

DESIGN SCIENCE ALS FORSCHUNGSWERKZEUG IN DER BAUWIRTSCHAFT

Von Dipl.-Ing. Dr.techn. Leopold Winkler,

Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.rer.soc.oec. Christian Huemer,

Oleksandr Melnyk, MSc.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Zusammenfassung.....	452
2 Einleitung.....	452
3 Prozesserfassung.....	453
4 Anforderungsanalysen.....	456
5 Implementierung.....	458
6 Evaluierung.....	460
7 Fazit und Ausblick	461

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Baubranche wird durch die Entwicklung digitaler Systeme in der Planung und Abwicklung von Bauprojekten sukzessiv beeinflusst. Dabei setzen Unternehmen und Auftraggeber je nach Größe auf Eigenentwicklungen oder auf dem Markt erhältliche Produkte. Dieser Artikel¹ zeigt, welche Möglichkeiten bestehen, um die Erstellung und Einführung digitaler Systeme in der Baubranche qualitativ und quantitativ zu bewerten. Dafür werden Methoden für die Entwicklung und Etablierung softwaregestützter Prozesse auf Baustellen vorgestellt.

2 EINLEITUNG

Auf dem Markt erhältliche Softwareprodukte werden als COTS²-software bezeichnet. In der Baubranche zählen dazu etablierte Dokumentationstools, sowie die Bau-Enterprise-Resource-Planning (Bau-ERP) Systeme. Die passende Wahl dieser Systeme kann die Geschäftsprozesse eines Unternehmens allein durch die Verkürzung der Prozesslaufzeiten verbessern, da die Einbindung in die Geschäftsprozesse im Vergleich zu den Eigenentwicklungen deutlich schneller erfolgen [1].

Die Recherche auf den Software-Vergleichsportalen zeigt den wachsenden Markt an digitalen Hilfsmitteln in der Baubranche. In der Kategorie „Baumanagement Software“ befinden sich beispielsweise bei Software-Vergleichsportal Capterra³ über 670 Softwareprodukte. Beim Funktionenvergleich der Suchanfrage mit GetApp⁴ wird ausgewiesen, dass Funktionen wie: Auftragnehmer-Management, Auftragsänderungsmanagement, Budgetverfolgung und Subunternehmermanagement von über 50 % der Systeme bedient werden. Am breitesten ist die Funktion „Dokumentenmanagement“ mit 67 % bis 84 %, abhängig vom Vergleichsportal, abgedeckt. Dabei verfügen bereits über 57 % der gelisteten Softwareprodukte über eine mobile Zugriffsmöglichkeit. Für

¹ Dieser Beitrag ist in abgeänderter Form bereits in der Ausgabe 05/2021 des bauaktuell erschienen.

² COTS steht für commercial off the-shelf.

³ Software-Vergleichsportal Capterra ist unter www.capterra.at mit definierten Kategorien einsehbar. Der Vergleich wurde in der Kategorie Baumanagement Software vorgenommen.

⁴ Software-Vergleichsportal GetApp ist unter www.getapp.at mit definierten Kategorien einsehbar.

openBIM Arbeitsabläufe listet buildingSMART International⁵ in einer Datenbank Softwareprodukte auf, die die Standards IFC und BCF zertifiziert unterstützen. In dieser Liste finden sich 349 Produkte (Stand 2021-07-19), wobei 38 davon dem Bauprojektmanagement zugeordnet werden können.

In der baubetrieblichen Forschung und gemeinschaftlichen Modellierung mit Softwareentwicklern wurde durch eine Kooperation zwischen der Business Informatics Group und dem Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement an der TU Wien in den letzten Jahren ein Stufenplan für die Entwicklung, Bewertung und Einführung von Bausoftware verfolgt. Dabei bedient man sich der Methoden von „Design Science“, die unter anderem durch *Johannesson* [2] und *Wieringa* [3] für Softwareentwicklung beschrieben wurden.

Bei Design Science steht die Interaktion des „Artefakts“ mit dem Kontext ihres Einsatzgebietes im Mittelpunkt der Betrachtungen. Artefakte können dabei ein Stück Soft- wie Hardware, ein Bauprozess, eine Organisationsform, eine Technik oder Methode darstellen. In der aktuellen Baubetriebsforschung stehen in der Bauausführung die Bauprozesse und die Interaktion mit neuer Bausoftware im Fokus. Die Veränderung der Geschäftsprozesse und Bauunternehmensorganisationen werden als weitere Anwendungsfälle identifiziert.

Die systematische Vorgehensweise startet mit der Wahrnehmung eines Problems und umfasst die **Prozesserfassung**, die **Anforderungsanalyse**, die **Implementierung** bestehender oder neuer Artefakte in einem neuen Kontext und die abschließende **Evaluierung**. Dabei sind diese Schritte nicht als serielle Tätigkeiten zu verstehen, da im agilen Entwicklungsumfeld diese auch parallel und vor allem wiederholend stattfinden.

3 PROZESSERFASSUNG

Die Beschreibung und Visualisierung von Prozessen erfolgen je nach Domäne mit unterschiedlichen Standards. Im Bauprozess gebräuchlich sind einfache Flussdiagramme, wie Swimlane-Diagramme, die sich auch in den ÖNORMen zur Beschreibung von Abläufen wiederfinden. Gerade in der stationären

⁵ Die Datenbank ist unter <https://technical.buildingsmart.org/resources/software-implementations/> abrufbar. Building SMART international gibt unter anderem den offenen Standard IFC Industry Foundation Classes heraus.

Industrie sind hingegen Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) etabliert. Die Grundelemente von EPK bilden Funktionen, Ereignisse, Organisationseinheiten, Informationsobjekte, Anwendungssysteme, Kontrollflüsse und Datenflüsse ab.

Die Softwareentwickler bedienen sich der Unified Modeling Language (UML)⁶ um Softwaresysteme zu modellieren [4]. Es werden dabei Strukturdiagramme und Verhaltensdiagramme unterschieden. Als Beispiel für ein Strukturdiagramm ist in Abbildung 1 ein Ausschnitt des Klassendiagramms für die Dokumentation des Bauprozesses im konventionellen Tunnelvortrieb dargestellt, dass die Schnittstelle zwischen der Dokumentation an der Ortsbrust mit der automatischen Abrechnung im ERP-Software schließt. In diesem Datenmodell wird das Schema für alle Objekte, die im Rahmen des Tunnelvortriebs dokumentiert werden, inklusive derer Merkmale und Beziehungen zueinander festgelegt. Der Ausschnitt in Abbildung 1 beschreibt hier den Zusammenhang zwischen Ausbaufestlegung, Abschlag und den dabei durchgeführten Arbeitsvorgängen. Zusätzlich zeigt es den in der Ausbaufestlegung definierten Materialeinsatz an Stützmitteln, sowie den dann in den Arbeitsvorgängen tatsächlichen Materialverbrauch an Stützmitteln.

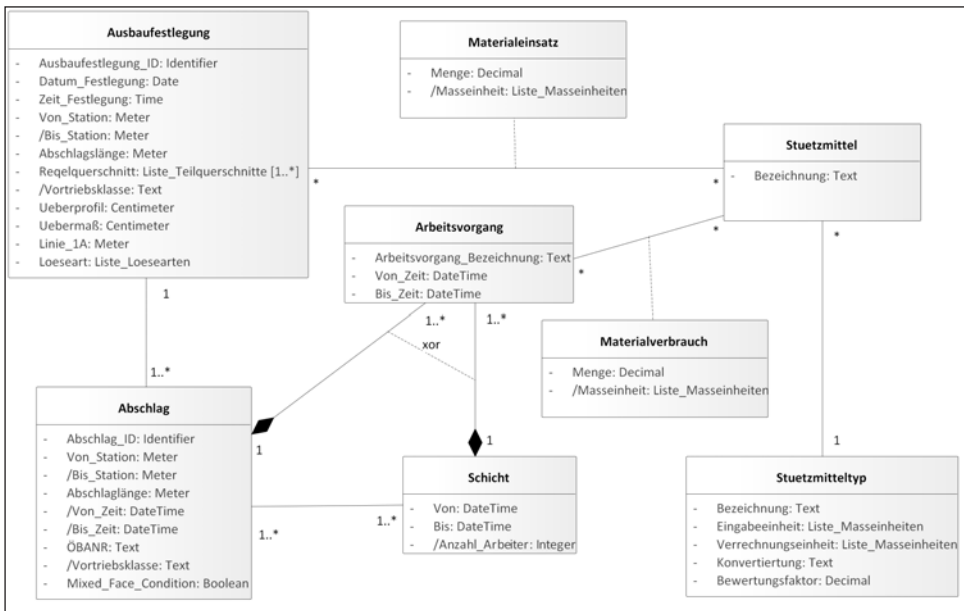


Abbildung 1: Ausschnitt aus einem Datenmodell zur Vortriebsleistung bei der NÖT in einem Klassendiagramm

⁶ OMG Unified Modeling Language™ (OMG UML), Infrastructure, Version 2.4.1 abzurufen unter: <https://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/Infrastructure/PDF/>.

In der Kommunikation zwischen Entwicklern und Bauprozessmanagern hat sich in den letzten Jahren die Business Modeling Notation (BPMN)⁷ als beliebter Standard durchgesetzt. Diese grafische Notation ermöglicht eine visuelle Kommunikation von Prozessen von Baufachleuten zu IT-Entwicklern. Etabliert sind eine Vielzahl von (teilweise browserbasierten) Prozessmodellierungstools, mit Hilfe derer BPMN-konforme Prozessmodelle erstellt und überprüft werden können. Die wesentlichsten Objekttypen und Symbole sind dabei Sequenzflüsse, Aktivitäten, Ereignisse, Gateways für Verzweigungen, Input und Output, unterstützende IT-Systeme und ausführende Organisationseinheiten als Pool und Lanes. Die Aufnahme der Baustellen- und Geschäftsprozesse erfolgt durch unterschiedliche Erhebungswerkezeuge [6], wobei sich im Bauunternehmen das Werkzeug der Prozessbegehung (Shadowing-Methode) und die ergänzenden Gespräche mit Prozessbeteiligten als praktikabelste Methoden der Prozesserschaffung etabliert haben. Der sogenannte IST-Prozess wird abschließend mit allen Prozessbeteiligten in einem Erhebungsworkshop abgeglichen.

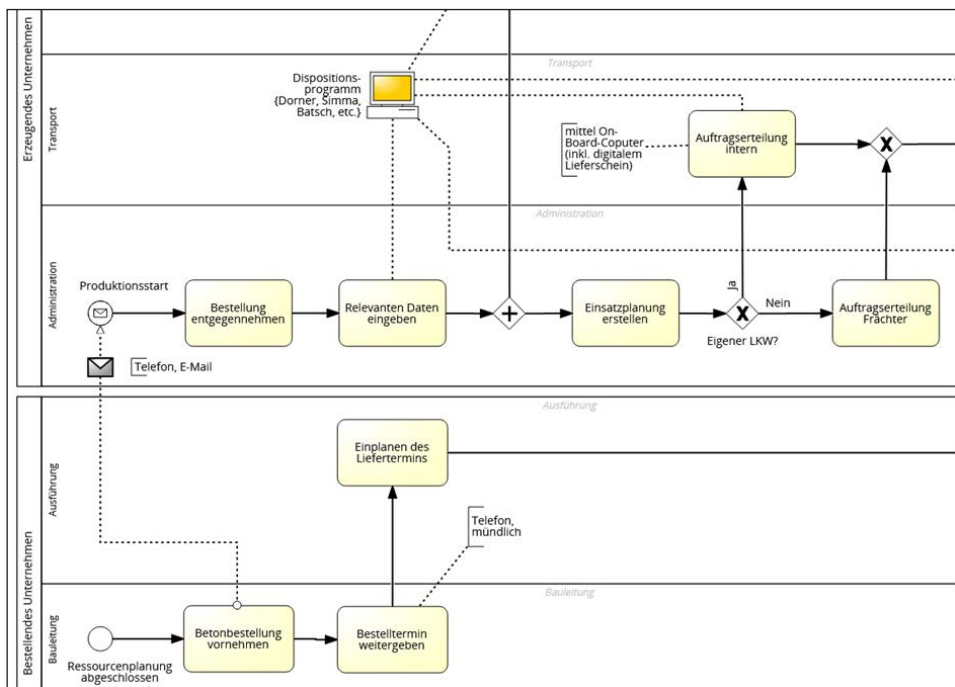


Abbildung 2: Ausschnitt aus einem Prozessdiagramm zum Betonbestellungsprozess

⁷ ISO/IEC 195010 (2013): Information technology – Object Management Group Business Process Model and Notation.

Auf Grundlage der Prozesserfassung werden Schnittstellen zwischen den Organisationseinheiten, redundante Aktivitäten und Interaktionen mit IT-Systemen analysiert. Die Prozessdiagramme bilden die Grundlage für die Entwicklung und Einführung von neuen digitalen Tools, denen eine Anforderungsanalyse vorausgeht.

4 ANFORDERUNGSANALYSEN

Das Requirement Engineering (RE) als Wissenschaft im Zusammenhang mit softwaregestützten Systemen hat sich in den 1960er Jahren entwickelt. Im deutschsprachigen Raum setzte sich der Begriff Anforderungsmanagement und -analyse durch. Dabei werden alle Wissensgebiete miteingeschlossen, die dazu dienen, sogenannte Spezifikationen für ein digitales System zu erfassen, zu analysieren und während der Umsetzung zu evaluieren. Oftmals wird das RE nur am Projektbeginn in der Definitionsphase, bei der Erstellung von Anforderungskatalogen miteinbezogen. Die Vorgangsweise wird in die Phase der Ermittlung und Dokumentation, sowie die Phase der Analyse der Anforderungsbeschreibungen gegliedert [7].

Am Beginn der Anforderungsanalyse steht der Systembegriff. Dabei werden durch den Prozessverantwortlichen, der für die reibungslose Prozessabwicklung durch das zu erstellende System verantwortlich ist, die Einflussfaktoren im Zusammenhang mit der zu erstellenden Software erhoben. Der Prozessverantwortliche wird in der Domäne der Softwareentwicklung als Product Owner bezeichnet. Im Kontext der Bauausführung sind dabei die fünf Aspekte Menschen, technische Systeme, Prozesse, Ereignisse und Dokumente im soziotechnischen System zu berücksichtigen. Zu Beginn wird geklärt, ob es sich um ein Expertensystem handeln soll, oder vielfältige Benutzergruppen damit arbeiten werden. Die existierenden technischen Systeme reichen auf einer Baustelle von den Baugerätesteuerungen, Vermessungstechnologien und bereits vorhandenen Dokumentationssystemen bis hin zu übergeordneten Bau-ERP-Systemen. Organisations-, Arbeits-, Dokumentations-, und Analyseprozesse werden bei der Definition des Systembegriffes erhoben und gegebenenfalls abgegrenzt. Prozessverantwortliche legen insbesondere bei der Entwicklung von eigenständiger Software einen großen Wert auf die Analyse von Normen, Vertragsbedingungen und Verfahrensbeschreibungen, da die neue Software nur Anwendung finden kann, sofern sie regionalen Regulativen nicht widerspricht.

Nach Kenntnis der Einflussfaktoren werden die Anforderungen festgelegt. Die gebräuchlichste Form ist die Kategorisierung in funktionale und nicht-funktionale Anforderungen [9]. Die funktionalen Anforderungen definieren die Funktionalität, die das Produkt erfüllen soll. Dabei steht die Fragen nach dem „Was“ das System erfüllen soll im Mittelpunkt. In einer vertiefenden Unterteilung wird in die Eingabe, Funktion und Ausgabe unterschieden. Folgende Fragen helfen funktionale Anforderungen zu definieren [10]:

- Eingabe: Welche Daten, Ereignisse und Veränderungen sind im System zu berücksichtigen?
- Funktion: Welche Funktionen muss das System in der Lage sein selbst auszuführen?
- Ausgabe: Welche Aussagen, Reaktionen oder auch Hinweise soll das System automatisch oder auf Anfragen liefern können?

Die nicht-funktionalen Anforderungen legen die Qualitätseigenschaften und Rahmenbedingungen der Systemerstellung fest. Dabei steht die Frage nach dem „Wie“ das System entwickelt werden soll im Mittelpunkt. In diesem Zusammenhang sind die qualitätssichernden Normen und Baubranchenstandards zu berücksichtigen. Als Beispiele für nicht-funktionale Anforderungen kann gewünschtes Ausführungsverhalten, menschliche Faktoren wie das Benutzererlebnis aber auch Anforderungen an die Prüfung, Einführung, Betreuung und Betrieb definiert werden.

Anforderungsquellen [11] sind die Stakeholdergruppen, die interviewt werden, und bestehende Dokumente, wie die beschriebenen und visualisierten Prozesse. Zu den Stakeholdergruppen gehören jene Personen, die das System später nutzen, die davon betroffen sind oder dieses beeinflussen.

Die Datenerhebungsmethoden reichen von Beobachtungstechniken bis hin zu Feedbacktechniken und werden sowohl im Anforderungsmanagement als auch bei den abschließenden Evaluierungen angewendet.

5 IMPLEMENTIERUNG

Bei der Implementierung stellt sich zuerst die Frage, ob die Software überhaupt selbst implementiert werden soll oder anstelle dessen eine Standardsoftware (COTS) angekauft werden soll. Für diese Entscheidung sind einige Parameter zu berücksichtigen. Wenn für die geforderte Funktionalität eines digitalen Bausystems eine Standardsoftware zur Verfügung steht, ist es in erster Linie eine Frage von Flexibilität und vorhandenen (Personal-)Ressourcen, Zeit und Kosten vgl. [12, 13].

Das bedeutet, dass zuerst die geforderte Funktionalität und auch nicht-funktionale Anforderungen im Rahmen einer Anforderungserhebung festgelegt werden sollten. Aufgrund dieser Anforderungen kann die Auswahl möglicher Standardsoftware, die als COTS am Markt verfügbar sind, getroffen werden. Es muss bewertet werden (siehe auch Abschnitt Evaluierung), ob und wie bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Dabei ist zu bedenken, dass Standardsoftware immer „Best Practice“-Prozesse einer Branche abbilden. Dies hat zwar den Vorteil, dass erwartet werden kann, dass eine Grundfunktionalität bereits zur Verfügung steht, birgt aber die Gefahr, dass individuelle Anforderungen, die vom „Best-Practice“ Prozess abweichen, nur durch umfangreiche Anpassungen („Customizing“) oder unter Umständen gar nicht erfüllt werden können. Somit ist die Flexibilität die Softwareprozesse an die realen Prozesse (und leider auch manchmal die realen Prozesse an die Softwareprozesse) anzupassen ein sehr entscheidendes Kriterium. Dies muss insbesondere auch in die Zukunft gedacht werden, da man bei Individualsoftware meist schneller auf Marktanforderungen reagieren kann, während man bei Standardsoftware immer von deren Anbieter abhängig ist. Ein weiterer Aspekt hinsichtlich der Flexibilität von Standardsoftware ist deren Bündelung in Softwarepaketen. Es ist zu bewerten, ob die geforderte Funktionalität auch in einem passenden Softwarepaket abgebildet ist, oder ob man ein Softwarepaket erwerben muss, bei dem viel unbenutzte Funktionalität mitgekauft wird.

Bei guter Abdeckung der Anforderungen der Standardsoftware und entsprechender Flexibilität in der Abbildung der Prozesse ist üblicherweise eine Standardsoftware von Vorteil, da eine digitale Lösung im Vergleich zur Individualsoftware in kürzerer Zeit und zu niedrigeren Kosten abgebildet werden kann. Auch werden dafür weniger Personalressourcen gebunden, die oft nicht in ausreichender Quantität und mit ausreichendem Know-how vorhanden sind, selbiges gilt für IT-Ressourcen zum Betrieb einer Individualsoftware. Jedoch

ist immer zu bedenken, dass in vielen Fällen Standardsoftware immer noch durch Customizing an die unternehmensinternen Abläufe angepasst werden muss und dafür auch Ressourcen jeglicher Art zur Verfügung gestellt werden müssen.

Entscheidet man sich zu einer Eigenentwicklung einer Bausoftware, um sie bestmöglich an die eigenen Unternehmensumstände anzupassen, so folgt die Entwicklung einem Vorgehensmodell – dem Softwareentwicklungsprozess [14]. Ein solcher ist aber auch für das Customizing von Standardsoftware vonnöten. Üblicherweise beinhaltet dieser nach der bereits oben angesprochenen Anforderungserhebung auch Analyse, Design, Implementierung, Testen, Inbetriebnahme und Wartung als weitere Phasen. Werden diese Phasen streng sequentiell nacheinander durchlaufen, so spricht man vom Wasserfallmodell, das nur dann zur Anwendung kommt, wenn Anforderungen und Abläufe bereits zu Beginn klar definiert werden können. Daher entwickelten sich Softwareentwicklungsprozesse, bei denen die Phasen iterative in Zyklen durchlaufen werden, wie beispielsweise im Spiralmodell, um die einzelnen Komponenten des Softwaresystems zu verfeinern. Seit der Jahrtausendwende lösen agile Softwareentwicklungsprozesse, wie Scrum und Extreme Programmierung, die klassischen Softwareentwicklungsprozesse in vielen Projekten ab. Eine agile Softwareentwicklung kombiniert kreative Teamarbeit mit einem Hauptfokus auf Effektivität und Flexibilität im Sinne einer Manövrierfähigkeit [15]. Dabei wird im Gegensatz zur herkömmlichen Softwareentwicklung die Software nicht immer vollständig betrachtet und entwickelt, sondern kleinere Blöcke (=Funktionalitäten) realisiert. Das Ziel ist es, einzelne Teile der Software bereits frühestmöglich fertigzustellen, um nicht nur erste Erfolge zu erzielen, sondern so ehestens Feedback erhalten zu können. Dies ermöglicht es, fortlaufend testen zu können, um Fehler möglichst früh zu erkennen und damit kostengünstig korrigieren zu können.

6 EVALUIERUNG

Aus der Softwareentwicklungen sind Evaluierungsmethoden entstanden, die im Rahmen von „Design Science“ genutzt werden. Design Science beinhaltet das „Design Problem“ selbst und die „Knowledge Question“. In den Bauunternehmen sind die „Design Problems“, die realen Probleme von Stakeholdergruppen lösen sollen, vorrangig. Dem entgegengesetzt sind die „Knowledge Questions“, die von den Anforderungen der Stakeholdergruppen losgelöst sind und eine konkrete Antwort auf eine Forschungsfrage liefern sollen [S.216, 3].

In der Baubetriebsforschung finden adaptierte Evaluierungsstrategien Anwendung. Aufgrund der vielfältigen Anforderungstypen und Interessensvertreter bei Bauprojekten, stehen die Validierung der Auswirkungen auf den Gesamtprozess, die Erfüllung der Anforderungen sowie die Abwägung von Kosten-Nutzen-Analysen im Mittelpunkt der derzeitigen Bemühungen. Die Einteilung der Evaluierungsstrategien erfolgt in qualitative und quantitative Methoden. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Softwaretools bedient man sich beider Strategien in sogenannten Mischverfahren.

Die Datenerhebungstechniken reichen von Dokumentenanalysen, Interviews, Fragebögen, Multimomentaufnahmen, Zeitaufnahmen bis hin zu Workshops. Ergänzend können Daten aus den prototypisch erstellten Artefakten selbst analysiert werden. Beispielsweise geben die Verweilzeiten bei Dateneingabemasken einen Hinweis auf die Benutzerfreundlichkeit. Diese Verfahren sind beispielsweise von Datenverkehrsanalysen von Webseiten wie Google Analytics oder der Business-Suite von Facebook bekannt.

Bei der Entwicklung und Einführung neuer Softwaresysteme im Unternehmen steht am Ende der Betrachtungen die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen [16]. Als quantitative Verfahren sind die Kostenvergleichsrechnung, die Amortisationsrechnung und Kapitalwertmethode bekannt. Bei kleineren Investitionen sind statische Verfahren wie die Kostenvergleichsrechnung anzuwenden da mit geringem Informationsbedarf die Abschätzungen getroffen werden können. Dynamische Verfahren haben zwar einen großen Realitätsbezug, zukünftige Entwicklungen, die die Untersuchungen beeinträchtigen, müssen jedoch prognostiziert werden. Die Nutzwertanalyse ist als qualitatives Verfahren weit verbreitet, dient für diverse Entscheidungsfindungsprozesse und wird häufig mit quantitativen Verfahren kombiniert.

Für die Evaluierung und Auswahl von bereits am Markt verfügbarer Software ist ein formalisierter Auswahlprozess im Unternehmen zu etablieren, wie beispielsweise von Basir et al vorgeschlagen [17]. Die Evaluierung umfasst bei diesem Mischverfahren ein Screening, indem verpflichtende funktionale Anforderungen zusammen mit den anfallenden Kosten priorisiert werden. Auf der Auswahl werden in einem folgenden Schritt die nicht-funktionalen Anforderungen qualitativ bewertet und in Gruppen klassifiziert. Am Ende steht die Tauglichkeit jedes bewerteten Produkts. Als Beispiel für die Bewertung von modellabhängigen und modellunabhängigen Evaluationen kann die detaillierte Vorgehensweise für die Auswahl von Bautagesberichtssoftware im Beitrag „Der digitale Bautagesbericht“ nachgelesen werden [18]. Bei gewerkspezifischen Implementierungen auf Baustellen wird als Evaluierungskriterium die potenzielle Zeitersparnis angeführt. Die tradierten Baustellenprozesse werden dabei mit dem digital gestützten Prozess verglichen. Bei Dokumentationssoftware werden die Zeiten in die Datenbeschaffung, die Auswertung und Abgabe gegliedert. Je nach Stadium der Implementierung werden die bewerteten [19] oder realen Zeitveränderungen in Vollzeitäquivalente (VZÄ), differenziert in unterschiedliche Beschäftigungsgruppen, umgerechnet und draus die Veränderungen der Personalkosten für die Dokumentationstätigkeit berechnet [10]. Weitere Einsparungen, die den Investitions-, Erhaltungs- und Lizenzkosten gegenüberstehen, sind eine mögliche Profit- oder Qualitätssteigerung. Diese können jedoch oft schwer quantifiziert werden [20].

7 FAZIT UND AUSBLICK

Der Einsatz von digitale Softwaresystemen wie Dokumentenverwaltungsplattformen und digitale Mängelverwaltungstools haben sich auf Baustellen etabliert. Die Auswahl an COST-Software nimmt im Baugewerbe sukzessive zu. Dazu kommen unternehmensinterne Entwicklungen, die mit diesen Systemen interagieren. Mit diesem Trend nehmen Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung und Etablierung softwaregestützter Prozesse eine zunehmende Rolle in der Baubetriebsforschung ein. Die vorgestellte systematische Vorgehensweise bedient sich der Methoden von „Design Science“, und umfasst die Prozesserfassung, die Anforderungsanalyse, die Implementierung von bestehender oder neuer Artefakte und die abschließende Evaluierung. In den einzelnen Schritten wird ein Überblick über mögliche Vorgehensweisen gegeben und auf durchgeführten Case-Studies aus der Bauwirtschaft verwiesen.

Heute und in der Zukunft sind Bauingenieure gefragt, die als Prozessverantwortliche in Wissenschaft und in der Baupraxis die Auftraggeber mit digitalen Zusatzkompetenzen unterstützen. Damit baubetriebliche und bauwirtschaftliche Aspekte im Fokus der Entwicklungen bleiben, muss das Wissenschaftsfeld der Prozesserfassung und Prozessbewertung in der Interaktion mit neuen Baustellensystemen durch die Baubetriebsforschung in den kommenden Jahren verstärkt begleitet und erforscht werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Kumar M. and Johri P. (2014): „W-Shaped Framework for Component Selection and Product Development Process“ in *World Applied Sciences Journal* 31 (4), 606-614, DOI: 10.5829/idosi.wasj.2014.31.04.1487
- [2] Johannesson P. and Perjons E. (2014): „An Introduction to Design Science“, Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-10632-8
- [3] Wieringa R.J. (2014): „Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-662-43839-8
- [4] Seidl M., Scholz M., Huemer C. and Kappel G. (2015): „UML @ Classroom – An Introduction to Object-Oriented Modeling“, Englische Ausgabe: Springer International Publishing, Deutsche Ausgabe: dpunkt (2012), ISBN 978-3-319-12742-2
- [5] Zach K.C. (2021): „Ein Datenmodell zur digitalen Dokumentation des Bauprozess im Tunnelbau“, Diplomarbeit Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering
- [6] Bergsmann S. (2012): „End-to-End-Geschäftsprozessmanagement, Organisationselement – Integrationsinstrument – Managementansatz“, SpringerWienNewYork, ISBN 978-3-7091-0839-0
- [7] Partsch H. (2010): „Requirements-Engineering systematisch – Modellbildung für softwaregestützte Systeme“. eXamen.press. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-05357-3
- [8] Pohl K. and Rupp C. (2011): „Requirements Engineering Fundamentals: A Study Guide for the Certified Professional for Requirements Engineering“, Rocky Nook, ISBN: 978-1-9339-5281-9
- [9] Unterauer M. (2015): „Workshops im Requirements Engineering: Methoden, Checklisten und Best Practices für die Ermittlung von Anforderungen“. 1. Aufl. Heidelberg: Dpunkt Verlag GmbH, ISBN 978-3-8649-0231-4
- [10] Winkler L. (2020): „Digitales Datenmanagement für Injektionsarbeiten“, Dissertation, Technische Universität Wien, abzurufen unter <https://bit.ly/3nzbyc8>
- [11] Grande M. (2014): „100 Minuten für Anforderungsmanagement“, 2., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, ISBN: 9783658064358
- [12] Voas J. (1998): „COTS Software: The Economical Choice?“ in *IEEE Software* 15 (2), DOI:10.1109/52.663777
- [13] Wölflle R. (2009): „Business Software – das Nervensystem moderner Unternehmen“ in *Dauerhafter Erfolg mit Business Software*, Hanser, DOI: 10.3139/9783446422193.001
- [14] Stephens R. (2015): „Beginning Software Engineering“, Wrox, ISBN: 978-1-118-96914-4
- [15] Highsmith J. and Cockburn A. (2001): „Agile Software Development: The Business of Innovation“ in *IEEE Computer* 34 (9), DOI: 10.1109/2.947100
- [16] Bundesministerium des Innern: „Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung“, Köln

[17] *Basir K., Khanum A., Azam F. and Qavi A.* (2014): „TAES-COTS: Thorough Approach for Evaluation & Selection of COTS Products“ in *2014 12th International Conference on Frontiers of Information Technology*, DOI: 10.1109/FIT.2014.26

[18] *Stiftinger M., Huymajer M. und Goger G.* (2019): „Der digitale Bautagesbericht“ in *bauaktuell* (6)

[19] *Schiefer K.* (2018): „Digitalisierungspotential von tradierten Dokumentationsprozessen im Tunnelbau“, Diplomarbeit TU Wien.

[20] *Gruber H. and Huemer C.* (2009): „Profitability Analysis of Workflow Management Systems“ in *2009 IEEE Conference on Commerce and Enterprise Computing*, 233-238, DOI 10.1109/CEC.2009.34

[21] *Zach K.C.* (2021): „Ein Datenmodell zur digitalen Dokumentation des Bauprozess im Tunnelbau“ Diplomarbeit Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering