.

BESCHREIBUNG DES PROBLEMS

Innerhalb des Unternehmens fehlt derzeit ein festgelegter Standard bei der Berichterstellung was dazu führt, dass die Berichte teilweise mit unterschiedlichen, für die Berichterstellung ungeeigneten Programmen erstellt werden. Diese Prozesse sind ineffizient und führen zu Medienbrüchen, welche die Fehleranfälligkeit der Prozesse erhöhen. Das Fehlen eines eindeutigen und strukturierten Ablaufs bei der Anfertigung dieser Berichte führt zu zusätzlichen vermeidbaren Problemen. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf den Prozess der Erstellung des Ölberichts, welcher mithilfe der Software *InsideView* erstellt wird.

Um die Probleme in dem bestehenden Prozess kenntlich zu machen wird der aktuelle Prozess der Ölberichterstellung eingehend mit einem SIPOC-Diagramm in sechs Schritten hinsichtlich Prozessbeginn

und -ende klar abgegrenzt. Abbildung 1 zeigt das SIPOC-Diagramm mit den sechs ermittelten Prozessschritten.

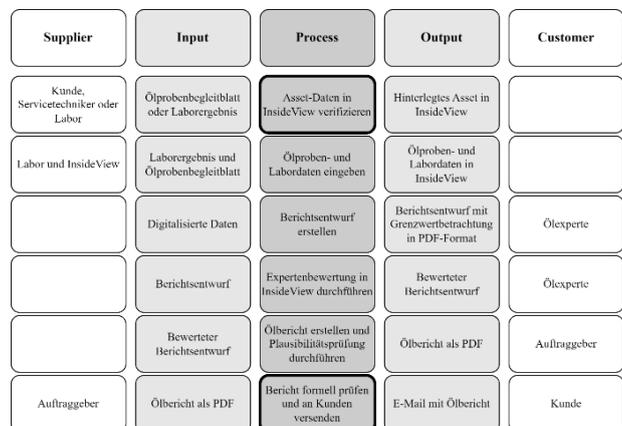


Abb. 1: SIPOC-Darstellung des Prozesses der Ölberichterstellung

Daraufhin folgt eine Detailbetrachtung des Prozesses durch die Erstellung eines Prozessflussdiagramms, welches in Anhang A zu sehen ist. Die Detailbetrachtung dieses Prozesses macht deutlich, dass der Prozess nicht optimal ausgerichtet ist und zwei Schwachstellen enthält, die Potential für eine Verbesserung bieten.

Die erste Unwirtschaftlichkeit stellt die manuelle Dateneingabe der übermittelten Labordaten durch den Berichtersteller in Prozessschritt drei dar. Diese Daten werden bereits zuvor nach den Messungen im Labor digitalisiert und in einer Microsoft-Excel-Datei hinterlegt. Anschließend werden diese bereits vorstrukturierten Messdaten der Ölprobe als E-Mail-Anhang an die betreffende Stelle im Unternehmen gesendet. Im Rahmen der Berichterstellung erfolgt dann die manuelle Übertragung der zuvor erfassten Daten in das hauseigene Informationssystem. Die Dauer dieses Vorgangs variiert je nach Umfang der Datenmenge und

kann bis zu einer halben Stunde in Anspruch nehmen. Aktuell gibt es keine Möglichkeit die bereits erfassten und digitalisierten Daten effizient und automatisiert in die Datenbank von *InsideView* zu übertragen, da die Datenstruktur und die Metadaten des Labors sich von der firmeninternen Struktur unterscheiden.

Die zweite Leistungsschwäche des aktuellen Prozesses ist die Prozessaufteilung zwischen dem Berichtsteller und dem Auftraggeber. Gegenwärtig sind diese beiden Akteure in unterschiedlichen Abteilungen positioniert, was vor allem ab Prozessschritt 11 zu vermeidbaren Verzögerungen führt. Der fertige Bericht wird aktuell vom Ersteller an den Auftraggeber in einer anderen Abteilung gesendet, was zu einer gesteigerten Durchlaufzeit führt. Anschließend wird im Rahmen der finalen Überprüfung entschieden, ob der Bericht für den Kunden freigegeben wird oder eine Überarbeitung erforderlich ist. Im Fehlerfall wird der Bericht erneut an den Berichtsteller zurückgesandt und dort überarbeitet. Jeder Wechsel der Verantwortlichkeit für den Bericht geht mit einer variablen Verzögerung der Gesamtdurchlaufzeit einher, da die Aufgaben nicht immer direkt weiterbearbeitet werden. Neben dem Prozess weist auch die aktuell eingesetzte Software *InsideView* drei Schwachstellen auf, welche im Rahmen der Arbeit verbessert werden.

Die erste identifizierte Schwachstelle betrifft die umständliche Vornahme der Expertenbewertung in der aktuell genutzten Software. Bei der Erstellung dieser Bewertung ist es notwendig, mehrmals zwischen verschiedenen Modulen der Software zu alternieren, was den Prozess verlangsamt. Darüber hinaus ist zur Fortführung der Berichterstellung eine mehrmalige manuelle Änderung des Berichtsstatus notwendig. Diese Tätigkeit ist softwarespezifisch erforderlich und führt zu einer erhöhten Komplexität und Durchlaufzeit des Ablaufs.

Das zweite Defizit stellt die geringe Konfigurierbarkeit von *InsideView* durch den Anwender dar. Die Anwendung ermöglicht es dem Benutzer nicht, das Erscheinungsbild im Detail anzupassen. Bereits standardmäßige Anpassungen wie die Änderung der Schriftart und Schriftgröße des Berichts lassen sich nicht von dem Anwender durchführen. *InsideView* basiert auf fertigen Modulen, die vom Anbieter für das Unternehmen erstellt wurden. Diese können lediglich bezüglich ihrer Position angeordnet, jedoch nicht selbst konfiguriert werden. Dadurch sind Anpassungswünsche von Kunden mit hohen Kosten und Zeitaufwand verbunden.

Die Dritte und entscheidendste Problematik sind die gesteigerten Lizenzkosten seitens des Anbieters. In den vergangenen fünf Jahren beliefen sich diese auf 55 200 Euro, während für die nächsten fünf Jahre rund 240 000 Euro veranschlagt werden. Diese signifikante Preissteigerung von rund 435 Prozent macht die Nutzung

der Software zunehmend unwirtschaftlich und den Wechsel des Softwareanbieters unausweichlich.

LÖSUNGSANSÄTZE

Die vorangegangenen Aspekte zeigen, dass der aktuelle Prozess nicht optimal ausgerichtet ist und die eingesetzte Software Schwachstellen aufweist, welche zu weiteren Ineffizienzen führt. Um den Prozess effizienter zu gestalten wird eine neue Software ausgewählt, die sich besser für die gegebene Problemstellung eignet. Um ein gutes Ergebnis zu erzielen ist es von entscheidender Bedeutung einen strukturierten Ansatz zur Auswahl einer geeigneten Softwarelösung zu verfolgen. In der Dissertation von Florian Lempert wurden 148 relevante wissenschaftliche Publikationen „[...] zur Bewertung und Auswahl von Software allgemein“ verglichen, wovon sich 75 mit der Beschreibung eines Auswahlprozesses beschäftigen [Lemp21, S. 229]. Der Vergleich dieser Publikationen hat gezeigt, dass es keinen einheitlichen Ablauf beim Auswahlprozess gibt und sich dieser hinsichtlich der Anzahl der zu durchlaufenden Phasen und Prozessschritte unterscheidet [Lemp21, S. 229]. Aufgrund dessen orientiert sich die vorliegende Arbeit an dem Phasenmodell zur Softwareauswahl nach Gronau vom Jahr 2001, welches in Abbildung 2 zu sehen ist, „[...] da dieses bei dem Abgleich mit der analysierten Literatur als vglw. Vollständig, allgemein anwendbar und im Bedarfsfall für den Einzelfall anpassbar scheint“ [Lemp21, S. 229].

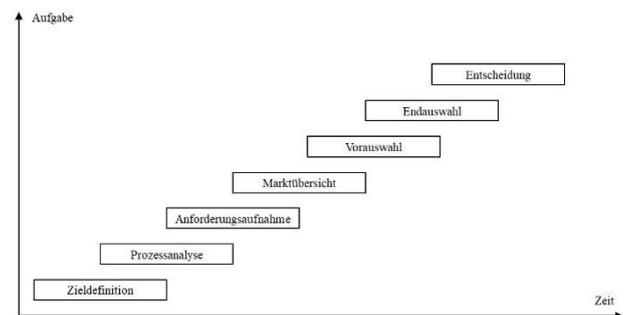


Abb. 2: Angepasstes Phasenmodell zur Auswahl von Standardsoftware nach Gronau [Gron01, S. 101]

2.1 Anforderungsanalyse für die Softwareauswahl

Zunächst erfolgt eine Anforderungsanalyse mit allen betroffenen Stakeholdern, um eine umfangreiche Dokumentation der Anforderungen zu erhalten. Die Befragung unterschiedlicher Nutzergruppen stellt sicher, dass sowohl funktionale und technische Anforderungen als auch Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit umfangreich berücksichtigt werden. Im Rahmen der Anforderungsanalyse haben sich 35 Anforderungen ergeben, die zur Verbesserung der Übersichtlichkeit zu den vier Gruppen *Datenmanagement*, *Funktionen*, *Rechteverwaltung* und *Bericht* aggregiert sind. Diese werden im nächsten Schritt nach dem *MoSCoW*-Prinzip in drei verschiedene Kategorien eingeteilt. Von den aufgenommenen 35 Anforderungen sind fünf in die Kategorie *C*, 21 in die Kategorie *S* und neun in die

Kategorie *M* eingestuft. Die neun KO-Kriterien aus Kategorie *M* werden im folgenden Kapitel verwendet, um eine erste Vorauswahl zu treffen.

2.2 Recherche potenzieller Softwarelösungen auf dem Markt

Nach Abschluss der Anforderungsanalyse und Kategorisierung der festgestellten Anforderungen erfolgt die Evaluierung und der Vergleich von potenziellen Softwarelösungen. Im ersten Schritt wird eine umfangreiche Sammlung an potenziellen Anbietern erstellt. Dabei wird eine Mischform der beiden Verfahren *Bottom-Up* und *Top-Down* aus dem Buch „*Professionelle Softwareauswahl und -einführung in der Logistik*“ [TeKR, S. 188] verwendet, da so die Praktikabilität des ersten Verfahrens ohne Softwareunterstützung mit den Vorteilen des zweiten Verfahrens in Bezug auf das Einschließen des am besten geeigneten Anbieters kombiniert werden. Als Informationsquelle für die Recherche wird hauptsächlich die Internetsuche verwendet. Dabei dient die Experteneinschätzung des Marktforschungsunternehmens *Gartner* als zusätzliche Hilfestellung. Die Marktrecherche hat eine Sammlung von 27 potenziellen Softwarelösungen ergeben, die alle ein Berichtsmodul zur Verfügung stellen. Abbildung 3 zeigt das Resultat der Marktrecherche.

Nr.	Softwarelösung bzw. Anbieter
1	Adriel
2	Amazon Web Services AWS
3	Asana
4	BIRT
5	DevExpress
6	fluentReports
7	Google Looker BI
8	IBM Cognos
9	insantOLAP
10	List & Label
11	Microsoft Power BI
12	MicroStrategy
13	Oracle Analytics Publisher
14	Performance Suite
15	Pointerpro
16	QlikView und QlikSense
17	Salesforce Einstein Analytics
18	SAP Crystal Reports
19	Semrush
20	Sisense
21	Sistrix
22	Smartsheet
23	Tableau
24	Thought Spot
25	TIBCO JasperReports
26	Wrike
27	Zoho Analytics

Tab. 1: Ergebnis der Marktrecherche

Diese Softwarelösungen werden nun in einem phasenbasierten Prozess schrittweise anhand festgelegter Kriterien auf die am besten geeigneten reduziert. Zunächst wird überprüft welche der gesammelten Softwarelösungen direkt für die Berichterstellung vorgesehen sind. Im Zuge der Überprüfung wird zudem evaluiert, welche der Softwarelösungen alle neun KO-Kriterien erfüllen, da diese als Grundvoraussetzung dienen.

Das Ergebnis dieser Überprüfung ist in Anhang B zu sehen und hat ergeben, dass nur sechs der 27 Softwarelösungen alle KO-Kriterien erfüllen und sich zudem potenziell für die gegebene Problemstellung eignen. In Tabelle 2 sind die sechs verbleibenden Softwarelösungen aufgeführt, die im Rahmen der ersten Vorauswahl die grundlegenden Anforderungen erfüllen.

Nr.	Softwarelösung bzw. Anbieter
1	DevExpress
2	IBM Cognos
3	Microsoft Power BI
4	MicroStrategy
5	Oracle Analytics Publisher
6	Tableau

Tab. 2: Ergebnis der ersten Vorauswahl

Im anschließenden Verfahren wird im Rahmen einer zweiten Vorauswahl eine individuelle Evaluierung vorgenommen, um zu bestimmen, in welchem Maße die verbleibenden sechs Softwarelösungen die Gesamtheit der gestellten Anforderungen erfüllen. Ziel ist es, eine finale Vorauswahl von drei verbleibenden Softwarelösungen zu erhalten, die im letzten Schritt im Detail miteinander verglichen werden. Dabei wird für jede der sechs verbleibenden Softwarelösungen überprüft, in welchem Maße die 35 Anforderungen erfüllt sind.

Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Anhang C ersichtlich und zeigt, dass *IBM Cognos* mit 32 von 35 erfüllten Anforderungen das beste Ergebnis erzielt. Das zweitbeste Ergebnis erzielt *Tableau* mit 31, gefolgt von *DevExpress* mit 30 erfüllten Anforderungen. Auf dem vierten Platz befindet sich *MicroStrategy* mit 28 erfüllten Anforderungen. Den letzten Platz teilen sich *Microsoft Power BI* und *Oracle Analytics* mit jeweils 27 erfüllten Anforderungen. Insgesamt fällt der direkte Vergleich der verbleibenden Teilnehmer aus der ersten Vorauswahl knapp aus und engt den Raum der betrachteten Alternativen auf drei Verbleibende ein. Somit ergeben sich für die Endauswahl die drei Softwarelösungen, *IBM Cognos*, *DevExpress* und *Tableau*, die in Tabelle 3 zu sehen sind, da diese im vorangegangenen Auswahlprozess mit den besten Ergebnissen abgeschnitten haben.

Nr.	Softwarelösung bzw. Anbieter
1	DevExpress
2	IBM Cognos
6	Tableau

Tab. 3: Ergebnis der zweiten Vorauswahl

2.3 Durchführung einer Nutzwertanalyse

Um die finale Entscheidung der Auswahl für eine der Softwarelösungen zusätzlich zu unterstützen, wird im Folgenden eine Nutzwertanalyse der verbleibenden Alternativen erstellt. Hierfür werden gemeinsam im Team mit allen beteiligten Stakeholdern die relevanten Entscheidungskriterien bestimmt. Diese unterscheiden sich teilweise von den bereits aufgenommenen Anforderungen, weil zusätzlich subjektive Anforderungen wie die Benutzerfreundlichkeit einbezogen und bewertet werden. Die Erhebung der Entscheidungskriterien hat insgesamt 20 Kriterien ergeben, welche im nächsten Schritt individuell durch die einzelnen Stakeholder gewichtet werden. Hierfür werden alle Entscheidungskriterien von den Teilnehmern prozentual gewichtet, sodass die Gesamtgewichtung aller Kriterien 100 Prozent ergibt. Anschließend erfolgt eine Verrechnung der Individualgewichtungen, um den Durchschnittswert der einzelnen Kriteriengewichte zu ermitteln. Das Ergebnis dieser Gewichtung durch die einzelnen Stakeholder befindet sich in Anhang D. Nach erfolgter Gewichtung aller Entscheidungskriterien werden diese im weiteren Verlauf bewertet. Für die Bewertung der Entscheidungskriterien wird in dieser Arbeit eine Skala ähnlich der Schulnotenskala von 1 bis 6 verwendet, da diese eine differenzierte Bewertung ermöglicht, ohne dabei eine übermäßige Detailtiefe zu fordern und intuitiv einsetzbar ist. Wichtig ist anzumerken, dass diese Skala hier reziprok und somit in umgekehrter Reihenfolge verwendet wird, damit alle Skalen richtungsgleich sind und bei der späteren Berechnung des Nutzwerts, ein hoher Nutzwert besser ist als ein niedriger [Kühn21, S. 57]. Zur Fertigstellung der Nutzwertanalyse erfolgt als abschließende Maßnahme die Berechnung des Nutzwerts jeder Alternative. Dafür werden die Bewertungen der Entscheidungskategorien mit den entsprechenden Entscheidungsgewichten multipliziert. Anhang E zeigt das Ergebnis der Bewertung aller Entscheidungskriterien und die Berechnung des individuellen Nutzwerts der verbleibenden Alternativen.

Die Nutzwertanalyse hat ergeben, dass die Software *Tableau* mit einem Gesamt-Score von 501.50 Punkten und einem Erfüllungsgrad von 83.58 Prozent die höchste Bewertung erzielt und die Anforderungen im umfangreichsten Maße erfüllt. An zweiter Stelle mit einer geringen Differenz von weniger als zwei Prozent steht *DevExpress* mit einem Gesamt-Score von 490.75 und einem Erfüllungsgrad von 81.79 Prozent. Das schlechteste Ergebnis erzielt *IBM Cognos* mit einem Gesamt-Score von 458.50 und einem Erfüllungsgrad von 76.42 Prozent.

Insgesamt liefert die Nutzwertanalyse ein knappes Endergebnis, bei dem die ersten beiden Softwarelösungen, *Tableau* und *DevExpress* eng zusammenliegen. Um die Belastbarkeit des Ergebnisses der Nutzwertanalyse zu validieren, wird zusätzlich eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dabei wird eine Gleichverteilung der Kriteriengewichte angenommen und überprüft, ob dasselbe Ergebnis resultiert. Diese zusätzliche Überprüfung legitimiert das Vorgehen und stellt sicher, dass das Ergebnis nicht willkürlich entstanden ist [Kühn21, S. 43]. Das Resultat der Sensitivitätsanalyse befindet sich in Anhang F und zeigt, dass sich durch eine Gleichverteilung der Kriteriengewichte bei der Rangordnung der Softwarelösungen nichts ändert, weshalb das Ergebnis als belastbar angesehen wird.

Im anschließenden Abschnitt wird eine Analyse durchgeführt, um festzustellen und zu entscheiden, welche dieser beiden Softwarelösungen am besten für die gegebene Problemstellung und den Einsatz im Unternehmen geeignet ist.

2.4 Auswahl der am besten geeigneten Softwarelösung

Die Nutzwertanalyse hat ergeben, dass die Software *Tableau* insgesamt mit rund zwei Prozent Vorsprung das beste Gesamtergebnis erzielt hat. Bei näherer Betrachtung der beiden Alternativen zeigt sich jedoch, dass es signifikante Unterschiede zwischen den Softwarelösungen gibt. Vor allem beim Lizenzierungsmodell der Softwareanbieter zeichnen sich deutliche Unterschiede ab. Die Lizenzkosten für die geforderten Entwicklerlizenzen belaufen sich bei *Tableau* jährlich auf 10 080 Euro während bei *DevExpress* nur rund ein Fünftel, nämlich 1999 Euro berechnet werden. Zudem sind für die Nutzung von *Tableau* Nutzerlizenzen für 70 Euro pro Nutzer notwendig, während bei *DevExpress* keine Kosten für Endnutzer anfallen, da nur Entwicklerlizenzen benötigt werden. Dies stellt in Hinblick auf die geplante unternehmensweite Nutzung der Software und die Nutzung durch Endkunden einen wirtschaftlichen Nachteil dar.

In Bezug auf die Integrierbarkeit in das bestehende System bietet *DevExpress* weitere Vorteile. Da es sich hierbei um eine *Softwarebibliothek* handelt, lässt sich das Berichtsmodul nahtlos in bereits bestehende Anwendungen wie beispielsweise die APM integrieren. Eine Software-bibliothek ist eine Sammlung von vordefinierten Funktionen, Klassen und Werkzeugen die von einem Programm per API-Zugriff angefordert und genutzt werden können [Böll22]. Dies hilft dabei, die Akzeptanz durch die Nutzer zu verbessern, da Arbeitsschritte in einer bereits bekannten Umgebung gemacht werden können. Des Weiteren werden nur die Funktionalitäten implementiert, die für den Prozess benötigt werden, was dabei hilft die Einarbeitungszeit zu verringern.

Diese signifikanten Unterschiede in den laufenden Kosten und der Integrierbarkeit machen *DevExpress* trotz des etwas niedriger ausfallenden Gesamtergebnisses zu einer effizienteren und wirtschaftlich vorteilhafteren Lösung für das Unternehmen. Aus diesem Grund wird die Entscheidung getroffen, *DevExpress* als Software für die Berichterstellung auszuwählen.

ERGEBNISSE

Hier Im Rahmen der Prozessanalyse ergeben sich zwei wesentliche Schwachstellen im Ablauf des aktuellen Prozesses der Ölberichterstellung, die Potenzial für eine Verbesserung bieten. Die Optimierung des ersten Defizits lässt sich nicht unmittelbar umsetzen und Bedarf einer Abstimmung mit dem Labor, dass die Messergebnisse exportiert. Die zweite ermittelte Ineffizienz stellt die Aufteilung der Prozessverantwortlichen auf zwei Abteilungen dar. Diese Ineffizienz wird unmittelbar behoben, indem die Zuweisung des gesamten Prozessablaufs und der Verantwortlichkeit an die Abteilung TSC erfolgt.

Des Weiteren ergeben sich aus der Prozessanalyse drei Schwachstellen in der Software, welche durch die Implementierung der neuen Software behoben werden. Zunächst stellt die ineffiziente Durchführung der Expertenbewertung und Erstellung des Berichts ein Problem dar. Dieses Problem wird durch die Verwendung des neuen Report Designers behoben, da die Expertenbewertung in der bereits bekannten APM-Software durchgeführt wird und die Erstellung des Berichts automatisch durch die Betätigung einer Schaltfläche erfolgt. Durch die bereits bekannte Softwareumgebung und den effizienteren Ablauf in der neuen Software gestaltet sich der gesamte Prozess effizienter. Das zweite identifizierte Problem ist die geringe Konfigurierbarkeit von *InsideView*. Der Report Designer löst dieses Problem durch die Bereitstellung einer umfangreichen Auswahl an Konfigurationsmöglichkeiten, welche es dem Nutzer erlauben, alle Berichtselemente individuell anzupassen. Das letzte Problem stellen die steigenden Lizenzkosten von *InsideView* dar. Durch das alternative Lizenzmodell und die grundsätzlich geringeren Preise von *DevExpress* ist Nutzung der neuen Software kostengünstiger als die Verwendung von *InsideView*. Damit wird das letzte Problem adressiert, welches aus der Prozessanalyse hervorgeht.

Nach einer umfassenden Marktrecherche und anschließenden schrittweisen Eingrenzung der betrachteten Alternativen wird der Report Designer von *DevExpress* als optimale Lösung für die gegebene Problemstellung ermittelt. Diese Entscheidung basiert auf mehreren Faktoren. Zum einen auf der detaillierten Analyse der Anforderungen des Unternehmens. Zum anderen auf dem strukturierten Vergleich von 27 Softwarelösungen nach festgelegten Kriterien. Zudem wird die Entscheidungsfindung durch die Durchführung einer Nutzwertanalyse unterstützt. Das gute Ergebnis bei

der Nutzwertanalyse in Kombination mit den Vorteilen, in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit, führen zu der Entscheidung den Report Designer von *DevExpress* als Standardwerkzeug zur Berichterstellung im Unternehmen zu etablieren.

Bei der Nutzung des Report Designers hat sich gezeigt, dass sich die Einarbeitung in die Software anspruchsvoller als erwartet gestaltet. Insbesondere die Komplexität einiger Funktionen erfordert eine intensivere Auseinandersetzung und einen längeren Einarbeitungszeitraum. Während des Umgangs mit der Software wird deutlich, dass eine stärkere Berücksichtigung der Benutzerfreundlichkeit in der Bewertung der Softwarelösungen von Vorteil gewesen wäre. Eine verbesserte Benutzerführung und ein interaktives Selbsttraining hätten dazu beigetragen, die Schwierigkeiten bei der Einarbeitung zu minimieren und den Nutzern einen reibungsloseren Start zu ermöglichen. Dies verdeutlicht die Relevanz einer ausgewogenen Balance zwischen Funktionsumfang und Benutzerfreundlichkeit bei der Auswahl von Softwaretools wie dem Report Designer.

3.1 Reflexion über die erreichten Ziele und die Relevanz der Arbeit

Ziel dieser Arbeit war die Analyse und Verbesserung des bestehenden Prozesses bei der Erstellung des Ölberichts, sowie die Auswahl und Anwendung einer geeigneten Software zur standardisierten Berichterstellung. Im Verlauf dieser Arbeit wurden zwei Schwachstellen im Prozess, sowie drei Schwachstellen in der Software herausgearbeitet, von denen alle bis auf eine direkt beseitigt werden konnten. Die verbleibende Schwachstelle muss in Zusammenarbeit mit dem beteiligten Labor herausgearbeitet werden.

Die Hauptaufgabe dieser Arbeit stellt die Auswahl und Einführung einer geeigneten Software zur standardisierten Berichterstellung dar. Diese Aufgabe wurde strukturiert mit Zuhilfenahme geeigneter Literatur bearbeitet. Zuerst wurden in Zusammenarbeit mit den beteiligten Stakeholdern alle Anforderungen aufgenommen und priorisiert, dann wurde eine umfangreiche Internetrecherche durchgeführt, bei der der Gartner Magic Quadrant als zusätzlich Hilfestellung gedient hat. Die Marktrecherche hat 27 potenzielle Softwarelösungen ergeben, von denen nur sechs die Anforderungen der ersten Vorauswahl erfüllen. In einer zweiten Vorauswahl wurde die Menge der betrachteten Softwarelösungen dann auf drei Alternativen reduziert, welche einer Nutzwertanalyse unterzogen wurden. Diese Nutzwertanalyse hat ergeben, dass die Software *Tableau* unter anderem aufgrund der höheren Benutzerfreundlichkeit ein geringfügig besseres Ergebnis als *DevExpress* erzielt hat. Retrospektiv hätte diese höhere Benutzerfreundlichkeit und das interaktive Selbsttraining zu einer geringeren Einarbeitungszeit geführt. Dennoch wird dieser Vorteil durch die höheren Kosten, die bei der

Nutzung von *Tableau* anfallen, kompensiert. Deshalb wurde der Report Designer von *DevExpress* als Standardwerkzeug ausgewählt und eingeführt. Der Report Designer wurde dann verwendet, um einen ersten Entwurfsbericht zu erstellen, welcher als Vorlage für die zukünftigen Berichte dienen soll. Die Einarbeitung in die Software hat sich als anspruchsvoller als erwartet gestaltet, weshalb bei zukünftigen Evaluationen von Softwarelösungen die Benutzer-freundlichkeit stärker in die Betrachtung miteinbezogen werden sollte.

3.2 Ableitung von Handlungsempfehlungen für die MR

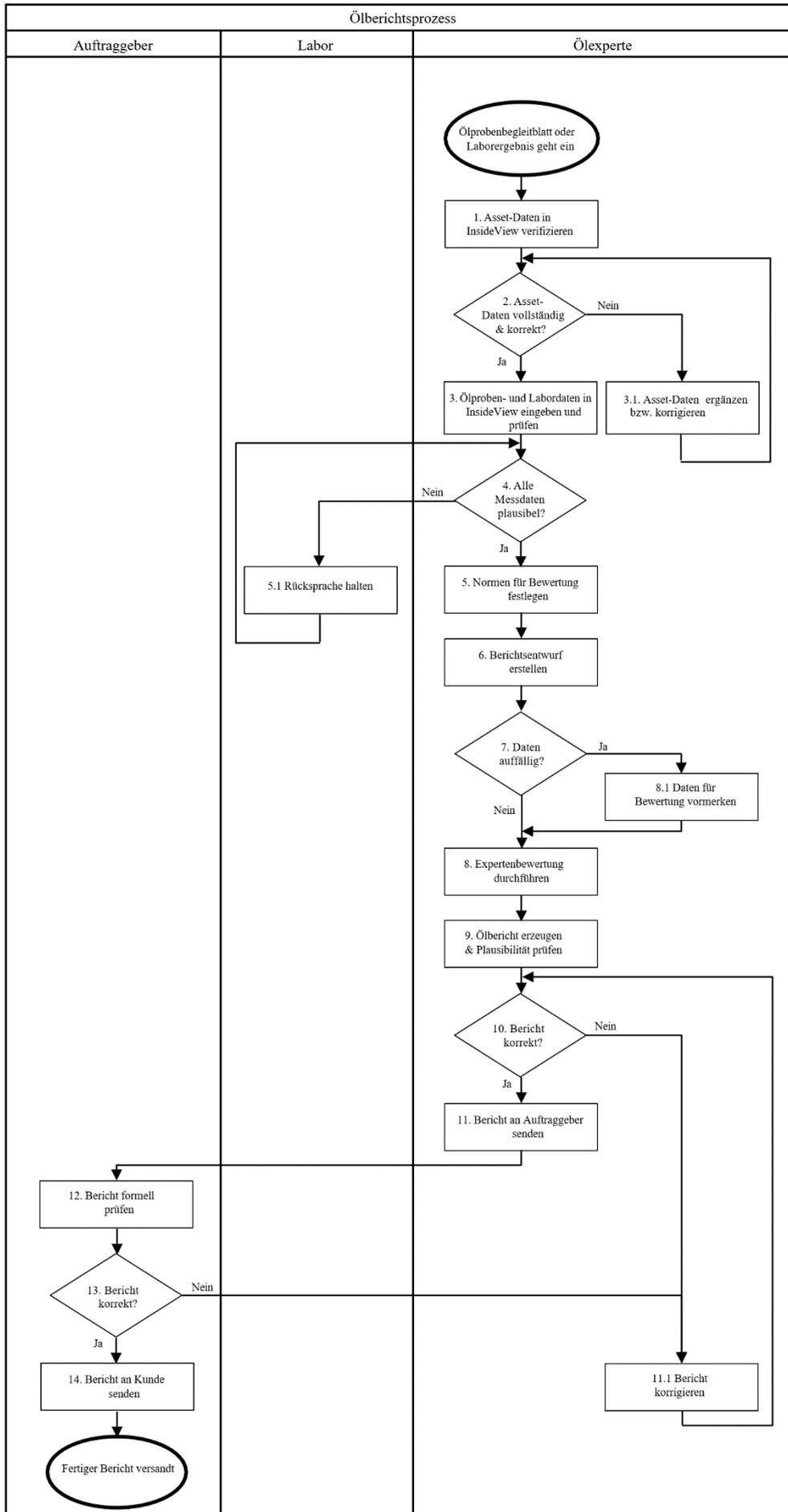
Abschließend lassen sich für das Unternehmen zwei Handlungsempfehlungen ableiten. Zum einen ist dies die Auseinandersetzung mit der verbliebenen Schwachstelle, um die Labordaten zukünftig ohne notwendige Anpassungen importieren zu können. Dies hilft dabei den bestehenden Prozess noch effizienter auszurichten und bei der Bearbeitung des Prozesses Ressourcen zu sparen. Zum anderen betrifft es die Ausweitung der Nutzung des Report Designers auf Tochtergesellschaften und Kunden. So kann zukünftig das Potenzial der ausgewählten Softwarelösung in vollem Umfang genutzt werden und die Wirtschaftlichkeit der Software weiter gesteigert werden.

LITERATUR

- [Böll22] Böllhoff Patrick: Framework vs Bibliothek: Was ist der Unterschied? <<https://kruschecompany.com/de/framework-vs-bibliothek/>>. Abruf am: 17.08.2023.
- [Kühn21] Kühnapfel, J. B.: Scoring und Nutzwertanalysen. Ein Leitfaden für die Praxis. Springer Gabler, Wiesbaden, Heidelberg, 2021.
- [Lemp21] Lempert, S.: IoT-Software-Plattformen. Dissertation, Wiesbaden, 2021.
- [TeKR] Teich, I.; Kolbenschlag, W.; Reiners, W.: Der richtige Weg zur Softwareauswahl. Pflichtenheft, Compliance, Erfolgskontrolle, Heidelberg

ANHANG

Anhang A: Darstellung des Ölberichtsprozesses durch ein Prozessflussdiagramm



Anhang B: Ergebnis der ersten Vorauswahl

Nr.	Softwarelösung bzw. Anbieter	Ausscheidungsgrund
1	Adriel	Erfüllt die KO-Kriterien 1, 2 und 5 nicht
2	Amazon Web Services AWS	Erfüllt das KO-Kriterium 5 nicht
3	Asana	Erfüllt die KO-Kriterien 3, 7 und 9 nicht
4	BIRT	Ist ein Open-Source-Projekt und wäre zu aufwendig
5	DevExpress	–
6	fluentReports	Veraltetes Design, schlechte Dokumentation
7	Google Looker BI	Erfüllt das KO-Kriterium 5 nicht
8	IBM Cognos	–
9	insantOLAP	Erfüllt das KO-Kriterium 2 nicht
10	List & Label	Erfüllt die KO-Kriterien 2 und 5 nicht
11	Microsoft Power BI	–
12	MicroStrategy	–
13	Oracle Analytics Publisher	–
14	Performance Suite	Hauptfunktion ist das Monitoring von Anwendungen
15	Pointerpro	Erfüllt das KO-Kriterium 3 nicht
16	QlikView und QlikSense	Erfüllt die KO-Kriterien 1 und 3 nicht
17	Salesforce Einstein Analytics	Hauptfunktion ist die KI-gestützte Datenanalyse
18	SAP Crystal Reports	Erfüllt das KO-Kriterium 2 nicht
19	Semrush	Hauptfunktion ist die Wettbewerbsforschung
20	Sisense	Hauptfunktion ist die Dashboard-Visualisierung
21	Sistrix	Hauptfunktion ist die Suchmaschinenoptimierung
22	Smartsheet	Hauptfunktion ist das Arbeitsmanagement
23	Tableau	–
24	Thought Spot	Hauptfunktion ist die KI-gestützte Datenanalyse
25	TIBCO JasperReports	Erfüllt die KO-Kriterien 6 und 8 nicht
26	Wrike	Hauptfunktion ist das Projektmanagement
27	Zoho Analytics	Hauptfunktion ist die Dashboard-Visualisierung

Anhang C: Erfüllungsgrad der Gesamtanforderungen der einzelnen Softwarelösungen

Anforderung	Priorität	Dev-Express	IBM Cognos	Microsoft Power BI	Micro-Strategy	Oracle Analytics	Tableau
1	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
2	S	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
3	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja
4	S	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
5	S	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
6	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
7	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
8	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
9	C	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
10	C	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
11	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
12	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
13	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
14	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja
15	S	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
16	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
17	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
18	C	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja
19	S	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
20	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
21	S	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
22	S	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
23	S	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
24	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
25	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
26	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
27	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
28	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
29	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
30	S	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
31	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
32	S	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
33	M	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
34	C	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
35	C	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Summe Priorität C		3	3	2	3	3	3
Summe Priorität S		18	20	16	16	15	19
Summe Priorität M		9	9	9	9	9	9
Summe Gesamt		30	32	27	28	27	31

Anhang D: Gewichtung der Entscheidungskriterien

	Kriterium	Stakeholder				Ø Gewichtung (%)
		A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	
Anwendung	Funktionsumfang	8	10	10	8	9
	Benutzerfreundlichkeit	10	9	7	6	8
	Wiederverwendbarkeit	7	4	1	7	4.75
	Entwurfsmodus	5	4	10	5	6
	Erweiterbarkeit durch Code	7	2	10	8	6.75
	Drag and Drop	10	8	1	1	5
Technische Details	Schnittstellen	7	5	10	9	7.75
	Rechtmanagement	4	5	10	8	6.75
	Nutzbarkeit durch Endkunden	3	8	8	2	5.25
	Mobile Applikation	1	2	1	1	1.25
	Datenschutz	5	10	10	9	8.50
Kosten	Anschaffungskosten	3	3	2	2	2.50
	Laufende Kosten	4	4	2	6	4
	Anpassungskosten	3	4	2	3	3
Hilfe	Interaktives Selbsttraining	3	3	2	5	3.25
	Support	4	7	2	4	4.25
	Mehrsprachigkeit	5	7	5	9	6.50
Anbieter	Unternehmensgröße	3	2	2	5	3
	Marktposition	3	2	2	1	2
	Demoversion	5	1	3	1	2.50
Summe in %		100	100	100	100	100

Anhang E: Bewertung der Entscheidungskriterien und Berechnung des Nutzwerts jeder Alternative

	Kriterium	Gewichtung (%)	DevExpress		IBM Cognos		Tableau	
			Bewertung	Score	Bewertung	Score	Bewertung	Score
Anwendung	Funktionsumfang	9	6	54	5	45	6	54
	Benutzerfreundlichkeit	8	1	8	4	32	6	48
	Wiederverwendbarkeit	4.75	5	23.75	5	23.75	5	23.75
	Entwurfsmodus	6	6	36	6	36	6	36
	Erweiterbarkeit durch Code	6.75	6	40.50	5	33.75	6	40.50
	Drag and Drop	5	5	25	5	25	6	30
Technische Details	Schnittstellen	7.75	6	46.50	6	46.50	5	38.75
	Rechtmanagement	6.75	6	40.50	6	40.50	6	40.50
	Nutzbarkeit durch Endkunden	5.25	6	31.50	3	15.75	1	5.25
	Mobile Applikation	1.25	2	2.50	5	6.25	5	6.25
	Datenschutz	8.50	6	51	6	51	6	51
Kosten	Anschaffungskosten	2.50	6	15	1	2.50	1	2.50
	Laufende Kosten	4	6	24	3	12	1	4
	Anpassungskosten	3	1	3	3	9	3	9
Hilfe	Interaktives Selbsttraining	3.25	2	6.50	4	13	6	19.50
	Support	4.25	4	17	4	17	4	17
	Mehrsprachigkeit	6.50	6	39	1	6.50	6	39
Anbieter	Unternehmensgröße	3	2	6	6	18	4	12
	Marktposition	2	3	6	5	10	6	12
	Demoversion	2.50	6	15	6	15	5	12.50
Gesamt-Score / Nutzwert				490.75		458.50		501.50
Erfüllungsgrad in %				81.79		76.42		83.58

Anhang F: Ergebnis der Sensitivitätsanalyse

	Kriterium	Gewichtung (%)	DevExpress		IBM Cognos		Tableau	
			Bewertung	Score	Bewertung	Score	Bewertung	Score
Anwendung	Funktionsumfang	5	6	30	5	25	6	30
	Benutzerfreundlichkeit	5	1	5	4	20	6	30
	Wiederverwendbarkeit	5	5	25	5	25	5	25
	Entwurfsmodus	5	6	30	6	30	6	30
	Erweiterbarkeit durch Code	5	6	30	5	25	6	30
	Drag and Drop	5	5	25	5	25	6	30
Technische Details	Schnittstellen	5	6	30	6	30	5	25
	Rechtmanagement	5	6	30	6	30	6	30
	Nutzbarkeit durch Endkunden	5	6	30	3	15	1	5
	Mobile Applikation	5	2	10	5	25	5	25
	Datenschutz	5	6	30	6	30	6	30
Kosten	Anschaffungskosten	5	6	30	1	5	1	5
	Laufende Kosten	5	6	30	3	15	1	5
	Anpassungskosten	5	1	5	3	15	3	15
Hilfe	Interaktives Selbsttraining	5	2	10	4	20	6	30
	Support	5	4	20	4	20	4	20
	Mehrsprachigkeit	5	6	30	1	5	6	30
Anbieter	Unternehmensgröße	5	2	10	6	30	4	20
	Marktposition	5	3	15	5	25	6	30
	Demoversion	5	6	30	6	30	5	25
Gesamt-Score / Nutzwert				455		445		470
Erfüllungsgrad in %				75.83		74.17		78.33

Konzeptionierung und Implementierung einer standardisierten RPA-Schnittstelle für eine Analytics-On-Demand-Self-Service-Lösung zur Bereitstellung von einkaufsbezogenen Daten in der Krones AG

Nadine Riedl
Ostbayerische Technische Hochschule
Regensburg
Krones AG
CP Processes and Systems
Böhmerwaldstraße 5
93073 Neutraubling
nadine.riedl@krones.com

Stefan Janoschek
Krones AG
CP Processes and Systems
Böhmerwaldstraße 5
93073 Neutraubling
stefan.janoschek@krones.com

Prof. Dr. Frank Herrmann
Ostbayerische Technische Hochschule
Regensburg
Labor Wirtschaftsinformatik,
SAP und Produktionslogistik
Galgenbergstraße 32
93053 Regensburg
frank.herrmann@oth-regensburg.de

ABSTRACT

Many companies, including Krones AG's Corporate Procurement (CP) Processes and Systems department, are using Robotic Process Automation (RPA) solutions to automate and optimize repetitive, time-consuming, human activities and processes to realize efficiency and time gains. An area of application of RPA that offers a lot of potential are data collection, preparation and provisioning tasks to enable Business Intelligence. An opportunity to accelerate the decision-making process by reducing the dependence on data specialists are Self-service analytics. Therefore new IT solutions like software-based process automations must be designed and implemented.

Keywords

Robotic Process Automation, Business Intelligence

EINFÜHRUNG

Robotic Process Automation gewinnt in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Während in einer Studie der IDG Research Services der Anteil der befragten Unternehmen, der RPA eine hohe bis sehr hohe Bedeutung beigemessen hat nur bei knapp 48 Prozent lag [1], hat sich der Anteil in der durch das Custom Research Team von CIO, CSO und COMPUTERWOCHE durchgeführten Folgestudie im Jahr 2022 deutlich, um rund 22 Prozent, auf knapp 70 Prozent erhöht. [2] Aktuelles und voraussichtliches Marktvolumen des globalen Markts für Robotic Process Automation belegen diesen Trend. Laut eines Berichts der Grand View Research wuchs der Markt zwischen 2021 und 2023 um insgesamt 81 Prozent auf einen Gesamtwert von 2,9 Milliarden US-Dollar.

Bis 2030 wird eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) in Höhe von 39,9 Prozent prognostiziert. [3]

CP Processes and Systems verwenden aktuell auf Python basierende RPA-Lösungen. Mithilfe dieser werden im Fachbereich Einkauf der Krones AG auftretende, zeitintensive, repetitive manuelle Tätigkeiten und Prozesse automatisiert, um Effizienz- und Zeitgewinne zu realisieren.

Dieser Artikel thematisiert die Konzeptionierung und Implementierung einer RPA-Schnittstelle eingebettet in ein existierendes Framework zur zeitgesteuerten Ausführung von Automatisierungsprozessen als Teil einer Analytics-On-Demand-Self-Service-Lösung. Nach einer genaueren Beschreibung der Problemstellung, werden zunächst die theoretischen Grundlagen formuliert und die technischen Rahmenbedingungen erläutert. Anschließend werden die Anforderungen an die RPA-Schnittstelle erarbeitet, um diese als Ausgangspunkt für die Konzeptionierung und Implementierung der einzelnen Komponenten, die für einen funktionierenden Analytics-On-Demand-Self-Service erforderlich sind, verwenden zu können.

PROBLEMSTELLUNG

Corporate Procurement (CP) Processes and Systems ist im Einkauf der Krones AG als Single Point of Contact die primäre Anlaufstelle für die Bereitstellung operativer Daten in aufbereiteter Form. Erfüllen die zentral über Business-Intelligence-Berichte zur Verfügung gestellten Daten nicht die Bedürfnisse der Mitarbeitenden des Einkaufs, muss von diesen ein Ticket mit Angaben zu den benötigten Daten im internen Ticketsystem erstellt werden. Die Bearbeitung einer solchen Analytics-Aufgabe ist infolge manueller Verarbeitungsschritte und manueller Schnittstellen verschiedener IT-Anwendungen mit einer hohen Bearbeitungszeit verbunden. Zusätzlich führen eine hohe Arbeitslast und Personalengpässe bei der Ticket-Bearbeitung einer Analytics-Aufgabe zu einer langen Durchlaufzeit von durchschnittlich 48 Stunden und somit im Vergleich zur durchschnittlichen Durchlaufzeit eines regulären Tickets in Höhe von 12 Stunden zu einer vierfachen Antwortzeit.

Somit stellt sich die Frage, wie Analytics-Aufgaben zukünftig so verarbeitet werden können, dass ihre Bearbeitungszeit und die Antwortzeit ihrer Tickets reduziert werden können. Angesichts der vorhandenen RPA-Infrastruktur empfiehlt es sich aus wirtschaftlicher Perspektive eine RPA-Lösung zu entwickeln. Dadurch, dass in einem Ticket die Daten in unstrukturierter Form vorliegen, wurde eine klassische RPA-Lösung, die nur strukturierte Daten verarbeitet, ausgeschlossen. Die Komplexität der in der Literatur vorgeschlagenen KI-basierten Vorgehensweise zur Verarbeitung unstrukturierter Daten [4][5] übersteigt die verfügbaren Ressourcen. Eine Alternative stellt ein auf RPA gestützter Prozess dar, der in Form eines Analytics-On-Demand-Self-Services strukturierte Anfragen zu Analytics-Aufgaben über ein Graphical User Interface (GUI) entgegennimmt und ihre Bearbeitung über RPA-Lösungen automatisiert, sodass dem Endanwender das Ergebnis der Analytics-Aufgabe in kurzer Zeit zur Verfügung gestellt werden kann.

Ziel ist die Konzeptionierung und Implementierung eines RPAs, der im Sinne eines Präprozessors und Controllers als Schnittstelle zwischen GUI und individueller RPA-Lösungen agiert. Die Evaluation und Verifizierung der Funktionalität der RPA-Schnittstelle soll anhand der als Proof-Of-Concept zu entwickelnden Analytics-Use-Cases der Orderbuchabfrage und Abfrage von Einkaufsinfosätzen mit Konditionen erfolgen.

BEGRIFFSDEFINITIONEN

Business Intelligence

Zu Business Intelligence existieren in der Fachliteratur verschiedene Definitionen. Die Fachgruppe Business Intelligence & Analytics der Gesellschaft für Informatik unterscheidet die unterschiedlichen Definitionsansätze nach BI als Klasse von IT-Systemen, BI als IT-Architektur, BI als Sammelbegriff für Technologien und Konzepte zur Entscheidungsunterstützung, BI als integrierter Ansatz zur Entscheidungsunterstützung und BI als Wissensgenerierungsprozess. [6] Allen Definitionen gemein ist das auf IT basierende Treffen von Entscheidungen. Für ein in diesem Artikel geltendes einheitliches Begriffsverständnis wird Business Intelligence nach Chamoni und Linden als „IT-basierter Prozess der Informationsgenerierung, der die Entscheidungsfindung innerhalb der unternehmensrelevanten Planung, Steuerung und Kontrolle unterstützt“, definiert. [7] zit. [8]

Robotic Process Automation

RPA ist eine Technologie, bei der digitale Roboter zur Automatisierung ganzer Geschäfts- und Verwaltungsprozesse oder einzelner Prozessschritte eingesetzt werden. [5] [9] Im Gegensatz zu den physisch existierenden Robotern, die aus der industriellen Fertigung bekannt sind, handelt es sich bei den RPA-Robotern um Softwareprogramme, die darauf abzielen, einen Menschen bei der Ausführung diverser informationstechnischer Tätigkeiten zu unterstützen oder ihn vollständig zu ersetzen. [10] Eine Automatisierung erfolgt durch die Imitation manueller Benutzerinteraktionen unter Anwendung von Wenn-Dann-Regeln auf strukturierten Daten. [11]

Bei RPA wird zwischen „Attended RPA“ und „Unattended RPA“ differenziert. Während „Attended RPA“ auch als „Robot Desktop Automation“ (RDA) bezeichnet wird und einen

Software-Roboter beschreibt, der direkt auf dem Computer der nutzenden Person durch diese selbst im Sinne eines digitalen Assistenten ausgeführt wird, handelt es sich bei „Unattended RPA“ um einen Software-Roboter, der automatisiert gestartet wird und aufgrund eines eigenen Users mit Passwort im Sinne eines virtuellen Mitarbeitenden agiert. [9] [12]

In Abgrenzung zu herkömmlichen Lösungen zur Prozessautomatisierung geht RPA nicht nach der Inside-Out-Methode vor, sondern verfolgt einen Outside-In-Ansatz, bei dem keine programmiertechnischen Interventionen in bestehende IT-Systeme und IT-Anwendungen vorgenommen werden. [13] Stattdessen setzt RPA auf die vorhandene IT auf und verwendet zur Automatisierung eine Kombination von Zugriffen auf grafische Benutzeroberflächen, Bildschirmkoordinaten, Programmierschnittstellen und Zugriffsschichten von Betriebssystemen und Datenbanken. [5]

TECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

RPA-System

Die Umsetzung von Automatisierungsprojekten bei CP Processes and Systems erfolgt unter Verwendung des von Hr. Janoschek eigenentwickelten RPA-Systems.

RPA-Bots

Ein jeder RPA-Bot ist ein sog. Standard-RPA, der entweder über einen Trigger oder zeitgesteuert über einen Scheduler gestartet werden kann. Eine Sonderform ist der Timer-RPA, der Bestandteil der RPA-Steuerungsumgebung ist und die Aufgabe besitzt andere RPAs zu starten.

Entwicklungsumgebung

Die Entwicklung von RPA-Lösungen findet über den Quellcode-Editor Visual Studio Code von Microsoft statt. Zur Programmierung der RPAs wird die Programmiersprache Python verwendet. Abgegrenzt von der Entwicklungsumgebung wird die Produktivumgebung. Während die Entwicklung lokal auf dem Rechner eines Entwicklers stattfindet, erfolgt die Produktivsetzung auf dem Server.

Framework

Zur Lösung wiederkehrender Aufgaben wurde ein Framework aufgebaut. Jeder RPA, der über das RPA-Framework erstellt wird, wird auf dem Server nach derselben Grundstruktur angelegt. Um den neu erstellten RPA den spezifischen Anforderungen der zu erledigenden Aufgabe entsprechend zu erweitern, wird der RPA lokal installiert und der Quellcode in der Datei „rpa_module.py“ implementiert. Darüber hinaus stellt das Framework unter Nutzung verschiedener Python-Bibliotheken allgemeine Software-Module, die als Klassen-Module in einem Paket gruppiert wurden, zur Verfügung. Diese können durch das Hinzufügen neuer Funktionalität erweitert und durch Parametrisierung an die Aufgabe eines RPAs angepasst werden.

Steuerungsumgebung

Zur automatischen Ausführung eines RPA-Bots wird in der Windows Aufgabenplanung in einer virtuellen Maschine eine neue Aufgabe angelegt, die zu einem vorgegebenen Zeitpunkt und in einem wiederkehrenden Zeitraum (alle fünf

Minuten) den Timer-RPA über die Ausführung einer Batch-Datei startet. Zur Steuerung, welcher RPA-Bot, wie gestartet werden soll, ist eine Datenbank angebunden. Generell existieren zum Start eines Standard-RPAs die beiden Möglichkeiten „via Trigger“ und „via Timer“. Während sich bei „Start via Trigger“ an einem definierten Ort ein Trigger-File befinden muss, damit der Start eines RPAs getriggert wird, signalisiert bei „Start via Timer“ ein Timer in Form einer gesetzten Uhrzeit, wann die Ausführung eines RPAs überfällig ist. Der eigentliche Ausführungsstart eines RPA-Bots wird durch den RPA-Timer über ein Start-File initiiert. Wurden mehrere Start-Files für jeweils verschiedene RPA-Bots erzeugt, erfolgt eine parallele Abarbeitung des Programm-codes der RPAs.

Workflow-Automatisierung mit Microsoft Power Plattform und Microsoft Office 365

Für die Automatisierung von Prozessen mit Userinteraktionen wird neben dem RPA-Framework auf eine Kombination der Microsoft-Anwendungen Power Apps, SharePoint und Power Automate zurückgegriffen. Über eine Power App können die für den Workflow erforderlichen Eingaben entweder über Eingabefelder durch den Anwender oder automatisiert über die Power App erfasst werden. Während bei der manuellen Erfassung exemplarisch die Eingabe einer Lieferantennummer genannt werden kann, kann bei der automatisierten Erfassung die E-Mail-Adresse des Anwenders angeführt werden. Als Datenbank fungieren SharePoint-Listen, die als Datenquellen in der Power App zu hinterlegen sind. Dadurch können die in der SharePoint-Liste enthaltenen Daten über die Power App sowohl geladen als auch durch die Erfassung neuer Daten oder die Modifikation bestehender Daten transformiert werden. Zugleich fungiert die SharePoint-Liste als Basis für die robotergesteuerten Prozessautomatisierung mit Power Automate. Ein Power Automate Workflow, der die einzelnen zu automatisierenden Schritte enthält, kann zum einen durch das Erzeugen oder Verändern eines SharePoint-Listeneintrags ausgelöst werden und zum anderen bei der Realisierung der Geschäftslogik auf die SharePoint-Liste als Datenbank zurückgreifen. Das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten der Workflow-Automatisierung wird in der nachfolgenden Abbildung 1 veranschaulicht.

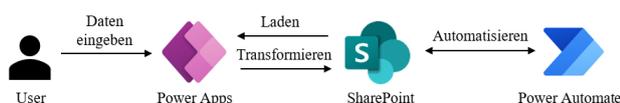


Abbildung 1: Workflow-Automatisierung mit Userinteraktion

ANALYTICS-USE-CASES

Orderbuch

Das Orderbuch ist ein Werkzeug des Enterprise-Resource-Planning (ERP)-Systems von SAP für die Bezugsquellenermittlung. Systemtechnisch wird das Orderbuch als Liste, in der die für ein Material in einem bestimmten Werk und einem vorgegebenen Zeitraum erlaubten und nicht erlaubten Bezugsquellen definiert sind, abgebildet. [14] Die Daten des Orderbuchs werden in der SAP-Standardtabelle „EORD“ gespeichert.

Die Bezugsquellen eines bestimmten Materials eines bestimmten Werks können über die SAP-Standardtransaktion „ME03“ angezeigt werden. Eine Abfrage des Orderbuchs zu einem Lieferanten ist über diese Transaktion nicht möglich. [15]

Benötigen Mitarbeitende des Einkaufs die Daten dennoch, müssen sie den mit einem administrativen und zeitlichen Aufwand in Höhe von fünf bis zehn Minuten verbundenen Weg über das interne Ticketsystem gehen. Eine Antwort auf ihr Ticket erhalten sie nach durchschnittlich zwei Tagen. Die Bearbeitung des Tickets nimmt durchschnittlich 15 Minuten in Anspruch.

Für die Bearbeitung eines Tickets zur Orderbuchabfrage muss von einem Mitarbeitenden von CP Processes and Systems anfrageabhängig eine ein bis dreimalige Abfrage der Datenbanktabelle „EORD“ über die SAP-Standardtransaktion „SE16“ mit anschließendem Download des Ergebnisses als CSV-Datei durchgeführt werden. Das Ergebnis der Abfrage muss anschließend als Excel-Datei aufbereitet als Anlage des Tickets dem Anfragestellendem bereitgestellt werden.

Relevant für einen Einkaufenden ist die Möglichkeit eine Abfrage zu

- Material und Lieferanten,
- Material, Lieferanten und Werk,
- für ein Werk und Lieferanten
als fixiert definierten Orderbuchsätzen

zu starten.

Einkaufsinfosatz mit Konditionen

Ein Einkaufsinfosatz fungiert als Informationsquelle des Einkaufs, indem er unter anderem Auskunft darüber erteilt, zu welchen Preisen und Konditionen ein Lieferant liefern kann. Grundsätzlich wird dazu ein Einkaufsinfosatz mit Einkaufsinformationen zu einem bestimmten Material und dem Lieferanten des Materials in SAP definiert. [16]

Für ein zielorientiertes Führen einer Jahrespreisverhandlung ist eine fundierte Vorbereitung des verhandlungsführenden Mitarbeitenden unumgänglich. Grundlage dafür ist ein Abzug der im SAP-System hinterlegten, aktuell gültigen Einkaufsinfosätze zusammen mit ihren Konditionen.

Die Ausführungsdauer einer solchen Infosatzabfrage mit Konditionen ist mit einem zeitlichen Aufwand, der je nach den Fähigkeiten eines Nutzers zwischen 10 und 30 Minuten variiert, verbunden.

Für einen Abzug muss zunächst ein lieferanten- und einkaufsorganisationsspezifischer und gegebenenfalls materialspezifischer Export der über einen BI-Bericht zur Verfügung gestellten Einkaufsinfosätze erfolgen. Im Ergebnis der Infosatzabfrage tritt ein Einkaufsinfosatz mehrmalig auf, weil jede im Einkaufsinfosatz hinterlegte Kondition eine Zeile besitzt. Für eine lesbarere Darstellung und um das unmittelbare Einspielen von Preis- und Konditionsänderungen über eine vorhandene Automatisierungsschnittstelle in SAP zu ermöglichen, müssen die Einkaufsinfosätze über das sogenannte „Single-Liner-Tool“, bei dem es sich um eine auf Excel VBA basierende Robot Desktop Automation Anwendung handelt, aufbereitet werden.

ANFORDERUNGSANALYSE

Die Anforderungsanalyse ist im Kontext eines systematischen Software-Entwicklungsprozess in verschiedene Vorgehensmodelle zur System- und Softwareentwicklung integriert. [17] Die Qualität der Anforderungen gilt als Garant für den Erfolg eines Projekts. [18] Das folgende Kapitel beschäftigt sich damit, einen geeigneten Anforderungskatalog als Basis für die Konzeptionierung und Implementierung der genannten Komponenten zu erarbeiten. Für eine RPA-Lösung wird es dabei als vorteilhaft erachtet den Funktionsumfang auf ein Minimum Viable Product (MVP) zu beschränken. [4] Ähnliche, teilweise weitaus umfangreichere Anforderungsanalysen werden im Zuge eines Requirements Engineerings in Funktionsbereichen und Unternehmen, die auf Software-Entwicklung spezialisiert sind, durchgeführt.

Pohl und Rupp (s. [18]) legen verschiedene Techniken zur Ermittlung von Anforderungen fest und betonen dabei die situationsgerechte Anwendung, um ein an ein Projekt angepasstes, möglichst vollständiges Anforderungsprofil zu erhalten. Aus Perspektive des zu realisierenden Projekts wurde das Führen eines Experteninterviews und die Darstellung des Anwendungsablaufs des Analytics-On-Demand-Self-Services angewandt. Die Anforderungen wurden in zwei Granularitätsstufen spezifiziert, wobei eine Kombination aus modellbasierter und natürlichsprachiger Dokumentation, die in der Fachliteratur zur Nutzung der Vorteile beider Dokumentationsformen empfohlen wird, verwendet wurde. [18]

Für die modellbasierte Dokumentation als Use-Case-Diagramm, das in Abbildung 2 vereinfacht dargestellt ist, fungieren Struktur und Verhalten des Analytics-On-Demand-Self-Services als primäre Quellen. Der User, der als eine Person, die den Analytics-On-Demand-Self-Service in Anspruch nimmt, definiert wird, startet eine Anfrage bzw. einen Request, indem er meldet, welche Daten er benötigt. Daraufhin startet zeitgesteuert ein RPA, der die Vorverarbeitung des Requests übernimmt und deshalb im weiteren Verlauf als Preprocessor-RPA bezeichnet wird. Der Preprocessor-RPA erzeugt aus den Requestdaten eine Datei für den Transfer zu einem sog. Analytics-RPA, der, als ein für eine Analytics-Aufgabe spezifischer RPA, nach einem durch den Preprocessor-RPA initiiertem, zeitgesteuertem Start die Verarbeitung und Ergebnisbereitstellung übernimmt.

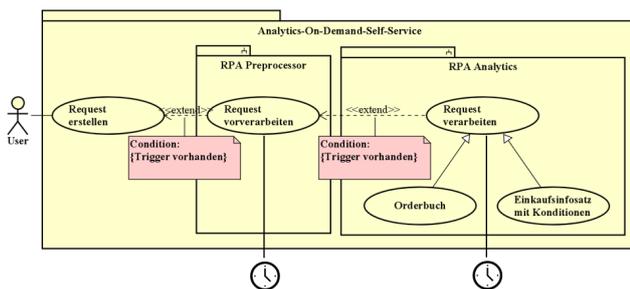


Abbildung 2: Use-Case-Diagramm zum Analytics-On-Demand-Service

Im nächsten Schritt wurden daraus Anforderungen, die sich aus den einzelnen Use Cases ergeben und auf die Konzeptionierung und Implementierung der RPA-Schnittstelle und der

Verifizierung ihrer Funktionalität Einfluss haben, abgeleitet. Die Anforderungen wurden gruppiert nach den Systemkomponenten, auf die sie sich beziehen natürlichsprachlich dokumentiert und zur Nachverfolgbarkeit und eindeutigen Identifizierung fortlaufend nummeriert. Um Unterschiede hinsichtlich der Relevanz der Anforderungen zu berücksichtigen, wurde eine dreistufige Priorisierung der Anforderungen im Hinblick auf den Erfolg des Projekts vorgenommen. [18] Dazu wurden die Anforderungen in Muss- Soll- und Kann-Anforderungen klassifiziert und entsprechend gewichtet: [19]

- **Muss-Anforderung** (Gewichtung: 3)
Die Anforderung ist zwingend zu erfüllen, um den Erfolg des Projekts nicht zu gefährden.
- **Soll-Anforderung** (Gewichtung: 2)
Die Anforderung hat eine hohe Relevanz, ist aber nicht zwingend für den Erfolg des Projekts erforderlich.
- **Kann-Anforderung** (Gewichtung: 1)
Die Anforderung hat eine geringe Relevanz und gefährdet den Erfolg des Projekts nicht.

Die Anforderungen werden im Folgenden in verkürzter Form aufgelistet.

Preprocessor-RPA:

- A01: Zeitgesteuerter Start via Timer (Muss, 3)
- A02: Vorverarbeitung bei neuem Request (Soll, 2)
- A03: Lesen der Request-Daten (Muss, 3)
- A04: Validierung der Eingabedaten (Muss, 3)
- A05: Reklamation fehlender Daten (Kann, 1)
- A06: Aufbereitung der Request-Daten (Muss, 3)
- A07: Initiierung Start des Analytics-RPAs (Muss, 3)

Analytics-RPA:

- A08: Zeitgesteuerter Start via Trigger (Muss, 3)
- A09: Lesen der aufbereiteten Request-Daten (Muss, 3)
- A10: Verarbeitung des Requests (Muss, 3)
- A11: Bereitstellung des Ergebnisses (Muss, 3)

Allgemein:

- A12: Zentrale Datenhaltung (Muss, 3)
- A13: Identifikation eines Requests (Muss, 3)
- A14: Feste und variable Request-Daten (Soll, 2)
- A15: Statustracking (Muss, 3)
- A16: Nachrichtendienst (Soll, 2)
- A17: Berechtigungskonzept (Soll, 2)

KONZEPTIONIERUNG

Um die speziellen Anforderungen eines usergesteuerten, automatisierten Prozesses zur Abarbeitung von Analytics-Aufgaben zu erfüllen, bedarf es einer individuellen Software-Lösung. Im Folgenden wird das aus den Anforderungen entworfene Konzept für die zu implementierende RPA-Lösung präsentiert.

Zentrale Datenhaltung

Die Basis für einen funktionierenden Analytics-On-Demand-Self-Service, der sich über mehrere Komponenten erstreckt, ist eine gemeinsame Datengrundlage. Diese soll in Bezug auf

die Requestverwaltung als Single Point of Truth fungieren (A12). Werden die Daten zentral gespeichert, sind alle Komponenten zur Vereinheitlichung verpflichtet und eine effektive Datenhaltung wird ermöglicht. [20]

Als Datenquelle dient, wie bei der Workflow-Automatisierung bei CP Processes and Systems üblich, eine SharePoint-Liste. Die SharePoint-Liste enthält die durch einen User aufgegebenen Requests und wird durch den Preprocessor-RPA und die Analytics-RPAs als Datenbasis zur Vorverarbeitung und Verarbeitung eines Requests verwendet. Neben festen Spalten, die für die Bearbeitung des Requests erforderlich sind, zu denen u.a. die Request-ID gehört (A13), enthält die SharePoint-Liste eine beliebig erweiterbare Anzahl an Eingabespalten, in denen die Benutzereingaben gespeichert werden (A14).

Zeitgesteuerter Start

Zur automatischen, zeitgesteuerten Ausführung des Preprocessor-RPAs (A01) und zum automatischen Start des Analytics-RPAs bei vorhandenem Trigger nach Zeitplan (A08), ist es erforderlich beide RPAs manuell in der Datenbank, die für die Steuerung der RPAs verantwortlich ist, zu erfassen.

Trigger

Nachhaltigkeitsaspekte haben zunehmend Einfluss auf die Entwicklung und den Betrieb von Software. Eine Steigerung von Performance und Verfügbarkeit ohne zusätzlicher Ressourcen lässt sich insbesondere durch einen ressourceneffizienten Betrieb von Software erreichen. [21] Um Rechenressourcen effizient zu nutzen und sie nicht unnötigerweise zu belasten, soll ein RPA nur ausgeführt bzw. gestartet werden, wenn ein Request vorverarbeitet oder verarbeitet werden muss. Aus diesem Grund bedarf es sowohl eines Triggers für den Preprocessor-RPA als auch eines Triggers für den Analytics-RPA.

Der Trigger für den Preprocessor-RPA soll einfacherweise über einen Power Automate Workflow gesetzt werden, wenn ein neuer Request in der Sharepoint-Liste erfasst wird. Das Vorhandensein des Triggers signalisiert dem Preprocessor-RPA, dass mindestens ein neuer Request in der SharePoint-Liste erfasst wurde und er deshalb mit der Vorverarbeitung starten kann (A02).

Der Trigger für den Analytics-RPA muss durch den Preprocessor-RPA gesetzt werden, wenn ein Request vorverarbeitet wurde. Das Vorhandensein des Triggers muss dem Analytics-RPA signalisieren, dass er seine Analytics-Aufgabe auf Basis der von dem Preprocessor-RPA erzeugten Datei zum Datenaustausch ausführen kann (A07). Der Trigger muss dem Trigger zur Steuerung eines RPAs entsprechen, d.h. es muss sich um eine leere Text-Datei handeln, deren Name sich aus der auszuführenden Maschine und dem auszuführenden RPA zusammensetzt, und die an einem vordefinierten Speicherort erstellt wird.

RPA-Steuerungsliste

Für die Initiierung des Starts eines Analytics-RPAs muss der Preprocessor-RPA Kenntnis darüber besitzen, welcher RPA mit welcher Aufgabe betraut ist. Zur anwenderfreundlichen Erweiterung, die eine gute RPA-Software auszeichnet [5], wird die Zuordnung nicht fest in den Quellcode des

Preprocessor-RPAs implementiert, sondern über eine Tabelle in Form einer Excel-Liste zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus ist es für die Validierung der Benutzereingaben erforderlich, zu wissen, welche Eingabedaten für welche Analytics-Aufgabe benötigt werden. Um die aus einer weiteren Datenquelle resultierende Komplexität des Analytics-On-Demand-Self-Services zu reduzieren, bietet es sich an die Verknüpfung der Inputparameter mit der Verknüpfung eines RPAs zur Aufgabe vorzunehmen. Dabei entstehen durch die unterschiedlichen Konstellationen von Eingabeparametern verschiedene Varianten einer Aufgabe.

Statustracking

Um den Status eines Requests zu überwachen und um die richtige Reihenfolge bei der Abarbeitung eines Requests einzuhalten (A15), ist es notwendig den Request-Lebenszyklus in mehrere Einzelphasen zu unterteilen: Initial, In Progress, Done und Fulfilled. Wie aus der schematischen Abbildung 3 ersichtlich wird, kann jede Phase, die systemintern durch eine Ziffer von null bis drei repräsentiert wird, einer Komponente des Analytics-On-Demand-Services zugeordnet werden. Während ein Request beim Anlegen den initialen Status 0 erhält, wird der Status durch den Preprocessor-RPA zu Beginn der Vorverarbeitung auf den Status 1 – In Progress – und am Ende auf den Status 2 – Done – gesetzt. Der Analytics-RPA kennzeichnet nach Verarbeitung eines Requests den Request mit Status 3 – Fulfilled – als abgeschlossen. Tritt innerhalb des Preprocessor-RPAs oder des Analytics-RPAs ein Fehler auf, ist vorzeitig das Ende des Request-Lebenszyklus erreicht und der Status 4 – Cancelled – kennzeichnet den Abbruch des Requests.

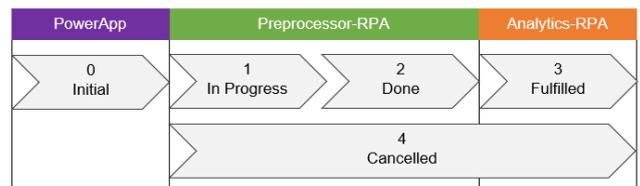


Abbildung 3: Request-Lebenszyklus im Kontext des Analytics-On-Demand-Services

Validierungsprüfungen

Um bei der Verarbeitung eines Requests Fehler durch Benutzereingaben zu vermeiden, werden die Benutzereingaben durch den Preprocessor-RPA zunächst auf Plausibilität getestet (A04).

Zu den möglichen Eingabedaten des Analytics-On-Demand-Self-Services, die bei der Verwendung zur Orderbuch- und Einkaufsinfosatzabfrage mit Konditionen validiert werden müssen, gehören eine oder mehrere Lieferantennummern, Materialnummern, Werke und Einkaufsorganisationen. Eine Lieferantenummer ist gültig, wenn sie entweder aus dem 600000er oder aus dem 650000000er Nummernkreis stammt. Eine Materialnummer ist gültig, wenn sie zehn Stellen besitzt. Ein Werk und eine Einkaufsorganisation müssen auf Vierstelligkeit überprüft werden. Außerdem ist es für die Orderbuchabfrage erforderlich, dass überprüft wird, ob das FIX-Kennzeichen gesetzt ist.

Nachrichtendienst

Unter Nachrichtendienst werden die Tätigkeiten, die im Rahmen des Versendens von Nachrichten an den User ergriffen werden müssen, subsumiert. Um den User über den Erfolg oder Misserfolg eines Requests zu informieren, werden zwei verschiedene Nachrichtenarten definiert – eine „Fulfilled-Message“, wenn der Request erfolgreich verarbeitet werden konnte und eine „Cancelled-Message“, wenn während der Request Vorverarbeitung oder Verarbeitung ein Fehler aufgetreten ist, der zum Abbruch geführt hat (A16).

Jede Nachricht besteht aus einem standardisierten Nachrichtentext mit Platzhaltern für dynamischen Inhalt, um eine Nachricht request- und userspezifisch formulieren zu können.

Weil der Versand von Nachrichten sowohl von dem Preprocessor-RPA als auch von einem Analytics-RPA erfolgen muss, wird der Nachrichtentext für eine bessere Wartbarkeit nicht direkt in den Programmcode eingebunden, sondern in Form von HTML-Dateien den einzelnen RPAs als Templates bereitgestellt.

Die beiden üblichen Wege des digitalen Nachrichtenaustauschs in der Krones AG sind der Versand von E-Mails über Outlook und der Versand von Nachrichten über Microsoft Teams. Aufgrund der Vielzahl an bei Mitarbeitenden eingehenden E-Mails aus dem Tagesgeschäft und des auf 5000 zu versendende E-Mails beschränkten Limits eines Outlook-Postfachs [22] wurde Microsoft Teams als Standard-Kommunikationskanal für die Benachrichtigung eines Users des Analytics-On-Demand-Self-Services gewählt und eine Benachrichtigung per E-Mail wird dem User als Auswahloption zur Verfügung gestellt.

Zur Benachrichtigung eines Users über den aktuellen Status des Requests werden zwei existierende, standardisierte Power-Automate-Workflows genutzt. Während der eine Workflow für den Versand von E-Mails über Outlook zuständig ist, wird der andere für den Versand von Nachrichten über Microsoft Teams eingesetzt. Es handelt sich dabei jeweils um einen automatisierten Cloud-Flow, der ausgelöst wird, wenn in einer vorgegebenen SharePoint-Liste ein neuer Eintrag erstellt wird.

Datenaustausch

Dadurch, dass die durch den Preprocessor-RPA vorverarbeiteten Daten von verschiedenen Analytics-RPAs als Eingabedaten verwendet werden müssen, ist es notwendig, dass die Daten standardisiert in einer Datei zum Datenaustausch aufbereitet werden, sodass sie von einem beliebigen an den Prozess angebotenen RPA verarbeitet werden können (A06). Die Vereinheitlichung auf semantischer Ebene (Inhalt) und syntaktischer (Format) sind Voraussetzungen für die Gewährleistung von Interoperabilität verschiedener Systeme und einer maschinellen Weiterverarbeitung von Daten. [23]

Semantische Ebene

Die Datei für den Datenaustausch muss die Request-Daten enthalten, die ein Analytics-RPA für die Verarbeitung eines Requests benötigt. Neben den validierten Eingabewerten eines Users, sind das die grundsätzlichen Request-Daten „ID des Requests“, „E-Mail-Adresse des Users“, „Wunsch

des Users nach E-Mail-Benachrichtigung“ und „Variante der Analytics-Aufgabe“. Um die grundsätzlichen Daten von den Benutzereingaben unterscheiden zu können, soll deren Bezeichnung jeweils ein „r_“ vorangestellt werden.

Syntaktische Ebene

Für das Format der Datei zum Datenaustausch bieten sich verschiedene Datenaustauschformate, wie JSON, XML und CSV an. [24] Als wichtige Kriterien, die es bei der Auswahl des Dateiformats zu beachten gilt, wurde die programmertechnische Handhabbarkeit mit Python, die Eignung für die Struktur und Komplexität der auszutauschenden Daten und die Les- und Schreibbarkeit zur Vereinfachung von Entwicklung und Wartung identifiziert.

Um die verschiedenen Datenaustauschformate im Hinblick auf die Erfüllung der drei Kriterien vergleichend gegenüberzustellen, wurde eine Entscheidungsmatrix erstellt, in der eine zahlenbasierte Bewertung von 1 bis 5 vorgenommen wurde. Je höher die Bewertung eines Formats, desto höher der Erfüllungsgrad des Kriteriums im Vergleich zu den anderen Formaten. Die Bewertung der einzelnen Kriterien kann in der nachfolgenden Tabelle 4 der Entscheidungsmatrix eingesehen werden.

Kriterium	JSON	XML	CSV
Handhabbarkeit mit Python	5	3	3
Eignung für die Struktur und Komplexität der auszutauschenden Daten	5	4	5
Les- und Schreibbarkeit	4	3	5
	14	10	13

Abbildung 4: Entscheidungsmatrix für das Format zum Datenaustausch

Für die Bewertung wurden nachfolgende Aspekte berücksichtigt:

Handhabbarkeit mit Python

Die Python-Standardbibliothek stellt für jedes der drei Datenformate ein Modul zur Verarbeitung zur Verfügung. Dadurch, dass JSON im Vergleich zu den anderen Datenformaten den Vorteil bietet, dass es sich aufgrund korrespondierender Datentypen, wie beispielsweise dem JSON Object, das einem Python Dictionary entspricht, leichter verarbeiten lässt, erhielt das Format eine höhere Bewertung.

Eignung für die Struktur und Komplexität der auszutauschenden Daten

Die im Rahmen des Analytics-On-Demand-Self-Service auszutauschenden Daten sind einfach und klar strukturiert, weshalb die Formate JSON und CSV ausreichend sind. Komplexe Datenstrukturen lassen sich besser in XML abbilden.

Les- und Schreibbarkeit

Am einfachsten für den Menschen les- und schreibbar, ist das CSV-Format, das aus Zeilen und Spalten aufgebaut ist. Es folgt JSON, dessen Syntax im Vergleich zu XML kompakter ist. JSON verwendet geschweifte Klammern für Objekte und eckige Klammern für Arrays, wohingegen XML öffnende und schließende Tags verwendet und die Daten hierarchisch strukturiert speichert.

Nach Auswertung der Entscheidungsmatrix, bei der die vergebenen Bewertungspunkte aufsummiert wurden, wurde sich für die standardisierte Aufbereitung mittels JSON, das mit 14 Bewertungspunkten die höchste Punktzahl erhalten hatte, entschieden.

Preprocessor-RPA

Ziel des Preprocessor-RPAs ist es die Datei zum Datenaustausch zu erstellen und den Start für die Analytics-Aufgabe zuständigen Analytics-RPA zu initiieren. Um nur mit der Vorverarbeitung zu starten, wenn ein neuer Request erstellt wurde, muss zunächst geprüft werden, ob ein Trigger vorhanden ist. Wenn ein Trigger existiert, müssen zunächst alle neuen Requests gelesen werden (A03). Um das Risiko einer Mehrfachverarbeitung durch verschiedene Instanzen zu minimieren, muss der Status eines jeden Requests aktualisiert werden. Die Vermeidung einer Mehrfachverarbeitung, ist dadurch nicht möglich, da bei einem nahezu simultanen Start verschiedener Instanzen des Preprocessor-RPAs ein Request bereits mehrfach erfasst sein kann. Anschließend muss für jeden Request die Datei zum Datenaustausch erzeugt werden. Dazu müssen zunächst die Eingabedaten des Users validiert werden. Bei nicht erfolgreicher Validierung ist es nach A05 wünschenswert, dass die Eingabe beim User reklamiert wird. Jedoch kann die Konzeption und Implementierung eines Reklamationsprozess im Rahmen des Projekts nicht realisiert werden. Stattdessen wird bei ungültigen Eingaben der Request als abgebrochen gekennzeichnet und eine Nachricht an den User gesendet, in der auf den Abbruch und seinen Eingabefehler hingewiesen wird. Für die Verarbeitung des Requests durch den entsprechenden Analytics-RPA muss ein Trigger zum Start des Analytics-RPA gesetzt werden. Abschließend muss der Status in der Steuerungs-Sharepoint-Liste aktualisiert werden.

Ergebnisbereitstellung

Um das Ergebnis der Analytics-Aufgabe dem User bereitzustellen (A11), ist ein Ablageort erforderlich, auf den sowohl der Analytics-RPA und der User zugreifen können. Ein online verfügbarer Ablageort, auf den über das RPA-Framework gut zugegriffen werden kann, ist SharePoint. Deshalb soll das Ergebnis eines Requests einem User in einem persönlichen SharePoint-Ordner bereitgestellt werden. Für die Bezeichnung des Ordners soll der Name des Users verwendet werden. Zur Erleichterung der Suche und des Zugriffs sollen alle Ordner in derselben Bibliothek einer SharePoint-Teamwebseite angelegt werden. Damit ein User nur auf das Ergebnis der selbst erstellten Requests zugreifen kann, ist die Vergabe von Berechtigungen erforderlich.

Um Berechtigungen auf einen SharePoint-Ordner zu erteilen, ist der Zugriff auf die „SharePoint CSOM API“ über einen HTTP-POST-Request notwendig. Über die Spezifikation des Ortes des Ordners, den es zu berechtigen gilt, und der Methode „UpdateDocumentSharingInfo“ in der URI kann für einen User über die User-ID, die der E-Mail-Adresse entspricht, die Benutzerrolle geändert werden.

Aufgrund von Restriktionen hinsichtlich Webseitenzugriff mit verbundenem Office-Konto aus einem RPA heraus, muss für die automatisierte Freischaltung eines Users auf einen Ordner auf einen Power Automate Workflow zurückgegriffen werden. In Power Automate ist es über die Hinterle-

gung einer „Verbindung“ zu SharePoint möglich, dass über einen Konnektor direkt mit der SharePoint-API kommuniziert werden kann. Damit der Workflow auch von anderen RPAs genutzt und auf beliebige SharePoint-Ordner angewendet werden kann, wurde bei der Konzeptionierung des Workflows auf Portabilität geachtet. Im Zuge dessen soll eine Sharepoint-Liste zur Steuerung des Berechtigungsprozesses verwendet werden, die es ermöglicht, den Power Automate Workflow über dynamische Werte zu steuern. Der Flow muss folglich über einen Eintrag eines RPAs in der Berechtigungs-SharePoint-Liste ausgelöst werden.

Analytics-RPA

Ziel eines Analytics-RPAs ist es die Analytics-Aufgabe auszuführen und dem User das Ergebnis bereitzustellen. Infolgedessen, dass sich verschiedene Analytics-RPAs nur anhand der spezifischen Analytics-Aufgabe voneinander unterscheiden, wurde ein allgemeines Konzept zum Ablauf eines Analytics-RPAs ausgearbeitet. Zur Verarbeitung eines Requests muss zunächst die für den jeweiligen Analytics-RPA vorgesehene Datei zum Datenaustausch eingelesen werden (A09). Damit keine Mehrfachverarbeitung durch verschiedene Instanzen des Analytics-RPAs möglich ist, muss über einen Sperrmechanismus der Zugriff auf die Dateien synchronisiert werden. Anschließend muss die Analytics-RPA spezifische Funktionalität ausgeführt werden. (A10) Bei erfolgreicher Verarbeitung wird das Ergebnis des Requests dem User bereitgestellt und der Request als erfüllt gekennzeichnet. Bei Auftritt eines Fehlers wird der User informiert und der Request als abgebrochen gekennzeichnet.

Sperrmechanismus

Ein etabliertes, einfaches Verfahren zur Vermeidung von Mehrbenutzeranomalien bei parallelem Zugriff auf eine Ressource ist das Setzen einer Sperre zur Sicherung des exklusiven Zugriffs eines Prozesses auf eine Ressource. [25] Damit nicht verschiedene Instanzen eines Analytics-RPAs auf dieselben Dateien zum Datenaustausch zugreifen und diese mehrfach verarbeiten, wird der Dateizugriff mit einem Sperrmechanismus synchronisiert, der einen exklusiven Zugriff auf die Datei ermöglicht. Existiert noch keine Sperre, wird eine Sperre in Form einer leeren Text-Datei gesetzt. Die Sperre bleibt solange bestehen, bis ein Analytics-RPA die Request-Daten eingelesen hat. Vor der Freigabe der Sperre, wird die Datei zum Datenaustausch verschoben.

Analytics-RPAs: Use Case 1 und 2

Vor Automatisierung eines Prozesses ist es zur erfolgreichen Nutzung von RPA im Rahmen eines aktiven Prozessmanagements erforderlich zu prüfen, ob der zu automatisierende Prozess optimiert werden kann. [5] [12]

Bei Analyse des bestehenden Prozesses zur Beschaffung von Einkaufsinfosätzen mit Konditionen wurde als Potenzial zur Optimierung des automatisierten Prozessablaufs die Reduzierung von Schnittstellen identifiziert. Schnittstellen können sich zu einem Problemfaktor bei der Prozessautomatisierung entwickeln, da mit zunehmender Anzahl an Schnittstellen die Komplexität des zu automatisierenden Prozesses steigt. [26]

Im Prozess zur Beschaffung von Einkaufsinfosätzen mit Konditionen kann die Anzahl der erforderlichen Schnittstellen um zwei reduziert werden. Zum einen kann der Download und Import der Daten für die Weiterverarbeitung durch einen direkten Zugriff auf das Data Lakehouse, das als Datenquelle des BI-Berichts dient, eingespart werden. Zum anderen kann anstelle der Imitation der menschlichen Arbeitsschritte bei Bedienung des Single-Liner-Tools, die Funktionalität des Single-Liner-Tools unmittelbar über den Analytics-RPA realisiert werden.

Im Prozess zur Abfrage des Orderbuchs soll die Abwicklung über die SAP Standardtransaktion „SE16“ aufgrund bestehender Framework-Strukturen und dem nicht Vorhandensein der SAP-Datenbanktabelle „EORD“ im Data Lakehouse beibehalten werden.

Die Ergebnisse der Analytics-Aufgaben sollen jeweils als Excel-Datei mit Hinweis auf die Eingabedaten dem User bereitgestellt werden. Zur eindeutigen Identifizierung der Ergebnisse soll die Datei die Request-ID als Namen erhalten. Die Excel-Datei, die das Ergebnis der Einkaufsinfosatzabfrage mit Konditionen beinhaltet, soll entsprechend dem für die SAP-Automatisierungsschnittstelle benötigten Formats aufgebaut werden.

Gemäß Ausnahmebehandlung soll ein Laufzeitfehler, der während der Programmausführung auftritt abgefangen werden und an die höhere Programmebene zur Behandlung weitergereicht werden. [24]

Berechtigungskonzept

Gemäß einem zur Gewährleistung von Informationssicherheit zu integrierendem Berechtigungsmanagement ist auf eingeschränkten Zugang und Zugriff der Mitarbeitenden auf Informationen und Dienste zu achten. [27] Über ein Berechtigungskonzept soll die Benutzung des Analytics-On-Demand-Self-Services auf einen eingeschränkten Personenkreis restriziert werden (A17). Zur frühzeitigen Unterbindung eines Requests einer nicht zur Ausführung der Analytics-Aufgabe berechtigten Person soll die Berechtigungsprüfung Teil der GUI werden. Das Berechtigungskonzept ist somit nicht Teil der im Rahmen des Projekts zu implementierenden Komponenten.

IMPLEMENTIERUNG

Im Zuge der Implementierung wurde das erarbeitete Konzept für die einzelnen Komponenten des Analytics-On-Demand-Services in ausführbaren Programmcode umgesetzt.

Die Implementierung umfasst die Implementierung einer Hub-Klasse, des RPA Preprocessors, des RPA Analytics, der das Orderbuch abfragt, des RPA Analytics, der die Einkaufsinfosätze mit Konditionen abfragt und zwei Power Automate Workflows zum Erzeugen eines Triggers und zur Vergabe von SharePoint-Ordner-Berechtigungen.

Hub-Klasse

In der Fachliteratur wird zur Reduzierung der Komplexität der RPA-Implementierung der modulare Aufbau von RPA-Software empfohlen, sodass durch Wiederverwendung eine schnellere Entwicklung erreicht werden kann. [28] Die für

die Abwicklung eines Request erforderliche, mehrfach benötigte Funktionalität wurde deshalb modular in Funktionen implementiert und zentral über eine sog. Hub-Klasse bereitgestellt.

Zentrale Datenhaltung

Auf SharePoint wurde eine SharePoint-Liste, in der in Abbildung 5 dargestellten Form, angelegt.

Name	Typ	Default	Inhalt
ID	Zahl		ID des Requests
Created	Datum und Uhrzeit		Zeitpunkt der Request-Erfassung
TYP	Einzelne Textzeile		Analytics-Aufgabe
VAR	Einzelne Textzeile		Variante der Analytics-Aufgabe
OPTION1	Mehrere Textzeilen		Eingabe des Request-Erstellers
OPTION2	Mehrere Textzeilen		Eingabe des Request-Erstellers
OPTION3	Mehrere Textzeilen		Eingabe des Request-Erstellers
OPTION4	Mehrere Textzeilen		Eingabe des Request-Erstellers
STATUS	Zahl	0	Status des Requests
Requester	Einzelne Textzeile		E-Mail-Adresse des Users
Email_Response	Ja/Nein		Wunsch des Users nach E-Mail-Benachrichtigung

Abbildung 5: Spalten der SharePoint-Liste zur Datenhaltung

Trigger

Für die Erzeugung des Triggers für den Preprocessor-RPA wurde in Power Automate ein automatisierter Cloud-Flow angelegt. Der Flow startet automatisch, wenn ein neues Element in der SharePoint-Liste, die die Request-Daten enthält, erstellt wird. Aufgabe des Flows ist es, eine Text-Datei mit dem Namen „trigger.txt“, die als Trigger fungiert, in einem speziellen OneDrive-Verzeichnis zu erzeugen.

Um den Trigger für den Analytics-RPA zu erzeugen, werden in einer dafür implementierten Methode, die bestehenden Strukturen des RPA-Frameworks genutzt. Unter Angabe des Namens des Analytics-RPAs, dessen Ausführung getriggert werden soll, wird ein den zur Steuerung eines RPAs entsprechender Trigger erzeugt.

RPA-Steuerungsliste

In Excel wurde eine RPA-Steuerungsliste, in der in Abbildung 6 dargestellten Form angelegt. In der RPA-Steuerungsliste wurden für die Orderbuchabfrage drei Varianten erfasst, sodass die für einen Einkaufenden relevanten Möglichkeiten einer Abfrage realisiert werden können. Für die Infosatzabfrage mit Konditionen wurden zwei Varianten erfasst, sodass eine Abfrage entsprechend der Filterbedingungen des zu Grunde liegenden Ist-Prozesses möglich ist.

	A	B	C	D
1	TASK	TASK_VARIANTE	TASK_PARAMETER	RPA
2	Orderbuch	Orderbuch1	LIFNR;WERKS;FIX	rpa_analytics_
3	Orderbuch	Orderbuch2	LIFNR;MATNR	rpa_analytics_
4	Orderbuch	Orderbuch3	LIFNR;MATNR;WERKS	rpa_analytics_
5	Infosatz Konditionen	InfosatzKonditionen1	LIFNR;EKORG	rpa_analytics_
6	Infosatz Konditionen	InfosatzKonditionen2	LIFNR;EKORG;MATNR	rpa_analytics_

Abbildung 6: RPA-Steuerungsliste

Nachrichtendienst

Sowohl für „Fulfilled-Message“ als auch für „Cancelled-Message“ wurde jeweils eine HTML-Datei als Template erstellt. Die Templates sind nach dem von dem W3C (World Wide Web Consortium) für HTML5 vorgegebenen Standards aufgebaut.

In Abbildung 7 und 8 ist jeweils ein Beispiel einer über Microsoft Teams versendeten „Fulfillment“ und „Cancellation“-Nachricht abgebildet.



Abbildung 7: „Fulfillment“-Nachricht



Abbildung 8: „Cancellation“-Nachricht

Validierungsprüfungen

Jede Validierungsprüfung findet in einer eigenen Methode statt. Zur Kennzeichnung, dass es sich um eine Methode zur Validierungsprüfung handelt, wurde eine einheitliche Benennung gewählt. Alle Methodennamen beginnen mit „check“ und werden durch einen Unterstrich von dem Namen des zu überprüfenden Eingabeparameters getrennt, zum Beispiel „check_LIFNR“. Die Benutzereingabe des Users, die es zu validieren gilt, wird der Methode als Übergabeparameter übergeben. Für jede Validierung mit Ausnahme der Validierung des FIX-Kennzeichens wird zunächst geprüft, ob es sich bei der Benutzereingabe um kein leeres Objekt oder keinen Leerstring handelt. Anschließend werden die Eingabedaten des Users bereinigt. Bei der Bereinigung werden Leerzeilen, Leerzeichen, Punkte, Kommas und nicht ASCII-Zeichen durch einen Leerstring ersetzt. Dann findet für jeden in der Benutzereingabe enthaltenen Wert eine eingabeparameterabhängige Validierungsprüfung statt, ehe bei erfolgreicher Validierung die Benutzereingabe und ansonsten eine leere Variable zurückgegeben wird.

Zur Überprüfung, ob es sich bei dem zu überprüfenden Wert um eine Lieferantenummer handelt, wird zunächst geprüft, ob es sich um einen numerischen Wert handelt. Zur Überprüfung auf die Nummernkreise wird die Lieferantenummer auf zehn Stellen mit 0en aufgefüllt. Von rechts ausgehend wird anschließend geprüft, ob die Lieferantenummer mit „00006“ oder „065“ beginnt.

Zur Überprüfung, ob es sich bei dem zu überprüfenden Wert um ein Werk handelt, wird geprüft, ob die Länge des Strings vier ist. Ebenso findet die Überprüfung auf eine Einkaufsorganisation statt. Für die Validierung einer Materialnummer wird geprüft, ob die Länge des Strings zehn ist. Bei der Validierung des FIX-Kennzeichens findet je nach Eingabe zur späteren Überprüfung eine Anpassung der Eingabe auf „X“ (nur fixierte Einträge) oder einen Leerstring (alle Einträge) statt.

Anhand der aus der RPA-Steuerungsliste ermittelten Eingabeparametern findet eine Validierung der in den SharePoint-Eingabespalten vorhandenen Eingabedaten des Users statt. Dazu wird für jeden Eingabeparameter die eingabeparameterabhängige Funktion zur Validierung aufgerufen, die prüft, ob es sich um eine dem Eingabeparameter entsprechende Eingabe handelt.

Die Methoden zur Validierungsprüfungen wurden als verschachtelte Funktionen implementiert, sodass die dem Eingabeparameter entsprechende, aufzurufende Methode nicht erst über eine Kontrollstruktur identifiziert werden muss, sondern direkt über die locals()-Funktion von Python aufgerufen werden kann.

War die Validierung erfolgreich wird der Eingabeparameter als Key und die Benutzereingabe als Value in einem Dictionary als neues Key-Value-Paar hinzugefügt. Entsprechend keine der in den Eingabespalten enthaltenen Benutzereingaben den Vorgaben des Eingabeparameters zur Gültigkeit, wird zur Benachrichtigung eines Users in einem String spezifiziert, bei welchem Eingabeparameter die Benutzereingaben nicht erfolgreich validiert werden konnten.

Sollte keine Methode zur Validierungsprüfung für den Eingabeparameter vorhanden sein, wenn beispielsweise aufgrund der Art des Eingabeparameters keine benötigt wird, wird mit der Benutzereingabe analog einer erfolgreichen Validierung verfahren.

Preprocessor-RPA

Zu Beginn der Ausführung des Preprocessor-RPAs wird geprüft, ob ein Trigger vorhanden ist. Wenn nein, wird die Ausführung des Preprocessor-RPAs beendet. Wenn ja, wird der vorhandene Trigger gelöscht und die Methode „preprocessing_routine“, die die Routine zur Vorverarbeitung eines Requests enthält aufgerufen.

Um die neu erfassten Requests zu erhalten, startet die Vorverarbeitungs-Routine mit dem Einlesen der Einträge der Sharepoint-Liste mit dem Status 0 in ein Dataframe. Wenn es neue Requests gibt, wird zur Kennzeichnung, dass die Requests bearbeitet werden der Status eines jeden Requests auf 1 aktualisiert.

Anschließend wird die Methode zur Erstellung der Datei zum Datenaustausch aufgerufen. Innerhalb der Methode wird für jeden neuen Request eine Methode zum Lesen des Namens des für die Ausführung der Analytics-Aufgabe erforderlichen RPAs und die dafür notwendigen Eingabeparameter aus der RPA-Steuerungsliste aufgerufen.

Anschließend wird eine weitere Methode zur Erstellung eines Dictionarys mit den grundsätzlichen Request-Daten aufgerufen. Nach der Validierung der Eingabedaten in einer speziell dafür implementierten Methode werden das Dictionary mit den grundsätzlichen Request-Daten und das Dictionary mit den validierten Eingabedaten zu einem Dictionary vereinigt.

Das Dictionary wird durch eine Methode zur Speicherung der Daten im JSON-Format serialisiert als JSON-File (sh. Abbildung 9) mit der Request-ID als Dateinamen in einem identisch benannten Ordner gespeichert.

```

1 {
2   "r_ID": 32,
3   "r_Reqester": "Nadine.Riedl@krones.com",
4   "r_Email": true,
5   "r_Var": "InfosatzKonditionen2",
6   "LIFNR": [
7     " "
8   ],
9   "EKORG": [
10    " "
11   ],
12  "MATNR": [
13    " ",
14    " "
15  ]
16 }

```

Abbildung 9: JSON-File

Wenn kein Fehler bei der Speicherung aufgetreten ist, wird in einer weiteren Methode der Trigger zum Start eines Analytics-RPA gesetzt. Außerdem wird der Status des Requests auf 2 aktualisiert.

Ist während der Validierung oder an einer anderen Stelle ein Fehler aufgetreten, wird der Fehler abgefangen, die Request-Verarbeitung abgebrochen, eine „Cancelled“-Message an den User gesendet und der Status des Requests auf 4 aktualisiert. Je nach Art des Fehlers enthält die Nachricht entweder einen Hinweis auf einen Fehler bei der Validierung oder weist allgemein darauf hin, dass es einen Fehler bei der JSON-File-Erstellung gab.

Ergebnisbereitstellung

Auf SharePoint wurde die SharePoint-Liste zur Steuerung des Berechtigungsprozesses, in der in Abbildung 10 dargestellten Form angelegt.

Name	Typ	Inhalt
ID	Zahl	ID des Eintrags
Email	Einzelne Textzeile	E-Mail-Adresse der zu berechtigenden Person(en)
Sharepoint	Einzelne Textzeile	SharePoint-Webseite, auf der sich der Ordner befindet, auf den berechtigt werden soll
Library	Einzelne Textzeile	Bibliothek, in der sich der Ordner befindet, auf den berechtigt werden soll
Ordner	Einzelne Textzeile	Ordner, auf den berechtigt werden soll

Abbildung 10: Spalten der Berechtigungs-SharePoint-Liste

Um einen User auf einen SharePoint-Ordner zu berechtigen, wurde in Power Automate ein automatisierte Cloud-Flow angelegt. Der Flow startet automatisch, wenn ein neues Element in der Berechtigungs-SharePoint-Liste erstellt wird.

Aufgabe des Flows ist es eine HTTP-Anforderung an SharePoint zu senden. Dazu werden zunächst die für den HTTP-Request erforderlichen Daten aus der SharePoint-Liste in Variablen gespeichert. Als nächstes werden die Ordnermetadaten des zu berechtigenden Ordners abgerufen. Anschließend wird eine POST-Anforderung an SharePoint gesendet, die die E-Mail-Adresse der zu berechtigenden Person und die Berechtigung zur Anzeige beinhaltet.

Zur Bereitstellung des Ergebnisses auf SharePoint wird durch den Analytics-RPA eine Methode aufgerufen, die zunächst prüft, ob bereits ein persönlicher Ordner zur Ergebnisablage existiert. Falls nicht, wird ein Ordner mit dem Namen des Users als Ordner-Bezeichnung angelegt. Die Vergabe der Berechtigung auf den Ordner erfolgt über eine eigene Methode, die einen SharePoint-Listeneintrag in der Berechtigungs-SharePoint-Liste erzeugt. Anschließend wird die Ergebnisdatei, die in OneDrive in einem „Ergebnis“-Ordner gespeichert wurde, auf SharePoint in den persönlichen Ordner des Users hochgeladen und in OneDrive in einen „Veröffentlicht“-Ordner verschoben.

Analytics-RPA

Zu Beginn der Ausführung des Preprocessor-RPAs wird die Methode „analytics_routine“, die die Routine zur Verarbeitung eines Requests enthält aufgerufen.

Damit Änderungen an Files und Templates, die von verschiedenen Analytics-RPAs verwendet werden, nur einmalig und zentralisiert erfolgen müssen, sollen diese in den Verzeichnissen des Preprocessor-RPAs durchgeführt werden. Um bei Ausführung eines RPAs immer über den aktuellen Stand der Dateien zu verfügen, werden die im Preprocessor-RPA hinterlegten Dateien zu Beginn der Verarbeitungsroutine kopiert und in die entsprechenden Verzeichnisse des Analytics-RPAs eingefügt.

Anschließend ist der Analytics-RPA solange aktiv, bis alle für den Analytics-RPA vorgesehenen Requests verarbeitet wurden. Dazu wird zunächst durch das Analytics-RPA-spezifische Verzeichnis in OneDrive iteriert. Ist ein Request vorhanden wird eine Sperre für den exklusiven Zugriff auf den Request angefordert. Konnte die Sperre nicht gesetzt werden, weil bereits eine andere Instanz des Analytics-RPAs den exklusiven Zugriff besitzt, wird daraufhin eine Sperre für den nächsten vorhandenen Request angefordert. Konnte die Sperre erfolgreich gesetzt werden, werden die in der JSON-Datei enthaltenen Daten geladen. Anschließend wird die eingelesene Datei in einen „Eingelesen“-Ordner in OneDrive verschoben, bevor der exklusive Zugriff durch das Löschen der als Sperre fungierenden Datei freigegeben wird.

Als Voraussetzung für die Aktualisierung des Request-Status in SharePoint werden basierend auf der in den Daten vorhandenen Request-ID die in SharePoint zum Request vorhandenen Request-Daten in ein Dataframe eingelesen. Daraufhin wird die Methode, die die Analytics-RPA spezifische Funktionalität enthält, ausgeführt. Im Erfolgsfall wird das

Ergebnis des Requests dem User auf SharePoint bereitgestellt, der Status des Requests wird auf 3 aktualisiert und dem User wird eine Fulfillment-Message gesendet. Im Fehlerfall wird eine Cancelled-Message an den User gesendet, deren Nachrichtentext darauf hinweist, dass ein Fehler im ausführenden Analytics-RPA zu dem Abbruch des Requests geführt hat. Außerdem wird der Status des Requests auf 4 aktualisiert.

Analytics-RPA - Use Case 1: Orderbuch

Die für die Orderbuchabfrage spezifische Funktionalität befindet sich in einer eigenen Methode, der das Dictionary mit den aus der JSON-Datei geladenen Daten als Übergabeparameter übergeben wird. Um entsprechend der Benutzereingaben die Tabelle „EORD“ über die SAP-Transaktion „SE16“ abfragen zu können, werden die Benutzereingaben ohne Information über das FIX-Kennzeichen durch Iteration und Anhängen an eine Liste zunächst von den grundsätzlichen Daten getrennt. Für die SE16-Abfrage werden anschließend verschiedene Funktionen des RPA-Frameworks verwendet. Nach dem Verbindungsaufbau zu SAP und dem Aufruf der Eingabemaske der Tabelle „EORD“ über die Transaktion „SE16“, wird die Eingabe der Filterkriterien vorbereitet, in dem geprüft wird, ob alle für die Eingabe der Filterkriterien erforderlichen Felder auf dem Selektionsbildschirm vorhanden sind. Falls nicht, werden diese hinzugefügt. Daraufhin werden die Felder des Selektionsbildschirms entsprechend der Benutzereingaben gefüllt. Anschließend findet nach Ausführung der Tabellenabfrage der Download des Abfrageergebnisses als CSV-Datei statt. Bei erfolgreichem Download wird die CSV-Datei in ein Python-Dataframe eingelesen. Im Fehlerfall wird ein leeres Python-Dataframe erzeugt. Aus dem Dataframe wird für einen Requesterstellenden als Ergebnis seiner Anfrage eine Excel-Datei mit der Request-ID als Namen im „Ergebnis“-Ordner in OneDrive erstellt. Zuvor wurden die Filterkriterien über ein weiteres Tabellenblatt eingefügt. Während der Methodenausführung auftretende Fehler werden abgefangen und in der aufrufenden Methode „analytics_routine“ behandelt.

Analytics-RPA - Use Case 2: Einkaufsinfosatz mit Konditionen

Die für die Einkaufsinfosatzabfrage mit Konditionen spezifische Funktionalität befindet sich in einer eigenen Methode, der das Dictionary mit den aus der JSON-Datei geladenen Daten als Übergabeparameter übergeben wird. Um entsprechend der Benutzereingaben die sich im Data Lakehouse befindenden Tabellen abfragen zu können, werden die Benutzereingaben durch Iteration und Anhängen an eine Liste zunächst von den grundsätzlichen Daten getrennt. Im Anschluss wird auf Basis der Benutzereingaben eine String-Konkatenation erzeugt, die als SQL-Abfragestring bei der Extraktion der Daten aus dem Data-Lakehouse dient.

Nacheinander werden die Tabellen des Data Lakehouses, die die Daten zu den Einkaufsinfosätzen und den Konditionen enthalten, jeweils in ein Python-Dataframe eingelesen. Nach der Verbindung der einzelnen Dataframes über einen Left-Join, wird das Ergebnis in ein Excel-Template, das in einem Verzeichnis des RPAs abgelegt ist und dem für die SAP-Automatisierungsschnittstelle benötigten Formats entspricht, eingefügt. Die Filterkriterien werden in einem weite-

ren Tabellenblatt abgebildet. Anschließend wird die Excel-Datei mit der Request-ID als Namen im „Ergebnis-Ordner“ in OneDrive gespeichert. Während der Methodenausführung auftretende Fehler werden abgefangen und in der aufrufenden Methode „analytics_routine“ behandelt.

ERGEBNISSE

Technische Sicht

Die durchgeführte Implementierung aller auf Basis der Anforderungsanalyse konzipierten Komponenten ermöglicht über die manuelle Erfassung eines neuen Requests in Form eines Listeneintrags in der SharePoint-Liste sowohl eine Simulation einer Orderbuchabfrage als auch eine Simulation einer Infosatzabfrage mit Konditionen, womit der Nachweis für die Funktionsfähigkeit der RPA-Schnittstelle erbracht wird.

Alle Anforderungen, die verpflichtend und als hoch relevant für den Erfolg des Projekts eingestuft wurden (Muss, Soll), konnten erfüllt werden. Die weniger relevante Anforderung der Reklamation fehlender Daten bei einem User (Kann) wurde aus Zeitgründen nicht erfüllt. Somit deckt der im Zuge des Projekts implementierte Funktionsumfang insgesamt 97 Prozent der ermittelten Anforderungen ab. Die Umsetzung eines Berechtigungskonzepts, das erst bei der Entwicklung der GUI relevant wird, wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Die standardisierte Gestaltung der RPA-Schnittstelle sorgt ohne neuen bzw. in Ausnahmefällen mit einem im Vergleich zu einer Neuentwicklung eines RPAs, geringem Implementierungsaufwand für die Erweiterbarkeit des Analytics-On-Demand-Self-Services um weitere Analytics-Use-Cases.

Zusätzlich für Erweiterbarkeit und darüberhinausgehend für Wartbarkeit und Wiederverwendung sorgt die Modularisierung von Attributen und Methoden in einer für den Analytics-On-Demand-Self-Service-Lösung angelegten RPA-Klasse.

Prozessuale Sicht

Im Zuge der Evaluierung der Projektergebnisse hat sich die Entwicklung eines auf RPA gestützten Prozesses in Form eines Analytics-On-Demand-Self-Services als zielführender Ansatz zur Reduzierung der Bearbeitungszeit einer Analytics-Aufgabe, sowie zur Reduzierung der Antwortzeit auf eine Anfrage erwiesen. Die im Zusammenhang mit der RPA-Schnittstelle erzielten Ergebnisse werden nachfolgend in Abbildung 11 zusammenfassend dargestellt und im Anschluss erörtert. Die quantitative Betrachtung des Projektergebnisses erfolgte unter der Annahme einer idealtypischen Verarbeitung eines Requests, die voraussetzt, dass der Request sofort von einem Analytics-RPA verarbeitet wird. In der Realität steigen Antwort- und Bearbeitungszeit eines Requests linear mit der Anzahl der zu verarbeitenden Requests. Eine realistische Betrachtung der Zeit- und Effizienzgewinne im Hinblick auf die Ausführung einer Analytics-Aufgabe ist erst nach Produktivsetzung des Analytics-On-Demand-Self-Services möglich. Als Kernergebnis festzuhalten sind die durch den neuen Prozess gewonnenen zeitlichen Kapazitäten bei den Bearbeitenden einer Analytics-Aufgabe, sowie eine verkürzte Wartezeit der Anfragestellten angesichts der

Abwicklung einer Analytics-Aufgabe über den Analytics-On-Demand-Self-Service anstelle des Ticketsystems.

	Allgemein	Orderbuch	Infosatz m. Konditionen
	Antwortzeit (AWZ)		
Urspr. AWZ	Ø 2 Tage ± 2880 min		
Best-Case (BC)	6 min	8 min	5,5 min
Average-Case (AC)	8,5 min	10,5 min	8 min
Worst-Case (WC)	11 min	13 min	10,5 min
Δ urspr. AWZ & AC	- 2871,5 min	- 2869,5 min	- 2 bis 22 min
Effizienzsteigerung	99,7 %	99,6 %	20 bis 73 %
Zeitliche Kapazität		+ Ø 15 min	+ Ø 10 bis 30 min
	Bearbeitungszeit (BBZ)		
Man. BBZ		Ø 15 min	Ø 10 bis 30 min
Autom. BBZ	Ø 1 min	Ø 3 min	Ø 0,5 min

Abbildung 11: Prozessuale Ergebnisse

Antwortzeit

Nach Implementierung einer GUI und erfolgreicher Pilotierung des Analytics-On-Demand-Self-Services können Mitarbeitende des Einkaufs zukünftig bei Bedarf per Anlage eines Requests einen automatischen Verarbeitungsprozess initiieren, der ihnen das Ergebnis ihrer in Auftrag gegebenen Analytics-Aufgabe zeitnah zur Verfügung stellt. Im Best Case erfolgt nach Anlage des Requests, sofort der zeitgesteuerte Start des Preprocessor-RPAs und fünf Minuten später der zeitgesteuerte Start via Trigger des Analytics-RPA. Hinzu kommt die Bearbeitungszeit der Analytics-Aufgabe, die nach Erfahrungswerten je nach Umfang der Abfrage zwischen 0,5 und 1,5 Minuten liegt und somit durchschnittlich eine Minute beträgt. Im Worst Case erfolgt der zeitgesteuerte Start des Preprocessor-RPAs erst nach fünf Minuten, sodass im ungünstigen Fall die Antwortzeit auf den Request fünf Minuten höher ist als im besten Fall. Im Best Case beträgt die Antwortzeit sechs Minuten, im Worst Case 11 Minuten und im Average Case unter der Annahme einer Gleichverteilung 8,5 Minuten. Im Vergleich zur ursprünglichen Antwortzeit in Höhe von durchschnittlich zwei Tagen bedeutet die Average Case eine Reduzierung der Antwortzeit um 2871,5 Minuten und folglich eine Effizienzsteigerung des Prozesses um 99,7 Prozent. Die verringerte Wartezeit verbessert die Handlungsfähigkeit der Anfragestellten bezüglich dem der Anfrage zu Grunde liegenden Zweck und steigert ihre Produktivität.

Bearbeitungszeit

Analytics-Use-Case: Orderbuch

Der Prozess zur Orderbuchabfrage wurde analog dem manuellen Prozess zur Orderbuchabfrage als RPA-Lösung implementiert. In einer isolierten Betrachtung des Abfrageprozesses zum Orderbuch bewirkt die Automatisierung eine Reduzierung der durchschnittlichen Bearbeitungszeit um 12 Minuten und impliziert eine durch Automatisierung erzielte Effizienzsteigerung um 80 Prozent. Bei einer in den Analytics-On-Demand-Self-Service integrierten Betrachtung entfällt der Bearbeitungsweg über Dritte und die Länge der Prozessausführung beträgt im Best Case acht Minuten, im Worst Case 13 Minuten und im Average Case 10,5 Minuten. Dadurch, dass die Analytics-Aufgabe nicht mehr von CP Processes and Systems bearbeitet werden muss, können sich die Mitarbeitenden strategisch wertvollere Aufgaben widmen. Über das Schaffen von zeitlichen Kapazitäten bei CP Processes and Systems in Höhe von 15 Minuten pro

Analytics-Aufgabe hinausgehend profitieren die Anfragestellten hier von den quantitativen Vorteilen einer Reduzierung der Antwortzeit um 2869,5 Minuten, die eine Effizienzsteigerung des Prozesses um 99,6 Prozent inkludiert, und den identischen qualitativen Vorteilen, die der Analytics-On-Demand-Self-Service in Bezug auf die Antwortzeit mit sich bringt.

Analytics-Use-Case: Einkaufsinfosatz mit Konditionen

Der Prozess zur Abfrage der Infosätze mit Konditionen wurde nicht nur automatisiert, sondern auch optimiert. Die Optimierung erfolgte durch einen direkten Zugriff auf die im Data Lakehouse gespeicherten relevanten Daten, wodurch die Verarbeitungsschritte für Download und Import der Daten für die Weiterverarbeitung entfielen. Die Automatisierung führt zu einer durchschnittlichen automatisierten Bearbeitungszeit in Höhe von 30 Sekunden. Für einen Mitarbeitenden des Einkaufs, der den Analytics-On-Demand-Self-Service in Anspruch nehmen muss, um eine automatisierte Einkaufsinfosatzabfrage mit Konditionen auszuführen, bedeutet das eine Ergebniszustellung im Best Case nach 5,5 Minuten, im Worst Case nach 10,5 Minuten und im Average Case nach acht Minuten. Im Vergleich zur ursprünglichen durchschnittlichen Bearbeitungszeit wurde für technisch weniger versierte Mitarbeitende die Dauer bis zum Erhalt des Ergebnisses von 30 auf acht Minuten und für technisch versierte Mitarbeitenden von 10 Minuten auf acht Minuten reduziert, was einer durch Automatisierung erzielten Effizienzsteigerung zwischen 20 und 73 Prozent entspricht. Abgesehen von der Reduktion der Dauer von Start der Analytics-Aufgabe bis zum Zeitpunkt, an dem ein bedarfsgerechtes Ergebnis vorliegt, können bei den Usern des Analytics-On-Demand-Self-Services je nach ihren Fähigkeiten zeitliche Kapazitäten zwischen zehn und 30 Minuten zur Bearbeitung qualitativ-höherwertiger und wertschöpfender Aufgaben geschaffen werden.

FAZIT UND AUSBLICK

Entsprechend der des Artikels zu Grunde liegenden Zielsetzung wurde, eingebettet in ein existierendes Framework zur zeitgesteuerten Ausführung von Automatisierungsprozessen, eine standardisierte RPA-Schnittstelle für eine Analytics-On-Demand-Self-Service-Lösung konzeptioniert und implementiert.

Nach der Implementierung der für den Analytics-On-Demand-Self-Services benötigten GUI und erfolgreicher Pilotierung des Projekts kann in Zukunft jeder Mitarbeitende der Krones AG, der zur Ausführung der entsprechenden Analytics-Aufgabe berechtigt ist, gemäß der im Rahmen dieses Artikels ausgearbeiteten Use Cases eine durch einen Automatisierungsprozess gesteuerte Orderbuch- oder Einkaufsinfosatzabfrage durchführen. Als Resultat wird sich der Bearbeitungsaufwand einer Analytics-Aufgabe auf Null reduzieren, womit zeitliche Kapazitäten für die Bearbeitung qualitativ hochwertigere und strategisch wertvollere Aufgaben geschaffen werden, und die Wartezeit auf das Ergebnis einer Analytics-Aufgabe wird sich verringern. Darüber hinaus ermöglicht die standardisierte Gestaltung der RPA-Schnittstelle die Erweiterung des Analytics-On-Demand-Self-Services um weitere Use Cases.

Zukünftig gilt es auf dem Ergebnis des Projekts aufzubauen und zum einen den Analytics-On-Demand-Self-Service durch die Anbindung weitere Analytics-RPAs auszuweiten und zum anderen Analytics-unabhängige RPAs in das System zu integrieren, sodass deren usergesteuerte, automatische Abarbeitung ermöglicht wird. Außerdem ist es denkbar in einer weiteren Ausbaustufe des Analytics-On-Demand-Self-Services auf effizientere Methoden der Informatik zurückzugreifen, wie die Verwendung einer Datenbank anstelle von Excel- und SharePoint-Listen oder die Implementierung eines User Interfaces mit Hilfe eines auf Python basierenden Webframeworks, wie Flask, anstelle der bis dato üblichen Verfahrensweise mit einer Power-App.

ZUSAMMENFASSUNG

Hohe Bearbeitungs- und Antwortzeiten von Tickets, die diverse Aufgaben aus dem Bereich Analytics inkludieren, führten CP Processes and Systems zur Konzeptionierung und Implementierung einer standardisierten RPA-Schnittstelle, um einen Analytics-On-Demand-Self-Service zur Bereitstellung von einkaufsbezogenen Daten gemäß dem Business Intelligence Ansatz zu realisieren. Dafür wurde zunächst ein Anforderungskatalog erarbeitet, der als Basis für die Konzeptionierung und Implementierung aller zur Prüfung der Funktionsfähigkeit der RPA-Schnittstelle erforderlichen Komponenten diente. Die durchgeführte Evaluation bescheinigt aus technischer und prozessualer Sicht den Erfolg des Projekts, wobei im Vordergrund die zukünftig nach Einführung des Analytics-On-Demand-Self-Service gewonnen zeitlichen Kapazitäten und verringerten Wartezeiten stehen.

LITERATUR

- [1] Studie robotic process automation 2021, 2021.
- [2] Studie intelligent automation 2023, 2023.
- [3] Gvr report cover robotic process automation market size, share & trends analysis report by type (software, services), by deployment (cloud, on-premise), by organization (large, small & medium enterprises), by operations, by application, by region, and segment forecasts, 2024 - 2030, 2024.
- [4] Jan Krakau and Carsten Feldmann. *Robotic Process Automation (RPA) in der Logistik*. Springer Gabler, 1 edition, 2023.
- [5] Mario Smeets, Ralph Erhard, and Kaufler Thomas. *Robotic Process Automation (RPA) in der Finanzwirtschaft*. Springer Fachmedien, 2 edition, 2023.
- [6] Fachgruppe WI-BIA. Benennung der fachgruppe, o.J.
- [7] Markus Linden. *Geschäftsmodellbasierte Unternehmenssteuerung mit Business-Intelligence-Technologien*. Springer Gabler, 2016.
- [8] Peter Chamoni and Markus Linden. Business intelligence. 36(12):S. 1588 – 1592, 2007.
- [9] Christian Langmann and Daniel Turi. *Robotic Process Automation (RPA) – Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen*. Springer Gabler, 2 edition, 2021.
- [10] Thomas Allweyer. Robotic process automation – neue perspektiven für die prozessautomatisierung, 2016.
- [11] Gartner. Robotic process automation software, o.J.
- [12] Praxishandbuch robotic process automation (rpa), 2022.
- [13] Wil van der Aalst, Martin Bichler, and Armin Heinzl. Robotic process automation, o.J.
- [14] SAP. Einkauf (mm-pur), 2023.
- [15] Jochen Benz and Markus Höflinger. *Logistikprozesse mit SAP*. Vieweg+Teubner, 3 edition, 2011.
- [16] SAP. Einkauf (mm-pur), 2023.
- [17] Manfred Broy and Marco Kuhrmann. *Einführung in die Softwaretechnik*. Springer Vieweg, 2021.
- [18] Klaus Pohl and Chris Rupp. *Basiswissen Requirements Engineering*. dpunkt.verlag, 2009.
- [19] Andrea Herrmann. *Grundlagen der Anforderungsanalyse*. Springer Vieweg, 2022.
- [20] Stephan Hoppe and Rolf Holle. Beitrag einer zentralen datenhaltung zur qualitätssicherung in kora. 8(2):158–164, 2000.
- [21] Daniel Sonnet, Gerhard Wanner, and Konrad Pfeilsticker. *Chancen einer nachhaltigen IT*. Springer Vieweg, 2023.
- [22] Microsoft. Sendegrenzwerte in outlook.com, o.J.
- [23] Handbuch digitalisierung in staat und verwaltung, 2020.
- [24] Johannes Ernesti and Peter Kaiser. Python 3, 2017.
- [25] Peter Kleinschmidt and Christian Rank. *Relationale Datenbanksysteme*. Springer-Verlag, 3 edition, 2005.
- [26] Matthias Meyer. Schnittstellenmanagement, 2016.
- [27] Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik. It-grundschutz, 2021.
- [28] Richard Murdoch. *Robotic Process Automation*. 2018.

Reflections on Using a Diary App to Assess Emergent Technologies in Private Households

Ute Klotz

School of Computer Science and
Information Technology

Lucerne University of Applied
Sciences and Arts
Campus Zug-Rotkreuz
6343 Rotkreuz, Schweiz
E-Mail: ute.klotz@hslu.ch

Aysun Aytac

School of Design, Film and Art

Lucerne University of Applied
Sciences and Arts
745 Viscosistadt
6003 Lucerne-Emmenbrücke,
Schweiz
E-Mail: aysun.aytac@hslu.ch

Bettina Minder

School of Computer Science and
Information Technology

Lucerne University of Applied
Sciences and Arts
Campus Zug-Rotkreuz
6343 Rotkreuz, Schweiz
E-Mail: bettina.minder@hslu.ch

Aurelio Todisco

8045 Zürich, Schweiz
E-Mail: todisco.aure-
[lio@gmail.com](mailto:todisco.aurelio@gmail.com)

Uwe V. Riss

Beat Tödtli
Tom Ulmer

Institute for Information and Process
Management

Eastern Switzerland University of
Applied Sciences
Rosenbergstrasse 59
9001 St. Gallen, Schweiz
E-Mail: uwe.riss, beat.toedli,
tom.ulmer@ost.ch

Sabine Junginger

School of Design

Northumbria University Newcastle
upon Tyne, United Kingdom
E-Mail: sabine.junginger@nor-
thumbria.ac.uk

ABSTRACT

Voice assistants, such as Alexa, are sold in the three-digit million range every year. They are seen as plug-and-play solutions to make everyday life easier and more convenient. However, most emerging technologies are used, analyzed, and optimized in a business environment. Even though the sales market for household appliances is growing every year. In this research project, the use of voice assistants in private households were investigated regarding the possible adjustment of daily routines. The study was conducted by using a diary app. This paper describes the selection of the diary app used and reflects on its use from the perspective of the researchers and project participants. The selection criteria include the human-app interface, the type of data collection, the researcher dashboard, the possible interaction between researchers and project participants, the language and automated transcription, the data security, the provided technical support, the corporate culture, the professional impression, and the costs, which are particularly important for a research project. Finally, the weaknesses in the selection of the diary app are outlined.

KEYWORDS

Diary Study, Mobile Diary App, Emergent Technologies, Private Households

Introduction

Voice assistants used in everyday life are entertainment and communication technologies at the same time. They can be pure software solutions that can be implemented on a smartphone or laptop, such as Siri, or combined with

a manufacturer's own device, such as Google Home Nest or Amazon Alexa. They can be used to listen to the radio, watch TV, call up cooking recipes, ask questions and get answers, set the timer, tell jokes, and much more (Hoy, 2018). Although Statista (2023) recorded device sales of 131 million in 2022 and predicted sales of 122.5 million in 2027, Amazon has announced that layoffs will take place, and primarily in the Alexa voice assistant business unit (Amadeo, 2022). The envisioned business model

ended up not paying off. The sales revenues were not supposed to come from the sale of the hardware, but from the sale of other products using voice assistants. But customers remained reluctant and cautious. From Amazon's point of view, they continued with trivial tasks (see Hoy, 2018) that could not be transformed into money (Amadeo, 2022). From a business perspective, the customer's activities could be described somewhat disparagingly as trivial tasks, but they could also be seen from the perspective of routines, practices, rituals in which a technical device, in this case a voice assistant, is integrated in a meaningful way and in the sense of a well-engineered plug-and-play solution (Braun, 1993). In 2019, the focus of the research project was precisely on these routines, practices, rituals in everyday life (Mylan & Southerton, 2018; Shove, 2017; Reckwitz, 2002) and to what extent these routines can be changed by the existence and use of a voice assistant. Before that time these had only been studied to a limited extent (Lopatovska et al, 2019; Lau, 2018). Additionally, we have little knowledge about how mobile apps can support research on emerging technologies in home settings conducted as a remote study. In this paper, we would like to reflect on conducting a diary study on voice assistants by using a mobile app. Therefore, our research question is as follows: What are the advantages and disadvantages of using a mobile app to conduct a diary to assess emergent technologies in private households?

Our paper is structured as follows: Firstly, we describe the diary study research method, then secondly, we explain the diary study with voice assistants as part of the Swiss National Science Foundation (SNSF) project, thirdly, we specify the selection criteria for the diary app and, fourthly, we reflect on the implications for the researchers and project participants and discuss the limitations of our research project.

Background

Diaries are usually characterised by four characteristics: regularity, personal/private, contemporaneous and a record/time structure (Alaszewski, 2006). In terms of detail, diaries may vary. For example, they may be rather a logbook, focusing more on recording activities, or they may be more complex including personal comments about activities, roles, and relationships (Alaszewski, 2006). Diary studies are designed to get a deeper and more realistic understanding of participants' daily lives (Bartlett and Milligan, 2015). They are a way of collecting timely information within the participants' natural environment, where the participants decide on their own what kind of data they collect and in which way they want to describe it (Bartlett and Milligan, 2015). In solicited (Bartlett and Milligan, 2015) or research-induced (Wagner et al, 2022) qualitative diary studies, participants can record events, motives, feelings, and beliefs in the form of photos, videos, texts, and drawings. This gives all people, regardless of their writing skills, the opportunity to record their experiences in such a study. The large amounts of data that are generated require careful handling. It is also

suggested to combine diary studies with other research methods, e.g., interviews or surveys, to complement the research in terms of rigour, richness, complexity, depth, among others (Bartlett and Milligan, 2015). However, if the aim is to gain an understanding of how participants see the wider world, then the diary should be semi-structured or unstructured (Bartlett and Milligan, 2015). Wagner et al (2022) think that due to increasing digitisation, also in the private context, the everyday life of individuals and groups in combination with entertainment and communication technologies is becoming increasingly complex. They think that qualitative diary studies have a great potential from an empirical point of view to capture exactly these media practices in everyday life and can therefore offer real and genuine data. Instead of paper and pencil, diary software solutions offer various advantages. For example, they can be integrated more easily into people's everyday media lives, they offer various ways of recording things (e.g., via video, audio, or text), and they ultimately also facilitate the research process (Bolger et al, 2003). Although Wagner et al (2022) believe that media use can only be studied in aggregate, without a specific focus on one technology, this study was conducted with a focus on the use of voice assistants to investigate whether and how new usage habits emerge.

The most recent studies related to voice assistants and the qualitative diary method that have been conducted are still limited: So, examined Harrington et al (2022) which and how health questions are asked by older people in relation to different resources, such as websites or Google Home, in a 5-day paper diary study. Bleakley et al (2022) studied how people who stutter engage with voice assistants in their daily routines. The 10–11-day diary study was conducted by using Microsoft Form. In other words, the combination of multi-week diary studies investigating the use of voice assistants in private households is rather rare.

Diary Study on Voice Assistants

At the beginning of the project, the original research method to be used was participant observation, but this was set aside for two reasons: on the one hand, the diary study had to be carried out in spring 2021, i.e., during the Corona pandemic, when protective measures were in force and could change quickly and unpredictably, and on the other hand, after trying out the voice assistant at home, the project team members, could not imagine that participants in the diary study would allow to be observed or accompanied for a few hours or a whole day by a researcher, regardless of whether they knew him/her or not (Alaszewski, 2006). As a result, it was decided to conduct the study on the use of a voice assistant in everyday life with the help of the diary method using a mobile app. Consisting of an interdisciplinary team of 20 researchers, VA-PEPR (Voice Assistants - People, Experiences, Practices and Routines) is an interdisciplinary four-year research project (01.2020 – 12.2023) funded by the Swiss National Science Foundation (SNSF). By looking into how voice assistants impact our everyday practices and routines in the home, the project targets to generate novel

insights into the emerging issues associated with voice assistants use in Switzerland and beyond. In this section, we give an overview of the project and the ethnographic phase, the decision to apply digital remote ethnography, the selection process of the diary app and explain the implementation process.

The broad aim of the VA-PEPR project is to contribute to a deeper understanding of this new technology by focusing on the home environment, user experience and ethical issues. To that end, one of the aspects we investigate is how people experience voice assistants in their homes and private lives and if/how they develop new practices and routines around their use of voice assistants in the context of Switzerland. The relevant data to answer this question is generated mainly by the first phase of the project — Ethnographic Study — in which we conducted in-home studies by using Indeemo mobile diary app (Indeemo, n.d.) and weekly Zoom interviews with exploratory qualitative approach.

For this ethnographic in-home study phase, we initially considered visiting participants in their homes and conducting face-to-face semi-structured interviews in the privacy of their everyday environments which was going to allow us to partially immerse ourselves into their everyday lives. However, the two reasons mentioned earlier led to a modification of our method. We decided to conduct the in-home studies remotely by asking participants to keep a solicited diary through a mobile diary app. Overall, 31 participants in 20 households completed the in-home studies. Their ages ranged from 17 to over 70 years. We divided the participants into four consecutive groups which they selected according to their availability. In total, the diary study ran from March 5th through May 28th in 2021 for four cohorts.

Selection of the Diary App

We approached six companies we found through desk research to learn more about mobile diary apps and their services. A three-member mobile diary team explored and evaluated these services, however, when available other team members were also involved in the process. The diary team had introductory and walk-through online meetings with these companies which were highly useful to understand what one could expect from such service, what the app allows and how we can benefit from it for our in-home studies. With these meetings it became obvious that these apps were developed targeting mainly for-profit organisations to realise remote market research. However, the team generated criteria to evaluate and compare the companies and their services, then selected the most convenient one for our academic study. These criteria tackle the questions around interface design and performance, forms of diary tasks, researcher dashboard, two-way interaction, language and transcription, data security, tech support, the company approach, professionalism, and cost efficiency.

Based on these criteria, the mobile diary team reduced the options to two — one of which was Indeemo — and had a test run from both participant's and researcher's end with the wider team. After discussing the feedback

and reviews, we selected Indeemo as the diary app for the in-home studies. At this stage, we highly recommend having a real test environment, especially from participant's end to simulate and understand their app experience during the diary study, however, not all companies provide real test environment.

Instead of collecting data with a mobile diary app, we also considered some free online platforms such as WhatsApp, Facebook/Instagram, Slack and HumHub which would allow access to participants' daily routines (e.g., Bjørner and Schröder, 2019; Kaufmann and Peil, 2020; Kümpel, 2021; Moilanen et al., 2020; Scott, 2022). However, these free platforms were lacking either one or more of the criteria in table 1, e.g., tech support service, data security, researcher dashboard, mobile app, or bulk data export.

Table 1: Criteria for the Selection of a Diary App

Criteria	Points Investigated
Interface design and performance <i>User experience</i>	How user friendly is the interface? How well does the app perform?
Forms of diary tasks <i>Flexible tasking-answering</i>	What type of questions can we ask? (open-ended, yes-no, sample photo or a link included, mini questionnaire). Can participants answer with photos, audios, videos, texts, emojis, add hashtags, record screen, share location? Can they upload spontaneous entries independent of the pre-defined tasks?
Researcher dashboard <i>The browser-based dashboard</i>	How much does the dashboard allow researchers to have control on the project and tasks, monitoring participant activities? Can they work on the data through the dashboard during the diary period? What is data export formats? Does the cost vary depending on the number of researchers who have access to the dashboard and on their access level, such as having full access, analysis access or observer access?
Interaction between researchers and participants	For a better moderation of the project, does the app provide instant private communication with participants? Can researchers send individual reminders for an incomplete task?

Language and automated transcription	Is the app fully available in German? Is automated transcription of video/audio entries provided? Note: In our case, none of the companies were able to transcribe the Swiss German dialect — daily language spoken in the German-speaking part of Switzerland. It is not recognized by computer-assisted translation services. As we tried during the brief trial periods, the transcriptions were significantly incomplete or incorrect.
Data security	Is there a technology and information security statement? Has the information security management system of the company been assessed and registered against the provisions of ISO/IEC 27001:2013? Is the company GDPR compliant?
Tech support	How fast can participants receive tech support in German when/if they have a problem with the app?
Company approach	Does the company have a full grasp of the key differences between academic research and business-oriented market research? Do the company representatives understand the project's needs or simply focus too much on marketing their service?
Professionalism	Based on the meetings and the communication between company representatives and the team, how reliable, accessible, and competent is the company?
Cost efficiency	Considering all the above, is the service cost efficient?

Practical Aspects from a Researchers' Perspective

Setting up a Test Environment

Ideally, a pilot study is carried out to test and improve the diary design (Bartlett & Milligan, 2015; Bolger et al., 2003; Saaidzadeh et al., 2021). However, we could not do this, because first, Indeemo is a commercial company, thus we did not have the full control of the process. Secondly, we had limited resources. Yet, we strongly suggest a wide test environment with the same time frame as the planned study to test the engagement level and see if the tasks deliver the information needed.

Managing the Project on Indeemo

Managing the diary project on Indeemo platform was rather intuitive. The interface design of the platform we used to register participants and modify tasks was not as user-friendly as we expected. For instance, at the time of our study, moving participants between groups was not possible with a simple drag and drop or move feature. Instead, the entry must be deleted and recreated. This

makes a difference if there are more than one study groups and participants need to be moved among groups.

Having Only One Administrator

Our contract with Indeemo provided one researcher with full admin access (can modify tasks, analyse, engage with participants), two researchers with researcher access (only analyse and engage), and 10 researchers could observe through dashboard which we found reasonable. We did not anticipate that only one researcher having administrator access would complicate collaboration within the sub-team. Once we started to register participants, to adjust diary tasks and requirements on the platform, the communication within the sub-team increased overwhelmingly. Every detected minor addition and modification had to be made by the administrator, placing a huge dependency and burden on one person. We suggest that such issues, which should also be well organized among researchers, be discussed, and clarified with the company.

Using the Mobile App

In traditional ethnography, to do field work, ethnographers sometimes have to change their lifestyles, e.g., have to work irregular hours (Zimmermann and Wieder, 1977). To engage with participants, respond the entries and questions with minimum delay, the contact person in our study had to work irregular hours. He was able to do this via his phone since the mobile app provides separate log ins for researchers and participants. He later reported that this was highly practical for him since the participants were mostly active in the evenings and on the weekends.

Downloading the Data

As mentioned in previous sections, participants' diary entries are available to the researchers through the dashboard. However, we could not download any kind of data, at least not until the end of the project. This aspect is also important for data analysis, as it does not allow one to analyse the data continuously from the beginning. (Pope et al., 2000). Only then we requested a bulk download from Indeemo, and Indeemo provided the data in separate files filtered for each medium and participant. This was an inconvenience in archiving and categorising the data on our end since we conducted four consecutive diary studies in one Indeemo project and had to wait until the last study ended. Moreover, the file labels did not allow us immediate sorting/filtering based on participants. We had to identify it first, because it was anonymized and then give an appropriate file name according to our anonymization table.

Practical Aspects from a Researchers' Perspective

Availability of Tech Support

We were ensured that Indeemo tech support would be available with short response time (4-5 hours at the weekends, shorter during the weekdays) and respond to participants in German to maintain a smooth diary experience.

Having to Type on the Small Screen

Some of the participants asked if the app has a web-based or desktop application so they could easily type long text entries on a computer keyboard, as they found typing on the phone's small screen inconvenient. However, at the time of our study, the diary app was only available as smart phone app for the participants. It was surprising for us that many participants preferred writing instead of video recording, although the option of uploading a video instead of notes was provided.

Lack of Audio-Only Recording

The diary app lacked an audio-only recording feature, meaning our participants were not able to simply record audio diaries. Instead, they had to use the video recording while covering the camera or holding it to a surface. Such technical drawbacks should be well explained to the participants before the study. We explained this at the onboarding workshops, however, based on participants' statements in the interviews and post-study questionnaire, many participants did not find this option convenient and indicated this as a flaw of the app. Only 4 out of 31 participants recorded such videos and 19 out of 151 videos were recorded this way.

Discussion

In this paper we have tried to reflect on the application of a diary study using a mobile app. This method was applied in the context of households using voice assistants to explore the daily life of household members, their associated rituals, and routines, and their changes. One result is a detailed description of the selection criteria (table 1) used to select the diary app, emphasizing the importance of a test environment. This might help to put oneself in the shoes of the participants, anticipate any challenges, in terms of their user experience, and offer suitable workarounds in advance. One example is that there seemed to be no possibility to create an audio file without video. The workaround was to cover the camera so that the participant could not be seen on the video. Depending on the sensitivity of the participants, this could have an impact on the type (video yes/no) or extent of data collection.

The role of the moderator goes hand in hand with the challenge of facilitating the continuous participation of the participants. However, the research team has no influence on private or professional emergency situations that could affect the diary study over the time. Indirectly, however, this could be compensated on the one hand by a sufficiently large number of participants and on the

other hand a pre-selection could be made, e.g., of technology-savvy, less time-sensitive and patience-aware participants, who would have better prerequisites to contribute qualitatively and quantitatively to the diary study (Bleakley et al, 2022). It is important to note that voice assistants are not a mature technology (Sun, Li & Yu, 2022), so the amount of functionality that is used depends on the commitment, in terms of time and money, of the users. When it comes to ongoing monitoring and reporting, the Researcher Dashboard is quite important because it can be used to make an initial assessment regarding the quality and quantity of the data collected. If these data do not meet the researchers' expectations, one can intensify the moderation, revise the diary tasks, or precisely address these impressions in the weekly interviews.

When it comes to the practical findings from the researcher's point of view, the research team should schedule enough time to test not only the functions but also the processes. An example of this is that participants who switch between diary groups due to time constraints cannot be moved using drag and drop functions but must first be deleted in the previous group and re-entered in the new group by hand. This is also related to another finding, namely that at least two admin roles are needed in the research team, which have more rights and can change more within the software solution. This is not a shortcoming in the software solution, but a question of budget and a decision of the research team, because it implies higher costs. It is also important to recognize that features of the software solution have an impact on the data analysis process. In this case, the data download was only possible at the end of the project, not after the completion of each participant group. This means that the quantity and quality of the contributions can be checked selectively, but it is not possible to start analyzing the data systematically from the very beginning. Here, it would also have been possible to create separate projects for each group of participants, but these would also have an impact on the project budget.

Conclusion

By reflecting on our experiences in conducting a remote/mobile diary study on the use of voice assistants in everyday life, we sought to highlight the considerations and lessons learned in this endeavor.

More importantly, these findings could extend the existing diary study model, e.g., the one by Jarrahi et al (2021) including the aspect of a diary app. At the same time, they could also be used for the further development of existing software solutions.

However, there are also some weaknesses related to this kind of remote/mobile diary study. For example, the app was selected based on defined criteria, however, the decision-making process was not systematically documented, such as with a factor-rating method. Another weakness is that most of the data analyzed so far relates to the weekly interview, but not the mobile diary data itself. This data analysis might bring out more experiences, dependencies, and insights. Additionally, using the diary app method is generally very time-consuming to use. At

the same time, it also generates a lot of data, which should ultimately be analysed and therefore becomes a further time and cost factor. One could also critically ask whether this part of the research project could not have been conducted without diary entries and only with the weekly interviews, possibly more intensively. In addition, not all diary data, such as photos, videos, or audio files, can be analysed without sufficient contextual information. It often takes explanatory words, not short diary entries, to understand the relevance of the technology and the practices derived from it. From a research perspective, each data format also requires its own data analysis methods, which, depending on the interdisciplinary project team, are not necessarily available or time-consuming to adopt and are therefore rather unlikely to be used. Nevertheless, we might expect to see more use of this method for emergent technologies that are not a plug-and-play solution yet but are perceived as one or are expected to evolve into one.

Acknowledgments, Ethical Approval, Funding

This research was funded by the Swiss National Science Foundation (SNSF) as part of the project “VA-People, Experiences, Practices and Routines” (VA-PEPR) (Grant Nr. CRSII5_189955). We are grateful for the support from the wider project team from Lucerne University of Applied Sciences and Arts, Eastern Switzerland University of Applied Sciences, and Northumbria University.

REFERENCES

- Alaszewski, A. (2006). *Using Diaries for Social Research*. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9780857020215>
- Amadeo, R. (2022). Amazon Alexa is a “colossal failure,” on pace to lose \$10 billion this year. <https://arstechnica.com/gadgets/2022/11/amazon-alexa-is-a-colossal-failure-on-pace-to-lose-10-billion-this-year/>
- Bartlett, R., & Milligan, C. (2015). *What is diary method? What is? research methods series*. Bloomsbury Academic. Bloomsbury Publishing Plc. https://doi.org/10.5040/9781472572578?locatt=label:secondary_bloomsburyCollections
- Bjørner, T., & Schröder, M. (2019). Advantages and challenges of using mobile ethnography in a hospital case study: WhatsApp as a method to identify perceptions and practices. *Qualitative Research in Medicine and Healthcare*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.4081/qrmh.2019.7795>
- Bleakley, A., Rough, D., Roper, A., Lindsay, S., Porcheron, M., Lee, M., Nicholson, S. A., Cowan, B. R., & Clark, L. (2022). Exploring Smart Speaker User Experience for People Who Stammer. In J. Froehlich, K. Shinohara, & S. Ludi (Eds.), *The 24th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (1–10). ACM. <https://doi.org/10.1145/3517428.3544823>
- Bolger, N., Davis, A., & Rafaeli, E. (2003). Diary methods: Capturing life as it is lived. *Annual Review of Psychology*, 54, 579–616. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.54.101601.145030>
- Braun, I. (1993). *Technik-Spiralen: Vergleichende Studien zur Technik im Alltag*. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1992. Ed. Sigma.
- Harrington, C. N., Garg, R., Woodward, A., & Williams, D. (2022). "It's Kind of Like Code-Switching": Black Older Adults' Experiences with a Voice Assistant for Health Information Seeking. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI Conference, 2022. <https://doi.org/10.1145/3491102.3501995>
- Hoy, M. B. (2018) ‘Alexa, Siri, Cortana, and More: An Introduction to Voice Assistants’, *Medical reference services quarterly*, vol.37, no.1, 81–88.
- Indeemo. (n.d.). *Indeemo*. <https://indeemo.com/>
- Jarrah, M. H., Goray, C., Zirker, S., & Zhang, Y. (2021). Digital Diaries as a Research Method for Capturing Practices in Situ. In G. Symon, K. Pritchard, & C. Hine (Eds.), *Research methods for digital work and organization: Investigating distributed, multi-modal, and mobile work* (107–129). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198860679.003.000_6
- Kaufmann, K., & Peil, C. (2020). The mobile instant messaging interview (MIMI): Using WhatsApp to enhance self-reporting and explore media usage in situ. *Mobile Media & Communication*, 8(2), 229–246. <https://doi.org/10.1177/2050157919852392>
- Kümpel, A. S. (2021). Using Messaging Apps in Audience Research: An Approach to Study Everyday Information and News Use Practices. *Digital Journalism*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/21670811.2020.1864219>
- Lau, J., Zimmerman, B., & Schaub, F. (2018). Alexa, Are You Listening? *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2(CSCW), 1–31. <https://doi.org/10.1145/3274371>
- Lopatovska, I., Rink, K., Knight, I., Raines, K., Cosenza, K., Williams, H., Sorsche, P., Hirsch, D., Li, Q., & Martinez, A. (2019). Talk to me: Exploring user interactions with the Amazon Alexa. *Journal of Librarianship and Information Science*, 51(4), 1–14. <https://doi.org/10.1177/0961000618759414>
- Moilanen, S., Autio, L., Tolvanen, A., Sevón, E., & Rönkä, A. (2020). From Intense to Leisurely Study Days: A Diary Study of Daily Wellbeing among Students in Higher Education. *Open Education Studies*, 2(1), 295–311. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0133>
- Mylan, J., & Southerton, D. (2018). The Social Ordering of an Everyday Practice: The Case of Laundry. *Sociology*, 52(6), 1134–1151. <https://doi.org/10.1177/0038038517722932>
- Pope, C., Ziebland, S., & Mays, N. (2000). Qualitative research in health care. *Analysing qualitative data*. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 320(7227), 114–116. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7227.114>

- Reckwitz, A. (2002). Toward a Theory of Social Practices. *European Journal of Social Theory*, 5(2), 243–263.
- Saeidzadeh, S., Gilbertson-White, S., Kwekkeboom, K. L., Babaieasl, F., & Seaman, A. T. (2021). Using Online Self-Management Diaries for Qualitative Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 20, 1609406921103888. <https://doi.org/10.1177/16094069211038853>
- Scott, S. (2022). ‘I Enjoy Having Someone to Rant to, I Feel Like Someone is Listening to Me’: Exploring Emotion in the Use of Qualitative, Longitudinal Diary-Based Methods. *International Journal of Qualitative Methods*, 21, 160940692210744. <https://doi.org/10.1177/16094069221074444>
- Shove, E. (2017). Matters of practice. In A. Hui, T. R. Schatzki, E. Shove, Shove, & Elizabeth (Eds.), *The nexus of practices: Connections, constellations, practitioners*. Routledge Taylor & Francis Group.
- Statista (2023) Smart Speaker - Absatzprognose weltweit bis 2027. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1079997/umfrage/prognose-zum-absatz-von-intelligenten-lautsprechern-weltweit/>
- Sun, Y., Li, S., & Yu, L. (2022). The dark sides of AI personal assistant: effects of service failure on user continuance intention. *Electronic Markets*, 32(1), 17–39. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00483-2>
- Wagner, A., Schwarzenegger, C., & Gentzel, P. (2022). Recordings of digital media life: Advancing (qualitative) media diaries as a method. *Studies in Communication Sciences*, 22(1), 53–68. <https://www.hope.uzh.ch/scoms/article/download/3066/2657/8367>
- Zimmerman, D. H., & Wieder, D. L. (1977). The Diary: Diary-Interview Method. *Urban Life*, 5(4), 479–498. <https://doi.org/10.1177/089124167700500406>

Eine qualitativ-quantitative Mixed-Method Analyse zur Eignung der SAP Build Low-Code/ No-Code Plattform im Citizen Developer Paradigma

Julia Melz
Sales Consultant
cimt services ag
Oskar-Jäger-Straße 170
50825 Köln
E-Mail:
Julia.Melz@cimt-ag.de

Dominik Sobolewski
Senior SAP Consultant
cimt services ag
Oskar-Jäger-Straße 170
50825 Köln
E-Mail:
Dominik.Sobolewski@cimt-ag.de

Prof. Dr.-Ing. Andreas Schmidt
Wirtschaftsinformatik
Hochschule Osnabrück
Caprivistr. 30a
49076 Osnabrück
E-Mail: A.Schmidt@hs-osnabrueck.de

SCHLÜSSELWÖRTER

IT-Fachkräftemangel, Low-Code, No-Code, Citizen Developer, SAP Build, Qualitativ-quantitatives Mixed-Method Forschungsdesign

ABSTRACT

Die zunehmende Digitalisierung fördert die Nachfrage nach individueller Softwareentwicklung, wohingegen der Mangel an qualifizierten IT-Fachkräften fehlende Arbeitskräfte zur Umsetzung der Software-Nachfrage zur Folge hat. Dieses Ungleichgewicht stellt vor allem Unternehmen der IT-Branche vor Herausforderungen und der Suche nach innovativen Entwicklungslösungen. Eine Abhilfe verspricht die Low-Code/ No-Code (LCNC) Entwicklung auf SAP Build, auf welcher der Citizen Developer ohne die Verwendung von klassischer Programmiersprache Software-Projekte umsetzen kann. In dieser Arbeit wird das Produktportfolio von SAP Build anhand der praktischen Entwicklungserfahrung der cimt ag, einer 300 Mitarbeiter umfassenden IT-Unternehmensberatung mit sieben Standorten in Deutschland, den Niederlanden und Spanien aus unterschiedlichen Fachbereichen analysiert. Die Praxistauglichkeit der LCNC-Lösung wird anhand eines wissenschaftlich fundierten, qualitativen Forschungsdesigns mit Planung und Durchführung von Experteninterviews evaluiert. Gleichmaßen wird die Qualität dieses Forschungsvorgehens durch die Prüfung qualitativer Gütekriterien gewährleistet und retrospektiv eine kritische Betrachtung der Forschungsansätze der Wirtschaftsinformatik aufgezeigt.

1. EINLEITUNG

Die Auswirkungen der Covid-19 Pandemie haben der Wirtschaft aufgezeigt, dass die Digitalisierung nicht nur als Option, sondern nachhaltige Notwendigkeit betrachtet werden sollte (Streim und Meinecke 2021). Insofern ist es unabdingbar für Unternehmen, bestehende Strukturen umzudenken, um dem treibenden Wettbewerbsdruck stand zu halten. Allerdings führt der steigende Trend von

digitalen Infrastrukturen und Geschäftsmodellen zu einem Dilemma. Aktuell stellt sich heraus, dass der IT-Fachkräftemangel im Jahr 2022 auf ein Rekordniveau, mit 137.000 frei zu besetzenden Stellen, gestiegen ist (Berg 2022). Die Ursache dafür kann auf die niedrigere Anzahl von Studienanfängern zurückgeführt werden. Zudem bedingt der demografische Wandel, dass Akademiker nach und nach das Rentenalter erreichen und somit aus dem Arbeitsmarkt ausscheiden (Tagesschau 2023). Insgesamt führen diese Aspekte dazu, dass es in den IT-Bereichen an qualifizierten Mitarbeitern mangelt, welche die nötige Kompetenz besitzen, Softwareentwicklungsprojekte umzusetzen. Doch die zunehmende Digitalisierung löst eine steigende Auftragslage für Software-Entwicklungsprojekte aus (Gärtner und Wossidlo 2023). Zum Ausgleich des Ungleichgewichts zwischen der hohen Nachfrage von Software-Anwendungen und der geringen Anzahl an qualifiziertem Fachpersonal, entstand die Low-Code/ No-Code (LCNC) Lösung. Mit dieser, lassen sich Apps und Programme über eine Plattform von Mitarbeitern ohne oder mit wenig Programmierkenntnissen mittels eines Baukastensystems entwickeln. Laut Gartner, belaufen sich die Marktprognosen für diese Entwicklungstechnologien auf ein Wachstum von 20% im Jahr 2023 (DeLisi und Howley 2022). Der Aufschwung der LCNC-Plattformen wird maßgeblich durch das Potenzial angetrieben, welches sich in den eigenen IT-affinen Mitarbeitern aus unterschiedlichen Fachbereichen, abseits der traditionellen IT-Abteilung finden lässt (Brennan 2023). Diese Mitarbeiter werden als Citizen Developer (CD) bezeichnet. In diesem Spannungsfeld setzt die Entwicklung mit LCNC an, um die ungenutzten Potenziale der CD zu mobilisieren. Den Trend erkannte auch eines der führenden Softwareentwicklungs-Unternehmen, die SAP SE (SAP) und entwickelte daraufhin das SAP Build Angebot. Dieses LCNC-Angebot wurde im Rahmen eines wissenschaftlichen Praxisprojekts bei der IT-Unternehmensberatung cimt ag angewandt, um einen praxisrelevanten und innovativen Beitrag für das Unternehmen zu leisten. Das Forschungsinteresse besteht darin, die Praxistauglichkeit bzw. den Entwicklungsan-

satz mit SAP Build aus der Sichtweise eines CD zu beurteilen. Dazu wurde eine Vorgehensweise entwickelt, welche die Verknüpfung von Praxisrelevanz mit wissenschaftlicher Methodik im Bereich der Wirtschaftsinformatik (WI) aufzeigt. Ziel des Projektes ist die Beantwortung folgender Forschungsfrage:

Wie lässt sich die Praxistauglichkeit der SAP Build LCNC-Plattform anhand der Entwicklungserfahrung eines Citizen Developer mit Hilfe eines qualitativ-quantitativen Forschungsvorgehens der Wirtschaftsinformatik validieren?

Angesichts dieses Forschungsvorhabens dienen die theoretischen Grundlagen über CD und LCNC sowie die praktischen Erkenntnisse aus der eigenen Entwicklungserfahrung mit SAP Build als Grundlage für den Aufbau des Forschungsdesigns. Das Forschungsdesign beinhaltet ein Konzept einer systematischen Vorbereitung und Durchführung von Experteninterviews, um die Evaluierung der Entwicklungserfahrung zu ermöglichen. Aus den Ergebnissen der Interviews lassen sich Implikationen zur Beurteilung der Praxistauglichkeit von SAP Build ableiten. Abschließend, wird die qualitative Vorgehenssystematik durch die Prüfung der Gütekriterien validiert, sowie der Forschungsansatz retrospektiv diskutiert.

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1. Citizen Developer

2.1.1. Definition

Der Begriff „Citizen Developer“ (dt. Bürgerentwickler) wird von Gartner, als ein Angestellter, welcher Anwendungen für sich selbst oder andere entwickelt und dabei Tools verwendet, die nicht aktiv von der IT oder den Geschäftsbereichen vorgegeben sind, definiert (Gartner 2023). Eine aktuellere Definition veröffentlicht die IT-Zeitung Computerwoche: „Citizen Developer bedeutet so viel wie „Fachbereichsentwickler“ und beschreibt technisch versierte Mitarbeiter, die softwarebasierte Anwendungen für ihren jeweiligen Fachbereich erstellen“ (Etemadian 2023). Der CD gehört nicht zwingend zur IT-Abteilung, sondern kann Teil eines organisatorischen, funktionalen Bereichs (z.B. Marketing, Vertrieb, Finanzen) sein und verfügt über das notwendige Wissen der jeweiligen Prozesse und Anforderungen dieses Fachbereichs. Darüber hinaus operiert ein CD mit Hilfe der schnellen Umsetzung von Geschäftsanforderungen als Problemlöser und verwendet dabei innovative und intuitive Entwicklungsanwendungen, um Ideen eigenständig umzusetzen (Carroll et al. 2021). Diese Ideen stammen aus dem Berufsalltag und reichen von einfachen Datenmodellierungen bis hin zur Erstellung neuer digitaler Geschäftsapplikationen. Als Werkzeug für die Entwicklung dienen LCNC-Plattformen, welche sich ohne Programmierkenntnisse bedienen lassen. Im Kontext dieses wissenschaftlichen Praxisprojekts, ist der CD als Hauptnutzer der LCNC-Plattform anzusehen.

2.1.2. Merkmale und Einsatzpotenziale

Primär unterscheidet sich der CD vom klassischen Entwickler, indem er über keine bis wenig IT- oder Programmierkenntnisse verfügt. Da er allerdings selbst als Spezialist seines eigenen Fachbereichs im Unternehmen gilt, verfügt er über die notwendigen Kenntnisse zur Lösung eines unternehmerischen Problems. Somit lassen sich Einsatzpotenziale in erster Linie bei der Lösung spezifischer geschäftlicher Herausforderungen aus dem alltäglichen Arbeitsumfeld erkennen (Etemadian 2023). CD können beispielsweise eigenständig Tools entwickeln, um Daten zu analysieren, Workflows zu automatisieren oder benutzerdefinierte Anwendungen zu erstellen, um bestimmte Aufgaben effizienter zu erledigen. Auf Grund seiner IT-Affinität, werden diese Projekte auf LCNC-Plattformen umgesetzt (Breidenbach et al. 2023). Ein wichtiger Bestandteil ist das Zusammenspiel der IT und der CD. Laut Fachexperten, gelingt nur so die Sicherung eines agilen und effizienten unternehmerischen Entwicklungsprozesses von digitalen Anwendungen. In diesem Sinne, kooperiert die IT-Abteilung, indem sie die vollumfängliche Bereitstellung der LCNC-Plattformen gewährleistet sowie professionelle Entwickler zur Unterstützung der CD bereitstellt. Gelingt die Zusammenarbeit, lassen sich beidseitig positive Effekte erzielen (Gärtner und Wossidlo 2023). Zum einen können Unternehmen Entwicklungsressourcen freisetzen, um die zentrale IT in größere, komplexere Projekte einzusetzen. Zum anderen profitieren Unternehmen, neben den zeitlichen und finanziellen Vorteilen, vom stetigen Wissenstransfer zwischen den eigenen Mitarbeitern, sodass die Autonomie und Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens gesteigert wird.

2.2. Low-Code/ No-Code

2.2.1. Definition

Der Begriff „low-code platform“ wurde von Forrester, als „Platforms that enable rapid delivery of business applications with a minimum of hand-coding and minimal upfront investment in setup, training, and deployment“ (Richardson und Rymer 2016) geprägt. Eine Erweiterung der Definition erschien in einem veröffentlichten Report im Jahr 2017: „Products and/or cloud services for application development that employ visual, declarative techniques instead of programming and are available to customers at low- or no-cost in money and training time to begin, with costs rising in proportion of the business value of the platforms“ (Rymer 2017). Zusammenfassend lassen sich LCNC-Plattformen demnach als Softwareentwicklungsumgebungen definieren, welche es Benutzern ermöglichen, Anwendungen und Softwareprodukte mit minimalem bis gar keinem Einsatz von herkömmlichen Programmiercode zu erstellen (SAP 2023). Die Entwicklung findet auf einer grafischen Benutzeroberfläche statt, in welcher eine Vielzahl von visuellen Werkzeugen, Drag-and-Drop-Funktionen und vorgefertigten Komponenten integriert sind, sodass es technisch weniger versierten Personen ermöglicht wird, digitale Anwendungen effizient zu gestalten.

2.2.2. Möglichkeiten und Herausforderungen

Bei den Möglichkeiten und Herausforderungen in der Anwendungsentwicklung auf LCNC-Plattformen spielt der CD eine entscheidende Rolle. Die Motive der Nutzung finden sich in der Beschleunigung der digitalen Transformation, die Steigerung der Reaktionsfähigkeit auf geschäftliche Anforderungen sowie die Verringerung der Abhängigkeit von komplexen und schwer vermittelbaren technischen Fähigkeiten (Outsystems 2021). In einem Report des IT-Unternehmens Mendix, lässt sich herausstellen, für welche konkreten Geschäftsszenarien die LC-Plattform im Unternehmen Anwendung findet (Mendix 2021). Die Frage nach den wichtigsten Einsatzgebieten für LC beantworteten die Befragten mit Datenmodellierung- und -visualisierung auf Platz eins und die Entwicklung von App-Anwendungen auf Platz zwei. Darauf folgend teilen sich, die Standardisierung von Datensicherheit und die Automatisierung von bestehenden Arbeitsprozessen, den dritten Platz. Darüber hinaus stellt die Studie heraus, dass laut Softwareentwicklern, die Hälfte ihrer täglichen Entwicklungsaufgaben mit LC-Plattformen umgesetzt werden könnte. Dadurch werden Entwicklungszyklen verkürzt sowie Kosteneinsparung generiert. Außerdem fördert die kollaborative und agile Arbeitsweise die Zusammenarbeit zwischen Fachbereichen und IT-Abteilung. Neben den genannten Möglichkeiten und Potenzialen, werden zudem Herausforderungen und mögliche Risiken berücksichtigt. Zunächst haben LCNC-Plattformen den primären Zweck, Softwareentwicklung ohne Code zu ermöglichen. Allerdings zeichnet sich Software selbst als ein hoch komplexes Konstrukt aufgrund seiner unterschiedlichen Zustände aus (Liebhart 2019). Infolgedessen, bedingt sich die erfolgreiche Umsetzung stark durch die Komplexität der Anwendungsfälle. Dies bedeutet, dass die LCNC-Plattformen bei zu hohen Anforderungen an die Software an ihre Grenzen stoßen und die Fachtiefe einer Geschäftsanforderung nicht erfolgssteigernd umgesetzt werden kann. Zudem äußern sich Experten zu den Faktoren, welche die effektive Nutzung der LCNC-Plattform beeinflussen. So sollte der Schwerpunkt des Plattformaufbaus in der einfachen Anwendbarkeit mit vielen Standardfunktionen, ohne eine komplizierte oder anspruchsvolle Benutzeroberfläche liegen. Auf der anderen Seite ist es für komplexere Projekte notwendig, dass die Plattform neben den Basisfunktionen auch Erweiterungen wie bspw. die Implementierung von geschriebenem Code, die Anbindung an Schnittstellen oder eine Cloud-Integration zulässt (Hinke 2023). Damit kann die Anwendungsentwicklung skalierbar und flexibel gehalten werden. Allerdings kann die Verwendung von solchen Erweiterungen, wie die Anbindung von Schnittstellen, für den CD auf einer zu hoch technischen Ebene liegen, sodass der Einbezug von IT-Fachleuten notwendig wird (Hurlburt 2021). Demnach lässt sich eine LCNC-Entwicklungsstrategie nur erfolgreich umsetzen, wenn sich die Plattform in die unternehmenseigene IT-Infrastruktur integrieren lässt und eine reibungslose Zusammenarbeit zwischen IT und CD gewährleistet wird (Schaffry 2023). Dazu zählt, ein LCNC-Konzept mit klaren Richtlinien, Strukturen und

Prozessen welches unter dem Stichwort IT-Governance aufstellt und den CD in die Gesamt-IT integriert. Als weitere Maßnahmen gelten eine digital offene Unternehmenskultur und Akzeptanz für innovative IT-Lösungen als Hauptvoraussetzung für einen erfolgreichen Einstieg in den Bereich der LCNC-Entwicklung. Eine weitere Herausforderung findet sich beim CD in den individuellen Fähigkeiten sowie dem Maß an technischem Wissen, welche sich als weitere Einflussfaktoren hervorheben lassen (Giegel 2022). Somit kann die Entwicklung bei fehlenden oder unzureichenden Kenntnissen an ihre Grenzen stoßen oder sogar ganz scheitern. Dies zu erkennen, ist Aufgabe der Unternehmen, welche die Mitarbeiter im Rahmen des Projektmanagement durch angemessene Schulungen und Weiterbildungen auf die LCNC-Umsetzung vorbereiten sollten.

2.3. SAP Build

2.3.1. Produktportfolio

Die SAP ist ein führendes deutsches Softwareunternehmen, das sich auf Unternehmenssoftware spezialisiert hat (SAP 2023). Mit seinen standardisierten ERP-Systemen und branchenspezifischen Lösungen unterstützt SAP weltweit Unternehmen dabei ihre Geschäftsprozesse zu optimieren. Durch die Übernahme von AppGyver, eine führende No-Code-Entwicklungsplattform, wurde das SAP Build LCNC-Angebot entwickelt (SAP News 2021). Um den einfachen Einstieg in die Plattform zu gewährleisten, bietet SAP eine Auswahl von Anleitungen (Mission) zu verschiedenen Geschäftsszenarien (SAP 2023). Diese unterteilen sich nach dem Wissenslevel und der technischen Anforderungen in Anfänger, Fortgeschritten und Profi. Zudem werden vor jeder Anleitung bestimmte technische Voraussetzungen (Prerequisites) aufgelistet, welche vorab eingerichtet werden müssen. Zusätzlich bietet SAP im Learning Bereich, umfangreiche Anleitungen zu den spezifischen Funktionalitäten der jeweiligen Produkte. Diese Hilfestellungen und Unterstützungen wurden auch für die praktische Anwendung der SAP Build Plattform genutzt, um sich einen Überblick über das Produktportfolio zu machen und einzuarbeiten. Die SAP Build Anwendungen sind Bestandteil der SAP Business Technology Platform (SAP BTP), welche als zentraler Zugriffspunkt für die Plattform gilt.

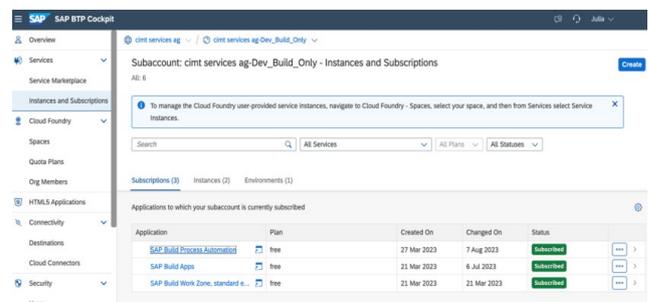


Abbildung 1: SAP BTP Cockpit
Quelle: Eigene Darstellung

Das Portfolio besteht grundlegend aus drei Produkten: SAP Build Apps, SAP Build Process Automation und SAP Build Work Zone. Diese umfassen die grundlegenden Eigenschaften und Funktionen in der LCNC-Entwicklung. Dazu zählen eine visuelle Entwicklungsumgebung mit Drag-and-Drop-Funktionalität, sodass durch Ziehen und Ablegen von Bausteinen und vordefinierter Komponenten, Workflows, Apps oder Unternehmenswebseiten erstellt werden können. Erweiterungen wie die interne und externe Systemintegration, intelligente Prozessüberwachung- und analyse sowie Schnittstellenverknüpfungen machen die Entwicklung skalierbar. Durch Ankopplung an Schnittstellen können Geschäftsdaten aus anderen Systemen integriert werden. Zudem können traditionelle Programmiercodes übernommen und für die Erstellung von Anwendungen innerhalb der Plattform genutzt werden.

Mit SAP Build Apps können Fachleute Apps für Desktop-, Browser- und Mobilgeräte erstellen. Durch diverse Backend-Funktionen können diese an die betriebseigenen- oder fremden Systeme angebunden werden. Sowohl Back-End Verknüpfungen als auch Front-End Entwicklung lassen sich mit Hilfe des grafischen Editors errichten. So können sowohl Datenmodelle als auch Datensätze erstellt, oder über Schnittstellen angebunden bzw. die Daten extrahiert werden. Diese Anbindung wird durch Cloud-Funktionen für das Hinterlegen von Datenpersistenzschichten und dazugehörigen Geschäftslogiken erweitert. Schließlich kann der Designprozess durch wiederverwendbare Bausteinvorlagen in der Komponentenbibliothek beschleunigt werden.

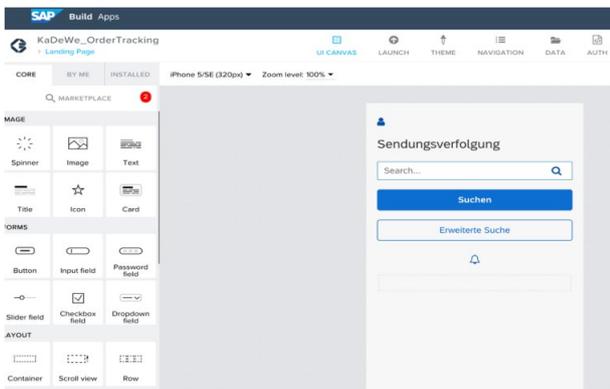


Abbildung 2: SAP Build Apps
Quelle: Eigene Darstellung

Mit Hilfe von SAP Build Process Automation gelingt es Prozesse und Aufgaben zu automatisieren. Mit dieser Lösung können Workflows und Prozesse visuell modelliert und durch Logikkomponenten erweitert werden. Außerdem wird ermöglicht, die Prozessleistung einzusehen, wodurch Veränderungen der Anwendung in Echtzeit angepasst werden können.

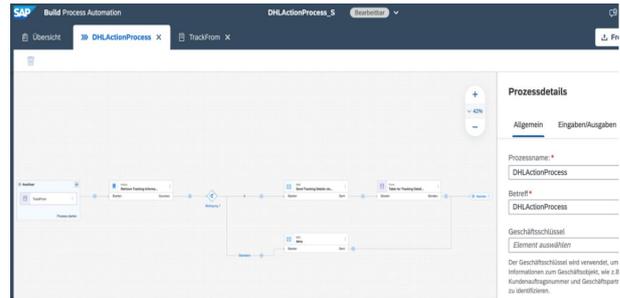


Abbildung 3: SAP Build Process Automation
Quelle: Eigene Darstellung

SAP Build Work Zone ist eine digitale Arbeitsplattform zum Gestalten von Unternehmensseiten. Ein zentraler, sicherer Zugriff auf SAP- und nicht-SAP-Anwendungen, Prozesse und Daten auf jedem Gerät erhöht die Produktivität und die Beteiligung. Darüber hinaus bietet das Produkt interaktive Arbeitsbereiche für eine kollaborative Arbeitsweise und steigert damit den Wissensaustausch sowie die Teameffizienz. Diese Lösung kann außerdem die teamübergreifende Kommunikation durch Funktionen wie Umfragen, Abstimmungen und Schulungen unterstützen.

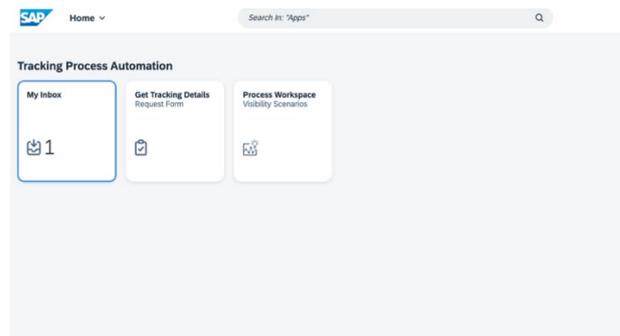


Abbildung 4: SAP Build Work Zone
Quelle: Eigene Darstellung

2.3.2. Praktische Umsetzung

Als Anwendungsfall für die praktische Umsetzung, wurde eine reale Kundenanfrage aus dem Beratungsumfeld der cimt ag ausgewählt, bei welcher eine automatisierte Sendungsverfolgung von Versandbestellungen implementiert werden sollte. Die technischen und funktionsumfassenden Anforderungen wurden vorab visuell in einem BPMN/ Swimlane Modell und als App-Mockup dargestellt.

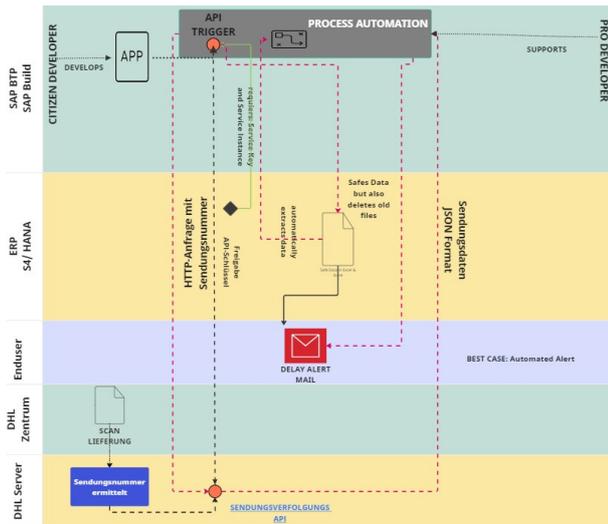


Abbildung 5: Prozessanforderungen
Quelle: Eigene Darstellung

Die Einrichtung und Konfiguration erfolgten nach Durchsicht der Anleitungen mit Unterstützung der IT-Abteilung, da an einigen Stellen IT spezifische Fachkenntnisse erforderlich waren. Zwar bietet SAP für die Konfiguration der Plattform im Help-Bereich eine detaillierte Dokumentation der einzelnen Einrichtungsschritte, dennoch wurden diese Anleitungen ohne umfangreiche IT-Hintergrundkenntnisse als herausfordernd empfunden. Außerdem wurde festgestellt, dass ein umfangreiches Verständnis des BTP-Cockpits sowie allgemeiner technischer Anforderungen im Hinblick auf IT-Fachbegriffe, die Systemarchitektur und Programmiersprache besonders für diesen Einstiegsprozess unabdingbar sind. Nach erfolgreicher Konfiguration der Plattform im BTP-Cockpit konnte mit der Anwendung gestartet werden. In erster Linie wurde die Build Process Automation für die Entwicklung genutzt, da sich mit diesem Tool die Prozessmodellierung anschaulich darstellen lässt und Automatisierungsschritte implementiert werden können. Um die Daten für die Sendungsverfolgung zu extrahieren, musste eine spezielle Schnittstelle eingerichtet und an die des externen Versandunternehmens angebunden werden. Besonders in diesem Abschnitt der Entwicklung, wurde auf die Hilfe eines Kollegen aus der IT-Abteilung zurückgegriffen, da die Einrichtung auf einer hohen technischen Ebene stattfand. Parallel dazu, erfolgte die Gestaltung der Benutzeroberfläche mit SAP Build Apps.

2.4. Evaluierungskriterien

Mit Hilfe der Erkenntnisse aus den theoretischen Grundlagen sowie der praktischen Umsetzung werden Kriterien für die Evaluation der Entwicklungserfahrung mit SAP Build als CD abgeleitet. Diese Kriterien dienen im weiteren Verlauf der Arbeit als Orientierung für die Erstellung der Fragen für die Experteninterviews.

- **Fachwissen**
Es wird geprüft, ob das vorhandene Fachwissen des Experten im Entwicklungsprozess dazu beitragen kann, die Prozessanforderungen effektiver umsetzen.
- **Vorkenntnisse**
Die Frage nach Vorkenntnissen wird in die Befragung aufgenommen und somit analysiert, ob und inwiefern sich diese auf die Entwicklungserfahrung auswirken.
- **Anwendungsfall**
Es wird abgefragt, welchen Anwendungsfall die Experten ausgewählt haben und analysiert, wie sich dieser mit SAP Build umsetzen ließ.
- **SAP-Unterstützung**
Es wird evaluiert, ob diese Unterstützungsleistungen genutzt und als hilfreich empfunden wurden.
- **IT-Interaktion**
Dieses Kriterium wird in die Befragung aufgenommen, um festzustellen, ob die Experten auf IT-Support angewiesen waren und ob dieser bei der Umsetzung weiterhelfen konnte.
- **Potenziale**
Es wird gezielt danach gefragt, ob die Experten Potenziale von SAP Build für den CD erkenne
- **Herausforderungen**
Es soll abgefragt werden, ob die Experten vor Herausforderungen oder Problemen im Umsetzungsprozess standen.

3. FORSCHUNGSDESIGN

3.1. Analyse der Forschungsansätze und -methoden

Die WI beschäftigt sich mit der Anwendung von IT in der Wirtschaft und innerhalb von Unternehmen. Grundsätzlich lassen sich zwei Forschungsansätze unterscheiden: die verhaltensorientierte und die gestaltungsorientierte Forschung (Kaufmann und Müller 2023). Die verhaltensorientierte Forschung konzentriert sich auf das Verhalten von Menschen im Kontext von IT-Systemen und Technologien. Ihr Ziel ist es, das Nutzerverhalten, die Akzeptanz von IT-Lösungen sowie die Auswirkungen der Technologie auf individuelle und organisatorische Prozesse zu erforschen. Kernaktivität ist, die Akteure zu beobachten und das menschliche Verhalten mit der Erhebung von empirischen Daten zu begründen. Im Gegensatz dazu konzentriert sich die gestaltungsorientierte Forschung darauf, neue IT-Systeme, Technologien oder Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu gestalten, um IT-Herausforderungen mit der Entwicklung von Artefakten zu bewältigen. Hierbei steht die praktische Anwendung

von Wissen bspw. die Erstellung von Prototypen im Vordergrund. Die Forschenden entwerfen Lösungen, basierend auf bestehenden Theorien und Konzepten, um reale Probleme in Unternehmen oder Organisationen zu lösen. Die Evaluation der entwickelten, technischen Lösung trägt dazu bei, neues, praxisbezogenes Wissen zu erschaffen. Innerhalb der Analyse der Forschungsansätze der WI stellte sich heraus, dass beide Ansätze nicht frei von Kritik sind. Demnach fehlt es der gestaltungsorientierten Forschung laut Kritikern an wissenschaftlicher Fundierung, da die Priorität zu sehr auf die Umsetzung in der Praxis ausgelegt ist. Umgekehrt mangelt es der verhaltensorientierten Forschung an der Relevanz für die Praxis. Daher sehen Forscher Chancen in der Synthese beider Forschungsansätze und erkennen Potenziale in der synergetischen Wirkung (Spann 2010). Das Ziel beider Forschungsansätze sowie eines jeden Forschungsprozesses, ist der Erkenntnisgewinn, bei welchem die gewonnenen Daten die Grundlage für wissenschaftliche Analysen von theoretischen oder praktischen Problemen bieten. Im Sinne der Datenerhebung, wurde sich mit der allgemeinen Differenzierung von quantitativen und qualitativen Methoden auseinandergesetzt. Die Methoden der quantitativen Forschung zeichnen sich durch die standardisierte Erfassung von Daten in numerischer Form aus (Lindner 2020). Dabei dienen die gesammelten und ausgewerteten Daten zur Erkennung von Mustern und statistischen Zusammenhängen sowie dem Testen von Hypothesen. Bei diesen Forschungsmethoden gilt es, eine möglichst große Anzahl an Datensätzen zu gewinnen, um eine repräsentative Stichprobe darzustellen. Somit werden objektive, generalisierbare Ergebnisse zur Verallgemeinerung und Vergleichbarkeit erzielt. Wohingegen die qualitative Forschung explorative Methoden für das Verstehen von realen Sachverhalten und menschlichen Verhalten in einem konkreten Kontext anwendet. Es reichen kleine Datensätze aus, um individuelle Fragestellungen und Sachverhalte zu erforschen. Dabei kommen die Daten in unstrukturierter Form vor, z.B. verbal und visuell. Im Gegensatz zur quantitativen Forschung, kann hierbei keine vollständige Objektivität der Forschenden gewährleistet werden, da sich die Forschungsgegenstände in einem beweglichen Prozess befinden und die Teilnehmer der Forschung mit in den Prozess einbezogen werden (Baur und Blasius 2014). Zusammengefasst liefert die qualitative Forschung geeignete Methoden bei der Untersuchung von Technologieakzeptanz, Implementierungsprozessen und Nutzerverhalten. Diese werden zur Untersuchung von Mensch-Technologie-Beziehung und deren Auswirkungen im IT-Kontext von Unternehmen genutzt. Wohingegen quantitative Methoden auf allgemeingültige Aussagen über eine Grundgesamtheit abzielen und so objektiv wie möglich gestaltet werden.

3.2. Festlegung der Forschungsmethode

Für diese Arbeit wurde ein qualitatives Forschungsvorgehen für sinnvoll bestimmt. Dies begründet sich als Erstes in der Notwendigkeit von kontextbezogenen Daten und Ergebnissen für die Prüfung der Praxistauglichkeit

der SAP Build Plattform. Die Anwendung von qualitativen Methoden ist besonders nützlich, um tiefgehende Einblicke in menschliche Wahrnehmungen und Meinungen in einem spezifischen Zusammenhang zu erhalten. Um die LCNC-Plattform anhand der Entwicklungserfahrung eines CD zu untersuchen, sind individuelle Perspektiven und subjektive Sichtweisen der Einzelfallbetrachtung relevant. Ein weiterer Aspekt lässt sich zudem in der Ressourcenbeschränkung finden. Da diese Arbeit in gemeinsamer Zusammenarbeit mit einem Praxispartner und einem begrenzten Zeitrahmen entstanden ist, sind Datenverfügbarkeit und Zeitressourcen limitiert, sodass die Bedingung für große Datenmengen bei den quantitativen Methoden in dieser Forschung nicht erfüllt werden können. Durch die persönliche Entwicklungserfahrung mit SAP Build, konnten bereits Vorkenntnisse zum Forschungsthema gesammelt werden, sodass auf Grundlage dieser Vorerfahrung eine Methodik zur Erweiterung und Vertiefung des Wissens ausgewählt wurde. Demnach war es von besonderer Bedeutung, einen Abgleich des eigenen Erfahrungswissens, mit dem Wissen anderer Praxisnutzer, durch die Erhebung von empirischen Daten durchzuführen. Nach Abwägung dieser Aspekte und Evaluierung der wissenschaftlichen Forschungsmethoden wurde die qualitative Methodik der theoriegeleiteten Experteninterviews als am geeignetsten befunden (Kaiser 2021).

3.3. Das Experteninterview

Die Methode der Experteninterviews eignet sich dazu, qualitative Daten systematisch zu erheben. Da sich diese Art von Interviews über die spezielle Zielgruppe der Befragten und deren Wissen definieren, ist es von besonderer Bedeutung, Personen als Experten zu identifizieren (Helfferich 2014). Als Experten gelten solche Personen, „[...] die über ein spezifisches Rollenwissen verfügen, solches zugeschrieben bekommen und eine darauf basierende besondere Kompetenz für sich selbst in Anspruch nehmen“ (Helfferich 2014). Rollenwissen kann dabei als Wissen geprägt durch Erfahrungen, wissenschaftlichen Hintergrund, Ausbildungs- oder berufsbedingt und als implizites Wissen verstanden werden. Dieses gilt demnach als praxis- und erfahrungsbezogen und bezieht sich auf den Informationsgehalt des jeweiligen Experten. „Experten lassen sich als Personen verstehen, die sich – ausgehend von einem spezifischen Praxis- oder Erfahrungswissen, das sich auf einen klar begrenzten Problembereich bezieht – die Möglichkeit geschaffen haben, mit ihren Deutungen das konkrete Handlungsfeld sinnhaft und handlungsleitend für Andere zu strukturieren“ (Bogner et al. 2014). Demnach steht der Experte in Abhängigkeit mit dem zu untersuchenden Forschungsgegenstand und lässt sich erst im Kontext des zu untersuchenden Sachverhaltes identifizieren. Für den Auswahlschritt eines Experten ist es wichtig, „[...]“, dass die Zuschreibung der Expertenrolle immer durch den Forscher selbst [...]“ (Kaiser 2021) erfolgt. Eine weitere Spezifizierung der Variante des Experteninterviews findet sich in der Be-

trachtung der Erkenntnisgewinnung. In diesem Forschungsfall lässt sich das Experteninterview als theoriegenerierend einordnen (Bogner et al. 2014). Diese Variante des Interviews zeichnet sich durch die Relevanz des Deutungswissen aus, welches der befragte Experte aus seiner subjektiven Handlung und Wahrnehmung wiedergibt. Daraus lassen sich schließlich Interpretationen und Zusammenhänge analysieren, welche zur Entwicklung von Theorien führen. Um dieses Wissen zu generieren, bedarf es einer systematischen Vorgehensweise zur Gesprächsführung. Für die Vorbereitung und Durchführung eines Interviews eignet sich die Erstellung eines Leitfadens. Dieser dient als Hilfs- und Orientierungsmittel für die Strukturierung der Themen und Kriterien innerhalb der Befragung. Dabei müssen die Fragen je Interview nicht identisch gestellt werden, sondern vielmehr in der individuellen Gesprächssituation den Befragten zum Teilen seiner Erfahrungen bestärken und eine offene Informationsabfrage fördern. Dennoch helfen vorformulierte Fragen als Gedankenstütze und können als Gesprächsanreize eingesetzt werden. Somit bieten die Fragen und Themen, die der Interviewer abdecken möchte, die Grundlage für das Gespräch und helfen dabei, relevante Aspekte des Themas zu erforschen. Allerdings ist der Forscher auch offen und interessiert an neuen Informationen und lässt dem Befragten somit Raum in der Entscheidung wie ausführlich er eine Frage beantworten möchte.

3.4. Identifikation und Akquise der Experten

In erster Linie orientiert sich die Auswahl der Experten am Profil des CD, da dieser als Endnutzer der LCNC-Plattform als unmittelbar Beteiligter für den zu untersuchenden Sachverhalt gilt. Auf Grund der Zusammenarbeit mit dem Praxispartner cimt ag, wurde der Suchradius zunächst auf die unternehmenseigenen Mitarbeiter eingegrenzt. Anhand der Definition eines CD, kamen Mitarbeiter ohne formale Ausbildung in der Softwareentwicklung in Frage, da sie nicht als professionelle Entwickler gelten. Ein weiterer Auswahlaspekt bestand in der Ermittlung von Experten mit unterschiedlichen Kompetenzbereichen. Demnach bieten Mitarbeiter aus verschiedenen Fachbereichen die Möglichkeit, breitgefächerte Einblicke und Meinungen über die Plattform und somit einen ganzheitlichen Einblick über das Forschungsthema zu erhalten. Um die Mitarbeiter der cimt ag über das Forschungsinteresse in Kenntnis zu setzen, wurde das Thema LCNC-Entwicklung und das SAP Build Produktportfolio in einem hybriden Vortrag vorgestellt. Die Offenheit der Mitarbeiter gegenüber neuen, relevanten IT-Themen wurde als Vorteil für die Expertensuche der Interviews genutzt. Die Produktvorstellung beinhaltete zudem eine Anleitung, um den Zugang bzw. die Berechtigungen zur Plattform einzurichten. Anschließend wurde eine E-Mail mit notwendigen Hintergrundinformationen zum Praxisprojekt, sowie der Appell zur Teilnahme an den Interviews und weitere Informationen wie die Dauer und den Zeitraum der Befragung an die Mitarbeiter ver-

schickt. Es gibt keine vorgeschriebene Anzahl an Experten, sodass es im eigenen Ermessen des Forschenden liegt die Anzahl der Experten unter Einbezug der Zeitrressourcen abzuwägen (Kaiser 2021). Zudem wurde berücksichtigt, dass nicht nur die eigenen Zeitrressourcen, sondern auch die der unternehmensinternen Mitarbeiter von Bedeutung sind. Da diese im operativen Tagesgeschäft in Projektarbeiten und Termine eingebunden sind, haben sie auch nur begrenzte Kapazitäten an der Befragung teilzunehmen. Daher wurde jeder Gesprächstermin mit einer maximalen Dauer von einer Stunde geplant. Insgesamt konnten so fünf Mitarbeiter als Interviewpartner akquiriert werden, welche im Anschluss nochmals ein detaillierteres Briefing erhielten. Dabei war es wichtig den Experten den Hinweis bzw. die Vorgabe zu geben, sich mit dem Produktportfolio von SAP Build vertraut zu machen und anhand der funktionalen Angebote der LCNC-Plattform eine eigene Umsetzungsidee aus ihrem Tätigkeitsbereich auszuwählen. Dadurch wird abgesichert, dass das Vorgehen der Experten mit der eigenen praktischen Entwicklung vergleichbar gemacht wird und dieselben Rahmenbedingungen für den Vergleich der Erfahrungswerte gegeben sind.

3.5. Der Interviewleitfaden

Der Interviewleitfaden übernimmt zwei wichtige Aufgaben. Zum einen gibt er Anlass zur Strukturierung der Themen der Forschung und zum anderen dient er als Orientierungsinstrument während der Befragung (Bogner et al. 2014). Der Interview-Leitfaden ist „[...] das Ergebnis einer Übersetzung unseres Forschungsproblems und unserer theoretischen Annahmen in konkrete Interviewfragen, die im Hinblick auf die Erfahrungswelt der Experten nachvollziehbar und beantwortbar sind“ (Kaiser 2021). Somit gilt es das Forschungsproblem als zentralen Ausgangspunkt zur Erstellung der Fragen, welche inhaltlich und in ihrer Reihenfolge danach ausgerichtet sind, zu betrachten. Der Interviewleitfaden wird demnach systematisch aus dem Forschungsproblem abgeleitet und das Forschungsinteresse in konkrete Fragen übersetzt. Weiterhin wird der thematische Aufbau und die Struktur der Fragen so gestaltet, dass sie einer „[...] nachvollziehbaren Argumentationslogik folgen“ (Kaiser 2021). Dabei gibt es keine vordefinierte Länge oder Dauer des Interviews. Das Vorgehen zur Erstellung der Interviewfragen kann in zwei Operationalisierungsschritte unterteilt werden (Kaiser 2021). Zunächst galt es die Analysedimension, abgeleitet aus der Praxis und Theorie, zu bestimmen. Demnach wurden Dimensionen bestimmt, die das Forschungsthema beobachtbar machen und auf Grundlage der Hauptforschungsfrage gebildet werden. Zusätzlich lassen sich die Dimensionen anhand der praktischen und theoretischen Vorkenntnisse ableiten.

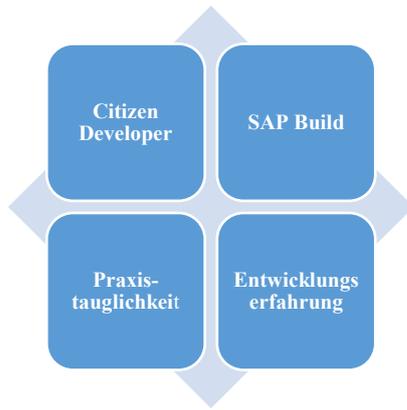


Abbildung 6: Analysedimensionen
Quelle: Eigene Darstellung

Daraufhin wurden die Dimensionen in Fragekomplexe übersetzt und dabei die Kriterien aus den theoretischen Grundlagen so geordnet, dass sie in sinnvoller Weise abgefragt werden können. Es wurden Fragen entwickelt, mit welchen herausgestellt wird, ob und inwiefern sich gerade die analysierten Kriterien auf die Praxistauglichkeit der Plattform auswirken. Bei der Reihenfolge der Themenblöcke wurde darauf geachtet, dass diese möglichst stringent aufgebaut sind, sodass der Experte einem logischen Fragenablauf folgen konnte. Die Anordnung der Fragen wurde so gewählt, dass der Experte sich in seine Entwicklungserfahrung zurückversetzen kann. Dadurch wird erzielt, dass der Experte in das Thema eingeführt wird, seine Anwendungserfahrung schrittweise reflektiert und abschließend gedanklich so strukturiert, dass er vertiefende Meinungen, Erfahrungen und konstruktive Kritik wiedergeben kann. Der Fragebogen unterteilt sich in vier Themenblöcke mit Haupt- und Unterfragen (Bogner et al. 2014). Die Themenblöcke (Analysedimensionen) wurden mit den Buchstaben A-D betitelt. Solange nicht vom Befragten vorweg beantwortet, wurden die Hauptfragen in jedem Gespräch gestellt, um eine Vergleichbarkeit der Befragungen zu gewährleisten. Wobei die Unterfragen als Nachfrageoption gelten, falls die Befragten die Hauptfrage nicht ausreichend beantworten.

Experteninterview – Leitfaden

A: Citizen Developer

- 1a) Welche Position/ Rolle/ Tätigkeit hast du bei der cimt ag?
- 2a) Hast du Programmierkenntnisse?
2.1.a) Wenn ja, welche?
- 3a) Hast du Vorerfahrungen mit LCNC-Plattformen?

B: SAP Build

- 1b) Welchen praxisbezogenen Use Case ausgewählt?
1.1.b) Woher stammt die Idee/ Motivation?
- 2b) Wie viel Zeit hast du in die Nutzung von SAP Build investiert? (geschätzt)
- 3b) Welches der SAP Build Produkte hast du für deinen Use Case benutzt?
3.1.b) SAP Build Apps, Process Automation, Work Zone?

C: Entwicklungserfahrung

- 1c) Wie gelang dir der Zugriff zur Plattform?
1.1.c) Wie hast du die Einrichtung wahrgenommen?
- 2c) Kam es zur Unterstützung/ Zusammenarbeit mit der internen IT-Abteilung?
- 3c) Wurden bereitgestellte Anleitungen/ Hilfestellung von SAP genutzt?
3.1.c) Wenn ja, welche und wie hilfreich hast du diese wahrgenommen?
- 4c) Gab es Herausforderungen im Umsetzungsprozess?
4.1.c) Technische Hürden, Verständnisprobleme?

D: Praxistauglichkeit

- 1d) Wie beurteilst du das Potenzial der Plattform für Citizen Developer?
- 2d) Welche Empfehlungen würdest du anderen Citizen Developern geben, die die Plattform für eigene Projekte nutzen möchten?
- 3d) Möchtest du noch etwas hinzufügen?

Abbildung 7: Interviewleitfaden
Quelle: Eigene Darstellung

3.6. Durchführung der Experteninterviews

Die Durchführung der Experteninterviews erfolgte über Microsoft Teams per Video-Besprechung, da dies als primäre Kommunikationsplattform bei der cimt ag genutzt wird. Zudem verfügt das Medium über eine Aufnahme-funktion. Aufgrund des bundesgesetzlichen Schutzes personenbezogener Daten, wurden die interviewten Personen vorab schriftlich und vor Gesprächsdurchführung persönlich nach ihrem Einverständnis zur Aufzeichnung und Verarbeitung der Interviewinhalte gefragt. Dabei wurden erneut Zweck und Inhalt der Forschung erläutert. Die Aufzeichnung begann stets mit der ersten Interviewfrage und wurde nach Beantwortung der letzten gestellten Frage beendet. Der Gesprächsverlauf wurde so geführt, dass der „Grundsatz der Offenheit“ (Kaiser 2021) eingehalten wurde, sodass eine Abweichung von den Leitfragen, aufgrund von spezifischeren Nachfragen, bei Bedarf stattfinden konnte. Demnach konnten die Fragen auch in einer anderen Abfolge gestellt oder abgewandelt formuliert werden. Bei der Formulierung der Fragen wurde darauf geachtet, diese wertneutral zu stellen, sodass die Erfahrungen bzw. Meinungen des Interviewers nicht vorweggenommen wurden. Dadurch wurde abgesichert, dass die Experten frei und nur auf ihre eigenen Erlebnisse konzentriert erzählen, ohne in eine bestimmte Richtung geleitet zu werden. Insgesamt betrug die Dauer der eigentlichen Befragung 15 bis 20 Minuten, sodass die vorab festgelegte Besprechungszeit von einer Stunde eingehalten werden konnte.

3.7. Auswertung der Experteninterviews

Für die Auswertung der Gesprächsinhalte wurde das Audiomaterial der Interviews unter Beachtung der Grundregeln der Transkription verschriftlicht (Kaiser 2021). Die Auswertung der Interviewinhalte stützt sich auf die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring und Fenzl. Dieses Verfahren bewährt sich auf Grund der qualitativen Interpretation von Textmaterial, um dabei auch verborgene Deutungen zu erfassen (Mayring und Fenzl 2014). Diese Deutungen beziehen sich auf inhaltliche Bestandteile der Experteninterviews, welche als Äußerungen nicht unmittelbar erkennbar sind und durch ein Auswertungsverfahren erkennbar analysiert werden. Dadurch, dass die Aspekte und Regeln des Auswertungsverfahrens sehr genau definiert und begründet werden, lassen sich die subjektiv generierten Daten auch für Außenstehende nachvollziehbar aufbereiten. Um das Material inhaltsanalytisch auszuwerten, wurde ein Kategoriensystem entwickelt, zu welchem sich die einzelnen Textstellen zuordnen lassen. Diese Vorgehensweise kann in die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse eingeordnet werden. Die Entwicklung der Kategorien kann grundsätzlich induktiv, aus dem Interviewtext entwickelt, oder deduktiv anhand der theoretischen Erkenntnisse, entwickelt werden. Da die Konzeption des Fragebogens auf Grundlage von Theorieanteilen sowie der eigenen praktischen Erfahrung entstanden ist, wurde zunächst die deduktive Kategorienanwendung verwendet. In der ersten Analyse des Textmaterials wurden allerdings Inhalte festgestellt, aus welchen sich zwei weitere Kategorien ableiten lassen: Empfehlungen und Kritik. Das Hinzufügen weiterer Kategorien aus dem Textmaterial (induktiv) in Kombination mit der deduktiven Kategorienanwendung, wird als Mixed-Method-Ansatz bezeichnet, welcher auch in der qualitativen Inhaltsanalyse anerkannt ist. Dabei werden die Kategorien gleichermaßen bewertet und ohne hierarchische Bedeutung aufgestellt. Die systematische Regelaufstellung wird in einem Kodierleitfaden hinterlegt (siehe Abbildung 8). Dieser besteht aus der aufgestellten Kategorie, der Definition, passenden Beispiel-Zitaten aus dem Interviewtext (Ankerbeispiele) sowie einer Kodierregel, welche vorgibt, wann die Textstelle der Kategorie zugeordnet wird und um eine klare Abgrenzung zu anderen Kategorien einzuhalten. Anhand dieses Kodierleitfadens wurde jedes der fünf Interviews analysiert, um die Ergebnisse der kategorischen Analyse im nachfolgenden Kapitel zu präsentieren. Der Ergebnisteil dient daraufhin als Grundlage um Implikationen zur Prüfung der Praxistauglichkeit abzuleiten.

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregel
Fachwissen	Fachliches Wissen im Sinne von beruflicher Qualifikation und Tätigkeitsbereich im Unternehmen	„also ich bin Berater (...) für den Bereich Einkauf, Verkauf und Logistik“	Teststellen müssen Erläuterung des Fachbereichs, der Rolle oder Beschreibung des Tätigkeitsfelds aufweisen
Vorkenntnisse	Vorhandene Kenntnisse oder Vorerfahrung im Bereich der Programmierung, technische Fähigkeiten oder der LCNC-Entwicklung	„Ja, ich habe Programmierkenntnisse. Ich habe mal Wirtschaftsinformatik studiert, (...)“	Textstellen müssen klare Äußerungen zu Vorkenntnissen und ggf. den Einfluss dieser auf die Nutzung von SAP Build enthalten
Anwendungsfall	Umsetzungsidee/ Use Case, welcher mit einem der SAP Build Produkte umgesetzt wurde	„Mein praxisbezogener Use Case war, dass ich eine Anwendung mit No Code bauen möchte, die mir einen OData Service aus dem S/4HANA OnPremise System aufruft.“	Teststellen müssen Hinweise und Beschreibungen des Anwendungsfalls des Experten liefern

Abbildung 8: Ausschnitt des Kodierleitfadens
Quelle: Eigene Darstellung

Weitere Kategorien, welche im Ausschnitt des Kodierleitfadens nicht zu erkennen sind, sind folgende:

- SAP-Unterstützung
- IT-Interaktion
- Herausforderungen
- Potenziale
- Empfehlungen
- Kritik

3.8. Ergebnisanalyse

In diesem Kapitel werden die ausgewerteten Ergebnisse der Interviews anhand des Kodierleitfadens mit dem zuvor generierten theoretischen und praktischen Wissen abgeglichen. Aus dieser Analyse lassen sich Implikationen für die Praxistauglichkeit der LCNC-Entwicklung eines CD mit SAP Build ableiten. Die LCNC-Entwicklung ist in erster Linie für IT-affine Mitarbeiter aus verschiedenen Fachbereichen entwickelt worden, welche ohne Programmierkenntnisse digitale Lösungen in Form von Datenmodellierung, Prozessabläufen, Apps oder Automatisierungen erstellen können. Jeder der Experten ist als Berater in einer anderen Rolle oder Fachbereich beschäftigt und konnte einen spezifischen Anwendungsfall aus seinem Tätigkeitsfeld ermitteln. Die Wahl der Anwendungsfälle spiegelt auch die wichtigsten Einsatzgebiete für LCNC allgemein in Unternehmen wider. Die Experten wählten Datenmodellierung, App-Anwendung und Prozessautomatisierung. Dadurch, dass einige der Experten ihre Umsetzungsidee ausführlich vorstellten, lässt sich erkennen, dass auch die von SAP Build angebotenen Erweiterungsfunktionen wie Schnittstellenverknüpfungen an interne oder externe Systeme sowie die Cloud-Integration genutzt wurden. Demnach ist die Plattform in

der Lage, anhand seiner angebotenen Funktionalitäten eine breite Palette an Anwendungsfällen abzudecken. Zunächst wird deutlich, dass SAP Build von den Experten auf den ersten Blick als gelungene Produktdarstellung angenommen wurde und die Idee hinter der LCNC-Lösung als innovativer Entwicklungsansatz akzeptiert wird. Dies bestätigt auch die theoretische Grundvoraussetzung, nach welcher eine offene Unternehmenskultur die Motivation zur Entwicklung von digitalen Lösungen mit LCNC fördert. Allerdings zeigten sich, laut Experten, die ersten Herausforderungen bei der Einrichtung von SAP Build in der Systemumgebung der SAP BTP. Diese Herausforderungen sind analog mit der eigenen Einrichtungserfahrung von SAP Build. Anhand dessen lässt sich erkennen, dass der Zugriff und die Einrichtung zur Plattform zwar durch das Help Center und bestimmte Anleitungen von SAP abgedeckt werden, es jedoch bei der Umsetzung immer wieder zu Authentifizierungsproblemen und Zugriffsverweigerungen kommt. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass SAP Build zwar auf einer standardisierten Benutzeroberfläche (Plattform) zugänglich ist, die Produkte jedoch vorab einzeln eingerichtet werden müssen. In diesem Schritt lässt sich besonders die Integration bzw. die Kooperation mit der IT als bedeutsam herausstellen, da diese durch fachspezifische IT-Kenntnisse Abhilfe schaffen kann. Es lässt sich demnach bestätigen, dass das Zusammenspiel von IT und CD ein wichtiger Bestandteil für die effiziente Umsetzung von LCNC-Entwicklungsprojekten ist. Dementsprechend sollte vor dem Einstieg in SAP Build, die Planung und Entwicklung der Integration des CD und des IT-Bereichs durch IT-Governance unter Berücksichtigung der Unternehmensstrategie erfolgen. Allerdings zeigen die Erfahrung der Experten, dass der benötigte Support seitens der IT wenig hilfreich für die Beseitigung von Fehlerquellen und Problemen war, da die IT-Kollegen selbst erst mit SAP Build vertraut sein müssen. Anhand dieser Rückmeldung lässt sich kritisch hinterfragen, ob die Ausgangsidee, dem Mangel an qualifizierten IT-Personal durch LCNC-Entwicklung entgegenzuwirken, überhaupt gerecht werden kann. Zwar können die Experten durch ihr Fachwissen eigenständige Problemlösungen und Anwendungsfälle mit SAP Build entwickeln, doch bietet es keine Entlastung, wenn die IT bei Fragen und Problemen wieder in die Projektarbeit involviert wird. Um diesem Dilemma entgegenzuwirken, zeigen sowohl die Experten als auch die Theorie auf, dass der CD ausreichend Schulung zum Umgang mit SAP Build und der Systemumgebung SAP BTP erhalten sollte. Daneben sollte auch die Einführung eines Projektmanagements für die LCNC-Anwendungsentwicklung auf SAP Build angedacht werden, in welcher sowohl CD als auch IT-Mitarbeiter gemeinsam auf die Projektarbeit vorbereitet werden. Demzufolge kann der Wissens- und Kenntnisstand über die Plattform unabhängig der Vorerfahrungen in der Programmierung oder von IT-Fachwissen auf ein gleiches Level gebracht werden. Diese Weiterbildungsmaßnahmen können potenziell dazu beitragen, weiteren Hindernissen entgegenzuwirken. Diese erkennen einige der Experten bei der Adaption und Modifizierung des eigenen

Anwendungsfalls, sobald er ein gewisses Komplexitätsniveau überschreitet. Die meisten Schwierigkeiten zeigten sich bei Projekten, welche eine Schnittstelle voraussetzen bzw. Daten aus anderen Systemen abrufen sollen (siehe Abbildung 9). Sowohl die Einrichtung als auch die Verwaltung der jeweiligen Schnittstellen umfasst komplexe Konfigurationsschritte, um die reibungslose Kommunikation bzw. den Datenaustausch zwischen den Systemen sicherzustellen.

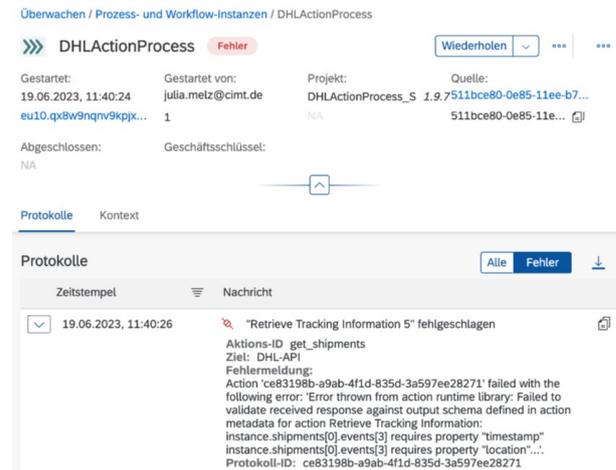


Abbildung 9: Fehler API-Konfiguration
Quelle: Eigene Darstellung

Dies spiegelt auch die bereits genannte Herausforderung aus der Theorie wider. Demnach sind solche Art von Projekten für den CD zu komplex, sodass das Fehlen von technischem Wissen zum einen zum Scheitern des Projekts führt und zum anderen wieder die Notwendigkeit einer LCNC-Strategieeinbindung im Unternehmen zeigt. Folglich kann SAP Build vom CD sicherlich genutzt werden um einfache Projekte wie Daten- und Prozessmodellierung oder App-Oberflächen, ohne komplexe Datenanbindung oder Automatisierungsfunktionen zu entwickeln. Jedoch ist es fraglich, ob SAP Build das eigentliche Produktversprechen einer LC und NC-Entwicklung für alltägliche, unternehmerische Anwendungsfälle einhalten kann. Damit ist gemeint, dass in keiner der Entwicklungsprojekte klassische Programmierung eingesetzt werden musste, allerdings spezifische Anforderungen sowohl ein Code-Verständnis als auch Fachwissen fordern. Für die Einrichtung einer Schnittstelle, muss der CD ein Verständnis für technische Parameter wie Authentifizierungsmethoden, Datenformate sowie die Datenstruktur für die Benennung der Input und Output Werte haben.

Retrieve Tracking Information
Retrieves the tracking information for shipments(s). The shipments are identified using the required 'trackingNumber' query parameter.

GET /shipments

Input Output Test

Parameter	Key	Parameter	Type	Label	Static	Value	API Format
<input type="checkbox"/>	limit	query	number	limit	No	5	
<input type="checkbox"/>	offset	query	number	offset	No	0	
<input type="checkbox"/>	service	query	string	service	No		
<input type="checkbox"/>	language	query	string	language	No	en	
<input type="checkbox"/>	trackingNumber*	query	string	trackingNumber	No	003404342921351	
<input type="checkbox"/>	originCountryCod	query	string	originCountryCode	No		
<input type="checkbox"/>	recipientPostalCo	query	string	recipientPostalCod	No		
<input type="checkbox"/>	requesterCountry	query	string	requesterCountryC	No		

Abbildung 10: Konfiguration Action API
Quelle: Eigene Darstellung

Doch kommt es beim Einsatz von Real Life Szenarios zu kundenindividuellen Anforderungen wie bspw. die spezifische Datenintegration, welche sich allein mit einer klickbasierten Entwicklung von Bausteinvorlagen nicht umsetzen lassen. Zusammenfassend lässt sich aus diesem Aspekt ableiten, dass die SAP Build Plattform bei Anwendungsfällen, welche über das Nachbauen einer SAP-Anleitung hinausgehen, eher LC-basiert funktioniert. Darüber hinaus lässt sich aus den theoretischen Erkenntnissen ableiten, dass die Anwendung mit SAP Build keine Vorkenntnisse in der Programmierung voraussetzt. Dennoch zeigte sich, dass jeder der Experten aufgrund seiner Tätigkeit als Berater in der IT-Branche gewisses Programmierungs- und Fachwissen aufweist. Allerdings konnte diese Vorerfahrung nicht bei der Problembewältigung helfen, da sich das SAP Build Angebot aufgrund seines umfangreichen Funktionsumfangs und der aufwendigen Einrichtung in der Systemumgebung auf der SAP BTP als zu komplex in der Anwendung für die Experten darstellte. Demnach impliziert diese Erkenntnis, dass der CD unbedingt ein hohes Maß an technischer Affinität und Wissen aufweisen muss, um SAP Build vollumfänglich und effizient nutzen zu können. Hierzu lässt sich zudem ableiten, dass auch die Branchenabhängigkeit der CD keinen Vorteil in der effektiven Nutzung von SAP Build bietet, da selbst die Experten als Berater in der IT-Branche Probleme bei der Anwendung hatten. Ein weiterer Aspekt, welcher bei der Analyse von Theorie und Praxiserfahrung aufgefallen ist, zeigt sich in dem zusätzlichen Zeitaufwand durch die entstandenen Hürden. Laut der Theorie sorgt die LCNC-Entwicklung mit SAP Build durch Zeiteinsparungen für kürzere Entwicklungszyklen und lässt IT-Ressourcen effizienter einsetzen. Doch können diese Potenziale nur ausgeschöpft werden, wenn das Unternehmen eine LCNC-Strategie für SAP Build entwickelt und genau bestimmt, wie und in welchem Umfang die Zeitressourcen der IT-Abteilung in das LCNC-Projekt einfließen. Ansonsten kommt es durch ständige Supportanfragen seitens der CD zu einem umgekehrten Effekt, welcher sich in einer zu hohen Auslastung der IT-Mitarbeiter äußert. Abschließend lassen sich folgende Implikationen für die Praxistauglichkeit von SAP Build zusammenfassen. Der erfolgreiche Einsatz erfordert ein Zusammenwirken zwischen technisch versierten CD und der IT-Abteilung, unterstützt durch gezielte

Schulungen und Wissensaustausch im Unternehmen. Zudem ist es wichtig, die Einbindung der Plattform, insbesondere die Bereitstellung der standardisierten Benutzeroberfläche über das SAP BTP, zu gewährleisten. Dabei sollten die Mitarbeiter des IT-Bereichs durch ein gezieltes Projektmanagement und einem angemessenen sowie vorab geplanten Zeitaufwand in die LCNC-Projekte integriert werden. Um das volle Potenzial von SAP Build zu nutzen, ist eine genaue Abstimmung des Komplexitätsniveaus der Anwendungsfälle entscheidend, da der CD bei der eigenständigen Umsetzung, sonst an seine Grenzen stößt. Anhand der Unterstützungsleistung der SAP, in Form von Tutorials und Hilfestellungen, kann sich der CD einen ersten Überblick über die funktionalen Möglichkeiten der Plattform machen. Allerdings sollte er die Anforderungen seines ausgewählten Umsetzungskonzepts in enger Zusammenarbeit mit einem erfahrenen IT-Kollegen besprechen. Dieser kann durch seine Fachexpertise die Komplexität der Umsetzung einschätzen und eine gemeinsame Projektumsetzung mit dem CD planen. In der Gesamtbetrachtung ist festzustellen, dass SAP Build vielversprechende Ansätze für eine alternative und branchenunabhängige Anwendungsentwicklung bietet, diese jedoch keinen vollständigen Ersatz für die herkömmliche Softwareentwicklung darstellt. In der Praxis, bewährt sich die Plattform für den CD nur bis zu einem gewissen Grad der Prozesstiefe. Das bedeutet, dass komplexe Anwendungsfälle auf LC-Ebene umgesetzt werden und IT-Fachwissen und unter Umständen Programmierkenntnisse vorausgesetzt sind.

4. VALIDIERUNG DER QUALITATIVEN VORGEHENSYSTEMATIK

4.1. Prüfung der Gütekriterien

Die Ergebnisse einer qualitativen Forschung sollten flexibel argumentiert werden (Mayring 2016). Um damit Qualität der Forschung zu untermauern, bedarf es einer begründeten, belegbaren Diskussion des Vorgehens und der Ergebnisaufbereitung. Aus dem Grundsatz „Die Gütekriterien müssen den Methoden angemessen sein“ (Mayring 2016), wurden sechs Gütekriterien qualitativer Forschung entwickelt, anhand welcher die Vorgehensweise und die Implikationen diskutiert werden.

Verfahrensdokumentation: Durch die detaillierte und schriftliche Dokumentation des Forschungsvorgehens, lässt sich das Forschungsvorhaben für externe Personen nachvollziehbar gestalten. Dieses Gütekriterium ist eingehalten, da zu Anfang die Forschungsgegenstände durch eine Festlegung der Thematik dieser Arbeit und einer Theorieanalyse im zweiten Kapitel, dargestellt wurden. Hiermit wurde festgelegt, dass sich die Forschung auf die Personengruppe der CD und der LCNC-Entwicklung auf der SAP Build Plattform bezieht. Daraufhin wurde das Forschungsdesign anhand der Differenzierung der Forschungsansätze- sowie Methodiken festgelegt und damit die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Experteninterviews systematisch

aufbereitet. Als ein wichtiger Bestandteil der Verfahrensdokumentation gilt zum einen die Identifikation der Experten, da somit eine fundierte Verbindung zum Forschungsgegenstand der CD hergestellt ist. Zum anderen bekräftigt die präzise Beschreibung der Analysedimensionen und der Kategorienanwendung zur Auswertung der Interviews, die Einhaltung dieses Gütekriteriums.

Argumentative Interpretationsabsicherung: Die Implikationen ergeben sich aus dem Abgleich von theoretischen und praktischen Erkenntnissen bzw. den Ergebnissen der Experteninterviews. Diese Interpretationen sollten argumentativ begründet werden. Hierbei ist entscheidend, dass sich vorab ein Verständnis für die Forschungsmaterie angeeignet wird, sodass die Deutung der Interpretation „[...] sinnvoll theoriegeleitet“ (Mayring 2016) erfolgen kann. Dieses Gütekriterium wird eingehalten, indem sich sowohl ein theoretisches Grundlagenwissen angeeignet wurde als auch die eigene praktische Anwendung der SAP Build Plattform in die Forschung einbezogen ist.

Regelgeleitetheit: Das Gütekriterium der Regelgeleitetheit beinhaltet die Einhaltung von klaren und vorab festgelegten Regeln für einen strukturierten Forschungsprozess. Diese Regeln werden besonders im Forschungsdesigns anhand von Ansätzen, Methodiken und Analysen vorgestellt sowie in einzelnen Schritten auf das Forschungsziel modifiziert. Eine tragende Rolle spielt die Regelgeleitetheit in der Methodik der Experteninterviews. Diese wird eingehalten, da das gesamte Forschungsvorgehen transparent und begründet dokumentiert ist. Anhand der systematischen Durchführung der Interviews und der Aufbereitung der Ergebnisse kann das Forschungsziel erreicht, sowie die gesamte Vorgehensweise nachvollziehbar gestaltet werden. Hierzu wurde sich an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring und Fenzl orientiert.

Nähe zum Gegenstand: Die Einhaltung dieses Gütekriteriums ist nicht als räumliche Nähe zu verstehen, sondern zeigt die Bedeutsamkeit der Forschung, im Alltag der Befragten. Nach Mayring lässt sich in diesem, das größte Potenzial für den Erkenntnisgewinn finden und eine „Interessenübereinstimmung“ (Mayring 2016) erreichen. Dieses Gütekriterium ist erfüllt, da sowohl die Motivation hinter dem Forschungsvorhaben als auch die teilnehmenden Experten aus demselben Umfeld stammen. Das Forschungsvorhaben wurde anhand der Praxisrelevanz in der IT-Unternehmensberatung cimt ag entwickelt und die Experten in ihrem alltäglichen Umfeld der Zugang zur SAP Build Plattform ermöglicht. Zudem zeigten die Mitarbeiter proaktiv ihre Bereitschaft zur Teilnahme an den Interviews, da sie persönliches Interesse an der Nutzung von SAP Build hatten. Zusätzlich konnte eine Interessenübereinstimmung mit der Vorgabe, einen Anwendungsfall aus dem jeweiligen Fachbereich und dem täglichen Aufgabengebiet auszuwählen, generiert werden. Darüber hinaus wurden die Mitarbeiter ausführlich

über das Forschungsvorhaben unterrichtet und der Forschungshintergrund offen kommuniziert, um ein gemeinsames Interesse sowie Transparenz zu schaffen.

Kommunikative Validierung: Die kommunikative Validierung lässt sich erreichen, indem die befragten Personen eine Einsicht in die abgeleiteten Forschungsergebnisse erhalten und die Interpretationen überprüfen. Damit wird auf eine größere Objektivität abgezielt, da der Forschende selbst stets aus seiner subjektiven Sichtweise analysiert. Dieses Gütekriterium konnte nicht eingehalten werden, da die Experten auf Grund von fehlenden Zeitressourcen keine weitere Einsicht in die Implikationen bzw. Forschungsergebnisse erhalten haben.

Triangulation: „Triangulation meint immer, dass man versucht, für die Fragestellung unterschiedliche Lösungswege zu finden und die Ergebnisse zu vergleichen (Mayring 2016). Wird die Forschung aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet, können die jeweiligen Ergebnisse miteinander verglichen und somit Vorteile und Schwachstellen identifiziert werden. Damit wird die Qualität der Forschung durch die Kombination von Perspektiven vergrößert. Sinnbildlich kann dies mit einem Triangel, bei welchem zwei Stäbe an der Spitze zusammengeschweißt sind, verdeutlicht werden. Die Stäbe stehen für die qualitative und quantitative Analyse, welche in Verbindung ein reines Ergebnis hervorbringen. Zwar wurde in dieser Forschungsarbeit keine Verbindung von qualitativer und quantitativer Analyse vollzogen, jedoch führte besonders die Prüfung dieses Gütekriteriums zu einer weiteren Erkenntnis welche retrospektiv erkannt wurde und in der nachfolgenden Diskussion weiter ausgeführt wird.

4.2. Diskussion der Forschungsansätze

Sowohl die inhaltliche Ausarbeitung der Forschungsansätze in der WI als auch die Prüfung der Triangulation liefern Hinweise darauf, dass die Verbindung von praktischer Relevanz mit wissenschaftlicher Methodik zu einer höheren Akzeptanz und Qualität der Forschung führt. (Kaufmann und Müller 2023) verweisen darauf, dass Forscher der WI im europäischen Raum danach streben, den gestaltungsorientierten Forschungsansatz unter Berücksichtigung von wissenschaftlich akzeptierten Methodiken auszubauen. In dieser abschließenden Diskussion werden die Chancen dieser Synergie nochmals aufgeführt und auf das eigene Forschungsvorhaben übertragen. In erster Linie konnte im Rahmen der gestaltungsorientierten Forschung sowohl ein praxisrelevantes als auch theoretisches Problem aufgegriffen und daraufhin eine verhaltensorientierte Fragestellung eingebunden werden. Der Praxisbezug ergab sich aus der problematischen Umsetzung eines Projekts als CD auf SAP Build. Insofern entwickelte sich die verhaltensorientierte Fragestellung, wie die Entwicklungserfahrung evaluiert und die Praxistauglichkeit der Plattform überprüft werden kann. Sowohl die prototypische Anwendungsentwick-

lung der Experten als CD, als auch die angewandte Methodik der Experteninterviews bestärken die gesamte Forschung, da sie Praxisbezug mit Wissenschaftlichkeit kombinieren. Im Prinzip ergänzen sich beide Ansätze dadurch, dass sie voneinander profitieren (Spann 2010). In beiden Fällen ist es das Ziel, einen Mehrwert in Form von neuem Wissen zur Lösungsfindung oder Erklärung von Problemen zu schaffen. Um dies zu erreichen, bietet der verhaltensorientierte Ansatz die Basis für das Verständnis des Verhaltens der beteiligten Akteure (CD) in der Nutzung von IT-Technologien (SAP Build). Diese Basis wurde auch in dieser Forschung, durch die Ermittlung der theoretischen Aspekte bzw. Faktoren, welche sich auf die Entwicklungserfahrung auswirken geschaffen. Zusätzlich konnte durch die selbstständig erbrachte Praxiserfahrung mit SAP Build noch eine weitere Perspektive eingenommen werden. Folglich wurde mit dem generierten Nutzerverständnis eine Grundlage für die Analyse der Entwicklungserfahrung mit den Experteninterviews entwickelt. Durch die Anwendung der Experteninterviews als qualitative Forschungsmethode und die Berücksichtigung der Prüfung von Gütekriterien wurde die Wissenschaftlichkeit dieser Forschung eingehalten. Infolgedessen kann die Verbindung von verhaltensorientierter Forschung, die das Nutzerverhalten und die Bedürfnisse der Experten, als CD untersucht, mit der gestaltungsorientierten Forschung, welche darauf abzielt, praktische Lösungen zu entwickeln, benutzerzentrierte und repräsentative Implikationen für die Praxistauglichkeit schaffen.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Die voranschreitende Digitalisierung ist und bleibt ein relevantes Thema für Unternehmen, besonders in der IT-Branche und führt auch in der Wissenschaft zu Forschungsbedarf. Für die Implementierung von Digitalisierungsthemen zur Lösung von unternehmerischen Problemen und Anforderungen kann der CD mit Hilfe von SAP Build und unter Berücksichtigung einer LCNC-Strategie Abhilfe schaffen. Diese wissenschaftliche Praxisprojekt hatte zum Ziel, ein systematisches Konzept zu entwerfen, welches die Praxistauglichkeit der SAP Build LCNC-Plattform anhand der Entwicklungserfahrung eines CD mit Hilfe eines Forschungsvorgehens der WI validiert. Die Vorgehensweise dieses Projekts hat dazu beigetragen, schrittweise relevante Erkenntnisse abzuleiten. Zunächst konnten Faktoren aus Theorieteil und praktischer Anwendung analysiert werden, welche die Entwicklungserfahrung eines CD auf SAP Build beeinflussen. Damit wurde der Grundstein für die Entwicklung der Interviewfragen gelegt. Zudem wurden die Experten nicht nur in der Theorie zu ihrer Erfahrung mit SAP Build befragt, sondern ein enger Praxisbezug durch die gestellte Aufgabe, einen realen Anwendungsfall umzusetzen, erzeugt. Eine weitere Forcierung der Prüfung der Praxistauglichkeit, sind die abgeleiteten Implikationen. Diese sind die Ergebnisse eines genauen und transparenten Forschungsvorgehens, bei welchem wissenschaftliche Standards und Methoden eingehalten wurden. Als

wichtigste Erkenntnis zeigt sich, dass die Praxistauglichkeit von SAP Build von verschiedenen Faktoren abhängt - darunter die technische Affinität der Nutzer, die Zusammenarbeit zwischen IT und CD, Weiterbildungsmaßnahmen und der Komplexitätsgrad der Projekte, die entwickelt werden müssen. Darüber hinaus haben sowohl die eigene Praxisanwendung als auch die der Experten und die regelgeleitete Interviewmethodik einen tiefen Erkenntnisgewinn durch die Einnahme von verschiedenen Perspektiven in der Betrachtung von SAP Build unterstützt. Hinzufügen lässt sich hierbei, dass auch die Gruppe der Experten als CD je Individuum eine andere Sichtweise aufgrund der Fachbereichsunterschiede bzw. Vorkenntnisse hatte. In Konsequenz hat das Einnehmen von unterschiedlichen Perspektiven bewirkt, ein vielschichtiges Verständnis über SAP Build zu erlangen und interdisziplinäre Einblicke in das Forschungsfeld ermöglicht. Zudem zeigt die Kombination aus verhaltensorientierter und gestaltungsorientierter Forschung, dass die erzielten Ergebnisse sowohl einen hohen wissenschaftlichen als auch praxisbezogenen Mehrwert erbringen.

Eine Weiterführung der Forschung kann den Experten eine Reflexion ihrer eigenen Aussagen ermöglichen sowie die interpretierten Ergebnisse absichern. Außerdem können als Erweiterung Handlungsempfehlungen in Form eines Leitfadens für die cimt ag getroffen werden. Dieser Leitfaden sollte so konzipiert sein, dass er mögliche Fehlerquellen, Hinweise und Anleitung zur Nutzung von SAP Build darstellt und somit dazu beiträgt, die Entwicklungsanwendung mit SAP Build besser auf die tatsächlichen Anforderungen der CD abzustimmen.

LITERATURVERZEICHNIS

- Baur, N. u. Blasius, J. [Hrsg.] (2014): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Berlin. Springer VS.
- Berg, A. (2022): Der Arbeitsmarkt für IT-Fachkräfte. Bitkom. S. 3.
- Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (2014): Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung. Wien. Springer VS.
- Breidenbach, K., Mathes, M., Riedel, M. u. Müller, T. (2023): Fachbereiche emanzipieren sich von der IT. Citizen Developer. In: CIO.
- Brennan, V. (2023): Citizen Developer gegen den IT-Fachkräftemangel. In: Dev-Insider.
- Caroll, N., Mórán, L., Garret, D. u. Jamnadass, A. (2021): The Importance of Citizen Development for Digital Transformation. In: Cutter Business Technology Journal. Vol. 34, No. 3.
- DeLisi, M. u. Howley, C. (2022): Gartner Forecasts Worldwide Low-Code Development Technologies Market to Grow 20% in 2023. Gartner Press Release. Stamford.
- Etemadian, R. (2023): Was ist ein Citizen Developer? Computerwoche.
- Gartner Glossary (2023): Citizen Developer. Information Technology Glossary.
- Gärtner, A. u. Wossidlo, K. (2023): Löst Low Code das Personalproblem der IT? CIO.

- Giegel, B. (2022): Beim Citizen Development hapert es oft an der Umsetzung. In: Dev-Insider.
- Helfferrich, C. (2014): Leitfaden- und Experteninterviews. In: Baur, N. u. Blasius J. [Hrsg.] (2014): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. S. 560-571. Berlin. Springer VS.
- Hinke, K. (2023): Vom Angestellten zum Citizen Developer. In: Digital Business Cloud. S. 20.
- Hurlburt, G. (2021): Low-Code, No-Code, What's under the Hood? In: IEEE IT Professional. S. 5-7.
- Kaiser, R. (2021): Qualitative Experteninterviews. Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung. 2. aktualisierte Auflage. Siegen. Springer VS.
- Kaufmann J., u. Mülder, W. (2023): Grundkurs Wirtschaftsinformatik. Eine kompakte und praxisorientierte Einführung. 10. überarbeitete Auflage. Mönchengladbach. Springer Vieweg.
- Liebhart, D. (2019): Low Code? In: netzwoche.
- Lindner, D. (2020): Forschungsdesign der Wirtschaftsinformatik. Empfehlungen für die Bachelor- und Masterarbeit. Nürnberg. Springer Gabler.
- Mayring, P. (2016): Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zum qualitativen Denken. 6. überarbeitete Auflage. Weinheim. Beltz Verlagsgruppe.
- Mayring, P. u. Fenzl, T. (2014): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N. u. Blasius J. [Hrsg.] (2014): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. S. 543-551. Berlin. Springer VS.
- Mendix (2021): The State of Low-Code 2021. A look back, the light ahead. S. 15-21.
- Outsystems (2020): The State of Application Development. Is IT ready for Disruption?
- Richardson, C. u. Rymer, J. (2016): The Forrester Wave: Low-Code Development Platforms, Q2 2016. The 14 Providers That Matter Most And How They Stack Up. In: Forrester Research. S. 2.
- Rymer, J. (2017): The Forrester Wave: Low-Code Development Platforms for AD&D Pros, Q4 2017. The 13 Providers That Matter Most And How They Stack Up. In: Forrester Research. S. 4.
- SAP (2023): SAP Build. Learn how to use low-code/ no-code tools to rapidly develop software without writing any code. SAP Learning.
- SAP (2023): Was ist Low-Code/ No-Code-Anwendungs-entwicklung? SAP Build.
- SAP (2023): Was ist SAP? Über SAP.
- SAP News (2021): SAP übernimmt No-Code-Pionier Appgyver. News Center.
- Schaffry, A. (2023): Licht und Schatten. Studie Low-Code/ No-Code 2022. Computerwoche.
- Spann, M. (2010): Synergien zwischen gestaltungsorientierter und verhaltensorientierter Wirtschaftsinformatik. In zfbf. Auflage 62. S. 677-679.
- Streim, A. u. Meinecke, C. (2021): Digitalisierungsschub in der Wirtschaft wird Pandemie überdauern. Bitkom.
- Tagesschau (2023): Weniger Studienanfänger in MINT-Fächern.

DASHBOARD USE CASE FOR SUPPLY CHAIN RESILIENCE MANAGEMENT AND FUTURE RESEARCH DIRECTION

Angela Sekulovska, Frank Morelli, and Frank Schätter

Business School, Pforzheim University, 75175 Pforzheim, Germany, sekulovs@hs-pforzheim.de, frank.morelli@hs-pforzheim.de, frank.schaetter@hs-pforzheim.de

KEYWORDS

Supply Chain Resilience Management, Process Mining, Supply Chain Disruptions, SCOR Model, Key Resilience Areas, Future Research Directions

ABSTRACT

This paper builds upon the foundation of Key Resilience Areas to present a practical use case and to conceptualize a supply chain resilience dashboard. Expert evaluation from process mining and supply chain operations raised concerns regarding the usability and feasibility of such a dashboard. Additionally, future research directions, encompassing platform-based dashboards, resilience-sustainability fusion, and stress testing, are also explored.

DISSEMINATION/ HISTORY OF THE KRAs

The paper by Schätter et al (2022) “Supply Chain Resilience Management Using Process Mining” aimed at identifying relevant data needed for strategic monitoring of the resilience status of the supply chain (SC). The result is eight distinguished Key Resilience Areas (KRAs), which help to have an initial understanding of the state of the SC and are easier to apply than more complicated analytical methods. Below you can find a short description for each of the KRAs (Schätter et al. 2022):

- *KRA1 - Geographic Distribution*: Provides visibility into the locations and distribution of entities, for example assessing the risk of disruptions due to supplier concentration in one specific region.
- *KRA2 - Sourcing Strategy*: Evaluates the impact of supply disruptions by analyzing material sourcing strategies, with a focus on single-sourcing vs multi-sourcing approaches.
- *KRA3 - Warehouse Materials*: Enhances resilience through buffer stocks of critical materials (e.g. due to their value) in warehouses, ensuring SC continuity.
- *KRA4 - Average Storage Time*: Measures the average time materials are stored in warehouses to identify critical materials and assess buffer effectiveness.

- *KRA5 - Transport Delays*: Identifies vulnerable transport relations by analyzing delivery durations and assessing delay-prone materials.
- *KRA6 - Consolidation of Deliveries*: Promotes cost-effective and resilient SC practices by consolidating (combining) material deliveries.
- *KRA7 - Transport Distance*: Analyzes transport distances and regional deliveries to reduce the risk of large-scale disruptions.
- *KRA8 - Intra-Logistics Processes*: Offers transparency into internal SC processes, assessing dependencies on critical materials and revealing potential weaknesses.

KRAs can serve as a strategic evaluation of the existing SC structure, providing a crucial initial insight into its susceptibility. This assessment is a key starting point for comprehending the overall resilience of SCs (Inbound Supply Chain Resilience Analysis Based on Key Resilience Areas, see Schätter et al. 2023). The authors argue that KRAs can be analysed with transactional and master data, which are readily available within the data warehouse of companies. Therefore, the KRAs can be applied on to process links that are in the immediate control of the company. They propose that the initial step when relying on this concept is to select an area (inbound or outbound logistics) or a process link and understand which KRAs apply to it. Consequently, each selected KRA should be evaluated independently, and once vulnerabilities are revealed, the subsequent step would be combining the at least two KRAs together to have a clear distinction between the effects and causes. The overall analysis involving the KRAs can be understood as a filter for vulnerable deliveries and their associated suppliers and materials (Schätter et al, 2023).

STATE OF THE ART FINDINGS

Literature Review

Because of the growing frequency and size of SC disruptions, companies are facing significant challenges due to continuous changes in consumer behaviors, markets, and SCs, leading to an imbalance in their operations. Consequently, the concept of Supply Chain Resilience Management (SCRM) has garnered considerable attention in recent times. Global SC have been made public by events like the COVID-19 pandemic, emphasizing the urgent need for enterprises to proactively manage SC risks (Bret et al, 2021). These

destabilizing effects have highlighted how crucial it is to establish robust supply networks that can take shocks, quickly adapt to changing conditions, and recover effectively. The speed and magnitude of these changes necessitate swift responses from leaders who must embrace agile methodologies and accelerate the transformation of their chains. Enhancing the resilience of processes involves applying new insights and abilities while adopting alternative measurements for process-focused performance (Schätter et al, 2022). Additionally, robust data and analytics capabilities are crucial for comprehending complications, anticipating potential disruptions, and rapidly formulating effective strategies in response. Resilience is both defined as a capacity that is developed in response to a shock or disruption and as being more pro-active in helping the company get ready for a disruption (Melnik et al, 2014). The capability to learn from past disruptions to be able to predict and overcome future disruptions, by reducing the level of risk and being aware of the SC's vulnerabilities (Aman & Seuring, 2021). Therefore, being aware of SC vulnerabilities and possible risks can increase the effectiveness of the response to future disruption, mitigate its damage and restore the state of the SC.

On the other hand, over the past two decades process mining (PM) has emerged as a particularly promising contender and as a relatively new field of study that falls somewhere between process modeling and analysis, computational intelligence, and data mining (van der Aalst et al., 2012). PM aims to identify, monitor, and improve business processes by extracting data from the event logs that are easily accessible in today's information systems. Event data has drastically increased in the past decades, and subsequently many PM techniques have also advanced significantly. Thus, PM has become highly important in management trends that are concerned with process improvement (van der Aalst, 2012; van der Aalst, 2016).

The foundation of PM is an event log, which contains events that relate to a specific process instance aka *a case* and refers to a clearly defined step in a process aka *an activity*. In other words, a case is a specific identifier, like an item from a purchase order, an invoice, or an order number, while an activity is a description of what took place, such as when a purchase order was created or when goods were received. It is necessary to chronologically order and consider all the events that were connected to one case as "one run" of a process. Nevertheless, event logs can hold further information related to the events, such as *a timestamp* that indicates when an event has occurred, details about the resource i.e., device or person that is initiating or performing the activity, or *data elements* recorded along with the event (van der Aalst, 2012).

The information gathered from event logs is usually presented on dashboards, so that the person responsible can quickly identify issues and take corrective actions to help the organization perform better (Rasmussen et al., 2009, p.3). Pauwels et al. (2009) define a dashboard as a reasonably compact group of linked key performance

indicators and fundamental performance drivers that represents both immediate and long-term objectives and can be viewed by all members of the organization. A dashboard is a visual representation of the most crucial data required to accomplish one or more goals, collected, and organized on a single screen for easy monitoring (Few, 2006, p.26). Managers frequently use dashboards to monitor a company's performance, and since the COVID-19 pandemic, their use has increased (Reibstein et al., 2023). Dashboards can be categorized based on their level of detail and timeframe into strategic, tactical, and operational tiers (Few, 2006, p.33).

For the purpose of creating resilient SCs, Ivanov et al. (2019) recommended making extensive use of digital technologies, such as data analytics, to create a decision support system for SC risk analytics. Orenstein (2023) has identified several information dimensions to include SC dashboards to get a meaningful understanding of the operations of the SC, namely structural, geographic, and financial layer. Additionally, the author suggests that further layers can be applied depending on the goals of the analyst using the dashboard.

Designing a Use Case for SCR Based on PM

We envisioned and designed an industry-neutral SCR dashboard for in-house consultants at the mid-level of the hierarchical management. The design and development of such conceptual dashboard required relying on framework that was globally recognized; therefore, the newest version of the Supply Chain Operations Reference (SCOR) 14.0 model played a pivotal role in our research. This recent version of the model has redefined performance attributes in three categories: Resilience, Sustainability, and Economic performance with our focus being on the resilience-only performance categories (ASCM, 2022). The model provides three sub-attributes under "Resilience", these are Reliability (RL), Responsiveness (RS), and Agility (AG). Below you can find the description of each resilience attribute:

Reliability (RL): Deals with the ability to execute tasks in accordance with established expectations. It concerns ensuring the predictability of process outcomes. Key metrics associated with Reliability encompass the timely delivery of products or services, meeting the prescribed quantity, and providing accurate documentation.

Responsiveness (RS): Focuses on how quickly tasks related to customer orders are completed. It looks at how fast businesses can respond and satisfy customer needs.

Agility (AG): Describes the ability to respond to unplanned external influences, disruptions and/or events.

The design of the conceptual dashboard prominently featured tabs dedicated to each SCOR resilience performance category, seamlessly integrating metrics from each of these crucial aspects. Nonetheless, it is crucial to recognize that these discrete sub-dimensions of

resilience play a pivotal role in conceptualizing and comprehending SCR within varying contexts and across diverse types of companies.

Notably, Accenture’s SCR application significantly contributed to the conceptual development of the SCR mockup dashboard. This application was developed in collaboration with Celonis, a leading process mining vendor, and aims to assist companies in enhancing their SCR by leveraging real-time data on disruptive events, conducting SC operational risk, assessment, and providing intelligent solutions to mitigate disruptions. Since we were unable to cover a SC from end-to-end, the focus of Accenture’s SCR application on the inbound logistics side, narrowed the scope of the research and eased the selection of an appropriate process on which to center the design around. Purchase-to-Pay (P2P) was chosen as the primary process around which the conceptual dashboard was designed. Then from the SCOR model the S2 Direct Procure process was selected as a surrogate for the P2P process which allowed for an adequate selection and representation of performance metrics that fell under the resilience category. In addition, while designing the layout for the dashboard the following KRAs were considered KRA1: Geographic Distribution of Entities, KRA2: Sourcing Strategy of Materials, and KRA5: Transport Delay. The reason behind the choice of these KRAs is to showcase how different elements of dashboard could help in practically using the KRA framework. Later, after developing a use case for the envisioned dashboard, an evaluation from experts was conducted to uncover potential improvements and ideas regarding our research. (Sekulovska et al., 2023)

SCR Use Case and Designed Dashboard

The Use Case is essentially a demonstration walkthrough of the intended dashboard functionality, offering a comprehensive understanding of how the dashboard achieves its core goals. To enhance reader comprehension, figures (Figures 1 to 3) have been included. These figures offer visual cues that correspond to the steps a potential in-house consultant would take while utilizing the dashboard.

As a hypothetical scenario, the in-house consultant initiates access to the dashboard within the Celonis EMS. Upon entry, their initial view is directed to the "Resilience Overview P2P" tab. Subsequently, they are provided the option to investigate a specific aspect, such as "Reliability," which encompasses two distinct sections. Within the first section, a vital metric—termed "Perfect Supplier Order"—is showcased. In this instance, the metric registers at 77.37%. This metric serves as a comprehensive indicator of collective supplier performance in fulfilling their orders. Notably, the maximum attainable value is 100%, signifying optimal efficiency in meeting the company's order delivery requirements. In the present case, the metric reveals certain suppliers demonstrating inefficiency in fulfilling orders. Transitioning to the second focal point, as

depicted in Figure 1, the in-house consultant encounters three pivotal information metrics. These metrics reveal that a quarter (25%) of the suppliers are in a precarious state of risk. Of this subset, 209 suppliers are categorized as "endangered," while 92 are flagged as "high risk." The identification of such risk-laden suppliers raises a preliminary flag, indicating potential concerns warranting a more profound exploration. Consequently, the in-house consultant possesses the option to delve deeper by engaging the "Deep Dive" button—an action depicted as numeral 3 in Figure 1. (Sekulovska et al., 2023)

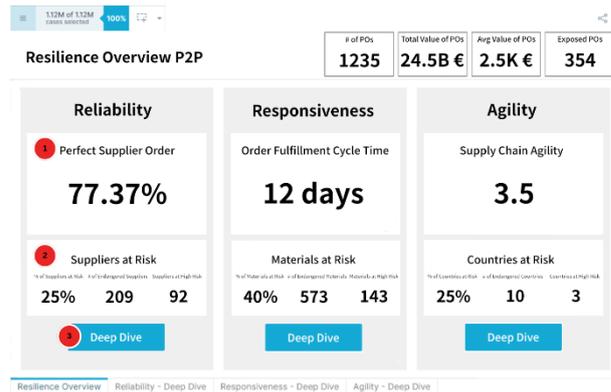


Figure 1: Resilience Overview P2P Demonstration

If the consultant opts to conduct a more in-depth exploration of the emerging issues, they can initiate this process by clicking the "Deep Dive" button, which leads them to the dedicated "Reliability Deep Dive" tab (Figure 2). Here, the in-house consultant gains the opportunity to observe the comprehensive list of suppliers, irrespective of their risk classification—indicated as point number 1 in Figure 2. To proceed, the consultant might choose to refine their focus by utilizing the filtering option to isolate suppliers categorized as "high risk." This action, illustrated as point number 2 in Figure 2, results in the display exclusively of those suppliers that have been identified as being exposed to elevated risk levels.

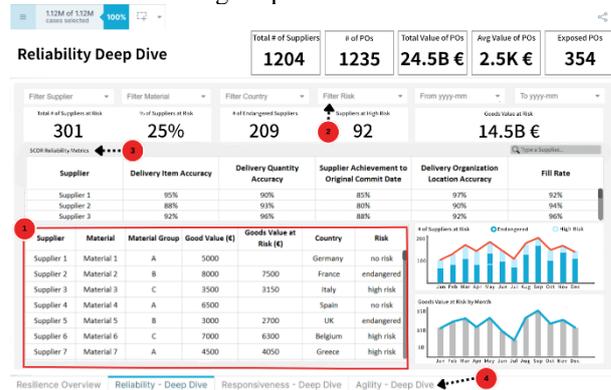


Figure 2: Reliability Deep Dive Demonstration

Subsequently, the in-house consultant can elect to delve deeper into the performance of these specific high-risk suppliers based on the SCOR Reliability metrics. This entails leveraging the search functionality to scrutinize the historical performance of these suppliers. Should the

consultant's concerns extend to comprehending the external factors influencing the heightened risk for these suppliers, they can navigate to the "Agility Deep Dive" section. This option is accessible via the tab menu situated at the lower part of the page, as denoted by point number 4 in Figure 2. (Sekulovska et al., 2023).

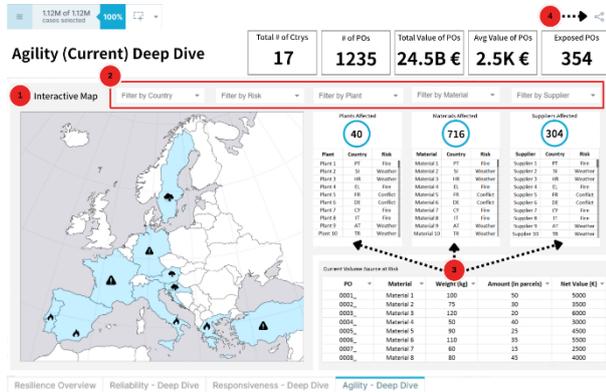


Figure 3: Agility Deep Dive Demonstration

Upon accessing the "Agility Deep Dive" tab, the in-house consultant is presented with an interactive map showcasing countries influenced by risks. This interactive map encompasses multiple functionalities, although in this mockup representation, it primarily serves as a visual depiction of countries impacted by risks—indicated as the primary function (point number 1 in Figure 3). To refine the analysis's scope, the consultant possesses the capability to implement various filters. These filters hold the potential to induce dynamic changes both within the interactive map and across the three associated tables (point number 3 in Figure 3). These tables correspond to plants, materials, and suppliers, and their content adapts according to the selected filters. Upon achieving a satisfactory level of insight, should the in-house consultant consolidate their findings and share them with organizational executives, an option for data extraction is available. This functionality is readily accessible through a button situated in the top-right corner of the interface, which can be found also in all the tabs (point number 4 in Figure 3). (Sekulovska et al., 2023)

Moreover, the design of the mockup dashboard facilitates an exploration of the KRAs to evaluate SCR. Specifically, the previously mentioned KRAs—KRA1: Geographic Distribution of Entities, KRA2: Sourcing Strategy of Materials, and KRA5: Transport Delay—can be assessed using various components within the mockup dashboard. For instance, KRA1 can be hypothetically evaluated through interactive map functionality or by employing filtering options within the "Reliability Deep Dive" tab (Figure 1). These features would provide insights into the number of suppliers originating from specific countries. Likewise, the assessment of KRA2 can be accomplished by using filters within the "Responsiveness Deep Dive" tab (Figure 4), shedding light on sourcing strategies for materials. Addressing KRA5, the mockup dashboard incorporates dedicated

metrics to offer an overview of transport delay metrics, encompassing the time taken to procure materials and any associated delays (Figure 4).

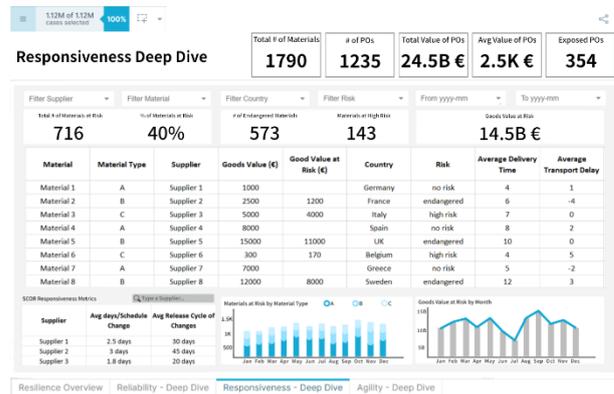


Figure 4: Responsiveness Deep Dive

Expert Evaluation

The evaluation of the mockup dashboard was conducted with two experts from the field of SCM and PM. The evaluation process commenced by introducing the use case for the SCR mockup dashboard to each expert separately. A presentation outlined the dashboard's functionalities, the use case it addresses, and its intended impact on SCR. Following the presentation, in-depth discussions ensued, delving into various aspects of the dashboard's design. The themes of the discussions held with the experts resulted in possible improvements of the concept as well as future directions. Namely, the experts raised concern about the lack of color-coding as well as time-related graphs that would potentially enhance the user experience and readers information comprehension. Other ideas were raised concerning the development of a Supply Chain Centric Data Model and the efforts and challenges that such a model would pose. (Sekulovska et al., 2023)

DERIVATION OF RESEARCH QUESTIONS

Since this is a work-in-progress paper and thus we want to highlight the future research directions we decided to do it in a structured manner. Building upon our previous work, we aim to explore additional research directions closely connected to our current investigations. Given that SCR remains a highly discussed topic in the literature, it provides an opportunity to expand our research in several directions. To achieve this, we conducted an unsystematic literature review to gain insights and information into the recent and current academic discussions related to the themes explored in our work thus far. This approach was selected to address time constraints and the need to cover a wide subject area. The primary themes of focus include platforms, combining resilience and sustainability in SCs, and SCR stress tests. In future research, upon determining the specific subject area to investigate, we plan to transition to a systematic literature review.

Platform-based Dashboard

Challenges that are faced by modern SCs can be addressed through innovative solutions for digitalizing the SC, even though the process “digitalization” itself might present some additional difficulties. However, by adequately implementing digital concepts, processes, and business models, companies are able to enhance their efficiency and effectiveness in the domain of logistics and SC (Binsfeld & Gerlach, 2022). Digitalization can result into a digital twin of the SC which would be a data-driven model that provides real-time visibility of the state of the SC (Ivanov & Dolgui, 2020). Having a digital twin of the SC can be seen as the first step towards a cloud SC which integrates digital technology and advanced SCM concepts into a digital collaboration platform and ecosystem (Ivanov et al., 2022). SC collaboration can help SC partners to work closely to provide accurate data in real time, react rapidly to changes and subsequently increase SCR (Scholten & Schilder, 2015). In addition, SCR could benefit from the concurrent use of information technology and SC collaboration (Zhou et al., 2022). Apart from this, collaboration can have a positive influence on SC visibility, stakeholder trust, economic and environmental performance (Baah et al., 2021).

Nevertheless, establishing a platform and ecosystem that fosters collaboration and trust among SC partners, while simultaneously ensuring the safety and privacy of data is challenging. Such an initiative is GAIA-X ecosystem architecture that was launched in 2021 by the EU with the goal to ensure data sovereignty for all participants (Braud et al., 2021). Unfortunately, Gaia-X aimed at providing an infrastructure that would connect all companies and citizens from the whole EU, thus it got entangled between national interests and bureaucracy. At this time Gaia-X is still collecting use cases to prove that such a digital infrastructure can help the EU in the continuity of its plans and activities.

On the other hand, based on the principles of Gaia-X in 2020 the initiative for the Catena-X project was launched with the aim of enabling the collaborative construction and use of end-to-end data chains for the whole automotive value chain (Schöppenthau et al., 2023). The Catena-X digital ecosystem provides a diverse range of solutions to its members in five application areas, namely sustainability, logistics, maintenance, quality management, and SCM.

Combining Resilience and Sustainability

Sustainability and resilience in SCs are topics that have been widely researched and discussed in the academic sphere, however more than often independently of each other (Fahimnia et al., 2019). The absence of overlap of simultaneous research of these concepts poses a challenge, as studying SC sustainability practices in isolation from SCR practices, or vice versa, may lead to the oversight of the interrelation between the two sets of practices (Cotta et al., 2022). In addition, governments and businesses have come to recognize that examining

these aspects independently is insufficient for maintaining global competitiveness (Taleizadeh et al., 2022), and there is an increasing need to develop “resiliently sustainable” SCs (Fahimnia & Jabbarzadeh, 2016; Priyadarshini et al., 2023).

Cotta et al. (2022) found out that there is no prevailing consensus on the nature of the connection between resilience and sustainability. Certain SC managers perceive the relationship as essentially conflicting; others see it as fundamentally synergistic, and a third group does not recognize any relationship whatsoever. Some sustainability practices directly conflict SCR e.g. cost-effective measures and practices to minimize waste require reduced inventory, while at the same time they could potentially compromise SCR by limiting the availability of inventory for mitigating risks during disruptions (Ivanov, 2017). On the contrary, sustainability practices that require supplier selection based on environmental and social performance could in advance prevent disruptions that would otherwise appear if the company would be working with an uncompliant and unlawful partner (Cotta et al., 2022). Experts believe that investing in collaborative technologies, collaboration between SC partners and reshoring strategies are the best resorts to minimizing disruption impact and improving both resilience and sustainability (Singh et al., 2023).

Supply Chain Resilience Stress Test

The term SC stress test was initially introduced by Simchi-Levi & Simchi-Levi (2020). Urging the need behind designing a stress test focused on the resilience of SCs, they developed an initial methodology closely based on the bank stress test which was put in motion after the 2008 financial crisis. Their proposed approach involved two key components: Time to Recover (TTR), representing the duration required for a specific node (such as a supplier facility, distribution centre, or a transportation hub) to fully recover after a disruption, and Time to Survive (TTS), indicating the maximum duration the SC can sustain matching supply and demand following disruption. Using this approach businesses can create plans for mitigating disruptions and calculating the financial impact on the SC in a variety of potential scenarios (Simchi-Levi & Simchi-Levi, 2020).

However, testing the whole SCs can be difficult and requires having a high level of visibility into the structure. Leveraging digital SC twins and applying resilience analytics proactively to simulate how SCs respond to disruptions and recovery strategies will enhance the likelihood of society enduring prolonged crises (Ivanov & Dolgui, 2021). Ivanov (2023) categorized scenarios for SC stress testing into four distinct groups: identifiable disruptions in material flows, identifiable disruptions in non-material flows, unpredictable disruption causes, and extended SC crises. In 2020, Accenture and the MIT Team collaborated to develop a SCR stress test, aiming to establish a global industry standard for data-driven assessments of SCs.

The initial step involves creating a digital twin of the SC and testing various scenarios to identify vulnerabilities, evaluate mitigation plans and assess the exposure to risk. The overall results are summarized as a single resilience score. Subsequently, companies can experiment and refine new resilience capabilities, with the objective of enhancing these capabilities and integrating "intelligent" technologies, data, analytics, and SC expertise (Veeraraghavan, 2022).

DISCUSSION AND OUTLOOK

In the exploration of platform ecosystems and SCR stress tests, companies are recognizing the importance of establishing digital twins of their SCs. Literature on digital twins in combination or developed with PM is scarce and represents a future research opportunity. PM through its adoption can potentially contribute to the development of digital twins. Taking this idea one step further with data ecosystems where companies can safely share data with their SC partners, PM could be implemented to only streamline and optimize processes within one company, but also to help companies optimize their processes with other SC partners and motivate further collaboration between them and promote resilience.

Another important aspect to consider is importance of both SCR and sustainability. There seems to be a relationship that requires further research to gain a clearer understanding of how these two aspects can complement and contradict each other. The SCOR model includes a performance category for sustainability with two sub-categories under it related to environmental and social sustainability. Therefore, it could be interesting to research of the views that SC managers have on both resilient and sustainable SCOR metrics.

Lastly, regarding SCR stress tests incorporating PM in the equation could bring interesting possibilities. The question here would revolve around if PM should play an active role in the stress test itself or is better suited as a technology deployed post-test to enhance resilience. The decision for which research path to take will require a more systematic literature review approach that will help us gain a more precise and clear view of what has been happening in the literature and where the research gaps lie.

ACKNOWLEDGEMENT

We extend our sincere appreciation to Artur Siurdyban and Accenture for their invaluable collaboration and generous provision of access to their SCR application, which greatly influenced and enhanced the scope and quality of this paper.

REFERENCES

Aman, S., & Seuring, S. (2021). Analysing developing countries approaches of supply chain resilience to COVID-19. *The International Journal of Logistics Management*, 34(4), 909–934. <https://doi.org/10.1108/ijlm-07-2021-0362>
 ASCM. (2022). *ASCM Supply Chain Operations Reference Model SCOR Digital Standard*. <https://scor.ascm.org/performance/introduction>

Baah, C., Acquah, I. S. K., & Ofori, D. (2021, April). Exploring the influence of supply chain collaboration on supply chain visibility, stakeholder trust, environmental and financial performances: a partial least square approach. *Benchmarking: An International Journal*, 29(1), 172–193. <https://doi.org/10.1108/bij-10-2020-0519>
 Binsfeld, T., & Gerlach, B. (2022, July 8). Quantifying the Benefits of Digital Supply Chain Twins—A Simulation Study in Organic Food Supply Chains. *Logistics*, 6(3), 46. <https://doi.org/10.3390/logistics6030046>
 Braud, A., Fromentoux, G., Radier, B., & Le Grand, O. (2021, March). The Road to European Digital Sovereignty with Gaia-X and IDSA. *IEEE Network*, 35(2), 4–5. <https://doi.org/10.1109/mnet.2021.9387709>
 Bret, L., Dussud, M., Metral, L., Ladier, A. L., & Trilling, L. (2021). Towards a model assessing supply chain resilience strategies. *Procedia CIRP*, 103, 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.10.001>
 Cotta, D., Klink, L., Alten, T., & Al Madhoun, B. (2022, December). How do supply chain managers perceive the relationship between resilience and sustainability practices? An exploratory study. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 3737–3751. <https://doi.org/10.1002/bse.3325>
 Fahimnia, B., & Jabbarzadeh, A. (2016, July). Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 91, 306–324. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.02.007>
 Fahimnia, B., Sarkis, J., & Talluri, S. (2019, February). Editorial Design and Management of Sustainable and Resilient Supply Chains. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 66(1), 2–7. <https://doi.org/10.1109/tem.2018.2870924>
 Few, S. (2006). *Information Dashboard Design*. http://books.google.ie/books?id=7-FrPwAACAAJ&dq=Information+Dashboard+Design.&hl=&cd=1&source=gbs_api
 Ivanov, D. (2017, June). Revealing interfaces of supply chain resilience and sustainability: a simulation study. *International Journal of Production Research*, 56(10), 3507–3523. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1343507>
 Ivanov, D. (2023, September). Intelligent digital twin (iDT) for supply chain stress-testing, resilience, and viability. *International Journal of Production Economics*, 263, 108938. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108938>
 Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021, May). Stress testing supply chains and creating viable ecosystems. *Operations Management Research*, 15(1–2), 475–486. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00194-z>
 Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2018, June 28). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
 Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2022, April). Cloud supply chain: Integrating Industry 4.0 and digital platforms in the “Supply Chain-as-a-Service.” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 160, 102676. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102676>
 Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020, May). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>
 Melnyk, Steven & Closs, D.J. & Griffis, Stanley & Zobel, Christopher & Macdonald, John. (2014). Understanding

- supply chain resilience. *Supply Chain Management Review*, 18, 34-41.
- Orenstein, P. (2023, September 6). From Wireframe to Dashboard – Creating Transparency in Supply Chain Networks. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 389–398. <https://doi.org/10.31387/oscm0540398>
- Pauwels, K., Ambler, T., Clark, B. H., LaPointe, P., Reibstein, D., Skiera, B., Wierenga, B., & Wiesel, T. (2009). Dashboards as a Service. *Journal of Service Research*, 12(2), 175–189. <https://doi.org/10.1177/1094670509344213>
- Priyadarshini, J., Singh, R. K., Mishra, R., Chaudhuri, A., & Kamble, S. (2023, October). Supply chain resilience and improving sustainability through additive manufacturing implementation: a systematic literature review and framework. *Production Planning & Control*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2267507>
- Rasmussen, N. H., Bansal, M., & Chen, C. Y. (2009). *Business Dashboards*. John Wiley & Sons. http://books.google.ie/books?id=23A5oPOQ7pYC&prints=ec=frontcover&dq=978-0-470-41347-0&hl=&cd=1&source=gbs_api
- Reibstein, D., Hoyne, N., & Pauwels, K. (2023). Dashboards: From Performance Art to Decision Support. *NIM Marketing Intelligence Review*, 15(1), 60–63. <https://doi.org/10.2478/nimmir-2023-0009>
- Schätter, F., Morelli, F., & Haas, F. (2022). SUPPLY CHAIN RESILIENCE MANAGEMENT USING PROCESS MINING. In 36th International ECMS Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2022 (pp. 121-127).
- Schätter, F., Morelli, F., & Haas, F. (2023). Inbound Supply Chain Resilience Analysis Based on Key Resilience Areas. In 37th International ECMS Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2023 (pp. 277-283).
- Scholten, K., & Schilder, S. (2015, June). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), 471–484. <https://doi.org/10.1108/scm-11-2014-0386>
- Schöppenthau, F., Patzer, F., Schnebel, B., Watson, K., Baryschnikov, N., Obst, B., Chauhan, Y., Kaefer, D., Usländer, T., & Kulkarni, P. (2023, August). Building a Digital Manufacturing as a Service Ecosystem for Catena-X. *Sensors*, 23(17), 7396. <https://doi.org/10.3390/s23177396>
- Sekulovska, A., Morelli, F., Siurdyban, A., Manfreda, A., Schätter, F. (2023, December). Designing a Use Case for Supply Chain Resilience Based on Process Mining. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik AKWI* (18), 103-116.
- Simchi-Levi, D., & Simchi-Levi. (2020, April). We Need a Stress Test for Critical Supply Chains. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2020/04/we-need-a-stress-test-for-critical-supply-chains>
- Singh, J., Hamid, A. B. A., & Garza-Reyes, J. A. (2023, January). Supply chain resilience strategies and their impact on sustainability: an investigation from the automobile sector. *Supply Chain Management: An International Journal*, 28(4), 787–802. <https://doi.org/10.1108/scm-06-2022-0225>
- Taleizadeh, A. A., Ahmadzadeh, K., Sarker, B. R., & Ghavamifar, A. (2022, January). Designing an optimal sustainable supply chain system considering pricing decisions and resilience factors. *Journal of Cleaner Production*, 332, 129895. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129895>
- van der Aalst, W. (2012, July). Process Mining. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 3(2), 1–17. <https://doi.org/10.1145/2229156.2229157>
- van Der Aalst, W. M. P. (2016). *Process Mining*. Springer. http://books.google.ie/books?id=hUEGDAAAQBAJ&pg=PR6&dq=978-3-662-49850-7&hl=&cd=2&source=gbs_api
- van der Aalst, W., Adriansyah, A., de Medeiros, A. K. A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., Bose, J. C., van den Brand, P., Brandtjen, R., Buijs, J., Burattin, A., Carmona, J., Castellanos, M., Claes, J., Cook, J., Costantini, N., Curbera, F., Damiani, E., de Leoni, M., . . . Wynn, M. (2012). Process Mining Manifesto. *Business Process Management Workshops*, 169–194. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28108-2_19
- Veeraraghavan. (2022, September). A more resilient supply chain? You no longer have a choice. Accenture. <https://www.accenture.com/us-en/blogs/business-functions-blog/resilient-supply-chain>
- Zhou, J., Hu, L., Yu, Y., Zhang, J. Z., & Zheng, L. J. (2022, August). Impacts of IT capability and supply chain collaboration on supply chain resilience: empirical evidence from China in COVID-19 pandemic. *Journal of Enterprise Information Management*. <https://doi.org/10.1108/jeim-03-2022-0091>

AUTHOR BIOGRAPHIES

Angela Sekulovska finished her bachelor studies in Marketing at School of Business and Economics, University of Ljubljana. In 2023 she earned her double degree in Business Informatics at School of Business and Economics, University of Ljubljana, and Information Systems at Pforzheim University of Applied Sciences.



Frank Morelli is Professor of Information Systems - Management & IT at Pforzheim University. In addition to his teaching activities, he is involved in practical and research projects from the fields of business process management, business intelligence, SAP ERP, project management and IT organization. A close cooperation also exists with the Celonis Academic Alliance on the topic of “Process Mining Education”. He is one of the contact persons for the Celonis Academic Center of Excellence, with which Pforzheim University was awarded for the second time.



Frank Schätter is a Professor of Supply Chain Processes Management at Pforzheim University. He earned his doctoral degree in 2016 at the Institute for Industrial Production (IIP) at the Karlsruhe Institute of Technology (KIT) in the field of supply chain risk management. His teaching and research focus is on modeling, analysis, and optimization of supply chain processes.



Künstliche Intelligenz und Neurotechnologie: Ethische Fragestellungen aus technologischen Innovationen

Elena Bleher*

elena.bleher.eb@gmail.com

Ajla Glušac*

aj.glusac@hotmail.de

Katharina Schnetzer*

schnetzer.katharina@web.de

Lorena Frankenreiter*

lorena.frankenreiter@hotmail.de

Veronika Öttl*

oettl.veronika@gmail.com

Prof. Dr. Jörg Puchan*

joerg.puchan@hm.edu

*Hochschule München
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Lothstraße 64, 80335 München

ABSTRACT

Fortschritte in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Neurotechnologie haben das Potenzial, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine neu zu definieren. So werden beispielsweise immer leistungsfähigere Roboterprothesen entwickelt, die in Verbindung mit dem menschlichen Nervensystem auch Anwendungen außerhalb therapeutischer Maßnahmen ermöglichen. Diese Entwicklungen wecken große Erwartungen in der Gesellschaft, werfen aber auch grundlegende ethische Fragen auf. Diese Arbeit untersucht, wie eine verantwortungsvolle Gestaltung von KI und Neurotechnologie auf gesellschaftspolitischer Ebene erreicht werden kann. Dabei steht insbesondere der ethische Diskurs im Mittelpunkt. Nach einem Überblick über die Grundlagen werden die Potenziale der Technologien dargestellt und die ethischen Herausforderungen skizziert. Abschließend werden mögliche Lösungsansätze aufgezeigt.

SCHLÜSSELWÖRTER

Neurotechnologie, Künstliche Intelligenz, Ethik, Gesundheitswesen, Mensch-Maschine-Interaktion, Medizinische Forschung

EINLEITUNG

„I could have a Neuralink right now and you wouldn't know.“ (Musk 2020)

Elon Musks kühne Aussage, er könne ein Implantat besitzen, das unbemerkt eine direkte Verbindung zwischen Gehirn und Computer herstellt, illustriert die vielversprechende Realität der Integration von menschlicher Intelligenz und Technologie. Die Verbindung von Gehirn und Computer ist längst keine Utopie mehr, sondern rückt mit zahlreichen Forschungsprojekten weltweit in greifbare Nähe. Ob zur Behandlung neurologischer und psychischer Erkrankungen oder zur Erforschung des menschlichen Gehirns - die Integration von Künstlicher Intelligenz und Neurotechnologie hat das Potenzial, die Neurowissenschaft zu revolutionieren. Im Zusammenhang mit dem Einsatz dieser Technologien ergeben sich jedoch auch eine Reihe von ethischen Fragen, die es zu beachten gilt. Eine sorgfältige Prüfung und Berücksichtigung ethischer Grundsätze bei der Anwendung dieser neurowissenschaftlichen Innovationen ist daher unerlässlich, um mögliche negative Auswirkungen auf die Gesellschaft sowie die individuellen Rechte und Freiheiten des Menschen zu vermeiden. Ziel der Arbeit ist es, einen Überblick über die Potenziale und ethischen Herausforderun-

gen der Integration von Künstlicher Intelligenz und Neurotechnologie zu geben und Lösungsansätze für eine verantwortungsvolle Entwicklung und Anwendung dieser Technologien aufzuzeigen.

Zu Beginn der Arbeit werden die zentralen Begriffe „Künstliche Intelligenz“ und „Neurotechnologie“ definiert und erläutert. Anschließend werden die Potenziale und zukünftigen Entwicklungen der Integration beider Technologien dargestellt. Zuletzt werden die damit einhergehenden ethischen Herausforderungen diskutiert und Lösungsansätze zur Vermeidung möglicher negativer Auswirkungen auf die Gesellschaft und den Menschen aufgezeigt. Die Arbeit schließt mit einem Fazit.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Da es keine einheitliche Definition des Begriffs „Intelligenz“ gibt, existiert bislang auch keine allgemein anerkannte Definition für Künstliche Intelligenz (KI) (vgl. Bauer et al., S. 11). Eine Vielzahl der Definitionsansätze basiert jedoch auf dem Gedanken, dass KI ein Sammelbegriff für verschiedene Technologien ist, die es Computern ermöglichen, komplexe Aufgaben auszuführen, die normalerweise menschliche Intelligenz erfordern (vgl. Stuart Russell, 1 ff.).

Eines der wichtigsten Teilgebiete der KI ist das maschinelle Lernen (ML). Hierbei handelt es sich um den Einsatz von Algorithmen, die in der Lage sind, aus Daten Muster zu lernen und Aufgaben ohne explizite Programmierung zu bewältigen. Ein charakteristisches Merkmal

von ML ist, dass die Leistung durch gewonnene Erfahrung und Daten verbessert wird (vgl. Fraunhofer Institut 2023). Künstliche neuronale Netze (KNN) sind ein Untergebiet des MLs und von der biologischen Struktur des Gehirns inspiriert. Sie bestehen aus Knoten, die in Schichten angeordnet und durch gewichtete Verbindungen miteinander vernetzt sind. Dies ermöglicht die Verarbeitung von Eingabedaten zur Erstellung von Ausgabepronosen (vgl. Fraunhofer Institut 2023). Ein erfolgreiches Modell von KNNs sind die sogenannten tiefen neuronalen Netze (TNN). Dabei werden Informationen durch mehrere miteinander verbundene Schichten verarbeitet und in einer hierarchischen Struktur dargestellt. Dieses Modell kann dazu genutzt werden, um Daten unter Bedingungen zu klassifizieren, mit denen es zuvor nicht konfrontiert wurde. Neuronale Netze zu verwenden, um ML zu implementieren, steht in engem Zusammenhang mit den Neurowissenschaften (vgl. Ienca und Ignatiadis 2020, S. 77).

NEUROTECHNOLOGIE

Die Neurotechnologie ist ein Forschungsgebiet, das durch die Integration von Technologien in die Neurowissenschaften entstanden ist. Die Neurowissenschaften befassen sich mit zwei Bereichen des Körpers, dem zentralen Nervensystem, zu dem das Gehirn und das Rückenmark gehören, und dem peripheren Nervensystem, das alle Nervenzellen außerhalb des zentralen Nervensystems umfasst. Alle diese Komponenten dienen der Aufnahme von Reizen wie Sehen, Tasten oder Schmecken und der anschließenden Weiterleitung und Verarbeitung der Informationen im Gehirn (vgl. Bear et al. 2018, 4 ff.). Einer der wichtigsten Bausteine des Nervensystems sind die Neuronen. Diese Nervenzellen sind in der Lage, über Verbindungsstellen, sogenannte Synapsen, Daten an andere Zellen weiterzuleiten und ermöglichen so die Kommunikation des gesamten Nervensystems mit dem Körper (vgl. Bear et al. 2018, S. 26). Diese Daten, auch Neurodaten genannt, können dank neuer Technologien und vor allem mit Hilfe von KI gesammelt, interpretiert und in manchen Fällen auch verändert werden.

Neurotechnologien können auf zwei unterschiedliche Arten Anwendung finden. Zum einen können die Daten direkt, invasiv über Implantate, oder indirekt, nicht-invasiv über tragbare Geräte auf der Hautoberfläche übertragen werden.

Darüber hinaus können die Neurotechnologien grob in die folgenden drei Bereiche eingeteilt werden:

- Neurosensorik: Neurodaten werden gelesen und analysiert,
- Neuromodulation: Neurodaten werden geschrieben und an das Gehirn übermittelt, und
- Kombinatorische/ bidirektionale Anwendungen: Die bidirektionale Integration von Neurosensorik und Neuromodulation führt zu einer wechselseitigen Interaktion, die nicht nur das Lesen und Analysieren von Neurodaten, sondern auch das Schreiben und Übermitteln von

Informationen an das Gehirn in einem nahtlosen und integrativen Prozess ermöglicht.

KI wird zunehmend in den Bereichen Neuromodulation und kombinatorische/bidirektionale Anwendungen eingesetzt, da sie die Interpretation neuronaler Daten und die Ableitung neuronaler Signale ermöglicht, wodurch ein gewisser Grad an Automatisierung und autonomer Steuerung erreicht wird (vgl. Berger und Rossi 2023, S. 61).

Abb. 1 zeigt die eben beschriebenen Bereiche mit Beispielen invasiver und non-invasiver Neurotechnologien.

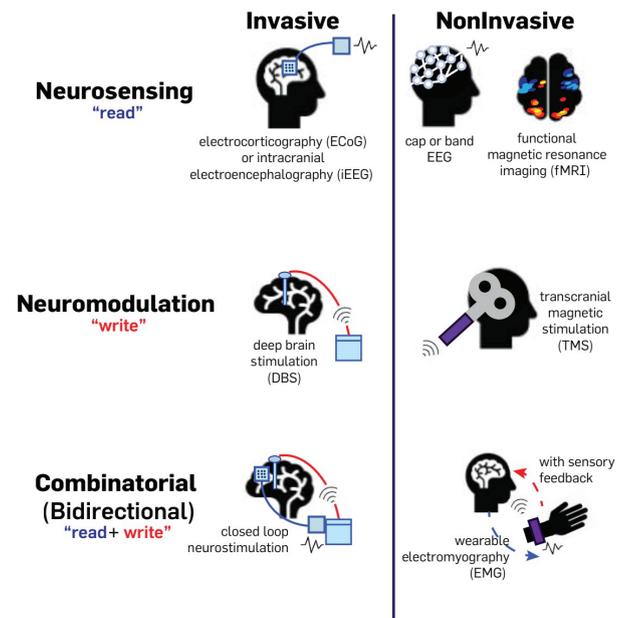


Abb. 1: Kategorisierung der Neurotechnologien (Berger und Rossi 2023, S. 62).

Bislang wurden Neurotechnologien vor allem im Gesundheitsbereich erforscht und eingesetzt, um bisher unheilbare Krankheiten zu behandeln und mehr über unser Gehirn zu erfahren. Inzwischen gibt es aber auch andere Anwendungsbereiche für Neurotechnologien. Einer davon ist die Gaming-Industrie, einer davon ist die Gaming-Industrie, welche Elektroenzephalographie-Headsets (EEG-Headsets) einsetzt, um Videospiele per Gedanken zu steuern (vgl. Paek et al. 2021, S. 11). Die Potenziale der Neurotechnologien sind vielfältig und werden nachfolgend beschrieben.

Allerdings steigt aufgrund der rasanten Entwicklung der Neurotechnologien und der Tatsache, dass wir dadurch direkt als auch indirekt in unserem Denken und Entscheiden beeinflusst werden können, die Skepsis gegenüber möglichen negativen Auswirkungen dieser Entwicklungen. Um die ethischen Fragen in diesem Bereich zu klären, wurde die Neuroethik als Forschungsgebiet geschaffen (vgl. Robinson et al. 2022, S. 2057).

POTENZIALE UND ENTWICKLUNGEN

Die Verbindung von KI und Neurotechnologie bietet vielversprechende Zukunftsaussichten für die Neurowissenschaften und die Gesellschaft im Allgemeinen. In diesem Kontext werden im Folgenden aktuelle Beiträge der

KI-gestützten Neurotechnologie im Gesundheitswesen, in der Grundlagenforschung und in alltäglichen Prozessen beleuchtet und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben.

POTENZIALE IN DER DIAGNOSTIK

Bereits seit den 1970er Jahren wird das Gesundheitswesen als ein klassisches Anwendungsgebiet der KI betrachtet (vgl. Patel et al. 2009, S. 6). Insbesondere im Bereich neurologischer Erkrankungen zeichnen sich aufgrund des exponentiellen Wachstums von KI-Technologien bedeutende Potenziale zur Verbesserung von Prognosen sowie Diagnose- und Therapiemaßnahmen ab (vgl. Topol und Verghese 2019, 25 ff.).

Durch den Einsatz von ML-Modellen eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten, komplexe Zusammenhänge zwischen neuronalen Aktivitätsmustern und neurologischen Störungen zu identifizieren. Dies führt zu einer Verbesserung der Vorhersage schwerwiegender Erkrankungen wie Epilepsie, Hirntumoren und Alzheimer. Im Bereich der psychischen Gesundheit können sie zur Untersuchung von Entwicklungsstörungen wie Autismus und zur diagnostischen Prognose in neuropsychiatrischen Bereichen wie Psychosen eingesetzt werden (vgl. Ienca und Ignatiadis 2020, 78 f.). Darüber hinaus können subtile Bildmerkmale erkannt werden, die von konventionellen Systemen aufgrund von Bildfehlern oder Unterschieden in der Anatomie möglicherweise übersehen oder falsch interpretiert werden. Die gewonnenen Informationen können anschließend genutzt werden, um Muster und Beziehungen zwischen den Daten zu identifizieren. Auf diese Weise können strukturelle Veränderungen im Gehirn, die potenziell auf einen Hirntumor hindeuten, frühzeitig erkannt werden (vgl. Ienca und Ignatiadis 2020, S. 80).

Die Anwendung von KI in den klinischen Neurowissenschaften zielt jedoch nicht nur auf algorithmische Vorhersagen und Diagnosen ab, sondern ermöglicht auch die Optimierung von Neurotechnologien. Dies eröffnet erfolgsversprechende Behandlungsoptionen für eine Vielzahl neurologischer und psychischer Erkrankungen (vgl. Vukelic 2023).

VEREINFACHUNG VON PERSONALISIERTEN THERAPIEANSÄTZEN

Im Falle einer neurologischen Erkrankung kann die Kombination von KI und invasiver Neurotechnologie dabei helfen, die Aktivitäten des Gehirns zu überwachen und gegebenenfalls zu regulieren und zu steuern. Hierbei werden elektrische Impulse an die betroffenen Bereiche im Gehirn abgegeben, wodurch die Symptome reduziert und die Lebensqualität der Patienten gesteigert werden kann. Krankheiten wie Epilepsie und Parkinson können dadurch effektiv behandelt werden (vgl. Müller und Rötter, 36 ff.).

Ein weiteres Beispiel, wie durch die Nutzung von KI und Neurotechnologie die Lebensqualität der einzelnen Patienten verbessert werden kann, ist die Integration in die neurorehabilitative Therapie. Auch hier wird das Gehirn

durch die Kombination von Gehirn-Computer-Schnittstellen (BCIs) mit KI-Algorithmen überwacht, Aktivitäten erfasst und fallbezogen gesteuert. Dadurch ist es zum Beispiel möglich neurologische Beeinträchtigungen, hervorgerufen bspw. durch einen Schlaganfall oder Rückenmarksverletzungen, zu behandeln. Die Steuerung von Prothesen wird dadurch für den Patienten vereinfacht und die Wiederherstellung von motorischen Fähigkeiten unterstützt (vgl. Kehl, 151 ff.).

Durch KI und invasive Neurotechnologie ergeben sich weiterhin neue Chancen im Bereich der personalisierten Medizin. Bei der Erstellung von Behandlungsplänen kann die KI Informationen aus großen Datenbanken abrufen und mit den gesammelten persönlichen Daten des Gehirns abgleichen. Dadurch ist es möglich, maßgeschneiderte Therapien auf die Bedürfnisse und Eigenschaften jedes einzelnen Patienten abzustimmen und den Fortschritt der Behandlung optimal zu überwachen (vgl. Dilsizian und Siegel 2014; vgl. Iliashenko et al. 2019).

WEGBEREITER IN DER MEDIZINISCHEN FORSCHUNG

Neben den bereits erwähnten Möglichkeiten, die sich aus der Kombination von KI und Neurotechnologie in der angewandten Medizin ergeben, bieten sie auch vielversprechende Chancen in der Forschung.

Ein möglicher aussichtsvoller Aspekt ist der effizientere Einsatz von Ressourcen. Repräsentative Studien fundieren meist auf umfangreichen Datensätzen, welche mithilfe zeitintensiver Analysen und Auswertungen bearbeitet werden. Durch die effektive Integration von KI können diese aufwendigen Prozesse optimiert werden. Somit wäre es möglich, die menschlichen Arbeitskräfte, welche oftmals kostenintensiv sind, an anderer bedeutenderer Stelle einzusetzen. Zusätzlich ist die KI bspw. in der Lage, mittels der Informationen bestimmte Hirnaktivitätsmuster zu erlernen und sich durch immer neue Daten zu verbessern. Aufgrund dessen wäre es Forschern möglich, Thesen virtuell zu testen, bevor hochpreisige Investitionen und Testreihen gestartet werden müssen (vgl. Savage 2019, 15 ff.).

Der Lerneffekt und die Simulation von Hirnströmen können zudem dabei hilfreich sein, die Bildgebung des Gehirns zu verbessern. Klassische bildgebende Verfahren wie die Magnetresonanztomographie (MRT) können durch diverse Störfaktoren oftmals keine optimale Bildqualität erzielen. KI-Algorithmen können an dieser Stelle dazu verwendet werden, fehlende bzw. unklare Bereiche zu rekonstruieren. Damit können präzisere, detailliertere und umfassendere Bilder des Gehirns erstellt werden, welche dazu beitragen können, neue Erkenntnisse über neurologische Zusammenhänge zu erlangen. Mithilfe dieses Wissens können neue Ansätze für Diagnosen und Behandlungen von Krankheiten wie Epilepsie oder Schizophrenie entwickelt werden (vgl. Lubkowitz 2022, 44 f.; vgl. Lorenz 2022, S. 14).

REVOLUTIONÄRE CHANCEN AUßERHALB DER MEDIZIN

Ein Leben ohne Interaktion mit elektronischen Geräten ist in weiten Teilen der Bevölkerung kaum mehr möglich (vgl. BMWK 2023). Durch die Kopplung aus bidirektionalen Neurotechnologien in Kombination mit KI können neue Chancen im Alltag auf dem Gebiet der Digitalisierung geschaffen werden. Wie bereits erwähnt, finden sich in der Gaming-Industrie unter anderem neue Potenziale in Bezug auf das Spielerlebnis. Durch die Verarbeitung von Gehirnsignalen können Spieler dann bspw. ihre Charaktere nur durch ihre Gedanken steuern, anstatt physische Eingabegeräte zu verwenden. Das würde unter anderem die Immersion und Interaktion in Videospielen intensivieren (vgl. Paszkiel et al. 2021, 109 ff.). Des Weiteren ergeben sich Potenziale für die Neugestaltung von Arbeitsplätzen. Gedanken können direkt in digitale Dokumente überführt und so die Produktivität gesteigert werden. Bereichsübergreifend wird die Zusammenführung von KI und Neurotechnologien dazu beitragen, die Barrierefreiheit im Alltag auszubauen. Menschen mit eingeschränkter Mobilität oder anderen Beeinträchtigungen wird der Zugang zu bisher oft unzugänglichen Bereichen ermöglicht und damit die Inklusion gestärkt (vgl. Vukelic 2023).

Studien haben herausgefunden, dass diverse psychische Störungen, wie z.B. Pädophilie und Psychopathie, anhand von Auffälligkeiten bei den neuronalen Aktivitäten erkannt werden können. Bestimmte Bereiche des Gehirns werden hier in einer anderen, abnormalen Intensität stimuliert (vgl. Ponseti et al. 2012, 187 ff.; vgl. Neurologie: Schalten die Gehirne Pädophiler einfach falsch? 2007). Im Rahmen der Strafverfolgung ist es beispielsweise möglich, durch gezielte Impulse an das Gehirn "illegale" Gedanken zu unterdrücken, um so strafbare Handlungen zu vermeiden. Dadurch wird das Allgemeinwohl der Menschheit verbessert und die Kriminalitätsrate gesenkt. Trotz der vielversprechenden Potenziale und Vorteile KI-gestützter Neurotechnologien gibt es auch wachsende Bedenken und kontroverse Diskussionen über die potenziell destruktiven Auswirkungen dieser Technologie.

ETHISCHER DISKURS

Das folgende Kapitel befasst sich mit ethischen Konflikten und Fragen, die bei der Integration von KI und Neurotechnologien auftreten können. Anschließend werden mögliche Lösungsansätze vorgestellt.

FRAGESTELLUNGEN

Die unabhängige *Hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz* (HLEG AI) veröffentlichte 2019 Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI. Die Entwicklung und der Einsatz solcher Leitlinien begründen sich in ethischen Bedenken bezüglich digitaler Spaltungen, Diskriminierungen, bis hin zu ernsthaften Gesundheits- und Sicherheitsproblemen durch den Einsatz von KI (vgl. Stahl et al. 2022, S. 1). Viele dieser ethischen

Fragestellungen finden sich auch innerhalb der Neuroethik. Im Folgenden werden anhand der in Abb. 2 dargestellten Leitlinien einige dieser ethischen Fragestellungen aufgefasst und diskutiert.

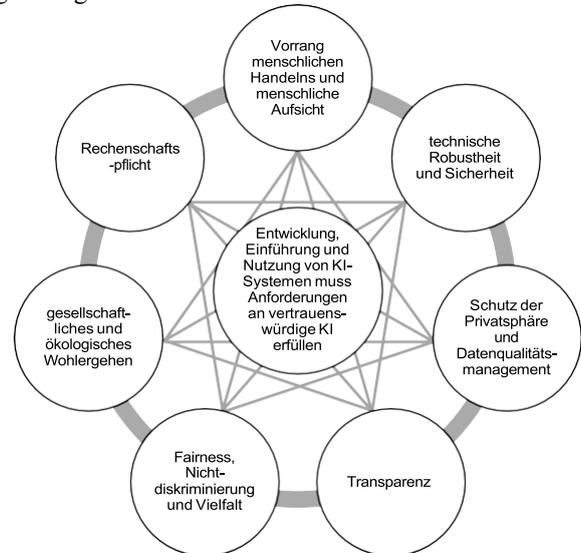


Abb. 2: Ethische Herausforderungen durch KI-gestützte Neurotechnologien (*Selbsterstellte Darstellung in Anlehnung an Unabhängige hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz 2018, S. 18*).

Vorrang menschlichen Handelns und menschliche Aufsicht

Wird der Mensch zukünftig von KIs kontrolliert?

Durch den Einsatz KI-gestützter Neurotechnologien werden Maschinen, Körper und Psyche zukünftig zunehmend miteinander verschmelzen. Durch den Einsatz in der Medizin können darüber hinaus Gehirnaktivitäten überwacht und gesteuert werden. Hierbei konnte beobachtet werden, dass KI-Komponenten unter bestimmten Umständen die Entscheidungsfähigkeit der Patienten überlagern. Dies führt dazu, dass die Handlungsfähigkeit, der subjektive Wille und somit die Kontrolle der Patienten teilweise an ein autonomes System abgegeben wird (vgl. Ienca und Ignatiadis 2020, S. 84).

Der Einfluss auf das Entscheidungsverhalten und Handlungsvermögen der Menschen kann teilweise weder gemessen, noch kontrolliert werden. Somit wird nicht nur die Autonomie des Menschen gefährdet, sondern auch seine Identität. Diese wird bspw. durch Kultur, Emotionen, Erinnerungen oder Beziehungen geformt und kann durch das direkte Eingreifen der Neurotechnologie beeinflusst oder verändert werden (vgl. DIN e. V. und DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik, S. 38).

Zusätzlich besteht die Gefahr, dass die KI durch die Integration von Neurotechnologien und der Fähigkeit zur Simulation und Reproduktion menschlichen Denkens und Verhaltens noch größere Autonomie erlangt. Dadurch entsteht das so genannte „Wall-E-Problem“, wonach die Menschheit durch die vollständige Abhängigkeit von KI-Systemen ihre Fähigkeit zur Selbstversorgung verliert und auf eine passive Empfängerrolle reduziert wird. Kulturelle und intellektuelle Vielfalt gehen somit verloren, was langfristig zur Stagnation gesellschaftlicher Entwicklung führt (vgl. Doya et al. 2022, S. 547).

Technische Robustheit und Sicherheit

Wie zuverlässig und sicher sind KI und Neurotechnologie?

Ein wichtiger technischer Aspekt bei der ethischen Betrachtung von Neurotechnologien ist die Zuverlässigkeit der eingesetzten Systeme. Da KI und ML auf Statistiken beruhen, bleibt selbst bei mit umfangreichen Datensätzen trainierten und starken Systemen ein gewisser Prozentsatz an möglichen Fehlentscheidungen (vgl. Berger und Rossi 2023, S. 60). Je mehr Menschen sich auf eine KI verlassen und je folgenschwerer die Entscheidungen sind, desto mehr Gefahr verbirgt sich in auftretenden Fehlern (vgl. Santosh 2023, S. 10; vgl. Barton und Pöppelbuß 2022, S. 473).

Ein weiteres erkanntes Risiko bildet das Einfangen, Überwachen sowie Steuern von Gehirnströmen. Während diese Art der Neurotechnologie große Fortschritte in der Behandlung verschiedener neurologischer Krankheiten verspricht, werden Bedenken zur Cybersicherheit der Patienten geäußert. Jeder sich im Netz befindende Computer bildet ein mögliches Ziel für eine Cyber Attacke. Wenn also Computer durch Neurotechnologie mit Gehirnen verbunden sind, besteht das potenzielle Risiko einer „Übernahme“ des Gehirns durch Dritte (vgl. Doya et al. 2022, S. 547).

Schutz der Privatsphäre und Datenqualitätsmanagement Inwieweit ist die Privatsphäre des Menschen im Zeitalter der KI-Neurotechnologie gewährleistet?

Wie bereits erwähnt, kann KI in Verbindung mit Neurotechnologie bestimmte Krankheitsbilder erkennen, noch bevor klinische Symptome auftreten. Ebenso lassen sich gewisse Entscheidungen oder persönliche Präferenzen bestimmen. Diese gewonnenen Daten müssen durch die hohe Individualität und Sensibilität besonders geschützt werden und unterliegen daher dem gesonderten Feld der „Neuroprivacy“. Wie ein Gehirn auf Situationen, Reize etc. reagiert, ist hochindividuell und die gesammelten Daten daher sehr intim (vgl. Unabhängige hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz 2018, S. 21). Werden diese sehr privaten Gedanken, Einstellungen und Werte für jeden zugänglich, kann dies unter anderem zu Diskriminierung führen. Aufgrund der zum Teil sehr persönlichen Daten ist eine Anonymisierung der Informationen, die eine genaue Identifizierung von Personen verhindert, nur bedingt möglich (vgl. da Silva Castanheira et al. 2021).

Eine große Gefahr liegt hierbei im „Überwachungskapitalismus“, also der Kommerzialisierung der persönlichen Daten im Zuge von Profitsteigerungen (vgl. Stahl et al. 2022, S. 39). So können veröffentlichte Daten, die den Gesundheitszustand einer Person beschreiben oder vorhersagen, von Arbeitgebern oder Krankenversicherungen gegen die Interessen dieser Person verwendet werden (vgl. Ienca und Ignatiadis 2020, S. 84; vgl. Stahl et al. 2022, S. 39).

Eine zusätzliche Herausforderung lässt sich im Rahmen des Datenqualitätsmanagements identifizieren. Unpräzise Datenerhebung und -auswertung sind z.B. auf unzu-

reichende Kenntnisse des Nervensystems zurückzuführen (vgl. Berger und Rossi 2023, S. 66). Weitere Fehlerquellen können durch unausgereifte Sensoren, Methoden und Techniken in der Anwendung der Neurotechnologie sowie durch mangelnde Expertise in der Auswertung der so gewonnenen Daten entstehen. Die Kombination dieser Fakten führt zu Ungenauigkeiten in den Analysen. Mangelnde Präzision und daraus resultierende mögliche Fehlschlüsse führen zu hohen Unsicherheitsfaktoren und damit zu einer geringen Robustheit der Technologie (vgl. Fairclough und Lotte 2020, S. 2). Außerdem wird derzeit nur ein kleiner Teil der gesamten Gehirnaktivität verstanden und aktiv genutzt. Dies führt z. B. zu Verzerrungen in den Datensätzen für das Training der KI, zu weiteren Fehlschlüssen der KI und in der Folge zu Fehlschlüssen oder Fehleinschätzungen in Bezug auf den Patienten und seinen geistigen oder körperlichen Gesundheitszustand (vgl. Barton und Pöppelbuß 2022, S. 473). Eine daraus resultierende Fehldiagnose kann weitreichende Folgen für die Betroffenen haben. Erhobene Daten und daraus folgende Auswertungen sind daher einer strengen Kontrolle und damit einem strengen Qualitätsmanagement zu unterziehen.

Transparenz

Sind KI-gestützte Neurotechnologien nachvollziehbar gestaltet?

Die Transparenz KI-gestützter Neurotechnologien gilt als Schlüsselfaktor für die Akzeptanz und das Vertrauen der Nutzenden (vgl. Larsson und Heintz 2020). Je komplexer Neurotechnologien wie z. B. BCIs sind, desto schwieriger ist es, die zugrunde liegenden Prozesse zu verstehen (vgl. Santosh 2023, S. 21). Durch den Einsatz von KI-Algorithmen zur Umsetzung neuronaler Signale in motorische Aktionen wird zusätzlich eine „Black Box“ in den ohnehin komplexen Vorgang der Transformation neuronaler Inputs in aktionsfähige Outputs eingeführt (vgl. Rainey und Erden 2020, 2444 ff.). Dies hat zur Folge, dass selbst für Entwickler und Anwender die genauen Prozesse der neuronalen Signalverarbeitung oft undurchsichtig und teilweise nicht erklärbar sind.

Fairness, Nichtdiskriminierung und Vielfalt

Inwieweit werden Fairness, Nichtdiskriminierung und Vielfalt gefördert?

Eine gerechte Verteilung von Ressourcen und Chancen ist eine ethische Grundlage für eine gleichberechtigte und demokratische Gesellschaft. Der Erwerb und die Nutzung dieser Technologien erfordern oft finanzielle Mittel und spezifische Fachkenntnisse, die nicht jedermann zur Verfügung stehen. Die mögliche Folge ist eine Benachteiligung einkommensschwacher Gruppen, insbesondere in Entwicklungsländern. Sie können somit von den Vorteilen dieser Technologien ausgeschlossen werden. Dadurch wird die bereits bestehende Marginalisierung benachteiligter Gruppen verstärkt und sozioökonomische Disparitäten verschärft (vgl. Friedrich 2021, S. 129).

Ein weiteres bedeutendes Problem ist die potenzielle Diskriminierung infolge algorithmischer Verzerrungen. Derartige systematische Fehler können entstehen, wenn die

zum Trainieren der KI-Algorithmen verwendeten Datensätze nicht ausreichend repräsentativ sind und bestimmte Gruppen vernachlässigt werden. Die daraus resultierende algorithmische Diskriminierung kann insbesondere bei unterrepräsentierten Gruppen wie ethnischen Minderheiten oder Patienten mit seltenen neurologischen Erkrankungen zu ungenauen Vorhersagen und Behandlungsstandards in der Neurotechnologie führen (vgl. Ienca und Ignatiadis 2020, S. 83).

Gesellschaftliches und ökologisches Wohlergehen

Ist der Einsatz von KI und Neurotechnologien sozialverträglich und ökologisch nachhaltig?

Die Konvergenz von KI und Neurotechnologien bietet ein breites Spektrum an Möglichkeiten in Medizin, Forschung und Alltag. Zugleich erfordert ihre Integration eine reflektierte Debatte über ihre ethischen Implikationen hinsichtlich sozialer Verträglichkeit und ökologischer Nachhaltigkeit. Ein wesentlicher Aspekt gesellschaftlichen Wohlergehens sind kontinuierliches Wirtschaftswachstum und eine breite Wohlstandsverteilung (vgl. McKinsey Global Institute 2018, 2 ff.). Mit den aufstrebenden Möglichkeiten der KI in Verbindung mit Neurotechnologie eröffnen sich innovative Perspektiven, die Leistungsfähigkeit zu verbessern und gleichzeitig das Wohlbefinden der Menschen zu fördern (vgl. Farahany 2023). Allerdings birgt die zunehmende Automatisierung von Arbeitsprozessen das Risiko, bestimmte manuelle Tätigkeiten durch diese Technologien zu ersetzen. Dadurch kann es zu einem Verlust von Arbeitsplätzen und in der Folge zu einer Verschärfung von Ungleichheiten auf dem Arbeitsmarkt kommen. Die Folge sind enorme Disparitäten innerhalb und zwischen den Ländern, die wiederum soziale und internationale Spannungen hervorrufen (vgl. PwC 2023).

Der Einfluss von KI und Neurotechnologien auf das gesellschaftliche Wohlergehen darf nicht isoliert betrachtet werden, sondern erfordert die Berücksichtigung ökologischer Aspekte. In einigen Publikationen wird bspw. die Befürchtung geäußert, dass durch den Einsatz von KI der Energiebedarf und damit die CO₂-Emissionen steigen werden (vgl. Thompson et al. 2021, S. 52; vgl. Ekin 2023).

Rechenschaftspflicht

Wer haftet bei Schäden durch neurotechnologische KI-Anwendungen?

Wie bereits erwähnt, resultieren durch die Kombination aus KI und Neurotechnologien diverse Unsicherheiten in Bezug auf die Zuverlässigkeit und Fehlerfreiheit. Bei der Anwendung dieser Technologien dürfen demnach die potenziellen Risiken und Schäden nicht außer Acht gelassen werden. KI-bedingte Fehlfunktionen können schwerwiegende Auswirkungen auf Menschen und Umwelt haben. Bei rechtlich und ethisch fragwürdigen Handlungen ist es schwierig, den Verantwortlichen zu identifizieren. Es ist nicht nachvollziehbar, ob es sich um eine vorsätzliche Handlung oder um eine Fehlfunktion der KI handelt (vgl. Davidoff 2020).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die sieben ethischen Leitlinien im Zusammenhang mit KI und Neurotechnologien sowohl Aufmerksamkeit als auch entsprechende Handlungen erfordern.

LÖSUNGSANSÄTZE

Um die ethischen Herausforderungen im Umgang mit KI-gestützten Neurotechnologien zu bewältigen, wurden im Rahmen der Ausarbeitung diverse Lösungsansätze identifiziert, welche nachfolgend dargestellt werden.

Zur Bewältigung der genannten Herausforderungen sind präventive Maßnahmen erforderlich. Ein möglicher Ansatz ist, zusätzlich zu den existierenden Menschenrechten einen neuroethischen rechtlichen Rahmen zu schaffen. Dadurch wird das Recht auf Schutz der gedanklichen Privatsphäre vor unerwünschter Aufzeichnung und Manipulation sichergestellt. In diesem Kontext müssen entsprechende Rechtsnormen geschaffen, bzw. weiterentwickelt werden. Jedem Individuum wird damit das Recht eingeräumt, selbstbestimmt über die Speicherung und Freigabe seiner Neurodaten, sowie über den Umfang ihrer Nutzung zu entscheiden (vgl. Hertz 2023, 2 ff.). Alle Entitäten, die neuronale Daten erheben, analysieren, nutzen und weitergeben, müssen diese Rechte des Einzelnen in Bezug auf seine Daten anerkennen.

Für die praktische Umsetzung dieser Rechte müssen Standards festgelegt werden. Diese erfordern eine ausdrückliche Zustimmung zur Erhebung von Neurodaten und sehen spezifische Einwilligungen hinsichtlich der Verwendung, des Zwecks und der Dauer der Datennutzung vor (vgl. Goering et al. 2021, S. 378). Darüber hinaus ist es wichtig zu berücksichtigen, inwiefern Menschen, selbst wenn sie eigenverantwortlich über die Speicherung und Nutzung ihrer Neurodaten entscheiden dürfen, die Tragweite dieser Entscheidung begreifen können. Um diese Wissenslücke zu schließen, sind möglicherweise zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Um unbefugten Zugriff auf die Daten zu verhindern, wird die Verwendung einer Verschlüsselung des gesamten Datentransfers vom Ort der Aufzeichnung im Gehirn bis zum neuronalen Schnittstellengerät empfohlen. Hierbei können moderne Technologien wie die „homomorphe Verschlüsselung“ eingesetzt werden, um eine sichere Analyse der Daten zu ermöglichen (vgl. Goering et al. 2021, S. 378).

Die genannten Maßnahmen zur sicheren Handhabung und Verarbeitung neuronaler Daten können dazu beitragen, das Vertrauen der Gesellschaft in KI und Neurotechnologien zu stärken. Zudem ist es wichtig von Beginn des Prozesses an bis zur Nutzungsphase, Transparenz für alle Beteiligten, d.h. sowohl für Forschungsteams oder Unternehmen als auch für die Gesellschaft, zu schaffen. Dadurch wird das Vertrauen weiter gestärkt. Hierzu können verschiedene Kommunikationswege zur Ansprache von Verbrauchern verwendet werden (vgl. Goering et al. 2021, S. 379).

Um jedoch sicherzustellen, dass alle Bevölkerungsgruppen gleichermaßen von diesen Technologien profitieren, ist ein gerechter Zugang von großer Bedeutung. Regierungen können hierbei eine wichtige Rolle spielen, indem

sie Verteilungs-, Subventions- und Anreizprogramme schaffen (vgl. Gaudry et al. 2021). Durch eine bessere Zugänglichkeit dieser Technologien können sie von einem größeren Nutzerkreis in Anspruch genommen werden. Dies führt zu einer Vielfalt von Perspektiven und Erfahrungen und kann dazu beitragen, die für die Entwicklung von KI-Modellen verwendeten Datensätze zu diversifizieren. Dadurch wird die Anpassungsfähigkeit der KI-Modelle an unterschiedliche Bedürfnisse und Realitäten verbessert und ihre Genauigkeit und Zuverlässigkeit erhöht.

Um beispielsweise Arbeitsplatzverluste durch KI zu vermeiden, sollten Arbeitnehmer die Möglichkeit zur kontinuierlichen Weiterbildung erhalten und die Konzentration auf kreative und schwer automatisierbare Tätigkeiten gefördert werden. Unternehmen sollten außerdem darauf achten, auf einen offenen sozialen Dialog zu setzen (vgl. Hirsch-Kreinsen und Karacic 2019, 112 ff.).

Klare Haftungsregelungen, verstärkte Überwachungssysteme zur Früherkennung von Risiken und die Einführung ethischer Richtlinien für KI-Entwickler können dazu beitragen, die rechenschaftspflichtige Anwendung von KI-gestützter Neurotechnologie zu gewährleisten. Transparente Mechanismen erleichtern die Identifikation von Verantwortlichen bei Schäden und fördern eine verantwortungsbewusste Nutzung dieser Technologien (vgl. Europäische Kommission 2022).

Verallgemeinernd lässt sich festhalten, dass die rasante Entwicklung der KI-gestützten Neurotechnologien weiteren Forschungsbedarf aufwirft. Dabei gilt es, ethische Konflikte frühzeitig zu identifizieren und die Erkenntnisse in die Entwicklung und Verbesserung der Technologien einfließen zu lassen. Weiterhin müssen erkannte ethische Fragestellungen durch die stetige Weiterentwicklung kontinuierlich evaluiert werden (vgl. Unabhängige hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz 2018, S. 45). Hierbei ist es wichtig, nicht isoliert auf lokaler Ebene Richtlinien und Standards zu schaffen, sondern internationale Regelungen zu entwickeln und umzusetzen. So kann in Zukunft eine global sichere, effiziente und vertrauenswürdige KI-gestützte Neurotechnologie gewährleistet werden.

FAZIT

Ziel der Arbeit war es, einen Überblick über die Potenziale und ethischen Herausforderungen der Integration von KI und Neurotechnologie zu geben und Lösungsansätze für eine verantwortungsvolle Entwicklung und Anwendung dieser Technologien aufzuzeigen.

KI-gestützte Neurotechnologien bieten zahlreiche Möglichkeiten, Diagnoseverfahren, personalisierte Therapien und die medizinische Forschung wirksamer und präziser zu gestalten. Auch im Alltag können sie bspw. dazu beitragen, neue Arbeitsplätze zu schaffen und die Barrierefreiheit zu verbessern.

Die vorliegende Arbeit verdeutlicht aber auch, die erheblichen ethischen Implikationen, die mit der Konvergenz von KI und Neurotechnologie einhergehen. Insbesondere die Aspekte der technischen Robustheit und der Wahrung der Privatsphäre der Nutzenden stellen fundamentale

ethische Herausforderungen dar, die es zu adressieren gilt. Zudem ist es unabdingbar, Transparenz und Nicht-diskriminierung als grundlegende Prinzipien bei der Entwicklung und Anwendung dieser Technologien zu berücksichtigen.

In Zukunft wird es daher von großer Bedeutung sein, dass Wissenschaft und Gesellschaft gemeinsam an der Entwicklung und Implementierung internationaler Standards und Richtlinien arbeiten.

LITERATURVERZEICHNIS

Barton, Marie-Christin; Pöppelbuß, Jens (2022): Prinzipien für die ethische Nutzung künstlicher Intelligenz. In: *HMD* 59 (2), S. 468–481. DOI: 10.1365/s40702-022-00850-3.

Bauer, Wilhelm; Ganz, Walter; Hämmerle, Moritz; Renner, Thomas: *KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER UNTERNEHMENSPRAXIS*. Online verfügbar unter <https://www.smart-ai-work.de/wp-content/uploads/2020/01/kuenstliche-intelligenz-in-der-unternehmenspraxis.pdf>.

Bear, Mark F.; Connors, Barry W.; Paradiso, Michael A. (2018): *Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie*. 4. Aufl. 2018. Hg. v. Andreas K. Engel. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1555094>.

Berger, Sara; Rossi, Francesca (2023): AI and Neurotechnology. In: *Commun. ACM* 66 (3), S. 58–68. DOI: 10.1145/3529088.

BMW (2023): *Den digitalen Wandel gestalten*. BMW. Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html>, zuletzt aktualisiert am 04.05.2023, zuletzt geprüft am 04.05.2023.

da Silva Castanheira, Jason; Orozco Perez, Hector Domingo; Misic, Bratislav; Baillet, Sylvain (2021): Brief segments of neurophysiological activity enable individual differentiation. In: *Nature communications* 12 (1), S. 5713. DOI: 10.1038/s41467-021-25895-8.

Davidoff, Erika J. (2020): Agency and Accountability: Ethical Considerations for Brain-Computer Interfaces. In: *The Rutgers journal of bioethics* 11, S. 9–20. Online verfügbar unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7654969/>.

Dilsizian, Steven E.; Siegel, Eliot L. (2014): Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment. In: *Current cardiology reports* 16 (1), S. 441. DOI: 10.1007/s11886-013-0441-8.

DIN e. V.; DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik: Ethik und Künstliche Intelligenz. Was können technische Normen und Standards leisten? Online verfügbar unter <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekte-data.pdf>.

Doya, Kenji; Ema, Arisa; Kitano, Hiroaki; Sakagami, Masamichi; Russell, Stuart (2022): Social impact and governance of AI and neurotechnologies. In: *Neural networks: the official journal of the International Neural Network Society* 152, S. 542–554. DOI: 10.1016/j.neunet.2022.05.012.

Ekin, Annette (2023): AI can help us fight climate change. But it has an energy problem, too. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/ai-can-help-us-fight-climate-change-it-has-energy-problem-too>, zuletzt aktualisiert am 01.05.2023, zuletzt geprüft am 01.05.2023.

Europäische Kommission (2022): RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Anpassung der Vorschriften über außervertragliche zivilrechtliche Haftung an künstliche Intelligenz (Richtlinie über KI-Haftung). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022PC0496>.

Fairclough, Stephen H.; Lotte, Fabien (2020): Grand Challenges in Neurotechnology and System Neuroergonomics. In: *Front. Neuroergonomics* 1, Artikel 602504. DOI: 10.3389/fnrgo.2020.602504.

Farahany, Nita A. (2023): Neurotech at Work. Online verfügbar unter <https://hbr.org/2023/03/neurotech-at-work>, zuletzt aktualisiert am 14.03.2023, zuletzt geprüft am 30.04.2023.

Fraunhofer Institut (2023): Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen - Fraunhofer IKS. Online verfügbar unter <https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz.html>, zuletzt aktualisiert am 05.05.2023, zuletzt geprüft am 05.05.2023.

Friedrich, Orsolya (2021): Clinical Neurotechnology Meets Artificial Intelligence. Philosophical, Ethical, Legal and Social Implications. Unter Mitarbeit von Andreas Wolkenstein, Christoph Bublitz, Ralf J. Jox und Eric Racine. Cham: Springer International Publishing AG (Advances in Neuroethics Ser). Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6511455>.

Gaudry, Kate S.; Ayaz, Hasan; Bedows, Avery; Celnik, Pablo; Eagleman, David; Grover, Pulkit et al. (2021): Projections and the Potential Societal Impact of the Future of Neurotechnologies. In: *Frontiers in neuroscience* 15, S. 658930. DOI: 10.3389/fnins.2021.658930.

Goering, Sara; Klein, Eran; Specker Sullivan, Laura; Wexler, Anna; Agüera Y Arcas, Blaise; Bi, Guoqiang et al. (2021): Recommendations for Responsible Development and Application of Neurotechnologies. In: *Neuroethics* 14 (3), S. 365–386. DOI: 10.1007/s12152-021-09468-6.

Hertz, Nora (2023): Neurorights – Do we Need New Human Rights? A Reconsideration of the Right to Freedom of Thought. In: *Neuroethics* 16 (1). DOI: 10.1007/s12152-022-09511-0.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Karacic, Anemari (2019): *Autonome Systeme und Arbeit*. Bielefeld, Germany: transcript Verlag. Online verfügbar unter <https://library.open.org/bitstream/handle/20.500.12657/25346/1/9783839443958.pdf>.

Ienca, Marcello; Ignatiadis, Karolina (2020): Artificial Intelligence in Clinical Neuroscience: Methodological and Ethical Challenges. In: *AJOB neuroscience* 11 (2), S. 77–87. DOI: 10.1080/21507740.2020.1740352.

Iliashenko, Oksana; Bikkulova, Zilia; Dubgorn, Alissa (2019): Opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare. In: *E3S Web Conf.* 110, S. 2028. DOI: 10.1051/e3sconf/201911002028.

Kehl, Christoph: Möglichkeiten und Grenzen ethischer Technikgestaltung. In: S. 151–170. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Christoph-Kehl-2/publication/355208420_Moeglichkeiten_und_Grenzen_ethischer_Technikgestaltung/links/61ab79bdca2d401f27c4dff2/Moeglichkeiten-und-Grenzen-ethischer-Technikgestaltung.pdf.

Larsson, Stefan; Heintz, Fredrik (2020): Transparency in artificial intelligence. In: *Internet Policy Review* 9 (2). DOI: 10.14763/2020.2.1469.

Lorenz, Jeanette Miriam (2022): Bessere KI-Algorithmen durch Quantencomputing? Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/84e250b1-6691-4261-ac55-abf58c4406a7/details>.

Lubkowitz, Matthias (2022): Bessere KI-Algorithmen durch Quantencomputing? Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/84e250b1-6691-4261-ac55-abf58c4406a7/details>.

McKinsey Global Institute (2018): NOTES FROM THE AI FRONTIER MODELING THE IMPACT OF AI ON THE WORLD ECONOMY. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy>.

Müller, Oliver; Rotter, Stefan: *Neurotechnologie: Aktuelle Entwicklungen und ethische Fragen* 2016, S. 36–40. Online verfügbar unter <https://www.fiff.de/publikationen/fiff-kommunikation/fk-2016/fk-2016-2/fk-2016-2-content/fk-2-16-p36.pdf>.

Musk, Elon (2020): Neuralink Demo Event 2020. The Presentation, 29.08.2020.

Neurologie: Schalten die Gehirne Pädophiler einfach falsch? (2007). In: *WELT*, 30.11.2007. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/wissenschaft/article1415943/Schalten-die-Gehirne-Paedophiler-ein-fach-falsch.html>, zuletzt geprüft am 04.05.2023.

Paek, Andrew Y.; Brantley, Justin A.; Evans, Barbara J.; Contreras-Vidal, Jose L. (2021): Concerns in the Blurred Divisions between Medical and Consumer Neurotechnology. In: *IEEE systems journal* 15 (2), S. 3069–3080. DOI: 10.1109/jsyst.2020.3032609.

Paszkiel, Szczepan; Rojek, Ryszard; Lei, Ningrong; Castro, Maria António (2021): A Pilot Study of Game Design in the Unity Environment as an Example of the Use of Neurogaming on the Basis of Brain–Computer Interface Technology to Improve Concentration. In: *NeuroSci* 2 (2), S. 109–119. DOI: 10.3390/neurosci2020007.

Patel, Vimla L.; Shortliffe, Edward H.; Stefanelli, Mario; Szolovits, Peter; Berthold, Michael R.; Bellazzi, Riccardo; Abu-Hanna, Ameen (2009): The coming of age of artificial intelligence in medicine. In: *Artificial intelligence in medicine* 46 (1), S. 5–17. DOI: 10.1016/j.artmed.2008.07.017.

Ponseti, Jorge; Granert, Oliver; Jansen, Olav; Wolff, Stephan; Beier, Klaus; Neutze, Janina et al. (2012): Assessment of pedophilia using hemodynamic brain response to sexual stimuli. In: *Archives of general psychiatry* 69 (2), S. 187–194. DOI: 10.1001/archgenpsychiatry.2011.130.

PwC (2023): How will automation impact jobs? Online verfügbar unter <https://www.pwc.co.uk/services/economics/insights/the-impact-of-automation-on-jobs.html>, zuletzt aktualisiert am 04.05.2023, zuletzt geprüft am 04.05.2023.

Rainey, Stephen; Erden, Yasemin J. (2020): Correcting the Brain? The Convergence of Neuroscience, Neurotechnology, Psychiatry, and Artificial Intelligence. In: *Science and engineering ethics* 26 (5), S. 2439–2454. DOI: 10.1007/s11948-020-00240-2.

Robinson, Jacob T.; Rommelfanger, Karen S.; Anikeeva, Polina O.; Etienne, Arnelle; French, Jennifer; Gelinas, Jennifer et al. (2022): Building a culture of responsible neurotech: Neuroethics as socio-technical challenges. In: *Neuron* 110 (13), S. 2057–2062. DOI: 10.1016/j.neuron.2022.05.005.

Santosh, KC (2023): AI, Ethical Issues and Explainability—Applied Biometrics. Hg. v. SpringerLink. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-3935-8>, zuletzt aktualisiert am 07.05.2023, zuletzt geprüft am 07.05.2023.

Savage, Neil (2019): How AI and neuroscience drive each other forwards. In: *Nature* 571 (7766), S15–S17. DOI: 10.1038/d41586-019-02212-4.

Stahl, Bernd Carsten; Schroeder, Doris; Rodrigues, Rowena (2022): Ethics of Artificial Intelligence. Case Studies and Options for Addressing Ethical Challenges. 1st ed. 2023. Cham: EU-funded Sherpa project.

Stuart Russell, Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Edition). Online verfügbar unter <http://repo.darmajaya.ac.id/3800/1/Artificial%20Intelligence%20A%20Modern%20Approach%20%283rd%20Edition%29.pdf%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf>.

Thompson, Neil C.; Greenewald, Kristjan; Lee, Keeheon; Manso, Gabriel F. (2021): Deep Learning's Diminishing Returns: The Cost of Improvement is Becoming Unsustainable. In: *IEEE Spectr.* 58 (10), S. 50–55. DOI: 10.1109/MSPEC.2021.9563954.

Topol, Eric J.; Verghese, Abraham (2019): Deep medicine. How artificial intelligence can make healthcare human again. First edition. New York, NY: Basic Books.

Unabhängige hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz (2018): ETHIK-LEITLINIEN FÜR EINE VERTRAUENSWÜRDIGE KI.

Vukelic, Mathias (2023): Jedes Hirn tickt anders: Wie mit Neurotechnologie und KI berufliche Inklusion gelingen kann. Online verfügbar unter <https://blog.iao.fraunhofer.de/jedes-hirn-tickt-anders-wie-mit-neurotechnologie-und-ki-berufliche-inklusion-gelingen-kann/>, zuletzt aktualisiert am 13.03.2023, zuletzt geprüft am 04.05.2023

Transformative Datensicherung mit Hilfe eines Webcrawlers – Abschlussarbeit

Marc Grunwald

Technische Hochschule
Mittelhessen

Fachbereich MND
Wilhelm-Leuschner-Straße 13
61169 Friedberg
E-Mail:
marc.grunwald@mnd.thm.de

Prof. Dr. Harald Ritz

Technische Hochschule
Mittelhessen

Fachbereich MND
Wilhelm-Leuschner-Straße 13
61169 Friedberg
E-Mail:
harald.ritz@mni.thm.de

Denis Malolepszy

DenktMit eG.

Fachbereich MND
Wilhelm-Leuschner-Straße 13
61169 Friedberg
E-Mail:
denis.malolepszy@dmalo.de

Kategorie

Abschlussarbeit

Schlüsselwörter

Webcrawler, transformative Datensicherung, Wiki, CRM, Tiefensuche, Algorithmen, Datenimport - export

Zusammenfassung

Viele Unternehmen nutzen für ihr Wissensmanagement unterschiedliche Wissensmanagementsysteme in Form von Content-Management-Systemen oder Wikis und stellen diese oftmals im Intranet bereit. Da Daten in solchen Systemen langlebiger als die Software selbst sind, stellt sich die Frage, wie Daten unabhängig von externen Dienstleistern zur Verfügung gestellt werden können. Die Repräsentation der Daten im HTML-Format funktioniert bei einigen Anbietern ausschließlich, während die entsprechende Software gebucht ist. Dadurch entsteht nicht nur eine Abhängigkeit von zeitlich begrenzt lizenzierter Software, Unternehmen sind meist gegen Preisaufläge von Lizenzen machtlos, da sonst ein Verlust der Daten droht.

Im Rahmen der folgenden Arbeit werden zunächst mehrere Wikis und CMS beleuchtet, um aufzuzeigen, welche Kosten für Unternehmen entstehen und inwieweit eine Abhängigkeit zu den vorgestellten Systemen besteht, wenn diese genutzt werden.

Anschließend wird die transformative Datensicherung mit Hilfe eines Webcrawlers als mögliche Lösung des aufgezeigten Problems präsentiert. Der Webcrawler sammelt und speichert die gerenderten Daten der jeweiligen Plattform, ein Transformationsprozess passt diese im Nachgang an. Ein Archivserver stellt diese daraufhin unabhängig vom bisherigen Anbietersystem in einem lokalen Archiv zur Verfügung. Die Daten werden hierbei im ursprünglich dargestellten Format (HTML, PDF etc.) bereitgestellt, wobei ein zusätzliches Such-Interface die Suche und Darstellung der archivierten Daten ermöglicht.

Dieses Vorgehen hat das Ziel, die Abhängigkeit von externen Anbietern zu minimieren und einem Unternehmen zusätzlich eine Perspektive zu bieten, Kosten zu sparen, ohne einen Verlust der eigenen Wissensdatenbank befürchten zu müssen.

Hierfür wird zunächst definiert, was unter dem Begriff eines Webcrawlers zu verstehen ist und welche Eigenschaften dieser mit sich bringen soll. Unter Betrachtung verschiedener Quellen wird anschließend ein solcher Webcrawler konzeptioniert und in der Programmiersprache Kotlin umgesetzt.

Abschließend werden Möglichkeiten betrachtet, inwieweit die transformative Datensicherung erweitert werden kann. Hierfür bietet sich beispielsweise die Option an, das Archiv durchsuchbar zu machen, indem es indexiert wird.

Literatur

Angelika Steger (2018): Algorithmen & Komplexität. Lektüre. Institut für Theoretische Informatik.

Antonio-Jose Aledo-Hernandez; Jose-Manuel Martinez-Caro (2018): A Comparative Study of Web Content Management Systems. Universidad Politecnica de Cartagena. Spanien. Online verfügbar unter <https://www.mdpi.com/2078-2489/9/2/27>.

B. Leuf; W. Cunningham (2001): The Wiki Way: Quick Collaboration on the Web: Addison-Wesley Professional.

Ferber, Reginald (2003): Information Retrieval. Suchmodelle und Data-Mining-Verfahren für Textsammlungen und das Web. 1. Aufl. Heidelberg: dpunkt-Verl.

J. Cho; H. Garcia-Molina; L. Page (2008): Efficient Crawling Through URL Ordering. Hg. v. Diglib Stanford. Online verfügbar unter <http://ilpubs.stanford.edu:8090/347/1/1998-51.pdf>.

L. Page, S. Brin, R. Motwani; T. Winograd (1998): The Pagerank citation algorithm: bringing order to the web.: Stanford Digital Library Technologies Project.

Norbert Fuhr (1997): Information Retrieval: Springer Berlin Heidelberg (2013).

W.F Cody; J.T. Kreulen; V. Krishna (2002): The Integration of Business Intelligence and Knowledge Management.

Aufbau einer Datenpipeline mit No-Code-Applikationen in der Cloud als SaaS-Anwendung

Steven Art Johnston (B.Sc.)

Prof. Dr. Harald Ritz

Prof. Dr. Armin
Wagenknecht

Technische Hochschule
Mittelhessen

Technische Hochschule
Mittelhessen

Technische Hochschule
Mittelhessen

Mathematik, Naturwissenschaften
und Datenverarbeitung
Wilhelm-Leuschner-Str. 13
61169 Friedberg
E-Mail:
steven.art.johnston@mnd.thm.de

Mathematik, Naturwissenschaften
und Informatik
Wiesenstraße 14
35390 Gießen
E-Mail:
harald.ritz@mni.thm.de

Mathematik, Naturwissenschaften
und Informatik
Wiesenstraße 14
35390 Gießen
E-Mail:
armin.wagenknecht@mni.thm.de

Kategorie

Abschlussarbeit

Schlüsselwörter

Datenpipeline, No-Code Development, Datenreplikation, Datenintegration, Change Data Capture

Zusammenfassung

Ein wichtiger Bestandteil der modernen Dateninfrastruktur ist die Vielfalt der Datenquellen, von denen Unternehmen über Hunderte verfügen. Wie und in welcher Form die Daten aus den Quellsystemen zur Verfügung gestellt werden, ist von zentraler Bedeutung, wobei jede Schnittstelle ihre eigenen Herausforderungen mit sich bringt. Bei der Modernisierung der Dateninfrastruktur sehen sich Unternehmen häufig mit unflexiblen Prozessen und Architekturen konfrontiert. Die Extraktion von Daten aus verschiedenen Quellen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung stellt in diesem Zusammenhang nach wie vor eine Herausforderung dar. Daten müssen bereinigt, verarbeitet und kombiniert werden, um Informationen, Wissen und Erkenntnisse zu generieren. Der Aufbau effizienter Datenpipelines ist notwendig, damit die Daten die verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette durchlaufen können. Der zeitaufwändige und komplexe Aufbau ist nicht nur kostenintensiv, sondern erfordert auch den Einsatz qualifizierter Entwickler. Der Mangel an diesen Spezialisten behindert zunehmend die schnelle Umsetzung von Datenpipeline-Projekten und erfordert einen Paradigmenwechsel.

In dieser Arbeit wird mit der Technologie des No-Code Developments eine Lösung angeboten, die den Prozess der Entwicklung von Datenpipelines automatisiert. Das Ziel dieser Masterarbeit ist der Aufbau einer Datenpipeline als SaaS-Anwendung unter Verwendung von No-Code-Applikationen, die von der Qlik-Cloud-

Plattform bereitgestellt werden. Dabei werden die Unterschiede in der Nutzung der kollaborativen Datenexploration sowie die Unterschiede in der Performance im Vergleich zu einem vorangegangenen Projekt mit einer clientbasierten Datenpipeline-Architektur untersucht. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die Nutzungsunterschiede bei der Konzeption der Datenpipelines analysiert. Darüber hinaus werden Qlik Cloud Data Integration für die Replikation der Daten und den Aufbau der Datenpipeline sowie Qlik Cloud Analytics für die Visualisierung der Daten im Rahmen eines End-to-End-Prozesses eingesetzt. Die Echtzeitübertragung wird durch die Change-Data-Capture(CDC)-Technologie realisiert. CDC ist ein Verfahren zur Identifizierung von Änderungen (Deltas) in einem Datensatz.

Transaktionale Datenbanken speichern Datenänderungen für Wiederherstellungsprozesse im Transaction Log (TLOG). Durch Auslesen des TLOG können die Änderungen abgefragt und verarbeitet werden. Eine Herausforderung liegt im Abrufen der TLOGs, da Datenbankhersteller nicht notwendigerweise eine Schnittstelle zu diesem Protokoll anbieten. Ein Lösungsansatz in dieser Arbeit ist die Aktivierung von Änderungstabellen auf der Datenbank, die die Datenänderungen in Metadatatabelle speichern.

Für den Performancevergleich werden die Datenübertragungsgeschwindigkeiten von zwei Extraktionsmechanismen, der Full-Load-Replikation und der Delta-Load-Replikation untersucht. Für den Performancevergleich der Full-Load-Replikation werden die Logfiles der No-Code-Applikationen ausgewertet. Der Performancevergleich der Delta-Load-Replikation (CDC-Replikation) wird durch das CDC-Verfahren durchgeführt. Hierbei werden die Zeitpunkte der Datenübertragung anhand von Zeitstempeln aus den durch den CDC-Prozess erzeugten Änderungstabellen vom Quellsystem über das Zielsystem bis hin zu den

Data-Warehouse- und Data-Mart-Tabellen nachvollzogen und ausgewertet.

Um die Hintergrundprozesse des No-Code-Developments zu verstehen, werden die Verfahren des Schema Matching und des Schema Mapping behandelt. Basis beim Schema Mapping sind Metadaten, insbesondere die Metadaten der lokalen Schemata. In diesem Projekt erfolgt eine Zuordnung von Attributwertpaaren, die zur Darstellung der semantischen Verbindung zwischen dem Quell- und dem Zielschema verwendet werden. Die No-Code-Technologie automatisiert das Mapping welches eine Menge von Attributwertpaaren darstellt, die alle gemeinsamen Attribute des Quellschemas mit Attributen des Zielschemas verbindet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Technologie des No-Code Developments einen ganzheitlichen End-to-End-Prozess zum Aufbau einer Cloud-Datenpipeline ohne herkömmliche Programmierung ermöglicht. Dieses Ziel wird durch den Einsatz der iPaaS-Lösung Qlik Cloud Data Integration erreicht. Die integrierte CDC-Technologie ermöglicht zudem eine Echtzeit-Datenanalyse. Die Schnittstellen- und Datenübertragungsprozesse werden nach der Einrichtung der notwendigen Systemvoraussetzungen automatisiert, während die Erstellung des Datenmodells manuelle Eingriffe über Drag-and-Drop-Eigenschaften und andere No-Code-Funktionen erfordert. Die Untersuchung kann weiterhin eine Lösung für das Problem des Fachkräftemangels aufzeigen, wobei die (Teil-)Automatisierung Ressourcen einspart und somit die Anzahl der am Entwicklungsprozess beteiligten Mitglieder reduziert.

Die Forschung zeigt weiterhin die kollaborative Datenexploration in zwei unterschiedlichen Bereitstellungsvarianten einer Datenpipeline. Die Vorteile des Cloud Computings ermöglichen ein kontrolliertes Vorgehen im Rahmen der kollaborativen Zusammenarbeit. Durch die Zuweisung von Rollen innerhalb des Cloud-Mandanten werden automatisch Benutzerrechte vergeben und definierte Grenzen zwischen den Benutzern etabliert. Zudem bietet die eingesetzte Cloud-Plattform einen dezentralen Zugriff sowie eine hohe Benutzerfreundlichkeit. Die Zusammenarbeit wird für jeden Block der Datenpipeline in einem vordefinierten gemeinsamen Bereich mit Möglichkeiten zur Versionskontrolle unterstützt. Änderungen an der SaaS-Anwendung werden für jede Rolle automatisch übernommen.

Die vorliegenden Ergebnisse des Performancevergleichs zeigen, dass eine signifikante Überlegenheit der Cloud-Datenpipeline hinsichtlich der Übertragungsgeschwindigkeit im Kontext der durchgeführten Full-Load-Replikation besteht. Die CDC-Replikation hat gezeigt, dass die Übertragungsgeschwindigkeit zwischen den Projekten sehr ähnlich ist. Es wurde weiterhin

gezeigt, dass die Daten zwischen den Blöcken vom Quellsystem zum Data Warehouse innerhalb der clientbasierten Datenpipeline mit höherer Geschwindigkeit übertragen werden. Bei näherer Betrachtung der gesamten Blöcke wurde ermittelt, dass die Übertragungsgeschwindigkeit der cloudbasierten Datenpipeline schneller ist. Es ist festzuhalten, dass eine ereignisgesteuerte Datenübertragung, wie sie im cloudbasierten Projekt eingesetzt wird, eine effizientere Datenübertragung darstellt als eine zeitgesteuerte Intervallübertragung.

Literatur

- Amghar, Souad; Cherdal, Safae; Mouline, Salma (2019) Data Integration and NoSQL Systems: A State of the Art, in: The 4th International Conference On Big Data and Internet of Things, S. 1-6, [Online]. DOI: <https://doi.org/10.1145/3372938.3372954>
- Chandra, Harry (2020) Experimental results on change data capture methods implementation in different data structures to support real-time data warehouse, in: Int. J. Business Information Systems, Vol. 34, Nr. 3, S. 373–402 [Online]. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2020.108651>
- Densmore, James (2021) Data Pipelines Pocket Reference (- Moving and Processing Data for Analytics), 1. Auflage, O'Reilly Media, Sebastopol.
- Leser, Ulf; Naumann, Felix (2007) Informationsintegration (-Architekturen und Methoden zur Intergration verteilter und heterogener Datenquellen), 1. Auflage, dpunkt, Heidelberg.
- Ma, Chuangtao; Molnár, Balint; Tarcsi, Ádám; Benczúr, András (2020) Knowledge Enriched Schema Matching Framework for Heterogeneous Data Integration, in: IEEE 2nd Conference on Information Technology and Data Science, S. 183-188, [Online]. DOI: <https://doi.org/10.1109/CITDS54976.2022.9914350>
- Moskal, Monika (2021) NO-CODE APPLICATION DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF LOGOTEC APP STUDIO PLATFORM, in: Informatyka, Automatyka, Pomiary W Gospodarce I Ochronie Środowiska, Vol. 11, Nr. 1, S. 54–57, [Online]. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.2429>
- Munappy, Aiswarya; Bosch, Jan; Holmström Olsson, Helena (2020) Data Pipeline Management in Practice (- Challenges and Opportunities), in: Lecture Notes in Computer Science, S. 168-184, [Online]. DOI: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-64148-1_11

Optimierung der Customer Experience durch Marketing Intelligence & CRM-Analyse

Yannick Christopher Lotz

Prof. Dr. Harald Ritz

Dr. Carsten Warschat

Technische Hochschule Mittelhessen

Technische Hochschule Mittelhessen

Pfeiffer Vacuum GmbH

Fachbereich MND
Wilhelm-Leuschner-Straße 13
61169 Friedberg
E-Mail:
yannick.christopher.lotz@mnd.thm.de

Fachbereich MNI
Wiesenstraße 14
35390 Gießen
E-Mail:
harald.ritz@mni.thm.de

CRM Business Manager
Berliner Straße 43
35614 ABlar
E-Mail:
carsten.warschat@pfeiffer-vacuum.com

Kategorie:

Abschlussarbeit

Schlüsselwörter

Customer Experience (CX), Business Intelligence (BI), Decision Support, SAP Sales Cloud, Power BI

Zusammenfassung

Cloud-basierte Lösungen im Kundenmanagement bieten riesiges Potential, Abläufe und Strukturen in Unternehmen in diversen Bereichen zu vereinfachen und zu optimieren. Das möchte sich auch die Pfeiffer Vacuum GmbH zu Nutze machen. Seit 2022 stellt die Firma schrittweise ihre Systeme auf die SAP-Cloud um, darunter auch das Customer-Relationship-Management (CRM) auf SAP CX Suite (ehemals SAP C/4HANA). Damit der Umstieg möglichst reibungslos gelingt und das System effizient genutzt wird, ist es wichtig, dass die anfallenden Daten ausgewertet werden.

Diese Bachelorthesis handelt von der Konzeptionierung und Implementierung eines Proof-of-Concept-Projekts dieser Auswertung des CRM. Als Business Intelligence Tool wurde sich für Microsofts Power BI entschieden. Das Ziel ist ein Bericht, welcher variabel eine differenzierte Sicht auf die Nutzung, die wichtigsten Kennzahlen und den Mehrwert des CRM-Systems bietet. Im Rahmen der Arbeit wird sowohl theoretisches Wissen als auch die praktische Umsetzung beleuchtet, um eine umfassende Perspektive darzustellen.

Pfeiffer Vacuum verfolgt durch den Umstieg mehrere Ideen. Ein großes Ziel ist ein vermehrter Fokus auf Kundenzentrierung und eine Steigerung der Customer Experience (CX). Ein elementarer Bestandteil zur Nachverfolgung dieser CX ist das CRM-System. Ohne eine Auswertung

ist es kaum möglich, effektiv Schlüsse aus dem System für eine Verbesserung der Customer Experience zu ziehen.

Die Thesis befasst sich mit der Lösung dieser Problemstellung. Dafür ist es notwendig, die Daten des CRMs auszuwerten. Zur Vorbereitung dessen werden in der Arbeit die wissenschaftlichen Grundlagen der dafür relevanten Themengebiete dokumentiert.

Der erste Themenblock deckt das Gebiet rund um Customer Experience und CRM ab. Die Begrifflichkeiten werden definiert und die damit zusammenhängenden Gebiete Marketing Funnel und Customer Journey erläutert. Weiterhin folgt eine Erklärung von Cloud Computing im CRM-Kontext. Daraufhin wird konkret SAP CX und die SAP Sales Cloud beschrieben und die aktuelle Nutzung im Unternehmen erläutert.

Im zweiten Themenblock wird Business Intelligence (BI) näher betrachtet. Dabei erfolgt eine Differenzierung zwischen Marketing Intelligence und BI sowie eine Gegenüberstellung der Architekturkonzepte von Inmon und Kimball. Datenstrukturen und Grundlagen zu Kennzahlen werden erläutert. Dazu wird Power BI und der Umfang sowie vorhandene Methoden zur Datenmodellierung, -auswertung und -analyse innerhalb des Programms vorgestellt. Ebenso beschreibt der Block die Methoden zur Implementierung von Rollenstrukturen.

Zusätzlich werden die verwendeten wissenschaftlichen Methodiken näher umschrieben. Dies umfasst die Art des iterativen Projektmanagements und die in der Arbeit genutzten Instrumente zur strategischen Planung.

Der Hauptteil der Thesis beinhaltet die praktische Umsetzung der Implementierung des Analysetools und orientiert sich an einem erarbeiteten Projektplan, welcher aus sechs Phasen besteht.

Die erste Phase umfasst die *Recherche und Dokumentation der wichtigsten benötigten Informationen*. Dafür erfolgt eine Identifizierung der Stakeholder und ihrer Bedürfnisse an das Analysetool. Da sich das Tool sowohl an das Top-Management als auch an Vertriebsingenieure richtet, werden einerseits Kennzahlen für einen allgemeinen Überblick über den Sales Funnel und die Sales Pipeline gefordert. Andererseits soll es auch Zugang zu spezifischen Informationen über Kunden und deren Aktivitäten bieten, um die Vertriebsprozesse zu optimieren.

Darauf basierend folgt mithilfe einer Entscheidungsmatrix eine *Priorisierung der potentiell exportibaren Daten*. Anhand der drei Kriterien *Priorität, Umsetzbarkeit und Komplexität* betrachtet und evaluiert die Matrix Kollektionen der Sales Cloud. Anschließend folgt eine Beschreibung, wie die Daten mithilfe der SAP OData-Dokumentation im CRM-System gefunden werden.

Der nächste Arbeitsschritt behandelt den *Export der Daten aus SAP in das BI-Tool Power BI*. Dafür wird das Konzept zur Datenaktualisierung und -integration definiert, welches auf einem zentralen SQL-Server als Data Warehouse basiert.

Daraufhin folgt die Einrichtung des Datenmodells. Das Kapitel beschreibt die Umformung der Datentabellen und den Aufbau von Beziehungen zwischen selbigen. Die Nutzung des Star-Schemas wird verdeutlicht.

Der fünfte Arbeitsschritt hat die Erstellung und Veröffentlichung der Berichte zum Inhalt. Anhand bildlicher Darstellungen werden die erstellten Dashboards dargestellt und der Inhalt sowie der potenzielle Nutzen erläutert, genauso wie verwendete Eigenschaften des Tools für die Steigerung der Benutzererfahrung.

Die letzte Phase beschreibt das *Generieren von Rollenstrukturen* für Nutzer der Berichte mithilfe von Row-Level-Security sowie Voraussetzungen für die Verteilung des Berichts im Unternehmen.

Das darauf folgende Kapitel betrachtet das Ergebnis und evaluiert die Güte der Lösung. Die Funktionalitäten werden rekapituliert. Es wird ein Vergleich zur CRM-internen Analyse-Funktion von SAP geschlossen, in welchem die Vor- und Nachteile beider Möglichkeiten erarbeitet werden.

Das Projekt wird abschließend einer kritischen Betrachtung unterzogen. Zur effektiven Betrachtung des Analysetools enthält die Arbeit eine SWOT-Analyse, welche die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Analysetools und seiner Implementierung genauer beleuchtet. Die externen Faktoren („Opportunities“ und „Risks“) wurden dabei durch Branchenberichte und persönlichen Einschätzungen untersucht und bewertet.

Das Ergebnis der kritischen Betrachtung liefert als Ergebnis, dass das Analysetool durch seine Stärken, wie die

leistungsstarke Visualisierung, Flexibilität oder Benutzerfreundlichkeit einige Chancen bietet, beispielsweise den unkomplizierten Einblick in Prozesse und den Nutzen einer zukunftsfähigen BI-Lösung. In diesem Kontext existieren jedoch auch potenzielle Risiken wie aufkommende Kosten und eine fehlende Nutzerakzeptanz.

Abschließend enthält die Arbeit einen Ausblick, welcher basierend auf den erlangten Kenntnissen potenzielle nächste Entwicklungsschritte und Erweiterungen für das Analysetool herleitet sowie Handlungsempfehlung an Pfeiffer Vacuum ausspricht, um die effektive Nutzung des Tools zu gewährleisten. Als wichtigste Aspekte werden ein ausgereiftes Konzept für Rollenstrukturen & Berechtigungen, eine feedbackbasierte Anpassung der Dashboards sowie Schulungen zur Bekanntmachung des Werkzeuges genannt.

Literatur

Arnold, J. (2023): Microsoft Power BI: Die praktische Einführung in die Datenanalyse und – visualisierung, Heidelberg.

Bruhn, M. (Hrsg., 2012): Customer Experience, Wiesbaden: Gabler.

Hahne, M. (2014): Modellierung von Business-Intelligence-Systemen: Leitfaden für erfolgreiche Projekte auf Basis flexibler Data-Warehouse-Architekturen, Heidelberg.

Hippner, H. (2011): Grundlagen des CRM: Strategie, Geschäftsprozesse und IT-Unterstützung, 3. Auflage, Wiesbaden.

Möhring, M./Keller, B./Schmidt, R. (2018): CRM in der Public Cloud, Wiesbaden: Springer Fachmedien .

Schels, I. (2020): Business Intelligence mit Excel: Datenanalyse und Reporting mit Power Query, Power Pivot und Power BI Desktop : für Microsoft 365, 2. Auflage, München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

Tiffert, Alexander (Hrsg., 2019b): Customer Experience Management in der Praxis: Grundlagen - Zusammenhänge - Umsetzung. Essentials, Wiesbaden: Springer Gabler.

Evaluation des Einsatzes von Robotic Process Automation-Technologie am Beispiel eines Service-Ticket-Systems

Cem Yildirim
HTW Berlin
Studiengang
Wirtschaftsinformatik
Treskowallee 8
10318 Berlin
E-Mail: cem.yil@hotmail.de

Prof. Dr. Birte Malzahn
HTW Berlin
Studiengang
Wirtschaftsinformatik
Treskowallee 8
10318 Berlin
E-Mail: birte.malzahn@htw-berlin.de

Kategorie

Abschlussarbeit

Schlüsselwörter

Robotic Process Automation (RPA),
Softwareentwicklung, Software-Bots, Bachelorarbeit

Zusammenfassung

Unter Robotic Process Automation (RPA) versteht man eine innovative Technologie zur Automatisierung strukturierter Geschäftsprozesse durch Softwareroboter (Dömer, 2022, S. 213; Feldmann, 2022, S. 213). RPA-Bots imitieren dabei menschliche Interaktionen mit einem Softwaresystem (Koch & Fedtke, 2020, S. 10). Sie nutzen das User Interface von Applikationen, führen vordefinierte Klickstrecken aus und können dadurch Aufgaben ohne Pause abarbeiten (Dömer, 2022, S. 214). Das Ziel der Bachelorarbeit (Yildirim, 2023) war es, beim Praxispartner Vor- und Nachteile der RPA-Technologie im Vergleich zu konventioneller Softwareentwicklung zu analysieren. Aufbauend auf der durchgeführten Analyse sollten Kriterien definiert werden, auf deren Basis bei zukünftigen Projekten eine Entscheidung bezüglich der technologischen Basis (Make or Bot) getroffen werden kann.

Im konkret betrachteten Beispielprojekt des Praxispartners wurde eine Automatisierung benötigt, welche Tickets in einem Ticketsystem anlegt. Die fachlichen Anforderungen des Projekts beinhalteten die Erstellung neuer Tickets, wobei jede Zeile in der Excel-Datei ein individuelles Ticket repräsentieren sollte. Für jedes Ticket sollten spezifische Informationen in separaten Spalten festgehalten werden, darunter die Ticket-ID, optionale IDs für Verrechnungsobjekte und PSP-Elemente, die ID des Teams, das mit dem Ticket verknüpft werden soll, sowie weitere Spalten für zusätzliche Daten, die im Fragbogen ersetzt werden sollten.

Eine konventionelle Softwareentwicklung wurde bereits im Vorfeld der Bachelorarbeit beim Praxispartner durchgeführt. Um die Umsetzung des prototypischen RPA-Bots realisieren zu können, wurde eine technische Konzeption entworfen. Anhand der Erkenntnisse, die aus der prototypischen RPA-Umsetzung gesammelt wurden und dem Wissen, welches durch das Softwareentwicklungsprojekt entstanden ist, konnte eine Auswertung durchgeführt werden.

Folgende Kriterien für den Vergleich zwischen dem RPA- und dem konventionellem Softwareentwicklungsprojekt wurden während des Implementierungsprojektes erarbeitet:

•**Anpassungsfähigkeit:** Dieses Kriterium beschreibt, wie einfach die Anwendung auf zukünftige Änderungen angepasst werden kann. Die Anpassungsfähigkeit sollte möglichst hoch sein.

•**Komplexität und Stabilität der Workflowvariante:** Bei diesem Kriterium kommt es vor allem darauf an, den Workflow möglichst einfach umzusetzen, sodass dieser flüssig und ohne Unterbrechungen läuft.

•**Entwicklungsdauer:** Je kürzer die Entwicklungsdauer des Projekts, desto schneller ist die Automatisierung einsatzbereit.

•**Nutzungsdauer:** Diese sollte möglichst hoch sein. Die Nutzungsdauer kann beispielsweise durch laufende Lizenz- und Betriebskosten negativ beeinflusst werden kann.

•**Erwartete Entwicklungskosten:** Diese sollten möglichst gering sein.

•**Erwartete Betriebskosten:** Diese sollten möglichst gering sein.

•**Nutzerzahl:** Dieses Kriterium beschreibt, wie viele Nutzerinnen und Nutzer die Anwendung nutzen können.

•**Usability:** Dieses Kriterium beschreibt, wie einfach die Automatisierung für die Nutzerinnen und Nutzer zu bedienen ist.

•**Datenvvalidierung:** Dieses Kriterium beschreibt die korrekte Übermittlung und Integration der durch die Anwendung verarbeiteten Daten.

Die Bewertung der Entwicklungsdauer, Entwicklungskosten und Betriebskosten erfolgte durch quantitative Messung bzw. Schätzung. Alle anderen Kriterien wurden qualitativ bewertet.

Folgende Erkenntnisse konnten abgeleitet werden: RPA-Bots eignen sich sehr gut für einfache und wiederkehrende Aufgaben. Die Umsetzung mittels RPA-Bot zeigte Vorteile bei der Entwicklungsdauer, den erwarteten Entwicklungskosten, der Nutzerzahl und der Usability.

Kriterien	RPA-Bot	Konventionelle Softwareentwicklung
Anpassungsfähigkeit	-	+
Komplexität und Stabilität der Workflowvariante	-	+
Kurzfristige Bereitstellung	+	-
Nutzungsdauer	-	+
Erwartete Development-Kosten (in €)	+	-
Erwartete Betriebskosten (in €)	-	+
Nutzerzahl und Usability	+	+
Datenvalidierung	-	+

Tabelle 1: Bewertung der Vergleichskriterien

Bei komplexeren Aufgaben und Anwendungen wie bei einem Ticketsystem kann der RPA-Bot jedoch u. U. keine stabile Automatisierung zustande bringen. So hatte der RPA-Bot mehrfach Schwierigkeiten, die User Interface-Elemente des Ticketmanagers vollständig zu erkennen und konnte somit nicht immer mit dem User Interface arbeiten.

Eine herkömmliche Softwareentwicklung eignet sich insgesamt besser für Projekte, die hohe Anforderungen an Anpassungsfähigkeit, Komplexität und Stabilität der Workflowvariante, erwartete Betriebskosten und Datenvalidierung haben oder eine hohe Nutzungsdauer aufweisen sollen. Tabelle 1 fasst die Erkenntnisse zusammen.

Im vorliegenden Projekt lag der Fokus auf der Erarbeitung der Bewertungskriterien anhand des Praxisprojektes. Da in diesem Fall für die Realisierung keine Entscheidung zwischen beiden Implementierungsformen zu treffen war, wurden die Kriterien keiner Gewichtung unterzogen. Je nach spezifischem Praxisprojekt können die erarbeiteten Kriterien jedoch unterschiedlich wichtig sein. Bei Anwendung der Kriterien auf einen spezifischen Praxisfall, in dem eine Entscheidung zwischen den Implementierungsformen zu treffen ist, sollte daher eine Gewichtung vorgenommen werden.

Dömer, Stefan (2022): RPA aus Sicht eines Full-Service IT-Dienstleisters, in: Carsten Feldmann (Hrsg.), Praxishandbuch Robotic Process Automation: Von der Prozessanalyse bis zum Betrieb, Wiesbaden, Deutschland: Springer, S. 213-214.

Feldmann, C. (Hrsg.). (2022). Praxishandbuch Robotic Process Automation (RPA): Von der Prozessanalyse bis zum Betrieb. Springer Gabler.

Koch, C. & Fedtke, S. (2020). Robotic Process Automation: Ein Leitfaden für Führungskräfte zur erfolgreichen Einführung und Betrieb von Software-Robots im Unternehmen. Springer Vieweg.

Yildirim, Cem (2023): Evaluation des Einsatzes von Robotic Process Automation-Technologie am Beispiel eines Service-Ticket-Systems. Bachelorarbeit, HTW Berlin.

Vorhersage von Aufträgen eines Logistikdienstleisters mit Hilfe statistischer Modelle, Machine Learning und neuronalen Netzen

Lina Marie Müller

Prof. Dr. Harald Ritz

Manuel Groh (M.Sc.)

Mathematik, Naturwissenschaften
und Informatik
Wiesenstraße 14
35390 Gießen
E-Mail:
lina.marie.mueller@mni.thm.de

Mathematik, Naturwissenschaften
und Informatik
Wiesenstraße 14
35390 Gießen
E-Mail:
harald.ritz@mni.thm.de

Mathematik, Naturwissenschaften
und Informatik
Wiesenstraße 14
35390 Gießen
E-Mail:
manuel.groh@mni.thm.de

Kategorie

Abschlussarbeit

Schlüsselwörter

Auftragsprognose, KI, Logistik, Machine Learning, Neuronale Netze, Statistik, Zeitreihenprognose

Zusammenfassung

Diese Thesis beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Auftragsprognose für einen Logistikdienstleister in der Distributionslogistik. Da die Profitabilität des Unternehmens maßgeblich von der effizienten Abwicklung der logistischen Prozesse abhängt, ist es wichtig, verlässliche Informationen über zukünftige Aufträge vorliegen zu haben, um sich auf diese vorzubereiten und sie effizient abzuwickeln. Auf Basis von Auftragsprognosen können beispielsweise die Personaleinsatzplanung und die Lagerhaltung optimiert werden. Es sollen Prognosen über die Anzahl und Höhe der Aufträge sowohl für einzelne Kostenstellen als auch für alle Kostenstellen zusammen entwickelt werden.

Die Auftragsprognose kann in den Kontext der Zeitreihenprognose gestellt werden, bei der auf Basis einer historischen, zeitlich erhobenen Datenreihe eine Prognosefunktion gefunden werden soll, mit der zukünftige Werte berechnet werden können. Konkret handelt es sich hier um eine Multi-Step-Ahead-Prognose mit einem Prognosehorizont von 90 Tagen bei täglicher Frequenz.

Um die ideale Lösung für den Anwendungskontext zu finden wurden zunächst Bewertungskriterien definiert. Diese sind die Genauigkeit, die Erklärbarkeit der Prognose, die Fähigkeit probabilistische Prognosen zu erstellen und die Rechenzeit. Dabei wird die Genauigkeit am stärksten gewichtet und anhand verschiedener Metriken (RMSE, MASE, MAE, Bias) bewertet. Für den Vergleich wurden aus der vorhandenen Datenbasis die benötigten Zeitreihen erzeugt, eine Version der Datenbasis mit entfernten Ausreißern erstellt und verschiedene Merkmale für die Einbeziehung in die

Prognose aufbereitet. Dabei handelt es sich um Kalendermerkmale und Wetterdaten.

Die verglichenen Modelle umfassen die exponentielle Glättung und Croston als Vertreter der statistischen Modelle, die lineare Regression und XGBoost als Vertreter der maschinellen Lernmodelle und N-BEATS und TFT (Temporal Fusion Transformer) als neuronale Netzarchitekturen. Für jede Modellklasse wurden die optimalen Hyperparameter für Anzahl und Höhe der Aufträge bestimmt und diese Lösung anschließend anhand der Bewertungskriterien bewertet.

Die exponentielle Glättung erwies sich als das beste Modell für die Anzahl der Aufträge für einzelne Kostenstellen und für alle Kostenstellen zusammen. Der Nachteil der exponentiellen Glättung war, dass keine probabilistischen Vorhersagen getroffen werden konnten. Für die Höhe der Aufträge konnten sich hingegen die maschinellen Lernmodelle durchsetzen. Für einzelne Kostenstellen war die lineare Regression die ideale Lösung und konnte für alle Bewertungskriterien gute Ergebnisse erzielen. Für die Prognose aller Kostenstellen zusammen konnte XGBoost die besten Ergebnisse mit hoher Genauigkeit und Interpretierbarkeit erzielen. Die Überlegenheit der maschinellen Lernmodelle gegenüber den statistischen Modellen kann damit zusammenhängen, dass die Zeitreihen für die Auftragshöhe unregelmäßiger waren, als die für die Auftragsanzahl und somit von der höheren Modellkomplexität und der Möglichkeit der Einbeziehung externer Variablen profitieren konnten.

Generell zeichneten sich die statistischen Modelle jedoch insbesondere bei der exponentiellen Glättung durch hohe Genauigkeit, kurze Rechenzeit und gute Erklärbarkeit aus. Das Potenzial der maschinellen Lernmodelle und der neuronalen Netze, externe Variablen in die Prognose einzubeziehen, konnte hier nicht ausgeschöpft werden, da nur wenige Zusatzinformationen zur Verfügung

standen. Wenn Informationen insbesondere über interne Faktoren vorliegen, z.B. geplante Marketing- oder Rabattaktionen, können maschinelle Lernmodelle und neuronale Netze einen großen Vorteil gegenüber den statistischen Modellen haben.

Auch wenn die neuronalen Netze im Anwendungskontext schlechter abschnitten, konnte die Temporal-Fusion-Transformer-Architektur Potential zeigen, indem sie als einziges Modell Abweichungen von ansonsten gleichförmigen Mustern vorhersagte und sich zudem durch ihre Interpretierbarkeit auszeichnete.

Um die Ergebnisse der ausgewählten Modelle weiter zu verbessern, kann die Datenvorbereitung an die Modelle angepasst werden, da diese aus Gründen der Vergleichbarkeit allgemein gehalten wurde. Darüber hinaus kann eine weitergehende Hyperparameteroptimierung durchgeführt werden und Möglichkeiten zur Erstellung von probabilistischen Vorhersagen mit exponentieller Glättung evaluiert werden.

Bei der Einführung der Prognosemodelle in den produktiven Betrieb ist darauf zu achten, dass die Prognosen richtig interpretiert werden. Es handelt sich nicht um perfekte Prognosen und es sollte immer die Möglichkeit von Abweichungen von den Prognosen berücksichtigt werden. Ein grundlegendes Verständnis der verwendeten Modelle kann bei der richtigen Interpretation hilfreich sein. Nach der Einführung der Prognose sollte evaluiert werden, ob sie im Produktivbetrieb einen Mehrwert bietet und darauf aufbauende Anwendungen, z.B. in der Personaleinsatzplanung, entwickelt werden.

Literatur

Axsäter, Sven, Inventory Control. Springer New York, 2006, Vol. 2. [Online]. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-33331-2>

Chen, Tianqi und Guestrin, Carlos, „XGBoost: A Scalable Tree Boosting System,” in Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Serie KDD '16. ACM, Aug. 2016. [Online]. URL: <http://dx.doi.org/10.1145/2939672.2939785>

Lim, Bryan, Arik, Sercan O., Loeff, Nicolas, und Pfister, Tomas, „Temporal Fusion Transformers for Interpretable Multi-horizon Time Series Forecasting,” 2019. [Online]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1912.09363.pdf>

Oreshkin, Boris N., Carpov, Dmitri, Chapados, Nicolas, und Bengio, Yoshua, „N-BEATS: Neural basis expansion analysis for interpretable time series forecasting,” in International Conference on Learning Representations, 2020. [Online]. URL: <https://openreview.net/forum?id=r1ecqn4YwB>

Petropoulos, Fotios et al., „Forecasting: theory and practice,” International Journal of Forecasting, Vol. 38, Nr. 3, S. 705–871, 2022. [Online]. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.001>

Spiliotis, Evangelos, „Time Series Forecasting with Statistical, Machine Learning, and Deep Learning Methods: Past, Present, and Future,” in Forecasting with Artificial Intelligence. Springer Nature Switzerland, 2023, S. 49–75. [Online]. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-35879-1_3

Vandeput, Nicolas, Data Science for Supply Chain Forecasting. De Gruyter, 2021. [Online]. URL: <http://dx.doi.org/10.1515/9783110671124>

Vogel, Jürgen, Prognose von Zeitreihen: Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. [Online]. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-06837-0>