

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft



DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

Entwicklung eines Statikportals für die
partizipative Bearbeitung von Tragwerksberechnungen
im Prozess des „Vieraugenprinzips“
(Planen – Prüfen)

VERFASSER

Christian Heins (MEng)
20.02.1981

1. Gutachterin: Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Anica Meins-Becker, Bergische Universität Wuppertal
2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Jörg Härtel, Jade Hochschule

Tag der Einreichung: 21.06.2023

Tag der Disputation: 11.12.2023

...für meine Familie

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Zeitraum von 2017 bis 2023 im Rahmen eines kooperativen Promotionsvorhabens zwischen der Bergischen Universität Wuppertal und der Jade Hochschule.

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Besonders hervorheben möchte ich Frau Apl.-Prof. Dr.-Ing. habil. Anica Meins-Becker, meine Erstbetreuerin an der Bergischen Universität Wuppertal. Sie ermöglichte mir die intensive Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Fragestellungen und schuf hervorragende Rahmenbedingungen während meiner Promotionszeit. Ihre schnelle Auffassungsgabe ermöglichte es, komplexe Problemstellungen auch außerhalb ihrer eigenen Fachdisziplin zu durchdringen, und sie war stets bereit, Hilfestellung zu leisten.

Ein besonderer Dank geht auch an Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg Härtel für den außerordentlich wertvollen fachlichen Austausch und die stets wohltuenden menschlichen Interaktionen. Als Zweitgutachter und Leiter des Instituts für Datenbankorientiertes Konstruieren (IDoK) an der Jade Hochschule hat er maßgeblich zu meiner Arbeit beigetragen. Ebenfalls danke ich den Kolleginnen und Kollegen am IDoK für die zahlreichen fachlichen Diskussionen, aus denen viele gute Ideen für diese Arbeit hervorgegangen sind. In diesem Zusammenhang möchte ich vor allem Christian Kreyenschmidt, Michael Raps und Bernd Hobbie sowie Markus Stange vom Institut für Bau- und Immobilienwirtschaft für die vielen spannenden und anregenden Diskussionen danken.

Das freundschaftliche Miteinander am Zentrum für Weiterbildung und am Institut für Rohrleitungsbau ist mir besonders in Erinnerung geblieben. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Kolleginnen und Kollegen bedanken, insbesondere bei Herrn Hans-Peter Ratzke und Herrn Prof. Thomas Wegener. Ihre Geduld und ihr Charme haben in ihrer leitenden Funktion einen wesentlichen Beitrag zu einem außerordentlich guten und effektiven Arbeitsklima geleistet.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gregor Grunwald danke ich für die Aufnahme am Fachbereich Architektur der Jade Hochschule und für die außerordentlich fruchtbare Zusammenarbeit während der Entwicklung, Organisation und Durchführung der BIM-Games. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Kirsch für die wertvolle Begutachtung meines Statikportals.

An dieser Stelle möchte ich mich ebenfalls besonders bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans-Hermann Prüser bedanken. Er ermöglichte mir die Promotion und vermittelte mir wertvolle Kenntnisse im wissenschaftlichen Arbeiten.

Meinen Eltern, Katrin und Harry Herbert Heins, danke ich aufrichtig für ihre kontinuierliche Unterstützung während meines Studiums und meiner Promotionszeit. Durch ihre stete Ermutigung haben sie mir fortwährend das Gefühl gegeben, auf dem richtigen Weg zu sein. Bereits in meiner frühen Kindheit legten sie den Grundstein für meine anhaltende Begeisterung für wissenschaftliches

Arbeiten, indem sie geduldig nahezu alle meine Fragen beantworteten.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Friederike Kristina und meinem Sohn Elia Maximilian Heins. Während der mitunter arbeitsintensiven, außerberuflichen Promotionszeit standen sie mir zur Seite und gaben mir Rückhalt. Gleichzeitig sorgten sie für die notwendige Abwechslung im Leben.

Abschließend möchte ich Frau Silke Wiesemann für ihre aufmerksame Lektüre meiner Arbeit und ihre zahlreichen Korrekturhinweise danken.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit ist der anwendungsorientierten Forschung zuzuordnen, deren Forschungsschwerpunkt sich auf die Optimierung des Aufstell- und Prüfprozesses einer Baustatik, unter der Verwendung etablierter digitaler Technologien, fokussiert. Dafür werden die derzeit gelebten IST-Arbeitsabläufe in unterschiedlichen Ingenieurbüros erfasst und analysiert, um Optimierungspotentiale feststellen zu können. Basierend auf einem Informationsmanagementsystem und der RPA-Technologie werden im Anschluss Lösungsansätze präsentiert, um den Informationsfluss zwischen einer digitalisierten Baustatik und CAE-Anwendungsprogrammen zu automatisieren. Zur Digitalisierung der Tragwerksberechnungen wird ein Statikportal vorgestellt, das den prozessualen Kontext abfragt, speichert und bereitstellt. Das Statikportal ermöglicht eine ortsunabhängige Zusammenarbeit zwischen den aufstellenden und prüfenden Ingenieurbüros und liefert anhand von Echtzeitdaten Aussagen zum aktuellen Leistungsstand der sachbearbeitenden Personen. Des Weiteren wird die RPA-Technologie vorgestellt, um anhand von RPA-Bots einst manuelle, repetitive, zeitintensive oder fehleranfällige CAE-Anwendungen zu automatisieren. Die RPA-Bots sind im Statikportal integriert. Basierend auf den starren Formularen des Statikportals, agieren die RPA-Bots per Knopfdruck automatisch, um den Kontext des Statikportals mit dem eines Bau-Produktmodells zu synchronisieren. Weiterhin wird ein Lösungsvorschlag erarbeitet, um innerhalb eines digitalisierten Prozesses, das Ermessen und die subjektive Individualentscheidung zu berücksichtigen. Diese Arbeit präsentiert somit ein partizipativ zu nutzendes Statikportal für die konstruktive Bauplanung, das eine Baustatik digitalisiert und etablierte CAE-Anwendungen automatisiert, um die *digitale Transformation* in den Ingenieurbüros effektiver als bis dato vorantreiben zu können.

Schlagwörter: Bauplanung; Genehmigungsprozess; Tragwerksberechnungen; Prozessdigitalisierung; Prozessautomation; Building Information Modeling (BIM); Informationsmanagementsystem (IMS); Statikportal; Robotic Process Automation (RPA)

Abstract

The present work is assigned to application-oriented research, which focuses on the optimisation of the set-up and testing process of a structural analysis using established digital technologies. For this purpose, the current ACTUAL static processes in different engineering offices are recorded and analysed to be able to determine optimisation potentials. Based on an information management system and RPA technology, solutions are then presented to automate the flow of information between digitalised structural analysis and CAE application programs. For the digitisation of structural calculations, a structural analysis portal is presented that queries, stores and provides the process-related context. The structural analysis portal enables location-independent collaboration between the designing and testing engineering offices and provides information on the current performance status of the persons working on the project based on real-time data. Furthermore, the RPA technology is presented to automate once manual, repetitive, time-consuming or error-prone CAE applications through RPA bots. The RPA bots are integrated into the structural analysis portal. Based on the rigid forms of the structural analysis portal, the RPA bots act automatically at the push of a button to synchronise the context of the structural analysis portal with that of a construction product model. Furthermore, a proposed solution is developed to take into account discretion and subjective individual decision-making within a digitised process. This work thus presents a structural analysis portal for structural design that can be used in a participatory manner, which digitises structural analysis and automates established CAE applications in order to be able to drive forward the digital transformation in engineering offices more effectively than before.

Keywords: Construction planning; approval process; structural calculations; process digitalisation; process automation; Building Information Modeling (BIM); information management system (IMS); structural analysis portal; Robotic Process Automation (RPA)

Inhaltsübersicht

Vorwort	iii
Kurzfassung	v
Abstract	vi
Abkürzungsverzeichnis	xi
Glossar	xiii
1 Einleitung	1
2 Status Quo: Herausforderungen und Potentiale im Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen	9
3 Stand der Wissenschaft und Technik – Digitale Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung eines Statikportals: BIM, IMS und RPA	25
4 Hypothetisches Konstrukt eines prozess- und robotergesteuerten Statikportals	48
5 Entwicklung und modellbasierte Umsetzung eines Statikportals für die partizipative Bearbeitung von Tragwerksberechnungen in einer .NET-Umgebung	61
6 Schlussbemerkungen und Perspektiven	147
A Dokumente	151
B Verzeichnisse	214
C Persönliches	235

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iii
Kurzfassung	v
Abstract	vi
Abkürzungsverzeichnis	xi
Glossar	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Ziel der Arbeit	3
1.3 Methodik sowie Aufbau der Arbeit	5
1.3.1 Beschreibung der Erhebungsmethodik	5
1.3.2 Erläuterungen zum Aufbau der Arbeit	6
2 Status Quo: Herausforderungen und Potentiale im Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen	9
2.1 Der IST-Aufstellprozess	9
2.1.1 Beschreibung des IST-Zustandes	9
2.1.1.1 Hochbau	9
2.1.1.2 Wasserbau	11
2.1.1.3 Brückenbau	13
2.1.2 Analyse der IST-Prozesse	15
2.2 Der IST-Prüfprozess	18
2.2.1 Beschreibung des IST-Zustandes	18
2.2.2 Analyse des IST-Prozesses	20
2.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerung	21
3 Stand der Wissenschaft und Technik – Digitale Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung eines Statikportals: BIM, IMS und RPA	25
3.1 Das Vieraugenprinzip als Präventivsystem für Tragwerksberechnungen	25
3.1.1 Definition und Abgrenzung	26
3.1.2 Entwicklungsstand	26
3.2 Digitalisierung und Digitale Transformation	28
3.2.1 Definition und Abgrenzung	28
3.2.2 Entwicklungsstand	28
3.2.3 Besondere Merkmale	29
3.3 Building Information Modeling im Prozess der Tragwerksplanung	30

3.3.1	Definition und Abgrenzung	31
3.3.2	Entwicklungsstand	32
3.3.3	Besondere Herausforderungen	34
3.3.4	Technische Merkmale	37
3.3.4.1	Computer Aided Engineering	37
3.3.4.2	Industry Foundation Classes	38
3.3.4.3	BIM Collaboration Format	39
3.4	Informationsmanagementsysteme in der Tragwerksplanung	40
3.4.1	Definition und Abgrenzung	40
3.4.2	Forschungsstand	41
3.4.3	Besondere Merkmale	43
3.4.3.1	BPMN2.0	43
3.4.3.2	Process-Engine	44
3.4.3.3	Arbeitsportal	44
3.5	Robotic Process Automation	45
3.5.1	Definition und Abgrenzung	45
3.5.2	Forschungsstand	45
3.5.3	Besondere Merkmale	46
4	Hypothetisches Konstrukt eines prozess- und robotergesteuerten Statikportals	48
4.1	Erläuterung der Konzeptidee	48
4.1.1	Festlegung eines IMS-Softwareproduktes	53
4.1.2	Festlegung eines RPA-Softwareproduktes	54
4.2	Prüfung des bevorzugten Informationsmanagementsystems (IMS) auf Basis von Nutzerpräferenzen	54
4.2.1	Fallbeispiele zur Beurteilung der Stabilität und Benutzbarkeit der IMS-basierten Portale	55
4.2.2	Aufbau der Portale	56
4.2.3	Evaluation der Portale	57
5	Entwicklung und modellbasierte Umsetzung eines Statikportals für die partizipative Bearbeitung von Tragwerksberechnungen in einer .NET-Umgebung	61
5.1	Beschreibung des Referenzprojektes	62
5.2	Allgemeine Erläuterungen zur Konfiguration des Statikportals	65
5.2.1	Prozessmodellierung	68
5.2.1.1	Muster für strukturierte Prozesse	69
5.2.1.2	Muster für unstrukturierte Prozesse	70
5.2.2	Datenmodellierung	72
5.2.3	Formulare	75
5.2.4	Geschäftsregeln	78
5.2.5	Verantwortlichkeiten und Rollen	80
5.3	Entwicklung eines prozessgesteuerten Statikportals	83
5.3.1	Formelle Prüfung	83
5.3.1.1	Hauptprozess-01	83
5.3.1.2	Datenmodell und Formulare	86
5.3.1.3	Geschäftsregeln	93
5.3.2	Statische Bemessung des Dachtragwerks	98
5.3.2.1	Teilprozess-54	98
5.3.2.2	Datenmodell und Formulare	100
5.3.2.3	Geschäftsregeln	107

5.3.3	Statische Bemessung des Obergeschosses	109
5.3.3.1	Teilprozess-55	110
5.3.3.2	Datenmodell und Formulare	112
5.3.3.3	Geschäftsregeln	113
5.3.4	Statische Bemessung des Erdgeschosses	115
5.3.4.1	Teilprozess-56	115
5.3.4.2	Datenmodell und Formulare	118
5.3.4.3	Geschäftsregeln	118
5.3.5	Statische Bemessung der Gründung	118
5.3.5.1	Teilprozess-57	120
5.3.5.2	Datenmodell und Formulare	121
5.3.5.3	Geschäftsregeln	121
5.4	Einbindung des Statikportals in die .NET-Umgebung	122
5.5	Konfiguration der Frontends	124
5.5.1	Anzeige von zeitkritischen Zuständen im Statikportal	129
5.5.2	Kritische Zyklen für die Benachrichtigung von Verzugsmeldungen	130
5.6	Einbindung der Robotic Process Automation ins Statikportal	132
5.6.1	Fallbeispiel und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	133
5.6.2	Modifikation und Implementierung der RPA-Routine für die Ausführung durch das Statikportal	137
5.7	Prozessverifikation des Statikportals	141
6	Schlussbemerkungen und Perspektiven	147
6.1	Fazit	149
6.2	Ausblick und Diskussion	150
A	Dokumente	151
A.1	Evaluationsergebnisse des Informationsmanagementsystems	151
A.2	Erhebungsbogen	154
A.3	Erläuterungen zum Referenzprojekt	156
A.4	Datenmodelle des Statikportals	157
A.4.1	Datenmodell-01	157
A.4.2	Datenmodell-54	163
A.4.3	Datenmodell-55	169
A.5	Templates und Formulare des Statikportals	173
A.5.1	Hauptprozess-01	173
A.5.1.1	Templates	173
A.5.1.2	Formulare	185
A.5.2	Templates für die Teilprozesse-54 bis -57	200
A.6	Inhalte für zeitkritische Zuständen im Statikportal	203
A.7	Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals	206
B	Verzeichnisse	214
	Abbildungsverzeichnis	218
	Tabellensverzeichnis	220
	Verzeichnis der Listings	221
	Literaturverzeichnis	222
C	Persönliches	235

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
A-Plan	Ausführungsplanung
AIA	Auftraggeber-Informationsanforderung
BAM	Business Activity Monitoring
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Model and Notation
BPMN2.0	Business Process Model And Notation – Version 2.0
BPMS	Business Process Management System
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CDE	Common Data Environment
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	Europäische Union
FTE	Full Time Equivalent
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IFC	Industry Foundation Classes
IIS	Internet Information Service
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IMS	Informationsmanagementsystem
ISMS	Information Security Management System
ISO	Internationale Organisation für Normung
IT	Informationstechnik
LP	Leistungsphase

MBO	Musterbauordnung
MIS	Management-Informationssysteme
NC	Nichtkonformität
P-Plan	Positionsplan
Pos-Nr.	Positionsnummer
PPM	Process Performance Metrics
PSet	Property Set
RPA	Robotic Process Automation
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WZ	Wirtschaftszweig
XML	Extensible Markup Language

Glossar

- Aufsteller** Der Aufsteller oder die Aufstellerin (umgangssprachlich Statiker oder Statikerin) ist eine Person aus der Fachdisziplin Bauingenieurwesen, die statische Berechnungen zu einem Bauwerk aufstellt.
- Bau-Produktmodell** Das Bau-Produktmodell umschreibt ein digitales Bauwerks-Informations-Modell, das bauspezifische Informationen eines realen Bauwerks, in digitaler Form, repräsentiert. Das Bau-Produktmodell stellt ein digitales Produkt dar, das geometrische und integrative Informationen visualisiert und intrinsischen Informationen strukturiert. Es besteht aus der Zusammensetzung geometrischer Bauteilobjekte (wie bspw. Decken, Stützen und Wände) und deren Beschreibung, durch Attribute mit alphanumerischen Informationen (wie bspw. Bauteilname, Material und Kosten).
- End-User** Als End-User wird eine Person bezeichnet, die als Endbenutzer_in (auch Benutzer_in oder Endanwender_in sowie User) Softwareprodukte personalisiert verwendet.
- Prüfer** Der Prüfer oder die Prüferin ist eine Person aus der Fachdisziplin Bauingenieurwesen, die dafür qualifiziert ist, eine Baustatik hoheitlich zu prüfen.

Genderhinweis: Der Verfasser legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Zur besseren Lesbarkeit wird jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies soll jedoch keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung oder Verletzung des Gleichstellungsgrundsatzes zum Ausdruck bringen.

Kapitel 1

Einleitung

Diese Arbeit behandelt die Prozessdigitalisierung und -automatisierung von kollaborativen Arbeitsabläufen zur Erstellung und Prüfung einer Baustatik, unter Berücksichtigung der Arbeitsmethodik nach Building Information Modeling (BIM). Der Gestaltungsgegenstand dieser Arbeit ist die konzeptionelle Entwicklung eines webbasierten Statikportals für die Echtzeit-Fortschrittskontrolle während des Vieraugenprinzips im Prozess der Tragwerksplanung. Thematisch behandelt diese Arbeit die materiellen, formellen und zeitlichen Aspekte, die erforderlich sind, um eine Baustatik im Hochbau prüffähig zu standardisieren. Weiterhin betrachtet diese Arbeit die Automatisierung und Personalisierung des modellbasierten Informationsaustausches zwischen Fachingenieuren_innen und Prüfingenieuren_innen. Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines prozess- und robotergesteuerten Statikportals, um die Produktivität der geistigen Ingenieurdienstleistungen im Hochbau projektübergreifend festzustellen und langfristig zu steigern.

1.1 Problemstellung

Um die derzeitige Wohnungsnot in Deutschland zu entlasten, möchte die Politik ein Sofortprogramm für den Bau einführen. „*Damit Mieten und Kaufpreise weniger stark steigen, müssen in ganz Deutschland 400.000 neue Wohnungen entstehen, darunter mindestens 100.000 öffentlich geförderte Wohnungen*“ [82]. Jedoch sind die Kapazitäten der Unternehmen im Wohnungsbau bereits jetzt nicht ausreichend, um der jährlichen Nachfrage an neuen Bauvorhaben nachzukommen [87] [59, S. 10]. Angesichts der politischen Entscheidung, jährlich mehr Wohnungen zu schaffen, ist es in Anbetracht der demografischen Entwicklung [127] und dem bereits jetzt bestehenden Fachkräftemangel nicht zu erwarten, dass die Erweiterung der Kapazitäten über mehr Personal erfolgen wird [90, S. 25f.] [143, S. 17]. „*Es geht stattdessen darum, die Wertschöpfung der Arbeit zu erhöhen*“, so PRÜSER [116]. Genau genommen geht es darum, die realen Leistungserbringungsprozesse innerhalb der Bauplanung zu optimieren, um die Arbeitsproduktivität des bestehenden Personalbestands zu erhöhen und weder dabei die Planungsqualität noch die Finanz- und Zeitbudgets zu beeinträchtigen. Dieses Vorhaben scheint aufgrund der Vielzahl an projektbeteiligten Akteuren weiterhin eine der größten Herausforderungen zu sein [123, S. 1]. So führen Faktoren wie steigende Projektgrößen, komplexere Gebäudegeometrien, stetig verschärfte Regulierungen an den Schall-, Energie- und Brandschutz, kaum realisierbare Zeitpläne sowie zahlreiche Anforderungen an die Ressourceneffizienz von Gebäuden zu einer wachsenden Zahl an projektbeteiligten Akteuren [126, S. 20]. Mit Ausnahme der Totalunternehmer¹ wird dieses große Leistungsspektrum von keinem Unternehmen komplett angeboten. Deshalb werden die Aufgaben der Bauplanung fast ausschließlich in unternehmensübergreifenden Kooperationen realisiert [107, S. 10], wodurch es bei der Risikobewertung eines einmalig zu bauenden

¹ Totalunternehmer realisieren nicht nur die Bauten, sondern verpflichten sich auch, diese zu planen.

Prototypen bzw. eines Bauwerks-Unikats projektspezifisch immer wieder zu Kompetenzschwankungen kommen kann, die zu unterschiedlichen Interessenlagen und Prozessanforderungen führen. So verursachten Fehler im Jahr 2019 einen wirtschaftlichen Schaden im Bauwesen von ungefähr 21 Milliarden EUR² [7], wovon 1,68 Milliarden Euro (8 Prozent) der Fachplanung zuzuweisen sind³. Laut der schätzungsbasierten Studie von BAUINFOCONSULT basieren die Fehler zum Teil auf Missverständnissen in der Kommunikation (26 Prozent der Befragten) und einer unzureichenden Planung (34 Prozent der Befragten). Dass ein Teil der Fehlerkosten bereits in der Planung entstehen, bestätigte die DIN in einer Studie zur Eindämmung von Fehlerkosten [63, S. 30f., 37f., 41f.]. Hier fehlt es offenkundig an Prozessinnovationen, um den bestehenden Personalbestand zu entlasten und um die Ergebnisse des unternehmensübergreifenden Abstimmungsprozesses jederzeit nachvollziehen zu können.

Obwohl Prozesse in der Bau-Fachliteratur ausführlich thematisiert (vgl. u.a. [107], [71], [60]), in den Normungen abgebildet (vgl. u.a. [45], [146], [46]) und in den Hochschulen zum Teil gelehrt werden, werden kostensenkende Prozessinnovationen⁴ in den deutschen Architektur- und Ingenieurbüros nur bedingt eingeführt. Gemäß der Erhebung des ZEW [162] haben im gesamten Wirtschaftszweig (WZ) 71 lediglich 10 Prozent der befragten Unternehmen⁵ angegeben, in den letzten drei Jahren (Stand 2019) „*mindestens einen neuen oder merklich verbesserten Prozess eingeführt zu haben, der die durchschnittlichen Kosten je Stück oder Vorgang senkt*“ [61]. Dabei zeigt die produzierende Industrie, dass Prozessinnovationen die Arbeitsproduktivität erhöhen können.⁶ Die fehlenden Umsetzungen von Prozessinnovationen im Bauwesen bestätigt die Studie der TELEKOM, aus der hervorgeht, dass der Digitalisierungsindex im WZ 71 zwar leicht auf 56 Prozentpunkte gestiegen ist, sich aber immer noch unterhalb des Branchendurchschnitts befindet. Im Baugewerbe, „*das nach wie vor häufig an gewohnten Prozessen und Arbeitsweisen festhält*“, konnten keine Veränderungen gegenüber dem Vorjahr festgestellt werden [42, S. 9]. Hintergründig lässt sich das „Festhalten an bestehenden Prozessen und Arbeitsweisen“ auf eine nicht vorhandene Notwendigkeit zurückzuführen, um die erforderlichen Leistungserbringungsprozesse des operativen Geschäfts kostenintensiv verändern zu wollen. Dies bestätigt auch die Umfrage von BERTSCHEK et al., aus der hervorgeht, dass über die Hälfte der befragten Personen es nicht für notwendig halten, Digitalisierungsprojekte durchzuführen [10, S. 61]. Dies betrifft sowohl das Bauhauptgewerbe als auch die Architektur- und Ingenieurbüros. Um einen tiefgreifenden Veränderungsprozess in der Baubranche nachhaltig durchzuführen, sind Technologien zu schaffen oder bereitzustellen, die imstande sind, den Planungsaufwand zu reduzieren (vgl. [8, S. 107]) und nicht durch neue methodische Ansätze die Kapazitätsauslastung in den Büros zu erhöhen.

² gemessen am gesamten Bauvolumen entspricht dies 11 Prozent an Fehlerkosten

³ eigene Berechnung, basierend auf nicht veröffentlichten Inhalten der BauInfoConsult GmbH

⁴ HORTEN definiert eine Prozessinnovation wie folgt [75]: „*Prozessinnovationen sind Verbesserungen an betrieblichen Abläufen oder Geschäftsprozessen. Typischerweise dienen sie dazu, Produktivität zu erhöhen oder Kosten zu senken. Sie werden meistens in den späteren Lebensphasen eines Produktes angewandt, um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Die Einführung des Fließbands in der Automobilindustrie durch Henry Ford Anfang des 20. Jahrhunderts ist das wohl bekannteste Beispiel einer Prozessinnovation. Weitere Beispiele sind das Online-Checkin bei Flugreisen und das Kanban-Prinzip in der Fertigung.*“

⁵ 18.500 Unternehmen mit einer Bürogröße ab 5 Beschäftigten, darunter 1.067 aus dem Bereich der Ingenieurdienstleistungen

⁶ Exemplarisch dargestellt, nutzen gemäß dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein Produzent von Speziallacken und ein Gehäusehersteller eine Prozessinnovation wie folgt [32]: „*Die für die Produktionssteuerung in beiden Unternehmen zuständigen Teams haben den gemeinsamen Produktionsprozess bis ins Detail miteinander abgestimmt. So sorgt ein ständiger Datenaustausch zwischen den beiden Firmen dafür, dass der Zulieferer von Speziallacken immer dann eine neue Lieferung verschickt, wenn die Lackieranlage des Gehäuseherstellers einen bestimmten Füllstand unterschreitet. Dieser wird von Sensoren erfasst und an eine unternehmensübergreifende Einheit der Produktionssteuerung gemeldet, die ihrerseits automatisiert eine Nachbestellung generiert und rechtzeitig die erforderliche Lieferung organisiert.*“

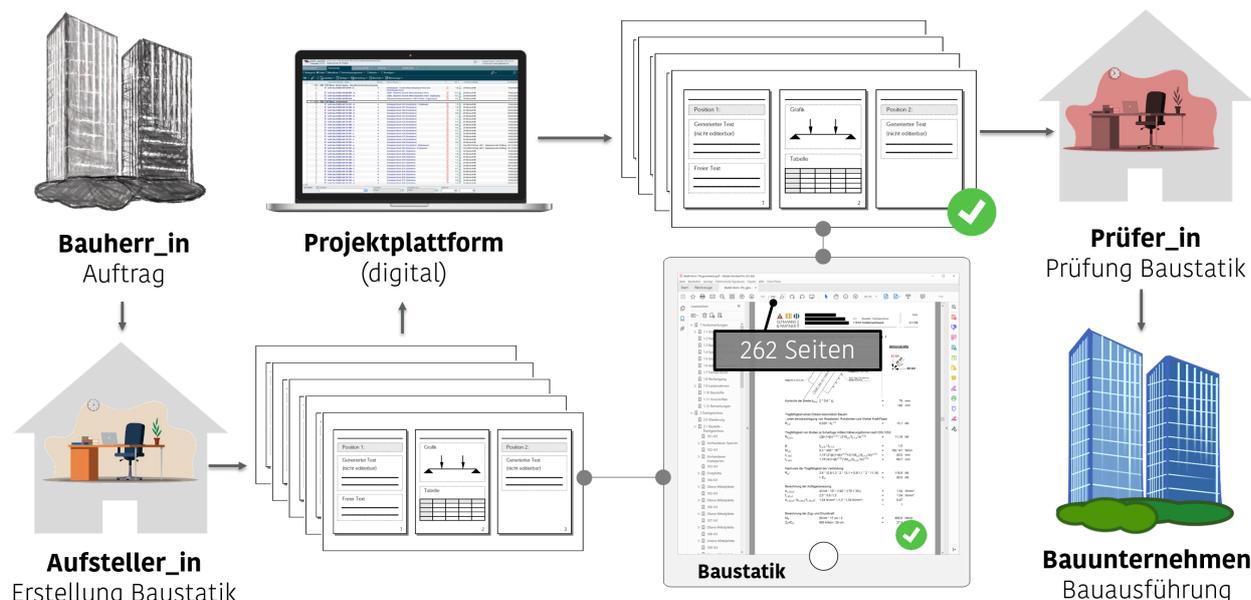


Abbildung 1.1: Ausgangslage für die Zielsetzung

1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Steigerung der Arbeitsproduktivität für die Erstellung einer prüffähigen Baustatik. Dazu die folgenden Erläuterungen:

Wie in der Abbildung 1.1 plakativ dargestellt, beauftragt der Auftraggeber den Aufsteller, eine Baustatik anzufertigen, um die Standsicherheit und Zuverlässigkeit eines Bauwerks sicherzustellen. Die Baustatik enthält neben allgemeingültigen Informationen zu tragwerksrelevanten Unterlagen Tragwerksberichte über alle lastnehmenden und lastgebenden Bauteile in einem Bauwerk. Jeder Tragwerksbericht (jedes tragende Bauteil) erhält eine einmalig zugewiesene statische Positionsnummer, die in einem Positionsplan an das zugehörige Bauteil verortet und dauerhaft dokumentiert werden. Alle Tragwerksberichte werden in einer Baustatik zusammengefasst, sodass eine Baustatik hunderte von Seiten aufweisen kann. Nach dessen Fertigstellung wird die Baustatik entweder postalisch oder über eine Projektplattform, zwecks Prüfung, dem zuständigen Prüfbüro zur Verfügung gestellt. Die für die Prüfung verantwortliche Person prüft jede Seite und jeden Nachweis der Baustatik. Sofern bei der Prüfung keine Unstimmigkeiten festzustellen sind, kann die Baustatik zwecks Bauausführung freigegeben werden. Sofern jedoch Unstimmigkeiten vorhanden sind, werden diese in einem Prüfbericht dokumentiert und die geprüfte Baustatik wird mit dem Prüfbericht zurück an den Aufsteller versendet. Der Aufsteller wird somit aufgefordert, die Baustatik zu verbessern und befindet sich nun unter Zugzwang, da sich die Bauausführung verzögert und dadurch ggf. Konventionalstrafen – aufgrund der nicht einzuhaltenden Fertigstellungstermin – zu erwarten sind. Somit wird der Aufsteller schnellstmöglich den oder die entsprechenden Tragwerksberichte verbessern und die verbesserten Seiten der Baustatik erneut zur Prüfung einreichen. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis die Baustatik vom zuständigen Prüfbüro freigegeben wurde. Das Problem bei dem genannten Vorgehen ist die lange Reaktionszeit zwischen dem Anfertigen einer statischen Position und deren Prüfung, da eine Prüfung der Baustatik bisweilen überwiegend am Gesamtdokument (alle Tragwerksberichte vom Dach bis zur Gründung) erfolgt. Bevor somit eine Nichtkonformität (NC), eine Unstimmigkeit, festgestellt und behoben werden kann, muss die vertraglich geschuldete Leistung des Aufstellers zuvor erbracht sein. Sollte eine NC in der Baustatik vom Prüfer festgestellt werden, muss somit der Aufsteller den Aufwand betreiben, die vertraglich geschuldete Leistung ggf. nochmal einmal zu

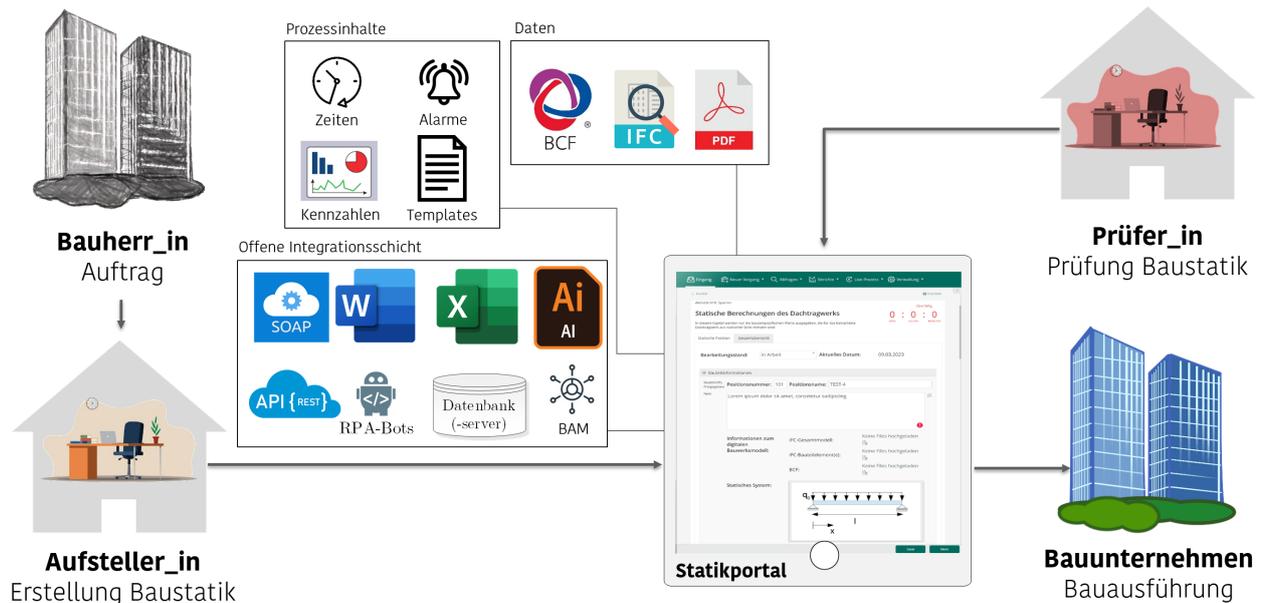


Abbildung 1.2: Zielsetzung der Arbeit

erbringen. Diese Arbeit fokussiert sich somit auf das Ziel, die Reaktionszeit – die Bearbeitungszeit zur Beseitigung einer Nichtkonformität zwischen dem erstellen und prüfen eines Tragwerksberichtes – zu reduzieren, indem der Aufsteller sowie Prüfer direkt und ortsunabhängig an einem Tragwerksbericht zusammenarbeiten (vgl. Abbildung 1.2).

Um das genannte Ziel zu erreichen, soll ein unternehmensübergreifendes System entwickelt werden, das den Aufstell- und Prüfprozess einer Baustatik im Hochbau vereinheitlicht und standardisiert. Im Fokus dieser Arbeit steht dabei die Effizienzverbesserung von Leistungserbringungsprozessen, um die Produktivität der geistigen Ingenieurdienstleistungen projektübergreifend zu identifizieren und zukünftig zu steigern. Dafür soll ein partizipatives Statikportal für die Bauplanungshauptprotagonisten geschaffen werden, das das Vieraugenprinzip (Planen – Prüfen) zeitlich und transparent (nachvollziehbarer) optimiert. Das Statikportal soll unter Berücksichtigung des Urnehmerschutzes die derzeitigen Prozesse verschlanken und sensible Informationen ohne Intermediäre sicher und persistent austauschen. Dabei soll der aktuelle Bearbeitungsstand jeder statischen Positionen den projektbeteiligten Akteuren in Echtzeit kenntlich gemacht werden.

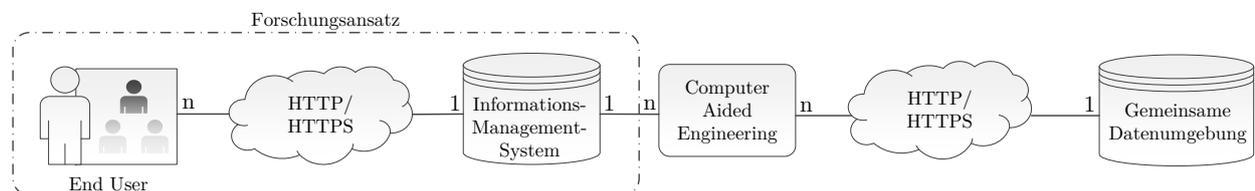


Abbildung 1.3: Darstellung der präferierten Einbindung eines Informationsmanagementsystems in den Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen

Zur Zielerreichung soll, wie in Abbildung 1.3 dargestellt, ein Informationsmanagementsystem als Bindeglied zwischen der Anwendung von Computer Aided Engineering (CAE)-Applikationen und der systembedingten Informationsbereitstellung für den End-User etabliert werden. Die Fragestellungen, mit Hinblick auf die Zielerreichung dieser Arbeit, sind:

- Forschungsfrage 1: Welche Optimierungspotentiale lassen sich im Aufstell- und Prüfprozess einer Baustatik identifizieren?
- Forschungsfrage 2: Welche Methoden und Technologien eignen sich, um ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal technisch umzusetzen?
- Forschungsfrage 3: Wie können die Leistungserbringungsprozesse in den konstruktiven Ingenieurbüros optimiert werden?
- Forschungsfrage 4: Ist die Performance, Funktionalität und Benutzbarkeit des bevorzugten IMS dafür geeignet, um in Bauprojekten eingesetzt zu werden?
- Forschungsfrage 5: Welche Prozesse, Datenmodelle, Formulare, Geschäftsregeln und sonstige Aspekte sind erforderlich, um ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal zu entwickeln?
- Forschungsfrage 6: Inwieweit können die Aspekte des Ermessens und der subjektiven Individualentscheidung, gem. PONNEWITZ und SCHNEIDER [115, S. 39], in einem digitalisierten Prozess berücksichtigt werden?

1.3 Methodik sowie Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit basiert auf einer Literatur- und Projektrecherche sowie auf Interviews und Workshops mit beteiligten Personen, die in den kooperierenden Ingenieurbüros für Tragwerksplanung in verantwortungsvoller Position operativ tätig waren. Nach der Erläuterung der Erhebungsmethodik erfolgt die Beschreibung zum Aufbau dieser Arbeit.

1.3.1 Beschreibung der Erhebungsmethodik

Im Zuge des didaktischen Projektes FitProKI (Forschungsinitiative: Propädeutik Konstruktiver Ingenieurbau) wurden insgesamt 12 Interviews und 8 Workshops in drei Unternehmen durchgeführt, mit dem Ziel branchenspezifische IST-Leistungserbringungsprozesse einer Baustatik und Baupläne zu erheben. Die Erhebung der Geschäftsprozesse erfolgte dabei durch einen qualitativen Forschungsansatz. Die Verfahrensweise und Methoden richteten sich dafür nach HOFFMANN et al. [73]. Im Fokus der Erhebung standen die für die Leistungserbringung notwendigen Arbeitsschritte, Arbeitsreihenfolgen und deren Abhängigkeiten sowie der unterstützende Informations- und Datenfluss. Weiterhin war es wichtig zu erfahren, welche Hilfsmittel verwendet wurden und welche Probleme während der Bearbeitung aufgetreten sind, um ein mögliches Verbesserungspotential zu identifizieren. Bevor die Erhebung durchgeführt wurde, wurden die Teilnehmenden in einer Informationsveranstaltung über die Beweggründe und den Ablauf der Erhebung informiert. Anschließend wurden fachspezifische Teams für die Prozesserhebung gebildet (Erhebungskernteam) und anonyme Interviews für die IST-Erhebung, mit der folgenden Fragestellung [73] in Bezug auf die Erstellungen einer Baustatik und Bauplänen, durchgeführt:

1. „Was für Arbeitsschritte wurden ausgeführt?“
2. „Wer ist für welche Arbeitsschritte verantwortlich?“
3. „In welcher Reihenfolge wurden die Arbeitsschritte ausgeführt?“
4. „Welche Hilfsmittel wurden bei der Ausübung der jeweiligen Arbeitsschritte verwendet?“
5. „Welche Probleme sind dabei aufgetreten?“
6. „Welches Verbesserungspotential gibt es?“

Basierend auf den Erkenntnissen der Bergischen Universität Wuppertal [69, S. 53] wurde den beteiligten Personen im Anschluss an die Interviews ein Fragebogen ausgehändigt, den sie zusätzlich während der operativen Leistungserbringung ausfüllen konnten (siehe Anlage A.2). Aus den Interviews und dem Fragebogen heraus wurden die IST-Prozesse modelliert (IST-Prozessmodellierung). Die

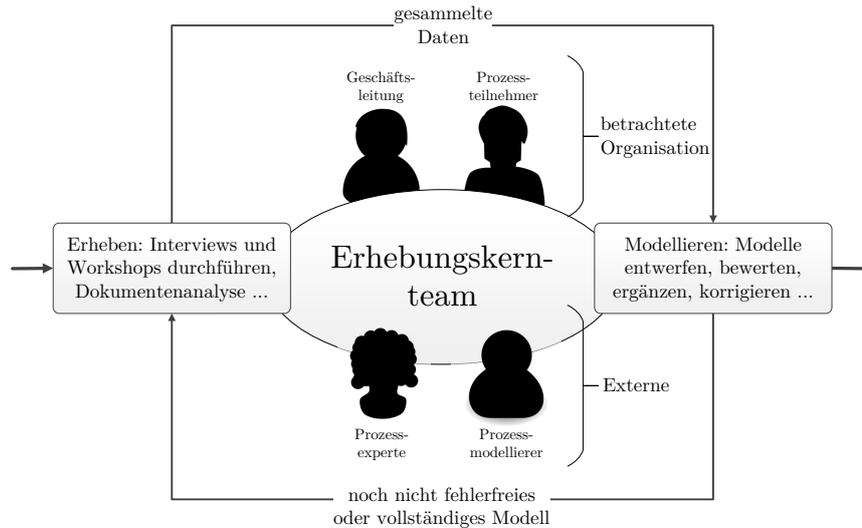


Abbildung 1.4: Zyklischer Prozess der Ergänzung und Korrekturen im Erhebungskern-team – in Anlehnung an HOFMANN et al. [73]

Ergebnisse der IST-Prozessmodellierung wurden mit dem jeweiligen Erhebungskern-team in den Workshops analysiert und so lange im zyklischen Verfahren bearbeitet, bis ein einvernehmliches Ergebnis erzielt wurde (vgl. Abbildung 1.4). Die IST-Prozessmodellierung wird im Kapitel 2.1 und 2.2 anonymisiert dargestellt und bildet die thematische Grundlage für die prototypische Entwicklung eines Statikportals.

1.3.2 Erläuterungen zum Aufbau der Arbeit

Die Abbildung 1.5 zeigt den Aufbau dieser Arbeit, deren Kapitel und dessen einleitenden Fragestellungen. Das Kapitel 1.1 beschreibt die Problemstellung dieser Arbeit. Die konzeptionelle Ausarbeitung zur Steigerung der Wertschöpfung in den Ingenieurbüros beginnt mit dem Kapitel 2, durch eine qualitative Erhebung zur Identifizierung des Optimierungspotentials innerhalb des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen in unterschiedlichen Ingenieurbüros. Aufbauend auf den Erkenntnissen der IST-Prozessanalysen wird im Kapitel 3 eine Literaturrecherche durchgeführt, um digitale Technologien zu identifizieren, die in der Lage sind, ein Statikportal umzusetzen. Unter Berücksichtigung der Kapitel 2 und 3, wird im Kapitel 4 das hypothetische Konstrukt (das freigewählte Konzept) eines Statikportals beschrieben und in den Grundzügen getestet (siehe Kapitel 4.2). Basierend auf den Erkenntnissen der Kapitel 2 bis 4 wird im Kapitel 5 ein Statikportal entwickelt, um den Aufstell- und Prüfprozess einer Baustatik im Hochbau zu digitalisieren. Anhand des digitalisierten Prozesses wird darauf aufbauend exemplarisch demonstriert, wie sich CAE-Anwendungen durch RPA-Bots automatisieren lassen, um den Prüfprozess technisch zu unterstützen. Das Statikportal und die RPA-Automatisierung werden zu einem prozess- und robotergesteuerten Portal vereinheitlicht und anschließend verifiziert. Im Kapitel 6 erfolgt die Zusammenfassung dieser Arbeit, durch die Beantwortung der aufgestellten Forschungsfragen, ein Fazit und der abschließende Ausblick über weitere potentielle Forschungsthemen. Insgesamt ist die hier vorliegende Arbeit in sechs Kapitel unterteilt, wobei das Kapitel 5 den Kern dieser Arbeit darstellt.

Kapitel 1: Einleitung In diesem Kapitel wird die Problemstellung, die Zielsetzung, der Aufbau und die Methodik dieser Arbeit beschrieben.

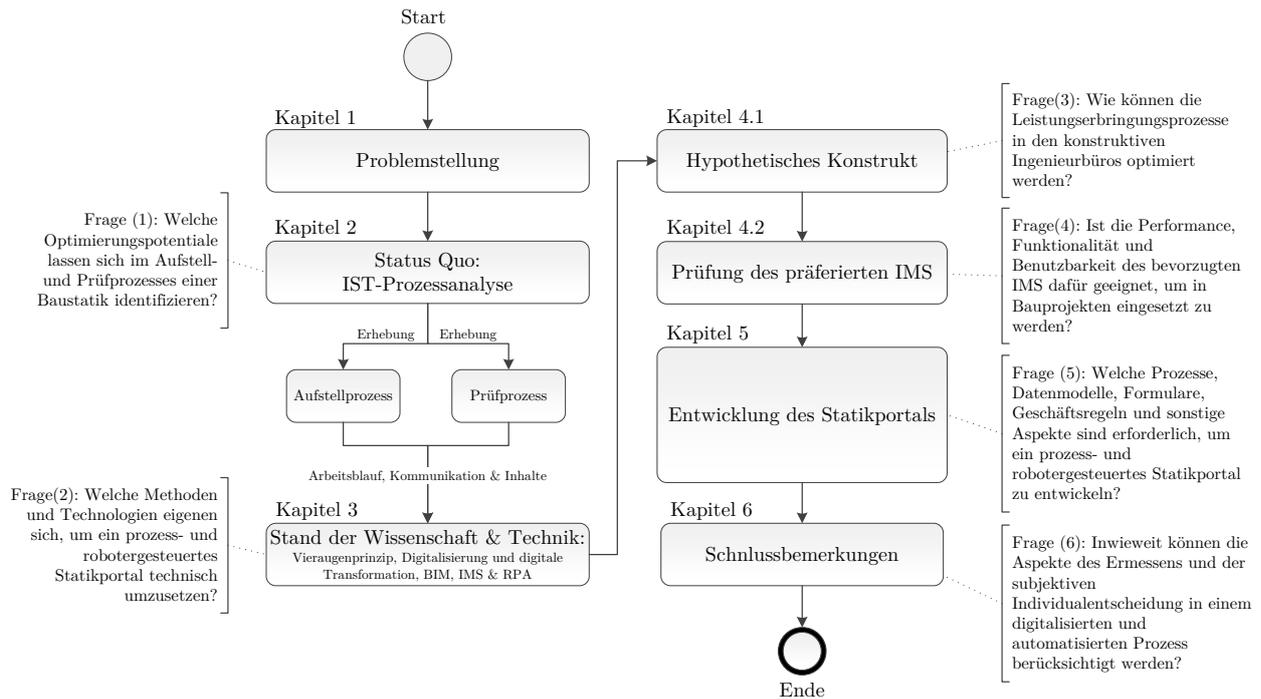


Abbildung 1.5: Aufbau der Arbeit

Kapitel 2: Status Quo: Herausforderungen und Potentiale im Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen In diesem Kapitel werden anhand von IST-Prozessmodellen die operativen Arbeitsabläufe für das Aufstellen und Prüfen von Tragwerksberechnungen beschrieben, analysiert und ausgewertet, um Optimierungspotentiale zu identifizieren. Betrachtet werden die Aufstellprozesse im Hoch-, Wasser- und Brückenbau. Im Anschluss erfolgt die IST-Prozessanalyse für die Prüfung von Tragwerksberechnungen, um ebenfalls Optimierungspotentiale zu identifizieren. Die erzielten Ergebnisse werden in einer Schlussfolgerung zusammengefasst.

Kapitel 3: Stand der Wissenschaft und Technik – Digitale Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung eines Statikportals: BIM, IMS und RPA Infolge einer Literaturrecherche werden in diesem Kapitel zunächst die aktuellen Unstimmigkeiten des in Deutschland präferierten Präventivsystems beschrieben. Anschließend erfolgt eine Trennschärfe zwischen dem Begriff *Digitalisierung* und *digitale Transformation*, um geeignete Technologien (vgl. Kapitel 4) zielorientierter identifizieren zu können. Darauf aufbauend werden die Herausforderungen erläutert, die bei der Einführung von BIM in den deutschen konstruktiven Ingenieurbüros zu berücksichtigen sind, um die präferierten Technologien (Informationsmanagementsystem (IMS) und Robotic Process Automation (RPA)), die für die Entwicklung eines Statikportals infrage kommen, zu beschreiben.

Kapitel 4.1: Konzeptidee des hypothetischen Konstrukts Nachdem im Kapitel 2 Optimierungspotentiale im Aufstell- und Prüfprozess identifiziert wurden, erfolgt in diesem Kapitel die Beschreibung der Problemlösung als hypothetisches Konstrukt. Als Konzeptidee wird ein Statikportal vorgestellt, das in der Lage ist, den organisatorischen Aufwand im Aufstell- und Prüfprozess zu optimieren und eine Baustatik positionsbezogen zu digitalisieren. Des Weiteren werden die Funktionsweise eines Statikportals erläutert und Softwareprodukte gewählt, um ein Statikportal mithilfe der in Kapitel 4 beschriebenen Technologien entwickeln zu können.

Kapitel 4.2: Prüfung des bevorzugten Informationsmanagementsystems auf Basis von Nutzerpräferenzen In diesem Kapitel wird die Hauptkomponente des Statikportals, einem Informationsmanagementsystems in Bezug auf dessen Benutzbarkeit und Benutzerfreundlichkeit getestet und evaluiert.

Kapitel 5: Entwicklung und modellbasierte Umsetzung eines Statikportals für die partizipative Bearbeitung von Tragwerksberechnungen in einer .NET-Umgebung In diesem Kapitel fließen die Erkenntnisse der Kapitel 2 bis 4 zusammen. Im Vordergrund stehen die Informationen über die operativen Arbeitsabläufe, der Informationsfluss zwischen dem Aufsteller und Prüfer sowie die methodischen Herausforderungen der BIM-Methodik. Basierend auf einem Referenzprojekt werden in diesem Kapitel die Prozesse, die Datenmodelle, die Frontends, die verantwortlichen Rollen und die Geschäftsregeln für ein Statikportal zugrunde gelegt, um eine digitale Baustatik zu entwickeln. Anschließend wird beschrieben, wie das Statikportal in die .NET-Umgebung zu überführen und über einen Webbrowser anzusteuern ist. Darauf aufbauend wird anhand eines Fallbeispiels dargestellt, wie Softwareroboter CAE-Anwendungen automatisieren und ab wann sie wirtschaftlich einzusetzen sind. Der lokal auszuführende Softwareroboter wird in das webbasierte Statikportal portiert. Abschließend wird das Statikportal verifiziert.

Kapitel 6: Schlussbemerkungen und Perspektiven In diesem Kapitel erfolgen die Schlussbemerkungen in Hinblick auf die Zielerreichung dieser Arbeit und ein Ausblick über weitere Forschungspotentiale.

Kapitel 2

Status Quo: Herausforderungen und Potentiale im Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen

Um Optimierungspotentiale im Aufstell- und Prüfprozess einer Baustatik identifizieren zu können, gilt es zunächst ein Verständnis dafür aufzubringen, wie die internen Arbeitsabläufe derzeit strukturiert sind. Dafür wurden zusammen mit kooperierenden Ingenieur- und Prüfbüros, unternehmensspezifische Prozessmodelle erarbeitet (vgl. Kapitel 1.3.1), die nachfolgend anonymisiert dargestellt sind. Aufgrund von internen Geschäftsinformationen werden die IST-Prozesse und Interviews nicht im Original veröffentlicht. Lediglich der enthaltene Kontext wird sachgemäß wiedergegeben. Aufbauend auf den IST-Zuständen erfolgt eine Prozessanalyse, deren Ergebnisse abschließend in einer Schlussfolgerung zusammengefasst werden. Das Ziel dieses Kapitels ist die Beantwortung der Frage (1) der Zielsetzung: Welche Optimierungspotentiale lassen sich im Aufstell- und Prüfprozess einer Baustatik identifizieren?

2.1 Der IST-Aufstellprozess

In diesem Kapitel erfolgt zunächst die Identifizierung von Optimierungspotentialen, während des Aufstellprozesses für Tragwerksberechnungen. Dafür wurden Erhebungen in Ingenieurbüros mit unterschiedlichen Fachdisziplinen durchgeführt (Hoch-, Wasser- und Ingenieurbau), um die Arbeitsabläufe und den Abstimmungsaufwand unternehmens- und disziplinübergreifend vergleichen zu können. Der Fokus dieser Arbeit liegt nicht auf der Erhebung von IST-Prozessen, sodass aus den insgesamt 16 entwickelten Prozessmodellen lediglich die prägnantesten IST-Prozesse dargestellt, beschrieben und analysiert werden.

2.1.1 Beschreibung des IST-Zustandes

Die nachfolgend beschriebenen IST-Prozesse wurden im Zuge der Erhebungskernteams-2 bis -5 im zyklischen Verfahren (gemäß Abbildung 1.4) erstellt und beschreiben jeweils einen individuellen Arbeitsablauf eines Ingenieurbüros zur Erstellung einer Baustatik. Aufgrund einer besseren Lesbarkeit sind die horizontal verlaufenden IST-Prozesse durch das Verknüpfungsereignis „Link-1“ vertikal geteilt.

2.1.1.1 Hochbau

Der IST-Prozess-1, in Abbildung 2.1, beschreibt einen funktionalen IST-Prozess für die Erstellung einer Baustatik im Hochbau, der durch eine Anfrage zur Beauftragung ausgelöst wird. Sofern der

Aufsteller entscheidet, die Anfrage zu bearbeiten, wird ein Angebot erstellt und an den Auftraggeber versendet. Sobald der Auftrag erteilt wurde, wird zunächst das Angebot mit dem Auftrag verglichen und entschieden, den Auftrag anzunehmen oder abzulehnen. Sofern der Auftrag angenommen wird, werden die Entwurfsunterlagen vom Architekten angefordert und gesichtet. Sobald alle Entwurfsunterlagen vollständig sind, erfolgt ein erstes Abstimmungsgespräch mit dem Architekten. Aufbauend auf den Ergebnissen dieses Gesprächs wird das Tragwerk festgelegt und entschieden, die Positionspläne (P-Pläne) eigenständig durch den Aufsteller oder vom Konstrukteur erstellen zu lassen. Sollten die P-Pläne fremdvergeben werden, wird die Fertigstellung der P-Pläne beauftragt und dessen Ergebnisse im zyklischen Verfahren vom Aufsteller kontrolliert. Die fertiggestellten und kontrollierten P-Pläne werden im Anschluss mit dem Architekten abgestimmt. Sollten Änderungen in den P-Plänen erforderlich werden, wiederholt sich der Vorgang entsprechend. Sobald die P-Pläne vom Architekten freigegeben wurden, werden sie an den Auftraggeber versendet, die Bemessung des Bauwerks wird durchgeführt, die Baustatik erstellt und an den Konstrukteur versendet, um etwaige Änderungen, die im Zuge der statischen Bemessung entstanden sind, in den P-Pläne zu übernehmen. Im Anschluss erfolgt die Beauftragung des Konstrukteurs zur Fertigstellung der Ausführungsplanung (A-Plan) (bspw. Schal- und Bewehrungspläne). Sofern die A-Planung kontrolliert und fertiggestellt wurde, werden die Baustatik und Pläne (P-Pläne und A-Plan) an das Prüfbüro übermittelt. Der Prüfer prüft die übermittelten Unterlagen und erstellt einen Prüfbericht, aus dem hervorgeht, ob die eingereichten Unterlagen zur Bauausführung freigegeben sind. Sofern Aufforderungen zur Nachbesserung aus dem übermittelten Prüfbericht hervorgehen, diese aber nicht gravierend sind, werden die Änderungen mit dem entsprechenden Revisionsstand vom Aufsteller in die Unterlagen (Statik und Pläne) eingearbeitet und erneut zur Prüfung eingereicht. Sollten allerdings die Änderungen das Tragwerk betreffen, muss der Prozess ab dem Prozessschritt „Tragwerk festlegen“ erneut durchlaufen werden (vgl. Link-2). Der Prozess zur Erstellung einer Baustatik ist abgeschlossen, sobald die Baustatik vom Prüfer freigegeben, die Pläne und die Baustatik mit dem Prüfbericht gleichgestellt und die Unterlagen an den Auftraggeber, zur Freigabe der Bauausführung, versendet wurden.

Der IST-Prozess-2, in Abbildung 2.2, beschreibt einen funktionalen IST-Prozess für die Erstellung einer Baustatik in einem weiteren Ingenieurbüro für den Fachbereich Hochbau. Der Prozess wird im Anschluss an die Beauftragung durch das Versenden der Entwurfsunterlagen (Pläne und Gutachten) vom Auftraggeber an den Aufsteller ausgelöst. Die Unterlagen werden in diesem IST-Prozess zunächst abgelegt und gesichtet. Sofern die Unterlagen unvollständig sind, werden weitere Unterlagen angefordert. Während der Sichtung werden Checklisten ausgefüllt, um „offene Fragen“ mit dem Auftraggeber abzustimmen, die zur Erstellung einer Baustatik relevant sind (bspw. weitere Angaben zur Planung oder zum Baugrund). Sofern die offenen Fragen beantwortet sind, wird das statische Konzept festgelegt und das betrachtete Bauwerk vorbemessen. Etwaige Unstimmigkeiten werden im Zuge der Vorbemessung mit dem Auftraggeber kommuniziert und unter Umständen mit den Entwurfsunterlagen abgestimmt. Anschließend wird das Tragwerk festgelegt und der Konstrukteur wird angewiesen, die P-Pläne anzufertigen. Dafür liest der Konstrukteur die Bauantragspläne als DWG-Dateien in das CAD-Programm ein, bereinigt die Pläne durch das Entfernen von Informationen, die nicht das Tagwerk betreffen, und plottet die Pläne aus.

In den bereinigten Plänen trägt der Tragwerksplaner die gewählten statischen Positionsnummern (Pos-Nr.) der Baustatik händisch ein, die vom Konstrukteur anschließend in das CAD-Modell überführt werden. Sofern bei der P-Planerstellung Unklarheiten auftreten, wird das Problem beschrieben und mit dem Aufsteller kommuniziert. Sollte der Aufsteller das Problem nicht klären können, wird der Auftraggeber angewiesen, ggf. Nachbesserungen in den Planungsunterlagen vorzunehmen, sodass sich der Prozess ab dem Prozessschritt „Tragwerk festlegen“ wiederholt (vgl. Link 2). Sofern keine Unstimmigkeiten bei der P-Planerstellung auftreten, wird der P-Plan fertiggestellt und zur Kontrolle

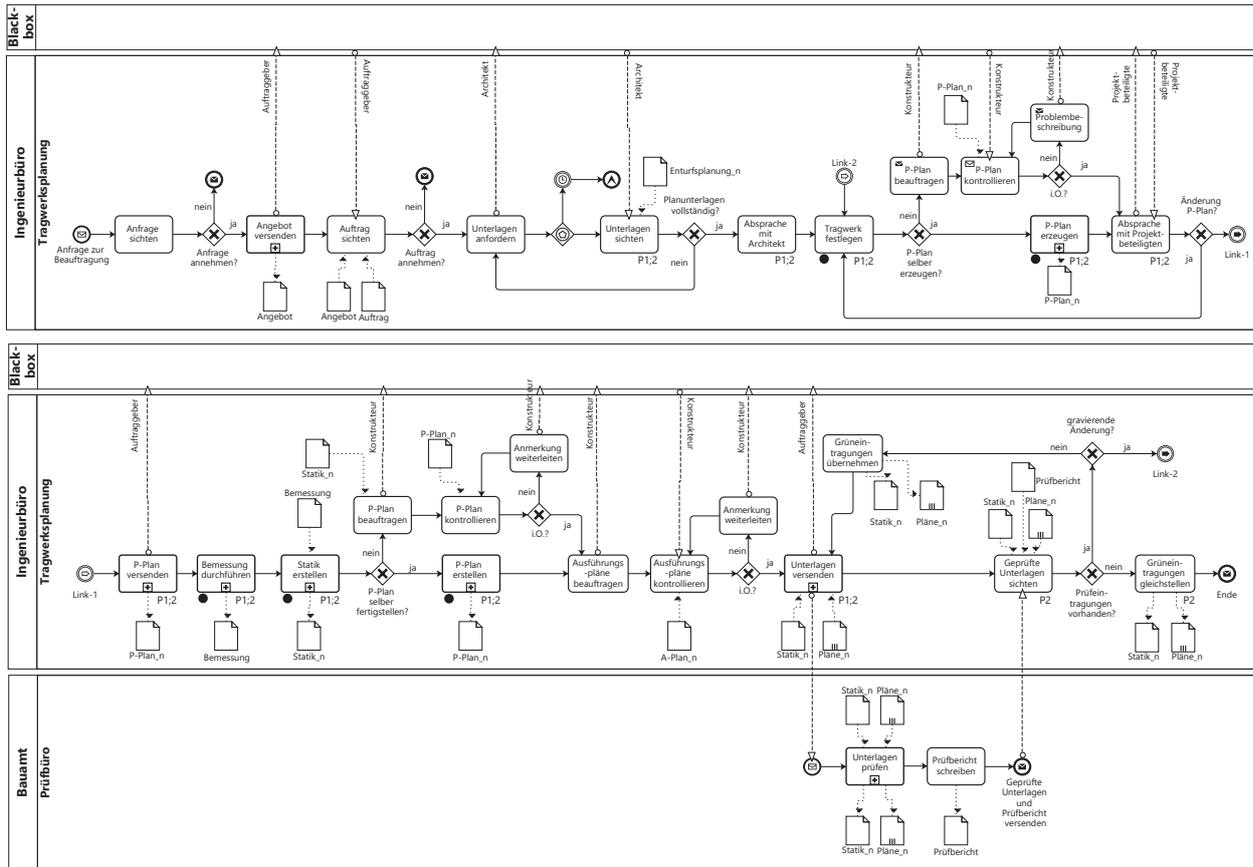


Abbildung 2.1: Funktionaler IST-Prozess-1 zur Erstellung einer Baustatik im Hochbau

an den Aufsteller übergeben. Anschließend wird der fertiggestellte und kontrollierte P-Plan an den Auftraggeber versendet, die Baustatik wird angelegt, das Bauwerk wird statisch bemessen, die Baustatik wird angefertigt und zusammen mit dem P-Plan an die Poststelle zum Versand an das Prüfbüro übergeben. Der Prüfer prüft die übermittelte Baustatik und erstellt einen Prüfbericht, aus dem hervorgeht, ob die Baustatik zur Bauausführung freigegeben ist oder nicht. Sofern der Aufsteller vom Prüfer angewiesen wird, Nachbesserungen vorzunehmen – die Baustatik also nicht freigegeben ist – wird zunächst vom Aufsteller geprüft, ob grundsätzliche (gravierende) Änderungen am Tragwerk vorzunehmen sind. Sollte die geforderte Nachbesserung tatsächlich das gewählte Tragwerk betreffen, würde dies zur Folge haben, dass der Prozess ab dem Prozessschritt „Tragwerk festlegen“ erneut durchlaufen werden muss (vgl. Link 3). Sofern Nachbesserungen bspw. lediglich in der Nachweisführung vorgenommen werden müssen, werden die Änderungen in der Baustatik übernommen, die Positionsnummer durch die entsprechende Revision ergänzt und ggf. der P-Plan vom Konstrukteur angepasst. Die Revision der Baustatik und der P-Plan werden anschließend erneut an das Prüfbüro übermittelt. Der Prozess zur Erstellung einer Baustatik ist abgeschlossen, sobald die Baustatik vom Prüfer freigegeben, die P-Pläne und die Baustatik mit dem Prüfbericht gleichgestellt und die Unterlagen an den Auftraggeber zur Bauausführung versendet wurden.

2.1.1.2 Wasserbau

Der IST-Prozess-3, in Abbildung 2.3, beschreibt einen funktionalen IST-Prozess für die Erstellung einer Baustatik im Ingenieurbüro für Wasserbau. Der Prozess wird analog zum Hochbau durch eine Anfrage zur Beauftragung ausgelöst. Das Angebot wird erstellt, versendet und mit dem

STATUS QUO: HERAUSFORDERUNGEN UND POTENTIALE IM AUFSTELL- UND PRÜFPROZESS VON TRAGWERKSBERECHNUNGEN

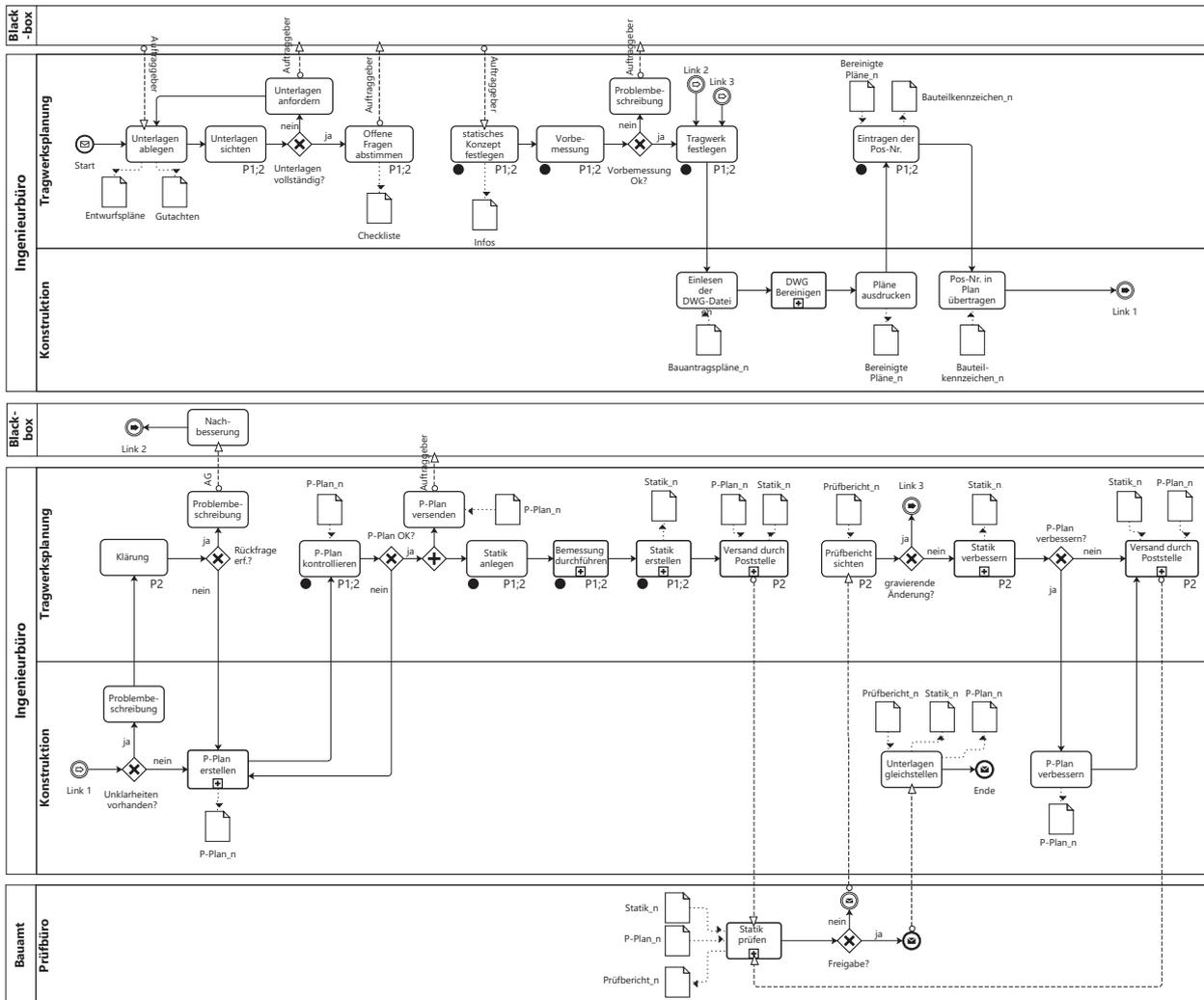


Abbildung 2.2: Funktionaler IST-Prozess-2 zur Erstellung einer Baustatik im Hochbau

darauffolgenden Auftrag abgeglichen. Sofern der Auftrag angenommen wird, findet eine Absprache mit dem Auftraggeber statt, dessen Ergebnisse in einer internen Projektbesprechung kommuniziert werden. Nach den Abstimmungsgesprächen werden die Ausschreibungsunterlagen gesichtet und die Baustatik angelegt, die Bemessung durchgeführt und die Erstellung der A-Plan beauftragt. Neben der Kontrolle der A-Plan, die im zyklischen Abstimmungsgespräch mit dem Konstrukteur stattfindet, werden Detailskizzen angefertigt, die Baustatik fertiggestellt und abgelegt. Anschließend werden die fertiggestellten und korrigierten Unterlagen (Baustatik und A-Plan) an das Prüfbüro und den Auftraggeber übermittelt. Der Prüfer prüft die übermittelten Unterlagen und erstellt den Prüfbericht. Je nach Schwere der Prüfeintragung werden entweder leichte Verbesserungen an den Plänen und der Baustatik vorgenommen, oder der Prozessablauf muss ab dem Prozessschritt „Bemessungen durchführen“ wiederholt werden (vgl. Link-2). Der Prozess zur Erstellung einer Baustatik im Wasserbau ist abgeschlossen, sobald die Baustatik vom Prüfer freigegeben, die eingereichten Pläne und die Baustatik mit dem Prüfbericht gleichgestellt und die Unterlagen an den Auftraggeber zur Bauausführung versendet wurden.

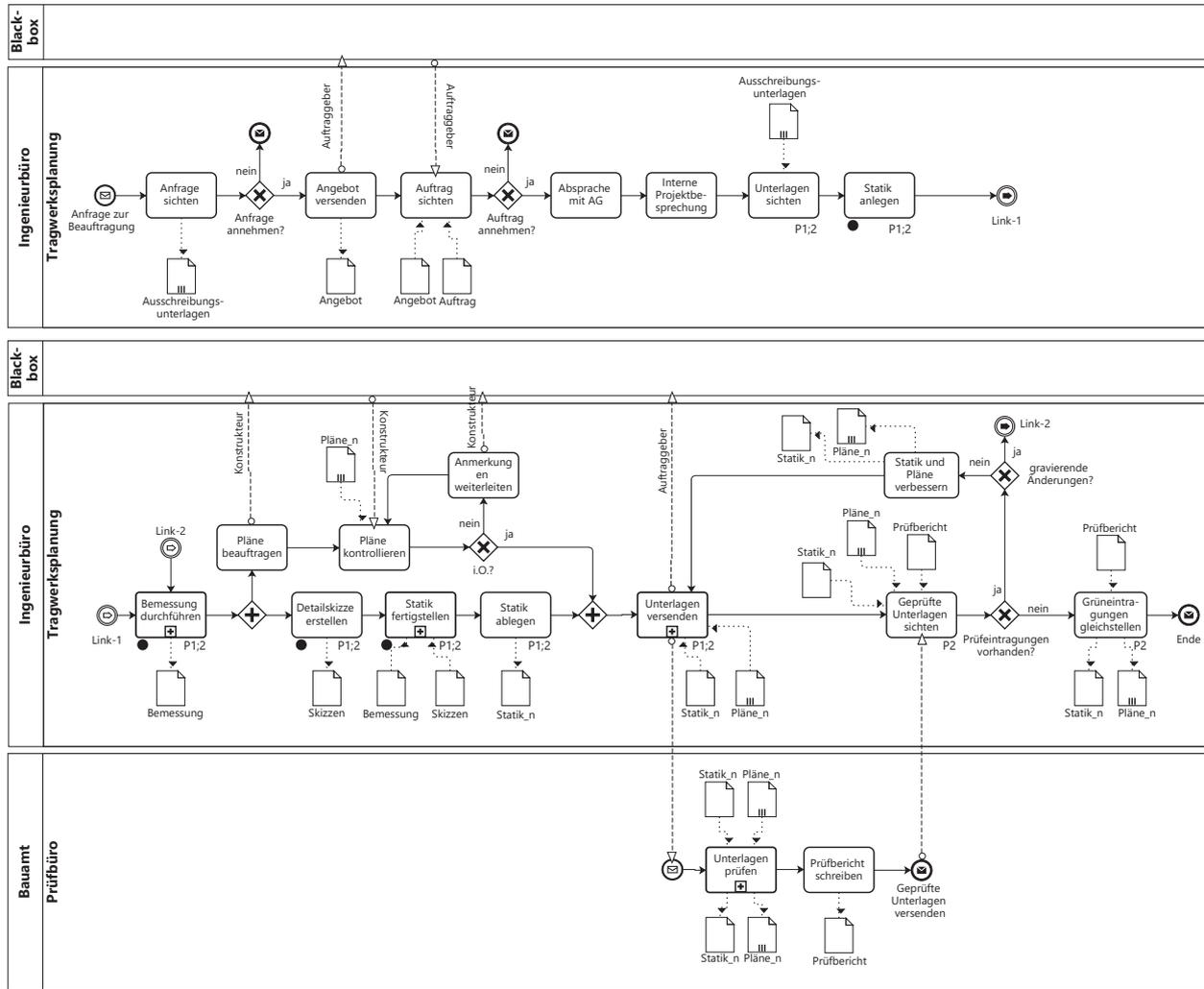


Abbildung 2.3: Funktionaler IST-Prozess-3 zur Erstellung Baustatik im Wasserbau

2.1.1.3 Brückenbau

Der IST-Prozess-4, in Abbildung 2.4, beschreibt einen funktionalen IST-Prozess für die Erstellung einer Baustatik im Ingenieurbüro für Brückenbau. Der Prozess wird durch die Beauftragung und das Versenden der Vertragsunterlagen ausgelöst. Die Unterlagen werden gesichtet und ggf. nachgefordert. Sofern die Unterlagen vollständig sind, wird die interne Erstellung der Übersichtsplanung im Ingenieurbüro verteilt und im zyklischen Verfahren zwischen Aufsteller und Konstrukteur abgestimmt. Auf Basis der abgestimmten Übersichtsplanung werden die statischen Systeme in die Analysesoftware übertragen, und die Lastannahme, die entweder vom Auftraggeber vorgegeben oder selbst ermittelt wird, wird auf das System aufgebracht. Die anschließenden statischen Berechnungen werden zunächst lokal, für jedes tragende Bauteil separat, durchgeführt (Überbau, Widerlager etc.), analysiert und ggf. nachgebessert. Im Anschluss erfolgt die Durchführung der gesamtheitlichen Tragwerksanalyse. Sollten an dieser Stelle Unstimmigkeiten auftreten, werden die entsprechenden Anmerkungen mit dem Auftraggeber kommuniziert, um Nachbesserungen in den gelieferten Unterlagen anzufordern. Dies hätte zur Folge, dass der Prozess ab dem Prozessschritt „Unterlagen sichten“ erneut durchlaufen werden muss. Sofern keine Unstimmigkeiten vorhanden sind, werden Bewehrungsskizzen erstellt und an den Konstrukteur versendet. Sofern die Bewehrungspläne abgestimmt und die Baustatik fertiggestellt sind, werden diese an den Auftraggeber, die Straßenbaubehörde und das Prüfbüro übermittelt.

STATUS QUO: HERAUSFORDERUNGEN UND POTENTIALE IM AUFSTELL- UND PRÜFPROZESS VON TRAGWERKSBERECHNUNGEN

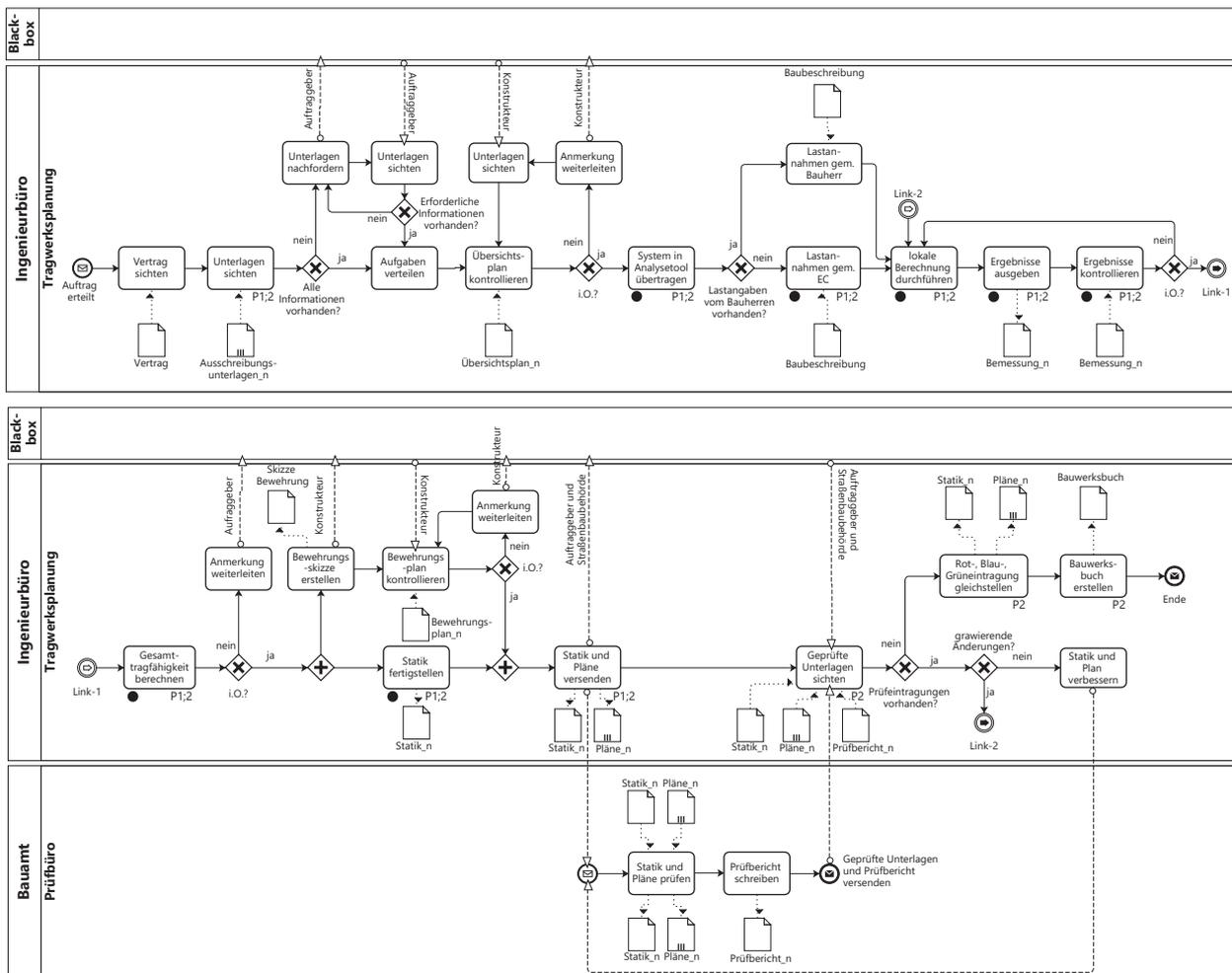


Abbildung 2.4: Funktionaler IST-Prozess-4 zur Erstellung einer Baustatik im Brückenbau

Im Prüfbüro prüft der Prüfer die eingereichten Unterlagen, erstellt einen Prüfbericht und versendet die geprüften Unterlagen zurück an den Aufsteller. Der Aufsteller sichtet zunächst die geprüften Unterlagen. Sind Prüfeintragungen vorhanden, wird entschieden, ob gravierende Änderungen vom Prüfer gefordert sind. Sofern dies nicht der Fall ist, werden die Unterlagen gem. der Revision verbessert und wieder an das Prüfbüro übermittelt. Sollten jedoch gravierende Änderungen gefordert sein, wiederholt sich der Prozess ab dem Prozessschritt „lokale Berechnungen durchführen“ (vgl. Link-2). Der Prozess zur Erstellung einer Baustatik im Brückenbau ist abgeschlossen, sobald die Baustatik vom Prüfer freigegeben, die eingereichten Pläne und die Baustatik ggf. mit den Rot-, Blau- und Grüneintragungen¹ gleichgestellt, das Bauwerksbuch angefertigt und die Unterlagen an den Auftraggeber zur Bauausführung versendet wurden.

¹ Blaeintragung: Der Blaeintrag erfolgt im regionalen Geschäftsbereich der Landesbehörde, zum Abgleich der konstruktiven Gegebenheiten mit den geltenden Vertragsbedingungen.

Grüneintragung: Der Grüneintrag wird von einem beliebigen Prüfer im Prüfbüro vorgenommen und bezieht sich rein auf die Prüfung der eingereichten statischen Berechnungen.

Roteintragung: Der Roteintrag wird von einem zusätzlichen Prüfer des zentralen Geschäftsbereichs einer Landesbehörde vorgenommen.

2.1.2 Analyse der IST-Prozesse

Der Fokus dieser Analyse liegt auf der Identifizierung von Optimierungspotentialen innerhalb des Aufstellprozesses einer Baustatik im Hochbau. Deswegen sind zwei Prozesse des Hochbaus aus unterschiedlichen Ingenieurbüros dargestellt, die einerseits die P-Pläne fremdvergeben (Abbildung 2.1) und andererseits die P-Pläne im eigenen Hause erzeugen (Abbildung 2.2). Aus Vergleichszwecken werden die Aufstellprozesse aus den Fachdisziplinen Wasserbau (Abbildung 2.3) und Brückenbau (Abbildung 2.4) mit herangezogen. Die dargestellten IST-Prozesse sind nicht digitalisiert und sie sind auch nicht als idealtypische IST-Prozesse zu verstehen, da die enthaltenen Arbeitsabläufe auf den subjektiven Erfahrungen von Einzelpersonen basieren und internen Geschäftsrichtlinien folgen. Dennoch repräsentieren sie jeweils den operativen Aufstellprozess einer Baustatik aus der Berufspraxis.

Um die Prozesse miteinander vergleichen zu können, werden die einzelnen Prozessschritte zunächst in organisatorische (Inputs) und operative Tätigkeiten (Outputs) aufgeteilt, um die Produktivität der betrachteten Prozessorganisation (die mengenmäßige Ergiebigkeit) festzustellen zu können. Zur Ermittlung der Produktivität werden, entgegen der rein betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise von Produktionsmengen (z.B. die produzierte Stückzahl im Verhältnis zu Arbeitsstunden), alle Prozessschritte als volle Arbeitstage angesehen. Jeder Prozessschritt wird in der Produktivitätsberechnung somit gleichwertig, mit einem Faktor von $t = 1$, berücksichtigt. Diese Vorgehensweise wurde mit den Probanden kommuniziert, sodass nur die Prozessschritte im Prozessmodell berücksichtigt wurden, die eine hohe Relevanz zur Erstellung einer Baustatik aufweisen. Durch dieses Vorgehen können Produktivitätskennzahlen ermitteln werden, die sich rein auf die Prozessorganisation beziehen und unabhängig von projektspezifisch schwankenden Kennzahlen sind.

$$\text{Produktivitätskennzahl} : P = \frac{\text{Ausbringungsmenge}}{\text{Einsatzmenge}} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.1)$$

In den Prozessmodellen sind unter den Prozessschritten die festgelegten Bereiche zur Ermittlung der Produktivitätskennzahlen (P1;2;3 = 1.; 2.; 3. Produktivitätskennzahl) und die darin enthaltenen operativen Tätigkeiten (schwarz ausgefüllter Kreis) gekennzeichnet. Sollten nur die ersten beiden Produktivitätskennzahlen ermittelt werden, so steht dort sinngemäß P1;2 bzw. P2 für die erweiterte Betrachtung. Im ersten Durchlauf wird zunächst der ungestörte Prozessablauf (optimaler Fall) betrachtet, der sich rein auf die Erstellung einer Baustatik, inkl. der Erzeugung von Positionsplänen bezieht. Alle weiteren Prozessschritte, bspw. zur Erstellung und Kontrolle von Angeboten oder Ausführungsplänen, werden im ersten Schritt vernachlässigt:

Im IST-Prozess-1 sind insgesamt 5 von 10 Prozessschritten enthalten, die sich rein auf das operative Geschäft beziehen. Dies entspricht einer ersten Produktivitätskennzahl von:

$$\text{Hochbau} - 1 : P_{1,H1} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{5}{5} = 1,0 \quad (2.2)$$

In einem weiteren Ingenieurbüro für Hochbau (IST-Prozess-2) beziehen sich insgesamt 8 von 10 Prozessschritten direkt auf das operative Geschäft. Dies entspricht einer ersten Produktivitätskennzahl von:

$$\text{Hochbau} - 2 : P_{1,H2} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{8}{2} = 4,0 \quad (2.3)$$

Im Wasserbau (IST-Prozess-3) beziehen sich insgesamt 4 von 7 Prozessschritte direkt auf das operative Geschäft. Dies entspricht einer ersten Produktivitätskennzahl von:

$$\text{Wasserbau} : P_{1,W} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{4}{3} = 1,3 \quad (2.4)$$

Wohingegen im Brückenbau (IST-Prozess-4) insgesamt 7 von 9 Prozessschritte sich direkt auf das operative Geschäft beziehen. Dies entspricht einer ersten Produktivitätskennzahl von:

$$\text{Brückenbau} : P_{1,B} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{7}{2} = 3,5 \quad (2.5)$$

Die erste Produktivitätskennzahl vermittelt einen rudimentären Anhaltswert dazu, wie sich das Verhältnis zwischen den operativen und organisatorischen Tätigkeiten im Aufstellprozess einer Baustatik – vom Sichten der Planungsunterlagen bis zum Fertigstellen der Baustatik – darstellen. So zeigt eine erste Produktivitätskennzahl von 1,0 (vgl. Formel 2.2), dass zur Erstellung einer Baustatik im Hochbau genauso viele operative Tätigkeiten notwendig sind wie organisatorische. Sollten weitere organisatorische Tätigkeiten aus dem Aufstellprozess ausgeschlossen werden, verbessert sich die Produktivität. So beschreibt die Produktivitätskennzahl aus Formel 2.3, dass im Aufstellprozess die operativen Tätigkeiten dem Vierfachen der organisatorischen Tätigkeiten entsprechen.

Interessant werden diese Vergleiche aber erst dann, wenn der weitere Prozessablauf betrachtet wird, um den Abstimmungsaufwand mit dem Prüfer einzubeziehen. Im IST-Prozess-1 würde sich die Produktivitätskennzahl, gemessen ab dem Prozessschritt „Unterlagen sichten“, von 1,0 auf 0,7 Punkte reduzieren.

$$\text{Hochbau} - 1 : P_{2,H1} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{5}{7} = 0,7 \quad (2.6)$$

Wohingegen sich die Produktivitätskennzahl des IST-Prozess-2, mit insgesamt 15 Prozessschritten (ab dem Prozessschritt „Unterlagen sichten“), von 4,0 auf 1,1 Punkte reduziert.

$$\text{Hochbau} - 2 : P_{2,H2} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{8}{7} = 1,1 \quad (2.7)$$

Im Wasserbau reduziert sich die Produktivitätskennzahl mit insgesamt 9 Prozessschritten (ab dem Prozessschritt „Unterlagen sichten“), von 1,3 auf 0,8 Punkte.

$$\text{Wasserbau} : P_{2,W} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{4}{5} = 0,8 \quad (2.8)$$

Und im Brückenbau liegt die zweite Produktivitätskennzahl, mit insgesamt 12 Prozessschritten

(Ausführungsplanung ausgeschlossen), bei 1,4 anstatt 3,5 Punkten.

$$\text{Brückenbau: } P_{2,B} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{7}{5} = 1,4 \quad (2.9)$$

Durch die zweite Produktivitätskennzahl wird deutlich, dass für den ungestörten Aufstellprozess einer Baustatik, in allen vier Fällen, fast genauso viele organisatorische wie operative Prozessschritte erforderlich sind. In Hinblick auf einen möglicherweise gestörten Aufstellprozess ist der Zeitaufwand zur Einschätzung des Fertigstellungstermins einer Baustatik für den Aufsteller schwer abzuwägen, da sich die Planungsgrundlage im Laufe eines Projektes verändern kann und der Aufsteller vor der Angebotserstellung auf die Qualität und den Umfang der später eingereichten Planungsstände keine Einflussnahme hat. Dazu das folgende Fallbeispiel, das im Zuge der Interviews genannt wurde²:

Fallbeispiel aus einem Interview: *„Für einen Hotelneubau wurde ein Ingenieurbüro von einem Bauunternehmen (nachfolgend Auftraggeber, kurz AG genannt) beauftragt, eine Baustatik anzufertigen. Die Beauftragung erfolgte anhand einer mit dem AG abgestimmten Planungsgrundlage, auf der die Baustatik anzufertigen ist. Die beauftragte Bearbeitungszeit betrug 6 Wochen, und die abgestimmte Planungsgrundlage war Bestandteil der vereinbarten Vertragsunterlagen. Mit dem Start des Leistungserbringungsprozesses wurde vom Architekten ein vollständig neuer Plansatz übergeben, mit dem Hinweis zur Berücksichtigung. Zusätzlich begannen ab diesem Zeitpunkt die Anfragen und Absprachen mit dem Architekten, bspw.: ‚Wir wollen die eine Stütze an der Stelle nicht mehr haben, die kommt jetzt dahin.‘ Weiterhin wurden täglich neue Revisionen, mit teilweise DIN-A4-Blattausschnitten, von den Architekten via E-Mail übermittelt. Bspw. mit den Hinweisen: ‚Übrigens, da kommt ein Durchbruch hin. Übrigens, das Treppenhaus wird nach dahin verschoben‘. Diese Änderungen wurden im fortgeschrittenen Aufstellprozess der Baustatik gefordert, zu einem Zeitpunkt, zu dem es nicht möglich ist, die Änderungswünsche zu berücksichtigen und gleichzeitig die vertraglich vereinbarten Meilensteine zur Fertigstellung der Baustatik einhalten zu können. Um dennoch die vereinbarte Leistung zu erbringen, musste mit dem AG eine Planungsgrundlage fixiert werden, auf die der restliche Leistungserbringungsprozess des Aufstellers aufbaut und die nicht mehr verändert wird. Dies hatte zur Folge, dass die Baustatik auf einer Planungsgrundlage aufgebaut wurde, die baulich nicht umgesetzt wird. Insgesamt wurden dem Ingenieurbüro, in den 6 Wochen Bearbeitungszeit, 5 Mal komplett neue Plansätze eingereicht, die es zu berücksichtigen galt. Bis die Architektur mit der Baustatik abgestimmt war, musste die Baustatik 11 Mal abgeändert werden (11 Nachträge). Wie oft die Planungsunterlagen gesichtet und geprüft wurden, ist nicht mehr nachvollziehbar.“*

Möchte man also Optimierungspotential feststellen, dann gilt es zunächst den organisatorischen Aufwand im Aufstellprozess der Baustatik zu reduzieren. Das zeigen auch die Auswertungen der zweiten Produktivitätskennzahl. So schneidet der Brückenbau bei der Prozessgesamtbetrachtung am besten ab, da der Abstimmungsaufwand, aufgrund der geringen Anzahl an neu zu planenden Bauteilen, im Vergleich zu den anderen Fachdisziplinen, geringer ist. Ein ungestörter Prozessablauf beinhaltet somit u.a. die Vorteile, dass der Kostenaufwand exakter eingeschätzt, das Personal in anlaufenden Projekten zielorientierter eingeplant und die Fertigstellungszeiten besser vorhergesagt werden können. Weiterhin zeigen die dargestellten IST-Prozesse, dass der Prüfer in den Aufstellprozess einer Baustatik nicht involviert wird. Lediglich nach der Fertigstellung aller erforderlichen baustatischen Dokumente wird der Prüfer mit den Ergebnissen der Bauwerksanalysen, durch die Übermittlung der kompletten Unterlagen, konfrontiert. Dies setzt voraus, dass die Ergebnisse der Baustatik – auch in Fällen eines gestörten Aufstellprozesses – immer korrekt übermittelt werden und ein Informationsverlust, bspw. bei der Übertragung der Ergebnisse der Analysesoftware in das

² Zur Einhaltung der Wettbewerbsfähigkeit werden die unternehmensspezifischen Interviews nicht veröffentlicht.

Dokument für die Baustatik, auszuschließen ist. Andernfalls wird sich der Aufstellprozess verzögern, wodurch die vereinbarten Fertigstellungstermine nur durch einen nicht kalkulierbaren Mehraufwand sicherzustellen sind.

In Hinblick auf die erforderlichen Abstimmungsprozesse werden unterschiedliche Informationsmedien genutzt (bspw. PDF, DWG, DXF und vereinzelt IFC), um die generierten Informationen an die Projektbeteiligten zu transferieren. In den beteiligten Ingenieurbüros steht weiterhin das Informationsmedium Papier im Vordergrund. Der Datentransfer erfolgt überwiegend durch E-Mail-Korrespondenz, mit einer händischen Datenablage. In vereinzelt Projekten werden Projektplattformen eingesetzt, in denen die Dateien (ebenfalls manuell) hoch- und herunterzuladen sind. Die persönliche Abstimmung erfolgt in der Regel via Telefon. Aufgrund dessen, dass im Aufstellprozess immer wieder mit bauspezifischen Änderungen zu rechnen ist, der Datentransfer i.d.R. über unterschiedliche Medien erfolgt und die persönliche Abstimmung nicht ausführlich dokumentiert werden kann, wird der kalkulatorische Zeitaufwand für die Suche nach Dokumenten als Planungsgrundlage und der Informationsverlust (bspw. gerade im Falle eines Ausfalls von verantwortlich handelnden Personen) im Aufstellprozess einer Baustatik, in Hinblick auf die vertraglich vereinbarten Fertigstellungstermine (vor Projektstart), als kritisch eingestuft.

2.2 Der IST-Prüfprozess

Die Zielsetzung dieses Kapitels ist die Identifizierung von Optimierungspotentialen während der Prüfung von Tragwerksberechnungen. Dafür wurden Erhebungen in Ingenieurbüros für statische Prüfungen durchgeführt (vgl. Kapitel 1.3), um den Abstimmungsaufwand zwischen Aufsteller und Prüfer identifizieren zu können.

2.2.1 Beschreibung des IST-Zustandes

Der nachfolgend beschriebene IST-Prozess-5, in Abbildung 2.5, wurde im Zuge des Erhebungskernteams-8 und -9 im zyklischen Verfahren (gemäß Abbildung 1.4) erstellt und beschreibt den individuellen Arbeitsablauf eines Ingenieurbüros für die hoheitliche Prüfung einer Baustatik. Eine differenzierte Betrachtung zwischen den unterschiedlichen Fachdisziplinen (Hoch-, Wasser- und Brückenbau) ist an dieser Stelle nicht mehr notwendig, da der Prüfablauf für alle Bauwerke identisch ist. Aufgrund einer besseren Lesbarkeit ist der horizontal verlaufende IST-Prozess-5 durch das Verknüpfungsereignis „Link-1“ vertikal geteilt.

Der IST-Prozess-5 wird durch den Prüfauftrag vom Bauamt ausgelöst. Der Prüfenieur bestätigt den Auftrag und verteilt die Aufgaben an den Sachbearbeiter oder die Sachbearbeiterin. Der Sachbearbeiter sichtet den Auftrag, legt den Prüfbericht an und sichtet formell die zur Prüfung eingereichten Unterlagen. Sollten Unterlagen fehlen, werden diese vom Bauamt angefordert. Sind die Bauantragsunterlagen vollständig, beginnt der Sachbearbeiter (nachfolgend Prüfer genannt), die eingereichten Unterlagen im Prüfbericht zu dokumentieren. Anschließend werden die Baubeschreibung, das Aussteifungskonzept und die Gründung des Bauwerks im Prüfbericht dokumentiert. Sollten Unklarheiten bei der Sichtung auftreten, wird eine Nachbesserung entweder vom Bauamt oder vom Tragwerksplaner angefordert. Sofern die Unterlagen vollständig und keine Unklarheiten vorhanden sind, beginnt der Prüfer mit der materiellen Prüfung durch den Abgleich der Baustatik mit den Entwurfsplänen der eingereichten Bauantragsunterlagen. Werden in diesem Schritt Unstimmigkeiten identifiziert, werden Nachbesserungen vom Tragwerksplaner angefordert. Andernfalls wird mit der Überprüfung der zugrunde gelegten Lastannahme begonnen, deren Prüfergebnisse ebenfalls im Prüfbericht dokumentiert werden. Sollten auch hier Unstimmigkeiten festgestellt werden, wird

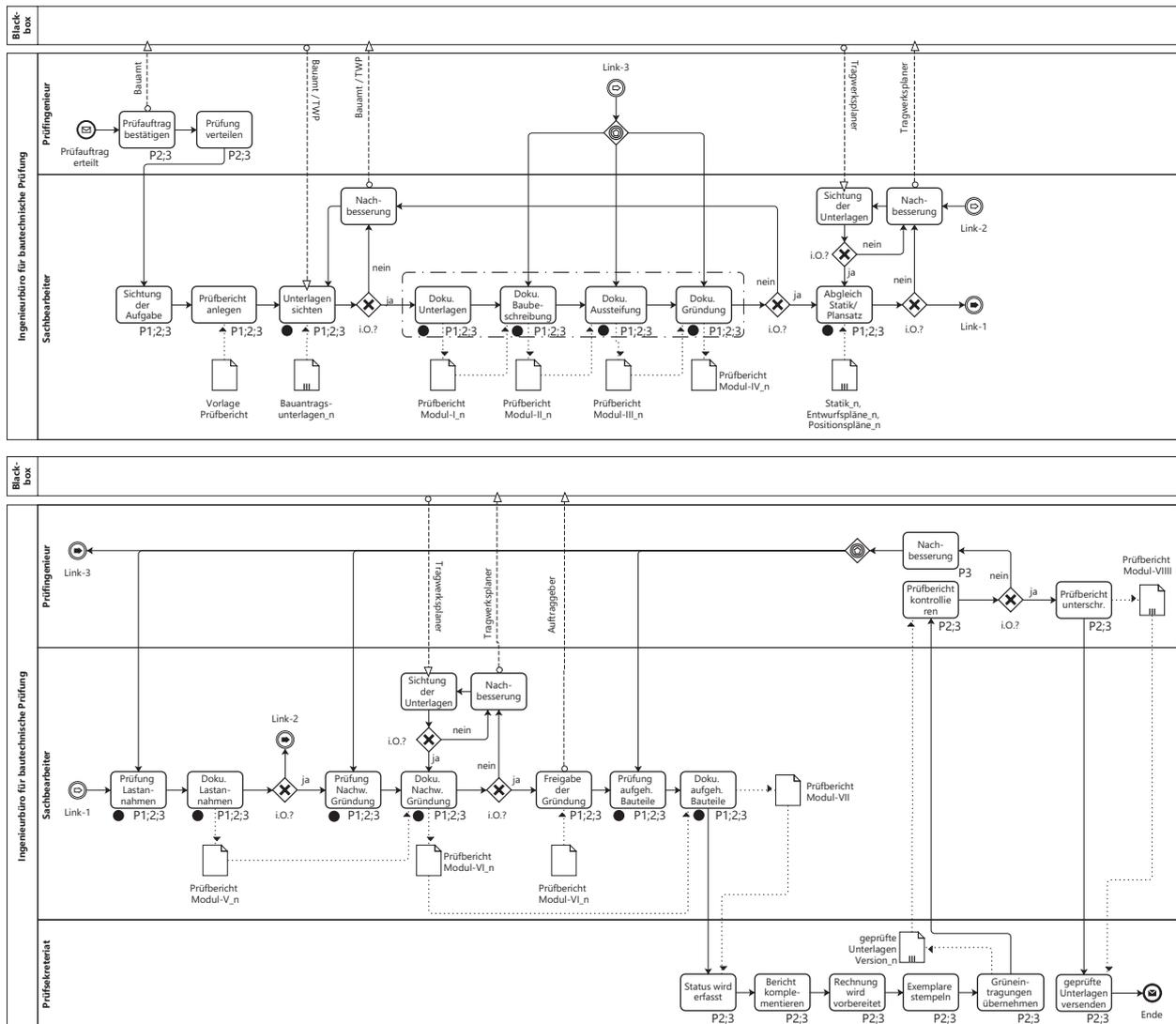


Abbildung 2.5: Funktionaler IST-Prozess-5 zur Prüfung einer Baustatik

der Tragwerksplaner aufgefordert, Nachbesserungen vorzunehmen, sodass sich der Prozess ab dem Prozessschritt „Ableich Statik/Planstand“ wiederholt (vgl. Link-2). Im Anschluss erfolgt zunächst die Prüfung der Nachweisführung für die Gründung, um diese frühzeitig zur Bauausführung freigeben zu können. Werden auch hier Unstimmigkeiten festgestellt, wird der Tragwerksplaner aufgefordert, Nachbesserungen einzureichen, die ebenfalls geprüft und dokumentiert werden. Sofern die Gründung freigegeben werden kann, wird der Auftraggeber über die Freigabe informiert und die aufgehenden Bauteile werden baustatisch geprüft. Die Ergebnisse der baustatischen Nachweisführung werden ebenfalls im Prüfbericht dokumentiert und mit den anderen Prüfberichten an das Prüfsekretariat übergeben. Das Prüfsekretariat erfasst den Projektstatus, fasst die Prüfberichte zusammen, bereitet die Rechnungen vor, stempelt die Unterlagen, überträgt die Grüneintragung in die eingereichten Unterlagen und übergibt die geprüften Unterlagen, zwecks Unterschrift, an den Prüflingenieur. Der Prüflingenieur kontrolliert den Prüfbericht und ordnet ggf. Nachbesserungen des Prüfers an, die dazu führen, dass sich der Prozess ab dem nachzubessernden Prozessschritt wiederholt. Sofern keine Nachbesserungen erforderlich sind, wird der Prüfbericht vom Prüflingenieur unterzeichnet und vom Prüfsekretariat, mit dem Hinweis „Prüffreigabe erteilt“, an das Bauamt und ggf. an den Tragwerksplaner versendet.

2.2.2 Analyse des IST-Prozesses

Der Fokus dieser Analyse liegt auf der Identifizierung von Optimierungspotentialen innerhalb des Prüfprozesses einer Baustatik. Der dargestellte IST-Prüfprozess ist nicht als idealtypischer IST-Prozess zu verstehen, da die enthaltenen Arbeitsabläufe auf den subjektiven Erfahrungen von Einzelpersonen basieren, die sich wiederum stark an den internen Geschäftsrichtlinien des betrachteten Ingenieurbüros und nach dem geltenden Bauordnungsrecht des betrachteten Bundeslandes orientieren. Der IST-Prüfprozess repräsentiert einen operativen Prüfprozess aus der Berufspraxis, er existieren nicht als digitalisierter Prozess.

Analog zu der Analyse aus Kapitel 2.1.2 werden zunächst wieder die einzelnen Prozessschritte in organisatorische (Inputs) und operative Tätigkeiten (Outputs) aufgeteilt. Die entsprechenden Bereiche zur Ermittlung der Produktivitätskennzahlen ($P_{1,2,3} = 1.; 2.; 3.$ Produktivitätskennzahl) und die darin enthaltenen operativen Tätigkeiten (schwarz ausgefüllter Kreis) sind unterhalb der Prozessschritte ersichtlich.

Im ersten Durchlauf wird erneut der ungestörte Prozessablauf betrachtet. Im IST-Prozess-5 sind insgesamt 12 von 15 Prozessschritten enthalten, die sich rein auf das operative Geschäft beziehen. Dies entspricht einer ersten Produktivitätskennzahl von:

$$\text{Prüfung : } P_{1,P} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{12}{3} = 4,0 \quad (2.10)$$

Bei der zweiten Betrachtung wird dargestellt, wie sich das Verhältnis zwischen den operativen und organisatorischen Tätigkeiten innerhalb des ungestörten Gesamtprozesses darstellt. Von nun insgesamt 25 Prozessschritten beziehen sich weiterhin 12 Prozessschritte auf das operative Geschäft. Dies entspricht einer zweiten Produktivitätskennzahl von:

$$\text{Prüfung : } P_{2,P} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{12}{13} = 0,9 \quad (2.11)$$

Im Gegensatz zum Kapitel 2.1.2 wird weiterhin ein von innen gestörter Prozessablauf betrachtet, da in diesem Fall der Verantwortungsbereich nicht dem operativ tätigen Sachbearbeiter, sondern dem Prüfeningenieur zuzuordnen ist, der im dargestellten Prozess als Kontrollinstanz agiert. Dafür wird der Prozess ab der Aufforderung des Prüfeningenieurs zur Nachbesserung, über den Prozessschritt „Doku. Aussteifung“, einmal erneut durchlaufen, sodass nun insgesamt 42 Prozessschritte erforderlich sind, um einen Prüfbericht fertigzustellen und an die Projektbeteiligten zu versenden. Das entspricht einer dritten Produktivitätskennzahl von:

$$\text{Prüfung : } P_{3,P} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{12}{30} = 0,4 \quad (2.12)$$

Die Produktivitätskennzahlen zeigen, dass der Prüfer sich überwiegend auf operative Tätigkeiten fokussiert. Wird jedoch der Gesamtprozess betrachtet, sind mehr organisatorische Tätigkeiten erforderlich als operative. Sofern grundlegende Änderungen innerhalb der Kontrollinstanz des Prüfeningenieurs festgestellt werden, verschlechtert sich der operative Anteil des Gesamtprozesses auf 40 %. In dieser Betrachtung ist ein von außen gestörter Prozessablauf nicht berücksichtigt. Würden somit noch äußere Einflüsse in den von innen gestörten Prozess eingehen, verschlechtert

sich der operative Anteil weiter, sodass für die Erstellung eines Prüfberichtes fast ausschließlich organisatorische Tätigkeiten notwendig wären, sofern grobe Fehleinschätzungen nicht frühzeitig erkannt werden. Dazu der folgende Kontext aus den Interviews³:

Fallbeispiel aus einem Interview: *„Im Ablauf der Prüfung kann man wenig verändern, da die Baustatik reinkommt und bearbeitet wird. Der Prüfprozess kommt erst dann zum Stoppen, wenn im Laufe des Projekts Änderungen eintreffen und parallel zur eigentlichen Prüfung schon Nachträge eingereicht werden. In Hinblick auf die Zeitschiene kommt hinzu, dass die Qualitäten der Statiken ganz unterschiedlich sind und zunehmend schlechter werden, sodass man bei (z.T. gravierenden) fehlenden Nachweisen da hinterherlaufen muss, was zu Problemen führt. Zum Beispiel werden bei Berechnungen nur die Lasten angesetzt, aber nicht erläutert, woher sie eigentlich kommen, oder wie sie sich zusammensetzen. Weil das für den Aufsteller wahrscheinlich offensichtlich ist, für einen, der das erste Mal darauf schaut, aber nicht. Auch für einen späteren Umbau möchte man wissen, was für Lasten angesetzt wurden [...] Es kommt häufig vor, dass man beim ersten Prüfbericht auch noch zusätzliche Nachweise fordert, die vielleicht fehlten.“*

Der dargestellte IST-Prozess zeigt, dass der Aufsteller bis zur Freigabe der Gründung bei Unstimmigkeiten involviert wird. Doch in Hinblick auf den Passus, dass zusätzliche Nachweise erst mit dem Versenden des Prüfberichtes angefordert werden, wird der Aufsteller bei den aufgehenden Bauteilen erst dann über etwaige Nachbesserungen informiert, wenn der gesamte Prüfprozess abgeschlossen ist. Innerhalb des Gesamtprozesses werden insgesamt 8 Prüfberichte angefertigt, die je nach eingereichter Änderung mehr oder weniger neu erzeugt werden müssen. In Hinblick auf den Abstimmungsprozess zwischen dem Prüfer und Aufsteller werden digitale Informationsmedien (wie bspw. PDF) genutzt, um die Informationen zu transferieren. Digitale Bauwerksmodelle werden zwar im Zuge des Prüfprozesses für eine visuelle Unterstützung des Tragwerkskonzeptes als positiv erachtet, für die Prüfung der statischen Nachweisführung aber nicht berücksichtigt. Als juristische Grundlage wird überwiegend das Informationsmedium Papier verwendet, das sowohl im aufstellenden als auch im prüfenden Büro zum Teil mehrfach auszudrucken, zu ordnen und auf dem Postweg zu versenden gilt. Möchte man also Optimierungspotentiale feststellen, dann gilt es zunächst Mechanismen zu erarbeiten, um den Aufstellprozess in den Prüfprozess zu integrieren, um die zu korrigierenden Informationen auf dem kurzen Dienstweg abzustimmen.

Aufgrund dessen, dass der Prüfprozess überwiegend auf der Grundlage von ausgedruckten Unterlagen basiert und der Prüfprozess, auch bei festzustellenden Korrekturen des Aufstellers, immer abgeschlossen wird, wird der Prüfprozess in Hinblick auf Informationsverluste (auch im Falle eines Ausfalls von verantwortlich handelnden Personen) als stabil eingestuft. Allerdings wird der Prüfprozess, ähnlich wie der Aufstellprozess, im Falle von etwaigen Änderungen stark beeinflusst, sodass der vorab kalkulierte Zeitaufwand zur Einhaltung der Fertigstellungstermine in Bezug auf personelle Kapazitäten ebenfalls als kritisch eingestuft wird.

2.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Abbildung 2.6 zeigt zusammenfassend einen prüfpflichtigen Leistungserbringungsprozess der Tragwerksplanung im Hochbau, für die beauftragten Leistungsphasen (LP) 4 und 5 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) [37]. In der Abbildung sind zwei unterschiedliche Flusspfeile

³ Zur Einhaltung der Wettbewerbsfähigkeit werden die unternehmensspezifischen Interviews nicht veröffentlicht. Die Interviews wurden am 29.08.2019 durchgeführt. Der wiedergegebene Kontext der Interviews wurde im Zuge der Transkription nicht verändert. Lediglich der Wortlaut und die Satzzusammenstellungen wurden für eine bessere Lesbarkeit angepasst.

dargestellt, die zum einen die interne Bearbeitungsreihenfolge im Ingenieurbüro als synchronen Sequenzfluss und zum anderen den Informationsaustausch mit einem externen Prüfbüro als asynchroner Nachrichtenfluss darstellen. Die Bearbeitungsreihenfolge für eine Baustatik startet bei der Ermittlung der Bauwerkseinwirkungen. Anschließend erfolgen die bauteilbezogenen Bemessungen der Baustatik vom Dachtragwerk bis hin zur Gründung, wohingegen die Ausführungsplanung in entgegengesetzter Richtung von der Gründung bis ins Dachtragwerk erfolgt. Die Abbildung 2.6 zeigt weiterhin, dass eine Freigabe der Baustatik erst dann erfolgt, wenn die Baustatik als Gesamtdokument geprüft wurde, wohingegen die Ausführungsplanung geschossweise in Form der jeweiligen Baupläne zur Bauausführung freigegeben werden kann. Nach Abschluss der statischen Berechnungen für die Gründung wird die Baustatik an das zuständige Prüfingenieurbüro über den Postweg, i.d.R. in 3-facher Ausfertigung, für die Prüfung übergeben. Etwaige Aufforderungen zur Nachbesserung werden vom zuständigen Prüfer, i.d.R. in 1-facher Ausfertigung, ebenfalls über den Postweg an den Aufsteller der Baustatik zurückversendet. Eine Aufforderung zur Nachbesserung bei den Einwirkungen könnten bspw. dazu führen, dass die Baustatik für das gesamte Bauwerk (vom Dachtragwerk bis in die Gründung) neu zu bemessen und erneut zur Prüfung einzureichen ist. Dieser iterativer Vorgang wiederholt sich so lange, bis der Prüfer in den Prüfberichten darauf hinweist, dass entweder Nachbesserungen nicht erforderlich sind oder eine Nachbesserung nicht erneut zur Prüfung eingereicht werden muss. Sobald die Baustatik vom Prüfer freigegeben wurde, wird die Ausführungsplanung in Form von Bauplänen geprüft. Die Baustatik liefert somit den notwendigen Informationsbestand für die Ausführungsplanung in Bezug auf die Standsicherheit eines Bauwerks (Querschnitte, Materialien, konstruktive Details etc.). Der Leistungserbringungsprozess der Tragwerksplanung ist gemäß der Abbildung 2.6 abgeschlossen, sobald die Baustatik und die Ausführungsplanung vom Prüfer zur Bauausführung freigegeben wurde. Die dafür zu dokumentierenden Inhalte einer Baustatik sind zwar durch den PI [1] und VDI [147, S. 14f.] definiert, der Dokumentationsumfang für softwaregestützte Tragwerksberechnungen ist im Hochbau hingegen nicht geregelt. Somit unterscheidet sich jede eingereichte Baustatik im inhaltlichen Aufbau und in den Ergebnisumfängen. Je nach dem gewählten Bemessungsansatz des Aufstellers könnte bei einer softwaregestützten Nachweisführung beispielsweise das 4- bis 12-fache an Seiten zur Prüfung eingereicht werden,⁴ womit die Logistik und der Prüfaufwand, aufgrund der Vielzahl an einzureichenden und zu sichtenden Unterlagen, erhöht und der Prüfprozess unnötig verlängert wird.

In Hinblick auf die Risikobewertung von Tragwerken ist es wichtig, bei der Segmentierung der Aufgaben im gesamten Projektteam die Kette der Verantwortlichkeiten nicht zu unterbrechen [22]. Die Kette der Verantwortlichkeiten fängt bei den internen Büro-Organisationen der Fachingenieure an und reicht von der Gesamtprojektleitung über die Konstrukteure bis hin zu den Prüfinstanzen. Innerhalb dieser Informationskette ist ein kontinuierlicher Austausch an relevanten Informationen und Daten zu gewährleisten, um die Risikobewertung nicht zu beeinträchtigen. Der Austausch von Informationen, das Informationsmanagement, erfolgt während der fachlich konstruktiven Hochbauplanung überwiegend durch ein Zusammenspiel aus individuellen Ad-hoc-Entscheidungen innerhalb des Planungsverbundteams, die aufgrund der Vielzahl an projektbeteiligten Akteuren eher stochastischen Ereignissen als getakteten Arbeitsreihenfolgen gleichen. Die Ursache liegt unter anderem an den projektbezogenen Kompetenzschwankungen, die im Zuge der immer wieder neu zu bildenden Unternehmenskonstellation entstehen. Die Ad-hoc-Entscheidungen sind einerseits notwendig, um Unwägbarkeiten direkt „auf dem kurzen Wege“ lösen zu können, und andererseits herausfordernd, um langfristig Arbeitsprozesse kontinuierlich zu verbessern [67]. Gesteuert werden die Ad-hoc-

⁴ Zugrunde gelegt wurde eine einfache Stb.-Stütze mit einem Querschnitt von $a/h/L=24/24/(100 \text{ bis } 1000) \text{ cm}$ und einer Materialbeschaffenheit eines C20/25, die mit einer ständigen Normalkraft am Stützenkopf von $g_k = 1 \text{ kN}$ belastet wurde. Gemäß dem Bemessungsprogramm „R-Stab“ der Firma Dlubal wurden beim Ausdruck aller Informationen standardmäßig 12 Seiten und bei der reduzierten Ausdrucksvariante standardmäßig 4 Seiten, unabhängig vom Schlankheitsgrad, ausgegeben. Für den händischen Bemessungsansatz würde ein Druckspannungsnachweis ausreichen, um die Stb.-Stütze auf max. einer Seite zu bemessen.

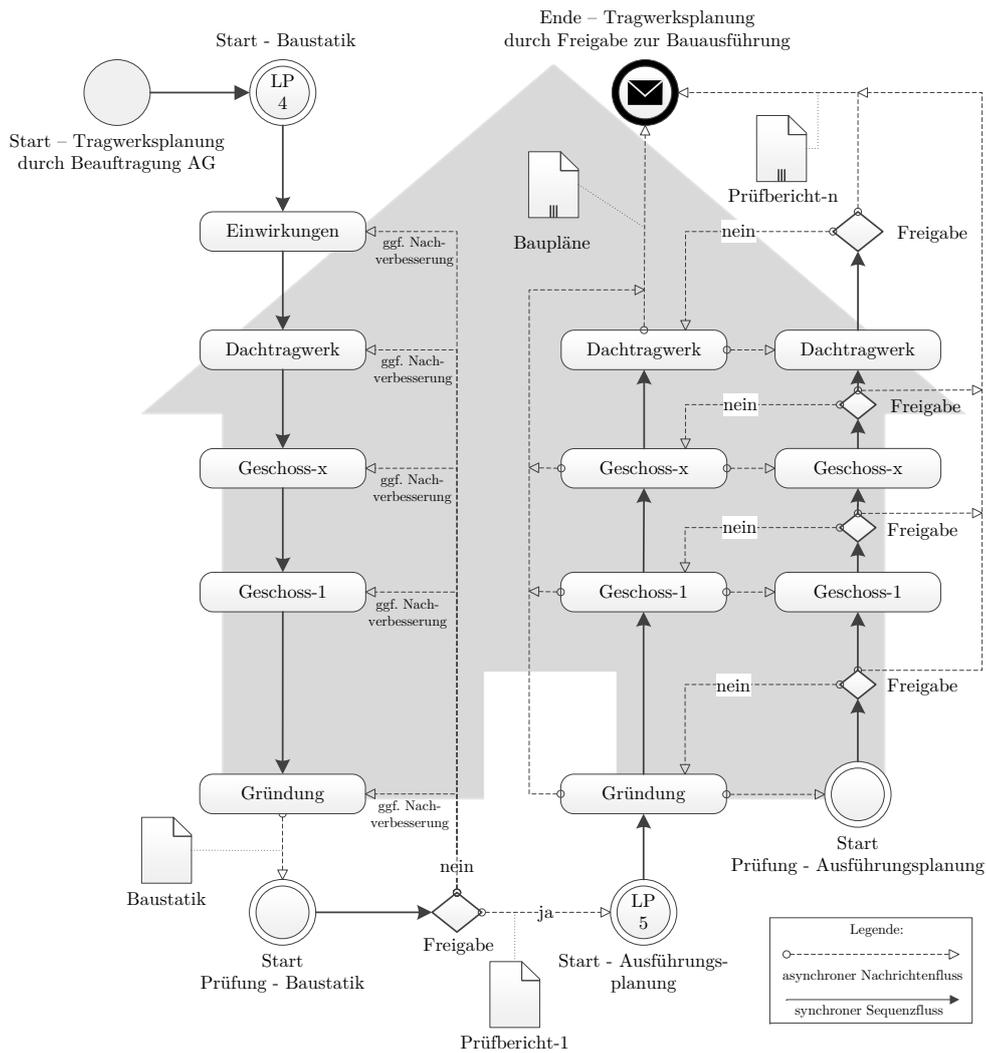


Abbildung 2.6: Zusammenfassende Darstellung der IST-Leistungserbringungsprozesse für prüfflichtige Tragwerksplanungen im Hochbau

Entscheidungen traditionell durch personelle und interpersonelle Kommunikation, wie bspw. durch Telefonate (synchrone Kommunikation) und Korrespondenzen (asynchrone Kommunikation). Das Datenmanagement erfolgt während des Aufstellprozesses separat in der Regel auf eine von Dritten bereitgestellte Planmanagement- oder Projektplattform (nachfolgend Projektraum genannt) und einer organisationsinternen, redundanten Datenablage, durch überwiegend manuelles Hoch- und Herunterladen von Daten. Jegliche Information, die als Daten vom Sender auf einen Projektraum hochgeladen werden, müssen von den potentiellen Empfängern händisch heruntergeladen und auf Vollständigkeit überprüft werden. Da es unter Umständen sein kann, dass eine auf dem Projektraum hochgeladene Datei Informationen für mehrere Empfänger beinhaltet, sind die verantwortlichen Akteure gezwungen, jegliche Dateien auf Inhalte für die eigene Leistungserbringung zu prüfen, sofern die Dateicodierung oder die visuelle Darstellung dies nicht ausschließt. Die Bereitstellung und Nachverfolgung von Informationen ist das zentrale Thema des Projekt- bzw. Informationsmanagements in organisatorischer und operativer Hinsicht und erfordert zusätzlichen personellen Aufwand. Gerade in Hinblick auf personelle Ausfälle, bedingt durch Unternehmenswechsel, Krankheit oder Urlaub, besteht die Gefahr Informationen, die für den Entscheidungsprozess bei der Entwicklung eines

Bauwerks wichtig sind, zu übersehen.

Bislang wurden die Prozesse des Aufstellers und Prüfers immer getrennt voneinander betrachtet. Allerdings zeigen die Tätigkeitsschwerpunkte der IST-Prozesse, dass die Aufstell- und Prüfprozesse stark miteinander verbunden sind und es somit vorteilhaft ist, die Prozesse zu einem Gesamtprozess zu vereinheitlichen. In Hinblick auf die Erkenntnisse aus Kapitel 3.1 wird die Notwendigkeit unterstrichen, auch Optimierungsmaßnahmen in Bezug auf die flächendeckende Standardisierung der Baustatik vorzunehmen, sodass es inhaltlich keinen Unterschied machen darf, wer die statischen Unterlagen prüft, sofern die Prozessteuerung dafür qualifiziert ist, den prozessual generierten Kontext der bautechnische Prüfung sicherzustellen. Weiterhin zeigen sich Verbesserungspotentiale im Dokumentenmanagement. Obwohl die Arbeitsweise des Aufstellers und Prüfers einer sequenziellen Abarbeitung des Aufgabenspektrums folgt, ist kein digitalisierter Prozess vorhanden, der die arbeitsunterstützenden Unterlagen gezielt zur Verfügung stellt. Stattdessen sind manuelle Tätigkeiten notwendig, um die i.d.R. über Korrespondenzen (E-Mail und postalisch) übermittelten Daten herunterzuladen, abzulegen und die notwendigen Informationen, die zur eigenen Leistungserbringung erforderlich sind, aus den Daten zu identifizieren und zu extrahieren. Im Falle eines plötzlichen Ausfalls der verantwortlich handelnden Person kann deren aktueller Leistungsstand von der Vertretungsperson nicht auf Anhieb eingesehen werden, wodurch Verzögerungen im Bauplanungsablauf und Informationsverluste zu erwarten sind. Hier fehlt es derzeit an standardisierten Abläufen, um die Effizienz der Leistungserbringung in den aufstellenden und prüfenden Ingenieurbüros zu steigern. Somit empfiehlt sich die Vereinheitlichung des Aufstell- und Prüfprozesses zu einem digitalisierten Prozess, der in der Lage ist, in Echtzeit den IST-Leistungsstand des Aufstellers und Prüfers darzustellen und die zu bearbeitenden Aufgaben, inklusive der dafür notwendigen Informationen, sequenziell bereitzustellen.

Kapitel 3

Stand der Wissenschaft und Technik – Digitale Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung eines Statikportals: BIM, IMS und RPA

Dieses Kapitel beschreibt die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit. Dafür erfolgt zunächst eine allgemeine Beschreibung des deutschen Genehmigungsprozesses für Tragwerksberechnungen, der als äußerliche Rahmenbedingungen für das zu entwickelnde Statikportal zu verstehen ist. Anschließend werden die digitalen Technologien beschrieben, die zur Problemlösung dieser Arbeit herangezogen werden. Dafür ist es notwendig, eine gewisse Trennschärfe zwischen den Themenfeldern *Digitalisierung* und *digitale Transformation* herzustellen, um die Begrifflichkeiten und deren jeweiligen Themenschwerpunkte für den weiteren Verlauf dieser Arbeit klar unterscheiden zu können. Im Anschluss erfolgt die Beschreibung von BIM-spezifischen Herausforderungen, die in den Ingenieurbüros derzeit einen Mehraufwand darstellen. Anhand von definierten Abgrenzungen und Besonderheiten werden die erforderlichen Merkmale der zugrunde gelegten Technologien beschrieben. Zum einen ist es ein Informationsmanagementsystem, das herangezogen wird, um den Aufstell- und Prüfprozess zu digitalisieren und im Sinne eines Statikportals den prozessualen Kontext zu speichern und sequenziell bereitzustellen. Zum anderen ist es die RPA-Technologie, die in dieser Arbeit verwendet wird, um Bau-Produktmodelle durch den im Statikportal generierten Kontext automatisiert anzureichern. Somit werden in diesem Kapitel die technischen und methodischen Rahmenbedingungen beschrieben, die für die Entwicklung des partizipativ zu nutzenden Statikportals als Grundlagen dienen. Dabei steht die Beantwortung der Frage (2) der Zielsetzung im Vordergrund: Welche Methoden und Technologien eignen sich, um ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal technisch umzusetzen (vgl. Kapitel 4)?

3.1 Das Vieraugenprinzip als Präventivsystem für Tragwerksberechnungen

Das Bauaufsichtssystem der Baubehörde – bestehend aus den Arbeitsprozessen zur Erteilung der Baugenehmigung und zur Einhaltung der Bauordnung im Zuge der Bauaufsicht – ist ein wichtiger Bestandteil des Bauprozesses. Es dient dazu, Fehler und Mängel in der Planung und Ausführung von Bauprojekten zu erkennen und zu vermeiden. Die Funktionsweise des Bauaufsichtssystems ist in verschiedene Phasen unterteilt, die von der Planung bis zur Realisierung des Bauprojekts reichen. In der Planungsphase werden die technischen Anforderungen und die baulichen Vorgaben überprüft.

Dies beinhaltet auch eine Prüfung der Genehmigungsbedingungen durch die zuständigen Behörden. Während der Bauausführung werden regelmäßig Kontrollen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Arbeiten gemäß der genehmigten Bauplanung und den geltenden Vorschriften ausgeführt werden. Diese Kontrollen können von unabhängigen Experten, Architekten oder Ingenieuren durchgeführt werden. Am Ende der Bauausführung wird eine Bauabnahme durchgeführt, um sicherzustellen, dass das Bauwerk den Anforderungen entspricht und alle Mängel behoben wurden. Hierbei werden auch Aspekte wie Brandschutz, Schallschutz und barrierefreies Bauen geprüft.

3.1.1 Definition und Abgrenzung

Das Vieraugenprinzip ist Teil des Genehmigungsprozesses von Tragwerksberechnungen, innerhalb des Bauaufsichtssystems und bezieht sich auf die Überprüfung von statischen Berechnungen und Bauzeichnungen durch eine unabhängige Institution. Es dient dazu, Fehler und Mängel in der Planung frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. In der Praxis werden in der Regel dafür Bauingenieure beauftragt, die bautechnischen Unterlagen zu überprüfen. Der Prüfingenieur oder der Prüfsachverständige (kurz Prüfer) nimmt eine wichtige Rolle innerhalb des Vieraugenprinzips ein, da er die Verantwortung für die Überprüfung der baustatischen Berechnungen und Zeichnungen trägt [55, S. 6]. Der Prüfer muss dabei unabhängig und neutral sein und darf keine direkte Beziehung zum Bauherrn oder zur ausführenden Firma haben [55, S. 3]. Da in Deutschland das Präventivsystem als vorbeugende Gefahrenabwehr berücksichtigt wird [148] [105], erfolgt ab der Gebäudeklasse 3 und vor der Baurealisierung eine Prüfung der Standsicherheit [55]. Die Prüfung kann je nach Bundesland entweder von Prüfämtern, hoheitlich beliehenen Prüfingenieuren oder von privaten anerkannten Prüfsachverständigen durchgeführt werden [31, S. 41 ff.].¹ Neben der Diskussion über die Zweckmäßigkeit, die Prüfung der Standsicherheiten zu privatisieren (vgl. [148], [25, S. 2], [95], [86] und [122]) wird die Erfordernis zur Prüfung der Standsicherheit ebenfalls je nach Landesbauordnung und Gebäudeklasse unterschiedlich behandelt [31, S. 41 ff.]. Eine Vereinheitlichung des Aufstell- und Prüfprozesses bzw. eine flächendeckende Standardisierung der Baustatik würde die unterschiedlichen Regularien der Bauordnungs- und Kontrollsysteme in den jeweiligen Bundesländern allegorisieren und den Aufwand während der Tragwerksplanung erleichtern.

3.1.2 Entwicklungsstand

In der Musterbauordnung (MBO) (2002) wurde zum Thema der Deregulierungsmaßnahmen im deutschen Bauaufsichtssystem folgendes festgehalten [55, S. 1]: *„Im Zuge der 1990 einsetzenden Bauordnungsreformen der Länder haben sich die Landesbauordnungen erheblich auseinander- und von der MBO weg entwickelt, die so ihre Leitbildfunktion für die Bauordnungen der Länder – namentlich im Verfahrensrecht – weitgehend verloren hat. Der föderalistische Wettbewerb in der Ausgestaltung des Bauordnungsrechts hat einerseits die Praxiserprobung einer Vielzahl unterschiedlicher Regelungsmodelle ermöglicht; andererseits wirkt sich die damit verbundene Rechtszersplitterung als nachteiliger Standortfaktor aus. Nach Abschluss dieser Experimentierphase liegen ausreichende Erfahrungen vor, um durch eine weitgehende Überarbeitung der MBO deren Integrationskraft für die Entwicklung des Bauordnungsrechts in Deutschland neu zu begründen und zu stärken.“*

Laut einer Studie von TIEDEMANN (2005) wurde in den Bundesländern die Frage zur Privatisierung der Bauaufsicht sehr unterschiedlich behandelt [130, S. 76–77]: *„In Brandenburg wurden beispielsweise aufgrund schlechter Erfahrungen (Bauschäden) alle Deregulierungsmaßnahmen rückgängig*

¹ *„Während der Prüfingenieur als sogenannter beliehener Unternehmer im Auftrag der Bauaufsichtsbehörde, also im Auftrag des Staates tätig wird und so in einem öffentlich-rechtlichen Auftragsverhältnis steht, wird der Prüfsachverständige direkt vom Bauherrn auf privatrechtlicher Basis beauftragt und bezahlt. Er unterliegt damit den Gesetzen eines substanziell deregulierten Marktes,“* so SAELAND [122, S. 25].

gemacht und alle Bauwerke (einschließlich Einfamilienhaus) der Prüfpflicht durch den hoheitlich tätigen Prüfingenieur unterworfen [...] Der Begriff ‚Privatisierung‘ ist allerdings zu relativieren, da letztlich auch die Tätigkeit des Prüfingenieurs bereits eine Form der Privatisierung darstellt. Hilfreich wäre die Unterscheidung zwischen formeller und materieller Privatisierung [...] Bei der formellen Privatisierung (Prüfingenieur als beliebiger Unternehmer) erfüllt der Staat nach wie vor seine hoheitliche Aufgabe und bleibt Träger der Verwaltungsaufgaben (Anerkennung, Beauftragung, Fachaufsicht, Amtshaftung), während bei der sog. materiellen Privatisierung ein privater Sachverständiger vollständig die Aufgaben des Staates übernimmt und in Eigenverantwortung aufgrund eines privatrechtlichen Werkvertrages die Haftung übernimmt.“

Im „International Journal of Law“ berichteten PEDRO et al. (2010), dass es in jedem Land der Europäischen Union (EU) ein Bauordnungssystem gibt, das die Mindestqualitätsanforderungen in Bauvorschriften festlegt sowie deren Anwendung und Durchsetzung durch ein Bauaufsichtssystem sicherstellt. Die Mindestqualitätsanforderungen der Länder enthalten allesamt Informationen darüber: „*dass Gebäude sicher, energieeffizient und für alle, die in ihnen und in ihrer Umgebung leben und arbeiten, zugänglich sind*“ [25, S. 46]. Weiterhin berichteten PEDRO et al., dass die Bauaufsicht in den jeweiligen Ländern der EU darauf abzielt, die Anwendung und Durchsetzung dieser Mindestanforderungen, im Sinne der Baukontrolle, zu gewährleisten und dass sich die Bauaufsichtssysteme in den Ländern der EU, wie folgt, ähneln [25, S. 46]: „*Entwürfe müssen erstellt und bei einer Behörde eingereicht werden, die deren Übereinstimmung mit den Anforderungen der Zoneneinteilung² und den Bauvorschriften genehmigt. Während des Baus wird durch Baustellenkontrollen sichergestellt, dass das Bauwerk entsprechend der Planung errichtet wird und den Bauvorschriften entspricht. Nach Abschluss der Bauarbeiten wird eine Endkontrolle³ durchgeführt und eine Fertigstellungsbescheinigung⁴ ausgestellt.*“ Trotz dieser Ähnlichkeiten unterscheiden sich die jeweiligen EU-Länder in Bezug auf „*den verfahrenstechnischen Ablauf von Baukontrollen, wie bspw. bei der Durchführung eines vereinfachten Verfahrens, in der Kategorisierung von Bauarbeiten jeglicher Art, in der Möglichkeit zur Phaseneinteilung [...] Der wichtigste Unterschied betrifft jedoch die strukturelle Aufteilung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten zwischen öffentlichen und privaten Parteien.*“

DRESSEL berichtete in einer weiteren Studie (2009), dass die Kontrolle zur Einhaltung der Vorgaben der Musterbauordnung Aufgabe des Staates sei und den Bauaufsichtsbehörden obliegt. Zur Entlastung der Bauaufsichtsbehörden wurden staatlich anerkannte Prüfingenieure beauftragt, die bauaufsichtliche Prüfung der Standsicherheit zu übernehmen, sofern sie unabhängig von den wirtschaftlichen Interessen des Bauherrn waren. Da einige Bundesländer im Zuge der Deregulierungsmaßnahmen die Bauordnungen veränderten, entstanden fatale Folgen mit Sicherheitsdefiziten [50]: „*Die Unabhängigkeit der Prüfingenieure und damit die Qualität der vorbeugenden Gefahrenabwehr wurde durch das Gestatten privater Beauftragungen entscheidend verringert. Darüber hinaus wurden verschiedene Bauvorhaben mit vermeintlich geringeren Sicherheitsanforderungen von der Prüfpflicht freigestellt. Diese Veränderungen widersprechen dem Sicherheitskonzept der DIN 1055-100, das mit der europäischen Normung abgestimmt ist. Das dort geforderte Sicherheitsniveau setzt Expressis verbis die unabhängige Prüfung der Tragwerksplanung voraus. Weitere Risiken für die Unabhängigkeit und Qualität der bautechnischen Prüfung durch die Prüfingenieure drohen bei einer unkritischen Anwendung der europäischen Dienstleistungsrichtlinie.*“

² In Deutschland bekannt als Bebauungspläne (siehe §8 Baugesetzbuch)

³ In Deutschland bekannt als Bauabnahme

⁴ Der Begriff „Fertigstellungsbescheinigung“ fand im Werkvertrag nach dem Bundesgesetzbuch (BGB §641a) Berücksichtigung und wurde im Zuge des Gesetzes zur Forderungssicherung ab dem 01. Januar 2009 in Deutschland ersatzlos gestrichen. Die offizielle Fertigstellung einer Baumaßnahme erfolgt in Deutschland durch die gegenseitige Unterzeichnung eines Bauabnahmeprotokolls.

In einer Studie zum internationalen Vergleich der europäischen Bauaufsichtssysteme berichteten MEIJER et. al (2014) [103, S. 85]: „Das System der Bauordnung und der Bauaufsicht ist in Deutschland vor allem durch die föderale Struktur des Landes und den Rückgriff auf ein strenges System der Produktzulassung bestimmt. Dennoch unterscheiden sich die Bauvorschriften von Bundesland zu Bundesland, trotz jahrelanger Bemühungen, eine bundesweite Vereinheitlichung zu erreichen. Zwar sind die örtlichen oder regionalen Bauaufsichtsbehörden für die Baugenehmigungen und die Bauüberwachung zuständig, aber einige Teile der Überwachung können auch von privaten anerkannten Fachleuten durchgeführt werden. Mit Ausnahme von Produkten und Bauarten, die seit langem verwendet werden, ist eine Zulassung durch anerkannte Institute für die Erteilung einer Baugenehmigung obligatorisch.“

3.2 Digitalisierung und Digitale Transformation

Die Begriffswelt zur Digitalisierung stellt sich verwirrend dar [104, S. 35] [70]. Oft werden die Begriffe Digitalisierung und digitale Transformation synonym verwendet, obwohl sie unterschiedliche Ziele und Auswirkungen auf Unternehmen und Organisationen haben. Konzentriert sich beispielsweise ein Unternehmen ausschließlich auf die Digitalisierung, ohne die Geschäftsprozesse und das Kundenerlebnis zu berücksichtigen, kann dies zwar zu einer Verbesserung der individuellen Arbeitseffizienz führen, das Kundenerlebnis wird dadurch aber nicht verbessert. Im Gegensatz dazu kann eine digitale Transformation dazu beitragen, Geschäftsprozesse zu optimieren, das Kundenerlebnis zu verbessern und die Organisation an die Herausforderungen und Möglichkeiten der Digitalisierung anzupassen, was zu einer besseren Wettbewerbsfähigkeit und einem höheren Unternehmenserfolg führen kann. Daher ist es wichtig, die Bedeutung beider Begriffe zu verstehen, um die richtigen Entscheidungen zur Anpassung an die digitale Welt zu treffen.

3.2.1 Definition und Abgrenzung

Die Digitalisierung umspannt als Querschnittsthema die Disziplinen der Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft [36, S. 14]. Die vielfältigen Möglichkeiten zur Datenerfassung, -speicherung, -übermittlung und -auswertung stehen dabei im Zentrum der Entwicklung [40]. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) definiert die Digitalisierung als „die umfassende Vernetzung aller Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Fähigkeit, relevante Informationen zu sammeln, zu analysieren und in Handlungen umzusetzen“ [38, S. 3]. Ausgehend von dieser Bedeutung „wird in der Wissenschaft unter Digitalisierung nunmehr die Veränderung von Abläufen und Prozessen bedingt durch den Einsatz digitaler Technologien verstanden“ [36, S. 14].

In dieser Arbeit beschreibt die Digitalisierung den Prozess, bei dem analoge Informationen, Prozesse und Systeme in digitale Form übertragen werden. Es handelt sich um eine rein technische Umsetzung, die keine grundlegenden Veränderungen in Geschäftsprozessen beinhaltet. Die digitale Transformation hingegen bezieht sich auf den Prozess, bei dem Unternehmen ihre Geschäftsmodelle und Prozesse an die Möglichkeiten und Herausforderungen der Digitalisierung anpassen, um bessere Ergebnisse zu erzielen. Hierbei geht es um eine tiefgreifende Veränderung, die die Art und Weise, wie ein Unternehmen arbeitet, beeinflusst. Die digitale Transformation ist somit ein kontinuierlicher Prozess, der von Technologien, Prozessen, Menschen und Daten getrieben wird und Auswirkungen auf die Wirtschaft hat.

3.2.2 Entwicklungsstand

Die Geschichte der Digitalisierung kann bis in die 1950er Jahre zurückverfolgt werden, als die ersten Computersysteme für den kommerziellen Einsatz entwickelt wurden (vgl. [68, S. 28]). Laut einer

Studie von WIENER (1956) wurde die digitale Technologie aus der Notwendigkeit geboren, große Datenmengen schnell und effizient verarbeiten zu können. WIENER argumentierte, dass die digitale Technologie die Fähigkeit hat, komplexe Prozesse automatisch auszuführen, und dass diese Fähigkeit einen enormen Einfluss auf die Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft haben würde [154]. Eine andere Studie von TAYLOR (1968) beschreibt, wie die Einführung des Internets in den 1960er Jahren die digitale Revolution weiter beschleunigte. Die Verbindung von Computern auf der ganzen Welt ermöglichte den Austausch von Daten und Informationen in Echtzeit und legte den Grundstein für das moderne Internet [149, S. 282].

Die digitale Transformation beschreibt den Prozess, wie sich Unternehmen, Gesellschaft und Individuen an die digitale Welt anpassen. Laut einer Studie von WEIL et al. (2004) ist die digitale Transformation ein Prozess, der von vier Kernkomponenten getrieben wird: Technologie, Prozesse, Menschen und Daten. Die Autoren argumentierten, dass die digitale Transformation ein kontinuierlicher Prozess ist, der ständig an die sich verändernde digitale Landschaft angepasst werden muss [150]. Eine Studie von MANYIKA et al. (2011) untersuchte den Einfluss der digitalen Transformation auf die Wirtschaft. Die Autoren stellten fest, dass die digitale Transformation zu einer Veränderung der Wettbewerbslandschaft und zu neuen Geschäftsmöglichkeiten geführt hat. Sie argumentierten auch, dass die digitale Transformation eine signifikante Rolle bei der Schaffung von Wachstum und Beschäftigung in der Wirtschaft einnehmen wird [100].

In Bezug auf sicherheitsrelevante Aspekte argumentierten KROPP et.al (2021), dass es beispielsweise bei hybriden Netzwerken – zwischen Menschen, Maschinen und Programmen – wichtig ist, die Entscheidungsmacht eindeutig zu definieren [91, S. 98–99]: *„In den Jahren 2018 und 2019 stürzten zwei voll besetzte Passagierflugzeuge des Typs Boeing 737 Max 8 ab. Die viel beachtete Tragödie ließ sich auf eine schlechte Konfiguration der Mensch-Maschine-Beziehungen zurückführen. Ein automatisiertes Korrektursystem (Maneuvering Characteristics Augmentation System, MCAS) hatte die Flugzeuge fälschlicherweise in einen Sinkflug gelenkt und die Piloten konnten das Steuerungssystem nicht unter Kontrolle bringen [...] weil ein Sensor am Bug des Flugzeugs dem automatisierten Korrektursystem einen falschen Neigungswinkel meldete, die Automatik das Höhenleitwerk verstellte und die Flugzeugnase unwiderruflich nach unten drückte. Flugkapitän und Co-Pilot bemerkten die Gegensteuerung, konnten aber das intelligente System nicht überwinden und auch im Handbuch keine Problemlösung finden. Am 10. März 2019 stürzte das zweite Flugzeug ab, obwohl die Piloten, wie nach dem ersten Absturz empfohlen, die Trennschalter betätigten und insgesamt 26 Mal manuell den Sinkflug korrigiert hatten: Bei ihrem verzweifelten Kampf gegen die automatisierte Steuerung hatten sie die Geschwindigkeit so stark erhöht, dass am Ende die Kräfte am Heck zu groß waren.“*

3.2.3 Besondere Merkmale

In den letzten Jahren haben digitale Plattformen die Art und Weise verändert, wie Menschen miteinander interagieren, Informationen und Waren austauschen und Geschäfte tätigen [33]. Als digitale Plattform wird ein technisches System verstanden, das es Nutzern ermöglicht, Dienstleistungen und Inhalte online bereitzustellen, zu teilen und zu nutzen. Es ist eine Online-Umgebung, die eine hohe Interaktivität, Datenanalyse und Personalisierung ermöglicht. Plattformen werden zumeist als dezentralisierte Systeme beschrieben, die Interaktionen und Transaktionen zwischen Benutzern ermöglichen, während Portale als zentralisierte Websites verstanden werden, die Zugang zu verschiedenen Inhalten und Dienstleistungen bieten [54].

Wie in der Abbildung 3.1 dargestellt, nutzt die digitale Transformation die Vorteile der Digitalisierung, um Geschäftsprozesse zu optimieren, Kundenbedürfnisse besser zu verstehen oder bessere Ergebnisse zu erzielen. Im dargestellten Fall werden unterschiedliche Technologien miteinander

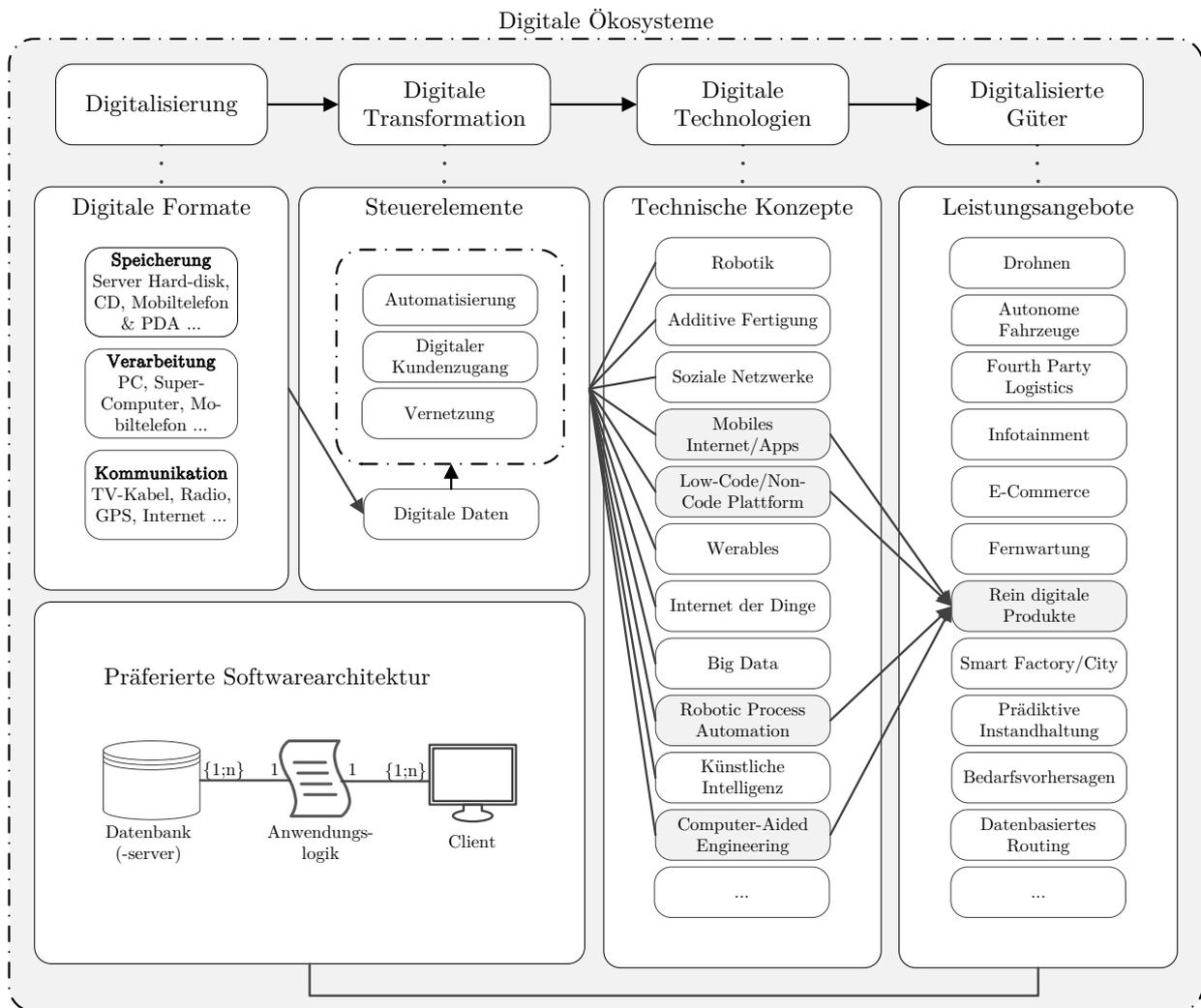


Abbildung 3.1: Antizipiertes Grundverständnis von digitalen Ökosystemen

vernetzt, um eine Baustatik (ein rein digitales Produkt) zu erzeugen. Die Abbildung zeigt weiterhin, dass vormals getrennte Produkte und Dienstleistungen über digitale Plattformen zusammengeführt werden [39, S. 6], womit die Möglichkeit geschaffen wird, Prozesse zu automatisieren sowie Dienstleistungen und Produkte zu individualisieren. Basierend auf technischen Konzepten werden somit digitale Leistungsangebote erzeugt, die in der Internet-Ökonomie „immaterielle Mittel“ zur Bedürfnisbefriedigung darstellen, die wiederum mithilfe von Informationssystemen entwickelt, vertrieben oder angewendet werden [128]. Digitalisierte Güter beschreiben dezidiert die Produkte, die entweder keinerlei physischen Anteil (digitales Gut) oder einen digitalen und einen physischen Anteil (digitalisierbares Gut) besitzen (vgl. [23, S. 59]).

3.3 Building Information Modeling im Prozess der Tragwerksplanung

Das Konstruieren von Bauwerks-Modellen auf Papier wurde im Bauwesen bereits ab dem Jahr 1990 sukzessiv durch rechnergestützte Arbeitsweisen nach Computer Aided Design (CAD) abgelöst [99]. Linien, Schraffuren und Flächen wurden mit CAD auf dem Rechner gezeichnet, geändert und

versioniert. Dadurch konnte die Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit gegenüber der damals klassischen papierbasierten Arbeitsweise deutlich erhöht werden. Auch auf komplexe Änderungen konnte mit CAD kurzfristiger reagiert werden. Während die Einführung von CAD im Bauwesen im Wesentlichen die betriebsinternen Arbeitsprozesse der Planungsbüros veränderte, verändert BIM die kollaborative Arbeitsweise im Planungsteam, entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Bauwesens. Im Zuge der Digitalisierung können heute die Kommunikations- und Arbeitsprozesse entlang des gesamten Lebenszyklus erfasst und ausgewertet werden. Basierend auf CAD-gestützten Bauwerksdatenmodellen unterstützen Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)-Systeme die kollaborative Zusammenarbeit im Bauplanungsteam. Informationsbegrenzte zweidimensionale (2D)-Zeichnungen werden durch repräsentative, informationsoffene Computermodelle abgelöst oder erweitert. Bauwerke werden mittels BIM-fähiger CAD nicht mehr gezeichnet, sondern durch Bauteile (Objekte) virtuell am Computer zu einem Bauwerk realitätsgetreu zusammengefügt (modelliert). Komplizierte Tragstrukturen und komplexe Detailpunkte können am dreidimensionalen (3D)-Bauwerksmodell von jedem und überall auf der Welt betrachtet, analysiert und ggf. verändert werden. Um die softwaregestützte und partnerschaftliche Projektbearbeitung in Deutschland zu fördern, führt die Bundesregierung die Arbeitsweise mittels BIM im Bauwesen ein [35]. Als Teil der Digitalisierungsstrategie des Bundes ist die Eignung der Arbeitsmethodik bereits seit dem Jahr 2021 bei allen neu zu planenden Verkehrsinfrastrukturgroßprojekten verpflichtend zu überprüfen. Flächendeckend soll BIM sich sukzessiv zum Standard entwickeln [43, S. 107]. Die Politik forciert ebenfalls die BIM-Methodik auch für neu zu planenden Bundeshochbauten einzuführen [34].

3.3.1 Definition und Abgrenzung

Als Querschnittsthema der Disziplinen Wirtschaft, Recht, Politik und Wissenschaft [35] steht die Arbeitsmethodik BIM inhaltlich für einen ganzheitlichen und partnerschaftlichen Ansatz, die wertschöpfenden Informationen [144] der Planung, des Bauens und Betriebens eines Bauwerks softwaregestützt in Modellen zu erfassen und datenzentrisch für alle prozessbeteiligten Akteure bereitzustellen [35, S. 5]. So definiert der Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) BIM als „*Methodik zur Planung, zur Ausführung und zum Betrieb von Bauwerken, mit einem kollaborativen Ansatz auf Grundlage eines digitalen Bauwerks-Informations-Modells zur gemeinschaftlichen Nutzung [...] Das Bauwerksmodell ist das primäre Werkzeug, das die Arbeitsweise unterstützt und der Verwaltung von Informationen dient (z. B. Zeit, Kosten, Nutzungsdaten)*“ [145]. Das Ziel dieser Planungsmethodik ist die Steigerung der Produktivität [13, S. 19] und die Vermeidung von Kostenexplosionen im Planungs- und Bauprozess [44, S. 75].

Durch die real-getreuen Repräsentationen der Bauwerke als digitales Abbild in einem digitalen Bauwerks-Informations-Modell sind die Hauptprofiteure von BIM die Informationsnutzer⁵ und nicht die Informationsautoren⁶, da für die Erstellung eines digitalen Bauwerks-Informations-Modells, aufgrund der größeren Informationsdichte, ein wesentlich höherer Aufwand in der Informationsbereitstellung entsteht. Um die Leistungserbringung in der Tragwerksplanung anhand von aussagefähigen Modellen zu erzielen, ist es nicht ausreichend, Informationen lediglich entlang des Meterrisses zu generieren oder in Prinzip-Details darzustellen, wie es dies bis dato bei der zeichnungsbasierten 2D-Planung der Fall ist. Vielmehr müssen Informationen mit BIM ganzheitlicher entlang der gesamten Tragstruktur, also vertikal vom Fuß- bis hin zum Decken- oder Dachanschlusspunkt sowie horizon-

⁵ Gemäß VDI sind Informationsnutzer „*Projektmitglieder, die das Datenmodell ausschließlich zur Informationsgewinnung nutzen und dem Bauwerksinformationsmodell keine Daten oder Informationen hinzufügen*“ [146, S. 13].

⁶ Gemäß VDI sind Informationsautoren „*Projektmitglieder, die das Datenmodell [...] bearbeiten. Ihnen „obliegt die Datenhoheit über die von ihnen erstellten Fach- und Teilmodelle*“ [146, S. 13]. Explizit betrifft das in den frühen Leistungsphasen die Fachdisziplinen Architektur, Tragwerksplanung und Technische Ausrüstung.

tal entlang des gesamten Bauwerks dargestellt werden, um konsistente und damit für die weitere Bearbeitung aussagefähige digitale Bauwerks-Informations-Modelle zu erhalten, die eine homogene Genauigkeit in der Abbildung aufweisen [126, S. 139]. Es ist zwar möglich, die Bauteile (Objekte) mit weiteren alphanumerischen Werten, durch sogenannte Attribute anzureichern, doch sind diese begrenzten Informationsbereiche nicht ausreichend, um die bautechnische Nachweisführung einer Baustatik abzubilden (vgl. [131, S. 60]). In diesem Fall müssten die gesamten mathematischen Standsicherheitsnachweise und deren kausalen Zusammenhänge, die während des Erstellungsprozesses einer prüfpflichtigen Baustatik abgebildet werden, mit den bestehenden digitalen Bauwerks-Informations-Modellen verortet werden, sodass hier gem. EASTMAN et al. zwischen Modellierungstechnologie und Prozessen zu unterscheiden ist [51, S. 15 f.].

In dieser Arbeit wird BIM als ein prozessorientierter Ansatz zur Gestaltung, Planung, Konstruktion, Betrieb und Instandhaltung von Bauwerken angesehen, in dem zur Abstimmung veröffentlichte digitale Bauwerks-Informations-Modelle (nachfolgend Bau-Produktmodelle genannt, vgl. [72, S. 5 ff.])⁷ dafür verwendet werden, um Informationen und Daten über ein Bauwerk zu visualisieren, zu sammeln, zu organisieren und zu nutzen. BIM hat somit das Potential, die Tragwerksplanung zu verbessern, indem es eine effizientere Kommunikation ermöglicht, sofern die Arbeitsweisen der prozessbeteiligten Akteure aufeinander abgestimmt sind. Darüber hinaus kann es die Planungszeit verkürzen und Fehler reduzieren, da es eine einheitliche Informationsbasis bietet [24, S. 774], die jederzeit für Mensch und Maschine zugänglich ist.

3.3.2 Entwicklungsstand

Durch die Visualisierung von geometrischen und integrativen Informationen⁸ sowie der Strukturierung von intrinsischen Informationen⁹ verbessert ein zentrales Bau-Produktmodell die Koordination der Bauplanung. BIM verbessert allerdings nicht den Informationsgewinnungsprozess, da die modellbasierten Informationen lediglich als Daten immer die Endergebnisse eines Bearbeitungsstandes repräsentieren. Die Informationsgewinnung erfolgt in der Tragwerksplanung weiterhin durch den Aufstellprozess einer Baustatik, anhand von Tragwerksanalysen und -berechnungen, die zur Abschätzung des Standsicherheitsrisikos eines Bauwerks dienen. So berichtet die Internationale Organisation für Normung (ISO), dass mit BIM ein Prozess erst dann erheblich verbessert wird, wenn die benötigten Informationen zur Unterstützung eines Bauprozesses oder Anwendungsfalls bereits im Datenmodell verfügbar und die Informationen qualitativ zufriedenstellend sind [46, S. 6]. Um zufriedenstellende Informationen während der Tragwerksplanung effektiver als bis dato bereitstellen zu können, bedarf es eines digitalen, unternehmensübergreifenden Leistungserbringungsprozesses der aktuell nicht in der Praxis verfügbar ist und derzeit nicht in der aktuellen Forschungslandschaft berücksichtigt wird (vgl. [30] und [29]). Somit ist weiterhin ein manueller, iterativer Abstimmungsprozess notwendig (vgl. [88, S. 248 ff.]), obwohl mit der Anwendung von BIM eine höhere und qualitativ hochwertigere Informationsdichte zu erbringen ist, als es mit der informationsbegrenzten 2D-Planung der Fall wäre (vgl. [97, S. 22]). Als größte Herausforderungen werden somit personelle [118, S. 13] und finanzielle [10, S. 61] Aspekte sowie fehlende Akzeptanzen ([10, S. 61], [118, S. 13]) genannt, die

⁷ Die Datenübertragung eines CAD-basierten Bauwerks-Informations-Modells erfolgt i.d.R. über die produktneutrale Schnittstelle Industry Foundation Classes (IFC). Jedes IFC-Modell repräsentiert das Produkt eines Bauwerks und beschreibt den entsprechenden Leistungsstandes einer betrachteten Leistungsphase. Weiter Informationen zur IFC sind dem Kapitel 3.3.4.2 zu entnehmen.

⁸ Geometrische Informationen beschreiben bspw. die Kubatur eines Baukörpers oder die Querschnitte von Bauteilen. Integrative Informationen beschreiben die zusammengeführten Informationen, bspw. die Integration der Fachmodelle zu einem Koordinationsmodell.

⁹ Intrinsische Informationen beschreiben die Eigenschaften eines Bauwerks, wie bspw. Geschossanzahl, Bauwerkskubatur, Anzahl und Beschreibung der tragenden und nichttragenden Bauteile sowie deren Baustoffeigenschaften.

eine flächendeckende Anwendung von BIM derzeit verhindern.¹⁰ Somit hat sich gemäß ZEW „die Produktivitätsentwicklung in der deutschen Bauwirtschaft [...] in den letzten Jahren im Vergleich zu anderen Branchen unterdurchschnittlich entwickelt“ [10, S. 49].

Bereits durchgeführte Forschungsvorhaben zeigen, dass der Aufwand die größte Hürde bei der Einführung von neuen Methoden und Technologien in der Tragwerksplanung darstellt. So beschreibt bspw. EISFELD et al. im Forschungsprojekt „Tragwerk-FMEA“, dass das entwickelte Verfahren¹¹ nur vereinzelt angewendet wird, da die Umsetzung im operativen Geschäft, aufgrund des hohen Konkurrenzdrucks der Ingenieurbüros zu aufwändig ist [52, S. 338]. Dass der finanzielle und zeitliche Aufwand auch bei der BIM-Implementierungen die größten Hemmnisse in den Unternehmen darstellen, bestätigen die Erhebungen von PWC [117] und BERTSCHEK et al. [10]. So geben die befragten Unternehmen an, dass die größten Herausforderungen dabei das Finden von Fachkräften (PWC: 52 Prozent)¹² bzw. der zu hohe Zeitaufwand (BOLSCHKE: 61,6 Prozent) und die Investitionskosten (PWC: 48 Prozent; BOLSCHKE: 62,4 Prozent) sei. Die Suche nach Fachkräften lässt darauf schließen, dass die Unternehmen die bevorstehenden Aufgaben nicht durch den eigenen Personalbestand bewerkstelligen können. In Hinblick auf den Fachkräftemangel und der hohen konjunkturell bedingten Arbeitsbelastung würde dies erklären, warum lediglich 11 Prozent der befragten Unternehmen BIM im Jahr 2019 anwendeten (vgl. [10, S. 77]).

In einer Studie zum Thema des BIM-basierten Baugenehmigungsprozesses berichteten PONNEWITZ et al. (2019), dass zwar im Bereich des BIM-basierten Bauantrags Prozesse in der Normung und Literatur abgebildet werden. Diese aber „nur zweitrangig bzw. mit einem untergeordneten Fokus in die derzeitigen Forschungsuntersuchungen“ eingehen, womit „Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Prozessanalyse“ besteht [115, S. 39].

In Hinblick auf eine fehlende Prozessoptimierung und der Einführung von BIM innerhalb der Tragwerksplanung berichteten STRACKE et al. (2020) [129, S. 330]: „Die BIM-Methode verleitet mit ihrer fachübergreifenden 3D-Planung zu der Vorstellung, dass auch die Berechnung und Bemessung am 3D-Modell sinnvoller ist. Die aufgezeigte Vielschichtigkeit der Tragwerksberechnung verdeutlicht aber, dass die statische Berechnung ganz unterschiedliche Betrachtungsweisen in Abhängigkeit von Tragkonstruktion, Einwirkung und Nachweisführung erfordert. Aufgabe des Tragwerksplaners ist daher, die passende Berechnungsmethode für die einzelnen Nachweise zur Sicherstellung der Trag- und Gebrauchstauglichkeit mit Sachverstand auszuwählen. [...] Bei der Diskussion über 2D oder 3D darf das Ziel der statischen Berechnung, nämlich die Erstellung einer gut nachvollziehbaren Statik, nicht aus den Augen verloren werden. Einfach, übersichtlich und nachvollziehbar dokumentierte Ergebnisse erleichtern die richtige Umsetzung in der Ausführungsplanung, die Prüfung der statischen Berechnung und die Planung späterer Umbaumaßnahmen und helfen, Fehler zu vermeiden. Hierin liegt eine große Herausforderung der 3D-Berechnung. Auch mit Hinblick auf die Dokumentation der Statik und den Vorgang der statischen Prüfung wird die Digitalisierung zukünftig zu Prozessoptimierungen führen.“

Zum Thema des BIM-basierten Bauantrags berichteten TULKE et al. (2021) [131, S. 60]: „Für eine vollständige digitale Bearbeitung von BIM-basierten Bauanträgen ist es aber notwendig, das gesamte Prüfprogramm zu betrachten und zu implementieren. Bei der Projektbearbeitung wurde ersichtlich,

¹⁰ BIM wird in der Bauwirtschaft selten eingesetzt (Stand 2019): Gemäß der Studie des ZEW beträgt die Einsatzquote der Technologie im Jahr 2019 unter den befragten Unternehmen maximal 13,7 Prozent [10, S. 49]

¹¹ beinhaltet ein Qualitätssicherungssystem für die computerbasierte Tragwerksplanung mittels der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA), die zur transparenteren Darstellung und Internationalisierung des deutschen Prüfsystems von Tragwerken dient

¹² PWC – Stand 2021: 81 Prozent [118]

dass hierzu zunächst die gesetzlichen Grundlagen klar und präzise formuliert und ‚digitalisiert‘ werden müssen. Digitalisierung in diesem Sinne meint die Aufarbeitung der Prüfprozesse, die hinter den eigentlichen Gesetzestexten stehen, bspw. in Form von Ablaufdiagrammen, die anschließend von Fachpersonal in prüffähige Software integriert bzw. implementiert werden kann. Ergänzend müssen zu jedem Anwendungsfall im Rahmen einer Modellierungsrichtlinie präzise Vorgaben gemacht werden, wie die entsprechenden benötigten Informationen im BIM-Modell zu hinterlegen sind. In diesem Zusammenhang ist der derzeitige Mangel an offenen Datenformaten, insbesondere zur herstellereutralen Spezifikation von regelbasierten Modellprüfungen, offensichtlich geworden. Weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist zur Spezifikation einer allgemeinen und offenen Modellprüfregelsprache notwendig.“

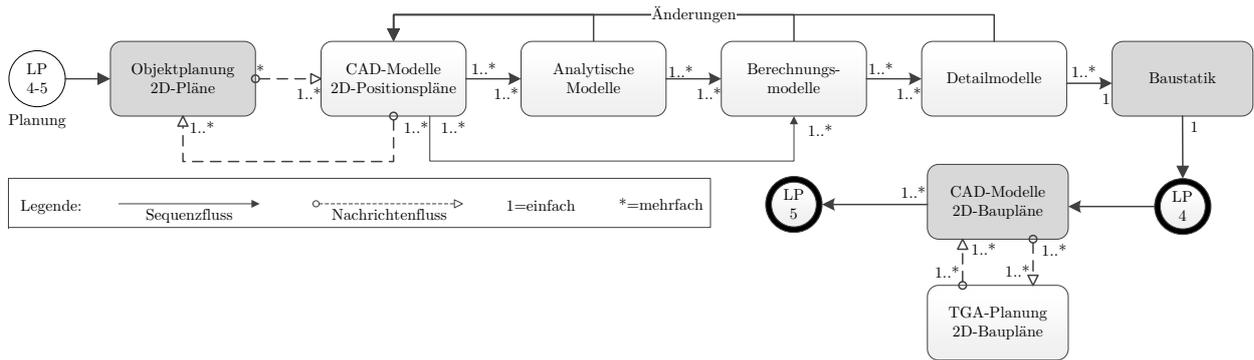
3.3.3 Besondere Herausforderungen

Die Abbildung 3.2 (a) zeigt die digitalen Modelle und deren Bearbeitungsreihenfolge, die bei der Tragwerksplanung ohne BIM zum Einsatz kommen können, um die Risikoabschätzung in Bezug auf die Standsicherheit eines Bauwerks in einer Baustatik zu dokumentieren und die Bauweise in Bauplänen festzulegen (vgl. [129]). Auf Basis des Bauwerksentwurfs, der Objektplanung werden die Lastflüsse des Bauwerks vom konstruktiven Ingenieur festgelegt und die Positionsnummern für die Tragwerke entlang der Lastflüsse chronologisch vom Dach bis in den Baugrund in 2D-Positionsplänen¹³ kenntlich gemacht. Die Positionspläne werden der Objektplanung für die weitere Konkretisierung der Bauwerksentwürfe und für die Koordination im Projektteam wieder übergeben. Im Anschluss erfolgen die softwaregestützten Tragwerksberechnungen. Die Abbildung 3.2 (b) zeigt, wie sich der Bearbeitungsablauf der Tragwerksplanung unter der Anwendung von BIM darstellt. Sie zeigt, dass durch BIM auf einen asynchronen Nachrichtenfluss verzichtet werden kann, da die Koordination nicht durch einen Austausch von Dateien erfolgt, sondern auf einer gemeinsamen Bearbeitung direkt in einem Koordinationsmodell basiert. In einem Koordinationsmodell lassen sich die Planungsstände der unterschiedlichen Fachdisziplinen durch die fachspezifischen Bau-Produktmodelle (Referenz- und Fachmodelle) übereinanderlegen und Fehlstellen durch maschinelle Kollisionsprüfungen direkt am Koordinationsmodell identifizieren. Durch das BIM Collaboration Format (BCF) lassen sich die Fehlstellen beschreiben, priorisieren, terminieren und zuweisen, sodass die projektbeteiligten Akteure über eine modellbasierte Kommunikation miteinander interagieren können. Dies ermöglicht eine transparente Darstellung des aktuellen Bearbeitungsstandes aller beteiligten Fachdisziplinen in einem Modell. Durch eine regelmäßige und kontinuierliche Planungscoordination und –prüfung wird das Bauwerkskonzept dadurch iterativ optimiert. Das Koordinationsmodell wird auf einer gemeinsamen Datenumgebung, engl. Common Data Environment (CDE), gespeichert und versioniert. Der Zugang zu einer CDE erfolgt mit einer entsprechenden Rechtevergabe über einen Browser. Aus den abgestimmten CAD-basierten Bauwerksdatenmodellen können die Pläne, wie bspw. in der Tragwerksplanung die Positions- und Baupläne, (halb)automatisiert¹⁴ abgeleitet werden.

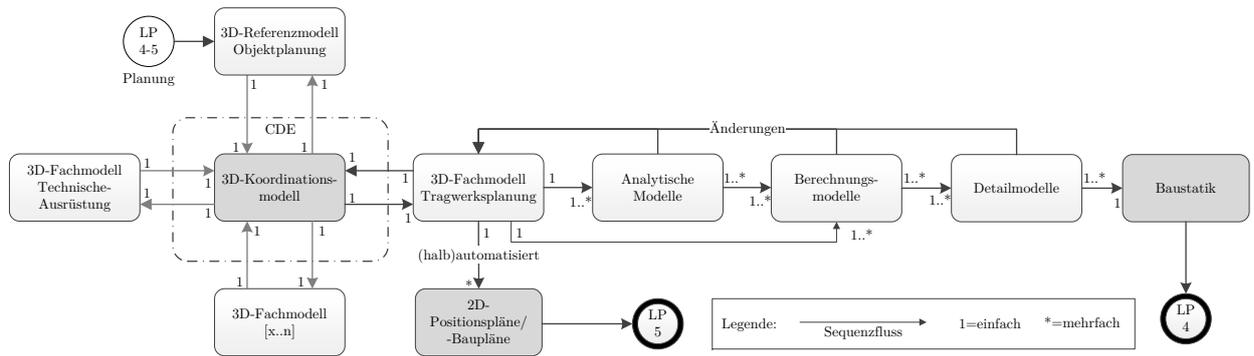
Trotz der genannten Vorteile gibt es noch Herausforderungen, die die Ingenieurbüros bei der Etablierung von BIM im Prozess der Tragwerksplanung bewältigen müssen. So ist von den Ingenieurbüros sicherzustellen, dass das Bau-Produktmodell in die bestehenden Prozesse integriert wird, um eine reibungslose Zusammenarbeit zu ermöglichen und Fehler in der Informationskette zu vermeiden. Dafür ist sicherzustellen, dass das Tragwerksmodell über die Projektlaufzeit konsistent mit den Informationen der aktuellen Leistungsstände der projektbeteiligten Akteure abgestimmt und kontinuierlich angereichert wird. Weiterhin müssen die Mitarbeitenden geschult und weitergebildet werden, um über die notwendigen Fertigkeiten und Kenntnisse zu verfügen, damit sie mit den

¹³ gem. der HOAI LP 4, Anlage 14 (§ 51 Absatz 5, § 52 Absatz 2) [37, S. 107]

¹⁴ Gegebenenfalls sind Anpassungen an der Bemaßung und Formatierung für eine bessere und normenkonforme Lesbarkeit sowie das Hinzufügen von textlichen Erläuterungen notwendig.



(a)



(b)

Abbildung 3.2: Digitale Modelle und deren Bearbeitungsreihenfolge in der Tragwerksplanung – (a) ohne BIM; (b) mit BIM

Bau-Produktmodellen effizient arbeiten können. Eine weitere Herausforderung ist die Integration von BIM mit bereits etablierten Systemen und Anwendungsprogrammen, um eine effiziente Nutzung von Daten und Informationen zu ermöglichen.

Die Koordination der Bauplanung, basierend auf Bau-Produktmodellen, führt dazu, dass es nicht ausreichend ist, die Positionsnummern in die 2D-Entwurfszeichnungen des Objektplaners einzutragen. Wodurch sich der Aufwand bei der Erbringung dieser Grundleistung vergrößert. Die objektbasierte Erstellung (Modellierung) eines Positionsplans wird zwar durch die Zuarbeit der Objektplanung in Form des Referenzmodells unterstützt, jedoch müssen bei einem konsistenten Tragwerksmodell alle tragenden Bauteile positioniert und nicht, wie mit der 2D-Planung üblich, lediglich die Bauteile, die in den Grundrissen, Schnitten und Prinzip-Details abgebildet werden. Weiterhin ist der Fertigstellungstermin der Grundleistung mit BIM nicht mehr abhängig von nur einer Zuarbeit, wie in Abbildung 3.2 durch die Objektplanung dargestellt, sondern von mehreren Zuarbeiten, sodass auch hier der Abstimmungsaufwand für die HOAI-Grundleistung, zur Erstellung eines Positionsplans, erhöht wird.

Des Weiteren lassen sich die zur Prüfung einzureichenden Tragwerksberechnungen bis dato nicht mit den Bau-Produktmodellen direkt verorten. Was dazu führt, dass die statischen Berechnungen und die Modelle bisweilen i.d.R. in unterschiedlichen Autorenprogrammen erstellt werden, wodurch der Aufwand bei der Erstellung einer BIM-konformen Baustatik höher ist als in anderen Fachdisziplinen. Bau-Produktmodelle können zwar bidirektional mit einem Analyse-Modell verknüpft werden, doch sind diese Analysen nicht immer ausreichend aussagefähig. In speziellen Fällen lassen sich bestimmte

Bauteile nicht über die technische Biegelehre berechnen und bemessen. Beispielsweise wird bei Stahlbetonteilen unter sogenannten B-Bereichen (B = Balken oder Bernoulli), für die eine Standardbemessung möglich ist, und D-Bereichen (D = Diskontinuität), für deren Kraftfluss eine gesonderte Untersuchung notwendig ist, unterschieden (vgl. [89] und [64, S. 118]). Im Falle von Diskontinuitäten bedarf es weiterer, tiefgreifenderer softwaregestützter oder händischer Tragwerksberechnungen, um die Risikoabschätzung in Bezug auf die Tragfähigkeit plausibilisieren zu können. In diesem Fall wäre es nicht ausreichend, die Standsicherheit eines Bauwerks ausschließlich durch die Ergebnisse eines einzigen Modells abschließend zu bewerten. Eine frei zugängliche Vereinheitlichung dieser beiden Autorenprogramme würde den Aufwand zur Erstellung einer modellbasierten Baustatik erheblich erleichtern.

Obwohl sich der Umgang mit Informationen direkt auf das Ergebnis eines Bauprojektes auswirkt, können klassische Optimierungsstrategien aufgrund der mathematischen Nichtbeschreibbarkeit, im Sinne der Gesamtprojektkoordination, weiterhin nicht angewendet werden (vgl. [153]), sodass die Problemlösung der Bauplanung überwiegend durch Methodiken ohne Algorithmus erfolgt (vgl. [107, S. 12] und [6]). Was dazu führt, dass die Erwartungen an eine gemeinschaftlich zu nutzende, konsistente und kompatible Datenumgebung steigt, damit der immer komplexer werdende Abstimmungsaufwand zwischen den planenden Akteuren beherrschbar bleibt und der Aufwand möglichst gering gehalten wird. So berichtet die DIN-SPEC, dass „*nationale und internationale Standards den Einsatz von ‚Gemeinsamen Datenumgebungen (englisch: Common Data Environment (CDE))‘ bei der kollaborativen Erstellung von Informationen in BIM-Projekten*“ vorsehen [48, S. 5]. Gerade im Kontext einer zunehmend dezentralen und komplexeren Projektzusammenarbeit wird, gem. STANGE, „*der Aspekt der disziplin- und applikationsübergreifenden Interaktion und Integration zu einem zentralen Faktor für das Gelingen der projektbezogenen Zusammenarbeit und damit für den Projekterfolg*“ [126, S. 21]. Eine gemeinsame Datenumgebung fördert jedoch nicht vorrangig die Zusammenarbeit, sie repräsentiert vorzugsweise die Ergebnisse eines jeweiligen Bearbeitungsstandes, die für den Abstimmungsprozess gemeinschaftlich genutzt werden können. Wie KAUER et al. berichten, ist diese Herangehensweise „*zu datentechnisch [...] und zu wenig aus dem Prozess heraus*“ [84, S. 41]. Die Erstellung eines Bau-Produktmodells erfolgt derzeit durch eine manuelle Anwendung einer Modellierungstechnik. Die Informationserhebung selbst erfolgt durch einen vorgeschalteten, iterativen Entwicklungsprozess (Idee – Grobskizze – Analyse – Detailskizze – Dimensionierung)¹⁵, dessen Endergebnisse die Grundlage bieten, um ein Bau-Produktmodell nachzumodellieren. Mit dem Blick auf die Tragwerksplanung können Bauteile erst dann in ein Bau-Produktmodell überführt werden, wenn sichergestellt ist, dass die zu modellierenden Bauelemente in der Lage sind, die Lastwirkungen aufzunehmen und weiterzuleiten. Dafür ist der genannte Entwicklungsprozess erforderlich, um aus den Tragwerksanalysen heraus das Risiko der Standsicherheit und Gebrauchttauglichkeit einzuschätzen und ein Tragwerkskonzept festzulegen, das bautechnisch realisierbar ist. Wurde ein Tragwerkskonzept festgelegt, beginnt der eigentliche modellbasierte Abstimmungsprozess mit der Objekt- und Fachplanung (vgl. Abbildung 3.2 (b)).

Hinzu kommt, dass bei der Verwendung von lediglich einer gemeinsam zu nutzenden Datenumgebung schon der Zugang zu Daten einen entscheidenden Inputfaktor darstellt. Sind Informationen im Datenpool schwer auffindbar oder ist der Zugang zu den Daten beschränkt, kann dies eine wettbewerbsbeschränkende Wirkung entfalten [39, S. 35]. Beispielsweise dann, wenn im Sinne der integrierten Planung (vgl. [4, S. 10]), ein großer Datenbestand erforderlich ist, um ein Bau-Produktmodell zu beschreiben, und nur wenige Wettbewerber dazu in der Lage sind, die erforderliche Informationen für den eigenen Leistungserbringungsprozess zu extrahieren. Weiterhin können digitale Fehlinformationen in großen Datenmengen schwer identifiziert werden. Zwar gibt es softwaregestützte Techniken,

¹⁵ nachfolgend Informationserhebungsprozess genannt

die es ermöglichen, digitale Bauwerksmodelle maschinell (regelbasiert) zu prüfen, doch müssen diese Regeln vorab manuell definiert werden, um eine Prüfung durchführen zu können. Wurden bspw. Fehlinformationen unwissentlich oder wissentlich in die Datenbestände hochgeladen, kann es u.U. sein, dass die Fehlinformationen von Dritten als wahr angenommen und in die weiteren Entscheidungs- und Leistungserbringungsprozesse fälschlicherweise mit aufgenommen werden.

Bau-Produktmodelle, die in einer CDE eingebunden sind, verbessern somit nicht den vorgeschalteten Informationsgewinnungsprozess. Um die Produktivität in der Baubranche zu steigern, sollte neben der Nutzung von Modellierungstechnik vermehrt der interaktive Informationserhebungsprozess im Vordergrund stehen, der für ein konsistentes Bau-Produktmodell und die Risikoabschätzung eines Bauwerks die Grundlage bildet. Diese Arbeit beschäftigt sich somit vorrangig mit dem Informationserhebungsprozess innerhalb der Tragwerksplanung, in dem Bau-Produktmodelle zwar eingebunden sind, der digitale Erhebungsprozess von Quellinformationen allerdings im Vordergrund steht (vgl. Abbildung 4.2).

3.3.4 Technische Merkmale

Zur Entwicklung eines digitalisierten Aufstell- und Prüfprozesses sind für den modellbasierten Abstimmungsprozess lediglich zwei Datenformate erforderlich: das produktionsneutrale Austauschformat IFC und das Datenformat BCF. Beide Datenformate werden nach einer allgemeinen Begriffsdefinition zu CAE kurz erläutert.

3.3.4.1 Computer Aided Engineering

Die rechnergestützte Entwicklung (engl. Computer Aided Engineering, kurz CAE) ist ein Überbegriff für alle Varianten maschinell gestützter Arbeitsprozesse in Bezug auf Technik. Unter CAE fallen beispielsweise BIM, CAD, Digital Mock-Up, Diskretisierungssoftware (FEM), CNC, Fertigungsprozesssimulationen und etliche andere. CAE beschreibt somit im Allgemeinen die menschliche Interaktion mit dem Computer zur Konstruktion oder Analyse von Stoffen, Bauteilen oder Bauwerken mittels digitaler Technologie. Im Bereich der BIM-basierten Arbeitsweise ist zwischen Diskretisierungssoftware und CAD zu unterscheiden, da vor der IT-gestützten Arbeitsweise die Anwendungsprogramme getrennt voneinander, ohne direkte Übertragung des Informationsflusses, bearbeitet wurden. Durch die Einführung von BIM öffneten sich die überwiegend autark agierenden Softwareprodukte durch bidirektionale Schnittstellen, die es erlauben, den digitalen Arbeitsablauf zwischen CAD-Konstruktionsmodellen und FEM-Analysenmodellen softwareübergreifend zu harmonisieren.

Ein Vorteil bei der Verwendung eines konsistenten Bau-Produktmodells in der Tragwerksplanung liegt in der Schnittstelle zwischen dem Fachmodell und dem analytischen Modell. Durch bidirektionale Schnittstellen lassen sich die softwaretechnischen Bibliotheken harmonisieren, sodass sich die geometrischen und physikalischen Informationen softwareübergreifend koppeln lassen. Vom Fachmodell exportierte Informationen können im analytischen Modell gelesen, gespeichert, analysiert, ergänzt und verändert werden. Die ergänzten oder veränderten Informationen können wieder ins Fachmodell zurückimportiert werden. Beispielsweise ist es möglich, eine Stahlbetondecke aus dem Fachmodell ins analytische Modell zu exportieren, dort die Analyse durchzuführen und die berechnete Bewehrung, inkl. der Bewehrungsführung, wieder ins Fachmodell zu übertragen (vgl. exemplarisch [49]). Eine händische Nachmodellierung der intrinsischen Informationen im analytischen Modell, wie es auf der Grundlage von 2D-Zeichnungen der Fall wäre, ist damit nicht mehr erforderlich. Sofern das Tragwerk bereits im Fachmodell idealisiert wurde und der digitale Arbeitsablauf zwischen den Systemen eingerichtet und die Belastungen im analytischen Modell aufgebracht

wurden, können etwaige Änderungen oder Varianten per Knopfdruck analysiert werden. CAD und Computermodelle (wie bspw. Diskretisierungssoftware) haben allerdings unterschiedliche Zielausrichtungen, die es bei der Harmonisierung der unterschiedlichen Softwareprodukte zu berücksichtigen gilt:

CAD

- „CAD dient dem Erzeugen von digitalen Konstruktionsmodellen unterschiedlicher Ausprägung“ [157]
- Digitale Repräsentation des gewünschten Produkts
- Rationalisierung des Konstruktionsprozesses. Bspw. durch:
 - „*automatisches Schraffieren oder Bemaßen*“ [157]
 - Vermeidung von wiederholenden Arbeitsvorgängen (Variantenbetrachtung)
 - leichte und schnelle Änderungen im fortgeschrittenen Planungsverlauf durch Parametrik

Computermodelle

- Einsatz für Simulationsprobleme, wie bspw.:
 - Strukturanalyse (Festigkeitsberechnungen)
 - Wärmeanalyse
 - Modalanalyse (Schwingungen)
 - Flüssigkeitsanalyse (Messgrößen wie pH-Wert)
 - Mechanismusanalyse (Optimierung von Mechanismen)
 - Multiphysikanalyse (Wärme- und Stofftransportphänomene)
- Anstatt einer geschlossenen Form versuchen Computermodelle:
 - vereinfachte Geometrien zu erzeugen (Idealisierung)
 - die Geometrie in kleine Einheiten aufzuteilen (Tetraeder, Keile und Ziegelsteine für geschlossene Lösungen)
 - Strukturen in Matrizen zusammenzufassen
 - die Matrizen über Randbedingungen auf ein lösbares Gleichungssystem zu reduzieren

3.3.4.2 Industry Foundation Classes

Die IFC wurde in den frühen 1990er Jahren von einer Gruppe von Unternehmen in der Bauindustrie entwickelt, die nach einer Möglichkeit suchten, Informationen über Gebäude effektiver zu teilen und zu verwalten [92]. Die Gruppe, die später die International Alliance for Interoperability (IAI) bildete, sah die Notwendigkeit, eine einheitliche Sprache zur Beschreibung von Gebäudedaten zu schaffen, die über Unternehmensgrenzen hinweg kompatibel war. Das erste IFC-Modell wurde 1997 veröffentlicht [85] und war eine einfache Möglichkeit, Gebäudedaten in einer standardisierten Form zu speichern und auszutauschen. Seitdem hat sich IFC zu einem leistungsstarken und flexiblen Format entwickelt, das für eine Vielzahl von BIM-Anwendungen in der Bauindustrie eingesetzt wird. Heute ist IFC ein offener Standard, der in der ISO 16739 normiert ist [79] und von BuildingSMART International und ihren Mitgliedern verwaltet und weiterentwickelt wird. IFC ist ein integraler Bestandteil der BIM-Methodik und wird weithin als eines der wichtigsten Werkzeuge für die Interoperabilität in der Bauindustrie angesehen.

Ein IFC-Modell besteht aus einer Vielzahl von Gebäudeelementen, die durch objektorientierte Klassen und Attribute beschrieben werden. Diese Klassen umfassen Informationen wie Geometrie, Material, Funktion, Zeit und Kosten. Die Verwendung von IFC ermöglicht es, Daten in verschiedenen Phasen des Bauprozesses auszutauschen. Der Strukturaufbau einer IFC besteht aus einer Hierarchie von Entitäten, die als objektorientierte Klassen modelliert werden. Jede Klasse repräsentiert einen

bestimmten Typ von Gebäudeelement und enthält die dazugehörigen Attribute und Beziehungen zu anderen Klassen [28]. Ein IFC-Modell beginnt mit einer Übersicht über das gesamte Gebäude, was als `IfcProject` bezeichnet wird. Unter dieser Übersicht befinden sich Klassen wie `IfcBuilding`, `IfcSite` und `IfcBuildingStorey`, die das Gebäude dezidiert strukturieren. Jedes Gebäudeelement – wie beispielsweise Wände, Stützen, Balken, Türen, Fenster, Decken, Platten, Dächer oder Fassaden – wird als eigene Klasse modelliert und mit den entsprechenden Attributen beschrieben. Diese Attribute können geometrische Informationen wie Länge, Breite und Höhe oder alphanumerische Informationen wie Materialien, Funktionen und Kosten enthalten. Ein wichtiger Bestandteil von IFC ist die Unterstützung von Beziehungen zwischen den verschiedenen Klassen. Diese Beziehungen ermöglichen es, den Kontext und die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Gebäudeelementen zu beschreiben. Beispielsweise kann eine Wand als `IfcWall` eine Beziehung zu dem darin enthaltenen Fenster als `IfcWindow` und der Tür als `IfcDoor` enthalten. IFC enthält auch Klassen zur Modellierung von Informationen über Personen, Organisationen und Zeiteinheiten, die an einem Bauprojekt beteiligt sind. Diese Klassen umfassen `IfcPerson`, `IfcOrganization` und `IfcCalendarDate`.

Die IFC nutzt die EXPRESS-Programmiersprache, um die Modelle und ihre Entitäten zu beschreiben. EXPRESS ist eine formale, lesbare Sprache, die entwickelt wurde, um die Modellierung von Konstruktionsdaten für die Produkt-Lebenszyklus-Management (PLM)-Branche zu vereinfachen [124]. EXPRESS nutzt eine deklarative Syntax, um die Attribute und Beziehungen zwischen den Entitäten in einem IFC-Modell zu beschreiben. Es enthält auch eine Reihe von Typen, einschließlich numerischer Typen, Zeichenfolgen und Enumerationen, die es ermöglichen, Daten präzise und eindeutig zu modellieren. Einer der Vorteile von EXPRESS ist, dass es eine formale Spezifikation der Daten ermöglicht, die in einem IFC-Modell enthalten sind. Dies erleichtert die Übertragbarkeit von Daten zwischen verschiedenen Anwendungen und Systemen, die IFC-Modelle verwenden. EXPRESS ist eine offene und standardisierte Sprache, die von der ISO verwaltet wird. Es ist Teil der ISO 10303-11-Standard-Spezifikation für die Product Data Representation and Exchange (STEP) und wird für die Modellierung von Produktdaten in einer Vielzahl von Branchen verwendet.

3.3.4.3 BIM Collaboration Format

Das BIM Collaboration Format (BCF) ist ein offenes Datenformat, das die Kommunikation und Zusammenarbeit von verschiedenen Parteien in einem Bauprojekt ermöglicht. Es wurde entwickelt, um Prozesse wie die Übertragung von Konflikten, Feedback und Entscheidungen zwischen Architekten, Ingenieuren, Bauunternehmen und anderen Beteiligten zu vereinfachen und zu standardisieren.

BCF ist ein offenes Datenformat, das frei verfügbar und ohne Lizenzgebühren verwendbar ist [27]. Dies ermöglicht eine einfache Integration in bestehende CAD-Arbeitsabläufe und eine einheitliche Kommunikation in der gesamten Branche. Basierend auf Extensible Markup Language (XML), einer Standardmethode zur Strukturierung und Übertragung von Daten im Internet, sind BCF-Daten über eine Vielzahl von Anwendungen und Plattformen hinweg kompatibel (bspw. Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla, BIMCollab und Navisworks). BCF unterstützt sowohl 2D-Markup-Informationen als auch 3D-Modelle, was es ermöglicht, Feedback und Entscheidungen direkt in den 3D-Modellen zu hinterlegen und zu visualisieren, damit alle Beteiligten auf dem gleichen Stand sind und schnell auf Probleme reagieren können. Bestehend aus einer XML-Datei, enthält BCF eine Vielzahl von Datenelementen, die für die Zusammenarbeit und Kommunikation relevant sind. Diese Datenelemente umfassen:

- **Projektinformationen:** Dazu gehören Projektname, -nummer und -beschreibung.
- **Kommentare:** Jeder Kommentar enthält Informationen, wie bspw. Autoren- und Empfängerinformationen, Datum, Zeit und den Inhalt des Kommentars.

- **Änderungen:** Hier werden Änderungen an Projektteilen oder Komponenten beschrieben, einschließlich Informationen über den Autor, Datum und den Inhalt der Änderung.
- **Bilder und Visualisierungen:** Jedes Bild und jede Visualisierung wird einzeln beschrieben, einschließlich einer Referenz auf die entsprechenden Daten und einer beschreibenden Beschriftung.

3.4 Informationsmanagementsysteme in der Tragwerksplanung

Moderne IKT können Daten immer besser erfassen, speichern, auswerten und übermitteln [39, S. 5, 25]. In bestehenden Datensätzen können Fehlinformationen oder gar fehlende Informationen allerdings nur bedingt durch die IKT identifiziert werden [11]. Neben der Informationsdichte, die bspw. zur Abwägung etwaiger Berechnungen von Tragwerksvarianten herangezogen werden kann, ist die Informationsqualität entscheidend für eine termingerechte Bearbeitung im gesamten Bauplanungsablauf. Eine hohe Informationsqualität liegt vor, wenn eine Information die Arbeitsweise eines Individuums oder einer spezifizierten Rolle im Planungsprozess ohne dessen Zutun unterstützt. Für die Entwicklung eines Statikportals ist es im Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen somit wichtig, ein zentrales System zu implementieren, das auf die Belange der Prozessbeteiligten ausgerichtet ist und den Prozessablauf inkl. seiner Randbedingungen positiv unterstützt.

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine allgemeine Definition über Informationsmanagementsysteme, um eine gewisse Trennschärfe zwischen den Unterkategorien der unterschiedlichen Informationssysteme herzustellen. Anschließend erfolgt eine Beschreibung von theoretischen Beiträgen über den Einsatz von Informationsmanagementsystemen in der Bauplanung. Im Kapitel „Besondere Merkmale“ werden theoretisch die Notation BPMN2.0 sowie die Funktionsweise einer Process-Engine und die eines Arbeitsportals erläutert, um ein Grundverständnis über die in dieser Arbeit zugrunde gelegten Technologien zu erhalten. Abschließend werden die technischen Merkmale genannt, die einem Informationsmanagementsystem für diese Arbeit zugrunde liegen sollten.

3.4.1 Definition und Abgrenzung

Der Begriff „Information Management System“ wurde von IBM, durch deren gleichnamiges Softwareprodukt, im Jahr 1968 geprägt. Damals beschrieb es ein Informationssystem „für die Stücklistenverwaltung des Apollo-Mondprogramms“ [155]. Das Integrierte Managementsystem hingegen umfasst die Integration verschiedener Management-Systeme, wie beispielsweise Qualitätsmanagementsysteme (OMS), Umweltmanagementsysteme (EMS) und Arbeitsschutzmanagementsysteme (OH&SMS). Das Ziel eines integrierten Managementsystems ist es, Synergieeffekte und eine verbesserte Effizienz durch die Integration von Prozessen und Systemen zu erreichen [5]. Management-Informationssysteme (MIS) werden wiederum als isolierte Managementsysteme verstanden, die in der Praxis als ein Überbegriff „im Bereich der analytischen Informationssysteme“ verwendet werden. Dazu zählen beispielsweise: „Decision Support System (DSS), Executive Information System (EIS) sowie zum Teil auch für OLAP-Anwendungen und elektronisches Berichtswesen“ [159]. Das Konzept bezieht sich dabei auf zentralistische Ansätze, wie zum Beispiel Enterprise Resource Planning (ERP) [26], um „alle Unternehmensdaten der operativen Systeme in einem Datenmodell zusammenzuführen und in Echtzeit für analytische Zwecke zu verdichten“ [159]. MIS werden als eine spezielle Kategorie von Informationssystemen verstanden, die verschiedene Technologien und Prozesse, wie beispielsweise Datenbanken, Netzwerke und Anwendungssoftware umfassen, um das mittlere Management, anhand von Berichten über die Unternehmensleistung, bei der Überwachung und Kontrolle des Unternehmens zu unterstützen [94, S. 625]. Informationssysteme hingegen, „die sich mit der Definition, Verwaltung, Anpassung und Auswertung von Aufgaben befassen, die sich sowohl aus Geschäftsprozessen als auch

aus Organisationsstrukturen ergeben“, werden als Business Process Management System (BPMS), zu Deutsch Geschäftsprozessmanagementsysteme, definiert [83]. BPMS sind somit speziell auf die Automatisierung, Überwachung und Optimierung von Geschäftsprozessen ausgerichtet. Ein Information Security Management System (ISMS), zu Deutsch Managementsystem für Informationssicherheit, wiederum definiert, steuert und kontrolliert dauerhaft und überordnet die Informationssicherheit in einer Organisation [80].

Ein IMS bezieht sich in dieser Arbeit darauf, Informationen zu sammeln, zu speichern, zu organisieren, zu verarbeiten und zu analysieren, um sie anhand von Prozessen und Verfahren organisationsübergreifend in elektronischer Form zu verteilen und zu assimilieren. IMS wird für den Zweck eingesetzt, um die Effizienz und Effektivität der Informationsbeschaffung und -verwaltung innerhalb des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen zu erhöhen.

3.4.2 Forschungsstand

In den letzten Jahren wurden unterschiedliche IMS-spezifische Forschungsprojekte und Studien im Bauwesen durchgeführt, um die Effektivität der Bauplanungsprozesse zu optimieren oder zu identifizieren: BITTRICH berichtete beispielsweise in seiner Dissertation (2001) über die Notwendigkeit, Verbunddokumente in die Nutzeroberfläche von spezifischen Softwareprogrammen der Tragwerksplanung zu implementieren, um den Erstellungsprozess eines Tragwerksberichts effizienter zu gestalten [14, S. 118]. Der vorgeschlagene Texteditor, der Microsoft Word mit OLE-Objekten¹⁶ verknüpft, beinhaltet allerdings keinen Zugriff auf die Prozessabläufe durch andere Personen, und im Falle von fehlenden Dokumentbausteinen ist es notwendig, den Texteditor neu zu programmieren, damit die Berechnung übersichtlich in Tabellenform dargestellt werden kann [14, S. 117].

Eine Studie von CRAIG et. al (2006) über den Einsatz von IMS in unterschiedlichen Großbauprojekten zeigt, dass die Kommunikation und die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Parteien verbessert wurde, da IMS die „*bidirektionale Dateneingabe, Informationsverarbeitung, Verbreitung und den funktionalen Zugriff erleichtern*“ [41]. Die Autoren argumentierten aber auch, dass es für den flächendeckenden Einsatz von IMS in der Bauindustrie erforderlich ist, die damaligen Kommunikationsmethoden zu verbessern.

NIGGEL berichtete in seiner Dissertation (2007) „*zur Verbesserung der computergestützten Zusammenarbeit im konstruktiven Ingenieurbau*“ [108], dass „*neben den rein numerischen Gesichtspunkten zusätzlich Hilfsmittel*“ bereitzustellen sind, „*die eine einfache Interaktion und Steuerung des Modells während der Simulation des Baufortschritts erlauben*“ [108, S. 102]. Um die zeitliche Organisation einer Baumaßnahme zu vereinfachen, wurden damals in der Praxis „*Softwaresysteme des Prozessmanagements eingesetzt*“ [108, S. 102]. Der Autor berichtete weiter, dass der damalige Zusammenhang zwischen zeitlichen Informationen und räumlichem Modell fehlte. Deshalb entwickelte der Autor eine Projektplanungssoftware, die eine direkte Verbindung von Bauabläufen zum Tragwerksmodell realisiert und eine Zusammenarbeit von unterschiedlichen Fachdisziplinen, innerhalb der 4D-Modellierung, unterstützt [108, S. 102].

Im DFG-Schwerpunktprogramm 1103 zum Themenbereich „*Vernetzt-kooperative Planungsprozesse im Konstruktiven Ingenieurbau*“, wurden aufgrund von häufig auftretenden Mängeln im Planungsprozess von Bauprojekten [121, S. 3] vernetzt-kooperative Planungsprozesse erarbeitet [121, S. 4], die sich auf die „*Neugestaltung der Planungsprozesse für Projekte des Konstruktiven Ingenieurbaus mit Hinblick*

¹⁶ Objekt-Verknüpfung und -Einbettung (engl. Object Linking and Embedding, kurz OLE) ermöglicht die Zusammenarbeit unterschiedlicher Applikationen, um heterogene Verbunddokumente zu erstellen.

auf die Durchführung in einer verteilten Rechnerumgebung“, die „Entwicklung neuer Verfahren und Methoden zur Interaktion und Verwaltung der im Konstruktiven Ingenieurbau einsetzbaren Fachsoftware und Fachmodelle für die vernetzt-kooperativen Planungsprozesse“ und auf die „Entwicklung neuer Verfahren zur Analyse und fachgerechten Verarbeitung der Normen, technischen Regelwerke und Vorschriften im Informations- und Kommunikationsverbund“ fokussierte [121, S. 4–5]. Die Autoren berichteten weiter, dass die angestrebten Verbesserungen „auf die Interoperabilität zwischen verschiedenen Workflow-Produkten sowie auf die Integration von Workflow-Produkten und Anwendungen bzw. Diensten der Informationstechnologie“ abzielen. Aus diesem Grund haben sich „die Business Process Management Initiative (BPMI 2006) und die Object Management Group (OMG) zur Business Modeling & Integration Domain Task Force (BMI.OMG 2006) zusammengeschlossen. Zielsetzung dieser neuen Gruppe ist die Spezifikation von Modellen für Geschäftsprozesse. Hierdurch soll die firmeninterne und firmenübergreifende Zusammenarbeit von Mitarbeitern, Geschäftspartnern und Kunden sowie von Softwaresystemen und Prozessabläufen verbessert werden“ [121, S. 23]. Als Lösungsstrategie wurde „für die Analyse, die formale Beschreibung und die Steuerung von Planungsprozessen“ damals der Fokus auf die „Netzplantechnik, die Graphentheorie und die Petri-Netze“ gesetzt [121, S. 24].

IMS wird mittlerweile für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche innerhalb der Bauplanung verwendet: So berichteten beispielsweise OLAWUMI et. al (2018) in der Studie zur Konzeptionierung eines effektiven BIM-Projektinformationsmanagementrahmens (BIM-PIMF), dass das Zusammenspiel zwischen IMS und BIM den Einsatz von BIM über den gesamten Lebenszyklus eines Projekts verbessert, da BIM-PIMF „die Faktoren auf BIM-Prozessebene, die Faktoren auf BIM-Produktebene und die Schlüsselindikatoren für eine erfolgreiche BIM-Einführung auf Bauprojektbaustellen“ festlegt [111].

PISKERNIK et al. (2018) fokussieren sich im Forschungsprojekt „Echtzeitdatenerfassung im Hochbau zur Optimierung des Abrechnungs- und Dokumentationsprozesses von ÖBA-Leistungen“ dagegen auf die Standardisierung der Abrechnungs- und Dokumentationsprozesse im Hochbau, um die Effizienzsteigerung von ÖBA-Leistungen beim Einsatz von bereits vorhandenen digitalen Technologien auf der Baustelle zu steigern [113].

JANG et al. berichteten (2022) zum Thema der Entwicklung und Anwendung eines integrierten Managementsystems für Off-Site-Bauvorhaben, dass *die Off-Site-Construction-Methode (OSC) [...] das Interesse von Experten geweckt hat, um Produktivitätsstagnation und Fachkräftemangel zu beheben und die Treibhausgasemissionen in der Bauindustrie zu verringern. Aufgrund der einzigartigen Merkmale von OSC-Projekten, bei denen die Bauelemente in einer Fabrik hergestellt, transportiert und vor Ort installiert werden, ist ein Managementansatz erforderlich, der sich von den Managementtechniken früherer Bauprojekte unterscheidet.* Als Forschungsschwerpunkt haben die Autoren ein integriertes Managementsystem für OSC-Projekte eingebunden, um die „Zeichnungsverwaltung, Terminplanung und -abstimmung, Planung der Baustelleneinrichtung, Produktionsplanung, Produktionsüberwachung, Versand und Transport, Lieferung und Inspektion, Überwachung der Baustelleneinrichtung und Verwaltung des Zahlungsfortschritts“ zu vereinfachen [81].

IT-PLANUNGSRAT et al. führen derzeit, unter dem Begriff „XBau“, eine standardisierte „Kommunikation zwischen den Beteiligten in bauaufsichtlichen Verfahren“ ein, um „eine verbesserte Interoperabilität zwischen Systemen verschiedener Akteure“ zu schaffen und „die Produktivität im Genehmigungsprozess“ zu erhöhen [96]. Weiterhin berichten die Verantwortlichen, dass „der Prozess zur Erteilung einer Baugenehmigung durch die Standardisierung auch in länderübergreifenden Metropolregionen von allen Bauaufsichtsbehörden in der konkreten Abwicklung gleich gehandhabt wird. Dadurch verringert sich der Aufwand für die Antragssteller. Eine Angleichung der Prozesse und

Vereinheitlichung der Daten erleichtert die Zusammenarbeit über die unterschiedlichen Stufen der Verwaltungshierarchien hinweg“ [96]. In Hinblick auf den Genehmigungsprozess für Tragwerksberechnungen wird mit dem Portal zwar der Informationsaustausch zwischen den Bauaufsichtsbehörden und den Prüfingenieuren verbessert, inhaltlich bleiben die Aktivitäten der Aufstell- und Prüfabläufe davon aber unberührt, da sich der Informationsaustausch lediglich auf den Austausch von Vertragsunterlagen, der Information zur Beauftragung und Rechnungen sowie auf den Schlussbericht fokussiert [114, S. 84] und Prüfsachverständige, die von den Bauherren zur Prüfung der bautechnischen Nachweise direkt beauftragt werden, vom interaktiven Verfahren ausgeschlossen sind [114, S. 82].

BIM DEUTSCHLAND stellt derzeit das BIM-Portal zur Verfügung, um *„öffentliche Auftraggeber bei der BIM-gerechten Definition ihres Informationsbedarfs sowie andere Auftragnehmer bei der qualitätsgesicherten Übermittlung von entsprechenden Informationsmodellen“* zu unterstützen [12]. Die Verantwortlichen berichten, dass damit eine zentrale Plattform zur Verfügung gestellt wird, *„die alle Akteure bei der einheitlichen Abwicklung öffentlicher Bauvorhaben unterstützt und die Produktivität der Baubranche verbessert“* [12]. Durch die im BIM-Portal zur Verfügung gestellten Module – Merkmale, AIA, Objektvorlagen, Prüfwerkzeuge – bleibt der modellbasierte Aufstellprozess von baustatischen Tragwerksberechnungen davon allerdings ebenfalls unberührt. Dies lässt sich durch das Hinzufügen neuer Module allerdings jederzeit ändern.

Die Literaturrecherche zeigt, dass IMS in vielfältiger Weise dafür eingesetzt werden, um Bauplanungsprozesse effizienter und effektiver zu gestalten. Sie zeigt auch, dass es bereits Bemühungen gibt, die Abstimmungsprozesse zwischen den unterschiedlichen Fachdisziplinen organisatorisch und kommunikativ zu verbessern. Allerdings konnten weder Studien noch Forschungsprojekte über die in Kapitel 2 beschriebene Notwendigkeit der Vereinheitlichung des modellbasierten Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen identifiziert werden, sodass sich gemäß Abbildung 1.3 der Forschungsansatz dieser Arbeit weiterhin auf die Entwicklung eines IMS fokussiert, das in der Lage ist, die Aktivitäten eines vereinheitlichten Aufstell- und Prüfprozesses zu koordinieren und bereitzustellen.

3.4.3 Besondere Merkmale

Um die Aktivitäten des Aufstell- und Prüfprozesses aufeinander abzustimmen, ist es sinnvoll, ausführbare Prozessmodelle zu etablieren, die die vereinheitlichten Arbeitsprozesse orchestrieren und die zu bearbeitenden Aktivitäten koordinieren. Dafür ist es vorteilhaft, eine Modellierungssprache zu wählen, die sowohl vom Menschen als auch von der Maschine interpretiert werden kann, damit die von der Maschine prozessual gesteuerten Entscheidungen auch vom Menschen visuell nachvollzogen werden können. Deshalb wird in dieser Arbeit die BPMN2.0-Spezifikation gewählt, die eine grafische semi-formale Modellierungssprache mitbringt und einer eindeutigen Syntax folgt [125, S. 86]. Über eine Process-Engine wird die BPMN2.0-Syntax ausgeführt und als Aktivität den End-Usern zur Bearbeitung in einem Prozessportal bzw. einem Arbeitsportal bereitgestellt. Nachfolgend werden die BPMN2.0-Spezifikation, die Process-Engine und das Arbeitsportal erläutert.

3.4.3.1 BPMN2.0

Business Process Management (BPM) beschreibt einen systematischen Ansatz, um *„sowohl automatisierte als auch nicht-automatisierte Prozesse zu erfassen, zu gestalten, auszuführen, zu dokumentieren, zu messen, zu überwachen und zu steuern und damit nachhaltig die mit der Unternehmensstrategie abgestimmten Ziele zu erreichen. BPM umfasst die bewusste und zunehmend IT-unterstützte Bestimmung, Verbesserung, Innovation und Erhaltung von End-to-End-Prozessen“* [58, S. 1]. Im Sinne der ganzheitlichen Prozessbetrachtung beschreibt ein „End-to-End-Prozess“ die gesamte Arbeitsabfolge

– vom definierten Startpunkt bis zum Ende – eines Prozesses [67]. Damit die Arbeitsabfolgen von der Maschine korrekt ausgeführt werden können, ist es zunächst notwendig, die Arbeitsschritte und deren kausalen Zusammenhänge logisch zu strukturieren und in einem Prozessmodell visuell darzustellen. Für die Prozessmodellierung eignet sich die Spezifikation Business Process Model And Notation – Version 2.0 (BPMN2.0), da dieser Standard neben der Prozesslogik zeitgleich auch die „gelebten“ Arbeitsabfolgen und den technisch korrekten Prozessablauf abbildet. Der Hauptunterschied zwischen BPMN2.0 und formalen Methoden, wie beispielsweise Petri-Netzen, liegt in ihrer Ansatzweise und der Art und Weise, wie sie verwendet werden. Petri-Netze sind eine mathematische Methode zur Modellierung von Prozessen, bei der die Prozesse als Graphen von Plätzen (Stellen oder Transitionen) und Übergängen dargestellt werden [21]. Petri-Netze werden vorzugsweise in der Softwareentwicklung und im Prozessmanagement verwendet. BPMN2.0 hingegen ist ein Ansatz zur Modellierung von Geschäftsprozessen, der auf der Verwendung von Standard- und beschreibenden Elementen für die Modellierung basiert. BPMN2.0 wurde entwickelt, um die Verwendung von Prozessmodellierungsmethoden zu vereinfachen und zu standardisieren. Mit der Version 2.0 wurde BPM die Ausführungssprache WSBPEL¹⁷ [112] zugeordnet, um die vorhandene Prozesssemantik maschinenlesbar zu gestalten [110, S. 21], wodurch eine standardisierte Prozesssprache geschaffen wurde, die auch vom Menschen interpretiert werden kann. Weitere Informationen zu den BPM-Begrifflichkeiten finden sich im BPM-Glossar [3], über die BPMN2.0-Prozesssemantik im BPMN2.0-Poster [109] und im BPMN-Praxishandbuch [58] sowie in der Normung [46, S. 32 ff.].

3.4.3.2 Process-Engine

Eine Process-Engine ist eine Technologie, die sich rein auf die Ausführung (engl. execution) von Geschäftsprozessen konzentriert. Sofern eine Prozessdefinition stattgefunden hat, also die Aktivitäten und deren kausalen Zusammenhänge in einem Prozessmodell vom Geschäftsprozessmanagement definiert wurde, wird das funktionale Prozessmodell in ein ausführbares (technisches) Prozessmodell übersetzt und durch eine Process-Engine ausgeführt. *„Wenn BPM über eine serviceorientierte Architektur (SOA) gelegt wird, werden Dienste für die Implementierung von Geschäftsprozessaktivitäten verwendet. Im Rahmen einer SOA werden Geschäftsprozesse mithilfe der (WS-) BPEL-Sprache [...] einer Workflow-Sprache zur Orchestrierung von Diensten modelliert und ausgeführt. Die BPEL-Prozess-Engine führt das BPEL-Prozessmodell aus, indem sie die Prozessaufgaben an Webdienste delegiert“* [152, S. 49]. Die Kontrolle der Geschäftsprozessleistung erfolgt über die Business Activity Monitoring (BAM)-Technologie, die es ermöglicht, die Ergebnisse der Process-Engine, anhand von Process Performance Metrics (PPM), zu Deutsch Prozessleistungskennzahlen, den End-Usern in einem Dashboard die Echtzeitdaten darzustellen.

3.4.3.3 Arbeitsportal

Ein Arbeitsportal ist Teil einer BPM-Plattformkomponente, das den End-Usern einen webbasierten Arbeitsbereich zur Verfügung stellt, um Aufgaben zu verwalten, Dokumente und Reports zu generieren, Daten- und Informationsfluss zu dokumentieren sowie Benachrichtigungen und Erinnerungen zu aktiven und zeitkritischen Aufgaben bereitzustellen [3]. Es ist ein digitales Informations- und Kommunikationssystem, das eine zentrale Anlaufstelle für Mitarbeitende und externe Organisationen bietet. Es ermöglicht eine einfache Zugänglichkeit zu relevanten Unternehmensdaten, Dokumenten und Anwendungen, wodurch eine verbesserte Zusammenarbeit und Effizienz erreicht werden soll. Als wichtige Merkmale werden in dieser Arbeit die folgenden Aspekte erachtet:

- **Personalisierung:** Damit die End-User die Möglichkeiten erhalten, ihre eigene Startseite anzupassen, um wichtige Aktivitäten, Funktionen und Informationen direkt aufzurufen.

¹⁷ Web Services Business Process Execution Language

- **Dokumentenmanagement:** Um Daten und Dokumente über ein integriertes Dokumentenmanagementsystem automatisch, sicher und einfach zu verwalten.
- **BPMN-Workflow-Management:** Zur Unterstützung von BPMN2.0-Geschäftsprozessen, um eine einfache visuelle Definition und Überwachung von ausgeführten Arbeitsabläufen zu gewährleisten.
- **Low-Code-Konfiguration:** Damit das Arbeitsportal auch von Personen konfiguriert werden kann, die keine großen Vorkenntnisse mit Programmiersprachen aufweisen.
- **Dashboard:** Für die visuelle Darstellung von erledigten, im Zeitplan befindlichen oder zeitkritischen Aktivitäten und zur Darstellung von PPM über die derzeitige Unternehmensproduktivität.
- **Offene Integrationsschicht:** Zur Integration von etablierten IT-Systemen und Anwendungsprogrammen, um einen möglichst ungestörten (medienbruchfreien) Arbeitsablauf im Statikportal zu gewährleisten.
- **Sicherheit:** Eine sichere und geschützte Plattform, die Benutzerauthentifizierung, Zugriffskontrolle und Datenschutz sicherstellt.

3.5 Robotic Process Automation

RPA „ist ein Teil der digitalen Transformation in Unternehmen“ [141]. Durch technologiegestützte Automatisierung werden komplexe Geschäftsprozesse standardisiert. Das Ziel von RPA ist, die Servicequalität zu erhöhen, Mitarbeiterbelastung zu senken, Servicebereitstellung zu verbessern oder Kosten einzudämmen. RPA besteht aus der Integration von Anwendungen, der Umstrukturierung von Arbeitsressourcen und dem Einsatz von Software-Anwendungen im gesamten Unternehmen. Durch den Einsatz von Softwarerobotern können wiederkehrende Aufgaben – wie beispielsweise Dateneingabe, Überwachung von Workflows und Softwareanwendungen – schneller und präziser ausgeführt werden. RPA hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen und wird von Unternehmen weltweit eingesetzt [93, S. 49], um Prozesse zu beschleunigen, Kosten zu sparen und Fehler zu reduzieren.

3.5.1 Definition und Abgrenzung

RPA ist eine Technologie, die durch den Einsatz von Softwarerobotern (RPA-Bots) Geschäftsprozesse automatisiert. „Hierbei imitieren die Bots das Verhalten von Menschen bei der Ausführung regelbasierter, sich wiederholender Aktivitäten [...] In Abgrenzung zu anderen Formen der Prozessautomatisierung agieren RPA-Bots auf der Front-End-Ebene von Anwendungssystemen“ [56, S. 11]. Im Gegensatz zu anderen Technologien, wie z.B. BPMS oder allgemeineren Workflow-Automatisierungen – die oft als übergeordnete Technologien betrachtet werden und eine umfassendere Automatisierungslösung bereitstellen – automatisieren RPA-Bots Softwareapplikationen auf der Ebene der manuellen Sachbearbeitung. GARTNER definiert RPA „als Software zur Automatisierung von Aufgaben innerhalb von Geschäfts- und IT-Prozessen durch Software-Skripte, die die menschliche Interaktion mit der Benutzeroberfläche der Anwendung emulieren“ [120].

3.5.2 Forschungsstand

RPA hat seinen Ursprung in der Datenextraktion (engl. Data Scraping), wodurch einfache Problemstellungen in der Datenübertragung gelöst werden konnten. Im Zuge der kognitiven Automatisierung nutzt RPA mittlerweile Technologien der künstlichen Intelligenz, wie bspw. Machine Learning und

Natursprachverarbeitung, um komplexe geschäftliche Prozesse automatisch auszuführen. Ein wichtiger theoretischer Beitrag zur RPA ist somit die Fähigkeit, Prozesse zu automatisieren, die früher menschlicher Interaktion bedurften. Dies führt zu einer Verringerung der Kosten, einer Steigerung der Effizienz und einer Reduzierung von Fehlern:

LANGMANN berichtete (2021) zum Thema der Modifikation von bestehender IT-Infrastruktur mittels RPA folgendes [93, S. 11]: „*Der Einsatz von RPA als Brückentechnologie erfordert dabei in der Regel keine Modifikation der IT-Infrastruktur, sondern setzt auf der bestehenden IT-Landschaft auf. Die bisher eingesetzten Systeme und Applikationen bleiben also unangetastet. Es wird lediglich die Bedienung, die bisher von Sachbearbeitern ausgeführt wurde, durch einen Roboter abgelöst. Der Roboter verhält sich dabei wie der Sachbearbeiter [...] Dieser Umstand und die relativ einfache Handhabung von RPA-Software, die oftmals keine (tiefgreifende) Erfahrung in Programmiersprachen erfordert, haben zur Folge, dass Roboter mehrheitlich von den operativen Einheiten – und nicht etwa von der (zentralen) IT-Abteilung – eingerichtet werden, wengleich eine enge Abstimmung mit der (zentralen) IT für Themen wie Installation, Betrieb, Security oder Governance unabdingbar ist.*“

UIPATH berichtete in einer Studie (2019) zur Implementierung von RPA-Bots im Berichtswesen eines Unternehmens des Finanzsektors, dass die Bearbeitungszeit durch RPA um 67 Prozent gesteigert und die Fehlquote bei der Berichterstattung um 100 Prozent gesenkt werden konnte [140].

3.5.3 Besondere Merkmale

RPA-Bots eignen sich „*vor allem zur Verarbeitung von strukturierten Daten (z. B. Datenbanken, Tabellen), die in standardisierten und repetitiven Prozessen bearbeitet werden [...] Damit der Roboter funktioniert, braucht er exakte Anweisungen auf Tasten- bzw. Klick-Ebene. Der Roboter macht exakt nur das, zu dem er auch angewiesen wurde. Aus Compliance-Sicht zwar wünschenswert, wird dabei jedoch die Schwäche von Software-Robotern deutlich. Nur geringste Veränderungen im Prozess (z.B. Software-Update von angesprochenen Applikationen), nicht exakt vordefinierte Entscheidungsregeln oder fehlende Anweisungen führen zu Fehlern im Ablauf und zum Abbruch des Roboters. Um diese Unzulänglichkeit zu adressieren, versuchen RPA-Anbieter andere Digitalisierungstechnologien aus Bereichen wie Analytics, OCR oder Teile von Künstlicher Intelligenz in ihre Lösungen zu integrieren. Hierdurch werden Software-Roboter intelligenter, wodurch RPA zur Intelligent Process Automation (IPA) wird*“ [93, S. 51]. RPA ist somit eine leistungsstarke Technologie, die es ermöglicht, geschäftliche Prozesse automatisch auszuführen, ohne die bestehenden IT-Systeme zu verändern. RPA nutzt eine Vielzahl von Technologien, die nachfolgend exemplarisch aufgelistet sind:

- **Screen Scraping:** RPA verwendet Screen Scraping, um generell Texte bzw. Daten aus Computerbildschirmen zu extrahieren, die sich nicht direkt in eine Prozedur integrieren lassen. Dies ermöglicht es, Daten aus externen Quellen wie Mainframes, Desktop-Anwendungen und Web-Anwendungen automatisiert zu sammeln.
- **Integrationsfähigkeit:** RPA kann mit einer Vielzahl von Systemen und Anwendungen integriert werden, darunter beispielsweise IMS-Systeme und Datenbanken.
- **Workflow-Automatisierung:** RPA verfügt über eine Workflow-Automatisierung, um Prozesse in Echtzeit auszuführen und Daten zwischen verschiedenen Systemen und Anwendungen zu übertragen.
- **Natursprachverarbeitung (NLP):** In einigen RPA-Lösungen wird NLP verwendet, um die Verarbeitung von E-Mails und Dokumenten zu automatisieren. Dies ermöglicht es, Informationen aus unstrukturierten Daten zu extrahieren und zu verarbeiten.

- **Machine Learning:** In einige RPA-Lösungen wird Machine Learning verwendet, um Prozesse zu optimieren und zu verbessern. Dadurch können systembedingte Anpassungen an sich verändernde Geschäftsanforderungen geschaffen werden, um die Effektivität der Prozessautomatisierung sukzessive zu verbessern.
- **Process Mining:** Durch die Process-Mining-Technologie ist es möglich, anhand von digitalen Spuren die häufige Verwendung von IT-Systemen zu rekonstruieren und auszuwerten. Dadurch hilft sie, im Unternehmen stagnierende Prozessabläufe, sogenannte „Flaschenhalse“, im Prozessablauf zu identifizieren.

Kapitel 4

Hypothetisches Konstrukt eines prozess- und robotergesteuerten Statikportals

In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Überlegungen zugrunde gelegt werden, um die identifizierten Optimierungspotentiale der Kapitel 2 und 3 konzeptionell umzusetzen. Dafür wird als Konzeptidee ein prozess- und robotergesteuertes Portal präferiert, das den Aufstell- und Prüfprozess durch ein Prozessportal digitalisiert und den prozessual generierten Kontext durch Softwareroboter mit Bau-Produktmodellen synchronisiert. Des Weiteren wird in diesem Kapitel der Aufbau, die Funktionsweise und die zugrunde gelegten Softwarekomponenten des Statikportals beschrieben, um darzustellen, wie sich ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal in den modellbasierten Aufstell- und Prüfprozess eingliedern kann. Abschließend wird das präferierte IMS-basierte Portal, mit Hinblick auf einen Einsatz im Bauwesen, getestet und evaluiert. Das Ziel dieses Kapitels ist die Beantwortung der Frage (3) der Zielsetzung: Wie können die Leistungserbringungsprozesse in den konstruktiven Ingenieurbüros optimiert werden?

4.1 Erläuterung der Konzeptidee

Im Zuge dieser Arbeit soll, wie in Abbildung 4.1 dargestellt, ein gemeinsam zu nutzendes Statikportal geschaffen werden, das im Sinne einer Low-Code-Plattform den Aufstell- und Prüfprozess vereinheitlicht und steuert. Dafür werden Aspekte der Automatisierung¹ genutzt, um die an der Planung beteiligten Akteure webbasiert zusammenarbeiten zu lassen und digital vorliegende Informationen aller Art zwischen den am Bau beteiligten Akteuren vollautomatisch zu transferieren oder jederzeit anwendungsbezogen bereitzustellen. Dabei wird vorrangig das Ziel verfolgt, den Informationsaustausch zwischen dem Aufsteller und Prüfer einer Baustatik zu automatisieren, deren Bearbeitungsfortschritt zu dokumentieren und in Echtzeit transparent darzustellen. Durch die direkte Zusammenarbeit in einem standardisierten Vorgehen sollen sich die Planungsqualität und der projektspezifisch getaktete Zeitplan kontinuierlich verbessern. Damit die Ziele erreicht werden können, ist sicherzustellen, dass die Qualität der zu übertragenden Informationen einem gewissen Standard entsprechen, der den gesamten Projektbearbeitungsprozess positiv unterstützt. Gewährleistet werden soll das durch eine prozessgesteuerte Bearbeitung mit personalisierten Anforderungen² innerhalb des interdisziplinären Verbundteams. Dabei sollen die überwiegend autonom agierenden Prozessorganisationen durch ein Informationsmanagementsystem orchestriert werden, das über einen Webbrowser erreichbar ist,

¹ Neben der Nutzung digitaler Technologien, prognostiziert MCKINSEY die Automatisierung als das weitaus größte Potential zur Steigerung der Produktivität [102, S. 9f.]

² In der Informationstechnik (IT) spricht man von Personalisierung: „Wenn eine nominelle Zuordnung von Merkmalen zu einer nutzenden Person und die Anpassungen von Programmen, Diensten oder Informationen an die persönlichen Vorlieben, Bedürfnisse und Fähigkeiten eines Benutzers“ angepasst wurden [160].

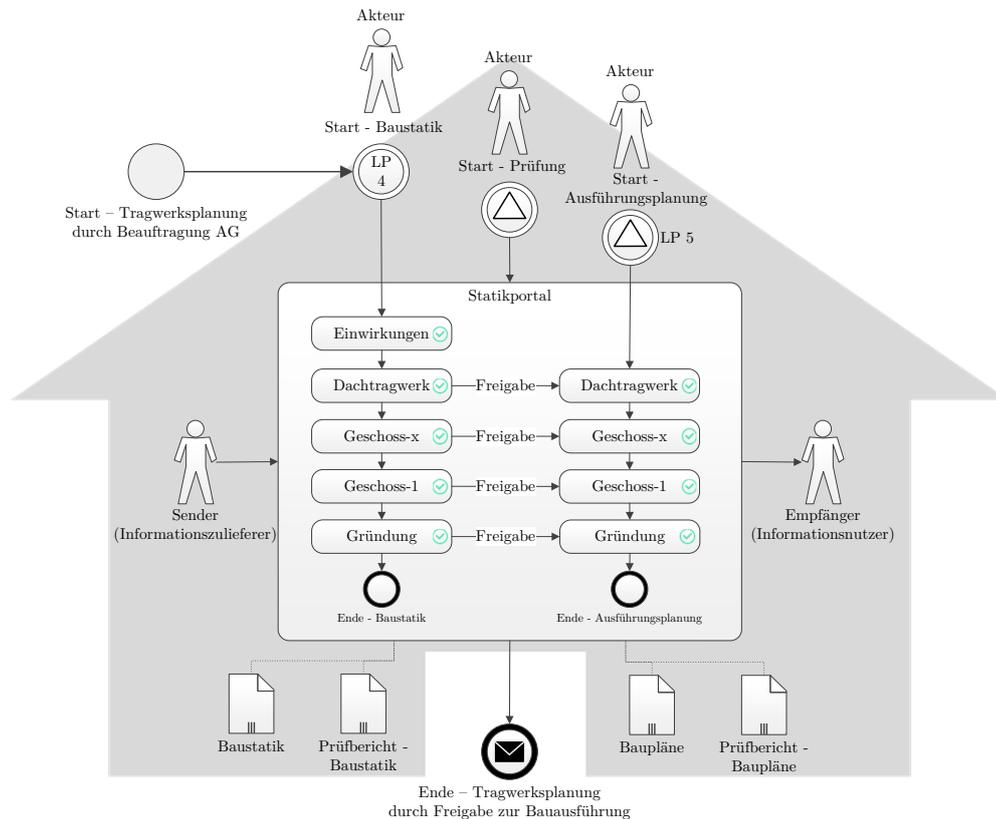


Abbildung 4.1: Konzeptidee eines Statikportals (basierend auf Abbildung 2.6)

personalisierte Einstellungen und Bearbeitungsschritte speichert, den Projektfortschritt dokumentiert und alle notwendigen Projektinhalte personalisiert bereitstellt.

Basierend auf den Erkenntnissen des DFG-Schwerpunktvorhabens 1103 „Vernetzt-kooperierende Planungsprozesse im Konstruktiven Ingenieurbau“ [121] soll der in dieser Arbeit zu entwickelnde Prototyp den tradierten Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen mittels ausführbaren Prozessmodellen in eine .NET-Umgebung transformieren. Im Gegensatz zu den von KATZENBACH und GIERE verwendeten Petri-Netzen [121, S. 88] soll hier die grafische Spezifikation „Business Process Model and Notation (BPMN)“ in der Version 2.0 verwendet werden. BPMN2.0 bietet den Vorteil, sowohl von Maschinen als auch von Menschen interpretiert zu werden, sodass projektspezifisch eine individuelle Erweiterung durch weitere Rollen, Prozesse, Datenverknüpfungen oder Softwareprodukte ermöglicht wird. Die im Statikportal enthaltenen und erweiterbaren BPMN2.0-Prozessmodelle, sollen auf der Ebene der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) durch die RPA-Technologie unterstützt werden. Die RPA-Bots, sogenannte Softwareroboter, erlernen manuelle, repetitive, zeitintensive oder fehleranfällige Tätigkeiten und führen diese gemäß der Geschäfts- bzw. Prozesslogik auf Anweisung automatisiert aus [142] [74]. Damit soll den verantwortlich handelnden Akteuren eine technische Unterstützung zur Verfügung gestellt werden, die einfache, aber zeitaufwändige Tätigkeiten in einer CAE-Anwendungssoftware automatisiert ausführt, um das technische Berichtswesen zu optimieren. In den Frontends des Informationsmanagementsystems, dem Statikportal, sollen den Akteuren schrittweise die Aufgabenpakete zur Verfügung gestellt werden, die in einer vordefinierten Zeit zu lösen sind. Während der operativen Bearbeitung soll der verantwortlich handelnde Akteur zusätzlich durch die Informationszulieferer mit Projektinhalten (wie bspw. Metadaten zum Bauprojekt, Angaben zur Bauwerkskubatur, Bauwerksnutzung oder Übersichtsplänen) unterstützt werden. Die Akteure sollen entweder alleine oder gemeinsam im Statikportal agieren, um die Aufgaben zu lösen. Dafür

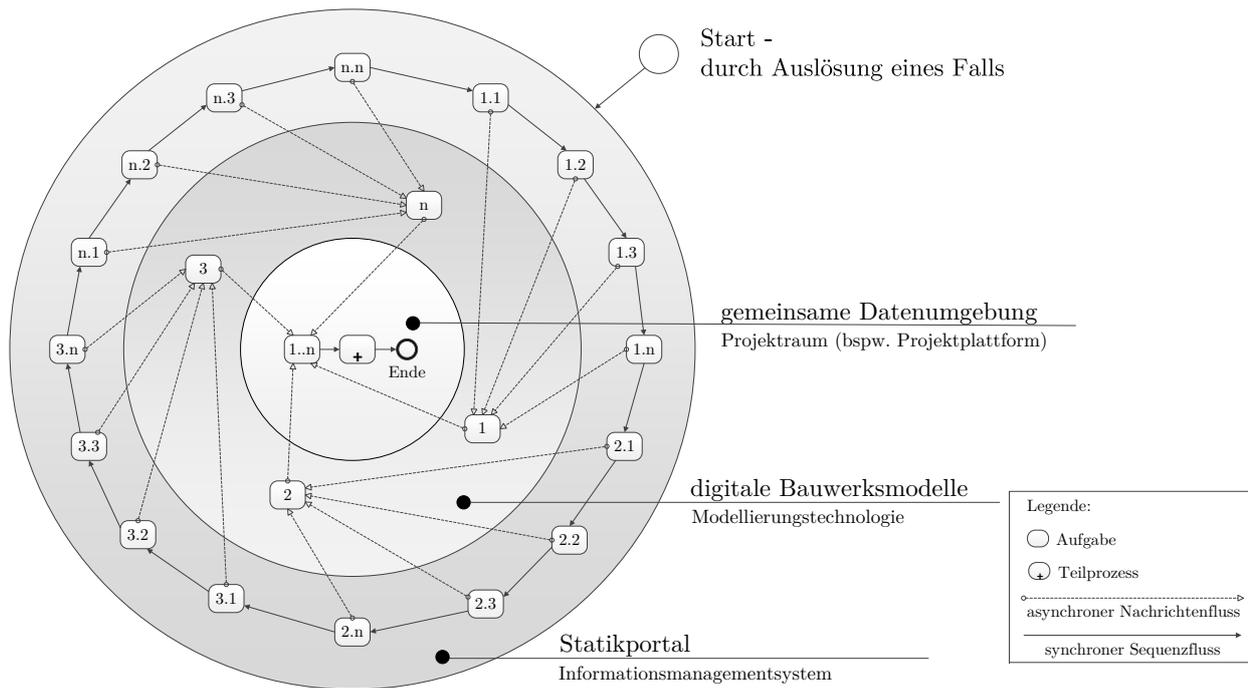


Abbildung 4.2: Prinzipielle Funktionsweise eines Statikportals

sind unterschiedliche Zugangsberechtigungen einzurichten, damit im Falle einer außerplanmäßigen Abwesenheit der aktuelle Bearbeitungsfortschritt von der Vertretungsperson jederzeit eingesehen werden kann. Das Statikportal soll weiterhin Berichte über den aktuellen Bearbeitungsfortschritt ausgeben und bei Verzug systematisch Bedenken und Behinderungsanzeigen anmelden. Dafür ist ein agiler Terminplan zu hinterlegen, damit im Laufe des Projektverlaufes dynamisch auf etwaige Änderungen und Verzugsmeldungen reagiert werden kann. Weiterhin soll der automatisierte Aufstell- und Prüfprozess durch digitale Bauwerksdatenmodelle visuell unterstützt werden.

Die Abbildung 4.2 zeigt prinzipiell die Funktionsweise des zu entwickelnden Statikportals. Die Abbildung zeigt, dass durch das Auslösen eines Falls die Aufgaben im Statikportal aktiviert werden. Einmal ausgelöst, sollen die Aufgaben so lange durch die projektbeteiligten Akteure bearbeitet werden, bis ein optimales Ergebnis einer Information oder eines Informationsbestandes erzielt wurde. Der gemeinschaftlich abgestimmte Informationsbestand soll anschließend in das entsprechende Bauwerksmodell automatisiert übertragen werden. Im Anschluss sollen die Bauwerksmodelle in einer gemeinsamen Datenumgebung übereinandergelegt und gegebenenfalls weiterbearbeitet werden. Wird ein weiterer Informationserhebungsprozess notwendig, so ist ein erneuter Fall im Statikportal auszulösen und entsprechend dem genannten Vorgehen interaktiv zu optimieren.

Um die Produktivität des Aufstell- und Prüfablaufs von Tragwerksberechnungen feststellen zu können, ist für die Konzeptionierung des Statikportals ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess mit festgelegten Kennzahlen zu hinterlegen. Die Kennzahlen beschreiben bspw. die Dauer von Vorgängen, die Anzahl von zyklischen Wiederholungen innerhalb des Prozessverlaufes oder die Einhaltung von System- und Geschäftsanforderungen, damit frühzeitig auf einen sich androhenden gestörten Prozessablauf reagiert werden kann. Ein wichtiger Bestandteil des zu entwickelnden Statikportals ist somit die Lösung der Nichtkonformität, im Sinne der ISO 9001 [47]. Eine Nichtkonformität liegt vor, wenn eine Anforderung nicht erfüllt ist oder die Kennzahlen ein Einschreiten in den Prozessablauf erfordern. Im konkreten Fall des zu vereinheitlichten Aufstell- und Prüfprozesses

entsteht eine Nichtkonformität, sobald eine Abweichung des Statikportals mit dem Bauordnungs- und Kontrollsystem, der Nichteinhaltung von zugrunde gelegten Geschäftsregeln oder bspw. dann, wenn Abweichungen in der Baustatik in Bezug auf die allgemeingültigen Baunormen festgestellt wurde. Bleibt eine Nichtkonformität bestehen, können Kosten für Nacharbeit oder Ersatz im weiteren Aufstell-, Prüf- oder Bauprozess entstehen. In Anbetracht der Transferschnittstelle, die eine Prüfinstanz zwischen dem Planen und Bauen im Laufe des ganzheitlichen Bauplanungsprozesses einnimmt, bieten digitalisierte Prozesse den Vorteil, eine NC schnell und effizient zu verwalten. Dafür soll die verantwortliche Person, die für die Lösung der Nichtkonformität im Statikportal zuständig ist, auf eine einfache Weise die Aufgaben personalisiert zuweisen, um ab der NC-Feststellung über die Ursachenanalyse bis hin zur Beseitigung der Ursache schnell und flexibel reagieren zu können. Weiterhin sollen Möglichkeiten geschaffen werden, Korrekturmaßnahmen zu erstellen, um die Grundursache des Problems zu beheben und zukünftige Wiederholungen zu vermeiden. Die Leistung des Gesamtprozesses soll durch Indikatoren kontrolliert und überwacht werden.

Die Abbildung 4.3 zeigt prinzipiell eine mögliche Oberfläche für die Bearbeitung von Einzelpositionen im Statikportal aus der Sicht des Aufstellers einer Baustatik. Dabei soll die firmeninterne Oberfläche vorzugsweise in vier Bereiche – **B1**: IFC-Modell, **B2**: Bearbeitungsfenster des Aufstellers, **B3**: Darstellung des Projektfortschritts und **B4**: Bearbeitungsstand des Prüfers – aufgeteilt werden. Im dargestellten Fall ist das statische System für die Bemessung der Sparren nicht ausreichend, sodass die ermittelten Schnittgrößen vom zuständigen Prüfer nicht freigegeben wurden. Dem Fall folgend, würde der Aufsteller vom System darüber informiert werden, dass hier Änderungen vorzunehmen sind (vgl. Bereich B4). Die Prüfanmerkungen sollen im Bereich B3 vermerkt werden. Die Überprüfung der Schnittgrößen erfolgt vom Aufsteller außerhalb des Statikportals durch einen manuellen Vorgang. Wurden das statische System und die ermittelten Schnittgrößen im Statikportal im Bereich B2 manuell nachgebessert, würden die Ergebnisse dem Prüfer erneut maschinell zur Prüfung eingereicht. Der Vorgang und die Fehlzeiten sollen während des Vorgangs vom System dokumentiert und mit den vorab festgelegten Fertigstellungsterminen abgeglichen werden. Sofern systematisch zeitkritische Engpässe festgestellt wurden, sollen die Projektverantwortlichen über einen androhenden Verzug ebenfalls systematisch in Kenntnis gesetzt werden.

Für eine gemeinschaftliche Arbeitsweise innerhalb des Statikportals ist es erforderlich, unterschiedliche Bildschirmebenen (Frontends) einzurichten, die es erlauben, zum einen die Einzelpositionen in den jeweiligen Geschossen zu bearbeiten und zu prüfen (siehe Abbildung 4.3 Bereiche B1 bis B4), und zum anderen zeitgleich die Endergebnisse der Einzelpositionen für alle Projektbeteiligten übersichtlich darzustellen (siehe Abbildung 4.3 Bereiche B5 bis B9). In der Hauptebene werden die Endergebnisse der jeweiligen Einzelpositionen in einer Fall- bzw. Projektübersicht zusammengefasst und dem Fallmanager als verantwortlich handelnder Akteur in unterschiedlichen Bereichen auf dem Bildschirm dargestellt. Weiterhin ist aus der Abbildung 4.3 ersichtlich, dass sich die Fallübersicht konzeptionell in insgesamt fünf Bereiche aufteilt (B5 bis B9). Der Bereich **B5** zeigt anhand von statischen Positionen den jeweiligen Bearbeitungsstatus, wie bspw.: welche Positionen befinden sich in der Bearbeitung, welche wurden dem Prüfer vorgelegt, welche vom Prüfer als nicht prüfbar zurückgesendet, welche geprüft oder welche bereits als gleichgestellt veröffentlicht wurden. Durch die automatisierte Statusanzeige kann auf einen manuellen Eintrag, bspw. in einer Planliste, verzichtet werden. Des Weiteren unterstützt dieser Bereich die Einarbeitungszeit von Vertretungspersonen, da diese sich direkt einen Einblick über die aktuellen und bereits abgeschlossenen Aufgaben verschaffen können. Der Bereich **B6** zeigt den prozessbeteiligten Akteuren die aktiven Fälle des Prüfers und dessen Bearbeitungsfortschritt der zur Prüfung eingereichten Unterlagen. Dieser Bereich soll sich rein auf den Prüfprozess und der Bereitstellung von Prüfberichten beziehen. Der Bearbeitungsstatus des Prüfers soll in Echtzeit ausgegeben werden, um den Genehmigungsprozess für alle Projektbeteiligten transparenter zu gestalten. Die Prüfberichte können in diesem Bereich von den projektbeteiligten

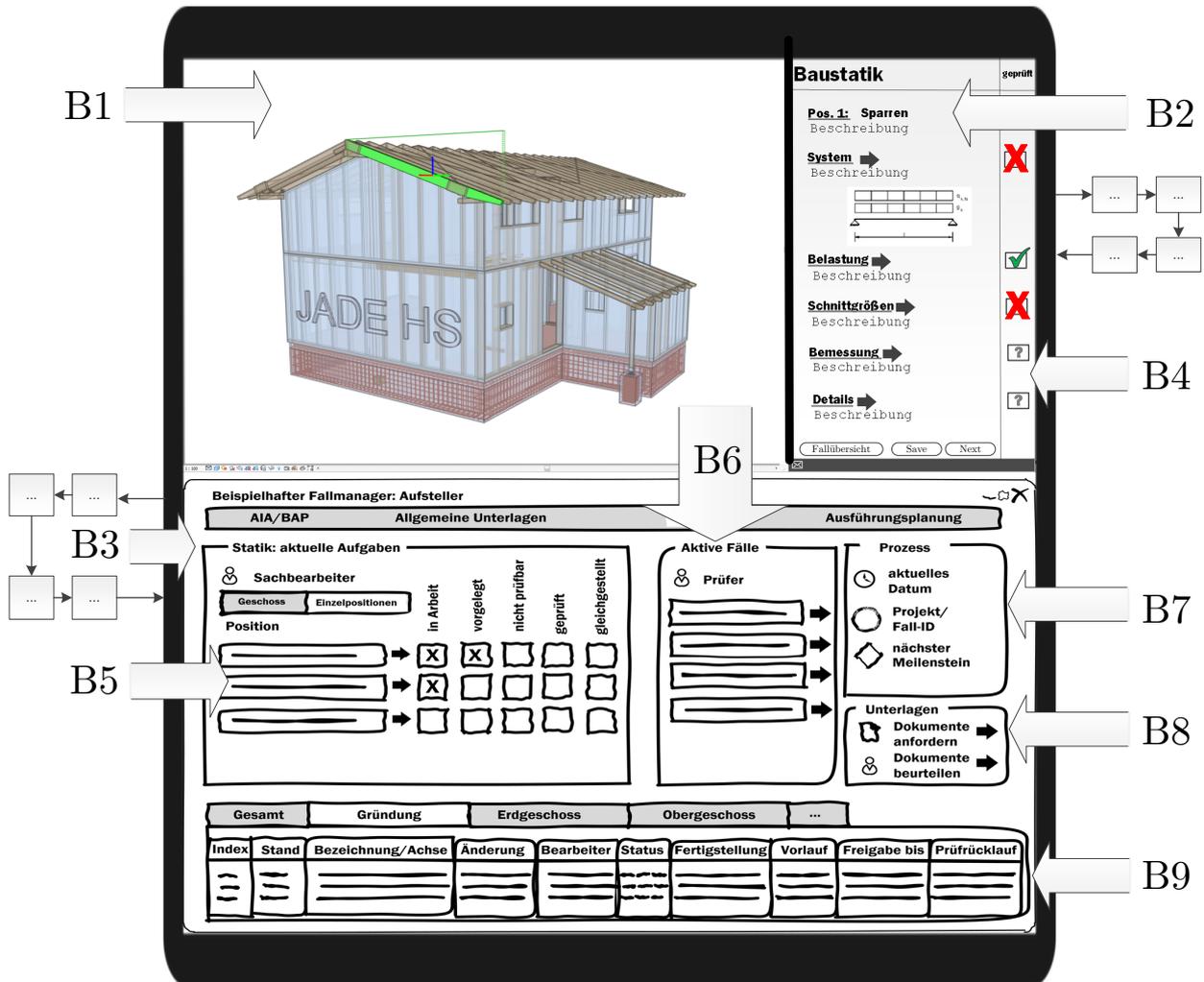


Abbildung 4.3: Konzeptidee zur Frontend eines Statikportals, aus der Sicht des Aufstellers – (B1) IFC-Viewer; (B2) Bearbeitungsfenster des Aufstellers; (B3) Darstellung des Projektfortschritts (B4) Bearbeitungsstand des Prüfers; (B5) Bearbeitungsstand der statischen Positionen; (B6) Fallübersicht des Prüfers; (B7) Prozessdaten; (B8) Fremdunterlagen anfordern; (B9) Projektdaten

Akteuren, den Informationsnutzern, jederzeit abgerufen werden. Im Bereich **B7** soll das aktuelle Datum, die Projekt- bzw. Fall-Identität und den nächsten zeitkritischen Meilenstein angezeigt werden. Das aktuelle Datum soll sich auf die im Gesamtprozessmodell hinterlegte Dauer der jeweiligen Aktivitäten und Meilensteine beziehen. Dadurch sollen zeitkritische Engpässe maschinell identifiziert werden. Der Bereich **B8** soll dazu dienen, fehlende Fremdunterlagen maschinell anzufordern und in einem weiteren Beurteilungsprozess die eingetroffenen Unterlagen zu werten. Nachdem die eingegangenen Fremdunterlagen als geeignet beurteilt wurden, sollen diese in der Registerkarte „Allgemeine Unterlagen“ abgelegt werden. Dieser Bereich stellt einen Datentransfer ohne Intermediäre zur Verfügung, der den Datenaustausch zwischen Informationszulieferern und den Informationsautoren einer Baustatik vereinfachen soll. Der Bereich **B9** soll alle erforderlichen Daten und Inhalte zum aktuellen Projektverlauf anzeigen.

4.1.1 Festlegung eines IMS-Softwareproduktes

Durch die automatische Verwaltung von Informationen unterstützt ein IMS die Geschäftsprozesse, sodass IMS in vielen Branchen – wie bspw. im Finanzwesen, Einzelhandel, Bau-, Gesundheits- und Bildungswesen sowie in der Regierung – eingesetzt werden. Der Anwendungsbereich von IMS variiert dabei von einfachen Datenbanken bis hin zu komplexen *Enterprise-Content-Management-Systemen*. Ein wichtiger Faktor bei der Wahl eines IMS ist die Art der Daten und Informationen, die verwaltet werden sollen, und die Anforderungen an die Verwaltung dieser Daten. Neben den bereits genannten Vorteilen eines IMS, wie bspw.

- verbesserte Datensicherheit und -integrität,
- erhöhte Effizienz und Zeitersparnis bei der Informationsbeschaffung,
- einfachere Zusammenarbeit und Informationsaustausch innerhalb einer Organisation,
- Vereinfachung der Datenanalyse und Berichterstattung sowie
- Möglichkeit, große Mengen an Daten und Informationen zu speichern und zu verwalten,

gibt es auch einige Herausforderungen bei der Verwendung von IMS, wie bspw.

- Kosten für die Implementierung und Wartung des Systems,
- Notwendigkeit für Schulungen und Unterstützung für die End-User,
- Integrationsprobleme mit bestehenden Systemen und Prozessen sowie
- Herausforderungen bei der Gewährleistung der Datensicherheit und des Datenschutzes.

Um die genannten Herausforderungen zu minimieren, soll ein Statikportal in den Aufstell- und Prüfprozess integriert werden, in dem die End-User zusammen arbeiten können, ohne einen tiefgreifenden Veränderungsprozess durchlaufen zu müssen. Aus diesen Gesichtspunkten soll das zu wählende IMS über eine benutzerfreundliche Oberfläche und eine intuitive Bedienung verfügen sowie eine hohe Datenintegrität und eine hohe Kompatibilität mit anderen Systemen und Tools vorweisen, um eine einfache Integration in bestehende IT-Systeme zu ermöglichen. Dafür soll ein IMS-basiertes Arbeitsportal zu einem Statikportal weiterentwickelt werden (vgl. Kapitel 3.4.3.3). Nachfolgend sind einige technische Merkmale aufgelistet, die ein IMS im Zuge dieser Arbeit aufzuweisen hat:

- **Modellierung von Geschäftsprozessen:** Ein IMS sollte BPMN 2.0 unterstützen, um möglichst einfach die Geschäftsprozessdefinition zu verstehen und zu verändern. Es sollte einfach zu verwenden sein, um Prozesse und deren Aktivitäten, Gateways, Events und Datenflüsse grafisch darzustellen.
- **Automatisierung von Geschäftsprozessen:** Ein IMS sollte die Automatisierung von Geschäftsprozessen ermöglichen und Deployment-Funktionen bereitstellen, um die auszuführenden Prozesse in unterschiedlichen Umgebungen zu testen und zu verbessern.
- **Überwachung von Geschäftsprozessen:** Ein IMS sollte Echtzeit-Informationen über den Status von Geschäftsprozessen bereitstellen, einschließlich Daten zu Prozessdauer, -performance und -fehlern. Es sollte auch BAM-Analysen bereitstellen, um die Effizienz von Prozessen zu überwachen und zu verbessern.
- **Integrierte Kollaboration:** Ein IMS sollte die Möglichkeit bieten, Prozesse und Daten in Echtzeit zwischen verschiedenen End-Usern und Anwendungsprogrammen zu teilen und zu synchronisieren, um den Informationsfluss softwareübergreifend zu fördern und Fehler zu reduzieren.

Wie bereits im Kapitel 3.3 geschildert, bestehen gerade bei der Implementierung neuer Systeme im operativen Geschäft der Tragwerksplanung Schwierigkeiten, die etablierte IT-Infrastruktur auf neue digitale Technologien anzupassen, sodass in dieser Arbeit ein IMS-basiertes Portal zugrunde gelegt wird, das vorrangig einfach in der Handhabung ist und eine offene Integrationschicht aufweist. Aus den genannten Gründen wird exemplarisch die BPM-Suite von BIZAGI als Freeware verwendet, da BIZAGI eine Low-Code-Plattform anbietet, die BPMN2.0-Prozesse unterstützt, RPA-Technologie in die ausführbaren Prozesse integriert, Frontends für ein Arbeitsportal bereitstellt und unterschiedliche Systemumgebungen verwendet, um das Portal in einem benutzerfreundlichen Umfeld testen und verbessern zu können. Des Weiteren agiert BIZAGI neben einem BPMS als ein ISMS, um die Datenintegrität im organisationsübergreifenden Informationsaustausch sicherzustellen. Darüber hinaus hat die BPM-Suite von BIZAGI, gemäß FRAUNHOFER (2014 und 2015) – in puncto: Prozessausführung, Laufzeitmanagement, Prozessumsetzung, Integration von Systemen, Prozessmodellierung, Prozesscontrolling, Administration und BPM Governance – die besten Gesamtbewertungen geliefert [2] [98].

4.1.2 Festlegung eines RPA-Softwareproduktes

Für diese Arbeit ist es notwendig, aus dem Statikportal heraus Anwendungsprogramme zu bedienen, um Informationen aus einem Bau-Produktmodell zu extrahieren und diese dem Statikportal hinzuzufügen. Und andersrum ist es notwendig, Informationen aus dem Statikportal auszulesen, um die Bau-Produktmodelle mit dem bereits generierten Kontext automatisiert anzureichern. Dafür ist es notwendig, eine Schnittstelle zwischen dem Statikportal und den im Einsatz befindenden CAE-Anwendungsprogrammen herzustellen, ohne die Anwendungsprogramme zu beeinflussen. Die Firma UiPath ist ein globales Softwareunternehmen, das eine Plattform für die Automatisierung von Roboterprozessen bereitstellt. Sie bietet in diesem Bereich die benutzerfreundlichste Anwendung auch für nicht ausgebildete Informatiker an. Wie GARTNER berichtete (2022), ist UiPath ein Leader bei den RPA-Anbietern und hat einen „großen Einfluss auf das Narrativ über Prozessautomatisierung“ [120]. Die UiPath-Plattform bietet u.a. „umfangreiche Governance-Funktionen, eine Citizen Developer-freundliche UX, fortschrittliche Computer Vision und Cloud RPA as a Service“ [120] an. Die UiPath-Plattform umfasst Attended- und Unattended-Bots, die auf einer integrierten Low-Code-Plattform die Roboterausführungen orchestriert. Des Weiteren lassen sich die RPA-Bots von UiPath, genauso wie die RPA-Bots von Blue Prism [15, S. 3330 ff.] und Automation Anywhere [15, S. 3357 ff.], in die ausführbaren Prozesse des Arbeitsportals von BIZAGI integrieren [18]. „Die UiPath-Plattform richtet sich an ein breites Spektrum von Anwendergruppen im gesamten Lebenszyklus der Prozessautomatisierung, von Softwareingenieuren bis hin zu Business Technologists (Citizen Developers) und multidisziplinären Fusion Teams“ [120]. Mit der kostenlosen Community-Versionen und einem kontinuierlichen Fokus auf Lernressourcen, Online-Schulungen und einer aktiven Entwickler-Community unterstützt UiPath seine Kunden mit häufigen Updates und dem Austausch von Wissen aus der Masse. Aus den genannten Gründen wird für diese Arbeit die RPA-Technologie als Freeware in der „Community Edition“ der Firma UiPath gewählt.

4.2 Prüfung des bevorzugten Informationsmanagementsystems (IMS) auf Basis von Nutzerpräferenzen

BIZAGI stellt eine „Plattform as a Service“ (Paas) in Form eines Arbeitsportals bereit, das je nach Gestaltung bspw. in ein Lern-, Logistik-, Finanz- oder wie in dem hier vorliegenden Fall zu einem Statikportal weiterentwickelt werden kann. BIZAGI stellt somit ein individuell gestaltbares Arbeitsportal zur Verfügung, dass als Grundlage für die Weiterentwicklung zum Statikportal präferiert wird (vgl. Kapitel 5). Bevor jedoch mit der Weiterentwicklung begonnen wird, sind die Performance

und Funktionsweise bzw. die Benutzbarkeit und Benutzerfreundlichkeit des Arbeitsportals zu testen (vgl. Kapitel 4.1.1). Um die Eignung des BIZAGI-Arbeitsportals in Bauprojekten feststellen zu können, wurden dafür Planspiele namens „BIM Games“ entwickelt, in denen das Arbeitsportal als zentraler Taktgeber der Planspiele eingesetzt wurde. Anhand von real-getreuen Bauplanungsszenarien interagierten über das Arbeitsportal unterschiedliche Fachexperten_innen, um die in den BIM Games gestellten Aufgaben zu lösen. Die in den BIM Games eingesetzten Variationen des Arbeitsportals wurden nach dem Prinzip des Wasserfallmodells in Abbildung 4.4 entwickelt, wodurch die Funktionsweise und Benutzbarkeit des Arbeitsportals sukzessive (von Planspiel zu Planspiel) optimiert wurde. Das Ziel dieses Kapitels ist die Beantwortung der Frage (4) der Zielsetzung: Ist die Performance, Funktionalität und Benutzbarkeit des bevorzugten IMS dafür geeignet, um in Bauprojekten eingesetzt zu werden?

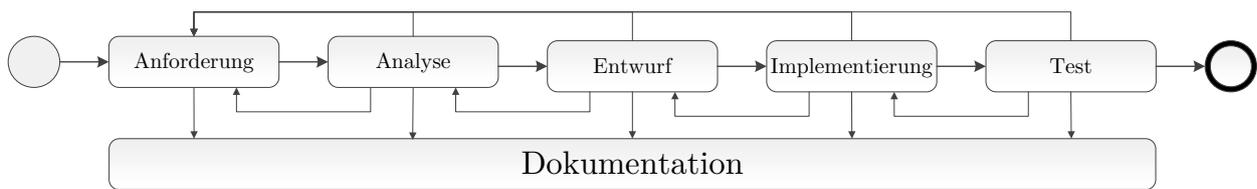


Abbildung 4.4: Entwicklung des Arbeitsportals nach dem Prinzip des Wasserfallmodells

4.2.1 Fallbeispiele zur Beurteilung der Stabilität und Benutzbarkeit der IMS-basierten Portale

In Kooperation mit dem Fachbereich Architektur der Jade Hochschule wurden digitale Planspiele entwickelt, um die BIM-basierte Arbeitsweise in real-getreuen (BIM-)Neubauprojekten zu simulieren. Dafür agierten die Teilnehmenden in zugewiesene Rollen, um die vordefinierten Aufgabenpakete in einer vorgegebenen Zeit zu bewerkstelligen. Die durchgeführten Lehr- und Weiterbildungsprojekte wurden für unterschiedliche Fachbereiche sowie externe Personen aus der Berufspraxis entwickelt und beschreiben eine neue, digitale Art des Lernens und Lehrens. Um festzustellen, wie ein Arbeitsportal im überwiegend zeitkritischen Planungsverlauf eingebunden werden kann, wurden die Frontends des Arbeitsportals in vier Planspielen, mit unterschiedlichen Zielgruppen evaluiert:

1. **BIM Game PING PONG:** Mit der Lehrveranstaltung PING PONG wurde das erste BIM Game testweise für Studierende des Fachbereichs Architektur entwickelt. Das erste dezentrale und zugleich internationale Planspiel der Jade Hochschule wurde ein Wochenende lang durchgeführt, um die BIM-Schlüsseltechnologien im operativen Einsatz zu testen und zu erleben. Die dezentrale Zusammenarbeit und Kommunikation der Gruppe fand anhand des zu entwickelnden Bau-Produktmodells und in einer direkten Wettkampfsituation mit den anderen Gruppen statt. Der Wettkampf wurde durch das BIZAGI-Arbeitsportal gesteuert, das jeder Gruppe die gleichen Aufgaben bereitstellte und die Ergebnisse zu einem vordefinierten Zeitraum maschinell eingeforderte. [76][161][66]
2. **BIM Game JADE WORK:** Um die Realbedingungen des Spiels zu verschärfen, wurde die Veranstaltung JADE WORK für externe Teilnehmende und Studierende aus dem Fachbereich Bauingenieurwesen geöffnet. In gegeneinander konkurrierenden Planungsteams entwarfen interdisziplinäre Teams (bestehend aus Architektur und Bauingenieurwesen) eine Campuswerkstatt für den Campus Oldenburg der Jade Hochschule, ebenfalls anhand von 3D-Modellen. Der Wettbewerb wurde wieder durch das BIZAGI-Arbeitsportal gesteuert und fand ebenfalls in direkter Wettkampfsituation mit anderen Gruppen statt. [78]

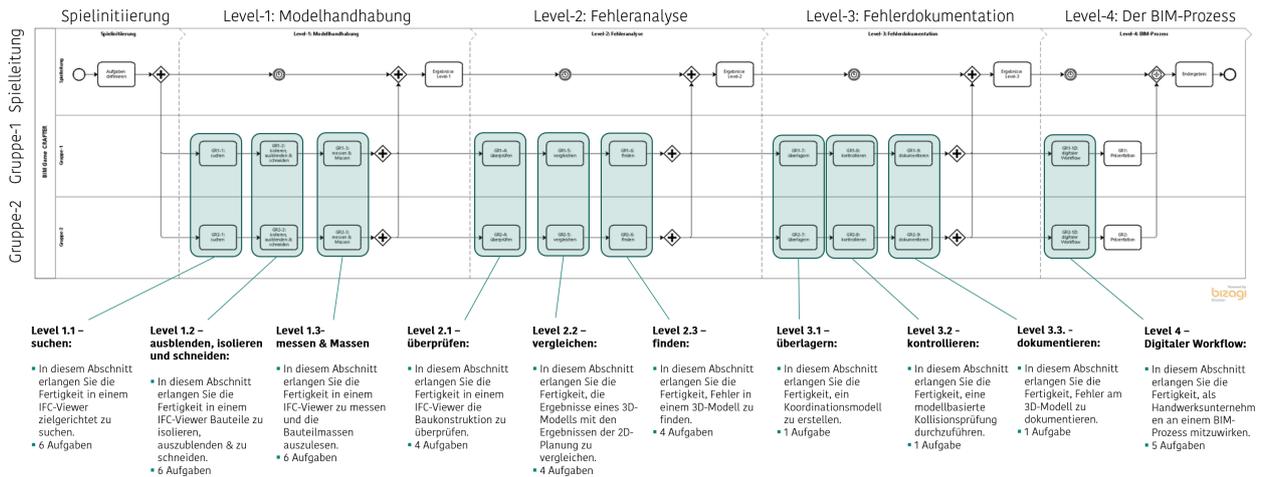


Abbildung 4.5: Schematische Prozessstruktur der Planspiele, am Beispiel des BIM Games CRAFTER

- BIM Game CRAFTER:** Das dritte BIM-Planspiel richtete sich, anders als bei den vorigen Planspielen, ausschließlich an Handwerksunternehmen. Die Teilnehmenden aus den Betrieben konnten die BIM-Schlüsseltechnologien aus der Sicht eines BIM-Nutzers testen. Anhand eines eigens dafür entwickelten Gebäudemodells (siehe Kapitel 5.1), haben die unterschiedlichen Gewerke gemeinschaftlich zusammengearbeitet, um am Modell verortete Aufgaben zu lösen, Fehler im Modell zu identifizieren und zu dokumentieren sowie den Bauablauf der jeweiligen Gewerke im Modell zu koordinieren. Das Planspiel wurde über das BIZAGI-Arbeitsportal gesteuert, indem die Aufgaben ortsunabhängig bereitgestellt und die Antworten termingerecht eingefordert wurden. [77]
- BIM Game JADE WORKS:** Dieses BIM Game ist die Weiterführung des Planspiels JADE WORK. Der Unterschied dieses Planspiels liegt in den ausgereifteren Inhalten der Handouts (Exposé, AIA, Gestaltungshandbuch) und des Arbeitsportals, das als zentrale Informationsplattform wieder das Planspiel steuerte. Des Weiteren wurde dieses Planspiel, im Zuge des 9. Oldenburger BIMTags, erstmals als Präsenzveranstaltung für Studierende und Personen aus der Berufspraxis durchgeführt.

4.2.2 Aufbau der Portale

Infolge der Corona-Pandemie bestand die Anforderung darin, Personen dazu zu befähigen, die BIM-Arbeitsweise in den Grundzügen praktisch anzuwenden, ohne dass die Dozenten persönlich mit den Teilnehmenden in Kontakt treten konnten. Eine intensive Vor-Ort-Betreuung oder ein einfaches über-die-Schulter-Blicken, um den aktuellen Bearbeitungsstand einsehen zu können oder Schwachstellen festzustellen, war nicht möglich. Weiterhin gab es keine Möglichkeiten für intensive Gruppenarbeiten, da öffentliche Einrichtungen geschlossen und persönliche Kontakte zu vermeiden waren. Die Anforderung bestand somit darin, ein intensives Gruppenerlebnis im digitalen Raum zu erzielen, das dem Vor-Ort-Lernen gleicht. Unter diesen Gesichtspunkten wurde das BIZAGI-Arbeitsportal entwickelt, um einerseits den Spielenden einen Fahrplan an die Hand zu geben, der klar zeigt, wann welche Informationen zu liefern sind und wer welche Informationen schon geliefert hat. Und andererseits, um den Dozierenden einen Überblick zu verschaffen, in welchen Gruppen eventuell Handlungsbedarf vorhanden sein könnte, um unterstützend einzuschreiten.

Der Aufbau der Arbeitsportale war in den Grundzügen bei allen Planspielen identisch: Die Prozessmodelle beinhalteten unterschiedliche Phasen (Meilensteine) und jeweils eine Swimlane pro Gruppe.

Jede Gruppe hatte die gleichen Aktivitäten mit identischen Aufgaben zu erledigen. Lediglich die Inhalte und die Darstellung variierten je nach Anwendungsszenario der Planspiele. Wie in Abbildung 4.5 dargestellt, beginnt jedes Spiel mit der Spielinitiierung. In dieser Aktivität kann die Spielleitung³ Bilder, Aufgaben oder die Abgabezeiten verändern (vgl. Abbildung 4.7 (a)). Nach der Initiierung werden die Aufgaben unveränderbar an die Teilnehmenden übermittelt. Wie in Abbildung 4.6 (a) exemplarisch dargestellt, wird das Arbeitsportal durch unterschiedliche Formblätter strukturiert: Am Beispiel des BIM Game CRAFTER, werden im oberen Teil die Zielvorgaben des Planspiels erläutert. Im mittleren Teil der ersten Aktivität werden Personendaten abgefragt, um die Gruppenzugehörigkeit bei der späteren Bewertung eindeutig identifizieren zu können. Des Weiteren wird im mittleren Teil der ersten Aktivität abgefragt, wer welche Rolle im Laufe des Spiels einnimmt. Im unteren Teil erhalten die Teilnehmenden Informationen über die Kompetenzziele des jeweiligen Levels und über die zu verwendenden Arbeitsutensilien. Anschließend erhalten die Teilnehmenden Auskunft über die zu lösenden Aufgaben, deren Ergebnisse durch die Eintragungen im zugehörigen Eingabefeld zu dokumentiert sind. Um die eingetragenen Ergebnisse im Arbeitsportal zu dokumentieren, enthält jedes Eingabefeld ein eindeutiges Attribut, das die Informationen im Datenmodell speichert und für die Auswertung der Spielleitung wieder bereitstellt (vgl. Abbildung 4.6 (b) sowie Kapitel 5.2.2 und 5.3). Basierend auf den BPMN2.0-Prozessinstanzen, führten die Prozessmodelle die Teilnehmenden sequenziell durch die Wettbewerbe. Zur Überführung der Prozesse in eine .NET-Umgebung wurde der Microsoft Internet Information Services (IIS) für die Webserver-Konfiguration verwendet. Der Zugriff auf die Arbeitsportale erfolgte über eine VPN-Verbindung auf die lokale IPv4-Adresse des BIZAGI-Servers (Desktop PC), wie in Kapitel 5.4 beschrieben.

4.2.3 Evaluation der Portale

Insgesamt haben 71 Personen⁴ das Arbeitsportal begutachtet. Aufgrund der Zugangsbegrenzungen, durch die systeminterne Zuweisungsregel, und dem Hintergrund der nicht-personalisierten Rollenzuweisung, wie bspw. <Gruppe-1> und <Gruppe-2>, konnte immer nur eine Person je Gruppe das Arbeitsportal bedienen, da die Aktivitäten nur personenbezogen zu öffnen waren (vgl. Kapitel 5.2.5). Dies hatte zur Folge, dass von den 71 Personen lediglich 27 das Arbeitsportal, in einer wechselseitigen Verantwortung, testen konnten. Die Einarbeitungszeit, für die eigenständige Bedienung der Probanden, erfolgte anhand einer 30-minütigen Demonstration sowie einem Handout, in Form eines Klick-Tutorials. Die Evaluation⁵ der Arbeitsportale erfolgte anonymisiert über die Lernplattform „Moodle“ (für reine Lehrprojekte) und „LimeSurvey“ (für Lehr- und Weiterbildungsprojekte), gemäß der Evaluationsordnung der Jade Hochschule und anhand der folgenden Fragestellungen:

- Frage 1:** Hat das Arbeitsportal Ihre Arbeitsweise unterstützt?
- Frage 2:** War das Arbeitsportal für Sie leicht verständlich?
- Frage 3:** Wussten Sie zu jeder Zeit, an welcher Stelle Sie sich im Prozess gerade befinden?
- Frage 4:** Konnten Sie den Projektfortschritt erkennen?
- Frage 5:** Konnten Sie einfach erkennen, wann und wo eine Benutzereingabe erforderlich war?
- Frage 6:** Kam Ihnen das Arbeitsportal vertraut vor?
- Frage 7:** Wurde das Arbeitsportal im Browser angemessen dargestellt?
- Frage 8:** Wurde die Qualität Ihrer Ergebnisse durch eine im Arbeitsportal fehlende „Zurücktaste“ gesteigert?
- Frage 9:** Gab es Schwachstellen bei der Anwendung des Arbeitsportals, welche?
- Frage 10:** Wie war Ihr erster Eindruck vom Arbeitsportal?

³ in einigen Planspielen auch Bauherr genannt

⁴ PING PONG: 18 Personen; JADE WORK: 14 Personen; CRAFTER: 19 Personen; JADE WORKS: 20 Personen

⁵ Eine Gesamtübersicht der Evaluationsergebnisse ist dem Anhang A.1 zu entnehmen.

Frage 11: Würden Sie in einem digitalen Planspiel die Arbeitsweise mit einem solchen Arbeitsportal empfehlen?

Frage 12: Würden Sie für Bauprojekte die Arbeitsweise mit einem ähnlich aufgebauten Arbeitsportal empfehlen?

Für die Konfiguration des Arbeitsportals wurde im ersten Planspiel PING PONG vier Monate Arbeitszeitaufwand betrieben und für das letzte Planspiel JADE WORKS lediglich drei Tage, da bereits ein hohes Maß an Vorkenntnissen sowie ein Großteil der Formulare bereits vorkonfiguriert waren. Die Optik, die Zuordnung der Formulare und die korrekte Verknüpfung von Attributen im Datenmodell verbesserten sich vom ersten bis zum vierten Planspiel. Während im ersten Planspiel die Formblätter gruppenübergreifend vertauscht wurden und teilweise die eingetragenen Ergebnisse der Gruppe 1 der Gruppe 4 angezeigt wurden, verlief das Planspiel JADE WORKS fehlerfrei. Auch die Optik wurde durch eine vierfach größere Textdarstellung und durch die Integrierung von Widgets, über die Darstellung der Abgabezeiten, bereits im dritten Planspiel verbessert. Die genannten Konfigurationsfehler sind in den nachfolgenden Auswertungen⁶ nicht berücksichtigt, sodass bei einem fehlerfreien Arbeitsportal eine positivere Bewertung zu erwarten ist.

Die Performance des Arbeitsportals ist als stabil und zuverlässig einzustufen. Der Zugang zum Arbeitsportal war in allen Planspielen jederzeit möglich und der Kontext sowie die im Scopes gesicherten Zwischenergebnisse wurden ordnungsgemäß abgespeichert und bereitgestellt (vgl. Kapitel 5.2.2). Das Arbeitsportal konnte in der Testumgebung ortsunabhängig und länderübergreifend bedient werden. Obwohl der Zugang und die hochzuladende Datengröße auf 1,05 MB⁷ begrenzt waren, gaben 71,0 Prozent der Probanden an, dass das Arbeitsportal deren Arbeitsweise positiv unterstützt hat (Abbildung A.1, Frage 1). Den Probanden kamen die Frontends des Arbeitsportals vertraut (62,3 Prozent: Abbildung A.2, Frage 6) und leicht verständlich vor (70,8 Prozent: Abbildung A.1, Frage 2). Des Weiteren wurde das Arbeitsportal im Browser angemessen dargestellt (83,8 Prozent: Abbildung A.2, Frage 7), sodass der erste Eindruck des Arbeitsportals als positiv zu bewerten ist (73,3 Prozent: Abbildung A.3, Frage 10). Die Funktionen des Arbeitsportals sind ebenfalls als positiv zu bewerten: 74,8 Prozent der Probanden wussten zu jeder Zeit, an welcher Stelle sie sich im Prozess befanden (Abbildung A.1, Frage 3), und 72,5 Prozent konnten den gesamten Prozessfortschritt erkennen (Abbildung A.2, Frage 4). Die Benutzereingaben waren klar erkennbar (77,8 Prozent: Abbildung A.2, Frage 5) und die fehlende Zurücktaste zwischen den Aktivitäten, hat die Qualität der Ergebnisse positiv unterstützt (58,8 Prozent: Abbildung A.3, Frage 8). Obwohl noch viele Schwachstellen im Arbeitsportal vorhanden waren, würden 80,7 Prozent der befragten Personen empfehlen das Arbeitsportal für Planspiele einzusetzen (Abbildung A.3, Frage 11). 76,5 Prozent der Befragten empfehlen, das Arbeitsportal für reale Bauprojekte einzusetzen (Abbildung A.3, Frage 12). Würde in dieser Auswertung das Lehrprojekt PING PONG ausgeschlossen und nur die ausgereifteren Arbeitsportale für die Lehr- und Weiterbildungsprojekte gewertet werden, so würden 80 Prozent der Probanden das Arbeitsportal für Bauprojekte empfehlen. Als Schwachstellen (Frage 9) wurden die folgenden Punkte genannt:

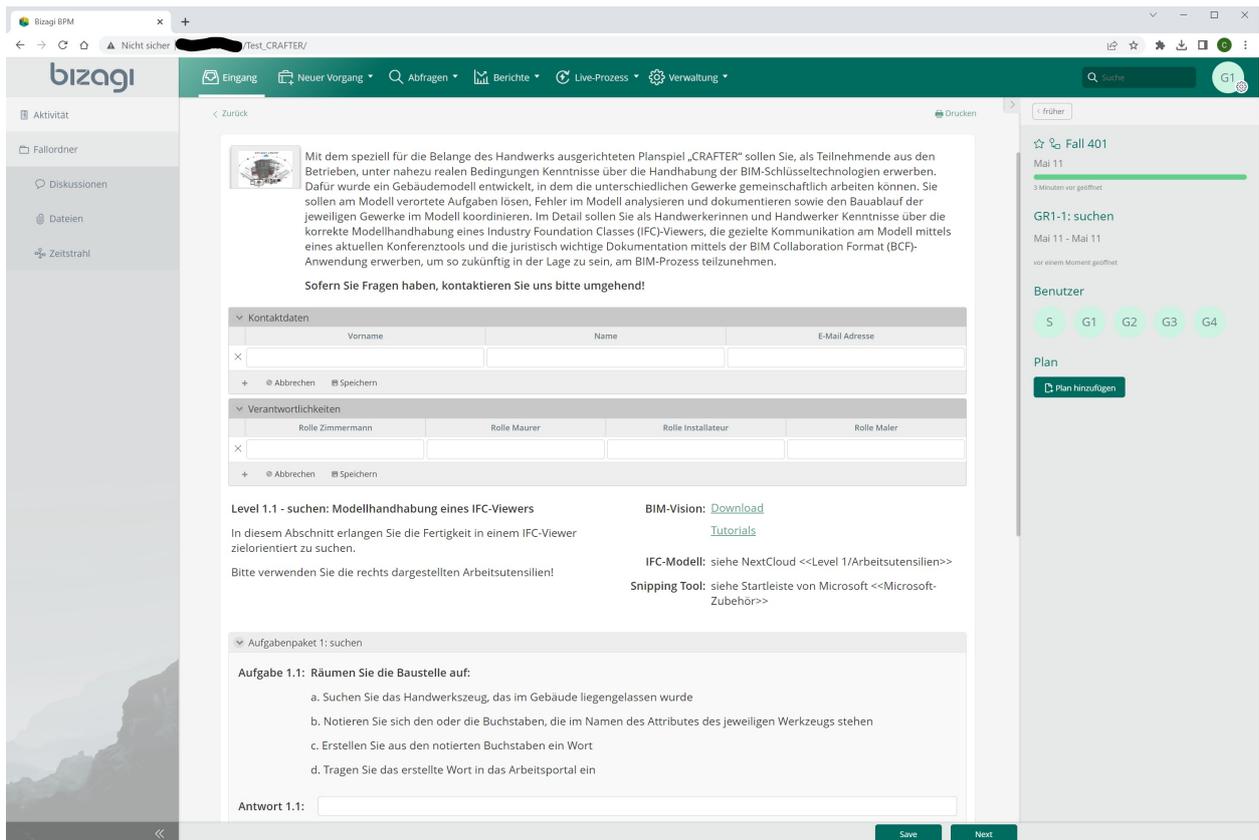
Schwachstellen des (PING PONG)-Arbeitsportals:

- „Gruppen vertauscht“
- „Design, Benutzeroberfläche“

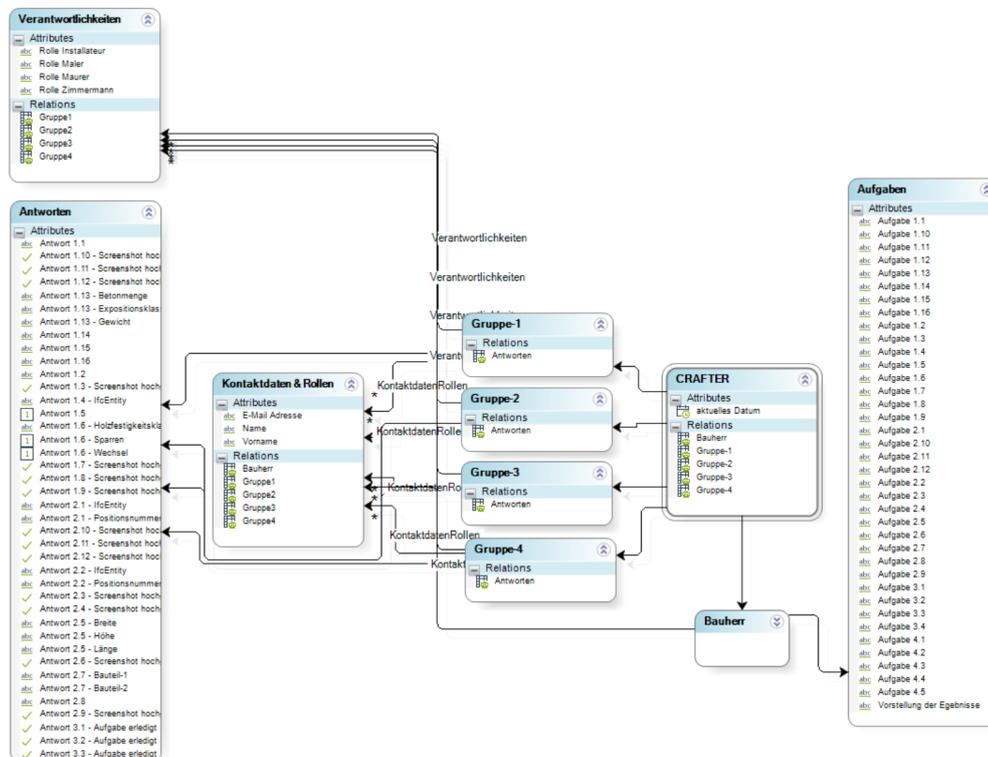
⁶ arithmetisches Mittel aus allen Planspielen

⁷ Die Begrenzung der hochzuladenden Datengröße basierte auf der zur Verfügung stehenden Ressourcen des Desktop-PC, auf dem das Arbeitsportal gehostet wurde. Sofern ein Server als Host eingesetzt wird, ist diese Begrenzung obsolet. Die Zugangsbegrenzung kann jederzeit durch weitere personengebundene Prozessaktivitäten unterbunden werden.

PRÜFUNG DES BEVORZUGTEN INFORMATIONSMANAGEMENTSYSTEMS (IMS) AUF BASIS VON NUTZERPRÄFERENZEN



(a)



(b)

Abbildung 4.6: Das BIZAGI-Arbeitsportal am Beispiel des BIM Games CRAFTER – (a) Auszug aus der Benutzungsschnittstelle der End-User; (b) Aufbau des Datenmodells

HYPOTHETISCHES KONSTRUKT EINES PROZESS- UND ROBOTERGESTEUERTEN STATIKPORTALS

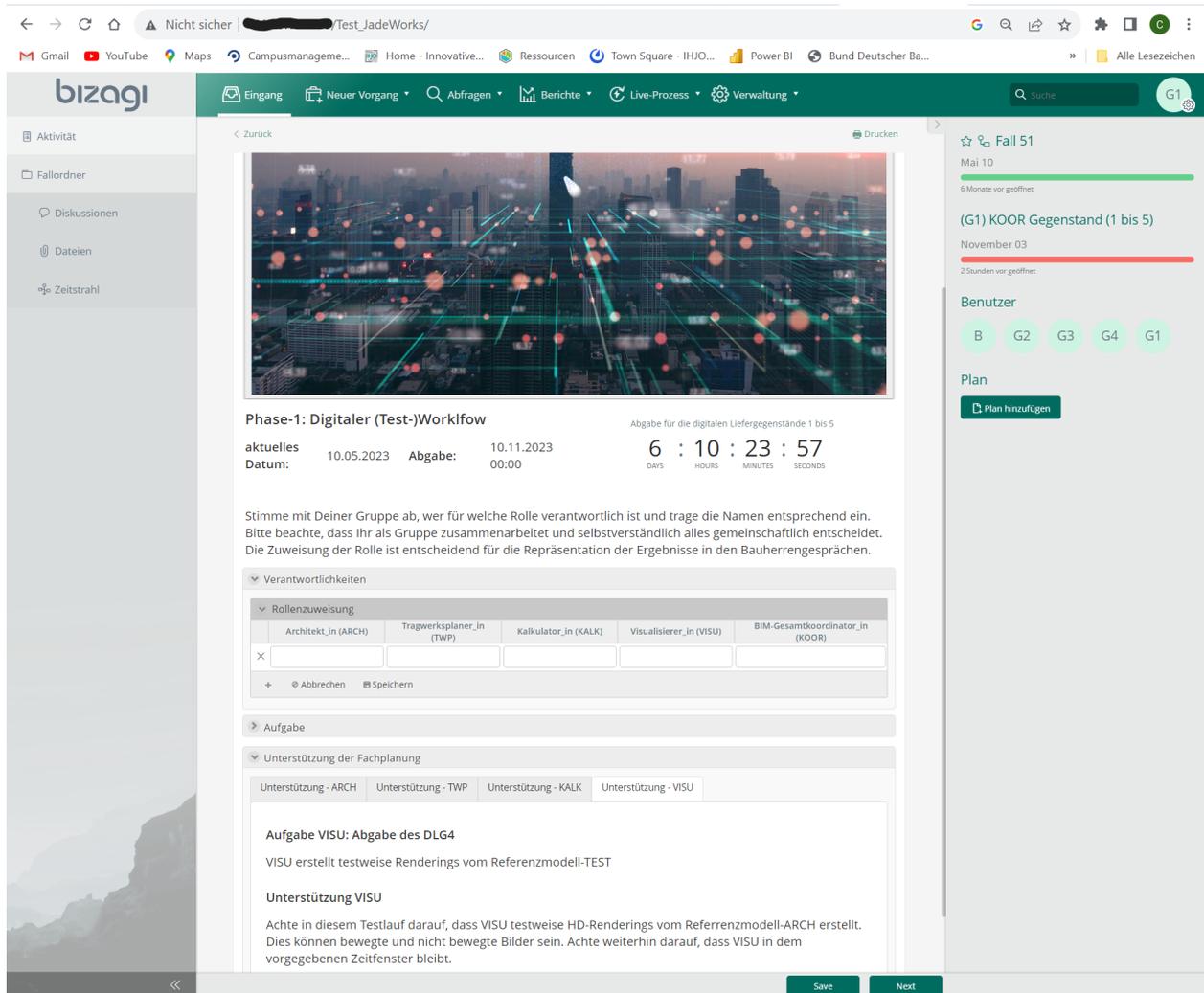


Abbildung 4.7: Das BIZAGI-Arbeitsportal am Beispiel des BIM Games JADE WORKS – Auszug aus der Frontend für die Sicht der BIM-Koordination

- „einige Probleme bei der Findung des Prozesses“
- „teilweise falsche Gruppenergebnisse“

Schwachstellen des (JADE WORK)-Arbeitsportals:

- „Da wir uns nicht gleichzeitig anmelden konnten und der Arbeitsablauf in sehr große Schritte gegliedert war, fand keine teaminterne Kommunikation statt, sondern nur Abgaben“
- „Teilweise Ungewissheit, wie und ob man zurückkann und ob die Sachen alle gespeichert wurden“
- „Dateigröße für Upload, nur eine Person gleichzeitig (vor allem bei größeren Gruppen)“

Schwachstellen des (JADE WORKS)-Arbeitsportals:

- „Eine Terminkalender-Funktion, ähnlich wie bei Google Calendar, könnte im Arbeitsportal ergänzt werden.“

Kapitel 5

Entwicklung und modellbasierte Umsetzung eines Statikportals für die partizipative Bearbeitung von Tragwerksberechnungen in einer .NET-Umgebung

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie ein gemeinsam zu nutzendes Statikportal für die operativen Tätigkeiten des Aufstell- und Prüfprozesses einer Baustatik technisch umzusetzen ist. Damit wird auf die Frage (4) der Zielsetzung eingegangen: Welche Prozesse, Datenmodelle, Formulare, Geschäftsregeln und sonstige Aspekte sind erforderlich, um ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal zu entwickeln?

Die zur Entwicklung des Statikportals notwendigen materiellen und formellen Inhalte sowie zeitliche und kommunikative Aspekte wurden im Kapitel 2 analysiert und ausgewertet. Die konzeptionellen sowie technischen und methodischen Rahmenbedingungen, die zur Gestaltung eines partizipativ zu nutzenden Statikportals erforderlich sind, wurden bereits in den Kapiteln 3 und 4 erläutert. Die Erkenntnisse der Kapitel 2 bis 4 bilden die Basis für die prototypische Entwicklung des Statikportals. Die technische Prozessautomation, die Bereitstellung und der Zugang zum Statikportal erfolgt über das BIZAGI-Arbeitsportal¹ (vgl. Kapitel 4.2). Das IMS „Bizagi Suite“ ist ein Informationssicherheitsmanagementsystem, das die Phasen des Aufstell- und Prüfprozesses von der Modellierung bis zur Ausführung und Bewertung der Prozesse steuert. Die Schlüsselemente des IMS sind die BIZAGI-Engine, die die technischen Prozessmodelle ausführt und ein webbasiertes Portal für die Interaktion zwischen den End-Usern sowie integrierte Prozesskennzahlen, Zeiten und Alarmer, die über die Funktionsweise eines üblichen BPMS hinausgehen. In den nachfolgenden Kapiteln wird das Statikportal anhand eines Referenzprojektes entwickelt (vgl. Kapitel 5.2 bis 5.3). Das Statikportal ermöglicht unter anderem die Verwaltung und Dokumentation von Arbeitspaketen, die Aufnahme und Bereitstellung von Ergebnissen sowie die Echtzeit-Fortschrittsanzeige und -auswertung. Konfigurieren lässt sich das Statikportal über das „Bizagi-Studio“, durch die Kategorien – Prozesse, Datenmodell, Formulare, Geschäftsregeln, Rollen, externe Applikationen und Softwareverteilungen (vgl. Abbildung 5.43). Der Zugang zum Statikportal wird dem End-User über einen Webbrowser ermöglicht (vgl. Kapitel 5.4). Im Kapitel 5.6 wird das Statikportal durch Softwareroboter erweitert. Abschließend wird in diesem Kapitel das prozess- und robotergesteuerte Statikportal verifiziert.

¹ BIZAGI-Homepage: <https://www.bizagi.com/de>

5.1 Beschreibung des Referenzprojektes

Für die Digitalisierung des Aufstell- und Prüfprozesses wird zur Veranschaulichung ein Energieeffizienzhaus zugrunde gelegt, das mehrfach realisiert und im Zuge dieser Arbeit vom Autor als physisches 3D-Ausführungsmodell nachkonstruiert wurde. In der Abbildung 5.1 ist der Positionsplan P001 des Referenzprojektes dargestellt. Das dargestellte Einfamilienwohnhaus wurde in Holzrahmenbauweise – mit insgesamt zwei Etagen (Erdgeschoss und Obergeschoss), einem Balkon und zwei Anbauten im Erdgeschoss – realisiert. Das Bauwerk ist nicht unterkellert. Die tragenden Bauteile des Bauwerks führen die Lasten ohne Lastversprünge vom Pfettendach bis in den Baugrund. Horizontal ausgesteift wird das Bauwerk über Windrispenbänder, Holzdecken- und Holzwandscheiben. Die Holzwandscheiben werden im Erdgeschoss über Zuganker gesichert, die mit der Stb.-Betonplatte monolithisch verbunden sind. Für die statische Bemessung des Dachtragwerks wurden insgesamt vier Positionen (Pos-Nr. 1.01 bis 2.02), für das Obergeschoss 9 Positionen (Pos-Nr. 2.03 bis 2.11), für das Erdgeschoss 30 Positionen (Pos-Nr. 3.01 bis 3.30) und für die Gründung drei Positionen (Pos-Nr. 4.01, 4.03 und 4.04) zugrunde gelegt, die in der Tabelle 5.1 deutlicher zusammengefasst sind. Nachfolgend erfolgt eine kurze Beschreibung des Tragwerkkonzeptes für die jeweiligen Ebenen des Bauwerks. Weiterführende Informationen zum Referenzprojekt sind dem Anhang A.3 zu entnehmen.

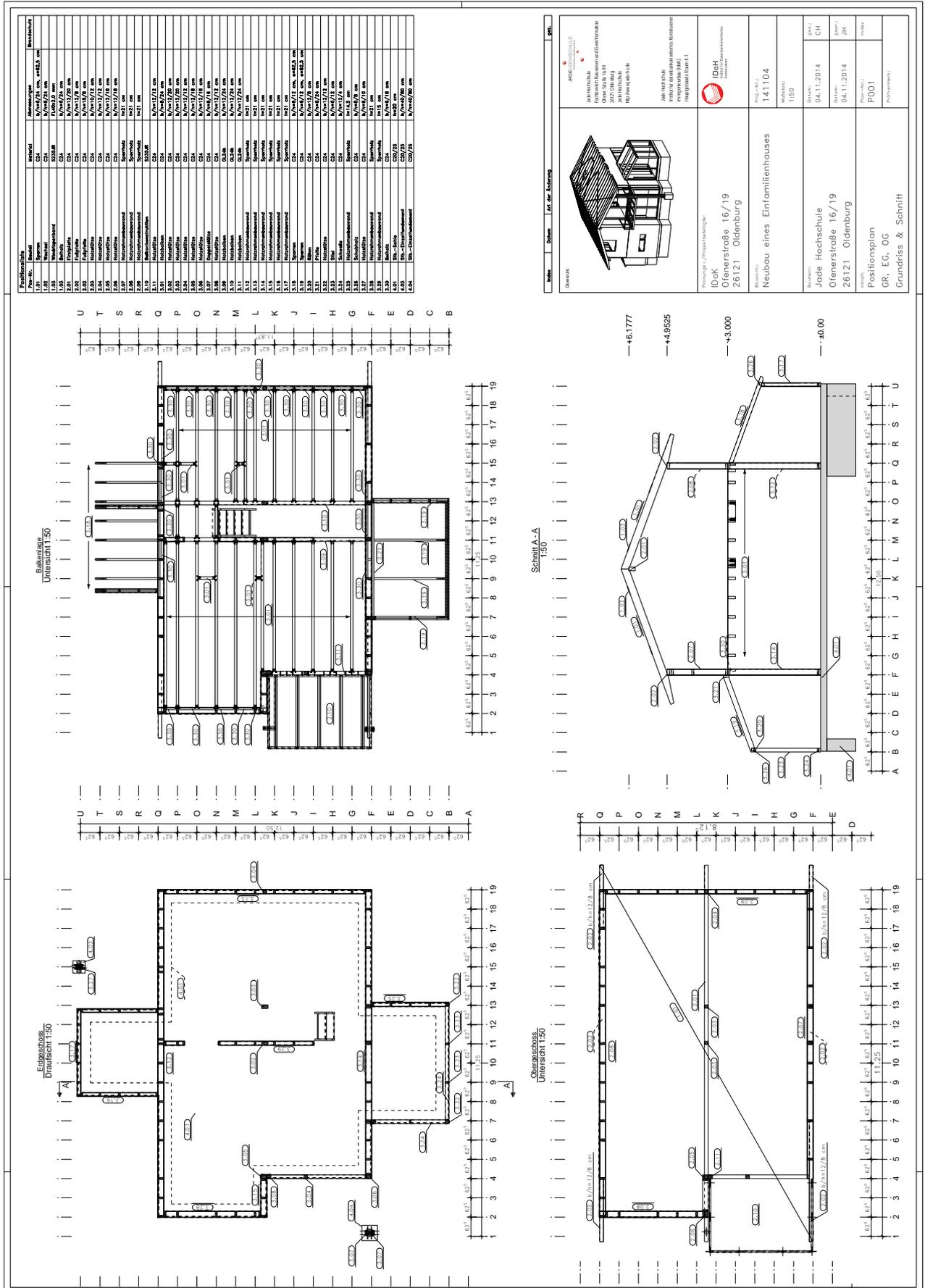
Dachkonstruktion: Die Dachkonstruktion des Haupthauses ist als Pfettendach ausgebildet. Die Sparren (Pos-Nr. 1.01) tragen die Dachdeckung und sind als 1-Feld-Träger konzeptioniert, die im Bereich der Fensteröffnungen zusätzlich durch Wechsel (Pos-Nr. 1.02) belastet werden. Die Sparren lagern auf einer First- (Pos-Nr. 2.01) und einer Fußpfette (Pos-Nr. 2.02). Horizontal ausgesteift wird das Dachtragwerk durch kreuzverlegte Windrispenbänder (Pos-Nr. 1.03), mit Beihölzern (Pos-Nr. 1.03) in den Endbereichen der First- und Fußpfetten.

Obergeschoss: Das Dachtragwerk wird im Obergeschoss durch Holzrahmenbauwänden und Holzstützen abgefangen. Die Holzstützen, mit der Pos-Nr. 2.03 bis 2.06, stützen die Firstpfette. Die Holzrahmenbauwand mit der Pos-Nr. 2.09 funktioniert als Außenwand. Die Holzrahmenbauwände, mit der Pos-Nr. 2.07 und 2.08, agieren ebenfalls als Außenwände und stützen zusätzlich die Fußpfetten.

Erdgeschoss: Das Erdgeschoss stabilisiert das Obergeschoss vertikal durch eine Verbolzung der Holzrahmenbauwände im Anschlussbereich Schwelle/Rähm. Die Lasten der Holzstützen aus dem Obergeschoss werden direkt durch die Holzstützen im Erdgeschoss (Pos-Nr. 3.02 bis 3.05) abgefangen und über die Stb.-Sohle in den Baugrund eingeleitet. Die Holz-Doppelstütze (Pos-Nr. 3.06) unterstützt den Balkon und die auskragende Fußpfette. Die horizontale Aussteifung erfolgt über die Holzdeckenscheibe, als Verbund aus Holzdeckenbalken (Pos-Nr. 3.01), der flächendeckenden Verschalung und den aussteifenden Beihölzern (Pos-Nr. 3.30) am Deckenrand.

Gründung: Die Stb.-Bodenplatte gründet auf einem tragfähigen Baugrund mit einer Bodennormalspannung von $\sigma \geq 200 \text{ kN/m}^2$ und auf Stb.-Streifenfundamenten, die mit der Stb.-Bodenplatte monolithisch verbunden und ebenfalls auf den ausreichend tragfähigen Bodenschichten abgesetzt sowie frostfrei gründend sind.

Anhand der in Tabelle 5.1 dargestellten Positionierung erfolgt im Kapitel 5.3 die Prozessdigitalisierung. Darauf aufbauend werden im Kapitel 5.6 die digitalisierten Prozesse durch Aspekte der CAE-Automatisierung erweitert, um die Ergebnisse der Tragwerksberechnungen in den Prozess der Bau-Produktmodellentwicklung zu integrieren.



PROJEKTLEITUNG Jade Hochschule Referat Bauwesen und Ingenieurwesen Postfach 101550 26119 Oldenburg Hilfsmittelgebäude	PROJEKTLEITUNG Jade Hochschule Referat Bauwesen und Ingenieurwesen Postfach 101550 26119 Oldenburg Hilfsmittelgebäude	IDEH Ingenieurgesellschaft Hilfsmittelgebäude
Projektname / Projektbezeichnung: IdeK Oftersstraße 16/19 26121 Oldenburg		
Bauwerk: Neubau eines Einfamilienhauses		
Datum: 04.11.2014		
Blatt: 04.11.2014		
Projekt: PO01		
Zeichner: GR, EG, OG		
Position: Grundriss & Schnitt		

Abbildung 5.1: Positionsplan des Referenzprojektes

Tabelle 5.1: Auszug der Positionsliste aus dem Positionsplan des Referenzprojektes

Ebene	Pos-Nr.	Bauteil	Material	Abmessungen	
Dachtragwerk	1.01	Sparren	C24	b/h=6/24 cm, e=62,5 cm	
	1.02	Wechsel	C24	b/h=6/24 cm	
	1.03	Windrispenband	S235JR	FL40x2,0 mm	
	1.03	Beiholz	C24	b/h=6/24 cm	
	2.01	Firstpfette	C24	b/h=12/20 cm	
	2.02	Fußpfette	C24	b/h=12/8 cm	
	2.02	Fußpfette	C24	b/h=18/8 cm	
	Obergeschoss	2.03	Holzstütze	C24	b/h=10/12 cm
		2.04	Holzstütze	C24	b/h=12/12 cm
		2.05	Holzstütze	C24	b/h=12/18 cm
2.06		Holzstütze	C24	b/h=12/18 cm	
2.07		Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
2.08		Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
2.09		Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
2.10		Balkonkonstruktion	S235JR		
2.11		Holzstütze	C24	b/h=12/12 cm	
Erdgeschoss		3.01	Holzbalken	C24	b/h=8/24 cm
	3.02	Holzstütze	C24	b/h=12/20 cm	
	3.03	Holzstütze	C24	b/h=12/20 cm	
	3.04	Holzstütze	C24	b/h=12/12 cm	
	3.05	Holzstütze	C24	b/h=12/18 cm	
	3.06	Holzstütze	C24	b/h=12/18 cm	
	3.07	Doppelstütze	C24	b/h=8/16 cm	
	3.08	Holzstütze	C24	b/h=12/12 cm	
	3.09	Holzbalken	GL24h	b/h=12/24 cm	
	3.10	Holzbalken	GL24h	b/h=12/24 cm	
	3.11	Holzbalken	GL24h	b/h=12/24 cm	
	3.12	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
	3.13	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
	3.14	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
	3.15	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
	3.16	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
	3.17	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm	
	3.18	Sparren	C24	b/h=6/12 cm, e=62,5 cm	
	3.19	Sparren	C24	b/h=6/12 cm, e=62,5 cm	
	3.20	Rähm	C24	b/h=12/8 cm	
3.21	Pfette	C24	b/h=6/24 cm		
3.22	Holzstütze	C24	b/h=12/12 cm		
3.23	Stiel	C24	b/h=6/12 cm		
3.24	Schwelle	C24	b/h=12/4 cm		
3.25	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=14,5 cm		
3.26	Schubholz	C24	b/h=8/8 cm		
3.27	Holzstütze	C24	b/h=6/10 cm		
3.28	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=21 cm		
3.29	Holzrahmenbauwand	Sperrholz	t=15 cm		
3.30	Beiholz	C24	b/h=6/18 cm		
Gründung	4.01	Stb.-Sohle	C20/25	h=20 cm	
	4.03	Stb.-Einzelfundament	C20/25	b/h=40/80 cm	
	4.04	Stb.-Einzelfundament	C20/25	b/h=40/80 cm	

5.2 Allgemeine Erläuterungen zur Konfiguration des Statikportals

Auf Basis der in Kapitel 4 festgelegten Konzeptionierung und Funktionalität sowie auf den im Kapitel 3 beschriebenen technologischen und methodischen Rahmenbedingungen werden in diesem Kapitel die erforderlichen Prozessabläufe, Datenmodelle, Formulare, Geschäftsregeln sowie Verantwortlichkeiten und Rollen für das Statikportal vorkonfiguriert, um die partizipative Bearbeitung des Vieraugenprinzips während des Aufstell- und Prüfprozesses einer Baustatik im Kapitel 5.3 zu digitalisieren und über Webapplikationen bereitzustellen. In diesem Kapitel erfolgt zunächst die Beschreibung der allgemeingültigen Konfigurationsfestlegungen für eine standardisierte Modellierung der Prozessmodelle (mit und ohne Individualentscheidungen), für den Aufbau von Datenmodellen, für die im Statikportal zu verwendenden Formulare, zu der Rechtevergabe für die entsprechenden Verantwortlichkeiten und Rollen sowie zu den allgemeingültigen Geschäftsregeln.

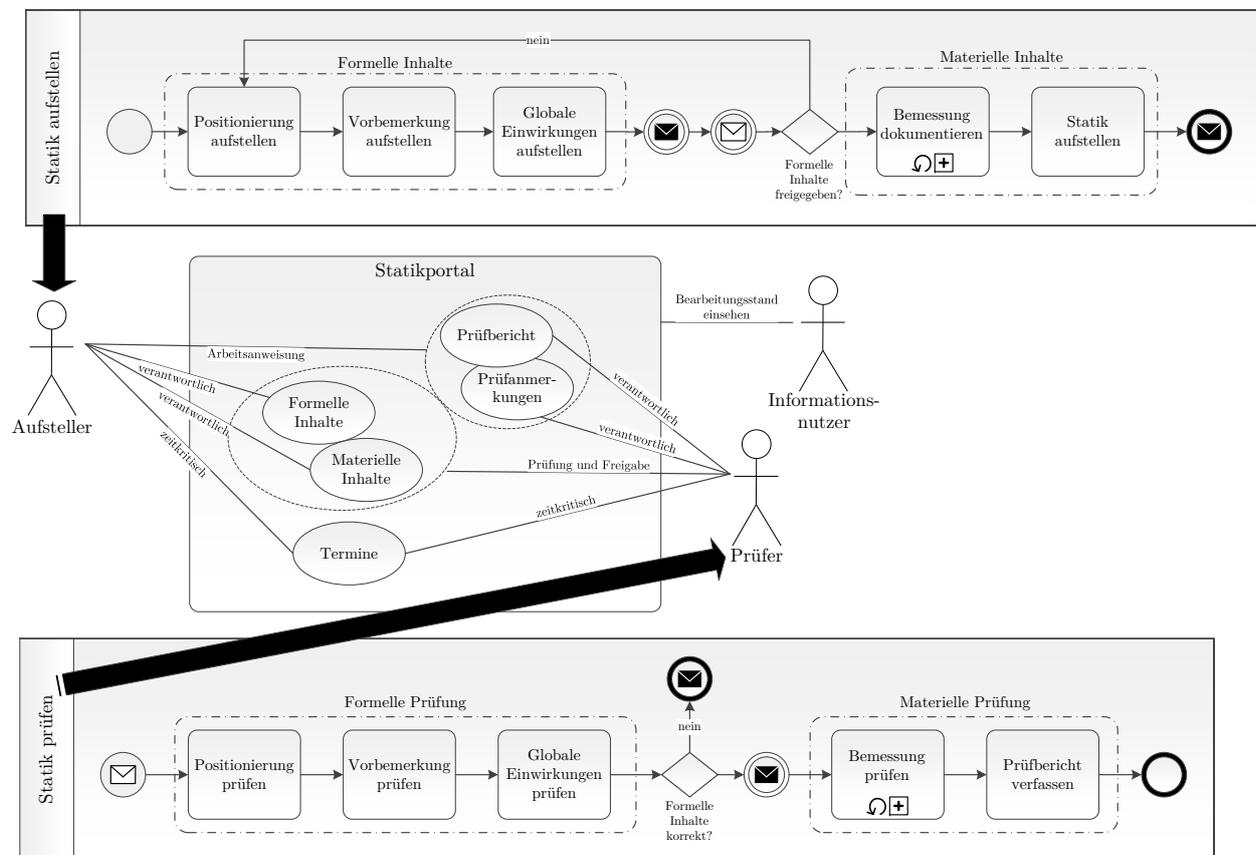


Abbildung 5.2: Prinzip der partizipativen Zusammenarbeit im Statikportal

Dem Prinzip der Abbildung 5.2 folgend, erhebt der Aufsteller die formellen und materiellen Inhalte, die zur Gewährleistung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks erforderlich sind und stellt diese dem Prüfer zur Verfügung, um die erhobenen und hochsensiblen Informationen innerhalb des Vieraugenprinzips gegenzuprüfen. Im Prüfprozess werden etwaige Unstimmigkeiten der Bemessung in Prüfanmerkungen dokumentiert und dem Aufsteller als Aufforderung zur Nachbesserung übermittelt. Mit dem abschließenden Prüfbericht wird der Prozess beendet. Es ist anzumerken, dass die Dokumentation der Ergebnisse von materiellen Inhalten im Statikportal, im Gegensatz zu den tradierten Arbeitsabläufen, erst dann erfolgen kann, wenn die formellen Inhalte vom Prüfer geprüft und freigegeben wurden. Das bedeutet nicht, dass die manuelle Durchführung der Bauteilbemessung unterbrochen wird, sondern dass sich die Dokumentation der Bemessungsergebnisse für den

Aufsteller im Statikportal so lange hinausgezögert, bis die erforderlichen Eingangsparameter, wie bspw. die global festzulegenden Lastannahmen, freigegeben wurden. Dieser integrierte Mechanismus gewährleistet korrekte Eingangsparameter, die eine korrigierende Bearbeitung und damit Verzögerungen beim inhaltlich konsekutiv aufbauenden Aufstellprozess im Vorfeld verhindern (vgl. Kapitel 2.1). Darüber hinaus haben Informationsnutzer, die innerhalb des Aufstell- und Prüfprozesses nicht aktiv tätig sind, die Möglichkeit, sich im Statikportal jederzeit über den aktuellen Bearbeitungsstand und dessen bereits fertiggestellten und freigegebenen Inhalte zu informieren, was für die Verantwortlichen der Bauprojektterminplanung zu einer erhöhten Transparenz und Planungssicherheit im konstruktiven Bauplanungsprozess führt.

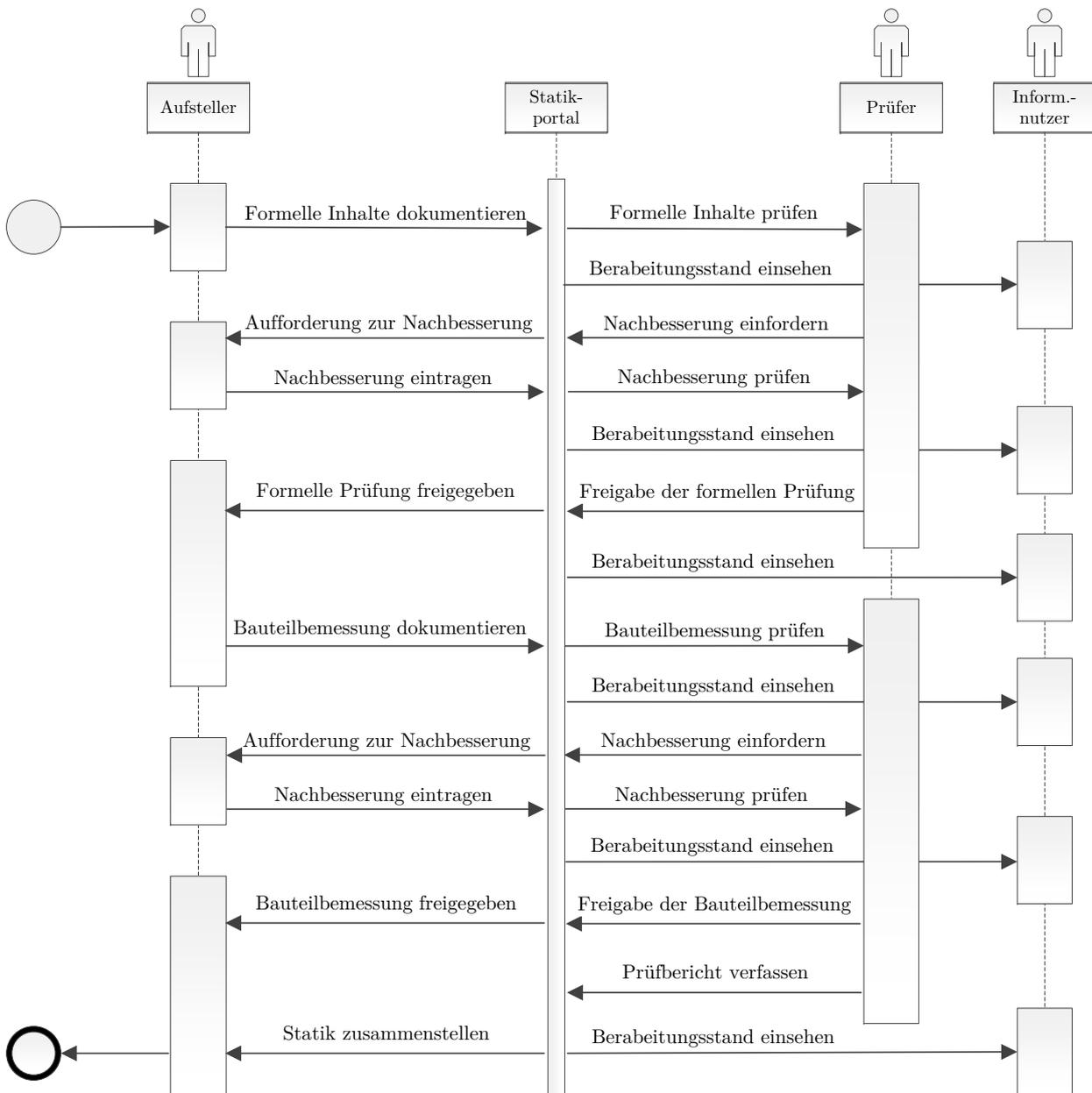


Abbildung 5.3: Transaktionen des Vieraugenprinzips im Statikportal

In der Abbildung 5.3 sind die Transaktionen dargestellt, die zur Erstellung und Freigabe einer Bausta-

tik erforderlich sind. Die festgelegten Transaktionen basieren auf den Veröffentlichungen der XBau [114, S. 85], den in Kapitel 2.1 und 2.2 beschriebenen IST-Analysen sowie aus den Projekterfahrungen durchgeführter Bauprojekte. Im dargestellten Transaktionsdiagramm sind die zugehörigen Rollen und die vordefinierten Aktionen dargestellt, die im Berichtsverlauf des Statikportals zu dokumentieren sind. Die Transaktionen werden in einem digitalisierten Prozess vom System überwacht und bilden somit die Grundlage für ein geordnetes und digitalisiertes Bauplanungs-Prozessmanagement [146]. Weiterhin führen die Transaktionen zu einer vordefinierten Informationslieferung innerhalb des Vieraugenprinzips, die in den nachfolgenden Kapiteln in einen digitalisierten Prozess umzusetzen sind.

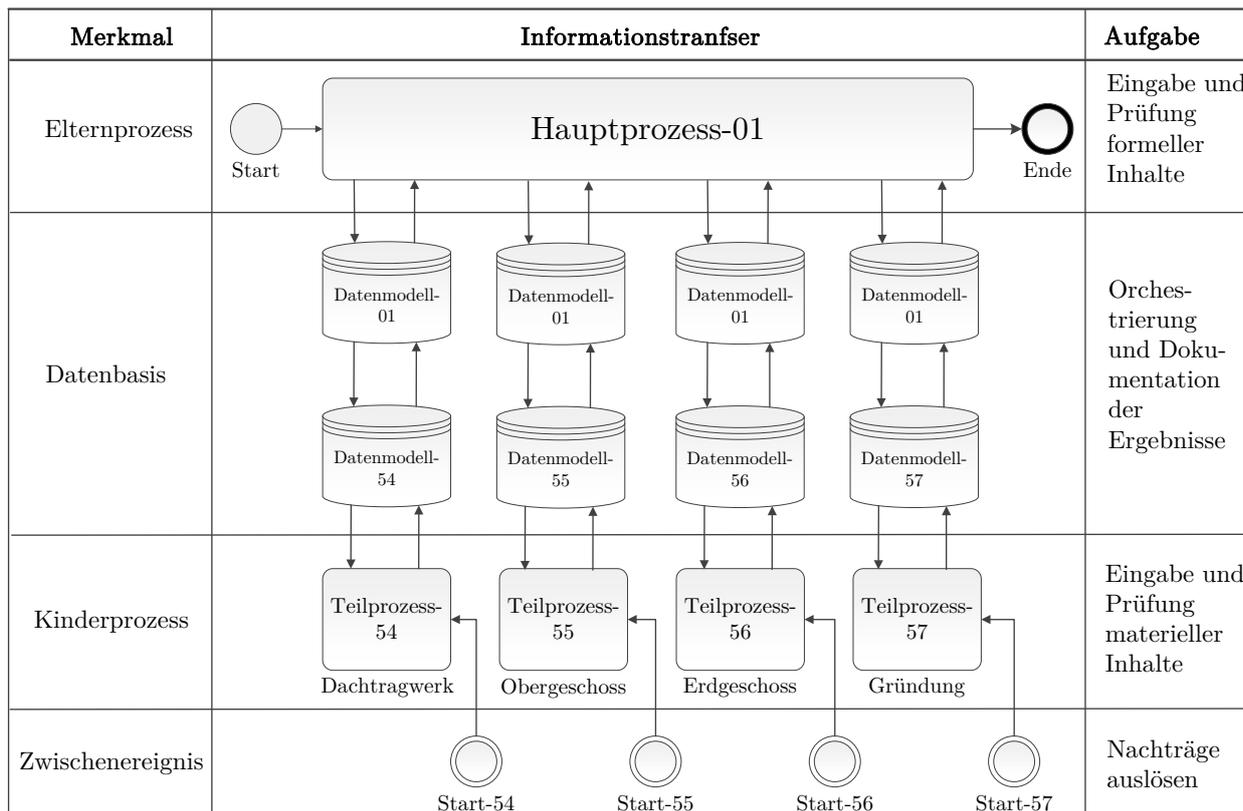


Abbildung 5.4: Struktur des Statikportals

Basierend auf dem Referenzprojekt in Kapitel 5.1 besteht das zu konfigurierende Statikportal aus insgesamt 5 Prozessinstanzen, die allesamt auf der BPMN2.0-Spezifikation basieren (vgl. Kapitel 3.4.3.1) und in Abbildung 5.4 schematisch dargestellt sind: Der Hauptprozess, in dem das Projekt gestartet wird, und dessen Kinderprozesse, die als Unterprozesse, sogenannte Teilprozesse, die Ergebnisse der statischen Tragwerksberechnungen für die Bemessung von Einzelpositionen je Ebene, gemäß der Positionsliste des Referenzprojektes der Tabelle 5.1, dokumentieren. Der aufrufende Hauptprozess-01 bildet, wie in Abbildung 5.4 ersichtlich, den Elternprozess für die Teilprozesse. Die Teilprozesse 54 bis 57 werden jeweils als eine zusammengesetzte Aktivität betrachtet, die vollständig vom übergeordneten Prozess abhängig sind. In der Regel werden die Teilprozesse vom Elternprozess als Kinderprozesse ausgelöst, indem die Daten, Codes oder sonstige Informationen vom Hauptprozess-01 übergeben werden. Vom System erhält der Elternprozess eine Fallnummer (engl. PID „Process Identifier“), die an die Kinderprozesse ebenfalls übertragen werden. Sobald eine Instanz eines Teilprozesses als Nachtrag eigenständig ausgelöst wird, erbt der Hauptprozess standardmäßig die Fallnummer des untergeordneten Kinderprozesses, um die Zugehörigkeiten klar zu identifizieren.

In der Folge verwaltet das System den ausgelösten Kinderprozess als eigenständige Instanz und führt ihn unabhängig vom Elternprozess aus. Die Kinderprozesse arbeiten nicht exakt wie der Elternprozess, sondern enthalten andere Anweisungen, die im Kapitel 5.3 ausführlicher beschrieben sind.

Der geschossübergreifenden Datentransfer wird für die statische Bemessung des Referenzprojektes über das Datenmodell-01, wie in Abbildung 5.4 ersichtlich, orchestriert. Bevor der Teilprozess-54 gestartet wird, überträgt der Hauptprozess-01 alle für die Bemessung des Dachtragwerks relevanten Daten (vgl. Kapitel 5.2.3) vom Datenmodell-01 in das Datenmodell-54. Die in der Laufzeit abgespeicherten Daten des Teilprozesses-54 reichern das Datenmodell-54 an und übertragen die Daten nach jeder Beendigung einer Aktivität zurück an das Datenmodell-01. Dieser Vorgang wiederholt sich für die Teilprozesse-55, -56 und -57, sodass die Ergebnisse der statischen Bemessungen und deren Prüfungen den verantwortlich handelnden Personen jederzeit über die gemeinsame Datenbasis zur Verfügung gestellt werden. Sofern Nachträge erforderlich werden, können diese über das entsprechende Zwischenereignis vorgenommen werden. Die Teilprozesse existieren somit als separate Prozesse, die dieselben Informationen oder Daten mit dem übergeordneten Elternprozess teilen und nur im Falle eines Nachtrags eigenständig ausgelöst werden. Sollte beispielsweise der Hauptprozess-01 schon bis zum Erdgeschoss vorangeschritten sein und Änderungen im Obergeschoss erforderlich werden, so ist es mit dem Zwischenereignis-55 möglich, den Informationsbestand für das Dachtragwerk unverändert zu lassen und nur Änderungen ab dem Obergeschoss vorzunehmen. In diesem Fall erhält der Teilprozess-55 vom System eine eigene Fallnummer, die vom Hauptprozess-01 als zusätzlicher Fall übertragen und an die weiteren Teilprozesse übergeben wird.

Die Aufteilung des Gesamtprozessmodells in einen Hauptprozess mit unterschiedlichen Teilprozessen (Dachtragwerk, Obergeschoss, Erdgeschoss und Gründung) gewährleistet eine kontinuierliche Bearbeitungsreihenfolge zur Sicherstellung der Informationskette und zur Feststellung von zeitkritischen Engpässen während der operativen Bearbeitung. Für die Echtzeit-Fortschrittsanzeige ist es wichtig, nur die Endergebnisse einer Tätigkeit im Statikportal hochzuladen, sodass auf Rücksprünge bei der Prozessmodellierung zwischen aufeinanderfolgenden Aktivitäten verzichtet wird. Bei größeren Bauprojekten können weitere Ebenen für Baulose, Bauabschnitte oder Geschosse erforderlich werden.

5.2.1 Prozessmodellierung

Zur Digitalisierung des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen werden zwei technische Musterprozesse präferiert²: Ein strukturierter Prozess, in dem alle Aktivitäten bereits vor der operativen Bearbeitung abgebildet und Individualentscheidungen ausgeschlossen sind (vgl. Abbildung 5.5 (a)) und dessen Erweiterung zu einem unstrukturierten Ad-hoc-Prozess, der Individualentscheidungen während der operativen Bearbeitung berücksichtigt (vgl. Abbildung 5.5 (b)). Der Musterprozess für strukturierte Prozesse bezieht sich immer auf die Dokumentation der Bemessung eines einzigen Bauteils (wie bspw. Stütze oder Wand), während sich der Musterprozess für unstrukturierte Prozesse auf die Dokumentation der Bemessung einer Bauteilgruppe (wie bspw. Stützen oder Wände) bezieht. Jeder Prozessschritt stellt eine Aktivität dar, in der der End-User über seine Benutzerschnittstelle (engl. User-Interface) manuelle Eintragungen vorzunehmen hat. In einer Ebene können die beiden Musterprozesse individuell und nach Belieben aneinander gekettet werden. Auf eine Modellierung von Unterprozessen für die Dokumentation von Einzelbauteilnachweisen, wie bspw. einer Sparren- oder einer Mauerwerkswandbemessung, die unabhängig von weiteren Bauteilbemessungen auszulösen ist, wird im Zuge dieser Arbeit verzichtet. Dadurch wird sichergestellt, dass der Gesamtprozess systematisch zerlegt und untersucht (analysiert) werden kann, um einerseits ein Verständnis für den

² Technische Prozesse beinhalten aufführungsreife Prozessinstanzen und sind nicht zu verwechseln mit den funktionalen Prozessen aus Kapitel 2.

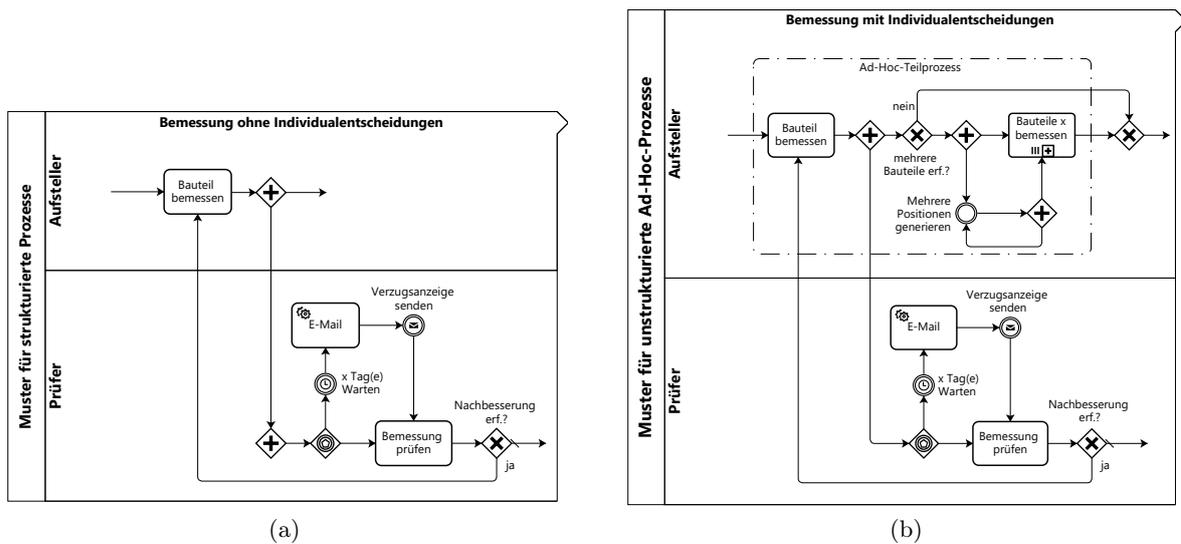


Abbildung 5.5: Muster für die Prozessmodellierung zur Dokumentation der statischen Bemessung: (a) Muster für strukturierte Prozesse ohne Individualentscheidung; (b) Muster für unstrukturierte Prozesse mit Individualentscheidung

Prozess zu erlangen und um andererseits Schwachstellen und Verbesserungspotentiale zu erkennen, damit mittelfristig die Arbeitsproduktivität eines Unternehmens im laufenden Projekt durch das Statikportal festgestellt werden kann.

Die Ergebnisse, die während des Prozessablaufs generiert werden, können jederzeit lokal abgespeichert und ortsunabhängig von jeder Person und zu jeder Zeit im Statikportal eingesehen werden, sofern die entsprechenden Rechte von der Administration vergeben wurden. Weitere Erläuterungen zu den Rollen und Verantwortlichkeiten der im Statikportal agierenden Akteure sind dem Kapitel 5.2.5 zu entnehmen. Nachfolgend werden die zugrunde gelegten Musterprozesse erläutert.

5.2.1.1 Muster für strukturierte Prozesse

Die Abbildung 5.5 (a) zeigt das Muster für einen strukturierten Prozess für das Aufstellen und Prüfen von statischen Tragwerksberechnungen. Dieses Muster eignet sich besonders für die Echtzeit-Fortschrittsanzeige von sequenziell zu bearbeitenden Bauteilbemessungen, da der Prozesspfad bereits vor dem Beginn der Bearbeitung im Statikportal dargestellt ist und das Frontend des Statikportals den aktuellen und erledigten Bearbeitungsablauf mit Informationen, bspw. über die tatsächliche Bearbeitungszeit, anreichern und jeden erledigten Arbeitsschritt visuell hervorheben kann (weiteres zum Frontend siehe Kapitel 5.5). Das Prozessmuster der Abbildung 5.5 (a) beinhaltet zwei Swimlanes, eine für den Verantwortungsbereich des Aufstellers und eine für den Verantwortungsbereich des Prüfers. In der Swimlane «Aufsteller» werden die Ergebnisse der statischen Bemessung eines Bauteils in der Aktivität „Bauteil bemessen“ vom zuständigen Aufsteller eingetragen. Nach Abschluss der Aktivität werden die dokumentierten Ergebnisse systemintern in einer Datenbank gespeichert. Über das Parallel-Gateway werden die Ergebnisse automatisch an den zuständigen Prüfer zur Prüfung eingereicht und die nächste Aktivität, die nicht in der Abbildung 5.5 (a) dargestellt ist, wird für den Aufsteller bereitgestellt.

In der Swimlane «Prüfer», der Abbildung 5.5 (a), werden die Ergebnisse der Bauteilbemessung dem zuständigen Prüfer vom System zur Prüfung bereitgestellt. Nachdem die Unterlagen eingereicht

wurden, hat der Prüfer einen vordefinierten Zeitraum, um mit der Prüfung der statischen Bemessung des Aufstellers zu beginnen. Wird der Zeitraum überschritten, wird automatisch eine E-Mail über den Verzug verfasst und an die Projektbeteiligten über das Nachrichtenereignis „Verzugsanzeige senden“ versendet. Die vom System automatisch versendete Verzugsanzeige soll sicherstellen, dass der Projektbearbeitungsfortschritt dauerhaft eingehalten wird. Eine Verzugsanzeige wird umgangen, sobald der Prüfer die entsprechende Aktivität „Bemessung prüfen“ im Statikportal noch vor dem Enden des Zeitfensters öffnet. Ab diesem Zeitpunkt ist die aktive Bearbeitungsdauer abhängig von der individuellen Leistungsfähigkeit der verantwortlich handelnden Person. Nach der Prüfung können Nachbesserungen vom Aufsteller eingefordert oder die nächste Aktivität³ begonnen werden, sofern der Aufsteller eine weitere Aktivität abgeschlossen hat. Sofern eine Nachbesserung vom Prüfer angeordnet wurde, werden dem Aufsteller mehrere offene Aktivitäten im Statikportal angezeigt: Zum einen die Aktivität, die den letzten Bearbeitungsstand des Aufstellers zeigt, und zum anderen die Aktivitäten, die nachzubessern sind. Im Falle der nachzubessernden Aktivität sind alle eingetragenen Ergebnisse ab dieser Aktivität gemäß dem weiteren Prozessablauf vom Aufsteller zu überprüfen und gegebenenfalls zu überarbeiten. Sollte der Fall eintreten, dass Nachbesserungen vom Prüfer angeordnet werden, obwohl der Aufsteller im Prozess bereits weit fortgeschritten ist, so wird die gesamte Datenbasis durch die neuen Änderungen überschrieben und automatisch für alle weiteren Aktivitäten im gesamten Prozess aktualisiert zur Verfügung gestellt.⁴ Sollte der Aufsteller wiederholt aufgefordert werden, die eingereichten Unterlagen einer Aktivität nachzubessern, so ist der Aufsteller, gem. §7 Absatz (4) der Niedersächsischen Bautechnischen Prüfungsverordnung⁵ unter Verzug zu setzen. Die Verzugsmeldungen des Aufstellers finden nicht direkt über den Prozess, sondern durch die Anzahl der durchlaufenen Zyklen im Prozessablauf statt; bspw. dann, wenn die statische Bemessung eines Bauteils bereits im dritten Durchlauf vom Aufsteller nachzubessern ist. Die zeitkritischen Zyklen werden vom Prozessverantwortlichen im Statikportal festgelegt und während des Projektlaufes regelmäßig kontrolliert. In Absprache mit den projektverantwortlichen Akteuren kann so auf eine agile und auf Echtzeitdaten basierende Terminplanung zurückgegriffen werden. Weitere Details zur Konfiguration der Prozessablaufzyklen und zur Anzeige von zeitkritischen Zuständen im Statikportal sind dem Kapitel 5.5.1 zu entnehmen.

5.2.1.2 Muster für unstrukturierte Prozesse

Im Obergeschoss des Referenzprojektes werden mehrere gleichnamige Bauteile mit unterschiedlichen Positionsnummern verwendet, um die Lastabtragung des Dachtragwerks im Obergeschoss sicherzustellen (vgl. Holzstütze Pos-Nr. 2.03 bis 2.06 und 2.11 sowie Holzrahmenbauwände Pos-Nr. 2.07 bis 2.09 der Tabelle 5.1). Diese Bauteile können entweder als ein strukturierter Prozess (vgl. Abbildung 5.5 (a)) oder wie in Abbildung 5.6 dargestellt, als unstrukturierte Ad-hoc-Prozesse modelliert werden. Bei einer strukturierten Bearbeitung (erst Decke, dann Balken, Stütze, Wand usw.) können Individualentscheidungen nicht berücksichtigt werden, da alle erforderlichen Aktivitäten im Prozessmodell schon vor dem Beginn der Bearbeitung abgebildet sein müssen. Zusätzliche statische Positionen, die erst im Zuge der operativen Bearbeitung relevant werden, können im Prozessmodell nur durch vorab implementierte Ad-hoc-Prozesse hinzugefügt werden. Die Positionsnummer Pos-Nr. 2.11 der Tabelle 5.1 zeigt exemplarisch, dass im Zuge der statischen Bemessung im Obergeschoss noch eine zusätzliche Holzstütze für die Lastabtragung erforderlich wurde. Damit wurde die Bearbeitungsreihenfolge außerplanmäßig unstrukturiert (erst Stützen, dann Wände, dann Balkon und dann wieder Stütze).

³ nicht in der Abbildung 5.5 (a) dargestellt

⁴ weiteres zur Datenbasis siehe Kapitel 5.2.2

⁵ Niedersächsische Bautechnische Prüfungsverordnung §7 Absatz (4) [9]: „Der Prüfingenieur kann fehlende Berechnungen und Zeichnungen unmittelbar beim Entwurfsverfasser oder beim Ersteller der Berechnung anfordern; der Bauherr ist zu verständigen. Der Prüfingenieur hat dem Bauherrn, Entwurfsverfasser oder Ersteller der Berechnung Gelegenheit zu geben, etwaige Beanstandungen auszuräumen.“

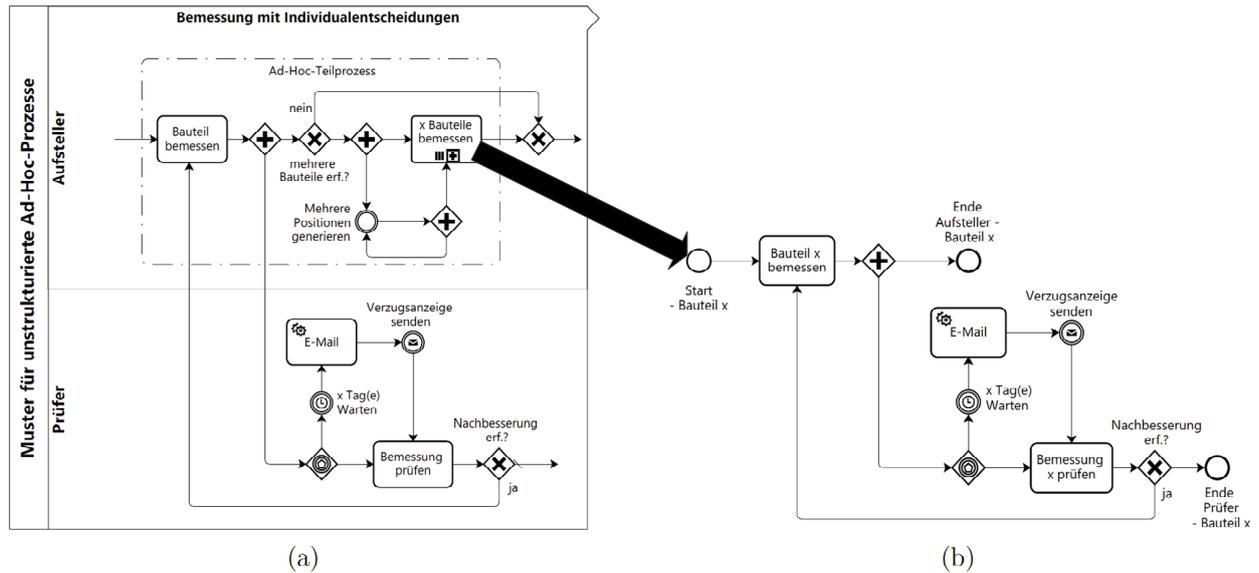


Abbildung 5.6: Ad-hoc-Muster für die unstrukturierte Prozessmodellierung von Individualentscheidung beim Anlegen von statischen Positionen – (a) Ad-hoc-Muster; (b) Muster für eine strukturierte Prozessmodellierung in einem Mehrfachinstanz-Teilprozess

Um eine solche Individualentscheidung in einem digitalisierten Prozess zu berücksichtigen, müssen einzelne Aktivitäten als unstrukturierte Ad-hoc-Prozesse modelliert werden.

„Ad-hoc-Prozesse bestehen aus einer Reihe von Aktivitäten, die nicht vordefiniert werden können [...] In einem solchen Prozess muss der End-User entscheiden, was er tut und wann er es tut, und er muss in der Lage sein, anderen Personen Arbeit (Aktivitäten) zuzuweisen, um Interaktionen zwischen den verschiedenen End-Usern sicherzustellen [...] Obwohl BIZAGI Ad-hoc-Prozesse nicht direkt unterstützt, ist es möglich, das Verhalten einer Aktivität so zu simulieren, dass sie Teile eines Ad-hoc-Prozesses werden“ [15, S. 704]. Dafür wird das in Abbildung 5.6 exemplarisch dargestellte Ad-hoc-Muster implementiert, um innerhalb des Prozessablaufs individuelle Aktivitäten zu erstellen, die während der Lebensdauer des Prozesses in beliebiger Reihenfolge und jederzeit ausgeführt werden können. Diese Aktivitäten können jedem zugewiesen und so geplant werden, dass sie jederzeit zu bearbeiten sind. End-User, denen auf diese Weise Aufgaben zugewiesen wurden, können wiederum weitere Aktivitäten für sich oder andere Prozessbeteiligte erstellen. Die Ad-hoc-Teilprozesse werden als eine zusammengesetzte Aktivität betrachtet, die andere Aktivitäten, Gateways, Ereignisse usw. enthalten und vollständig vom übergeordneten Prozess abhängig sind. Sie existieren nicht als separate, eigenständige Prozesse.

In der Aktivität „Bauteil bemessen“, der Abbildung 5.6 (a), werden die Ergebnisse des ersten zu bemessenden Bauteils vom End-User eingetragen und anschließend, durch das erste gefundene Parallel-Gateway, an den Prüfer zwecks Prüfung automatisch versendet. Zusätzliche Positionen für weitere Bauteile werden durch die Aktivität „x Bauteile bemessen“ bereitgestellt, die alle auf dem Muster der Aktivität „Bauteil bemessen“ basieren. Die Anzahl an planmäßig zu verwendenden Positionen für weitere Bauteile werden ebenfalls in der Aktivität „Bauteil bemessen“ vom End-User festgelegt. Um im weiteren Prozessverlauf zusätzliche, unplanmäßige Bauteile für die Tragwerkskonzeptionierung heranziehen zu können, aktiviert das dritte gefundene Parallel-Gateway der Abbildung 5.6 (a) die folgenden zwei Pfade:

- Durch die Aktivität „x Bauteile bemessen“ werden die in der Aktivität „Bauteil bemessen“

angegebene Anzahl an erforderlichen Positionen nacheinander instanziiert. Der erste Pfad des dritten gefundenen Parallel-Gateways aktiviert somit die Aktivität „x Bauteile bemessen“, die den Teilprozess in Abbildung 5.6 (b) für jede Anzahl an angegebenen Positionsnummern parallel ausführt. Die Verarbeitung jedes ausgeführten Teilprozesses „x Bauteile bemessen“ (vgl. 5.6 (b)) wartet somit nicht, bis einer der instanziierten Teilprozesse „x Bauteile bemessen“ bearbeitet wurde. Damit kann sichergestellt werden, dass mehrere Personen gleichzeitig an dem Prozess und unabhängig vom Prozessverlauf mitwirken können.

- Der zweite Pfad des dritten gefundenen Parallel-Gateways in Abbildung 5.6 (a) aktiviert das Ereignis „Mehrere Positionen generieren“. In diesem Ereignis kann der End-User weitere Positionen hinzufügen, indem er Datensätze in die Sammlung der Aktivität „x Bauteile bemessen“, durch ein erneutes Auslösen des Teilprozesses „x Bauteile bemessen“ hinzufügt.

Das dritte angetroffene Parallel-Gateway in Abbildung 5.6 (a) aktiviert das Ereignis „Mehrere Positionen generieren“, um sicherzustellen, dass das Ereignis im Statikportal immer verfügbar ist, um im Laufe der statischen Bemessung des Obergeschosses neue Positionen hinzuzufügen. Außerdem ermöglicht es, die im Teilprozess „x Bauteile bemessen“ erforderlichen Aktivitäten auszuführen (vgl. 5.6 (b)). Die Aktivität „x Bauteile bemessen“ wird somit als ein Mehrfachinstanz-Teilprozess ausgebildet, damit Positionen mehrmalig im Laufe des Prozessablaufes instanziiert werden, um die notwendigen Individualentscheidungen während der statischen Bemessung im Statikportal zu berücksichtigen. Weiterführende Informationen zur Anwendung von Individualentscheidungen in einem digitalisierten Prozess sind dem Kapitel 5.7 zu entnehmen.

5.2.2 Datenmodellierung

Der Kontext des digitalisierten Aufstell- und Prüfprozesses hat seinen Ausgangspunkt in der Datenbasis [15, S. 889 ff.]. Diese besteht aus einer Vielzahl an Attributen, die in unterschiedlichen Entitäten der Datenmodelle vorgehalten werden. Durch die Verkettung von Attributen wird der Aufbau des Kontexts strukturiert und als Attributsätze in den Masken des Statikportals hinterlegt. Die Prozessentität stellt im Datenmodell den Eingangspunkt dar, über den der End-User auf die restlichen Datenmodellentitäten zugreifen kann (vgl. Abbildung 5.7).

Damit im Statikportal mehrere End-User gleichzeitig an demselben Prozess arbeiten können, ohne dieselben Daten zeitgleich zu bearbeiten bzw. zu überschreiben, bietet BIZAGI zur Wahrung der Datenintegrität die Möglichkeiten an, Daten entweder persistent in einer Datenbank oder temporär in einer langfristigen Transaktion namens „Scopes“ zu speichern (vgl. 5.41) [15, S. 1115]. Sobald der End-User Informationen zu einer anstehenden Aktivität im Statikportal einträgt, können diese durch Klicken auf die Schaltfläche „Save“ gespeichert werden. Die Daten der Aktivität bleiben nun in Scopes (nicht in der Datenbank) enthalten; der Fall kann später fortgesetzt werden. Die temporären Informationen einer nicht abgeschlossenen Aktivitäten werden so lange in Scopes gespeichert und vorgehalten, bis der End-User auf die Schaltfläche „Next“ klickt.⁶ Sobald eine Aktivität mit „Next“ abgeschlossen wird, also der End-User sich sicher ist, die Aktivität zu beenden, werden die Informationen validiert, die Prozessregeln ausgeführt, die Datenbank aktualisiert und die Daten für alle anderen parallel geöffneten Aktivitäten sowie für die nächsten anstehenden Aktivitäten im Prozessablauf zur Verfügung gestellt. Im Falle von angeordneten Nachbesserungen des Prüfers, werden die vom Aufsteller modifizierten Informationen nach dessen Beendigung der Aktivität allen Prozessbeteiligten in Echtzeit, und unabhängig vom individuellen Prozessfortschritt, zur Verfügung gestellt. Die persistente Datenhaltung erfolgt dann über eine relationale Datenbank, in die der Kontext durch die eingetragenen Informationen in unterschiedlichen Entitäten (Master, Parameter,

⁶ weitere Erläuterungen zu den Schaltflächen sind dem Kapitel 5.2.3 zu entnehmen

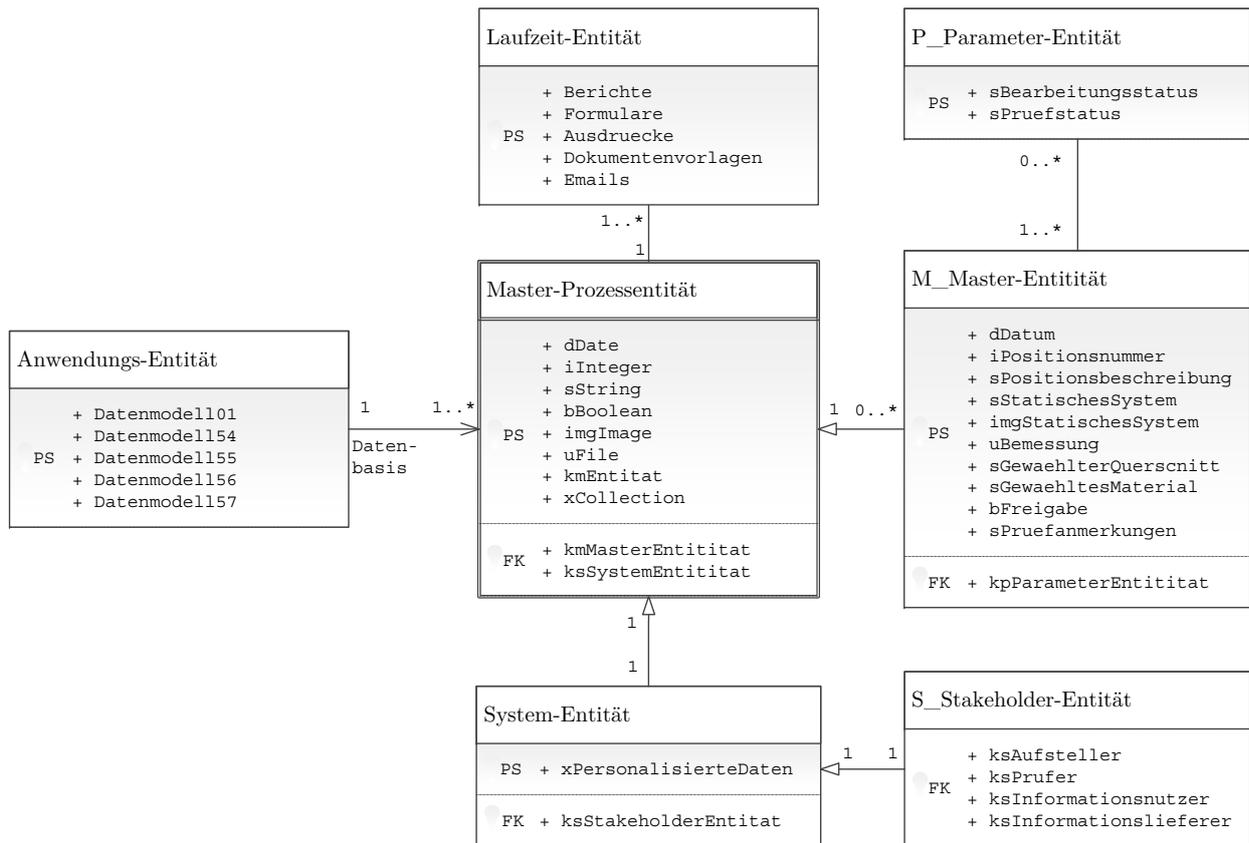


Abbildung 5.7: Schema der im Statikportal integrierten Datenbasis

System, Anwendung, Stakeholder und Laufzeit) gespeichert und eindeutig bereitgestellt wird. Jeder Prozess hat dabei sein eigenes Datenmodell mit seiner eigenen Prozessentität, die von BIZAGI über die systeminterne Anwendungs-Entität verwaltet werden. Wie in Abbildung 5.7 ersichtlich, kann eine Anwendungs-Entität beliebig viele Master-Prozessentitäten verwalten, wohingegen die Master-Prozessentität nur einmal je Datenmodell existieren kann. Der Zugriff auf das Datenmodell erfolgt vom End-User über die Master-Prozessentität. Sobald eine Master-Prozessentität generiert wurde, werden von der systeminternen Laufzeit-Entität beliebig viele Informationen für die Erstellung von Berichten zur Verfügung gestellt. Personalisierte Informationen der End-User werden von der Master-Prozessentität an die System-Entität vererbt. Weiterhin ist es möglich, beliebig viele Master-Entitäten zu generieren, um die notwendigen Eintragungen der End-User zu strukturieren. Durch die Vererbung der Master-Entitäten erhalten die Stakeholder-Entitäten Zugriff auf die eingetragenen Inhalte. Dadurch kann der generierte Kontext über die festgelegten Rollen zugewiesen und gefiltert werden. Den Stakeholdern können so Lese- und Schreibrechte für entsprechende Inhalte zugewiesen werden. Wie in der Abbildung 5.7 dargestellt, repräsentiert das Datenmodell des Statikportals somit mehrere unterschiedliche Entitäten, die nachfolgend erläutert werden [15, S. 899 ff.]:

Anwendungs-Entität: Anwendungs-Entitäten zentralisieren die Informationen des Statikportals und bilden die ersten Kriterien zur Klassifizierung von Prozessgruppen. Wie in der Abbildung 5.7 dargestellt, besteht diese Prozessgruppe aus dem Datenmodell-01 des Hauptprozesses und den untergeordneten Datenmodellen-54 bis -57 der jeweiligen Ebene. Die Anwendungs-Entität wird systemintern generiert und repräsentiert den Eingangspunkt im System. Weiterhin verwaltet die Anwendungs-Entität das gesamte Datenmodell, um den prozessübergreifenden Datentransfer im Statikportal strukturell zu organisieren. Eine Anwendungs-Entität steuert somit mindestens eine

Master-Entität.

Master-Entität: Jeder Prozess besteht aus seiner einmaligen Master-Prozessentität, die systemintern als Master-Entität erzeugt wird. Als Prozessentität beinhaltet diese Entität die Zugriffsrechte für alle weiteren Prozessdaten. Master-Entitäten speichern Informationen, die sich direkt auf die anstehende Bearbeitung von Fällen oder Aktivitäten beziehen, wie z.B. das Datum während des Anlegens eines Projektes, die Beschreibung der statischen Position und des statischen Systems, die gewählten Querschnitte und Materialien oder die Prüfanmerkungen. Master-Entitäten speichern Informationen als Daten, die von den End-Usern im Statikportal eingetragen werden, während der Prozess voranschreitet (im Sinne von Transaktionsaufzeichnungen). Sie beschreiben die Geschäftsinformationen, die wiederum mit anderen Entitäten des Datenmodells verbunden sind. Typische Beispiele für Master-Entitäten sind: Bauteil, ständige Einwirkung, veränderliche Einwirkung, Schnittgröße, Auflagereaktion („jene Daten, deren Informationen über Felder eingegeben werden oder deren Datensätze mithilfe eines Textfeldes zur automatischen Vervollständigung gesucht und ausgewählt oder in eine Tabelle mit vielen Reihen eingegeben werden“ [15, S. 899]).

Parameter-Entität: Parameter-Entitäten speichern Listen mit vordefinierten Werten, die nicht transaktional und somit unabhängig von den Eingaben der End-User im Statikportal sind, obwohl die Parameter-Entitäten an die Prozessfälle des Statikportals gebunden sind. Im Zuge der Prozessausführung können Parameterwerte in den Datensätzen weder erstellt noch geändert werden. Typische Beispiele für Parameter-Entitäten sind daher der Bearbeitungs- und Prüfstatus (Informationen, die bspw. als Datensätze mithilfe einer Dropdown-Liste auszuwählen sind). Eine Master-Entität kann keine oder mindestens eine Parameter-Entität enthalten, die bspw. den aktuellen Projektstatus im Statikportal vermittelt.

System-Entität: System-Entitäten werden systemintern bereitgestellt und enthalten personalisierte Information über die End-User, die im Statikportal verwaltet werden. Die System-Entitäten können mit Master- oder Parameter-Entitäten verknüpft werden.

Einige der System-Entitäten sind: WFUser (zur Speicherung der personalisierten Informationen der End-User und des Speicherorts im Projekt), Standort, Bereich oder Rolle (in Bezug auf die organisatorischen Informationen der End-User). Unter der Voraussetzung, dass mindestens eine Master-Entität vorhanden ist, speichert eine System-Entität die personalisierten Informationen von mindestens einem End-User.

Stakeholder-Entität: Stakeholder-Entitäten repräsentieren die Klassifizierung der End-User. Typische Stakeholder-Entitäten sind daher: Aufsteller, Prüfer, Informationszulieferer und Informationsnutzer (personalisierte Informationsbereitstellung für unterschiedliche Interessensgruppen). Unter der Voraussetzung, dass mindestens eine Master-Entität vorhanden ist, klassifiziert eine Stakeholder-Entität die personalisierten Informationen und stellt diese dem End-User mit der entsprechenden Sichtbarkeit sowie den zugewiesenen Lese- und Schreibrechte im Statikportal zur Verfügung.

Laufzeit-Entität: Laufzeit-Entitäten stellen schreibgeschützte Informationen über die Prozessabläufe zur Verfügung, um aussagekräftige Berichte zu erstellen. Die Informationen werden dem System über Formulare, Ausdrücke, Dokumentvorlagen und E-Mails zur Verfügung gestellt.

Typische Informationen, die über die Laufzeit-Entitäten bereitgestellt werden, sind: „Fortlaufende Aktivitäten und ihre Statushistorie, der aktuelle Fall und seine Statushistorie, die Zuordnungshistorie für den aktuellen Fall, die Neuordnungshistorie des aktuellen Falls und die Übergangshistorie“ [15, S. 903]. Unter der Voraussetzung, dass mindestens eine Master-Prozessentität vorhanden ist, stellt eine Laufzeit-Entität individuell gestaltbare und aussagekräftige Berichte über den aktuellen

Prozessfortschritt zur Verfügung.

Der Kontext wird über die Anordnung der Entitäten und die Zuweisung der darin enthaltenen Attribute generiert (vgl. Abbildung 5.8). Um die Benutzerfreundlichkeit, Wartbarkeit und Lesbarkeit der Datenmodelle zu fördern, wird die folgende Nomenklatur von BIZAGI verwendet, die in der Tabelle 5.2 dargestellt und für die Zwecke dieser Arbeit adaptiert wurde.

Tabelle 5.2: Nomenklatur für Entitäten und Attribute

Art	Typ	Präfix	Beispiel
Entität	Master	M	M_Bauteil
	Parameter	P	P_Status
	System	S	S_Benutzer
Attribut	Boolean	b	bFreigegeben, bNachbesserung
	Datum – Zeit	d	dErstellt, dGeburtsdatum
	Integer	i	iProjektnummer
	String	s	sPositionsbeschreibung
	File	u	uAnhang
	Image	img	imgStatischesSystem
	Entität	km, kp und ks (km für Master-, kp für Parameter- und ks für System-Entität)	kmAuflagerreaktion, kpStatus, ksBenutzer
	Collection	x (Pluralnamen)	xPersonalisierteDaten

Sofern eine Entität als ein Attribut einer anderen Entität zugewiesen wurde, wird die zugewiesene Entität mit dem Präfix *k* deklariert. Das nachfolgende Beispiel, in Listing 5.1, zeigt die Zuordnung in der Maske des Statikportals für die Freigabe des Prüfers über die ermittelte max. Auflagerreaktion der Sparren im Dachtragwerk (vgl. Abbildung 5.4). Das Beispiel zeigt weiterhin die Zuordnung zwischen dem Haupt- und Teilprozess sowie zwischen den Entitäten und Attributen:

Listing 5.1: Beispiel für die systeminterne Datenzuweisung zur Freigabe der Sparren-Auflagerreaktion des Dachtragwerks im Statikportal

```

1 // Hauptprozess01-Teilprozess54-Bauteil-Auflagerreaktion-Status-Bearbeitungsstand
2 <Datenmodell101.Datenmodell154.M_Sparren.kmAuflagerreaktion.kpStatus.bFreigegeben>
```

Für die systematisierte Dokumentation der Bauteilbemessungen müssen die Daten, die in den Formularen integriert sind, eindeutig zugewiesen werden, um u.a. Auflagerreaktionen korrekt zu übertragen. So trägt der End-User bspw. die Auflagerreaktionen in der Aktivität für das lastgebende Bauteil manuell im Statikportal ein, die dann in der Datenbasis gespeichert werden. Wie in der Abbildung 5.8 ersichtlich, werden anschließend beim Aufruf der Aktivität für das lastnehmende Bauteil die Auflagerreaktionen vom System als Fremdschlüssel (FK) zur weiteren Bearbeitung unveränderbar übertragen. Eine manuelle und damit zeitaufwändige sowie fehleranfällige Übertragung von Auflagerreaktionen ist für die Dokumentation der statischen Berechnung im Statikportal nicht erforderlich.

Der gesamte Kontext wird durch den Prozess bestimmt, sodass je nach Prozess die Informationen unterschiedlich gespeichert und dargestellt werden [15, S. 923 ff.]. Eine differenziertere Beschreibung der im Statikportal verwendeten Entitäten und Attribute erfolgt separat für die jeweilige Ebene im Kapitel 5.3.

5.2.3 Formulare

Das Statikportal ist ein Prozessportal, über das die End-User mit den automatisierten Prozessen interagieren. Der Zugriff auf das Statikportal erfolgt vom Endgerät aus über den Webbrowser. Im

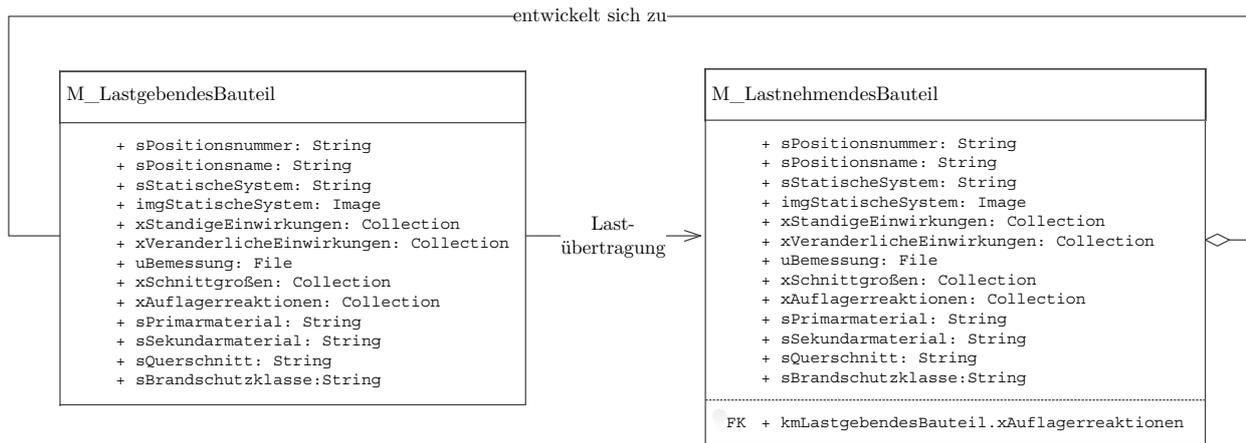


Abbildung 5.8: Schematische Darstellung des Informationstransfers zwischen kausal voneinander abhängigen Bauteilen

Statikportal haben die End-User Zugriff auf die Projekte (Fälle) und deren anstehenden Aktivitäten. In der Benutzeroberfläche des Statikportals werden dem End-User die Aktivitäten als Masken dargestellt, die in BIZAGI als Formulare bezeichnet werden. Über die Eingabefelder der Formulare werden die Datenmodelle, wie in Abbildung 5.9 dargestellt, angereichert und der Kontext generiert. Die Formulare haben somit einen direkten Bezug zu den im Kapitel 5.2.2 beschriebenen Datenmodellen. Darüber hinaus ist es möglich, über die Formulare komplexe Validierungen zu definieren und Aktionen für die Informationen durchzuführen, um bspw. sicherzustellen, dass die Eingaben vom End-User inhaltlich korrekt und vollständig sind (vgl. [17, S. 76 ff.]). Sobald der End-User im Statikportal die Eingaben speichert, werden die betreffenden Formulare automatisch funktionsfähig [15, S. 1124]. BIZAGI unterscheidet zwischen Aktivitätsformularen, Entitätsformularen, Verwaltungsformularen, Abfrageformularen, globale und zusammengefassten Formularen sowie Formularen für Benutzereinstellungen [15, S. 1154 ff.]. Für das in dieser Arbeit prototypisch zu entwickelnde Statikportal werden vorrangig Aktivitäts- und Entitätsformulare verwendet, die im Prozessassistenten „Formulare“ als Bildschirmmaske vorkonfiguriert und per *Drag-and-drop* themenbezogen angeordnet werden. Nachfolgend werden die zugrunde gelegten Formulare kurz erläutert:

- **Aktivitätsformulare:** Durch die Aktivitätsformulare werden dem End-User die erforderlichen Informationen angezeigt, die zu bearbeiten, einzutragen oder auszuwerten sind. Aktivitätsformulare können nicht wiederverwendet werden.
- **Entitätsformulare:** Entitätsformulare bzw. wiederverwendbare Formulare „werden aus einem Aktivitätsformular oder einer Entität erstellt. Sie können während eines Projekts in anderen Formen wiederverwendet werden, sodass sie nur einmal erstellt und bei Bedarf an nur einer Stelle geändert werden müssen“ [15, S. 1155].

In der Abbildung 5.9 sind exemplarisch die Anordnung der Formulartypen und die Zuweisungen der Attributsätze der Datenmodelle dargestellt (siehe Pfeile). Die Abbildung 5.9 zeigt die integrierten Texte, sogenannte Labels, und die Attribute der entsprechenden Entitäten eines Datenmodells, die in den Eingabefeldern der Formulare entsprechend zu hinterlegen sind. Gemäß den Verantwortungsbereichen (siehe Swimlane) können die Attribute in den Entitätsformularen vom Aufsteller verändert und vom Prüfer unveränderbar eingesehen werden.

Damit eine prozessgesteuerte Baustatik sich weiterhin in Papierform archivieren lässt, werden Dokumentvorlagen (engl. Templates) in den Formularen hinterlegt (vgl. Abbildung 5.10). Die Struktur der

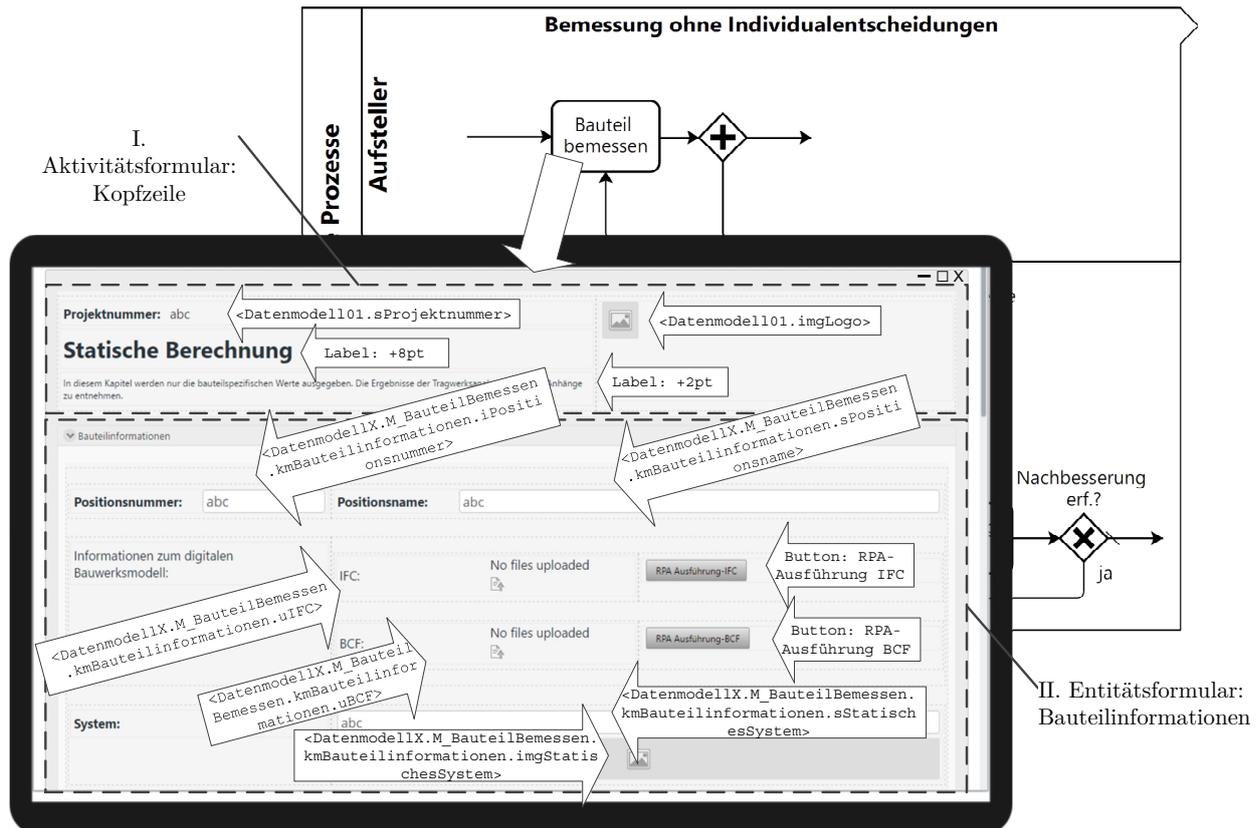


Abbildung 5.9: Beispiel eines Formulars zur Dokumentation der Bauteilbemessung, inkl. der Zuordnung der im Datenmodell enthaltenen Attributsätze

Tragwerksberichte wird für die entsprechenden Frontends im Statikportal und deren zu hinterlegenden Templates von WERKLE übernommen [151] (vgl. zusätzlich Abbildung 2.1 von BITTRICH [14]). Wie in der Abbildung 5.11 ersichtlich, lassen sich Dokumentvorlagen innerhalb von drei Schritten im Bizagi-Studio hinterlegen. Über den Assistenten des BIZAGI-Steurelementes `<Document template>` werden die Vorlagen in Bizagi-Studio verknüpft und konfiguriert, um die Inhalte des Prozesses in den Autorenprogrammen anzuzeigen oder andersherum, um die Inhalte der Formulare durch die Autorenprogramme zu generieren. Die Dokumentvorlagen werden als Dateiattribute gespeichert, die während des Prozesslebenszyklus jederzeit heruntergeladen oder per E-Mail versendet werden können. Derzeit unterstützt BIZAGI Microsoft Word .docx-, Excel .xlsx-Vorlagen und reine Textdateien [15, S. 3327]. Damit BIZAGI die zu modifizierenden Textpassagen in den Dokumentenvorlagen erkennt, müssen diese in eckigen Klammern und ohne Leerzeichen, als sogenannte dynamische Informationen bzw. „Tag“, wie nachfolgend exemplarisch dargestellt, kenntlich gemacht werden.

Beispiel für den Tag des Namens des Aufstellers in der Dokumentenvorlage: `[AufstellerName]`

Jeder Tag der Dokumentenvorlage wird einem Attribut im Datenmodell zugeordnet. Der Text innerhalb der Klammern ist frei zu gestalten und muss weder dem tatsächlichen Namen des Attributs im Datenmodell entsprechen, noch den tatsächlichen XPath⁷ repräsentieren. Wie in der Abbildung 5.11 ersichtlich, stellt der Name in den Klammern eines Tags eine Referenz für die Migration dar

⁷ „Die XML Path Language (XPath) ist eine vom W3-Konsortium entwickelte Abfragesprache, um Teile eines XML-Dokumentes zu adressieren und auszuwerten [...] Ein XPath-Ausdruck adressiert Teile eines XML-Dokuments, das dabei als Baum betrachtet wird [...]“ [158]

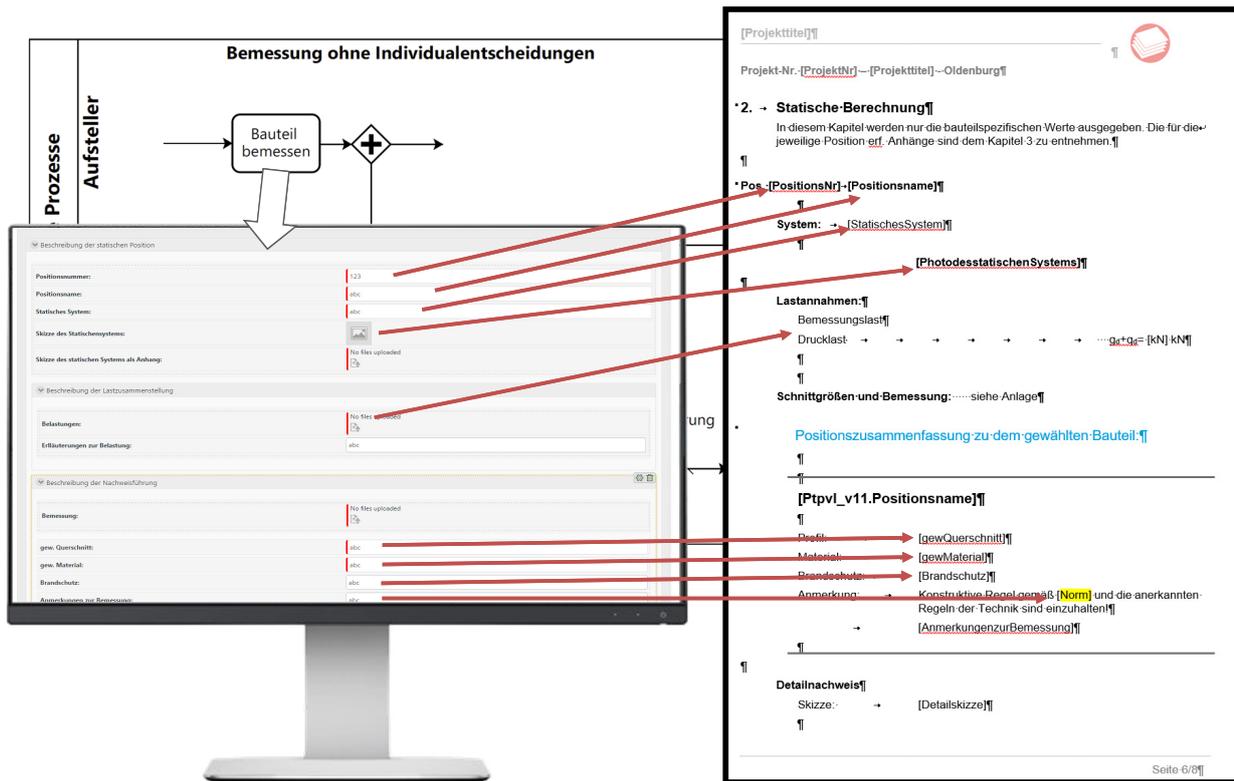


Abbildung 5.10: Beispiel zur Verknüpfung von BIZAGI-Formularen mit Microsoft Word

(vgl. Template Data), um den Inhalt eines Tags bzw. einer dynamischen Information interpretieren zu können. Die Verknüpfung des BIZAGI-Datenquellenattributs mit dem entsprechenden Datenquellenattribut des Templates erfolgt manuell im Assistenten des BIZAGI-Steuerelementes `<Document template>`. Um Informationen aus einer Sammlung (engl. Collection) abzurufen, werden spezielle Vorlagen-Tags verwenden:

- `[Foreach:CollectionName]`: Gibt den Startpunkt einer Sammlung und dessen Namen an.
- `[AttributeName]`: Verweist auf bestimmte Attribute in der Sammlung. Damit können beliebig viele Attribute in einer Sammlung verknüpft werden.
- `[End]`: Gibt den Endpunkt der Sammlung an. Ab diesem Tag geht BIZAGI davon aus, dass andere Tags nicht zur Sammlung gehören.

Die Dokumentenvorlagen werden in einer Aktivität manuell vom End-User generiert. Weitere Informationen zur Integration von Dokumentenvorlagen sind dem BIZAGI-Handbuch zu entnehmen [15, S. 3326 ff.].

5.2.4 Geschäftsregeln

„Konventionelle Algorithmen basieren auf vollständigen, präzisen und endlichen Handlungsanweisungen zur schrittweisen Lösung der Aufgabenstellung. Bisherige Ansätze zur Automatisierung durch Algorithmen in der öffentlichen Verwaltung beschränken sich auf Prozesse, die klaren und eindeutigen Regeln folgen. Diese werden durch einfache (»Wenn -> Dann«)-Beziehungen abgebildet und entsprechend programmiert. Alle Fragen mit Ermessens- oder Beurteilungsspielraum bleiben bislang und nach § 35a des Verwaltungsverfahrensgesetzes (VwVfG) auch zukünftig ausgeschlossen, da sich solche

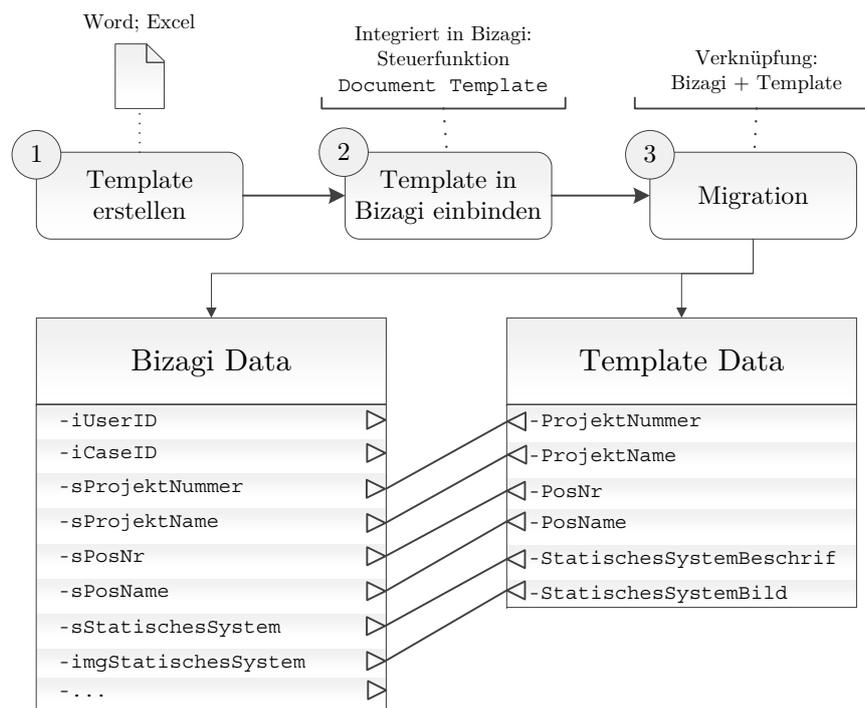


Abbildung 5.11: Exemplarische Darstellung zur Migration von Templates in Bizagi-Studio

Entscheidungen in der Regel nicht auf einfache Wenn-Dann-Beziehungen herunterbrechen lassen – hier müssen die äußeren Umstände durch eine Reihe von individuell, innerhalb eines gesetzten Rahmens, zu bestimmenden Faktoren erfasst und in einen fallbasierten Kontext gesetzt werden. Dabei beeinflussen sich die Ergebnisse der Einzelentscheidungen gegenseitig, sodass komplexe Wirkungsflechte entstehen. Diese Einschränkung bleibt auch künftig bestehen, solange § 35a VwVfG nicht vom Gesetzgeber überarbeitet und ergänzt wird.“ [53, S. 140–141]

Aufbauend auf den vorgenannten Erkenntnissen werden im Statikportal einfache Entscheidungsmechanismen integriert, um die hoheitlichen Entscheidungen im Sinne des § 35a VwVfG nicht zu beeinflussen, obwohl der Raum des Ermessens und der individuellen Beurteilung im Statikportal dokumentiert und jederzeit nachvollzogen werden kann (vgl. Kapitel 5.5). Die im Statikportal hinterlegten Prozesse lassen sich durch einfache (»Wenn → Dann«)-Geschäftsregeln strukturieren, die eine ordnungsgemäße Ausführung – in Bezug auf die festgelegten Strategien, Ziele und der Philosophien – der am Statikportal partizipierenden Organisationen sicherstellen. Somit legen die Geschäftsregeln die Bedingungen und auszuführenden Prozeduren fest, die während des Prozessablaufs ausgewertet und kontrolliert werden [15, S. 1861 ff.].

Die Prozesspfade werden in BIZAGI in der Kategorie „Geschäftsregeln“ mithilfe des Prozessassistenten „Ausdrücke definieren“, wie in der Abbildung 5.12 dargestellt, konfiguriert. Basierend auf dem booleschen Attribut `<bMA10_FreigabeErteilt>`, der im Teilprozess-54 in der Aktivität MA10 „Sparren“ als Synonym für „Nachbesserung erf.“ steht, wird der „Process Engine“ (vgl. Kapitel 3.4.3.2) über den Ausdruck `<bMA10_FreigabeErteilt==false>` mitgeteilt, welcher Pfad nach dem Wenn-Dann-Ereignis⁸ zu wählen ist. Sofern der Prüfer im Formular der Aktivität „Bemessung prüfen“ die boolesche Schaltfläche „Bauteilbemessung freigegeben“ auf nein setzt (Ausdruck falsch, engl. expression false), wird der Aufsteller aufgefordert, die Bauteilbemessung zu überarbeiten und die

⁸ Gemäß der BPMN-Ontologie als „Exklusives-Gateway“ bekannt

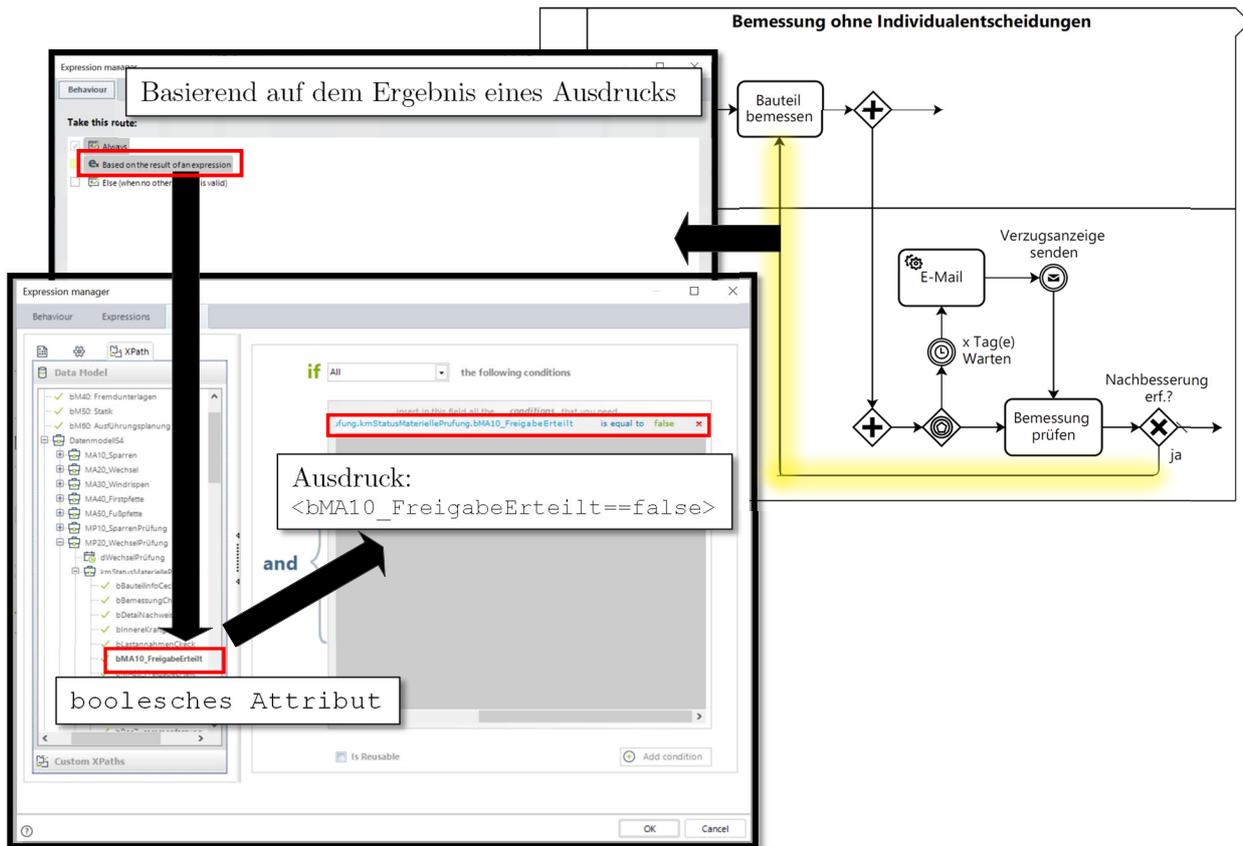


Abbildung 5.12: Beispiel zur Konfiguration der Prozesspfade mithilfe des BIZAGI-Prozessassistenten „Ausdrücke definieren“, für die Freigabe der Sparrenbemessung in Aktivität A10

Bemessung erneut zur Prüfung einzureichen. Sofern die Bauteilbemessung freigegeben wurde, wird der Prozess ohne Korrekturschleife fortgeführt.

5.2.5 Verantwortlichkeiten und Rollen

Die Arbeitszuweisung einer Aktivität erfolgt in Bizagi-Studio mithilfe des Prozessassistenten „Darsteller“. Die Verantwortlichkeiten werden den End-Useren lediglich über die entsprechende Rolle (<Aufsteller> oder <Prüfer>) mithilfe des Ausdrucks <Role==Aufsteller> bzw. <Role==Prüfer>, wie in Abbildung 5.13 dargestellt, zugewiesen. Nur die zugewiesenen End-User haben Zugriff auf die zu bearbeitende Aktivität (vgl. [15, S. 2665]).

Für jede Aktivität wertet BIZAGI während des Prozessablaufes automatisch eine Zuordnungsregel aus und wählt gemäß der Benutzerliste (vgl. Tabelle 5.8) einen oder mehrere End-User, die die entsprechenden Bedingungen erfüllen. Ad-hoc-Prozesse können, wie bereits im Kapitel 5.2.1.2 beschrieben, aufgeteilt und von mehreren End-Useren parallel bearbeitet werden. Auch im Falle eines neuen Projektes muss entschieden werden, wer die entsprechenden Kapazitäten für das neue Projekt aufweist. Hat bspw. ein Sachbearbeiter oder eine Sachbearbeiterin gegenüber den anderen Mitarbeitenden bereits mehrere Projekte zu bearbeiten, ist es zu entscheiden, das Projekt an die Person zu vergeben, die die geringste Arbeitsbelastung aufweist. Im Falle einer außerplanmäßigen Abwesenheit der Fall besitzenden Person müssen die Aktivitäten einer Vertretungsperson zur weiteren Bearbeitung zugewiesen werden. Es ist somit erforderlich, die Aktivitäten durch Zuweisungsregeln zuzuweisen. BIZAGI stellt dafür vier Zuordnungsregeln zur Verfügung [15, S. 2667 ff.]:

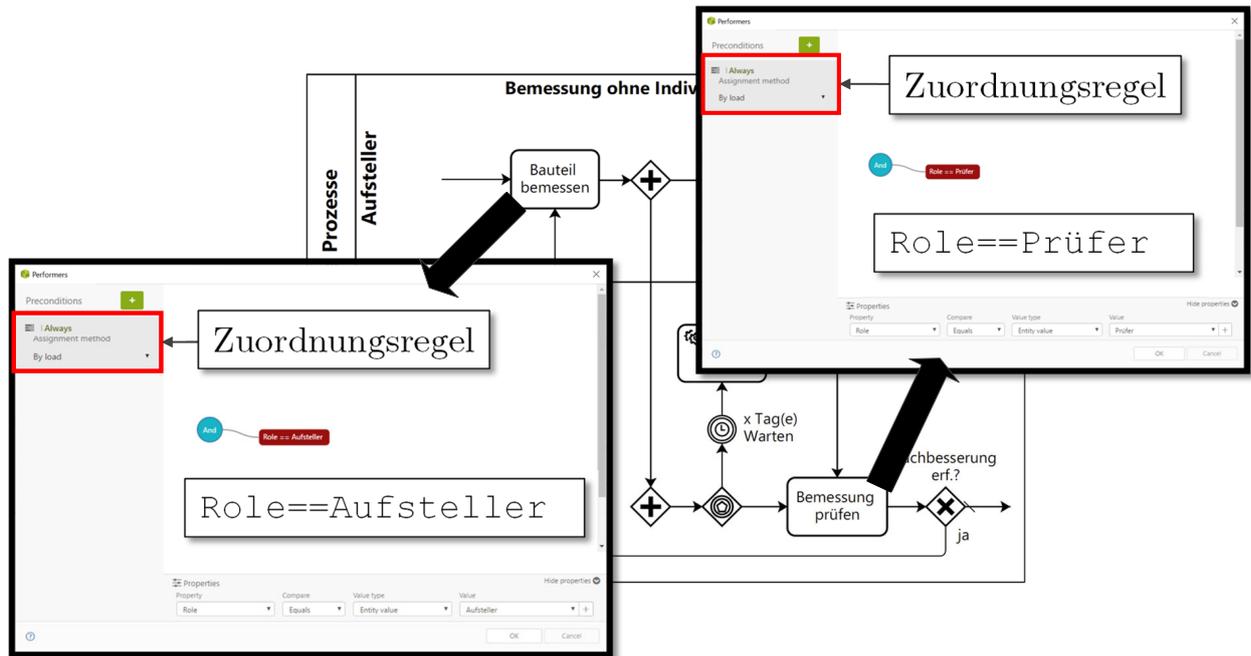


Abbildung 5.13: Beispiel zur Konfiguration der Verantwortlichkeiten mithilfe des BIZAGI-Prozessassistenten „Darsteller“

- **Nach Arbeitsbelastung:** „Die Aufgabe wird dem End-User mit der geringsten Arbeitsbelastung oder den wenigsten ‚ausstehenden Jobs‘ im Projekt zugewiesen. Es werden nur Benutzeraufgaben berücksichtigt. Automatisierte Aufgaben und zugewiesene Ereignisse werden ignoriert. Das System prüft jedoch zunächst, ob jemand in der Organisation des End-Users den Fall bereits bearbeitet hat. Wenn dies der Fall ist, wird ihm die Aufgabe zugewiesen, unabhängig von der Arbeitsbelastung des End-Users im Vergleich zum Rest der Organisation.“
- **Alle:** „Allen End-Usern werden Zuteilungen erteilt, sofern die erforderlichen Merkmale zutreffend sind. Der erste End-User, der den Fall übernimmt (bspw. dann, wenn der End-User im ausstehenden Posteingang auf die Option „Besitz übernehmen“ klickt), wird mit der Ausführung der Aufgabe beauftragt; folglich wird sie den anderen End-Usern nicht mehr angezeigt. Wenn der End-User die Aufgabe wieder freigibt, steht sie wieder allen End-Usern zur Verfügung, die den Zuweisungsregeln entsprechen.“
- **Sequenziell:** „Jede Aufgabe wird unabhängig von ihrer Arbeitsbelastung gleichmäßig und nacheinander unter den End-Usern zugewiesen, die die Zuweisungskriterien erfüllen. Wenn eine Aufgabe jedoch mehrmals instanziiert wird, wird diese Aufgabe demselben End-User zugewiesen, der die erste Instanz übernommen hat, und die Zuweisungsmethode wird in diesem Fall nicht weiter angewendet.“
- **Erster verfügbare End-User:** „Bei dieser Methode werden Aufgaben dem End-User zugewiesen, der gemäß der zugeordneten Zeitzone zuerst verfügbar ist. Es kann mehr als ein End-User verfügbar sein. In solchen Fällen bestimmt BIZAGI die ausführende Person der Aufgabe, indem es die Arbeitsbelastung jedes verfügbaren End-Users bewertet.“

Für die Projektbearbeitung ist es somit erforderlich, mehreren Personen Zugang zum Statikportal zu gewähren, die entweder unabhängig voneinander oder gleichzeitig an demselben Projekt arbeiten. Dafür können, wie in Abbildung 5.14 dargestellt, weitere Rollen hinterlegt werden (<Aufsteller-1>

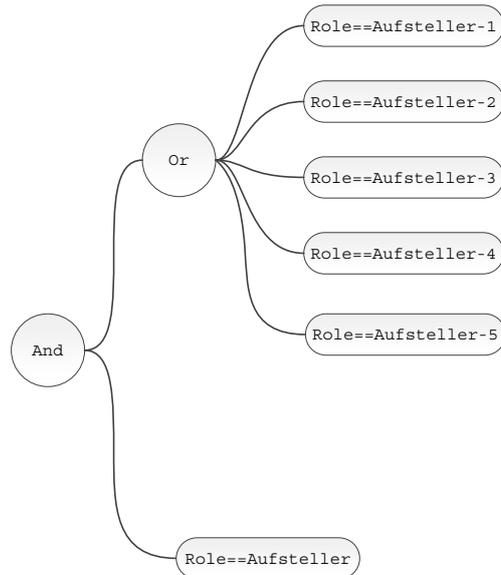


Abbildung 5.14: Beispiel für die Rollenzuweisung von Vertretungspersonen

... <Aufsteller-5> bzw. <Prüfer-1> ... <Prüfer-5>), die in der Benutzerliste des Statikportals vom Administrator manuell hinzugefügt werden. Diese Rollen würden auch im Falle einer außerplanmäßigen Abwesenheit der Fall besitzenden Person zugrunde gelegt, damit der Vertretungsperson keine personenbezogenen Kontodaten des Fallbesitzers oder der Fallbesitzerin übergeben werden muss. Die Zuordnungsregel bezieht sich dabei auf die Verteilung der Arbeitsbelastung, da diejenige Person, die den Fall ausgelöst hat, den Fall unabhängig von der Arbeitsbelastung weiter bearbeitet.

Sofern die Zuweisung einer Vertretungsperson automatisch erfolgen soll, muss eine Bedingung hinzugefügt werden, um die Zuweisung zu definieren. Wenn beispielsweise die Rolle <Aufsteller-3> die Vertretungsperson der Rolle <Aufsteller> ist, so lautet die Syntax wie im Listing 5.2 beschrieben. Die Zuweisung erfolgt dann über die User-ID und einem Attribut, in dem die User-ID der Rolle <Aufsteller> gespeichert wird <Datenmodell01.Aufsteller> (vgl. [15, S. 2690 f.]). Des Weiteren muss in der Benutzerliste des Statikportals der Rolle <Aufsteller-3>, die Rolle <Aufsteller> als Boss zugewiesen werden. Somit werden allen End-Usern mit der Rolle <Aufsteller-3> die anstehende Aktivität des <Aufsteller> zur Bearbeitung angezeigt, sofern der <Aufsteller> im Statikportal nicht aktiv wird.

Listing 5.2: Beispiel für die automatische Rollenzuweisung durch eine Bedingung

```
1 // Erstellung eines Array
2 var Users = new ArrayList();
3 // Filter fuer den Aufsteller
4 var parameters = new FilterParameters();
5 parameters.AddParameter("@RAufsteller", <Datenmodell01.Aufsteller.Id>);
6 // Alle User abrufen, in denen der Aufsteller der Boss ist
7 var SearchUsers = Me.getXPath("entity-list('WFUser',
8     'idBossUser=@Aufsteller')",parameters);
9 // Zaehlen wie viele User in Frage kommen
10 var HowManyUsers = SearchUsers.size();
11 if(HowManyUsers > 0)
12 {
13 // Jeden User zum Array hinzufuegen
```

```
13     for (var i=0; i < HowManyUsers; i++)
14     {
15         var idUser = SearchUsers[i].getXPath("Id");
16         Users.Add(idUser);
17     }
18 }
19 Users;
```

5.3 Entwicklung eines prozessgesteuerten Statikportals

Damit eine partizipative Zusammenarbeit zwischen dem Aufsteller und Prüfer zustande kommt, werden die im Kapitel 2.1 und 2.2 beschriebenen Prozessabläufe in den nachfolgend erläuternden Prozessmodellen projektspezifisch zusammengefasst. Die in der Tabelle 5.1 dargestellten Ebenen werden, wie im Kapitel 5.2 bereits erläutert, jeweils als einzelne Teilprozesse abgebildet, die durch den Hauptprozess zusammengefasst und zeitlich strukturiert werden. Die projektspezifischen Beschreibungen der Prozesse und Geschäftsregeln erfolgen in den nachfolgenden Unterkapiteln der jeweiligen Ebene. Die Beschreibung zur Integrierung der im Kapitel 4.1 vorgeschlagenen Oberflächen (vgl. Abbildung 4.3) erfolgt in den Kapiteln „Datenmodelle und Formulare“. Die Spezifikation der Verantwortlichkeiten und Rollen folgen der Logik der allgemeinen Konfiguration. In den folgenden Unterkapiteln erfolgen dafür keine weitreichenderen Beschreibungen, da die Rollen sowie die Geschäftsregeln hinreichend im Kapitel 5.2 beschrieben wurden.

5.3.1 Formelle Prüfung

Der Hauptprozess strukturiert das Projekt und organisiert den Kontext, der während der Bearbeitung im Statikportal generiert wird. Im Einzelnen dokumentiert und steuert der Hauptprozess den Aus- und Eingang von Fremdunterlagen, definiert Meilensteine und dokumentiert die formellen Inhalte und deren Prüfung – wie bspw. die Vorbemerkungen, die Positionierung der Bauteile und die globalen Lastannahmen. Weiterhin dokumentiert der Hauptprozess den Projektfortschritt in Echtzeit und erstellt Berichte über die derzeitige Arbeitsproduktivität. Die dafür notwendigen Spezifikationen werden nachfolgend beschrieben.

5.3.1.1 Hauptprozess-01

Der Hauptprozess-01 steuert im Statikportal die zeit-sachlogischen Abfolgen des gesamten Prozessablaufs. Die Abbildung 5.15 zeigt das Prozessmodell und die darin enthaltenen Swimlanes («System» und «Operativ») sowie 9 User-Aktivitäten, 6 Teilprozesse, eine Skript-Aktivität und eine Service-Aktivität. In der Tabelle 5.3 sind die Namen und Tätigkeitsbeschreibungen des Hauptprozesses-01 zusammengefasst.

In der Swimlane «System» wird das Projekt gestartet. Beim Startereignis hat der End-User die Wahl, das Projekt anzulegen oder abzubrechen. Sollte die Entscheidung, ein Projekt anzulegen, mehr als zwei Tage in Anspruch nehmen, wird das Projekt automatisch durch das Skript der Aktivität 10 „Projekt verlassen“ abgebrochen und vom Datenträger gelöscht. Sofern der End-User sich eigenständig dazu entscheidet, das Projekt abzubrechen, wird das Projekt über das Startereignis „Projekt abbrechen“ ebenfalls abgebrochen und vom Datenträger gelöscht. Andernfalls wird in der Swimlane «Operativ» das Projekt zur Bearbeitung angelegt.

In der Swimlane «Operativ» erfolgen die operativen Tätigkeiten für die vertraglich vereinbarten Ingenieurdienstleistungen. In der Aktivität 20 „Projekt anlegen“ wird das Projekt zunächst durch

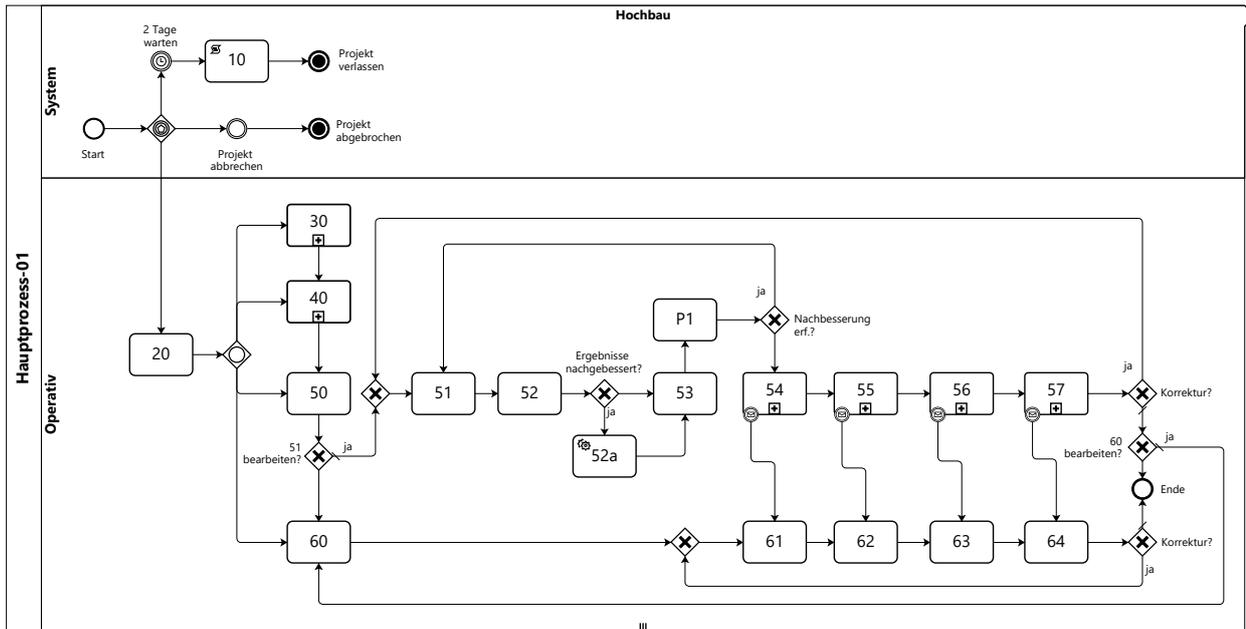


Abbildung 5.15: Technischer Hauptprozess-01 des Statikportals

die Eingabe der Projekt-Metadaten angelegt. Je nach Art des beauftragten Tätigkeitsfelds kann der End-User anschließend entscheiden, ob er die Auftraggeber-Informationen-Anforderung (AIA) und den BIM-Abwicklungsplan (BAP) einsehen und ggf. bearbeiten (Aktivität 30), weitere Fremdunterlagen anfordern (Aktivität 40), die Baustatik (Aktivität 50) erstellen oder mit der Ausführungsplanung (Aktivität 60) beginnen möchte. Diese Arbeit fokussiert sich voranging auf die Standardisierung und Automatisierung des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen, sodass im weiteren Verlauf dieser Arbeit insbesondere auf die Aktivitäten der Baustatik eingegangen wird.

Sobald der End-User die Aktivität 50 aufruft, kann er entscheiden, entweder mit der Baustatik oder mit der Ausführungsplanung zu beginnen. Da es unter Umständen sein kann, dass sich das Aufgabenspektrum und damit die verantwortlich handelnden Personen im Zuge der Projektlaufzeit ändern, hat der End-User nun die Möglichkeit, die Kontaktdaten des Aufstellers und die des Prüfers entsprechend zu ändern. Sollte der End-User mit der Baustatik beginnen, gelangt er zu der Aktivität 51 „Vorbemerkung“. In dieser Aktivität werden die Basisinformationen beschrieben, die den statischen Bemessungen zugrunde liegen. Die Fremdunterlagen wurden bereits in der Aktivität 30 „AIA und BAP“ oder in der Aktivität 40 „Fremdunterlagen anfordern“ dem System hinzugefügt und können in dieser Aktivität überarbeitet werden. Nach der Beendigung gelangt der End-User zur Aktivität 52 „Positionierung“. In dieser Aktivität werden die Positionsnummern auf der Basis von Übersichtsplänen oder digitalen Bauwerksmodellen des Objektplaners festgelegt und die Fertigstellungstermine für die statische Bemessung hinterlegt. Während die Positionierung die Grundlage für die Aufteilung der Einzelpositionen in den Teilprozessen (54 bis 57) bildet, definieren die Fertigstellungstermine die Meilensteine für den gesamten Bearbeitungsablauf der Baustatik. Anhand der Meilensteine ermittelt das System zeitkritische Engpässe in Bezug auf die gesamte Prozessdauer und der hinterlegten Bearbeitungsdauer der jeweiligen Aktivitäten im Prozessmodell. Die Bearbeitungszeiten werden in Abstimmung mit den Sachbearbeitern oder Sachbearbeiterinnen des Projektes vom Prozessverantwortlichen vorab festgelegt (vgl. Kapitel 5.5.1). Um jederzeit eine agile Flussanpassung für eine effizientere Entscheidung zur Optimierung der Leistung von Einzeltätigkeiten vornehmen zu können, sind die vorab eingetragenen Dauern der Aktivitäten im Statikportal individuell anpassbar (vgl. Kapitel 5.5). Sofern eine Überarbeitung der Aktivität 51 erforderlich wird, werden die entsprechenden

Tabelle 5.3: Hauptprozess-01 - Name und Tätigkeitsbeschreibung

Nr.	Name	Tätigkeitsbeschreibung
10	Projekt verlassen	Systemabbruch nach 2 Tagen Wartezeit
20	Projekt anlegen	Eingabe der Projekt-Metadaten
30	AIA und BAP	Bearbeitung der AIA und/oder BAP
40	Fremdunterlagen anfordern	Fremdunterlagen anfordern oder bearbeiten
50	Baustatik	Eingabe personalisierter Informationen (Aufsteller, Prüfer)
51	Vorbemerkung	Basisinformationen für die statische Berechnung
52	Positionierung	Eingabe von Positionsplänen, -listen und Fertigstellungsterminen
52a	Nachgebesserte Positionierung	Systemnachricht
53	Globale Lastannahmen	Beschreibung der globalen Einwirkungen
P1	Formelle Prüfung	Prüfung formeller Inhalte (Aktivitäten 51, 52, 53)
54	Statik: Dachtragwerk	Statische Bemessung des Dachtragwerks
55	Statik: Obergeschoss	Statische Bemessung des Obergeschosses
56	Statik: Erdgeschoss	Statische Bemessung des Erdgeschosses
57	Statik: Gründung	Statische Bemessung der Gründung
60	Ausführungsplanung: Templates	Bereitstellung von Planvorlagen sowie Bauteil- und Materialbibliotheken
61	Ausführungsplanung: Dachtragwerk	Ausführungsplanung des Dachtragwerks
62	Ausführungsplanung: Obergeschoss	Ausführungsplanung des Obergeschosses
63	Ausführungsplanung: Erdgeschoss	Ausführungsplanung des Erdgeschosses
64	Ausführungsplanung: Gründung	Ausführungsplanung der Gründung

Projektbeteiligten über die geänderte Positionierung und Fertigstellungszeiten durch die Aktivität 51a „Nachgebesserte Positionierung“ automatisch informiert. Im Anschluss werden die globalen Einwirkungen in der Aktivität 53 „Einwirkungen“ eingetragen und die Inhalte der Aktivitäten 51 bis 53 zur formellen Prüfung (Aktivität P1) eingereicht. Erst nach der Freigabe der formellen Prüfung erfolgt im Statikportal die Zuweisung des Teilprozesses-54 für die Dokumentation der statischen Bemessung und Prüfung des Dachtragwerks (Teilprozess-54). Anschließend werden die Inhalte des Aufstell- und Prüfprozesses für das Obergeschoss (Teilprozess-55), das Erdgeschoss (Teilprozess-56) und die Gründung (Teilprozess-57) dokumentiert. Der Abschluss jedes Teilprozesses stellt eine amtliche Freigabe des Prüfers für den Beginn der Ausführungsplanung dar. Die Freigabe wird automatisiert ausgelöst (vgl. exemplarisch das angeheftete Zwischenereignis in der Abbildung 5.15, zwischen Aktivität 54 und 61), sobald der Prüfer den entsprechenden Prüfbericht veröffentlicht und die statische Bemessung des betrachteten Teilprozesses freigegeben hat. Der Aufsteller kann die Teilprozesse ohne Unterbrechungen beenden und den Hauptprozess-01 fortsetzen, obwohl Prüfungen ggf. noch ausstehen. Nach Abschluss des Teilprozesses-57 hat der End-User die Möglichkeit, die Baustatik zu korrigieren, mit der Kategorie 60 „Ausführungsplanung“ zu beginnen oder das Projekt zu beenden. Eine Korrektur des Aufstellers hätte zur Folge, dass der gesamte Aufstell- und Prüfprozess erneut dezidiert durchlaufen und die Baustatik abermals zur Prüfung eingereicht werden muss.

Die Aktivitäten in der Kategorie 60 „Ausführungsplanung“ beziehen sich rein auf die Endergebnisse der manuell zu bearbeitenden Ausführungsplanung. Ähnlich wie in der Kategorie 50 werden die Endergebnisse geschossweise maschinell abgefragt. In der Aktivität 60 „Ausführungsplanung: Templates“ werden die Planvorlagen für die beauftragten Baupläne, wie bspw. Schal-, Bewehrungs- und Werkpläne sowie die Bauteil- und Materialbibliotheken für die CAD-Anwendung bereitgestellt. In den Aktivitäten 61 bis 64 erfolgt die Ausführungsplanung für das Dachtragwerk bis hin zur Gründung. Die Freigaben des Teilprozesses-54 „Statik: Dachtragwerk“ werden nach dessen Beendigung an den Teilprozess-61 „Ausführungsplanung: Dachtragwerk“ automatisch vom System durch ein angeheftetes und nichtunterbrechendes Nachrichtenereignis übermittelt. Dieses Vorgehen wiederholt sich für den Teilprozess-62 „Ausführungsplanung: Obergeschoss“, Teilprozess-63 „Ausführungsplanung: Erdgeschoss“ und Teilprozess-64 „Ausführungsplanung: Gründung“. Das Projekt ist beendet, wenn

der End-User sich nach dem Teilprozess-64 dazu entscheidet, keine Korrekturen in der Kategorie 60 vorzunehmen und den Teilprozess-64 beendet.

Sofern die Frontends des Statikportals entsprechend strukturiert sind, wird nach der Beendigung des Hauptprozesses-01 das Projekt als eine „Sammlung von Elementen“ im Statikportal einsehbar, aber nicht bearbeitbar, abgespeichert. Sollten dennoch Änderungen erforderlich werden, ist ein Nachtrag als neuer Fall im Statikportal auszulösen.

5.3.1.2 Datenmodell und Formulare

Das Datenmodell-01 speichert den Kontext, der innerhalb der Laufzeit des Hauptprozesses-01 generiert wird (vgl. Kapitel 5.3.1.1). Die Eingabe des Kontexts erfolgt über die Interaktion der End-User mit dem Statikportal, durch die Verwendung der nachfolgend beschriebenen Formulare. Wie in der Abbildung 5.16 ersichtlich, besteht das Datenmodell-01 aus insgesamt 17 Master-Entitäten und der Prozess-Entität <Datenmodell01>.

Durch das Aneinanderreihen von Attributen entstehen Attributsätze (vgl. Listing 5.1), die in den Formularen des Statikportals hinterlegt werden (vgl. Abbildung 5.9), um die Eingaben der End-User im Datenmodell-01 zu strukturieren und zu speichern. In den Tabellen des Anhangs A.4.1 sind die Entitäten, Attribute, Fremdschlüssel und deren Beziehungen zueinander (Relationen), die für die Erstellung und Prüfung von formellen Inhalten erforderlich sind, dezidiert dargestellt. Der in der Prozess-Entität enthaltene Fremdschlüssel <S_Projektbeteiligte> beschreibt die System-Entität, in der die personalisierten Informationen der End-User gespeichert werden. Der Fremdschlüssel <kpBearbeitungsstand> ist als Master-Entität Bestandteil der statischen Berechnungen und wird deshalb dem Datenmodell-54, über den Attributsatz <Datenmodell01.Datenmodell154.kpBearbeitungsstand>, zugeordnet. Für ein besseres Verständnis zur Integrierung der Attributsätze in den Formularen werden nachfolgend exemplarisch prägnante Attributsätze und deren Zusammenhänge in den Formularen erläutert, die entweder den Prozesspfad oder andere Aktivitäten beeinflussen. Eine vollständige Darstellung der im Statikportal hinterlegten Formulare sind dem Anhang A.5.1.2 zu entnehmen.

Die Metadaten des Projektes werden vom verantwortlichen Projektleiter in der Aktivität 20 eingetragen. Die Metadaten umfassen u.a. Informationen zum Projekt, zum Bauort und zu den personalisierten Informationen über die verantwortlich handelnden Personen, wie bspw. Bauherrin, Projektleiter, Sachbearbeiterin und Prüfer. Die Kontaktdaten werden in den weiteren Aktivitäten 51 bis 53 und P1 als Kopfzeilen unveränderbar hinterlegt (vgl. Abbildung A.15, A.19 und A.21). Die Eingabefelder, die entweder weiß hinterlegt sind oder ein Bild zeigen, können vom End-User verändert werden. Die Attribute lassen sich über die folgenden Attributsätze in den Formularen, wie in Abbildung 5.17 dargestellt, hinterlegen:

Listing 5.3: Aktivität 20 - Attributsätze zur Eingabe der Projekt-Metadaten

```
1 // Projektinformationen
2 <Datenmodell01.imgProjektbild>
3 <Datenmodell01.sProjektnummer>
4 <Datenmodell01.sProjektname>
5 // Bauort
6 <Datenmodell01.sBauortFlurstuck>
7 <Datenmodell01.sBauortPLZundOrt>
8 // Bauherr_in
9 <Datenmodell01.sBauherrFirma>
10 <Datenmodell01.sBauherrName>
```

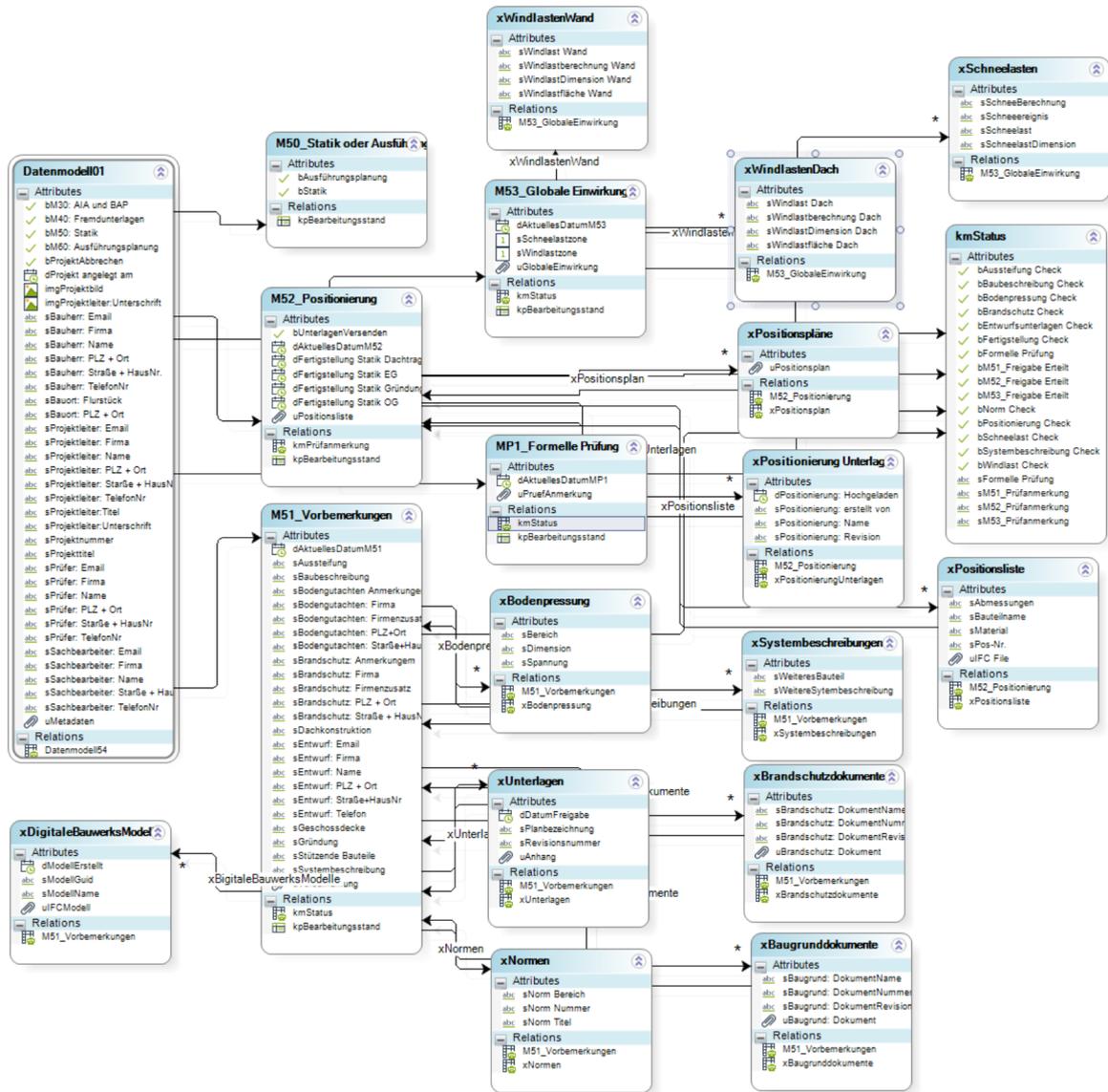


Abbildung 5.16: Darstellung des Datenmodells-01 für den Hauptprozess-01

```

11 <Datenmodell01.sBauherrStrasseNr>
12 <Datenmodell01.sBauherrPLZundOrt>
13 <Datenmodell01.sBauherrTelefonNr>
14 <Datenmodell01.sBauherrEmail>
15 // Puefer_in (analog zu Bauherr_in)
16 <Datenmodell01.sPruferName>
17 ...
18 // Projektleiter_in (analog zu Bauherr_in)
19 <Datenmodell01.sProjektleiterName>
20 ...
21 // Sachbearbeiter_in (analog zu Bauherr_in)
22 <Datenmodell01.sSachbearbeiterName>
23 ...
    
```

Des Weiteren wird in der Aktivität 20 über boolesche Ausdrücke abgefragt, welche Leistungen im

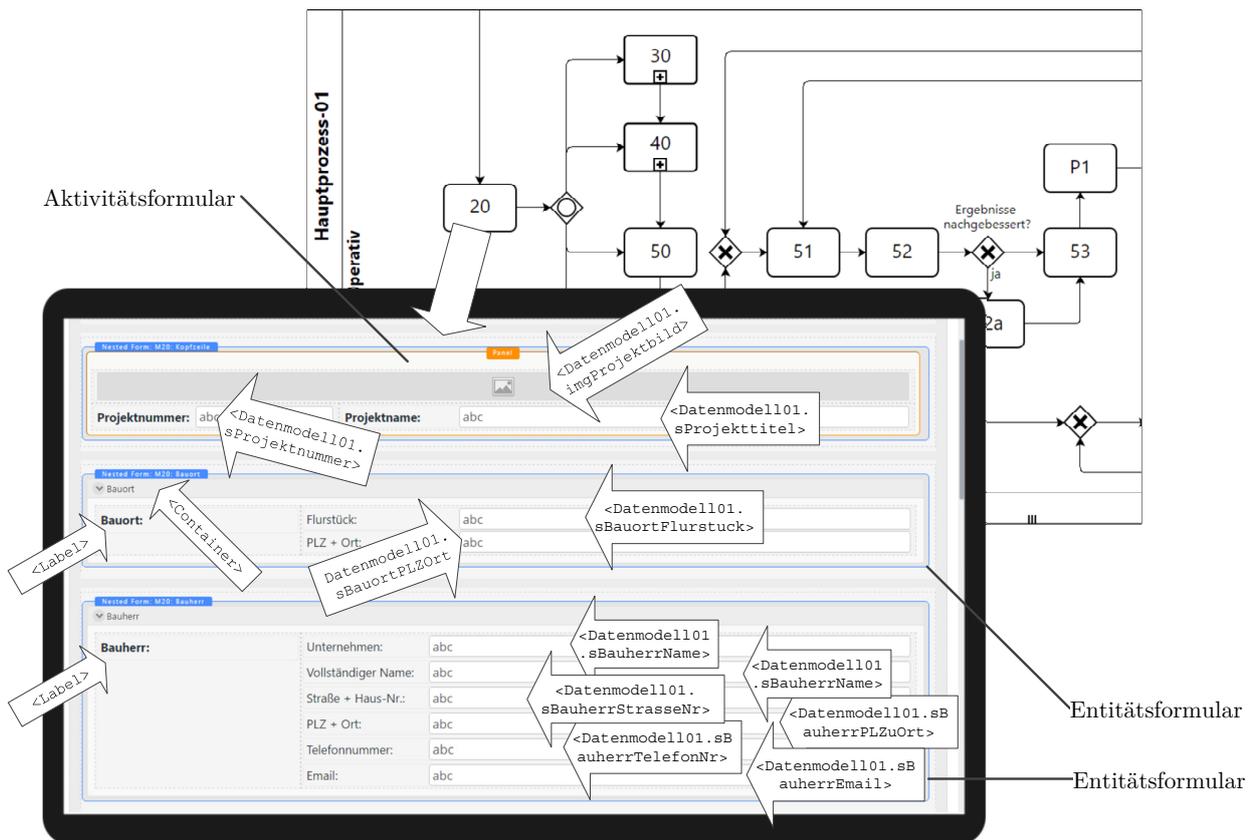


Abbildung 5.17: Formulare für die Eintragung der Projekt-Metadaten in der Aktivität 20

Auftrag enthalten sind (vgl. Abbildung 5.18). Anhand der gewählten Ausdrücke werden im Statikportal die Aktivitäten dem End-User zur Bearbeitung bereitgestellt, die im Leistungsumfang enthalten sind. Sofern noch Fremdunterlagen anzufordern oder zu prüfen sind, wird mithilfe des booleschen Ausdrucks `bM40_Fremdunterlagen` die entsprechenden Aufgaben der Aktivität 40 bereitgestellt. Die Attribute, die mit einem roten Balken markiert sind, müssen vom End-User ausgefüllt werden. Für die Prozessverifikation in Kapitel 5.7 wird nur die Wahl zur Aktivierung des Leistungspaketes „Statik“ als erforderliche Eingabe gesetzt. Die Attributsätze, die zur Bereitstellung des entsprechenden Leistungspaketes auszuwählen sind, sind im folgenden Listing und in der Abbildung 5.18 dargestellt:

Listing 5.4: Aktivität 20 - Attributsätze zur Bereitstellung der Aktivitäten für die vertraglich vereinbarten Leistungspakete

```

1 // Wahl des Leistungspaketes zur Bearbeitung der AIA und BAP (Aktivitaet 30)
2 <Datenmodell101.bM30_AIAundBAP>
3 // Wahl des Leistungspaketes zum anfordern und pruefen von Fremdunterlagen
  (Aktivitaet 40)
4 <Datenmodell101.bM40_Fremdunterlagen>
5 // Wahl des Leistungspaketes Baustatik (Aktivitaeten der Kategorie 50)
6 <Datenmodell101.bM50_Statik>
7 // Wahl des Leistungspaketes Ausfuehrungsplanung (Aktivitaeten der Kategorie 60)
8 <Datenmodell101.bM60_Ausfuehrungsplanung>

```

Für die Beglaubigung ist es erforderlich, eine Baustatik zu unterzeichnen. Die Unterzeichnung erfolgt ebenfalls in der Aktivität 20 und wird mithilfe des Widgets „Hand signature“ von BIZAGI bereitgestellt (vgl. [15, S. 1550 ff.]). Über die Attribute, erweiterter Text `<sProjektleiterUnterschrift>`

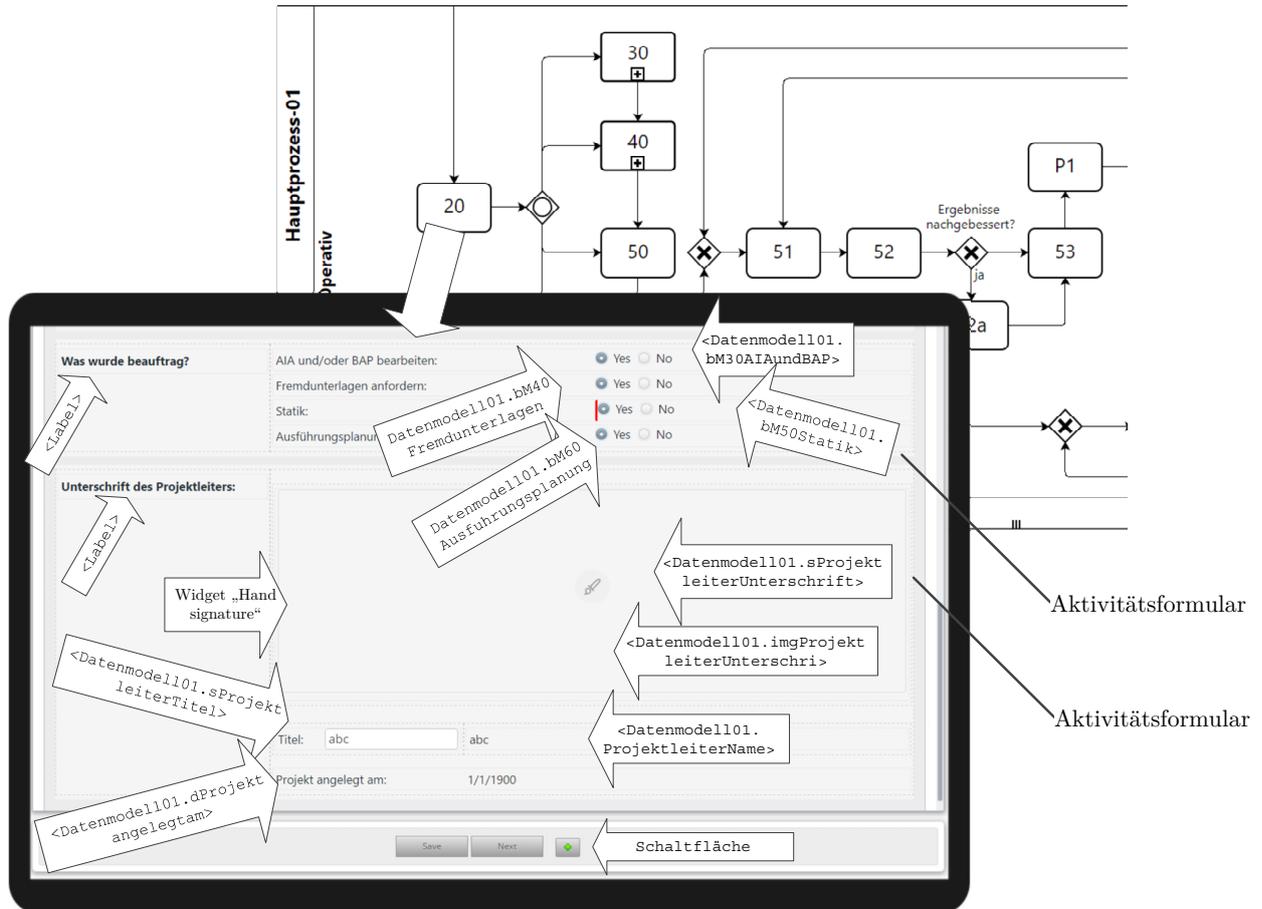


Abbildung 5.18: Formulare zum Aufruf der Leistungspakete und für die Unterzeichnung der Baustatik in der Aktivität 20

und dem Image `<imgProjektleiterUnterschri>`, wird die Unterschrift im Datenmodell-01 gespeichert. Die entsprechenden Attributsätze sind nachfolgend aufgelistet und in Abbildung 5.18 dargestellt:

Listing 5.5: Aktivität 20 – Attributsätze für die digitale Unterzeichnung einer Baustatik im Statikportal

```

1 // Datenbindung
2 <Datenmodell101.sProjektleiterUnterschrift>
3 // Bindung von Bilddaten
4 <Datenmodell101.imgProjektleiterUnterschri>
    
```

Wie bereits im Kapitel 3.3 erläutert, ist die Arbeitsweise mittels BIM für die Erstellung von Positionsplänen, gegenüber der tradierten Arbeitsweise, aufgrund eines größeren Leistungsumfangs derzeit herausfordernder. Um den Arbeitsaufwand zu reduzieren, wird die Positionsliste, die in der Regel separat zur Baustatik erstellt wird, in den Aufstellprozess integriert. Dies hat den Vorteil, dass zum einen die Positionsliste im Laufe der Bearbeitung jederzeit innerhalb eines Systems von mehreren Personen überprüft und ggf. angepasst werden kann. Zum anderen lassen sich digitalisierte Informationen über die RPA-Automatisierung abrufen, was dazu führt, dass der Positionsplan per Knopfdruck mit der neu generierten Positionsliste aktualisiert werden kann (weiteres zur RPA-Integration siehe Kapitel 5.6). Der Kontext der Positionsliste wird in der Aktivität 52 über

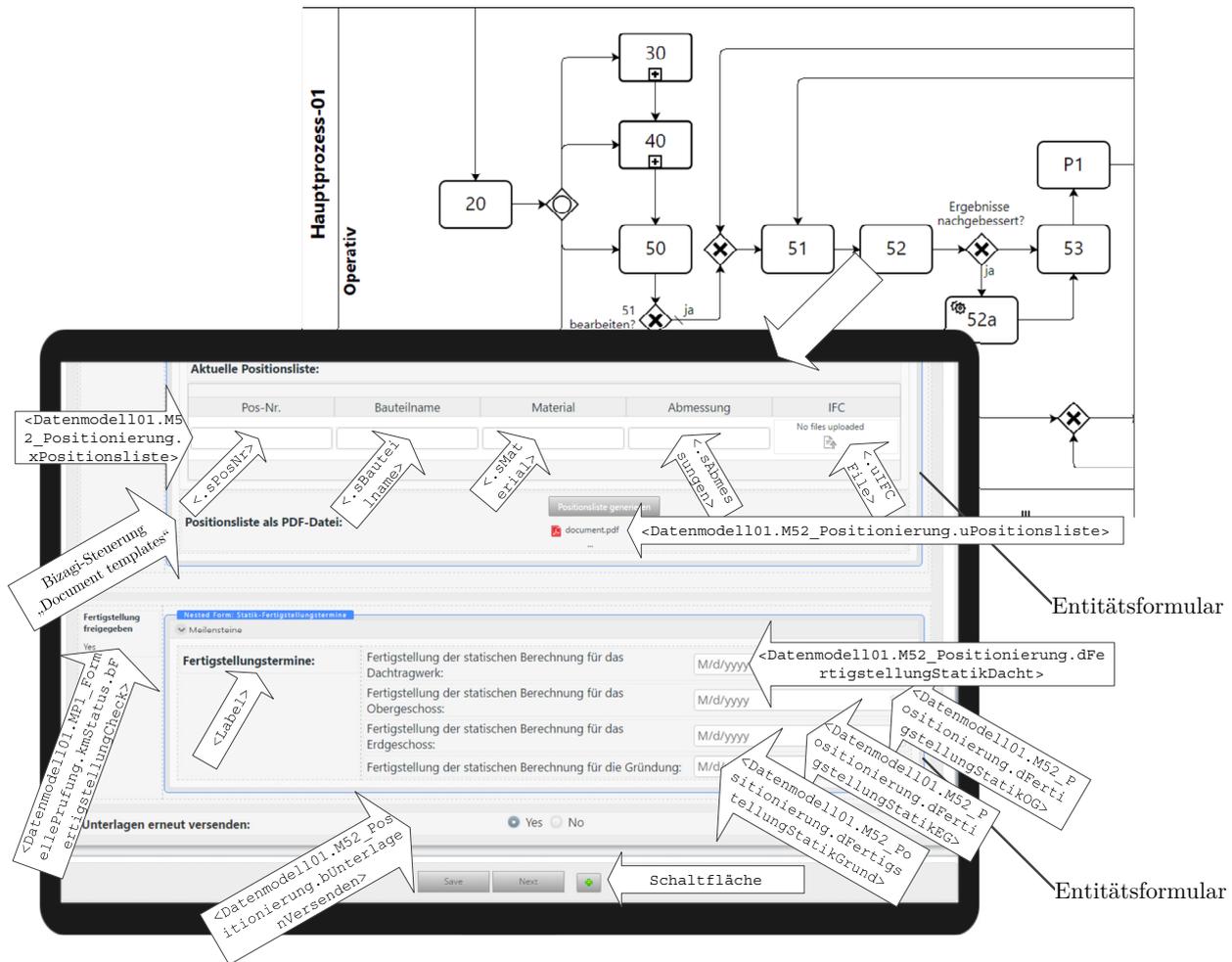


Abbildung 5.19: Formulare zur Erstellung einer Positionenliste und zur Festlegung der Fertigstellungstermine in der Aktivität 52

die Sammlung der Master-Entität `<xPositionierung>` im Statikportal generiert, der mithilfe des folgenden Attributsatzes in den Formularen zu hinterlegen ist (vgl. Abbildung 5.19).

Listing 5.6: Aktivität 52 - Attributsatz für die Eingabe der Positionenliste im Statikportal

```
1 <Datenmodell101.M52_Positionierung.xPositionenliste.
  {sPosNr;sBauteilname;sAbmessung;sMaterial;uIfcFile}>
```

Inwieweit es ratsam ist, die statischen Positionen als Bauteilobjekte zu separieren und als IFC-Dateien im Statikportal zu integrieren, wird im Fallbeispiel der RPA-Bots hinterfragt (vgl. Kapitel 5.6).

Die im Kapitel 4.1 geforderten Fertigstellungstermine (vgl. Bereich-B9 in Abbildung 4.3) werden ebenfalls in der Aktivität 52 und mithilfe der Master-Entität `<M52_Positionierung>` durch die Timestamp-Attribute `<dFertigstellungStatikDacht>`, `<dFertigstellungStatikOG>`, `<dFertigstellungStatikEG>` und `<dFertigstellungStatikGrund>` gespeichert und bereitgestellt. Über die folgenden Attributsätze können die Attribute in den Formularen angesprochen werden (vgl. Abbildung 5.19):

Listing 5.7: Attributsätze zur Integrierung von Fertigstellungsterminen im Statikportal

```

1 //Fertigstellungstermin fuer die statische Berechnung des Dachtragwerks
2 <Datenmodell01.M52_Positionierung.dFertigstellungStatikDach>
3 // Fertigstellungstermin fuer die statische Berechnung des Obergeschosses
4 <Datenmodell01.M52_Positionierung.dFertigstellungStatikOG>
5 // Fertigstellungstermin fuer die statische Berechnung des Erdgeschosses
6 <Datenmodell01.M52_Positionierung.dFertigstellungStatikEG>
7 // Fertigstellungstermin fuer die statische Berechnung der Gruendung
8 <Datenmodell01.M52_Positionierung.dFertigstellungStatikGrund>

```

Die Dokumentation der Schnee- und Windlasten wird in der Aktivität 53 als Tabellen in den Formularen, analog zur Positionsliste in Abbildung 5.19, im Statikportal eingegeben und mithilfe der nachfolgenden Attributsätze angesteuert:

Listing 5.8: Attributsatz für die Dokumentation der Schneelasten

```

1 // Schneelasten
2 <Datenmodell01.M53_GlobaleEinwirkung.xSchneelasten.
   {sEreignis;sSchneeBerechnung;sSchneelast;sDimension}>
3 // Windlast auf Dach
4 <Datenmodell01.M53_GlobaleEinwirkung.xWindlastenDach.
   {sWindlastflacheDach;sWindlastberechnungDach;sWindlastDach;sWindlastDimensionDach}>
5 // Windlast auf Wand
6 <Datenmodell01.M53_GlobaleEinwirkung.xWindlastenWand.
   {sWindlastflache;sWindlastberechnung;sWindlast;sWindlastDimension}>

```

Um die formellen Inhalte zu prüfen, sind unterschiedliche Attribute in den Formularen des Statikportals zu hinterlegen, die es zum einen ermöglichen, zu den jeweiligen Themeninhalten Anmerkungen anzufügen und zum anderen darstellen, dass ein Themenbereich bereits geprüft wurde, obwohl keine Anmerkungen hinzugefügt wurden. Wie die Abbildung 5.20 zeigt, kann der Prüfer die formellen Inhalte einsehen, aber nicht verändern (unveränderbare Eingabefelder sind nicht weiß hinterlegt). Für die Feststellung, ob ein Themenbereich im Statikportal bereits geprüft wurde, werden boolesche Attribute, wie bspw. `<bBaubeschreibungCheck>` und `<bSystembeschreibungCheck>` im Themenbereich Vorbemerkung, `<bSchneelastCheck>` und `<bWindlastCheck>` im Themenbereich globale Einwirkungen oder, wie in der Abbildung 5.20 dargestellt, `<bFertigstellungCheck>` im Themenbereich Positionierung über die Master-Entität `<kmStatus>` hinterlegt. Die Eingabefelder für die Prüfanmerkungen sind hinter jedem Themenbereich angeordnet und werden über die String-Attribute im Datenmodell-01 gespeichert. Die Eingabefelder sind für den Prüfer veränderbar (Eingabefeld weiß hinterlegt) und lassen sich über die folgenden Attributsätze mit dem Datenmodell-01 verknüpfen:

Listing 5.9: Attributsatz für den Prüfstatus im Statikportal

```

1 // Pruefanmerkung zur Vorbemerkung
2 <Datenmodell01.M51_Vorbemerkungen.kmStatus.sM51_Pruefanmerkung>
3 //Pruefanmerkung zur Positionierung
4 <Datenmodell01.M52_Positionierung.kmPruefanmerkung.sM52_Pruefanmerkung>
5 // Pruefanmerkung ueber globale Einwirkungen
6 <Datenmodell01.M53_GlobaleEinwirkung.kmStatus.sM53_Pruefanmerkung>

```

Damit im Statikportal ersichtlich wird, welcher Bearbeitungsstand bereits erreicht wurde, wird in der Parameter-Entität `<kpBearbeitungsstand>` den End-Usern ein Dropdown-Listenfeld zur Verfügung gestellt, das die folgenden Bearbeitungsstände zeigt:

- erstellt (String-Attribut `<sErstellt>`)

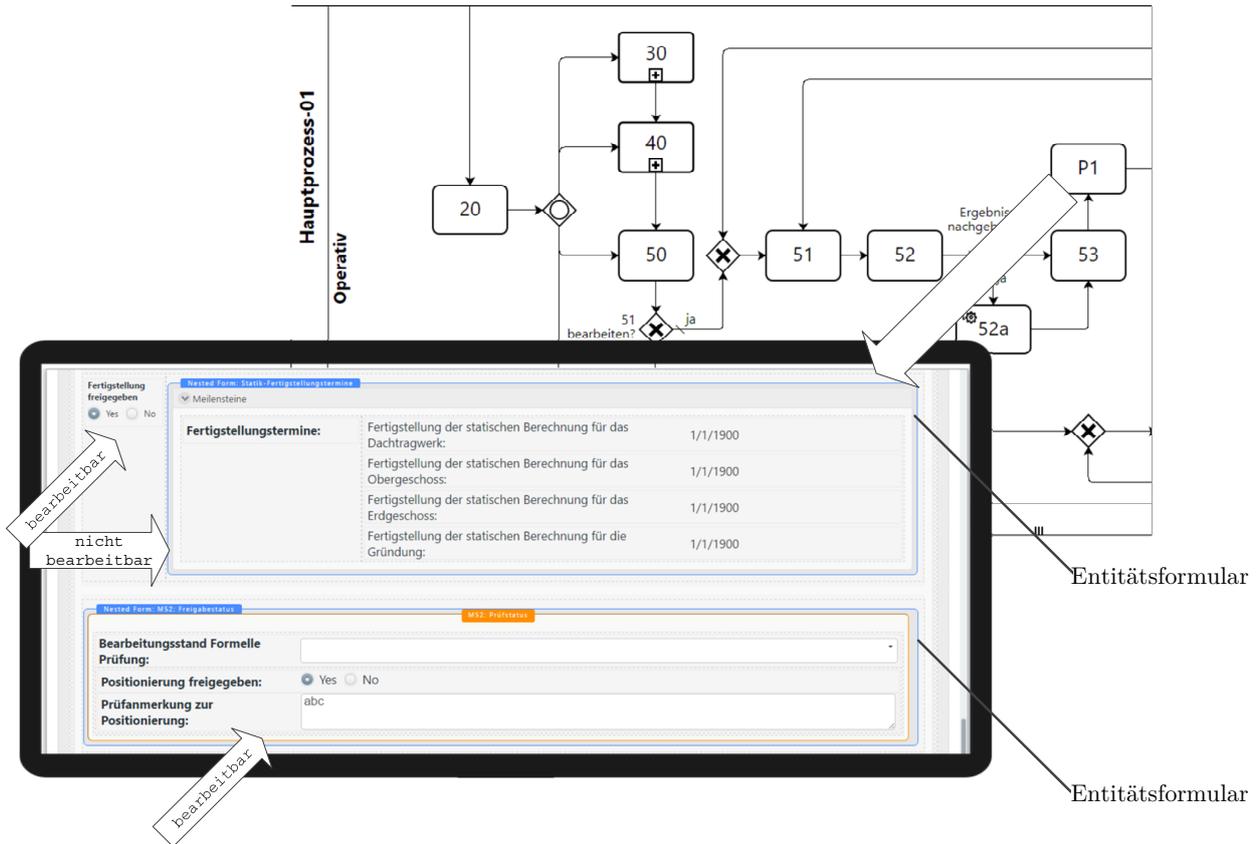


Abbildung 5.20: Formulare für die formelle Prüfung in der Aktivität P1; Teilausschnitt für die Prüfanmerkung zur Positionierung

- geprüft (String-Attribut <sGeprüft>)
- gleichgestellt (String-Attribut <sGleichgestellt>)
- in Arbeit (String-Attribut <sInArbeit>)
- mit Prüfanmerkungen zurück (String-Attribut <sMitPrüfanmerkungenZurück>)
- nicht prüfbar (String-Attribut <sNichtPrüfbar>)
- vorgelegt (String-Attribut <sVorgelegt>)

Der Bearbeitungsstand hilft dem Aufsteller und dem Prüfer, aber auch weiteren Prozessbeteiligten, nachzuvollziehen, ob eine Aktivität neu zu bearbeiten ist, bereits geprüft wurde oder warum sie überarbeitet werden muss. Mithilfe der folgenden Attributsätze lassen sich die Attribute in den Formularen ansteuern:

Listing 5.10: Attributsätze für den Bearbeitungsstand als Dropdown-Liste im Statikportal zwischen Aufsteller und Prüfer

```

1 // Aktivitaet 51 Positionierung
2 <Datenmodell01.Datenmodell154.M51_Positionierung.kpBearbeitungsstand.
   {sErstellt;sGeprüft;sGleichgestellt;sInArbeit;sNichtPrüfbar;sMitPrüfanmerkungenZurück;
   sVorgelegt}>
3 // Aktivitaet 52 Vorbemerkung
4 <Datenmodell01.Datenmodell154.M52_Vorbemerkungen.kpBearbeitungsstand.
   {sErstellt;sGeprüft;sGleichgestellt;sInArbeit;sNichtPrüfbar;sMitPrüfanmerkungenZurück;
   sVorgelegt}>
5 // Aktivitaet 53 Globale Enwirkungen

```

```

6   <Datenmodell01.Datenmodell154.M53_GlobaleEinwirkungen.kpBearbeitungsstand.
      {sErstellt;sGeprüft;sGleichgestellt;sInArbeit;sNichtPrufbar;sMitPrufanmerkungenZuruck;
      sVorgelegt}>
7   // Aktivitaet P1 Formelle Pruefung
8   <Datenmodell01.Datenmodell154.MP1_FormellePruefung.kpBearbeitungsstand.
      {sErstellt;sGeprüft;sGleichgestellt;sInArbeit;sNichtPrufbar;sMitPrufanmerkungenZuruck;
      sVorgelegt}>

```

Damit der im Prozess generierte Kontext sich auch weiterhin in Papierform archivieren lässt, werden Dateiattribute (wie bspw. <uVorbemerkung>) hinzugefügt, die über das BIZAGI-Steuelement <Document template> aufgerufen, der Inhalt generiert und gespeichert wird (vgl. 5.2.3). Die im Prozess hinterlegten Templates und die Migration der Fremdsysteme mit dem Statikportal sind im Anhang A.5.1.1 dargestellt. Die Attribute lassen sich über die folgenden Sätze ansprechen:

Listing 5.11: Attributsätze zur Generierung von Prozessinhalten als PDF-Datei

```

1   // Projekt-Metadaten der Aktivitaet 20 als PDF-Datei generieren
2   <Datenmodell01.M51_Vorbemerkung.uMetadaten>
3   // Vorbemerkung der Aktivitaet 51 als PDF-Datei generieren
4   <Datenmodell01.M51_Vorbemerkung.uVorbemerkung>
5   // Positionsliste der Aktivitaet 52 als PDF-Datei generieren
6   <Datenmodell01.M52_Positionierung.uPositionsliste>
7   // Globale Einwirkungen der Aktivitaet 53 als PDF-Datei generieren
8   <Datenmodell01.M53_GlobaleEinwirkung.uGlobaleEinwirkung>
9   // Pruefanmerkungen der Aktivitaet P1 als PDF-Datei generieren
10  <Datenmodell01.MP1_FormellePruefung.uFormellePruefung>

```

Über die dargestellten Schaltflächen (vgl. Abbildung 5.18 und 5.19) werden die eingegebenen Inhalte entweder durch den Button <Save> im Scopes (vgl. Kapitel 5.2.2) gespeichert, oder die Aktivität wird über den Button <Next> im Datenmodell-01 gespeichert und die nächste Aktivität wird aufgerufen. Eine vollständige tabellarische Übersicht über die Entitäten und deren Inhalte sind dem Anhang A.4.1 zu entnehmen. Im Anhang A.5.1 sind die Templates und Formulare abgebildet, die dem Hauptprozess-01 zugrunde liegen.

5.3.1.3 Geschäftsregeln

Für eine Interaktion der End-User mit dem Statikportal ist es teilweise erforderlich, Ausdrücke zu hinterlegen, die sich nicht auf kontextualisierte Informationen beziehen, um bspw. das aktuelle Datum im Prozess anzuzeigen oder unterschiedliche (nicht planmäßige) Aktivitäten miteinander zu verbinden. Wie bereits im Kapitel 5.3.1.1 beschrieben, hat der End-User zu Beginn des Projektes die Wahl, das Projekt anzulegen oder es abzubrechen. Nach dem Generieren des Projektes über die Schaltfläche <Create> (vgl. Abbildung) 5.21 wird der End-User zur Eingabemaske für die Projektmetadaten geführt. In dieser Maske besteht die Möglichkeit, das Projekt abzubrechen (siehe rechte Bildschirmmaske des Statikportals in Abbildung 5.45). Durch das Anklicken der Schaltfläche „Projekt abbrechen“, gelangt der End-User über den im System hinterlegten Ausdruck <SetEvent2CancelProcess> zu dem gleichnamigen Zwischenstartereignis (Event), indem er darüber informiert wird, dass das Projekt abgebrochen wird, sobald er auf die Schaltfläche <Next> klickt (vgl. Abbildung 5.22). Die im System hinterlegte Syntax, des Ausdrucks <SetEvent2CancelProcess>, ist im Listing 5.12 dargestellt.

Listing 5.12: Syntax für die Weiterleitung zum Event „Projekt abbrechen“

```

1   // Beim Anlegen eines Projektes kann das Projekt jederzeit abgebrochen werden

```

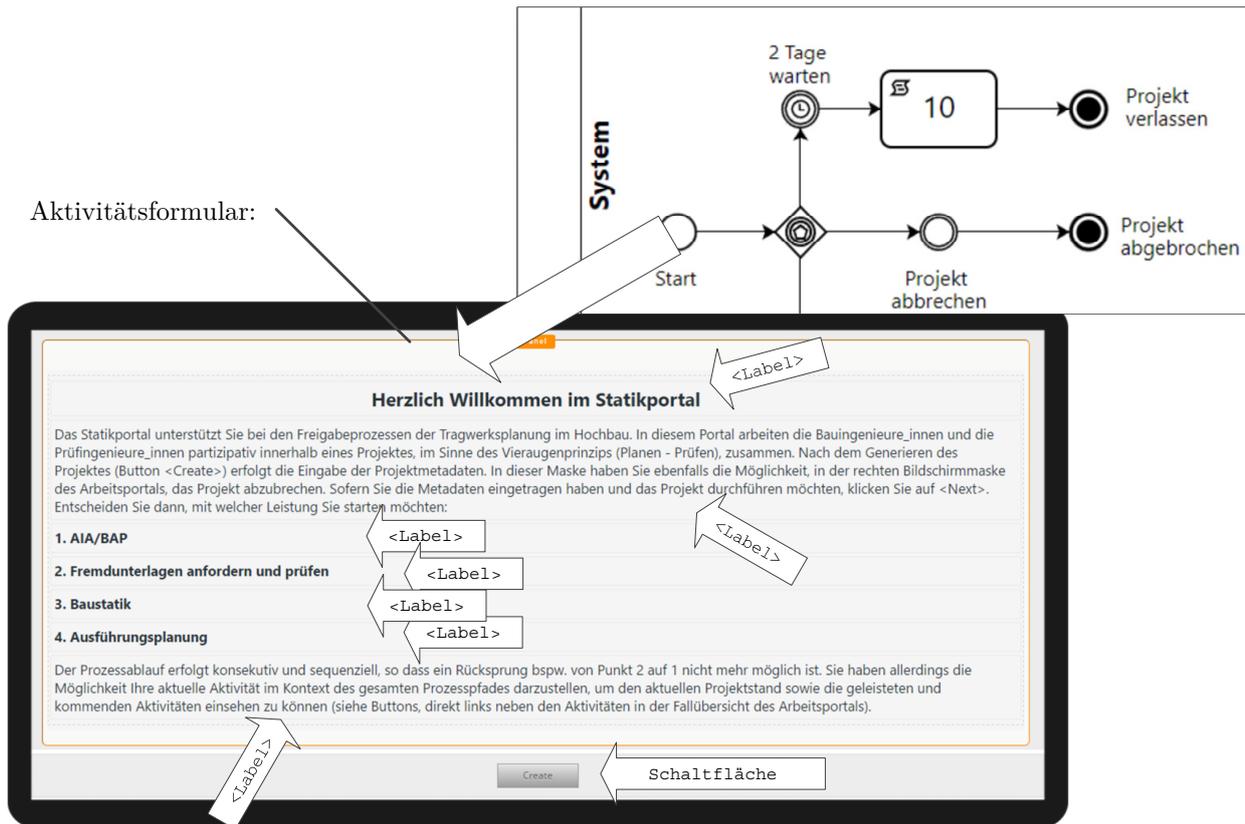


Abbildung 5.21: Aktivitätsformular für das Startereignis im Hauptprozess-01

```

2 // Wenn auf die Schaltflaeche <Projekt abbrechen> geklickt wird, erfolgt die
  Verlinkung zum Event <Projekt abbrechen>
3 if(Datenmodell01.bProjektAbbrechen)==true)
4 {
5     CHelper.setEvent(Me,Me.Case.Id,"Projekt abbrechen",null);
6 }

```

Das im Listing 5.12 enthaltene BIZAGI-Objekt `<CHelper>` enthält eine Gruppe von Funktionen, die sich darauf beziehen, Operationen auszuführen oder Informationen abzurufen, die sich auf nicht-kontextualisierte Informationen beziehen. Unter nicht-kontextualisiert sind Funktionen zu verstehen, die sich nicht ausschließlich auf einen Fall oder ein BPMN-Element beziehen, durch die eine Regel ausgeführt wird. Die `<setEvent>`-Funktion verlinkt im obigen Fall das Startereignis mit dem Zwischenereignis „Projekt abbrechen“. Weiterhin kann die `<setEvent>`-Funktion verwendet werden, um Ausdrücke zu bedienen, die sich bspw. auf Schaltflächen beziehen, um ein Zwischenereignis im aktuellen oder einem externen Prozess auszuführen. Die Hauptparameter dieser Funktion sind:

- **Case.Id:** Identifikationsnummer des Falls, in dem das Ereignis ausgelöst wird
- **Ereignisname:** Name des auszuführenden Ereignisses (bspw. „Projekt abbrechen“)
- **Me und null:** statische Parameter

Durch den Ausdruck `<if (Datenmodell01.bProjektAbbrechen)==true>` (vgl. Listing 5.12) überprüft BIZAGI, ob es erforderlich ist, das Startereignis mit dem Zwischenereignis zu verlinken. Wenn der End-User auf das boolesche Attribut `<bProjektAbbrechen>` klickt, setzt die Person den Ausdruck auf „wahr“ (`true`) und die Verlinkung wird aktiviert. Damit der Prozess nun abgebrochen und vom

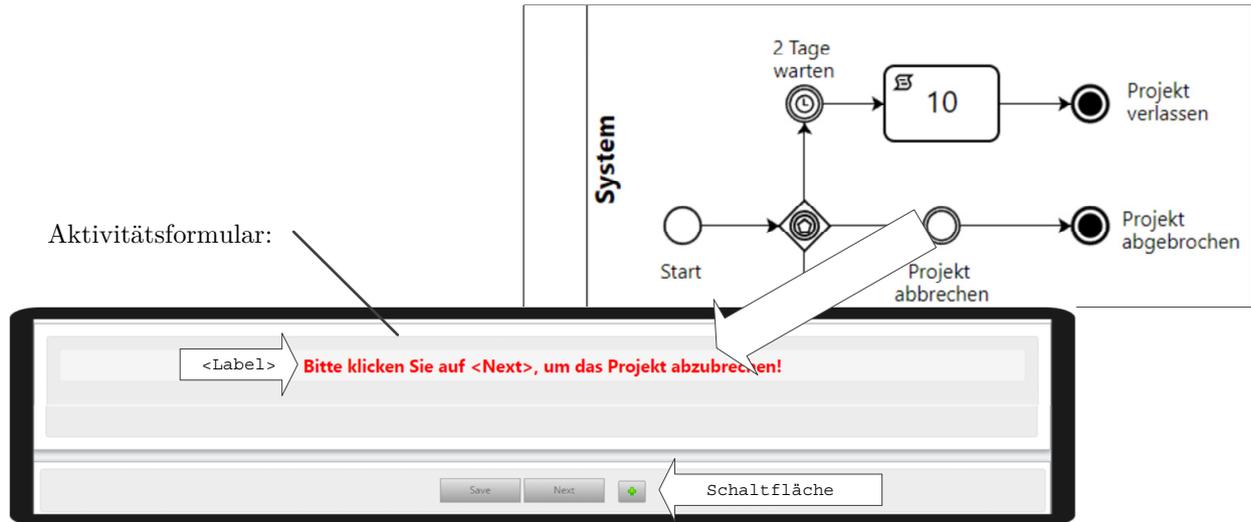


Abbildung 5.22: Aktivitätsformular für das Zwischenereignis „Projekt abbrechen“ im Hauptprozess-01

Datenträger gelöscht werden kann, ist ein weiterer Ausdruck zu hinterlegen, der dem entsprechenden BPMN-Element (Zwischenstartereignis „Projekt abbrechen“ und der Skript-Aktivität 10) direkt zugeordnet wird. Die Syntax des Ausdrucks `<ProjektAbbrechen>` wird analog zur Abbildung 5.23 in BIZAGI implementiert und ist im folgenden Listing 5.13 dargestellt:

Listing 5.13: Ausdruck `<ProjektAbbrechen>` für den systeminternen Prozessabbruch

```
1 CHelper.abortProcess(Me, Me.Case.Id, 1, "System Failure");
```

Die `<abortProcess>`-Funktion storniert aktive Fälle. Die Hauptparameter dieser Funktion sind:

- **Me:** Dieser Parameter ist fest
- **CaseId:** ID für den zu stornierenden Fall
- **AbortOption:** Die Art der Operation, die ausgeführt werden soll:
 - 1: Abbruch des Prozesses und seiner Kinder
 - 2: Abbruch des Prozesses, seiner Kinder, Eltern und Geschwister
 - 3: Abbruch des Elternprozesses, seiner Geschwister und Kinder, mit Ausnahme des als Parameter empfangenen Prozesses
- **AbortReason:** Eine Zeichenfolge für den Grund des Abbruchs (Standardmäßig: „System Failure“)

Durch das Anklicken auf die Schaltfläche `<Create>`, in Abbildung 5.21, werden die Aktivitäten des Projektes instanziiert und die Aktivität 20 zur Bearbeitung bereitgestellt. Wie in der Abbildung 5.17 ersichtlich, erfolgt nun die Eingabe der Projekt-Metadaten. Damit das aktuelle Datum in den Aktivitäten automatisch angezeigt wird (vgl. bspw. Abbildung 5.18 `<dProjektangelegtam>`), sind weitere Ausdrücke mit der `<DateTime.Today>`-Funktion zu hinterlegen, die im nachfolgenden Listing 5.14 für die erforderlichen Aktivitäten 20, 51, 52, 53 und P1 dargestellt sind.

Listing 5.14: Syntax für das Hinzufügen des aktuellen Datums im Statikportal für den Hauptprozess-01

```
1 // M20_SetDateAndTime fuer Aktivitaet 20
2 <Datenmodell01.dProjektangelegtam> = DateTime.Today;
```

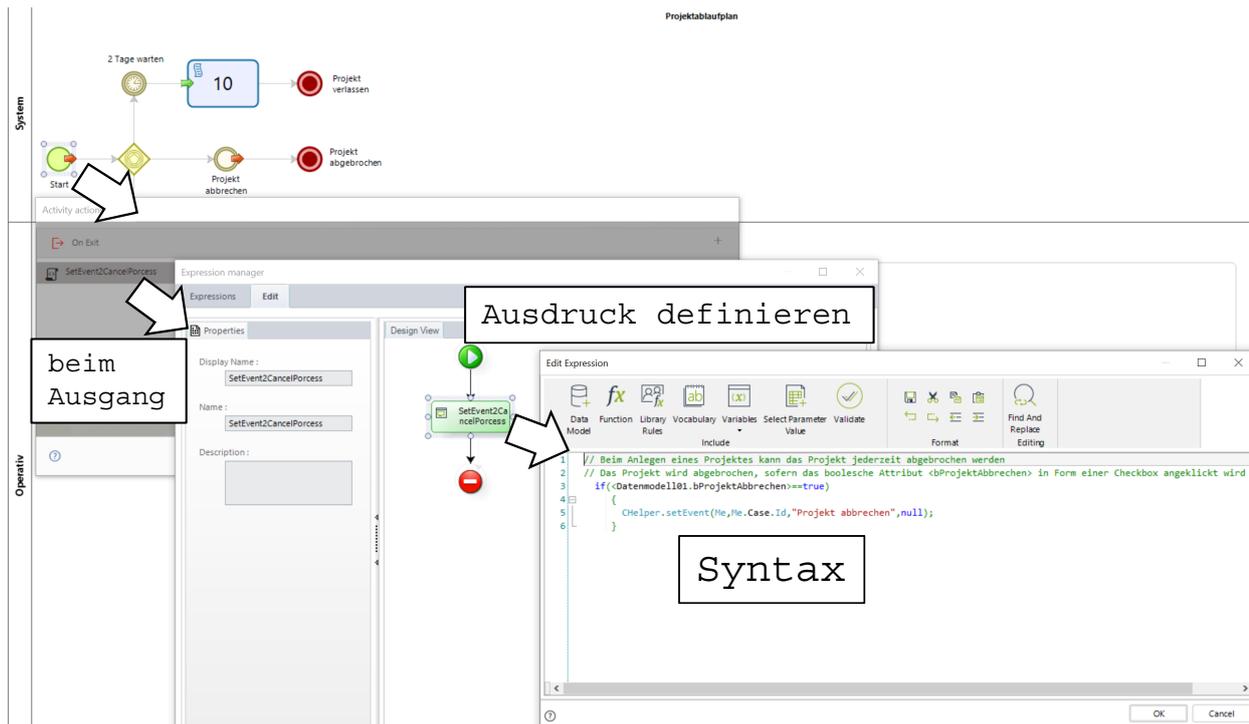


Abbildung 5.23: Auszug aus dem BIZAGI-Prozessassistenten „Activity actions“ zur Implementierung des Ausdrucks <SetEvent2CancelProcess>, um aus dem Statikportal heraus das Zwischenstartereignis „Projekt abbrechen“ anzusteuern

```

3 // M51_SetDateAndTime fuer Aktivitaet 51
4 <Datenmodell01.M51_Vorbemerkungen.dAktuellesDatumM51> = DateTime.Today;
5 // M52_SetDateAndTime fuer Aktivitaet 52
6 <Datenmodell01.M52_Positionierung.dAktuellesDatumM52> = DateTime.Today;
7 // M53_SetDateAndTime fuer Aktivitaet 53
8 <Datenmodell01.M53_GlobaleEinwirkung.dAktuellesDatumM53> = DateTime.Today;
9 // MP1_SetDateAndTime fuer Aktivitaet P1
10 <Datenmodell01.MP1_FormellePruefung.dAktuellesDatumMP1> = DateTime.Today;

```

Anders als in der Abbildung 5.23 dargestellt, werden diese Ausdrücke beim Eingang einer Aktivität hinterlegt, um das aktuelle Datum dem End-User bereits beim Öffnen darzustellen. Das implementierte Datum wird über den entsprechenden Attributsatz des Listing 5.14 im Datenmodell-01 gespeichert.

Die Abbildung 5.24 zeigt die Entscheidungspunkte (engl. Gateway), die den Prozesspfad unter bestimmten Bedingungen verändern. Je nachdem, welche Entscheidung der End-User in den Aktivitäten trifft, wird ein vorab definierter Prozesspfad verfolgt. Die Bedingungen werden, wie in Abbildung 5.12 bereits erläutert, über boolesche-Attribute festgelegt, die in den Formularen hinterlegt sind und von der Datenbasis abgerufen werden. Nach der Aktivität 20 werden die möglichen Prozesspfade dem End-User, über das inklusive Gateway (Divergenzelement), systemintern bereitgestellt (vgl. Abbildung 5.57 (a)). Somit sind für Divergenzelemente keine XPath-Ausdrücke zu hinterlegen. Für alle anderen Gateways erfolgt die Implementierung der XPath-Ausdrücke anhand der Darstellung in Abbildung 5.12. Die entsprechenden Ausdrücke sind im folgenden Listing 5.15 ersichtlich:

Listing 5.15: XPath-Ausdrücke zur Spezifizierung der Prozesspfade im Hauptprozess01

```

1 // XPath nach Aktivitaet 50

```

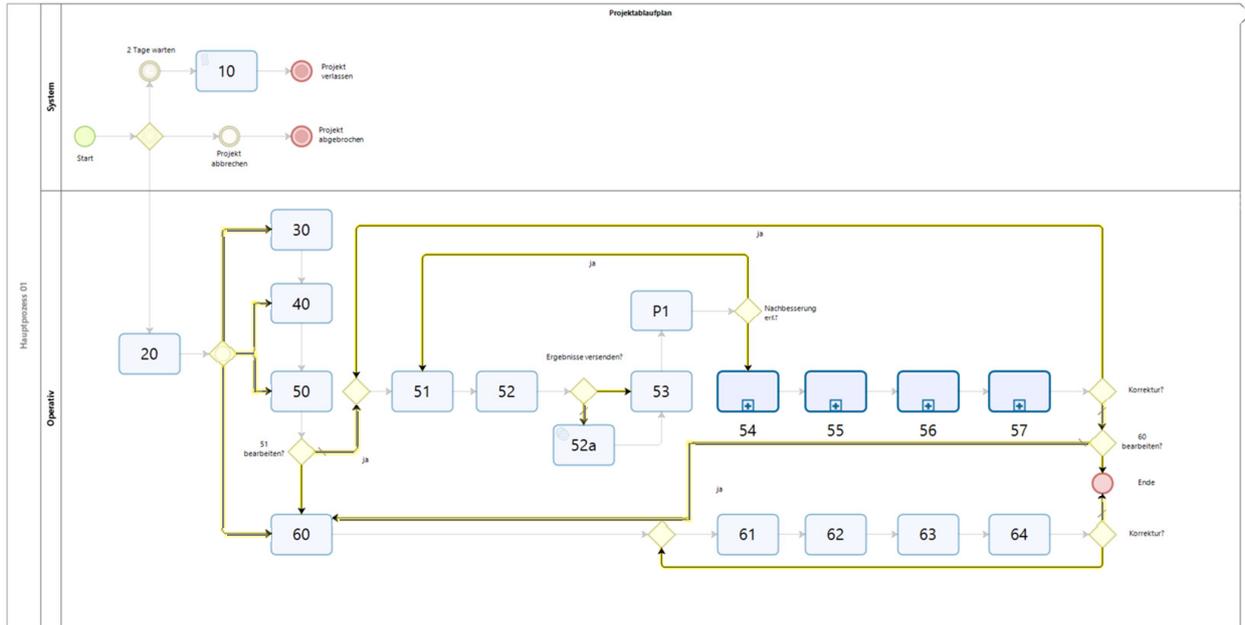


Abbildung 5.24: Auszug aus dem BIZAGI-Prozessassistenten „Define expressions“ zur Darstellung der zu konfigurierenden Prozesspfade mittels XPath-Ausdrücke im Hauptprozess-01

```

2 <Datenmodell01.M50_StatikOderAusfuhrungspl.bStatik> == false;
3 // XPath nach Aktivitaet 52
4 <Datenmodell01.M52_Positionierung.bUnterlagenVersenden> == false;
5 // XPath nach Aktivitaet P1
6 <Datenmodell01.MP1_FormellePruefung.kmStatus.bFormellePruefung> == true;
7 // XPath nach Aktivitaet 57
8 <Datenmodell01.bKorrekturGesamtprozess> == true;
9 // XPath nach XO-Gateway <Korrektur>
10 <Datenmodell01.Datenmodell157.MA180b_weitereGrundungsbauteile.bProjektBeenden> == true;
11 // XPath nach Aktivitaet 64 (nicht Bestandteil dieser Arbeit)
12 <Datenmodell01.bTestAusfuhrungsplKorrektur> == true;

```

In der Service-Aktivität 52a „Nachgebesserte Positionierung“ wird automatisch eine E-Mail an die Prozessbeteiligten versendet, wenn der End-User in der Aktivität 52, im Zuge eines Prüfrücklaufs, die Unterlagen erneut versenden möchte (`bUnterlagenVersenden == true`) (vgl. Abbildung 5.19). Die Einbindung von E-Mails in den Prozessablauf erfolgt ebenfalls im BIZAGI-Prozessassistenten „Activity actions“, wie in der Abbildung 5.25 dargestellt. Adressiert wird die E-Mail an alle Prozessbeteiligten, über die im Statikportal eingetragenen Email-Adressen. Über die System-Entität `<CaseNumber>` wird auf die betreffende Fallnummer des Statikportals verwiesen. Der textliche Inhalt und die Adressen sind im Listing 5.16 beispielhaft dargestellt.

Listing 5.16: Fallbeispiel für das Versenden einer Systemnachricht in der Service-Aktivität 52a

```

1 // Email-Adressen
2 <Datenmodell01.sBauherrEmail>; <Datenmodell01.sProjektleiterEmail>;
   <Datenmodell01.sPrueferEmail>; <Datenmodell01.sSachbearbeiterEmail>
3 // Text der Betreffzeile
4 <<Statikportal Systemnachricht Fall <CaseNumber>: Neue Positionierung>>
5 // Text der Email
6 <<Sehr geehrte Damen und Herren,

```

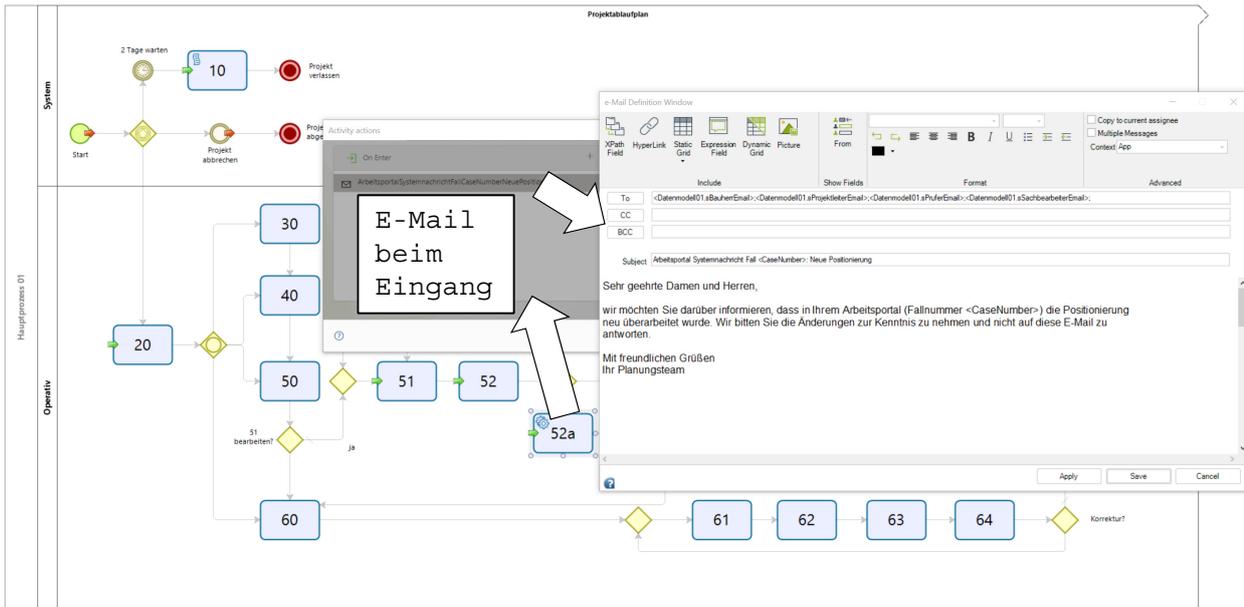


Abbildung 5.25: Auszug aus dem BIZAGI-Prozessassistenten „Activity actions“ zur Darstellung der Konfiguration einer Systemnachricht in der Service-Aktivität 52a

7
 8 wir moechten Sie darueber informieren, dass in Ihrem Statikportal (Fallnummer
 <CaseNumber>) die Positionierung neu ueberarbeitet wurde. Wir bitten Sie, die
 Aenderungen zur Kenntnis zu nehmen und nicht auf diese E-Mail zu antworten.
 9
 10 Mit freundlichen Gruessen
 11 Ihr Planungsteam>>

5.3.2 Statische Bemessung des Dachtragwerks

In diesem Kapitel erfolgt die Digitalisierung des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen für das Dachtragwerk.

5.3.2.1 Teilprozess-54

Der Teilprozess-54 steuert im Statikportal die zeit-sachlogischen Abfolgen der statischen Bemessung und deren Prüfungen für die Ebene „Dachtragwerk“ (vgl. Tabelle 5.1). In diesem Teilprozess werden die Ergebnisse der statischen Bemessung für die Positionen 1.01 bis 2.02 digitalisiert. Die Prozesslogik basiert auf dem im Kapitel 5.2.1.1 beschriebenen Muster für strukturierte Prozesse, da im Dachtragwerk alle Bauteile bekannt und Individualentscheidungen nicht zu erwarten sind. Die Abbildung 5.26 zeigt das Prozessmodell, das aus insgesamt 5 aneinander geketteten Mustern, zwei Swimlanes («Aufsteller» und «Prüfer»), 10 User-Aktivitäten (A10 bis A50 und P10 bis P50) und 5 Service-Aktivitäten (P11 bis P51) besteht. In der Tabelle 5.4 sind die Namen und Tätigkeitsbeschreibungen für den Teilprozess-54 zusammengefasst.

Gestartet wird der Prozess in der Swimlane «Aufsteller». In den darauffolgenden Aktivitäten werden die Endergebnisse der vorab manuell zu bearbeitenden statischen Bemessung der Pos-Nr. 1.01 Sparren (Aktivität A10), Pos-Nr. 1.02 Wechsel (Aktivität A20), Pos-Nr. 1.03 Windrispenbänder und Beihölzer (Aktivität A30), Pos-Nr. 2.01 Firstpfette (Aktivität A40) und Pos-Nr. 2.02 Fußpfetten

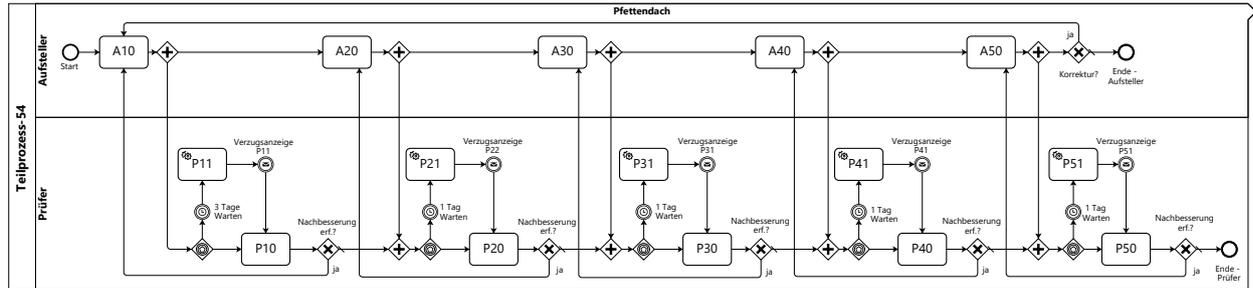


Abbildung 5.26: Technischer Teilprozess-54 für die statische Bemessung des Dachtragwerks

Tabelle 5.4: Aktivitäten im Teilprozess-54 - Name und Tätigkeitsbeschreibung

Nr.	Name	Tätigkeitsbeschreibung
A10	Sparren	Sparrenbemessung (Pos-Nr. 1.01)
P10	Prüfung Sparren	Prüfung Pos-Nr. 1.01
P11	Verzugsmeldung P11	Systemnachricht
A20	Wechsel	Wechselbemessung (Pos-Nr. 1.02)
P20	Prüfung Wechsel	Prüfung Pos-Nr. 1.02
P21	Verzugsmeldung P21	Systemnachricht
A30	Windrispenbänder	Windrispenbandbemessung (Pos-Nr. 1.03)
P30	Prüfung Windrispenbänder	Prüfung Pos-Nr. 1.03
P31	Verzugsmeldung P31	Systemnachricht
A40	Firstpfette	Firstpfettenbemessung (Pos-Nr. 2.01)
P40	Prüfung Firstpfette	Prüfung Pos-Nr. 2.01
P41	Verzugsmeldung P41	Systemnachricht
A50	Fußpfette	Fußpfettenbemessung (Pos-Nr. 2.02)
P50	Prüfung Fußpfette	Prüfung Pos-Nr. 2.02
P51	Verzugsmeldung P51	Systemnachricht

(Aktivität A50) vom End-User eingetragen. Nach Abschluss einer Aktivität werden die Ergebnisse der Bauteilbemessungen, wie bereits im Kapitel 5.2 geschildert, über die Parallelen-Gateways automatisch an den zuständigen Prüfer zur Prüfung eingereicht und die nächste Aktivität wird gestartet. Der Aufsteller kann den Teilprozess-54 nach der Aktivität A50 ohne Unterbrechung verlassen und mit dem Hauptprozess-01 fortfahren oder Korrekturen vornehmen. Eine Korrektur des Aufstellers hätte zur Folge, dass der gesamte Aufstell- und Prüfprozess für das Dachtragwerk mit der bereits bestehenden Datenbasis erneut durchlaufen wird. Der Prozess ist für den Aufsteller beendet, sofern er die Aktivität A50 abgeschlossen hat, keine Aufforderungen zur Nachbesserung vorhanden und interne Korrekturen nicht erforderlich sind.

In der Swimlane «Prüfer», der Abbildung 5.26, werden die eingereichten Ergebnisse vom zuständigen Prüfer geprüft. Nachdem die Unterlagen erstmals eingereicht wurden, hat der Prüfer drei Tage Zeit, um mit der Prüfung der Sparren (Aktivität P10) zu beginnen. Anderenfalls wird automatisch eine E-Mail über eine Verzugsmeldung verfasst (vgl. Aktivität P11) und an die projektbeteiligten Akteure versendet (vgl. Nachrichtenereignis „Verzugsanzeige P11“) (vgl. Kapitel 5.2.1.1). Sobald das Projekt angelaufen ist, wird in der Folge für den Beginn der Prüfungen (P20 bis P50) lediglich ein Tag Wartezeit eingeräumt, da längere Einarbeitungszeiten nicht zu erwarten sind. Insgesamt werden im Prozess somit 7 Tage Wartezeit als Kulanz berücksichtigt, die in dieser Arbeit willkürlich gewählt und projektspezifisch vom Prozessverantwortlichen anzupassen sind. Nach den jeweiligen Aktivitäten

„Prüfung Windrispenbänder“ (Aktivität P20), „Prüfung Wechsel“ (Aktivität P30) und „Prüfung Firstpfette“ (Aktivität P40) können Nachbesserungen vom Prüfer eingefordert oder die nächste Aktivität begonnen werden, sofern die Aktivitäten durch das Parallel-Gateway vom Aufsteller zur Verfügung gestellt wurden. Der Prozess ist für den Prüfer beendet, sobald alle statisch relevanten Unterlagen des Dachtragwerks geprüft, die Prüfberichte gefertigt und die Aktivität P50 „Prüfung Fußpfette“ ohne Aufforderungen zur Nachbesserung beendet wurde.

5.3.2.2 Datenmodell und Formulare

Nachdem die formellen Inhalte freigegeben wurden, wird der Teilprozess-54 instanziiert, und die Aktivitäten zur Eingabe der materiellen Inhalte werden dem End-User zur Bearbeitung bereitgestellt. Der Kontext, der innerhalb der Laufzeit des Teilprozesses-54 generiert wird, wird durch die Eingabe des End-Users in den Formularen generiert und von 24 Master-Entitäten, einer Parameter-Entität und der Prozess-Entität <Datenmodell101> im Datenmodell-54 gespeichert, strukturiert und zur weiteren Bearbeitung bereitgestellt (vgl. 5.27). Im Anhang A.4.2 sind die Entitäten, Attribute, Fremdschlüssel und deren Beziehungen zueinander (Relationen) des Datenmodells-54 ausführlich dargestellt. Die nachfolgend exemplarisch beschriebenen Formulare und Attributsätze der Aktivität A10 gelten sinngemäß für alle weiteren Aktivitäten des Aufstellers. Lediglich die Master-Entitäten ändern sich von Aktivität zu Aktivität, wie beispielhaft im Listing 5.17 ersichtlich. Die Formulanordnung des Statikportals richtet sich nach der inhaltlichen Strukturierung des integrierten Word-Templates (Bauteilinformationen, Lastannahmen, innere Kraftgrößen, Bemessung, Zusammenfassung der Position, Detailnachweise), das vielfach in der Berufspraxis eingesetzt wurde und im Anhang A.5.2 dargestellt ist.

Listing 5.17: Aktivitäten des Dachtragwerks – Beispielhafte Darstellung von Änderungen in den Attributsätzen des Teilprozesses-54

```
1 // Beispiel: Bearbeitungsstand der Aktivitaet A10
2 <Datenmodell01.Datenmodell154.MA10_Sparren.kpBearbeitungsstatus>
3 // Aenderung des Beispiels: Bearbeitungsstand der Aktivitaet A20
4 <Datenmodell01.Datenmodell154.MA20_Wechsel.kpBearbeitungsstatus>
```

Wie in der Abbildung 5.28 (a) exemplarisch ersichtlich, wird zu Beginn einer jeden Aktivität dargestellt, in welcher Aktivität sich der End-User befindet (bspw. Aktivität A10 Sparren), welches Arbeitspaket abzuarbeiten ist (statische Berechnung des Dachtragwerks), das aktuelle Datum und wie viel Zeit noch zur Verfügung steht, um die statische Bemessung des gesamten Dachtragwerks abzuschließen. Der Countdown wird über das gleichnamige BIZAGI-Widget „Countdown“ visuell bereitgestellt. Die Zeitschaltuhr bezieht sich auf den im Hauptprozess-01 angegebenen Fertigstellungstermin für das Dachtragwerk (vgl. Abbildung 5.20 <dFertigstellungStatikDacht>). Des Weiteren wird dem End-User der eigene Bearbeitungsstand und der Bearbeitungsstand der materiellen Prüfung angezeigt. Diese Informationen sind aus organisatorischer Sicht für Prüfrückläufe und für Vertretungspersonen hilfreich. Da eventuell der Fall eintreten kann, dass mehrere Aktivitäten gleichzeitig in der Fallübersicht des Statikportals angezeigt werden (vgl. 5.5), werden die Bearbeitungsstände im Tab-Container „Gesamtübersicht“ zusammengefasst (auf den im späteren Verlauf eingegangen wird).

Nach der aktuellen Übersicht und der Eingabe des Bearbeitungsstandes erfolgt im <Tab-Container> „Statische Position“ die Dokumentation der Bauteilbemessung. Wie in der Abbildung 5.28 (b) dargestellt, werden im <Group-Container> „Bauteilinformationen“ zunächst Positionsnummer <sPositionNummer> und -name <sPositionName> eingetragen. Anschließend wird beschrieben, welche tragende Funktion, die statische Position innerhalb des Gesamtgefüges der Tragwerksstruktur einnimmt <sPositionBeschreibung>. Sofern die BIM-Methode zur Anwendung kommt, sind das Gesamtsys-

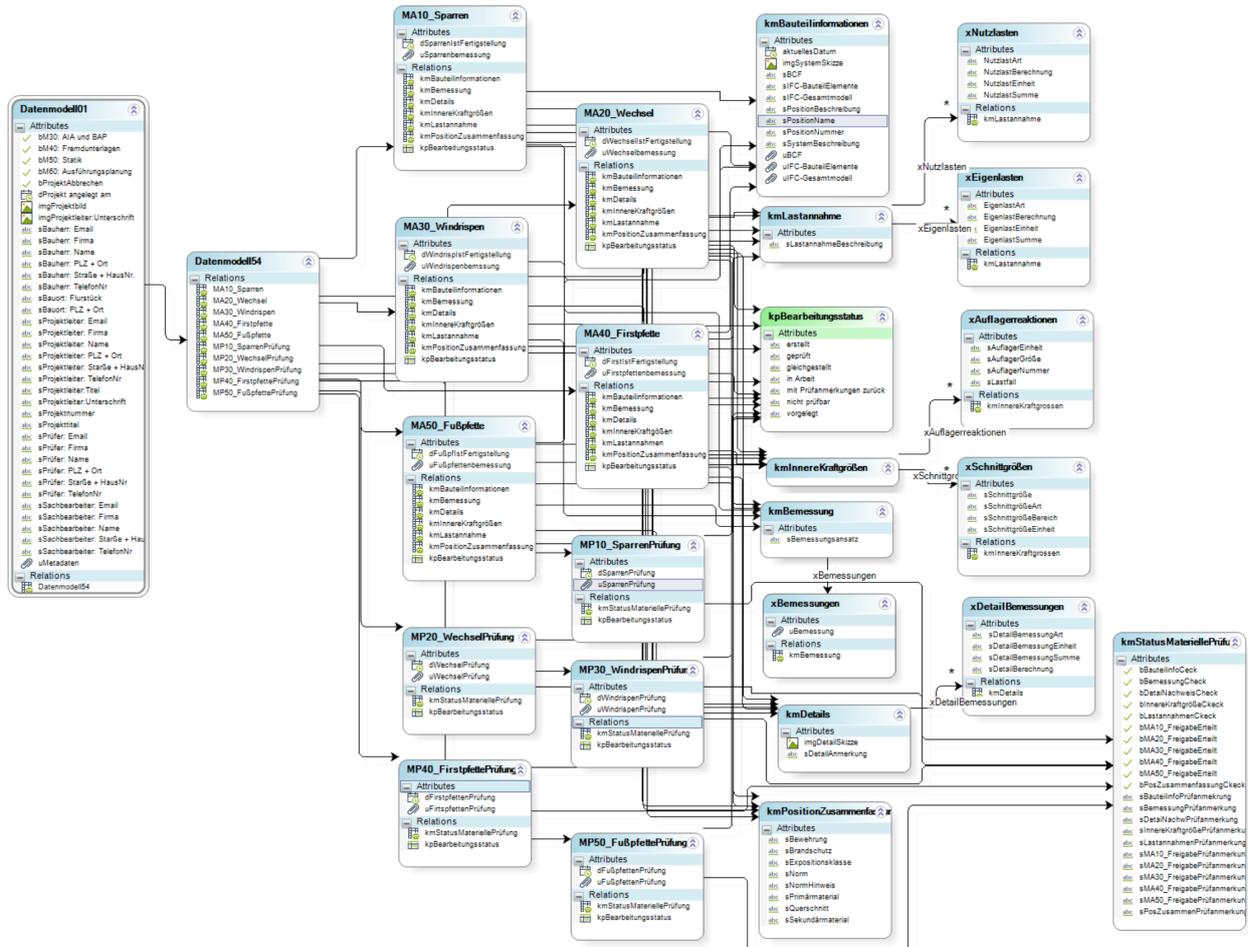
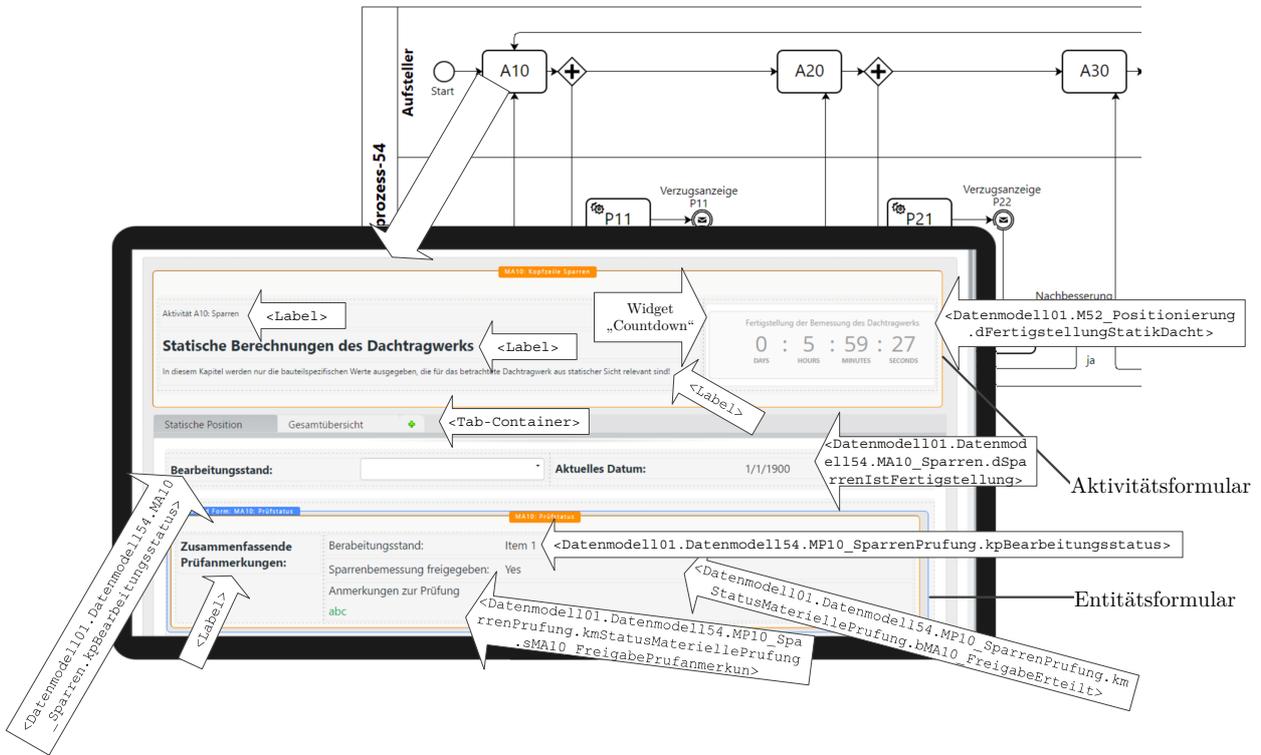


Abbildung 5.27: Datenmodell-54 für das Dachtragwerk

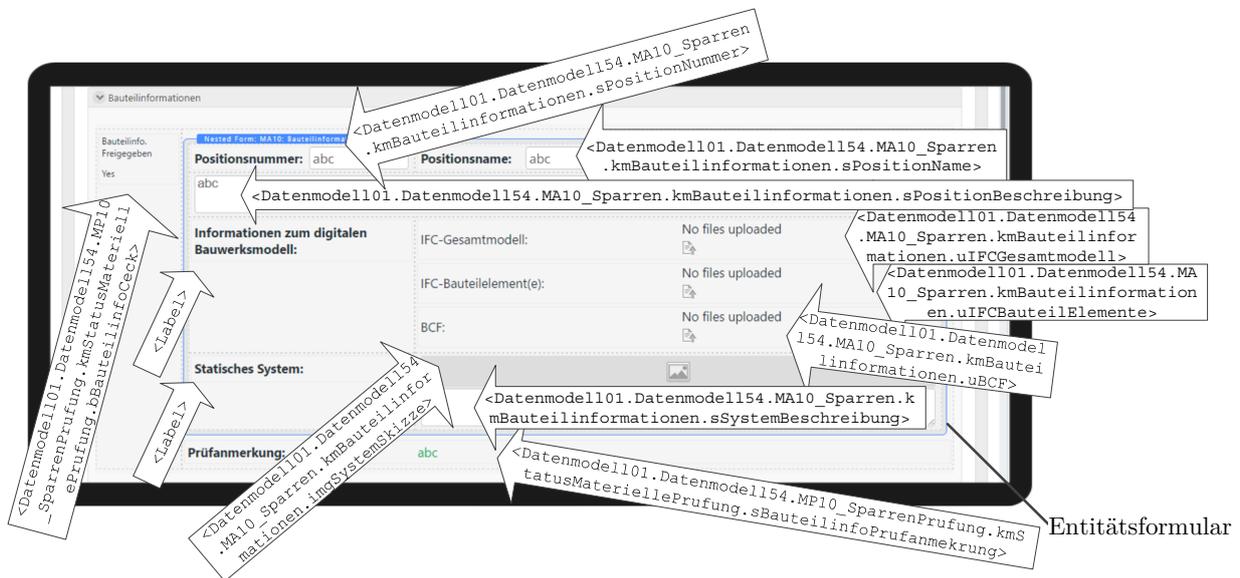
tem und das zu bemessende Objekt separat als IFC-Modelle im Statikportal hochzuladen. Zusätzlich zu den IFC-Modellen ist die zugehörige BCF-Datei anzufügen, um die Kommunikation von etwaigen Anmerkungen (bspw. zur konstruktiven Durchbildung oder zur Baubarkeit) direkt über das Bauwerksmodell führen zu können. Im nächsten Schritt erfolgt die Beschreibung des zugrunde gelegten statischen Systems `<sSystemBeschreibung>` und das Hochladen der Systemdarstellung `<imgSystemSkizze>`. In der Swimlane «Aufsteller» sind die Prüfanmerkung und die Freigabe der Bauteilinformation vom Aufsteller sichtbar, aber nicht veränderbar. Die Eingaben des Aufstellers werden in der Swimlane «Prüfer» wiederum dem Prüfer als nicht veränderbar dargestellt, wohingegen der Prüfer in seinem Verantwortungsbereich die sichtbaren Abschnitte freigeben oder ggf. Prüfanmerkungen hinzufügen kann (vgl. exemplarisch Abbildung 5.59 (a)).

Im Anschluss der zugrunde gelegten Bauteilinformationen erfolgt die Dokumentation der Bauteilbemessung, zunächst durch die Eingabe der Lastannahmen (vgl. Abbildung 5.29) und der inneren Kraftgrößen (vgl. Abbildung 5.30 (b)) nach den anerkannten Regeln der Technik. Die systeminterne Zuweisung von lastgebenden Auflagerreaktionen erfolgt von der Aktivität A10 „Sparren“ für die Aktivitäten A40 „Firstpfette“ und A50 „Fußpfette“ (vgl. Abbildung 5.32) durch die Integration der entsprechenden Entitätsformulare und Attributsätze, da die als Sparrenaufleger kausal von den Einflüssen der Sparren abhängig sind. Die lastgebenden Auflagerreaktionen werden, wie in Abbildung 5.32 dargestellt, an die lastnehmenden Bauteile übertragen.

Die Ergebnisse der softwaregestützten Bauteilanalyse werden als PDF-Datei mithilfe des BIZAGI-



(a)



(b)

Abbildung 5.28: Formular A10 – (a) Darstellung der Kopfzeile und Angaben zum Bearbeitungsstand; (b) Eingabefelder für die Beschreibung der statischen Position

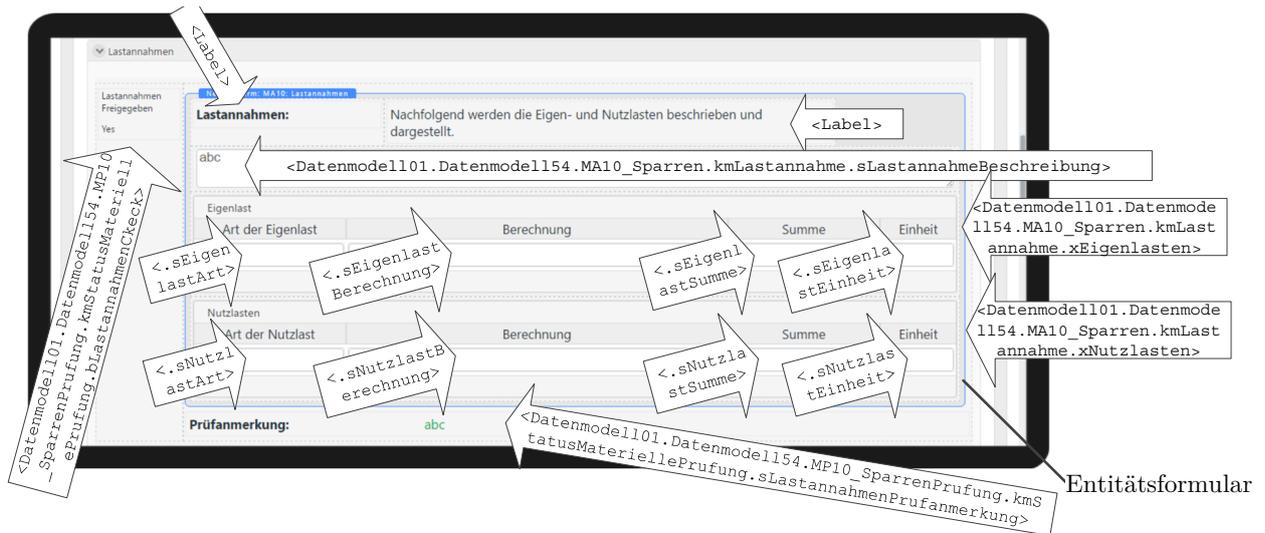
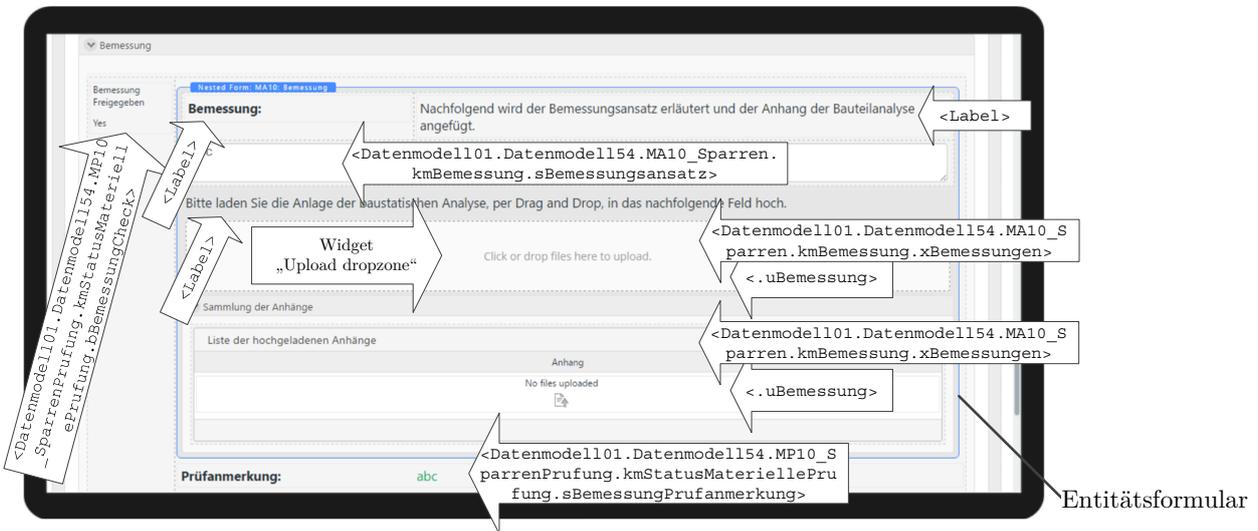


Abbildung 5.29: Formular A10 – Eingabefelder für die Eintragung der Lastannahme

Widgets „Upload dropzone“ per „ziehen und ablegen“ (engl. Drag-and-drop) dem Statikportal hinzugefügt und in der anschließenden Liste nicht veränderbar dargestellt (vgl. Abbildung 5.30 (b)). Die Zusammenfassung der Bauteilbemessung wird im <Group-Container> „Zusammenfassende Position“ dargestellt (vgl. Abbildung 5.31 (a)). Da neben Holz- und Stahlwerkstoffen auch Stahlbeton zur Ausführung kommen kann, sind weitere Eingabefelder zur Expositionsklasse und Bewehrung hinzugefügt. Das in Abbildung 5.31 (a) dargestellte Primär- und Sekundärmaterial ist nicht zu verwechseln mit den Primär- und Sekundärrohstoffen der Kreislaufwirtschaft. Das Primärmaterial bezieht sich auf das Haupt-Tragmaterial des betrachteten Bauteils (bspw. Holzfestigkeitsklasse NH C24 oder Betonfestigkeitsklasse C 30/37) und das Sekundärmaterial auf das im oder am Bauteil befindenden untergeordneten Tragmaterial (bspw. Betonstahl BSt 500 S+M oder GEKA-Dübel Typ C10 mit Bolzen M16-4.6). Abschließend können Detailnachweise hinzugefügt und die erzielten Ergebnisse über die generierte PDF-Datei ausgedruckt werden (vgl. Abbildung 5.31 (b)).

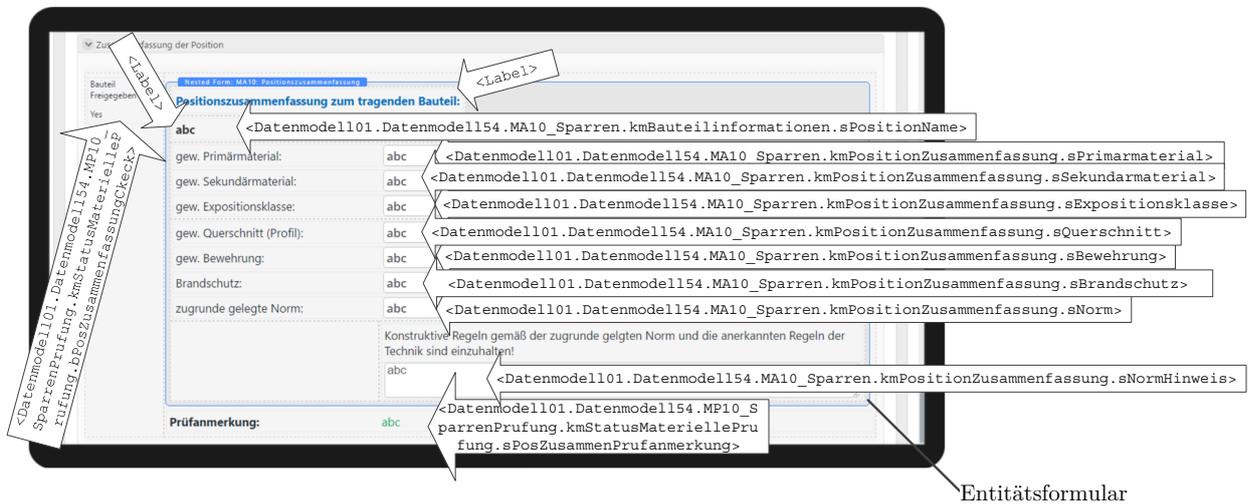


(a)

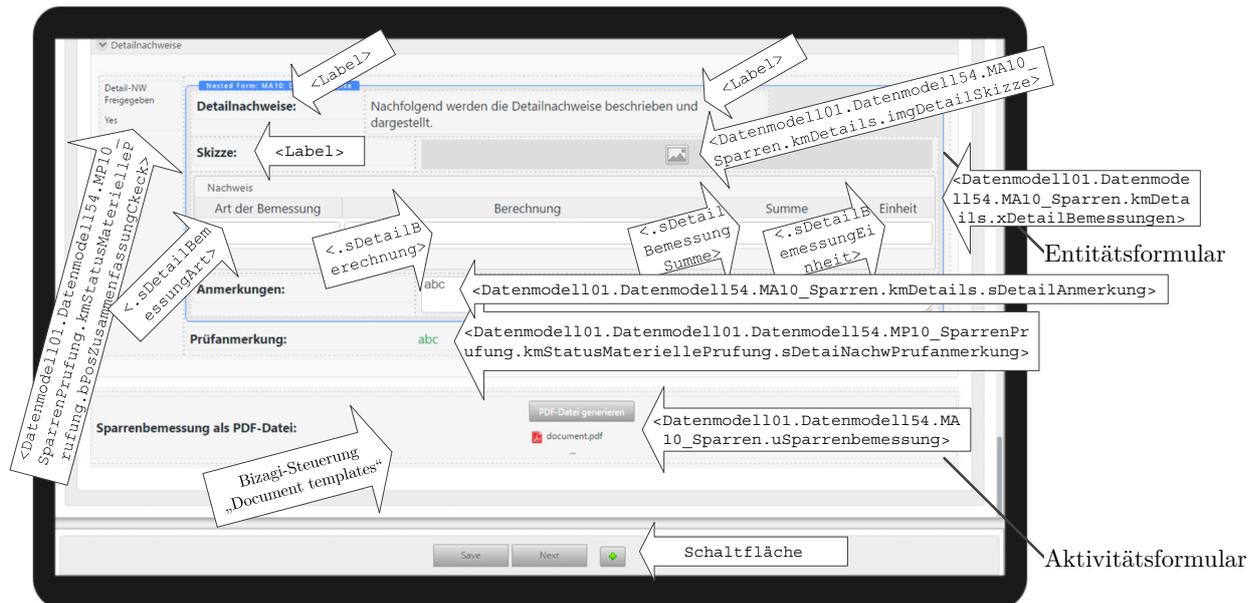


(b)

Abbildung 5.30: Formular A10 – (a) Eingabefelder für die Schnittgrößen und Auflagerreaktionen; (b) Eingabefelder für den Anhang der softwaregestützten Bauteilanalyse



(a)



(b)

Abbildung 5.31: Formular A10 – (a) Eingabefelder für die Zusammenfassung der Bauteilbemessung; (b) Eingabefelder für die Detailnachweise

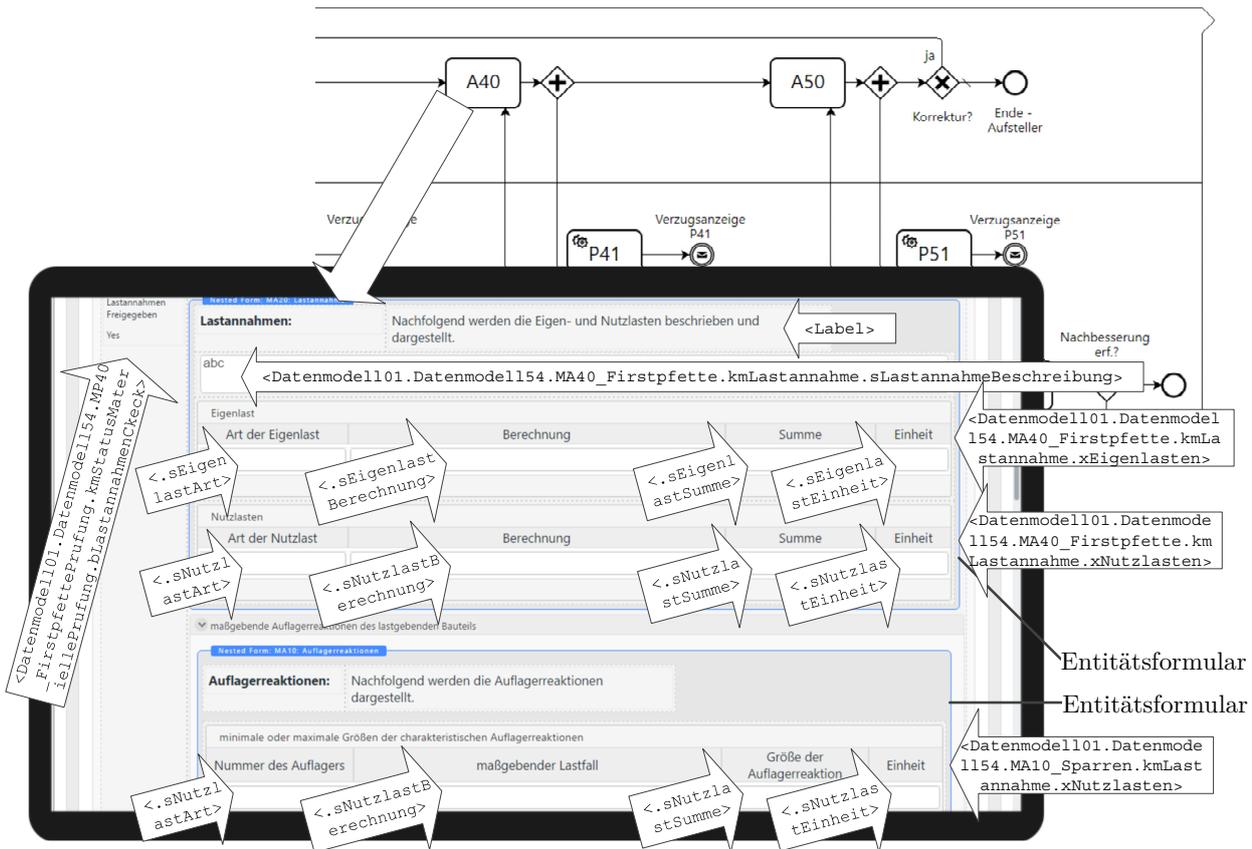


Abbildung 5.32: Formular A40 – Eingabefelder für die Lastannahme, inkl. der lastgebenden Auflagerreaktionen

Im <Tab-Container> „Gesamtübersicht“ wird der generierte Kontext – statische Berechnungen & IST-Fertigstellung, Freigaben & Prüfanmerkungen, aktueller Bearbeitungsstand, Positionspläne & Positionsliste und Fremdunterlagen – jederzeit abrufbar dargestellt. Die Gesamtübersicht ist in jeder Aktivität enthalten und wird durch den Kontext einer beendeten Aktivität angereichert. Wie in der Abbildung 5.33 (a) ersichtlich, erfolgt zunächst eine Übersicht über das aktuell zu bemessende Bauteil (dunkelgrün dargestellt) und den darauf folgenden Bauteilen (hellgrün dargestellt). Die Eingabe erfolgt in BIZAGI durch eine manuelle Eintragung der entsprechenden Bauteilnamen, mit der Angabe der dunkelgrün zu hinterlegenden Farbdarstellung (im dargestellten Fall wäre die Wahl der Prozessphase „Sparren“ mit „1“ zu kennzeichnen). Im Anschluss an die Prozessphasendarstellung werden die Kontaktdaten (vgl. Abbildung A.15), die Unterlagen der Entwurfsverfasserin (vgl. Abbildung A.16 (b)) sowie die Positionspläne und die aktuelle Positionsliste (vgl. Abbildung A.19 (c)) dargestellt. Die Entitätsformulare für Positionspläne und -liste sowie für die Unterlagen der Entwurfsplanung werden dem Aufsteller veränderbar bereitgestellt, um Änderungen im Falle von Nachträgen jederzeit vornehmen zu können.

Wie in der Abbildung 5.33 (b) ersichtlich, werden im <Group-Container> „Inhalte der formellen Prüfung“ die Dokumente und IST-Fertigstellungstermine dargestellt, die während der formellen Prüfung generiert wurden (vgl. bspw. <uVorbemerkung> in Listing 5.11). Weiterhin geht aus der Abbildung 5.33 (b) hervor, dass im <Group-Container> „Bearbeitungsstand des Dachtragwerks“ die Pos-Nr., Bauteilnamen, Bearbeitungsstand, IST-Abgaben des Aufstellers, IST-Abgaben des Prüfers, die SOLL-Fertigstellung des Dachtragwerks und die generierten PDF-Dateien der statischen

Berechnung übersichtlich in Tabellenform dargestellt werden. Die im Kapitel 4 geforderten Anforderungen, für die übersichtliche Darstellung von Prozessinhalten im Statikportal (vgl. Abbildung 4.1), wurde somit in der Benutzungsschnittstelle <Tab-Container> „Gesamtübersicht“ umgesetzt. Die Darstellung und Handhabung der entsprechenden Webansicht wird im Kapitel 5.5 beschrieben. Im Anhang A.5.2 sind die Templates abgebildet, die dem Teilprozess-54 zugrunde liegen.

5.3.2.3 Geschäftsregeln

Die Geschäftsregeln des Teilprozesses⁵⁴ berücksichtigen die Einbindung des aktuellen Datums, die XPath-Ausdrücke für die Entscheidungspunkte der situationsabhängigen Prozesspfade und der Email-Integration. Die entsprechenden Ausdrücke werden analog zum Kapitel 5.3.1.2 im System implementiert. Nachfolgend wird lediglich die Syntax erläutert, die den BPMN-Elementen zugrunde liegen.

Das aktuelle Datum wird analog zum Kapitel 5.3.1.3 in den Formularen hinterlegt. Die Änderung der entsprechenden Syntax ist im nachfolgenden Listing 5.18 dargestellt. Für den Zeitpunkt zur Ausführung der Service-Aktivitäten P11 bis P51 ist keine weitere Konfiguration erforderlich, da sich der entsprechende Ausführungszeitpunkt auf die systeminterne IST-Übertragungszeit bezieht (vgl. Abbildung 5.47).

Listing 5.18: Syntax für das Hinzufügen des aktuellen Datums im Statikportal für den Teilprozess-54

```

1 // MA10_SetDateAndTime fuer Aktivitaet A10
2 <Datenmodell01.Datenmodell154.MA10_Sparren.dSparrenIstFertigstellung> = DateTime.Today;
3 // MA20_SetDateAndTime fuer Aktivitaet A20
4 <Datenmodell01.Datenmodell154.MA20_Wechsel.dWechselIstFertigstellung> = DateTime.Today;
5 ...
6 // MP10_SetDateAndTime fuer Aktivitaet P10
7 <Datenmodell01.Datenmodell154.MP10_SparrenPruefung.dSparrenPruefung> = DateTime.Today;
8 // M53_SetDateAndTime fuer Aktivitaet A40
9 <Datenmodell01.Datenmodell154.MP20_WechselPruefung.dWechselPruefung> = DateTime.Today;
10 ...

```

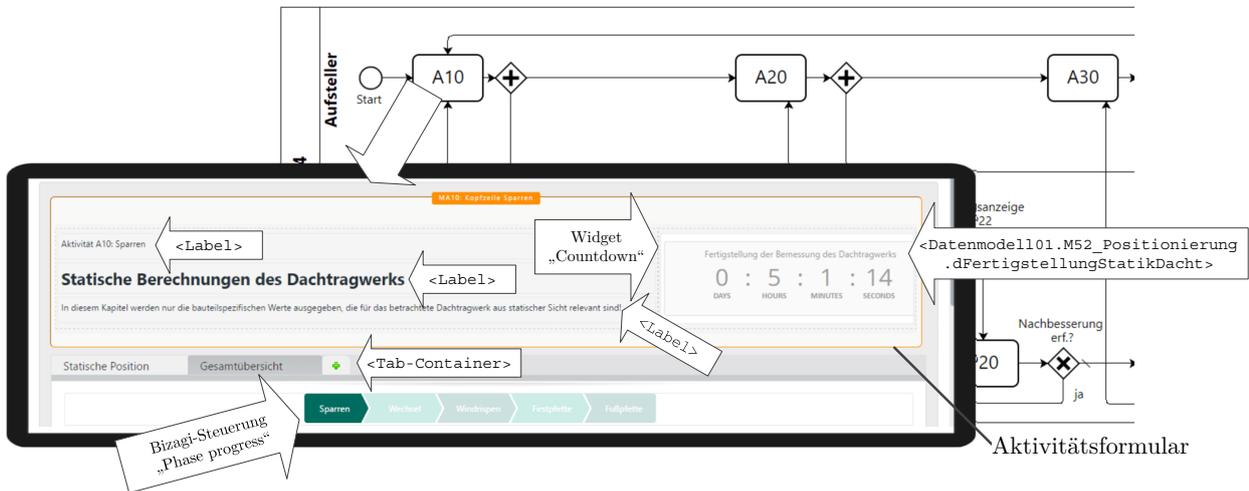
Im Teilprozess-54 hat der Aufsteller lediglich nach der Fußpfettenbemessung (Aktivität A50) die Entscheidung zu treffen, Korrekturen an den statischen Berechnungen vorzunehmen oder mit dem Hauptprozess fortzufahren. Ansonsten hat der Prüfer überwiegend die Entscheidungen zu treffen, Nachbesserungen des Aufstellers anzufordern oder ebenfalls mit dem Prozess fortzufahren. Diese Entscheidungspunkte werden, analog zu den Abbildungen 5.12 und 5.24, über die folgenden XPath-Ausdrücke in den BPMN-Gateways hinterlegt:

Listing 5.19: XPath-Ausdrücke zur Spezifizierung der Prozesspfade im Teilprozess-54

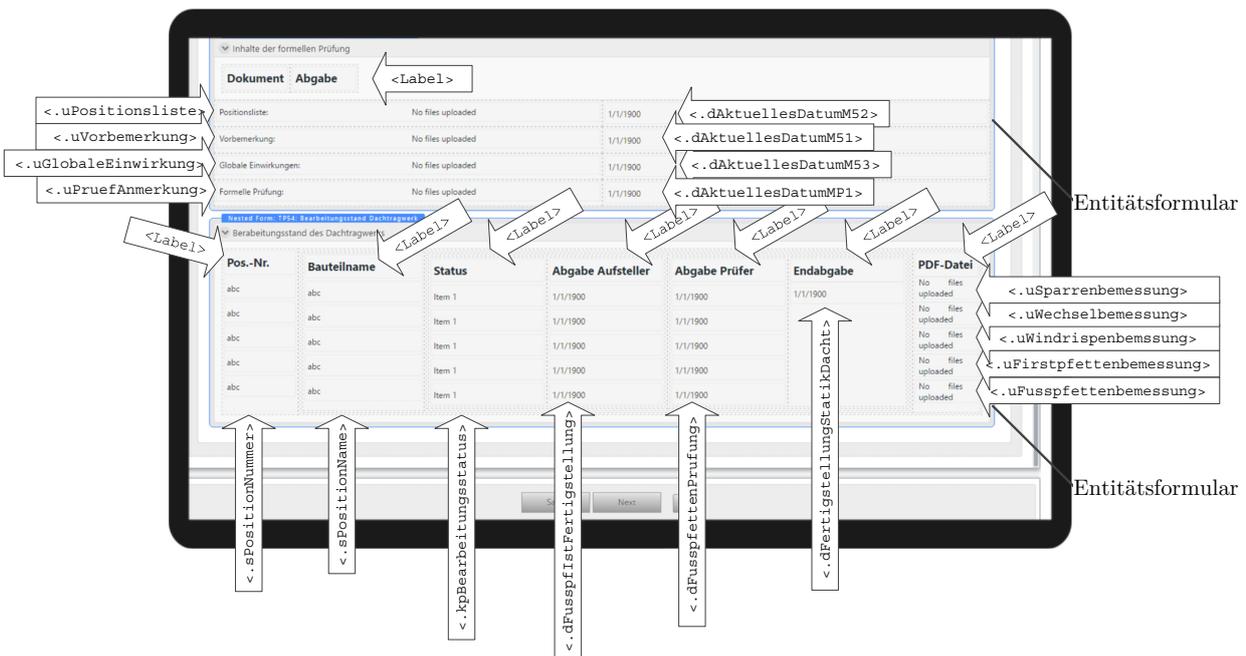
```

1 // XPath nach Aktivitaet A50, um Korrekturen vorzunehmen
2 <Datenmodell01.Datenmodell154.bMA50_Korrektur> == true;
3 // XPath nach Aktivitaet P10, um Nachbesserungen anzufordern
4 <Datenmodell01.Datenmodell154.MP10_SparrenPruefung.kmStatusMateriellePruefung.
   bMA10_FreigabeErteilt> == false;
5 // XPath nach Aktivitaet P20, um Nachbesserungen anzufordern
6 <Datenmodell01.Datenmodell154.MP20_WechselPruefung.kmStatusMateriellePruefung.
   bMA20_FreigabeErteilt> == false;
7 // XPath nach Aktivitaet P30, um Nachbesserungen anzufordern
8 <Datenmodell01.Datenmodell154.MP30_WindrispePruefung.kmStatusMateriellePruefung.
   bMA30_FreigabeErteilt> == false;
9 // XPath nach Aktivitaet P40, um Nachbesserungen anzufordern

```



(a)



(b)

Abbildung 5.33: Formular A10 Tab-Container „Gesamtübersicht“ – (a) Darstellung des Prozessfortschritts; (b) Darstellung der Gesamtübersicht

```

10     <Datenmodell01.Datenmodell154.MP40_FirstpfettePrufung.kmStatusMateriellePrufung.
        bMA40_FreigabeErteilt> == false;
11     // XPath nach Aktivitaet P50, um Nachbesserungen anzufordern
12     <Datenmodell01.Datenmodell154.MP50_FusspfettePrufung.kmStatusMateriellePrufung.
        bMA50_FreigabeErteilt> == false;

```

In den Service-Aktivitäten P11 bis P51 wird automatisch eine E-Mail an die Prozessbeteiligten versendet, sofern der Prüfer mit der Ausführung seiner Leistung in der vorgegebenen Zeit nicht begonnen hat bzw. die eingehende Aktivität nicht rechtzeitig geöffnet wurde. Die Einbindung der E-Mails in die jeweiligen Aktivitäten erfolgt analog zur Abbildung 5.25. Das nachfolgende Listing 5.20 zeigt die Systemnachricht betreffenden Email-Adressen, die integrierten Attributsätze zum vertraglich terminierten Startpunkt und den Firmennamen des Bauherrn sowie einen Beispieltext für die Androhung einer Kündigung [65], da mit der statischen Prüfung nicht zum vereinbarten Termin begonnen wurde.

Listing 5.20: Fallbeispiel für das versenden einer Systemnachricht in der Service-Aktivität P11

```

1     // Email-Adresse to
2     <Datenmodell01.sPruferEmail>;
3     // Email-Adressen cc
4     <Datenmodell01.sBauherrEmail>; <Datenmodell01.sProjektleiterEmail>;
        <Datenmodell01.sSachbearbeiterEmail>
5     // Text der Betreffzeile
6     <<Inverzugsetzung betreffend den Ausfuehrungsbeginn gem. Paragraf 5 Abs. 1 VOB/B>>
7     // Text der Email
8     <<Firma <Datenmodell01.sPruferFirma> (Auftragnehmer)
9     Oldenburg, den <TodayDate>
10    Bauvorhaben: <Datenmodell01.sProjektnummer>
11    Bauvertrag vom: XX.XX.XXXX
12
13    Hier: Fristsetzung zum Beginn der Ausfuehrung gem. Paragraf 5 Abs. 4 VOB/B mit
        Kuendigungsandrohung
14
15    Sehr geehrte Damen und Herren,
16
17    als Ausfuehrungsbeginn fuer Ihre Leistungen wurde der
        <Datenmodell01.Datenmodell154.MA10_Sparren.dSparrenIstFertigstellung> bindend
        vertraglich vereinbart. Obwohl diese Frist inzwischen abgelaufen ist, haben Sie
        mit der Ausfuehrung Ihrer vertraglich geschuldeten Leistungen nicht begonnen und
        befinden sich insoweit im Verzug. Wir fordern Sie hiermit auf, unverzueglich,
        spaetestens jedoch innerhalb von drei Tagen mit der Ausfuehrung Ihrer vertraglich
        geschuldeten Leistungen zu beginnen. Sollten Sie die gesetzte Frist ergebnislos
        verstreichen lassen, werden wir Ihnen den Auftrag entziehen. Saemtliche
        Ansprueche unsererseits, insbesondere Schadensersatzforderungen, bleiben
        vorbehalten.
18
19    Mit freundlichen Gruessen
20    <Datenmodell01.sBauherrName> >>

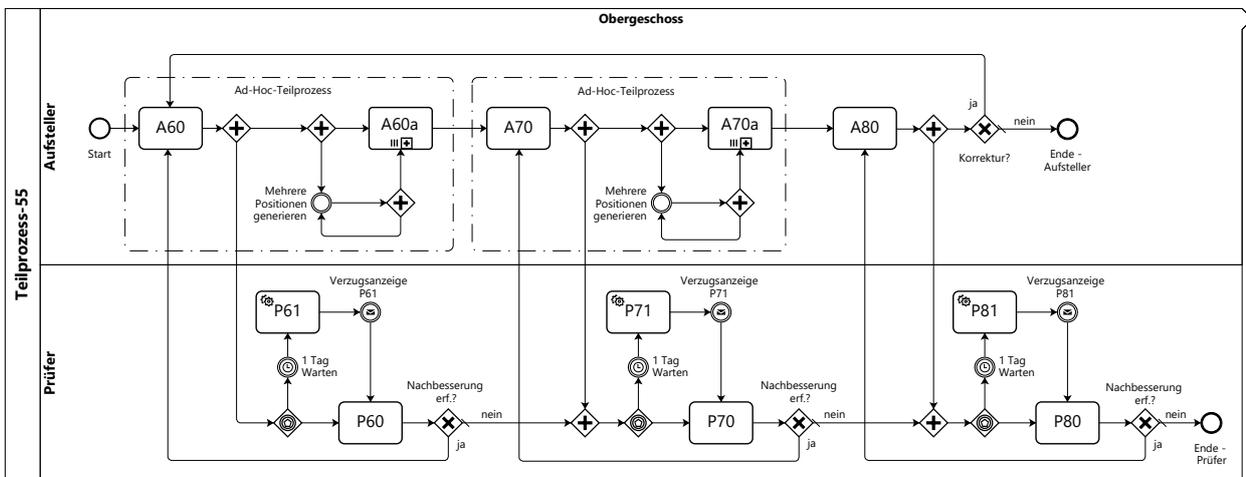
```

5.3.3 Statische Bemessung des Obergeschosses

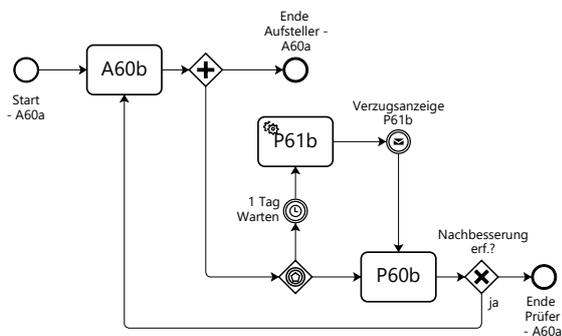
In diesem Kapitel erfolgt die Digitalisierung des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen für das Obergeschoss.

5.3.3.1 Teilprozess-55

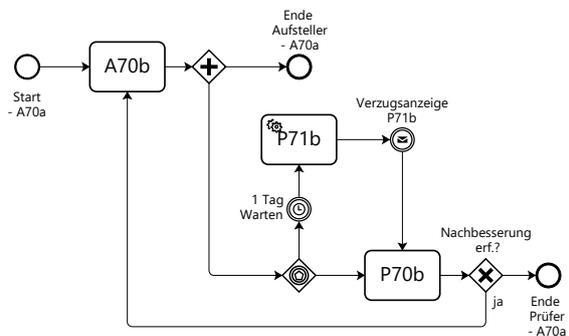
Der Teilprozess-55 steuert im Statikportal die zeit-sachlogischen Abfolgen der statischen Bemessung und Prüfungen für die Ebene „Obergeschoss“ (vgl. Tabelle 5.1). In diesem Teilprozess werden die Ergebnisse der statischen Bemessungen für die Positionen 2.03 bis 2.11 digitalisiert. Im Gegensatz zum Dachtragwerk beinhaltet das Prozessmodell für das Obergeschoss eine hybride Modellierung, bestehend aus unstrukturierten (vgl. Kapitel 5.2.1.2) und strukturierten Prozessabläufen (vgl. Kapitel 5.2.1.1). Die Abbildung 5.34 (a) zeigt das Prozessmodell, das aus insgesamt zwei unstrukturierten und einem strukturierten Prozessmuster, zwei Swimlanes («Aufsteller» und «Prüfer»), 6 User-Aktivitäten (A60 bis A80 und P60 bis P80), zwei Unterprozesse (A60a und A70a) und drei Service-Aktivitäten (P61 bis P81) besteht. In der Tabelle 5.5 sind die Namen und Tätigkeitsbeschreibungen für den Teilprozess-55 zusammengefasst.



(a)



(b)



(c)

Abbildung 5.34: Technischer Teilprozess-55 für die statischen Bemessungen im Obergeschoss – (a) Teilprozess-55; (b) Mehrfachinstanz-Teilprozess A60a; (c) Mehrfachinstanz-Teilprozess A70a

Tabelle 5.5: Aktivitäten im Teilprozess-55 – Name und Tätigkeitsbeschreibung

Nr.	Name	Tätigkeitsbeschreibung
A60	Holzstütze	Holzstützenbemessung (Pos-Nr. 2.03)
P60	Prüfung Holzstütze	Prüfung Pos-Nr. 2.03
P61	Verzugsmeldung P61	Systemnachricht
A60a	Holzstützen Sammlung	Sammlung der Holzstützenbemessungen und -prüfungen
A60b	Holzstützen	weitere Holzstützenbemessungen (Pos-Nr. 2.04 bis 2.06, 2.11)
P60b	Prüfung Holzstützen	Prüfung Pos-Nr. 2.04 bis 2.06, 2.11
P61b	Verzugsmeldung P61b	Systemnachricht
A70	Holzrahmenbauwand	Holzrahmenbauwandbemessung (Pos-Nr. 2.07)
P70	Prüfung Holzrahmenbauwand	Prüfung Pos-Nr. 2.07
P71	Verzugsmeldung P71	Systemnachricht
A70a	Holzrahmenbauwand Sammlung	Sammlung der Holzrahmenbauwandbemessungen und -prüfungen
A70b	Holzrahmenbauwand	weitere Holzrahmenbauwandbemessungen (Pos-Nr. 2.08 und 2.09)
P70b	Prüfung Holzrahmenbauwände	Prüfung Pos-Nr. 2.08 und 2.09
P71b	Verzugsmeldung P71b	Systemnachricht
A80	Balkonkonstruktion	Balkonkonstruktionsbemessung (Pos-Nr. 2.10)
P80	Prüfung Balkon	Prüfung Pos-Nr. 2.10
P81	Verzugsmeldung P81	Systemnachricht

Analog zum Teilprozess-54 (Kapitel 5.3.2.1) wird der Teilprozess-55 in der Swimlane «Aufsteller» gestartet. Zunächst erfolgt in der Aktivität A60 die statische Bemessung einer Holzstütze. Anschließend hat der End-User die Möglichkeit, im Unterprozess A60a beliebig weitere Holzstützen zu bemessen. Da sich der dargestellte Prozess streng nach dem Referenzprojekt richtet, ist ein Entscheidungspunkt nach der Beendigung der Aktivität A60 nicht notwendig, da zwangsläufig weitere Holzstützen für die Bemessung der Tragstruktur erforderlich werden. Um eine individuelle Anzahl von weiteren Aktivitäten zur Bemessung von Holzstützen bereitstellen zu können, wird der Unterprozess A60a als ein multipler Teilprozess implementiert, der die Erstellung mehrerer Vorkommen oder Instanzen desselben Unterprozesses ermöglicht [15, S. 653 ff.]. Die Instanzen der Unterprozesse werden parallel erstellt, während der übergeordnete Prozess eigenständig und ohne Unterbrechung fortläuft. Damit wird sichergestellt, dass mehrere Personen gleichzeitig am Prozess mitwirken können, obwohl der Aufsteller mit seinem Prozess bereits fortgeschritten ist. Sollte das Statikportal in mehreren Projekten gleichzeitig zur Anwendung kommen und die Unterprozesse zu Hunderten ausgelöst werden, ist es ratsam, die Unterprozesse asynchron auszuführen, damit die Leistung des Statikportals nicht von der Webanwendung, sondern von der Scheduling-Aktivität⁹ reguliert wird. Die Instanzen eines multiplen Unterprozesses werden in BIZAGI standardmäßig synchron, in einer einzigen Transaktion, behandelt. Bei einer langen Reihe synchron auszuführender Aktivitäten kann das System potentiell verlangsamt werden, da dafür eine hohe Ressourcenbelastung erforderlich wird, um die große Transaktion auszuführen. In diesem Fall sollten die Aktivitäten asynchron, mit einer deaktivierten Show-Feedback- und Wiederholungs-Funktion ausgeführt werden, um die Leistung vom *Scheduler* aus zu optimieren [15, S. 3032 ff.]. Für die Entwicklung des Prototyps wird auf eine asynchrone Ausführung verzichtet, da innerhalb der Softwarebereitstellung (engl. Deployment) keine großen Transaktionen getestet werden, für die eine Konfiguration und Optimierung des Scheduler-Servers notwendig wäre [15, S. 241 ff.]. Im zweiten Ad-hoc-Prozess wird die Bemessung der Holzrahmenbauwände (Aktivität A70 und A70a) gemäß dem vorherigen Prozessablauf

⁹ Ein Prozess namens Scheduler führt die Scheduling-Aktivität (die Zeitablaufsteuerung) aus [156]. Im Sinne des Lastausgleichs beschäftigt der Scheduler alle Computerressourcen, um mehreren End-Usern eine effektive Nutzung von Systemressourcen zu ermöglichen oder eine definierte Servicequalität sicherzustellen. Durch das Scheduling ist es somit möglich, über eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) mehrere Aufgaben gleichzeitig auszuführen (Computer-Multitasking).

dokumentiert. Anschließend erfolgt die Dokumentation der statischen Bemessung für die Balkonkonstruktion in der Aktivität A80. Der Aufsteller kann den Teilprozess-55 nach der Aktivität A80 ohne Unterbrechung verlassen und mit dem Hauptprozess-01 fortfahren oder Korrekturen vornehmen.

In der Swimlane «Prüfer» erfolgt die Prüfung der statischen Bemessungen. Nachdem die Unterlagen eingereicht wurden, hat der Prüfer jeweils einen Tag Zeit, um mit der Prüfung der Holzstützen in den Aktivitäten P60 und P60b zu beginnen. Anschließend werden die statischen Bemessungen für die Holzrahmenbauwände (Aktivitäten P70, P70b) und die Balkonkonstruktion (Aktivität P80) geprüft. Nach den Prüf-Aktivitäten können Nachbesserungen vom Aufsteller eingefordert oder die nächste Aktivität begonnen werden, sofern der Aufsteller bereits Unterlagen zur Prüfung eingereicht hat. Der Prozess ist für den Prüfer beendet, sobald alle statisch relevanten Unterlagen des Obergeschosses geprüft, die Prüfberichte gefertigt und die Aktivität P80 ohne Aufforderungen zur Nachbesserung beendet wurde.

5.3.3.2 Datenmodell und Formulare

Das Datenmodell-55 speichert und strukturiert den Kontext des Teilprozesses-55. Wie in der Abbildung 5.35 ersichtlich, besteht das Datenmodell-55 aus der Prozess-Entität <Datenmodell101>, 6 Master-Entitäten und zwei Sammlungen (Master-Collection-Entität <xMA60a_Holzstutze> und <xMA70a_Holzrahmenbauwand>). Anders als beim Datenmodell-54 (vgl. Kapitel 5.3.2.2) werden die Attribute der Aktivitäten in den multiplen Unterprozessen nicht durch eine Master-Entität mit einer 1:1-Beziehung, sondern durch eine 1:n-Beziehungen (Sammlung) mit dem <Datenmodell155> verknüpft. Damit die Sammlungen auf die bereits generierten Attribute des Datenmodells-01 zurückgreifen kann, ist eine Beziehung zwischen den Master-Entität-Sammlungen und dem Datenmodell-01 herzustellen (vgl. Abbildung 5.35). Diese Beziehungen werden bei der Implementierung von multiplen Unterprozessen im Konfigurationsassistenten „Sub-Process“, anhand des zugewiesenen Attributsatzes, automatisch hergestellt. Im dargestellten Fall, der Abbildung 5.35, lautet der Attributsatz für die Verknüpfung einer Sammlung mit dem <Datenmodell101> bspw. <Datenmodell101.Datenmodell155.xMA60a_Holzstutzen>. Dies ist der Schlüssel für den Zugriff auf die übergeordneten Prozessattribute, ausgehend vom Unterprozesskontext A60a. Um auf die Attribute des Datenmodells-01 in den Formularen einzeln und nicht als Sammlung zugreifen zu können, erstellt BIZAGI eine Master-Entität im <Datenmodell101> mit einer 1:1-Beziehung zur Sammlung <xMA60a_Holzstutzen>. Nun ist es möglich, die Formulare identisch zum Kapitel 5.3.2.2 anzuordnen und die entsprechenden Attribute des Datenmodells-55 zu integrieren.

Damit dem End-User die benötigte Anzahl an Dokumenten zur Dokumentation der Einzelbauteilbemessung individuell bereitgestellt werden kann, ist es erforderlich, in den Aktivitäten A60 und A70 sowie in den Events „Mehrere Positionen generieren“ jeweils ein Integer-Attribut zu hinterlegen, das die gewünschte Anzahl an bereitzustellenden Dokumenten abfragt. Diese Attribute werden dem Konfigurationsassistenten „Sub-Process“ als XPath-Ausdrücke hinterlegt. Für den Unterprozess A60a lautet der entsprechende XPath-Ausdruck <Datenmodell101.Datenmodell155.iMA60aAnzahl>. Alle Attributsätze ändern sich somit gegenüber dem Datenmodell-54 lediglich durch die Einbindung der Master-Entität <Datenmodell155> und der jeweiligen Aktivität, wie beispielhaft im Listing 5.21 ersichtlich. Im Anhang A.4.3 sind die Entitäten, Attribute, Fremdschlüssel und deren Beziehungen (Relationen) des Datenmodells55 ausführlich dargestellt¹⁰. Im Anhang A.5.2 sind die Templates abgebildet, die dem Teilprozess-55 zugrunde liegen.

¹⁰ Anmerkung: Ab einer gewissen Anzahl an Attributen werden die Master-Entitäten im BIZAGI-Diagramm der Abbildung 5.35 nicht vollständig angezeigt.

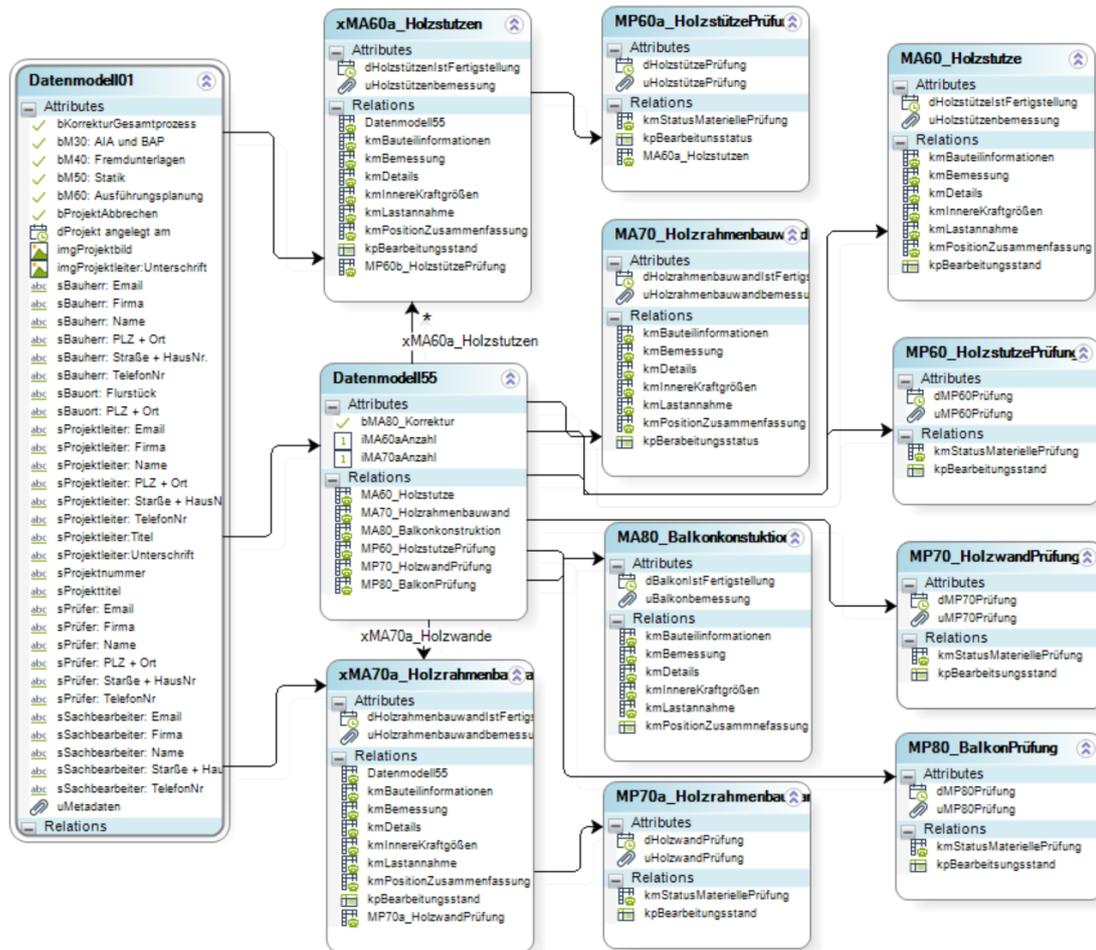


Abbildung 5.35: Datenmodell-55 für das Obergeschoss

Listing 5.21: Beispielhafte Darstellung der geänderten Attributsätze im Teilprozesses-55

```

1 // Beispiel 1: Bearbeitungsstand der Aktivitaet A10 aus dem Teilprozess54
2 <Datenmodell101.Datenmodell154.MA10_Sparren.kpBearbeitungsstand>
3 // Aenderung Beispiel 1: Bearbeitungsstand der Aktivitaet A60 im Teilprozess55
4 <Datenmodell101.Datenmodell155.MA60_Holzstutze.kpBearbeitungsstand>
5 // Aenderung Beispiel 1: Bearbeitungsstand der Aktivitaet A60b im Unterprozess A60a
6 <Datenmodell101.xMA60a_Holzstutzen.kpBearbeitungsstand>
    
```

Im <Tab-Container> „Gesamtübersicht“ wird der generierte Kontext des Teilprozesses-55, wie in der Abbildung 5.36 dargestellt, durch das Formular „Bearbeitungsstand des Obergeschosses“ angereichert. Die Ergebnisse der Unterprozesse A60a und A70a lassen sich durch die 1:n Relationen in den Formularen als Tabellen hinterlegen.

5.3.3.3 Geschäftsregeln

Die Geschäftsregeln des Teilprozesses-55 berücksichtigen die Einbindung des aktuellen Datums, die XPath-Ausdrücke für die Entscheidungspunkte der situationsabhängigen Prozesspfade und der Email-Integration. Die entsprechenden Ausdrücke werden analog zu den Kapiteln 5.3.1.2 und 5.3.2.2 im System implementiert. Nachfolgend wird lediglich exemplarisch die geänderte Syntax dargestellt, die den BPMN-Elementen zugrunde liegen.

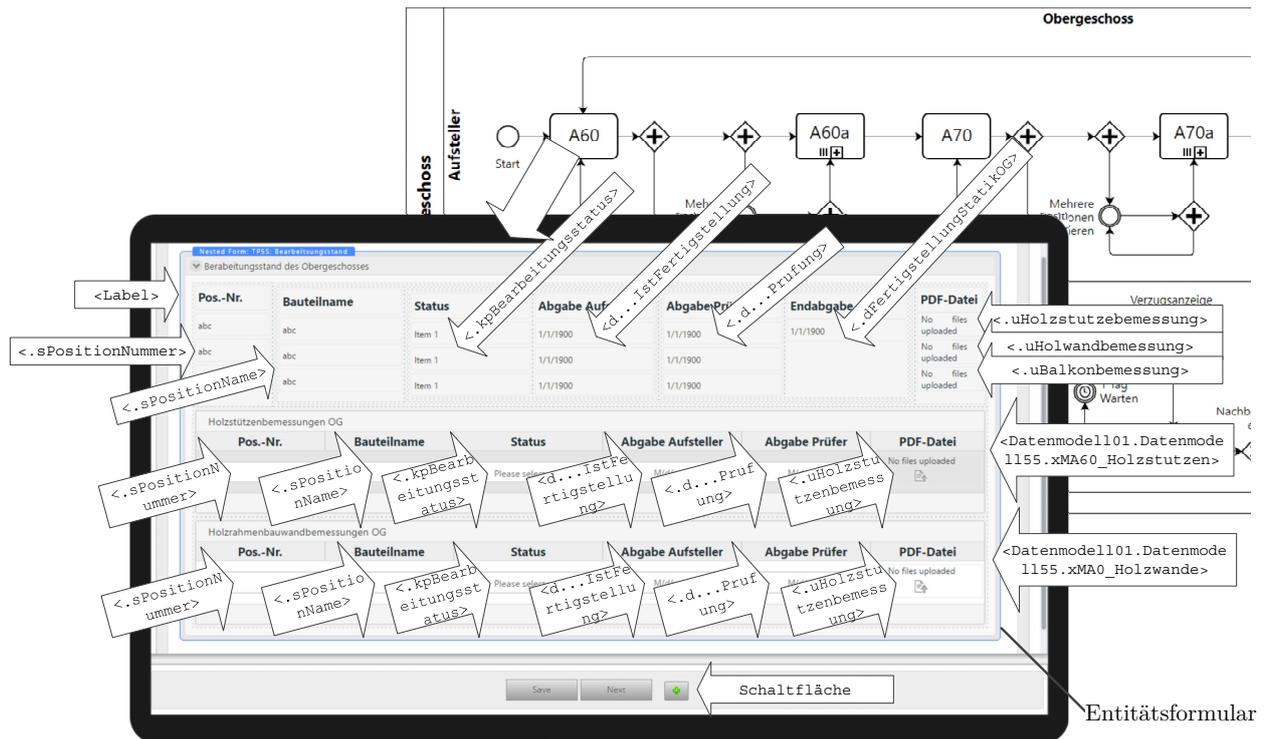


Abbildung 5.36: Formular A60 - Gesamtübersicht des Bearbeitungsstandes für das Obergeschoss

Listing 5.22: Beispiel zur geänderten Syntax für das Hinzufügen des aktuellen Datums im Statikportal für den Teilprozess-55

```

1 // Beispiel 1: MA10_SetDateAndTime fuer Aktivitaet A10 im Teilprozess 54
2 <Datenmodell01.Datenmodell154.MA10_Sparren.dSparrenIstFertigstellung> = DateTime.Today;
3 // Aenderung Beispiel 1: MA60_SetDateAndTime fuer Aktivitaet A60 im Teilprozess 55
4 <Datenmodell01.Datenmodell155.MA60_Holzstutze.dHolzstutzeIstFertigstellung> =
5     DateTime.Today;
6 // Aenderung Beispiel 1: MP60b_SetDateAndTime fuer Aktivitaet P60b im Untersprozess
7     A60a
8 <Datenmodell01.xMA60a_Holzstutzen.MP60b_HolzstutzePruefung.dHolzstutzePruefung> =
9     DateTime.Today;

```

Listing 5.23: XPath-Ausdrücke zur Spezifizierung der Prozesspfade im Teilprozess-55

```

1 // XPath nach Aktivitaet A80, um Korrekturen vorzunehmen
2 <Datenmodell01.Datenmodell155.bMA80_Korrektur> == true;
3 // XPath nach Aktivitaet P60, um Nachbesserungen anzufordern
4 <Datenmodell01.Datenmodell155.MP60_HolzstutzePruefung.kmStatusMateriellePruefung.
5     bMA60_FreigabeErteilt> == false;
6 // XPath nach Aktivitaet P60b, um Nachbesserungen anzufordern
7 <Datenmodell01.xMA60a_Holzstutzen.MP60b_HolzstutzePruefung.kmStatusMateriellePruefung.
8     bMA60b_FreigabeErteilt> == false;
9 // XPath nach Aktivitaet P70, um Nachbesserungen anzufordern
10 <Datenmodell01.Datenmodell155.MP70_HolzwandPruefung.kmStatusMateriellePruefung.
11     bMA70_FreigabeErteilt> == false;
12 // XPath nach Aktivitaet P70b, um Nachbesserungen anzufordern

```

```

10 <Datenmodell01.xMA70a_Holzwand.MP70b_HolzwandPruefung.kmStatusMateriellePruefung.
    bMA70b_FreigabeErteilt> == false;
11 // XPath nach Aktivitaet P80, um Nachbesserungen anzufordern
12 <Datenmodell01.Datenmodell155.MP80_BalkonPruefung.kmStatusMateriellePruefung.
    bMA80_FreigabeErteilt> == false;

```

Listing 5.24: Fallbeispiel für das Versenden einer Systemnachricht in der Service-Aktivität P61

```

1 // Email-Adresse to
2 <Datenmodell01.sPrueferEmail>;
3 // Email-Adressen cc
4 <Datenmodell01.sBauherrEmail>; <Datenmodell01.sProjektleiterEmail>;
    <Datenmodell01.sSachbearbeiterEmail>
5 // Text der Betreffzeile
6 <<Inverzugsetzung betreffend den Ausfuehrungsbeginn gem. Paragraf 5 Abs. 1 VOB/B>>
7 // Text der Email
8 <<Firma <Datenmodell01.sPrueferFirma> (Auftragnehmer)
9 Oldenburg, den <TodayDate>
10 Bauvorhaben: <Datenmodell01.sProjektnummer>
11 Bauvertrag vom: XX.XX.XXXX
12
13 Hier: Fristsetzung zum Beginn der Ausfuehrung gem. Paragraf 5 Abs. 4 VOB/B mit
    Kuendigungsandrohung
14
15 Sehr geehrte Damen und Herren,
16
17 als Ausfuehrungsbeginn fuer Ihre Leistungen wurde der
    <Datenmodell01.Datenmodell155.MA60_Holzstutze.dHolzstutzeIstFertigstellung>
    bindend vertraglich vereinbart. Obwohl diese Frist inzwischen abgelaufen ist,
    haben Sie mit der Ausfuehrung Ihrer vertraglich geschuldeten Leistungen nicht
    begonnen und befinden sich insoweit im Verzug. Wir fordern Sie hiermit auf,
    unverzueglich, spaetestens jedoch innerhalb von drei Tagen mit der Ausfuehrung
    Ihrer vertraglich geschuldeten Leistungen zu beginnen. Sollten Sie die gesetzte
    Frist ergebnislos verstreichen lassen, werden wir Ihnen den Auftrag entziehen.
    Saemtliche Ansprueche unsererseits, insbesondere Schadensersatzforderungen,
    bleiben vorbehalten.
18
19 Mit freundlichen Gruessen
20 <Datenmodell01.sBauherrName> >>

```

5.3.4 Statische Bemessung des Erdgeschosses

In diesem Kapitel erfolgt die Digitalisierung des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen im Erdgeschoss, analog zu Kapitel 5.3.3.

5.3.4.1 Teilprozess-56

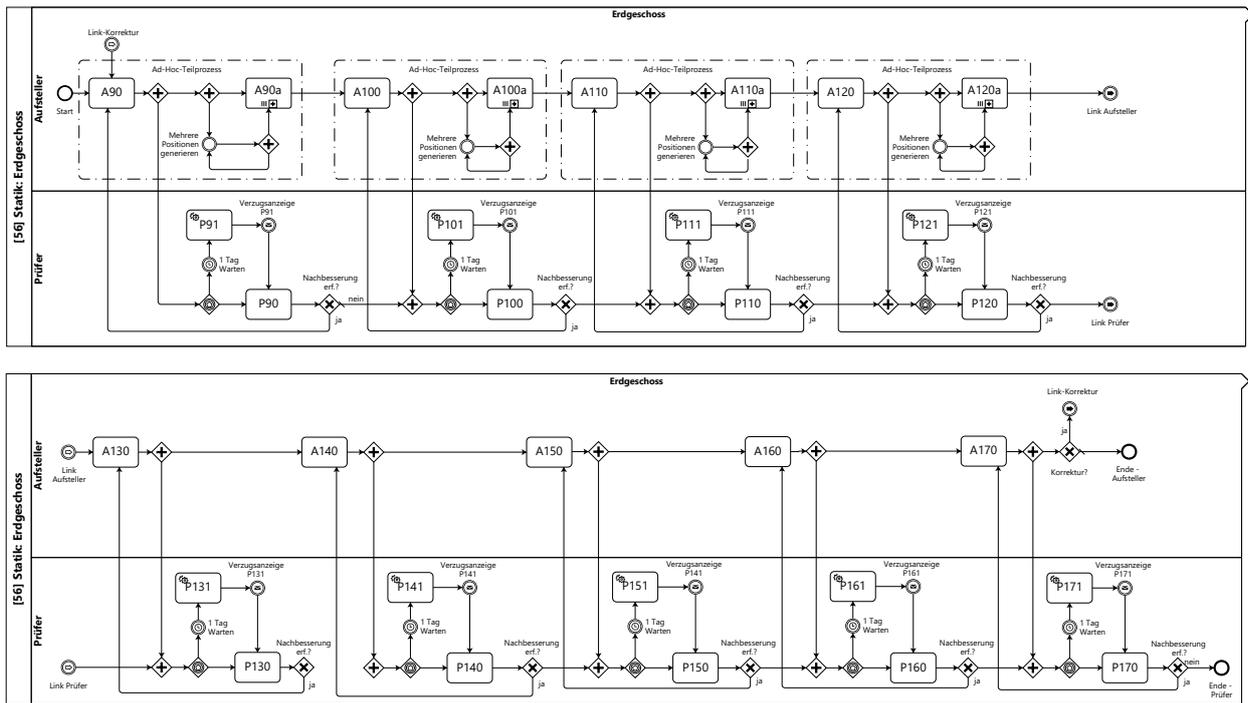
Der Teilprozess-56 steuert im Statikportal die zeit-sachlogischen Abfolgen der statischen Bemessung im Erdgeschoss für das im Kapitel 5.1 beschriebene Referenzprojekt. In Anlehnung an die Tabelle 5.1 und auf Basis der in Kapitel 5.2.1 beschriebenen Prozessmuster werden in diesem Teilprozess die statischen Positionen 3.01 bis 3.30 digitalisiert. Die Abbildung 5.37 (a) zeigt das Prozessmodell, das aus insgesamt vier unstrukturierten und fünf strukturierten Prozessmustern, zwei Swimlanes («Aufsteller» und «Prüfer»), 18 User-Aktivitäten (A90 bis A170 und P90 bis P170), vier Unter-

prozesse (A90a, A100a, A110a und A120a) und 9 Service-Aktivitäten (P91 bis P171) besteht. Die Implementierung der Unterprozesse erfolgt analog zum Teilprozess-55 in Kapitel 5.3.3.1. Aufgrund einer besseren Lesbarkeit ist das Gesamtprozessmodell durch die Ereignis-Links „Link-Aufsteller“ und „Link-Prüfer“ zweigeteilt. In der Tabelle 5.6 sind die Namen und Tätigkeitsbeschreibungen der Aktivitäten für den Teilprozess-56 zusammengefasst.

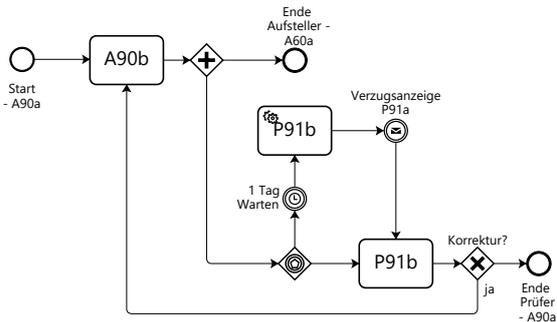
Tabelle 5.6: Aktivitäten im Teilprozess-56 – Name und Tätigkeitsbeschreibung

Nr.	Name	Tätigkeitsbeschreibung
A90	Holzbalken	Holzbalkenbemessung (Pos-Nr. 3.01)
P90	Prüfung Holzbalken	Prüfung Pos-Nr. 3.01
P91	Verzugsmeldung P91	Systemnachricht
A90a	Holzbalken Sammlung	Unterprozess Holzbalkenbemessungen
A90b	weitere Holzbalken	weitere Holzbalkenbemessungen (Pos-Nr. 3.09 bis 3.11)
P90b	Prüfung weiterer Holzbalken	Prüfung Pos-Nr. 3.01, 3.09 bis 3.11
P91b	Verzugsmeldung P91b	Systemnachricht
A100	Holzstütze	Holzstützenbemessung (Pos-Nr. 3.02)
P100	Prüfung Holzstütze	Prüfung Pos-Nr. 3.02
P101	Verzugsmeldung P101	Systemnachricht
A100a	Holzstützen Sammlung	Unterprozess Holzstützenbemessungen
A100b	weitere Holzstützen	weitere Holzstützenbemessungen (Pos-Nr. 3.03 bis 3.08, 3.22, 3.23, 3.27)
P100b	Prüfung weiterer Holzstützen	Prüfung Pos-Nr. 3.03 bis 3.08, 3.22, 3.23, 3.27
P101b	Verzugsmeldung P101b	Systemnachricht
A110	Holzrahmenbauwand	Holzrahmenbauwandbemessung (Pos-Nr. 3.12)
P110	Prüfung Holzrahmenbauwand	Prüfung Pos-Nr. 3.12
P111	Verzugsmeldung P111	Systemnachricht
A110a	Holzrahmenbauwand Sammlung	Unterprozess Holzrahmenbauwandbemessungen
A110b	weitere Holzrahmenbauwände	weitere Holzrahmenbauwandbemessungen (Pos-Nr. 3.13 bis 3.17, 3.25, 3.28, 3.29)
P110b	Prüfung weitere Holzrahmenbauwände	Prüfung Pos-Nr. 3.13 bis 3.17, 3.25, 3.28, 3.29
P111b	Verzugsmeldung P111b	Systemnachricht
A120	Sparren	Sparrenbemessung (Pos-Nr. 3.18)
P120	Prüfung Sparren	Prüfung Pos-Nr. 3.18
P121	Verzugsmeldung P121	Systemnachricht
A120a	Sparren Sammlung	Unterprozess Sparrenbemessungen
A120b	weitere Sparren	weitere Sparrenbemessungen (Pos-Nr. 3.19)
P120b	Prüfung weitere Sparren	Prüfung Pos-Nr. 3.19
P121b	Verzugsmeldung P121b	Systemnachricht
A130	Rähm	Rähmbemessung (Pos-Nr. 3.20)
P130	Prüfung Rähm	Prüfung Pos-Nr. 3.20
P131	Verzugsmeldung P91	Systemnachricht
A140	Pfette	Pfettenbemessung (Pos-Nr. 3.21)
P140	Prüfung Holzbalken	Prüfung Pos-Nr. 3.21
P141	Verzugsmeldung P91	Systemnachricht
A150	Schwelle	Schwellenbemessung (Pos-Nr. 3.24)
P150	Prüfung Holzbalken	Prüfung Pos-Nr. 3.24
P151	Verzugsmeldung P91	Systemnachricht
A160	Schubholz	Schubholzbemessung (Pos-Nr. 3.26)
P160	Prüfung Holzbalken	Prüfung Pos-Nr. 3.26
P161	Verzugsmeldung P91	Systemnachricht
A170	Beiholz	Beiholzbemessung (Pos-Nr. 3.30)
P170	Prüfung Holzbalken	Prüfung Pos-Nr. 3.30
P171	Verzugsmeldung P91	Systemnachricht

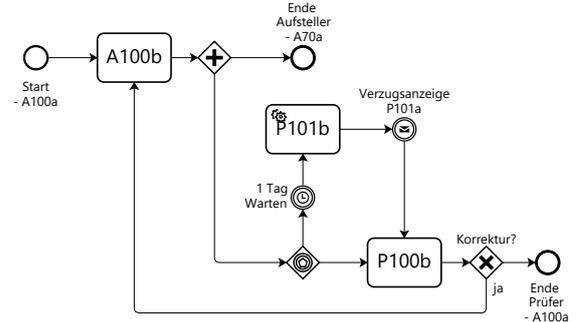
In der Swimlane «Aufsteller», der Abbildung 5.37 (a), wird der Teilprozess-56 gestartet. Nach dem Prozessstart erfolgt die Dokumentation der statischen Bemessung für die Holzbalken (Aktivität A90). Weitere Holzbalkenbemessungen werden im Unterprozess A90a dokumentiert. Im Anschluss werden die Holzstützen- (Aktivität A100 und A100a) und Holzrahmenbauwandbemessungen (Aktivität A110 und A110a) dokumentiert. Die statische Mehrfachverwendung von Bauteilen endet im Erdgeschoss mit dem Ad-hoc-Teilprozess für die Dokumentationen der statischen Bemessung für die Sparren in Aktivität A120a. Anschließend erfolgt die Dokumentation der statischen Bemessungen für den Rähm (Aktivität A130), der Pfette (Aktivität A140), der Schwelle (Aktivität A150), des Schubholz



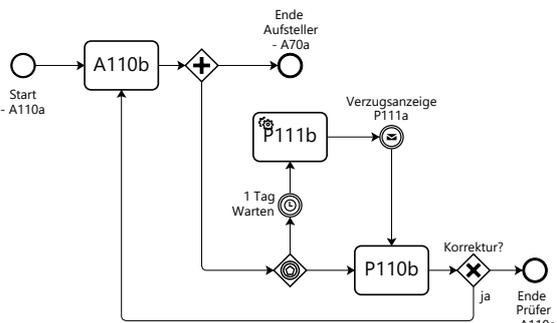
(a)



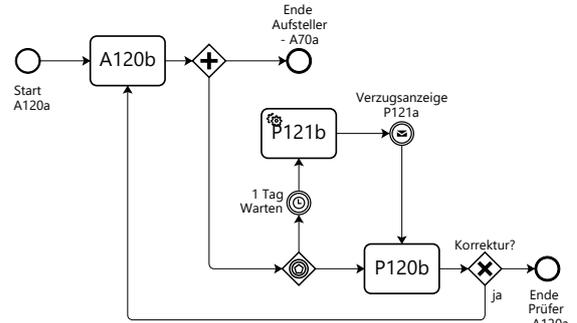
(b)



(c)



(d)



(e)

Abbildung 5.37: Technischer Teilprozess-56 für die statischen Bemessungen im Erdgeschoss – (a) Teilprozess-56; (b) Mehrfachinstanz-Teilprozess A90a; (c) Mehrfachinstanz-Teilprozess A100a; (d) Mehrfachinstanz-Teilprozess A110a; (e) Mehrfachinstanz-Teilprozess A120a

(Aktivität A160) und des Beiholz (Aktivität A170). Der Aufsteller kann den Teilprozess-56 nach der Aktivität A170 ohne Unterbrechung verlassen und mit dem Hauptprozess-01 fortfahren oder Korrekturen vornehmen.

Analog zu den vorigen Teilprozessen-54 und -55 werden in der Swimlane «Prüfer» die statischen Bemessungen geprüft. Nachdem die Unterlagen eingereicht wurden, hat der Prüfer wieder einen Tag Zeit, um mit der Prüfung zu beginnen. Der Prozess ist für den Prüfer beendet, sobald alle statisch relevanten Unterlagen des Erdgeschosses geprüft, die Prüfberichte gefertigt und die Aktivität P170 ohne Aufforderungen zur Nachbesserung beendet wurden.

5.3.4.2 Datenmodell und Formulare

Das Datenmodell-56 speichert und strukturiert den Kontext des Teilprozesses-56. Wie in der Abbildung 5.38 dargestellt, besteht das Datenmodell-56 aus der Prozess-Entität <Datenmodell101>, 19 Master-Entitäten und vier Sammlungen (Master-Collection-Entität <xMA90a_Holzbalken>, <xMA100a_Holzstutzen>, <xMA110a_Holzwande> und <xMA120a_Sparren>). Aufgrund einer besseren Lesbarkeit sind die Master-Entitäten in der Abbildung 5.38 überwiegend ohne Inhalte dargestellt. Die Inhalte der Entitäten sowie die Beziehungen der Sammlungen zum <Datenmodell101> sind identisch zum Datenmodell-55 aufgebaut und werden deshalb nicht weiter erläutert.

Wie bereits im Kapitel 5.3.3.2 erläutert, müssen die individuell bereitzustellenden Dokumente nun in den Aktivitäten A90, A100, A110 und A1120 jeweils über Integer-Attribute abgefragt und im Konfigurationsassistenten „Sub-Process“ als XPath-Ausdrücke hinterlegt werden. Für den Unterprozess A90a lautet der entsprechende XPath-Ausdruck <Datenmodell101.Datenmodell156.iMA90aAnzahl>. Alle Attributsätze ändern sich gegenüber dem Datenmodell-55 somit lediglich durch die Einbindung der Master-Entität <Datenmodell156> und der jeweiligen Aktivität, wie beispielhaft im Listing 5.25 ersichtlich. Die im Anhang A.4.3 dargestellten Entitäten, Attribute, Fremdschlüssel und Relationen sind für das Datenmodell-56 sinngemäß zu verwenden.

Listing 5.25: Beispielhafte Darstellung zur Änderung der Attributsätze im Teilprozess-56

```
1 // Beispiel 1: Bearbeitungsstand der Aktivitaet A60 im Teilprozess55
2 <Datenmodell101.Datenmodell155.MA60_Holzstutze.kpBearbeitungsstand>
3 // Aenderung Beispiel 1: Bearbeitungsstand der Aktivitaet A90b im Unterprozess A90a
4 <Datenmodell101.xMA90a_Holzbalken.kpBearbeitungsstand>
```

Im Tab-Container „Gesamtübersicht“ werden alle Aktivitäten durch den Panel-Container „Bearbeitungsstand des Erdgeschosses“, analog zur Abbildung 5.36, angereichert.

5.3.4.3 Geschäftsregeln

Die Geschäftsregeln des Teilprozesses-56 berücksichtigen erneut die Einbindung des aktuellen Datums, die XPath-Ausdrücke für die Entscheidungspunkte der situationsabhängigen Prozesspfade und der Email-Integration. Die entsprechenden Ausdrücke werden analog zu den Kapiteln 5.3.1.2, 5.3.2.2 und 5.3.3.2 im System implementiert. Die Änderungen der Syntax, die den BPMN-Elementen zugrunde liegen, sind sinngemäß dem Kapitel 5.3.3.3 zu entnehmen.

5.3.5 Statische Bemessung der Gründung

In diesem Kapitel erfolgt die Digitalisierung des Aufstell- und Prüfprozesses von Tragwerksberechnungen für die Gründungsbauteile, analog zu Kapitel 5.3.3.

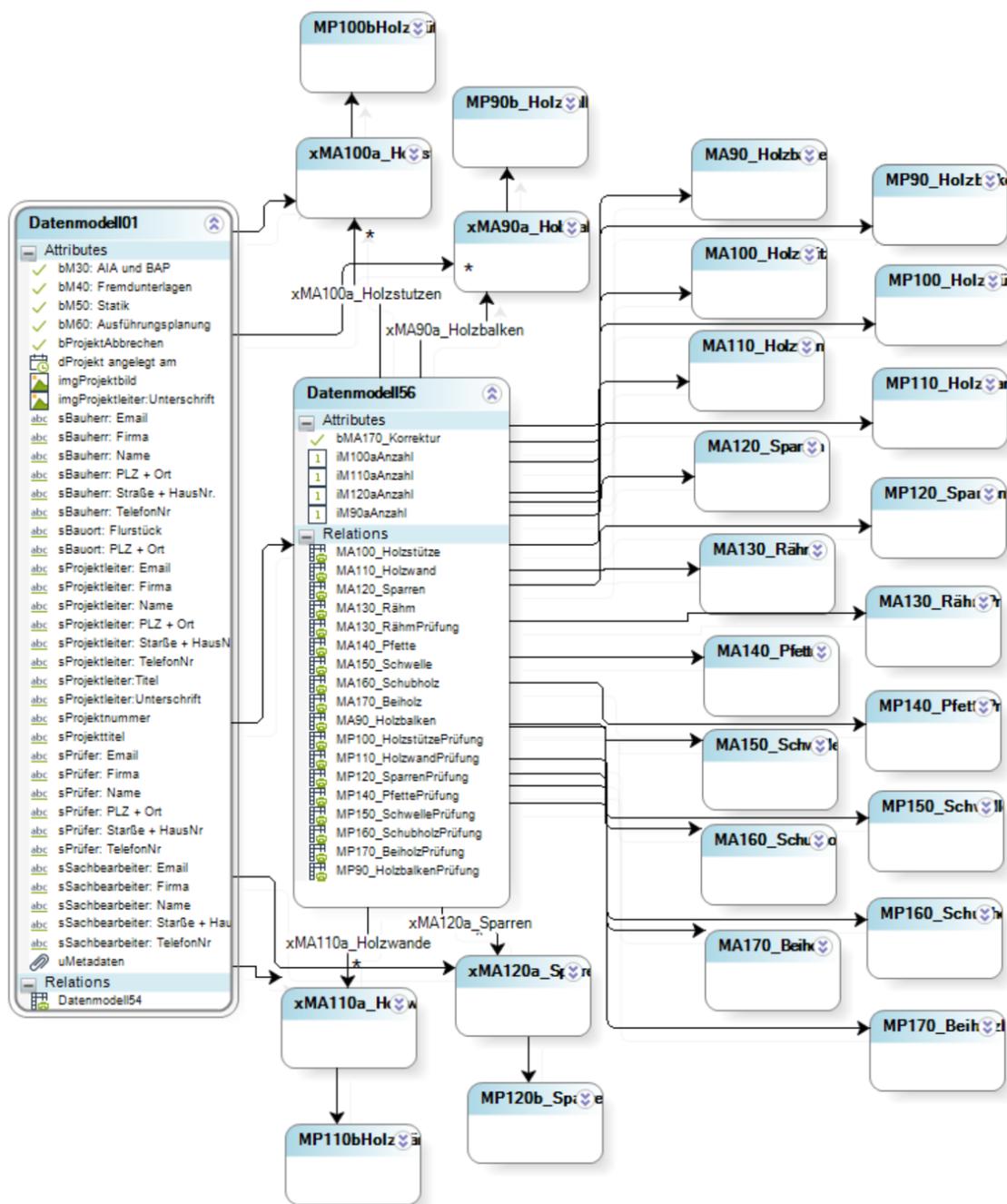


Abbildung 5.38: Datenmodell-56 für das Erdgeschoss

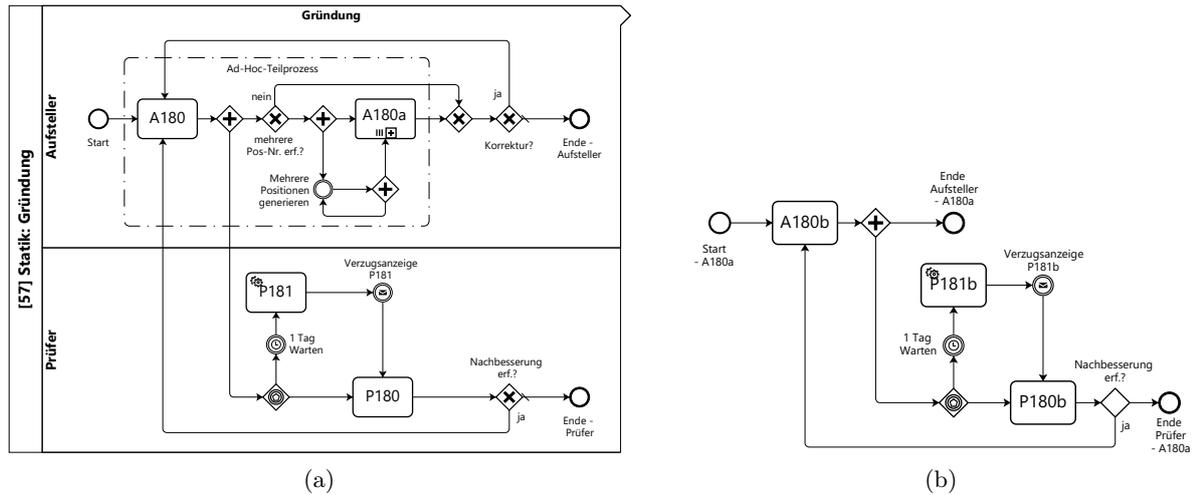


Abbildung 5.39: Technischer Teilprozess-57 für die statischen Bemessungen der Gründung – (a) Teilprozess-57; (b) Mehrfachinstanz-Teilprozess A180a

5.3.5.1 Teilprozess-57

Der Teilprozess-57 steuert im Statikportal die zeit-sachlogischen Abfolgen der statischen Bemessungen der Gründung. In Anlehnung an die Tabelle 5.1 und auf Basis des im Kapitel 5.2.1.2 beschriebenen Prozessmusters werden in diesem Teilprozess die statischen Positionen 4.01 bis 4.04 digitalisiert. Die Abbildung 5.39 (a) zeigt das Prozessmodell, das aus einem unstrukturierten Prozessmuster, zwei Swimlanes («Aufsteller» und «Prüfer»), zwei User-Aktivitäten (A180 und P180), einem Unterprozess (A180a) und einer Service-Aktivität (P181) besteht. Die Implementierung der Unterprozesse erfolgt analog zum Teilprozess-55 in Kapitel 5.3.3.1. In der Tabelle 5.7 sind die Namen und Tätigkeitsbeschreibungen für den Teilprozess-57 zusammengefasst.

Tabelle 5.7: Aktivitäten im Teilprozess-57 – Name und Tätigkeitsbeschreibung

Nr.	Name	Tätigkeitsbeschreibung
A180	Stb.-Sohle	Stb.-Sohlebemessung(Pos-Nr. 4.01)
P180	Prüfung Stb.-Sohle	Prüfung Pos-Nr. 4.01
P181	Verzugsmeldung P61	Systemnachricht
A180a	Sammlung Gründungsbauteile	Sammlung weiterer Gründungsbauteilbemessungen und -prüfungen
A180b	weitere Gründungsbauteile	weitere Gründungsbauteilbemessungen (Pos-Nr. 4.03, 4.04)
P180b	Prüfung weiterer Gründungsbauteile	Prüfung Pos-Nr. 4.03, 4.04
P181b	Verzugsmeldung P181b	Systemnachricht

In der Swimlane «Aufsteller» wird der Teilprozess-57 gestartet. Anschließend erfolgt die Dokumentation für die statische Bemessung der Stb.-Sohle in Aktivität A180. Wie in der Positionsliste des Referenzprojektes (Tabelle 5.1) ersichtlich, fehlt die Pos-Nr.4.02 „Stb.-Streifenfundament“ in der numerischen Reihenfolge der Positionsnummern. Dies liegt daran, dass die Bemessung der Stb.-Streifenfundamente im Zuge der FEM-Bemessung bereits bei der statischen Bemessung für die Stb.-Sohle berücksichtigt und im Positionsplan nicht explizit aufgelistet wurde. Um individuell die statische Bemessung eines Gründungsbauteiles dokumentieren zu können, erfolgt die Bereitstellung der Dokumente über unstrukturierte Ad-hoc-Prozesse, wie im Kapitel 5.2.1.2 beschrieben.

Gemäß dem Referenzprojekt wird sich der End-User dazu entscheiden, dass weitere Gründungsbauteile für den Lastabtrag des Bauwerks erforderlich werden. Mit dieser Entscheidung gelangt die Person zu dem Parallelen-Gateway, das zum einen die Aktivitäten des Mehrfachinstanz-Teilprozess (Unterprozess A180a) auslöst und zum anderen im Statikportal die Option für weitere statische

Bemessungen für die gesamte Prozessdauer bereitstellt. Der weitere Prozessablauf wurde bereits in den vorherigen Kapiteln hinreichend beschrieben, sodass die Prozesslogik sinngemäß zu verstehen ist und nicht weitergehend erläutert wird.

5.3.5.2 Datenmodell und Formulare

Das Datenmodell-57 speichert und strukturiert den Kontext des Teilprozesses-57. Wie in der Abbildung 5.40 dargestellt, besteht das Datenmodell57 aus der Prozess-Entität <Datenmodell101>, drei Master-Entitäten und einer Sammlung (Master-Collection-Entität <xMA180a_Grundungsbauteile>). Die Inhalte der Entitäten, die Beziehung der Sammlung zum <Datenmodell101> sowie die Änderung der Syntax sind analog zum Kapitel 5.3.3.2 aufgebaut und werden deshalb nicht weiter erläutert. Die Anreicherung des <Tab-Container> „Gesamtübersicht“ erfolgt sinngemäß der Abbildung 5.36, durch die Integration eines entsprechenden Formulars.

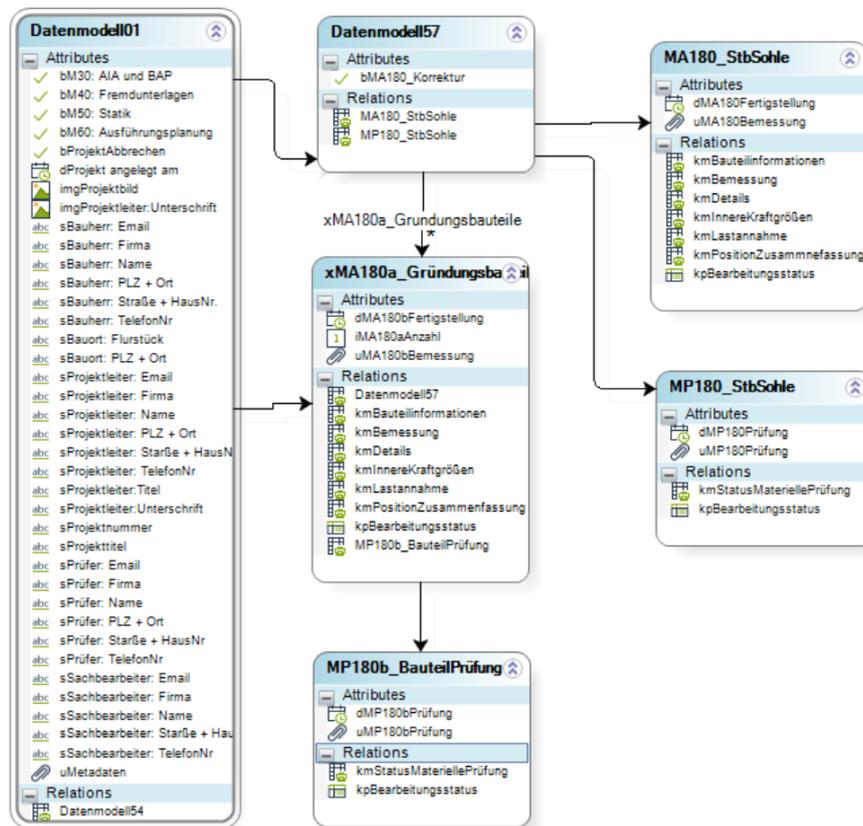


Abbildung 5.40: Datenmodell-57 für die Gründung

5.3.5.3 Geschäftsregeln

Die Geschäftsregeln des Teilprozesses-57 berücksichtigen erneut die Einbindung des aktuellen Datums, die XPath-Ausdrücke für die Entscheidungspunkte der situationsabhängigen Prozesspfade und der Email-Integration. Die entsprechenden Ausdrücke sind analog zu den Kapiteln 5.3.1.2, 5.3.2.2 und 5.3.3.2 im System implementiert. Die Änderungen der Syntax, die den BPMN-Elementen zugrunde liegen, sind sinngemäß dem Kapitel 5.3.3.3 zu entnehmen.

5.4 Einbindung des Statikportals in die .NET-Umgebung

Damit das Statikportal und damit der Automatisierungsprozess getestet werden kann, bietet Bizagi-Studio eine integrierte Laufzeitumgebung an, in der sich die End-User anmelden und auf das Statikportal zugreifen können. Der Zugriff erfolgt als Webanwendung lediglich über einen Webbrowser, die innerhalb des Erstellungsprozesses die vorgenommenen Änderungen der End-User in Echtzeit spiegelt. Bereitgestellt wird das Statikportal über eine Webserverinstanz. Der Ort, an dem das Statikportal und die Webserverinstanz bereitgestellt (gehostet) werden, bezeichnet BIZAGI als Anwendungsserver bzw. als BIZAGI-Server. Der BIZAGI-Server ermöglicht den Aufruf des Statikportals zu jeder Zeit und stellt den End-Usern die instanziierten Inhalte in der lokalen Arbeitsumgebung zur Verfügung. Das Statikportal und die Laufzeitumgebung werden von Bizagi-Studio automatisch generiert, um die automatisierten Prozesse direkt testen zu können. Standardmäßig bietet BIZAGI drei verschiedene Umgebungen an, die als unabhängige Anwendungen ein eigenes Statikportal, eine eigene Datenbank sowie einen Scheduler-Dienst bereitstellen und jeweils unterschiedliche Ziele verfolgen [15, S. 3172 ff.]:

- **Entwicklung:** „Die Entwicklungsumgebung ist die einzige Umgebung, in der die Prozesse modelliert und ihre Implementierungsdetails spezifiziert werden. An dieser Umgebung nehmen Entwurfs- und Konstruktionsphasen teil, in denen das Datenmodell, die Formulare und die Geschäftsregeln zusammen mit den Performern, Schnittstellendefinitionen und anderen Spezifikationen erstellt werden. Die Arbeit in dieser Umgebung erfolgt über Bizagi-Studio.“ Die entsprechende Konfiguration und Spezifizierung des Statikportals wurde bereits im Kapitel 5.3 erläutert.
- **Test:** „Diese Umgebung simuliert die Produktionsumgebung. Das Entwicklungsteam führt User Acceptance Tests zur Funktionalität und Zertifizierung von Prozessen durch. Prozesse in der Testumgebung können als ‚Release Candidate‘ markiert und gesperrt werden, um Änderungen in der Entwicklungsumgebung zu vermeiden, bis die Release Candidate-Version in die Produktion hochgestuft wurde. Die Zielumgebung wird über die BIZAGI Management Console verwaltet.“
- **Produktion:** „Dies ist die eigentliche Betriebsumgebung, in der die Prozesse des Clients den End-Usern zur Verfügung stehen. Über die BIZAGI Management Console können Verwaltungsaufgaben und Konfigurationen im Production Work Portal durchgeführt werden, wie z.B. das Bearbeiten von Geschäftsrichtlinien, die Benutzerverwaltung und Autorisierungskonfiguration sowie die Verwaltung für den SMTP-Server oder ECM-Systeme.“

Die Prozessausführung erfolgt mit BIZAGI in der Regel über einen externen Webserver, um die Rechenleistungen für stark frequentierte Web-Applikationen bereitstellen zu können. Die Verifizierung des Statikportals erfolgt dagegen mit wenigen Prozessaufrufen, sodass anstatt eines Webservers die Desktop-Version von Microsoft Internet Information Service (IIS) zur Bereitstellung der Test-Umgebung verwendet wird, womit der Zeit- und Ressourcenaufwand in Bezug auf Beschaffung, Konfiguration und Optimierung eines Webservers eingespart werden kann. Eine spätere Einbindung eines externen Servers ist jederzeit möglich, um die folgenden Einschränkungen bei der Verwendung von IIS-Express zu umgehen [15, S. 363 ff.]:

- Ein Remote-Zugriff auf das Statikportal ist nicht möglich, sodass der Zugriff nur über den BIZAGI-Server erfolgen kann.
- Nur ein User kann am Projekt arbeiten.
- Es kann immer nur ein Statikportal bedient werden.

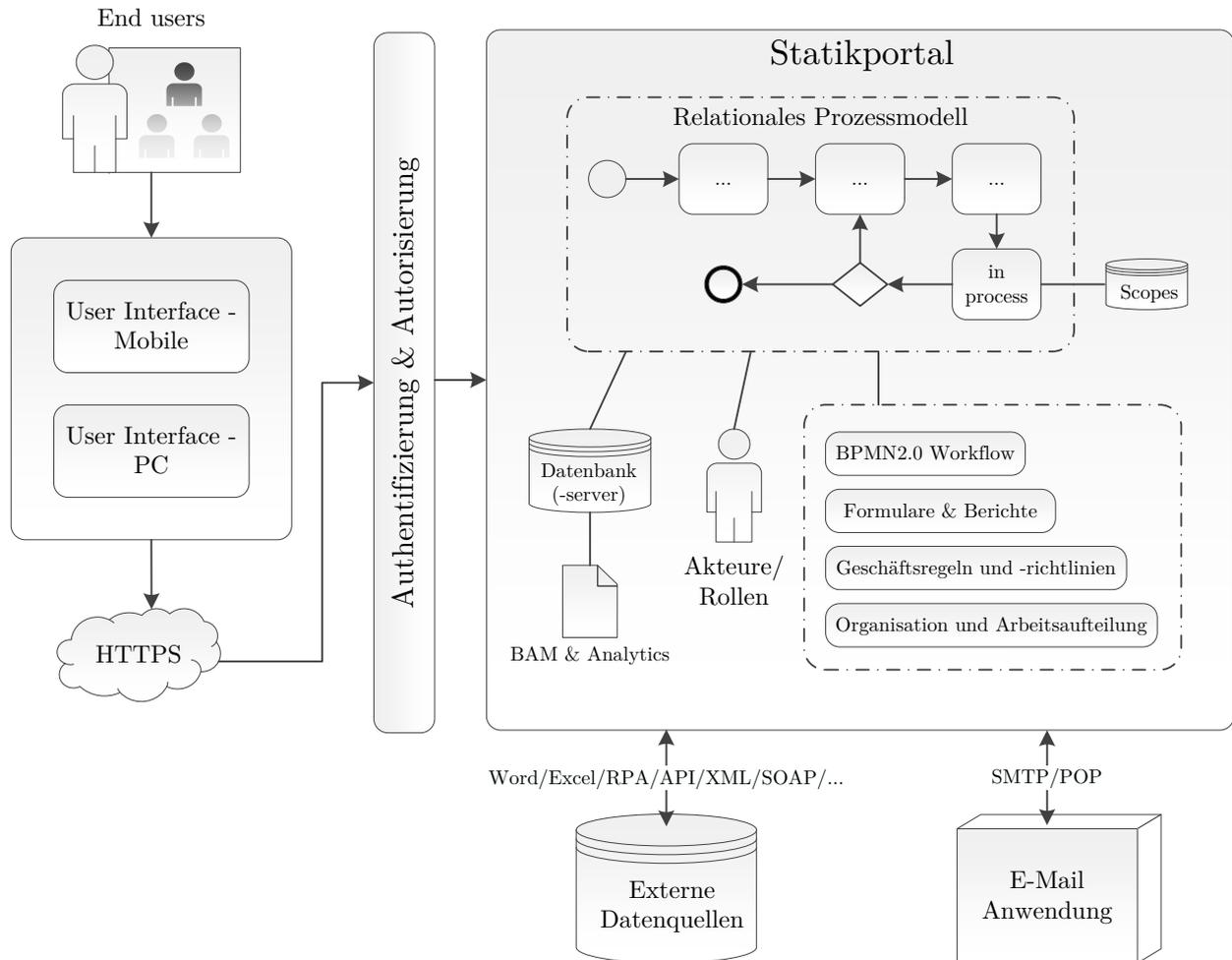


Abbildung 5.41: Softwarearchitektur des Statikportals

- „Es ist nicht möglich, die SMTP-Dienste des IIS für E-Mail-Benachrichtigungen mit erweiterten Optionen zu verwenden.“
- „Es ist nicht möglich, die BIZAGI-API (Webdienste der BIZAGI-SOA-Schicht) aus der Ferne aufzurufen.“
- „Es ist nicht möglich, Testoptionen in BIZAGI zu verwenden, wie z. B. das Testen der Verbindung des Anbieters für Virtualisierungs- und Replikationskonfigurationen oder das Testen der Konfiguration der virtuellen Entität.“

Der IIS-Desktop bietet den Vorteil, dass Desktop-PCs mit einem Microsoft Betriebssystem 10 oder höher dazu geeignet sind, dieses Statikportal eigenständig im Internet zur Anwendung bereitzustellen, sofern die Systemanforderungen gegeben sind [15, S. 73 ff.]. Im Zuge der Schnellstart-Installationsfunktion von BIZAGI wird während des Installationsassistenten von Bizagi-Studio eine lokale Datenbankinstanz installiert und eine lokale Webserverinstanz bereitgestellt [15, S. 74 ff.]. Wie in Abbildung 5.41 dargestellt und im vorigen Kapitel 5.3 bereits erläutert, basiert die Softwarearchitektur des hier entwickelten Statikportals somit auf einer von Bizagi-Studio lokal installierten Datenbank (SQL Server Express 2017), einem externen Mailserver für das Versenden (SMTP) und Abrufen von E-Mails (POP) und auf externe Datenquellen zur Integrierung von Textdokumenten (docx-Dateien), Tabellenkalkulationen (xls-Dateien) und RPA-Bots (vgl. Kapitel 5.6). Unabhängig vom Forschungsfokus dieser Arbeit lassen sich weitere externe Anwendungen, bspw.

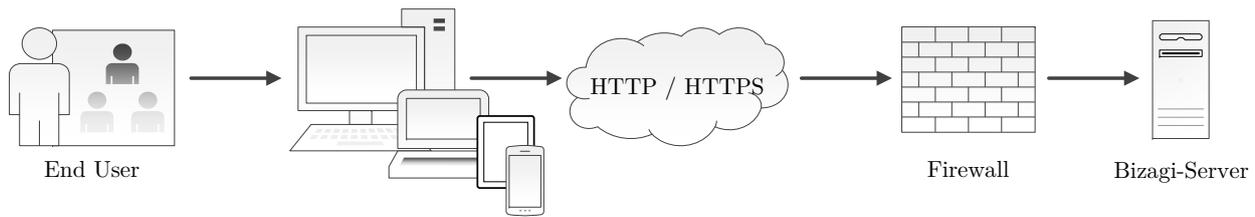


Abbildung 5.42: System-Infrastruktur des prozessgesteuerten Statikportals

über Web-Services, API und Middleware in die Integrationsschicht des Statikportals einbinden [15, S. 3767 ff.].

Durch den IIS wird das Statikportal in das .NET-Framework eingebettet [15, S. 107 ff.] und kann von den End-Usern innerhalb deren User-Interface über die gängigsten Web-Applikationen, mit einer entsprechenden Authentifizierung, aufgerufen werden. Die Autorisierung erfolgt administrativ über die Rechtevergabe direkt im Statikportal (vgl. Kapitel 5.5). Während der Entwicklungs- und Testphase erfolgt die Authentifizierung über die Schnellanmeldung [15, S. 3605 ff.], um eine Anmeldung im Statikportal ohne die Eingabe und Verwaltung von Passwörtern zu ermöglichen. In diesem Fall wird den End-Usern das gültige Anmeldekonto über eine Dropdown-Liste zur Verfügung gestellt, und die Abfragefunktion des Authentifizierungsprotokolls zeichnet keine Anmeldeereignisse auf. Dies hat zur Folge, dass die Bereitstellung des Statikportals als eigenständige Webseite [15, S. 3251 ff.] nicht empfehlenswert ist, da zum einen die Datenspeicherung auf dem Desktop-PC endlich ist und zum anderen die Interaktionen der End-User mit dem Statikportal nicht protokolliert und somit keine Informationen über die ausgelösten Ereignisse (wie bspw. Datum und IP-Adressen) gespeichert werden [15, S. 4907 ff.].

Das Webinterface ist in der Entwicklungsumgebung (interne Firmendomäne) durch die Webadresse (`<http://localhost:10024/ptp4BIMv2>`)¹¹ – bestehend aus einer Kombination aus der lokalen IPv4-Adresse, dem Port 10024 und dem BIZAGI-Projektnamen – erreichbar. Damit das Statikportal auch von außerhalb der Firewall getestet werden kann (vgl. Abbildung 5.42), wird das Statikportal innerhalb der Test-Umgebung bereitgestellt, und den Testpersonen wird jeweils ein VPN-Zugang eingerichtet. Das „Virtual Private Network“ (kurz VPN) ist ein privates Netzwerk innerhalb einer öffentlichen Netzwerkinfrastruktur im Internet [57] und ermöglicht den Testpersonen als eingeschränktes Mitglied in der Firmendomäne einen sicheren Zugriff auf das Statikportal. Das Webinterface des Statikportals wird durch den letzten und siebten BIZAGI-Prozessassistenten, wie in Abbildung 5.43 ersichtlich, über die Webadresse `<http://localhost/Test_ptp4BIMv2>`, bestehend aus der Serveradresse und dem Projektnamen, zur Bearbeitung bereitgestellt (vgl. Abbildung 5.44).

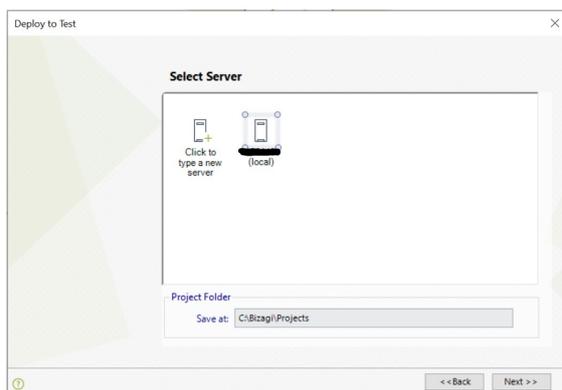
5.5 Konfiguration der Frontends

Die Frontends des Statikportals bestehen aus einer Rasteransicht (Fallübersicht) und der Detailansicht (Benutzungsschnittstelle), wie in der Abbildung 5.45 dargestellt. Die Fallübersicht besteht insgesamt aus drei Bereichen [15, S. 4678 ff.]: (1) Hauptmenü, (2) Übersicht der Projekte (Prozesse, Fälle oder Vorgänge) und (3) Arbeitsbereich (Bearbeitungsstand der zugewiesenen Aktivitäten je Vorgang). Die Benutzungsschnittstelle zur Eingabe des Kontexts besteht dagegen aus vier Bereichen: (1) Hauptmenü, (2) Weiterführende Informationen zur Aktivität, (3) Eingabefelder und (4) Allgemeine Übersicht über die Fallnummer und -dauer, die Dauer und Darstellung der verantwortlich

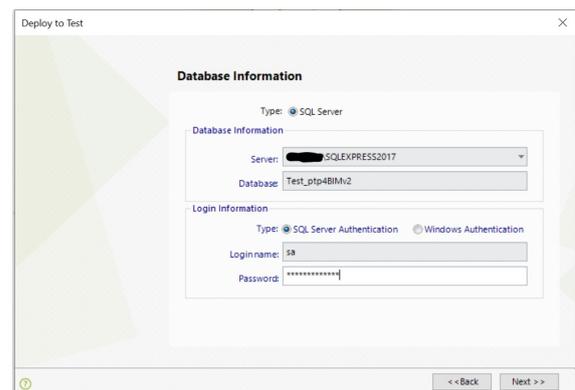
¹¹ Das Akronym `ptp4BIMv2` steht für „partizipative Tragwerkprüfung für BIM“ in der Version 2.



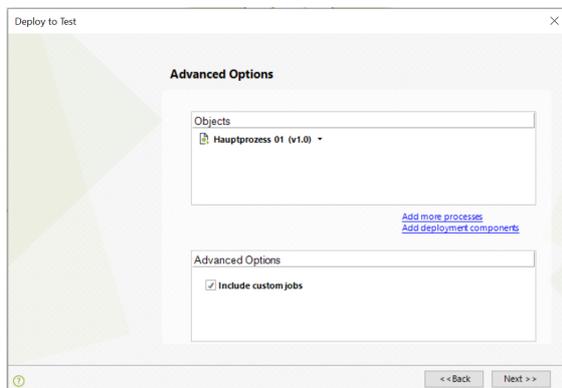
(a)



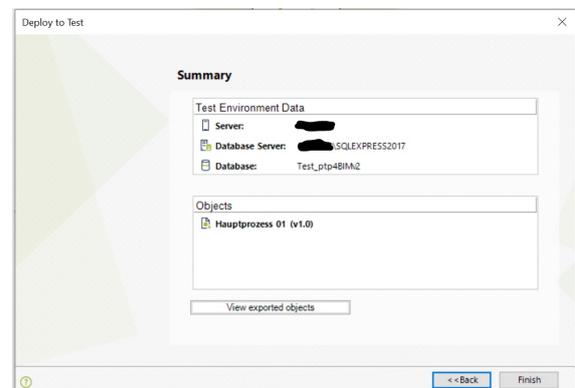
(b)



(c)



(d)



(e)

Abbildung 5.43: Bereitstellung der Test-Umgebung – (a) BIZAGI-Prozessassistent; (b) Wahl des BIZAGI-Servers; (c) Informationen zur Datenbank und Eingabe der Einwahldaten; (d) Auswahl der Prozessinstanz; (e) Bereitstellung zur Ausführung

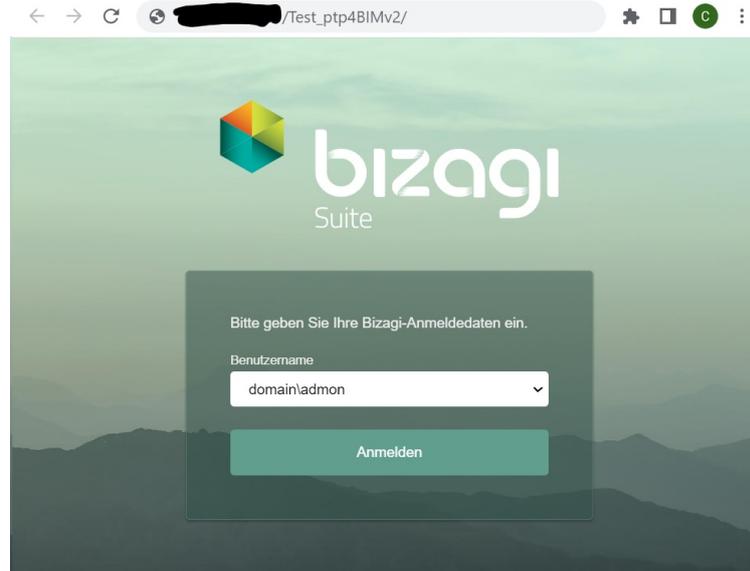


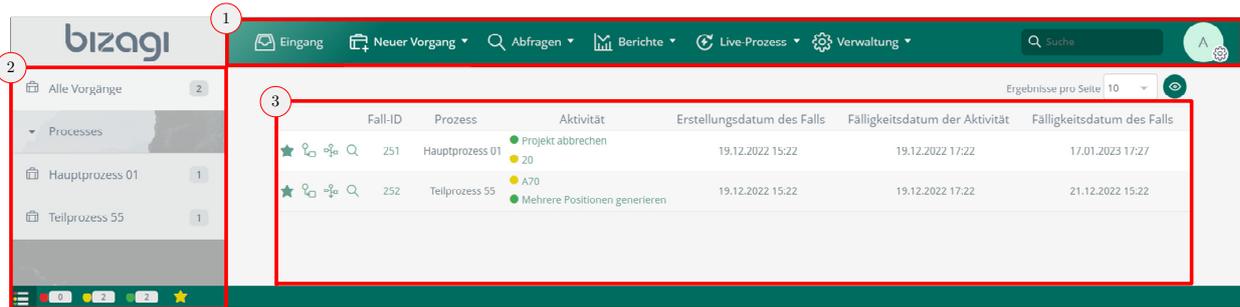
Abbildung 5.44: Anmeldemaske des Statikportals

handelnden Personen dieser Aktivität. In der Kategorie „Verwaltung“ des Hauptmenüs werden unter anderem die End-User angelegt, Fälle ausgelöst oder laufende Fälle gelöscht (storniert). Wird das Statikportal erstmalig bereitgestellt, erzeugt BIZAGI automatisch einen ersten End-User in der Rolle als Administrator (`<Role==Administrator>`) und der Kennung `domain\admon`. Sofern keine weiteren End-User angelegt sind, wird das Statikportal immer in dieser Rolle bereitgestellt, um beschleunigte Tests in der Entwicklungsumgebung ohne Zuweisungsregeln (vgl. Kapitel 5.2.5) durchführen zu können [15, S. 3174 f.].

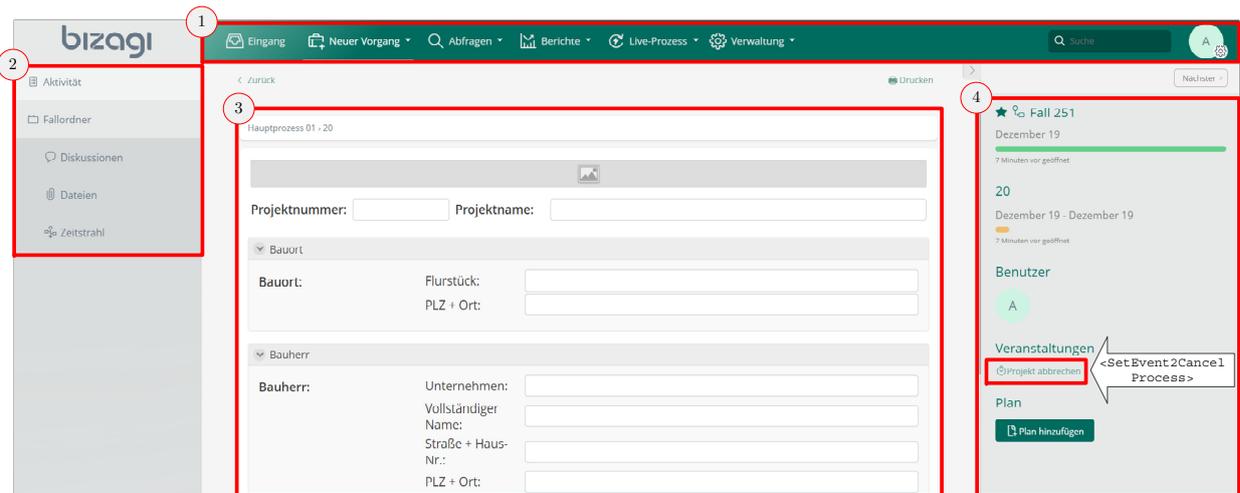
Um im Statikportal den partizipierenden End-Usern, die in Kapitel 5.2.5 deklarierten Rollen und damit die verbundenen Aktivitäten eindeutig zuzuweisen, sind personenbezogene Benutzerkonten anzulegen. Die Zuweisung erfolgt in der Benutzerverwaltung über das Hauptmenü, in der Registerkarte Verwaltung/Benutzer [15, S. 4874 ff.]. Für Testzwecke werden, zusätzlich zum Administrator, lediglich zwei End-User angelegt (Aufsteller und Prüfer), die mindestens die in der Tabelle 5.8 dargestellten Merkmale aufweisen. Über die zugewiesene Rolle in der Benutzerverwaltung wird BIZAGI mitgeteilt, welche Person berechtigt ist, die in Kapitel 5.3 definierten Aktivitäten zu bearbeiten. So werden, neben den BIZAGI-Standardrollen (Admon-Viewer, Analysis, BA Business Administrator und Site Editor), nur die Rollen zur Auswahl bereitgestellt, die zuvor im Prozessassistenten „Perfomers“ deklariert wurden (vgl. Kapitel 5.2.5). Sobald nun ein Prozess durch das Statikportal ausgelöst wurde, werden der zugewiesenen Rolle in der entsprechenden Benutzeransicht des Statikportals nur die Fälle und Aktivitäten dargestellt, für die sie verantwortlich ist.

Tabelle 5.8: Benutzerverwaltung – Merkmale der partizipierenden End-User im Statikportal

Fachdisziplin	Full Name	User Name	Domain	Organization	Roles	Working Time Schema	TimeZone
Administration	admin	admin	domain	Organization		24 Hours	Berlin
Tragwerksplanung	Aufsteller	Aufsteller	domain	Organization	Aufsteller	24 Hours	Berlin
Tragwerksprüfung	Prüfer	Pruefer	domain	Organization	Prüfer	24 Hours	Berlin



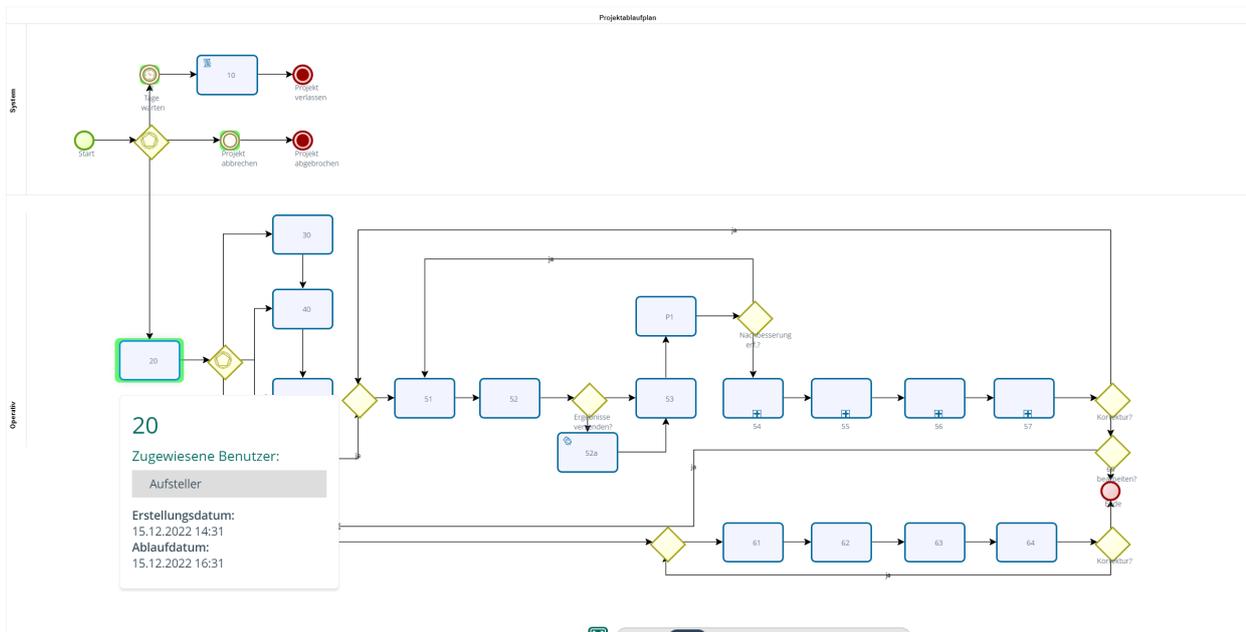
(a)



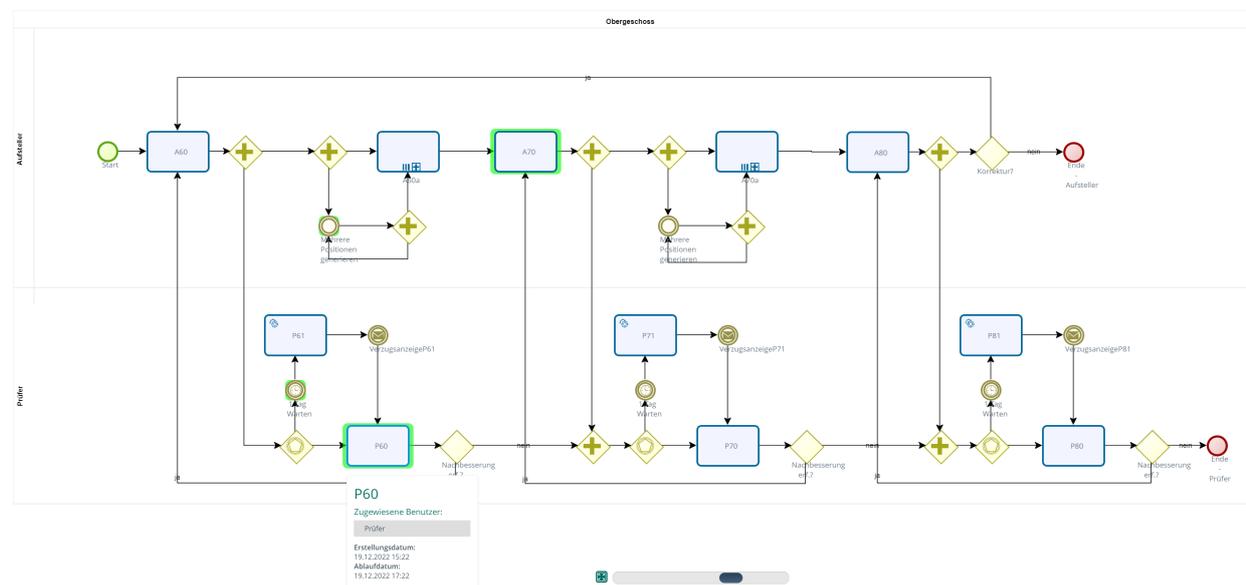
(b)

Abbildung 5.45: Frontend des Statikportals – (a) Auszug der Fallübersicht; (b) Auszug der Benutzungsschnittstelle in Aktivität 20

In der Fallübersicht der Abbildung 5.45 (a) wurden beispielhaft zwei Prozesse ausgelöst. Der Hauptprozess-01 für den Beginn eines neuen Projektes, mit der Fallnummer 251 und der Teilprozess-55 für einen Nachtrag eines abgeschlossenen Projektes, mit der Fallnummer 252. In den angezeigten Fällen sind jeweils zwei Aktivitäten dargestellt: Im Fall 251 hat der End-User die Wahl, ein neues Projekt anzulegen (Aktivität 20) oder das Projekt abzubrechen. Im Fall 252 hat der End-User die Möglichkeit, die Ergebnisse der statischen Berechnungen für eine Holzrahmenbauwand in der Aktivität A70 einzutragen oder weitere Holzstützenbemessungen zu dokumentieren (Aktivität A60). Da innerhalb des Prozessablaufes mehrere Events mit dem Namen „Mehrere Positionen generieren“ ausgelöst werden, wäre hier eine eindeutigere Namenskonvention zweckdienlicher. Mithilfe des Buttons „Prozessdiagramm anzeigen“ , werden die entsprechenden Aktivitäten in einer neuen Bildschirmmaske, wie in Abbildung 5.46 ersichtlich, im Prozessdiagramm hervorgehoben dargestellt. In der Abbildung 5.46 (a) werden neben der Aktivität 20 noch zwei weitere Events hervorgehoben („2 Tage warten“ und „Projekt abbrechen“), da diese so lange aktiv sind, bis die Aktivität 20 abgeschlossen wurde. In der Abbildung 5.46 (b) wird neben der Aktivität A70 und dem Event „Mehrere Positionen generieren“ noch die Aktivität P60 „Prüfung Holzstütze“ hervorgehoben, da die Prüfung noch aussteht. Der Prüfer hat nun die Möglichkeit, innerhalb eines Tages mit seiner Leistung (Aktivität P60) zu beginnen, andernfalls wird der Prüfer über eine Systemnachricht, wie in Kapitel 5.3.3.3 beschrieben, in Verzug gesetzt.



(a)



(b)

Abbildung 5.46: Frontend – Hervorhebung ausgelöster Aktivitäten im Prozessdiagramm: (a) Fall 251 mit der Aktivität 20 im Hauptprozess-01; (b) Fall 252 mit der Aktivität A70 im Teilprozess-55

5.5.1 Anzeige von zeitkritischen Zuständen im Statikportal

Die in der Abbildung 5.45 (a) dargestellten Zeiten (Erstellungsdatum, Fälligkeitsdatum) beziehen sich auf die im Statikportal festgelegte Zeitzone (vgl. Tabelle 5.8) und die im Prozess definierte Dauer. BIZAGI verwendet die Dauer, um „umfassende Leistungsberichte auf der Grundlage genauer Geschäftsinformationen in Echtzeit zu berechnen“ [15, S. 711], die in den Aktivitäts-, Prozess- und Teilprozesseigenschaften definiert sind [15, S. 715 ff.]. Während des operativen Geschäfts richtet sich die Dauer nach der Dienstleistungs-Güte-Vereinbarung (engl. Service Level Agreement, kurz SLA) des geltenden Rahmenvertrages, zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer für wiederkehrende Dienstleistungen. BIZAGI definiert die SLA als maximale Zeitspanne, die zur Verfügung steht, um eine Benutzer-Aktivität pünktlich zu beenden. Werden im Arbeitszeitschema bspw. 8 Arbeitsstunden pro Tag hinterlegt, so berücksichtigt BIZAGI bei einem 3-Tage-SLA 24 und nicht 72 Stunden. In dieser Arbeit wurde ein 24-Stunden-Arbeitszeitschema berücksichtigt, um die Ergebnisse ohne Umrechnungen eindeutig interpretieren zu können. So sind bspw. die Zeit-Ereignisse, die mit einer Wartezeit von zwei Tagen konfiguriert sind, durch eine Ganzzahl von 24 Stunden im Eigenschaftsdialog und nicht, wie es bei einem 8-Stunden-Arbeitszeitschema üblich wäre, durch 16 Stunden definiert. Die Aufgabenzustände werden im Statikportal durch die folgenden drei Farben gekennzeichnet (vgl. Abbildung 5.45 (a) und [15, S. 4679]):

- **Grün:** Die Aktivität ist pünktlich
- **Gelb:** Die Aktivität ist gefährdet
- **Rot:** Die Aktivität ist abgelaufen und somit überfällig

Tabelle 5.9: Hauptprozess-01 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer

Nummer	Name	Aufgabentyp	Rolle	Dauer [h:m]
10	Projekt abbrechen	Skript	System	-
20	Projekt anlegen	Benutzer	Aufsteller	02:00
30	AIA BAP	Teilprozess	Aufsteller	n. B.
40	Fremdunterlagen anfordern	Teilprozess	Objektplaner, Aufsteller	n. B.
50	Baustatik	Benutzer	Aufsteller	00:05
51	Vorbemerkung	Benutzer	Aufsteller	08:00
52	Positionierung	Benutzer	Aufsteller	08:00
51a	Positionierung versenden	Service	System	-
53	Globale Lastannahmen	Benutzer	Aufsteller	08:00
P1	Formelle Prüfung	Benutzer	Prüfer	16:00
54	Statik: Dachgeschoss	Teilprozess	Aufsteller, Prüfer	20:00
55	Statik: Obergeschoss	Teilprozess	Aufsteller, Prüfer	20:00
56	Statik: Erdgeschoss	Teilprozess	Aufsteller, Prüfer	52:00
57	Statik: Gründung	Teilprozess	Aufsteller, Prüfer	08:00
60	Ausführungsplanung: Templates	Benutzer	Konstrukteur	n. B.
61	Ausführungsplanung: Dachgeschoss	Teilprozess	Konstrukteur, Prüfer	n. B.
62	Ausführungsplanung: Obergeschoss	Teilprozess	Konstrukteur, Prüfer	n. B.
63	Ausführungsplanung: Erdgeschoss	Teilprozess	Konstrukteur, Prüfer	n. B.
64	Ausführungsplanung: Gründung	Teilprozess	Konstrukteur, Prüfer	n. B.
Prozessgesamtdauer t_{ges}:				150:08

Die Festlegung von zeitkritischen Zuständen erfolgt über den Eingabedialog der Prozesseigenschaften für das Risikosignal [15, S. 576 ff.]. Als gefährdet gilt eine Aufgabe, sobald die verbleibende Zeit kleiner oder gleich der festgelegten Zeitangabe des Risikosignals ist, bevor eine Aktivität abläuft

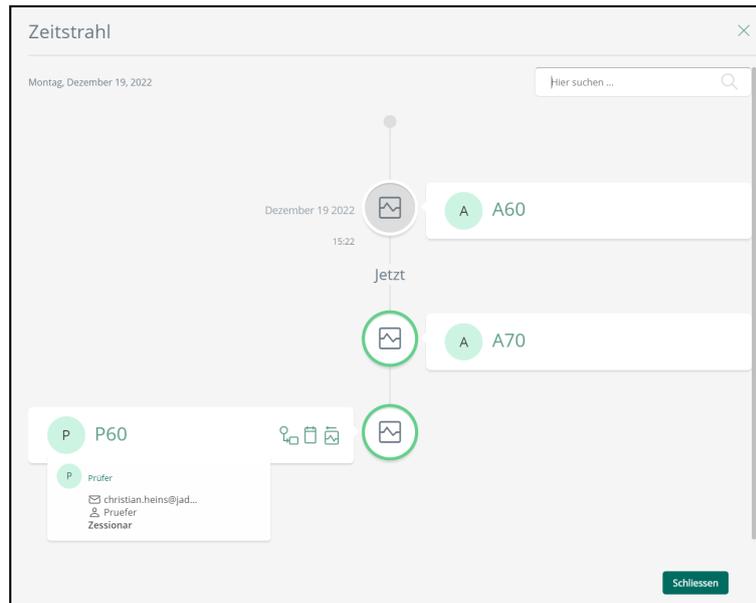


Abbildung 5.47: Frontend – Auszug des Zeitstrahls für die Dokumentation der Fertigstellungszeiten und Datenübertragungen (Anmerkung: Die Aktivität A60 wurde testweise ohne die Eingabe von Inhalten nach deren Aktivierung wieder beendet.)

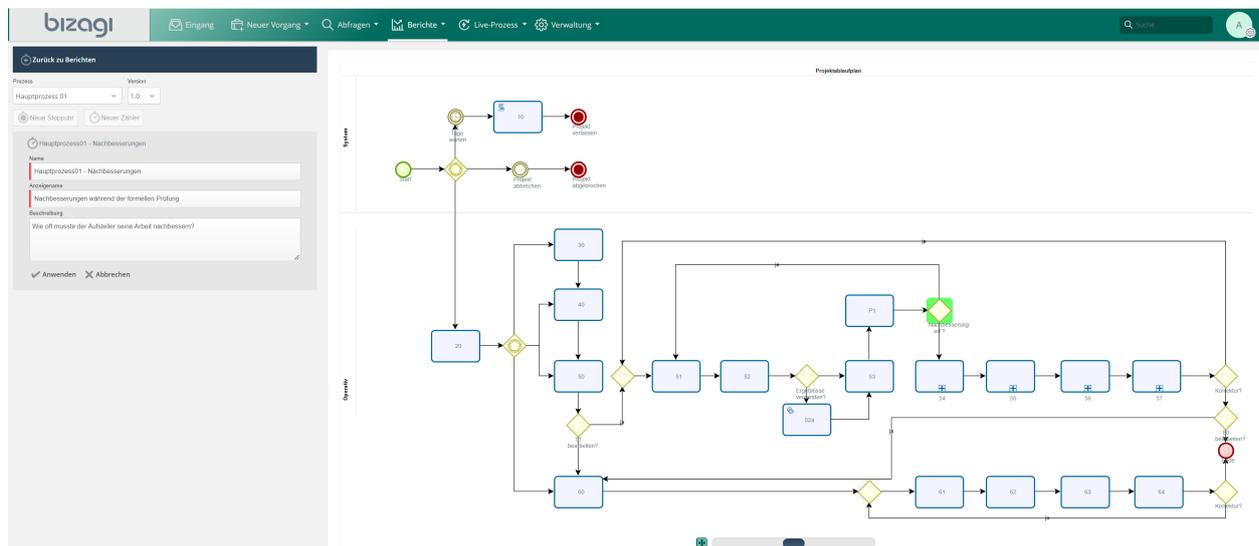
(vgl. gelbes Symbol/Semaphore in Abbildung 5.45 (a)). Die Zeit des Risikosignals wird für jeden Prozess definiert, sie wird nicht an die Unterprozesse vererbt und sie ist für alle Prozessaktivitäten allgemeingültig. Sofern das Risikosignal bspw. einen Zeitwert von zwei Stunden enthält und die Aktivität A70 zur Bemessung der Holzrahmenbauwand bspw. um 12:00 Uhr abläuft, dann wird das Risikosignal um 10:00 Uhr gelb und ab 12:00 Uhr rot. Im Zuge dieser Arbeit wurde dem Risikosignal kein Zeitwert zugeordnet, sodass das Zeitfenster des gelben Signalsymbols standardmäßig 24 Stunden vor dem Ablauf der Aktivität gelb aufleuchtet. In der Tabelle 5.9 sind exemplarisch die Aufgabentypen, Rollen und Dauern dargestellt, die dem Hauptprozess-01 hinterlegt sind (alle weiteren Tabellen mit den entsprechenden Inhalten sind dem Anhang A.6 zu entnehmen).

Durch die Anzeige von zeitkritischen Zuständen wird den End-Usern im Statikportal in Echtzeit dargestellt, ob sich die Bearbeitung der aktuellen Tätigkeiten noch im grünen Bereich befinden und somit sich die aktuellen Tätigkeiten noch innerhalb des vertraglich vereinbarten Fertigstellungszeitraums befinden, die Fertigstellung der Tätigkeiten bereits vertraglich zeitkritisch oder sogar schon überfällig sind. Durch die systematische Änderung von Aktivitätszuständen entfällt eine manuelle Pflege von Leistungsständen durch bspw. Planlisten oder Planverzeichnisse, da das Statikportal den aktuellen Bearbeitungsstand mit den Fertigstellungsterminen automatisch abgleicht und die Fertigstellungszeitpunkte sowie deren Datenübertragungen, wie in Abbildung 5.47 ersichtlich, dokumentiert.

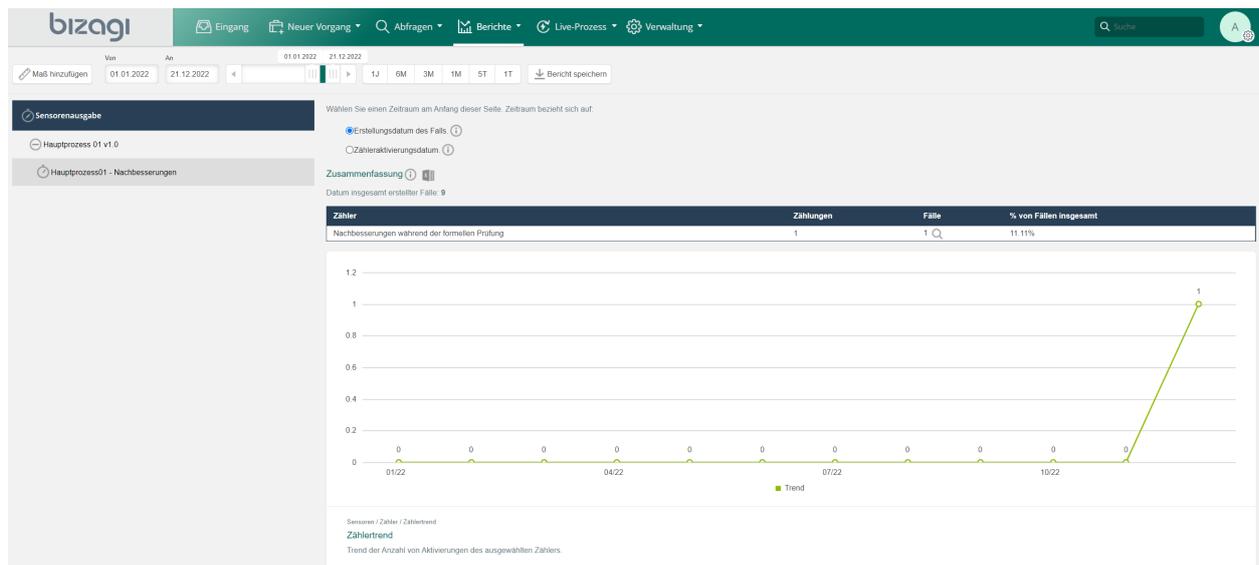
5.5.2 Kritische Zyklen für die Benachrichtigung von Verzugsmeldungen

Wie bereits im Kapitel 5.2.1 erläutert, wird der Verzug des Aufstellers nicht direkt über den Prozess, sondern durch die Anzahl von durchlaufenden Zyklen während des Prozessablaufs bestimmt. Damit festgestellt werden kann, wie oft der Aufsteller aufgefordert wurde, die eingereichten Inhalte nachzubessern, werden über das Statikportal Sensoren instanziiert, die innerhalb eines Wenn-Dann-Ereignisses die Anzahl von Durchläufen eines Prozessflusses zählen. Mit diesem Sensor lassen sich Indizes von Wiederverarbeitungen und Schleifen bestimmen. So liefert der Sensor, neben der Zäh-

lung von Durchlaufzyklen, „Daten zur Optimierung von Prozessen, indem er Aktivierungstrends, Zählungen und eine Liste über beteiligte Fälle ausweist“ [15, S. 4779]. Der Zähler wird über das Hauptmenü in der Registerkarte Berichte/Sensor, wie in Abbildung 5.48 dargestellt, instanziiert und ausgewertet.



(a)



(b)

Abbildung 5.48: Frontend – Sensor zum Zählen von Prozessdurchlaufzyklen: (a) Initiierung des Zählers; (b) Auswertungsmöglichkeiten des Zählers

BIZAGI berechnet den Zähler entweder nach dem Datum der Fallerstellung oder nach dem entsprechenden Aktivierungsdatum des Zählers. Nach der Berechnung der Fallerstellung werden nur die Fälle gezählt, die das Wenn-Dann-Ereignis innerhalb eines Falles durchlaufen, wohingegen bei der Berechnung des entsprechenden Aktivierungsdatums des Zählers alle Durchläufe gezählt werden, ab dem der Zähler instanziiert wurde. Die Ausgaben lassen sich per Knopfdruck, wie in Abbildung 5.48 (b) mit einem Durchlauf dargestellt, jederzeit anzeigen.

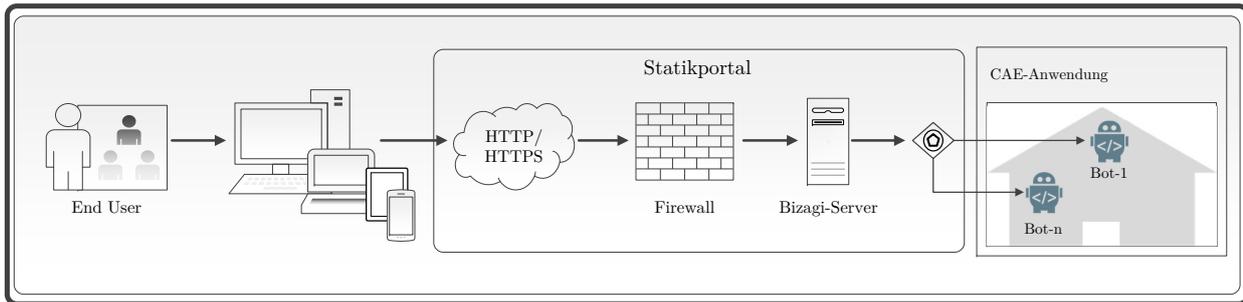


Abbildung 5.49: System-Infrastruktur des prozess- und robotergesteuerten Statikportals

5.6 Einbindung der Robotic Process Automation ins Statikportal

Die vorgeschlagene Konzeptionierung des prototypisch zu entwickelnden Statikportals bindet die Modellierungstechnik in den digitalisierten Aufstell- und Prüfprozess mit ein (vgl. Abbildung 4.1). Die Modellierungstechnik bietet einen operationalisierten Ansatz zur Erstellung und Anreicherung von Bau-Produktmodellen mittels CAE. Wie bereits im Kapitel 3.3 erläutert, besteht ein Bau-Produktmodell aus geometrischen, integrativen und intrinsischen Informationen. Als Grundlage werden geometrische und intrinsische Informationen der Tragwerksplanung bereits von der Objektplanung bereitgestellt, damit innerhalb der Tragwerksanalyse die Bauteile dimensioniert, die Baustoffeigenschaften festgelegt und das Tragwerk konstruktiv durchgebildet werden kann. Im Statikportal sind bereits geometrische Informationen – in Form von Breite, Höhe und Länge – sowie intrinsische Informationen – in Form von Materialeigenschaften – enthalten (vgl. Abbildung 5.31 (a)). In Zusammenhang mit lokalen Koordinaten und der Anzahl an statisch geforderten Bauteilen reichen diese Informationen bereits aus, um ein Bau-Produktmodell zu erstellen oder es mit weiteren Informationen anzureichern. Die Modellerstellung und -anreicherung erfolgt in der Regel manuell durch eine objektorientierte CAD-Anwendung, mit der Bauteile als Objekte zu einem Gesamtkonstrukt zusammenfügt bzw. modelliert und durch alphanumerische Werte ergänzt werden. Je nach Komplexität des Bauwerks können diese Tätigkeiten mehr oder weniger zeitintensiv und fehleranfällig sein. Damit der Zeit- und Ressourcenaufwand für manuelle, repetitive, zeitintensive oder fehleranfällige Modellierungstätigkeiten eingespart werden kann, wird der digitalisierte Kontext des Statikportals verwendet, um darauf aufbauend abgestimmte RPA-Bots zu programmieren, die den End-User bei der Erstellung oder Anreicherung von Bau-Produktmodellen technisch unterstützen. Die RPA-Technologie wird in dieser Arbeit verwendet, da sie auf bestehenden IT-Landschaften aufbaut und als Brückentechnologie verwendet werden kann, um die im Unternehmen eingesetzten Systeme ohne Beeinflussung zu steuern [93, S. 11]. Hinzu kommt, dass für die Einbindung der RPA-Bots in den operativen Geschäftsablauf keine tiefgreifenden Erfahrungen mit Programmiersprachen erforderlich sind [119, S. 16]. Bspw. enthält die in dieser Arbeit verwendete Software „UiPath Studio“ eine integrierte Aufzeichnungsfunktion, „die Aktionen eines Benutzers auf dem Bildschirm erfassen und diese in Sequenzen umwandeln“ [135]. Damit die RPA-Bots auch in anderen Prozessen ausgeführt oder wiederverwendet werden können, lassen sich die Sequenzen bzw. Routinen nachträglich in einer *Endbenutzer-Entwicklung* ähnlichen Oberfläche manuell modifizieren.

Wie in Abbildung 5.49 dargestellt, werden aus dem Statikportal bzw. aus den automatisierten Prozessen heraus sequenziell die RPA-Bots aufgerufen, eigenständig deren programmierte Routinen auszuführen. Die RPA-Ausführung erfolgt auf der Benutzeroberfläche, außerhalb des Statikportals, durch die Verwendung von lokal installierten Softwareprogrammen. Während im Kapitel 5.3 beschrieben wurde, wie der Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen digitalisiert werden kann, wird in diesem Kapitel beschrieben, wie RPA-Bots die digitalisierten Prozesse unterstützen, indem sie

manuelle Tätigkeiten übernehmen und deren Ergebnisse in das Statikportal zurückübertragen. Dafür ist es notwendig, die RPA-Bots in den Automatisierungsprozess zu integrieren und die Formulare des Statikportals um die entsprechenden Eingangsparameter zu erweitern.

5.6.1 Fallbeispiel und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Der Einsatz von RPA-Technologie wird in der Regel ab einem Full Time Equivalent (FTE) von 1,5 bis 2 wirtschaftlich [106]. Das Vollzeitäquivalent (engl. FTE) beschreibt eine Hilfsgröße zur Messung der Arbeitszeit, in Bezug auf die Anzahl der gearbeiteten Stunden im Verhältnis zu der üblichen Arbeitszeit eines Vollzeit-Erwerbstätigen, mit bspw. 40 Stunden Arbeitszeit je Woche. Für eine genauere Wirtschaftlichkeitsbewertung empfiehlt sich die Nutzwertanalyse [101, S. 42], die bspw. feststellt, inwieweit durch die RPA-Technologie die Prozessfehlerquote reduziert wird und der Prozessoutput stabil bleibt. Adaptiert auf die konstruktive Bauplanung setzt dies voraus, dass bereits Leistungskennzahlen oder Erfahrungswerte aus abgeschlossenen Bauplanungsprojekten vorhanden sind, um das Kosteneinsparpotential durch die Verwendung der RPA-Technologie feststellen zu können. Vereinzelt mögen diese Vergleichswerte in Unternehmen vorhanden sein, doch werden diese nicht im vollen Umfang öffentlich bekannt gegeben. Um dennoch das Kosteneinsparpotential der RPA-Prozessautomation für diese Arbeit in den Grundzügen abschätzen zu können, wird im folgenden Anwendungsszenario das Zeiteinsparpotential im Verhältnis zu den freigesetzten Kosten der prozessausführenden Ressource je Zeiteinheit [Euro/FTE] gesetzt (vgl. [101, S. 50]).

Anwendungsszenario: Der Freigabeprozess in einem BIM-Projekt erfolgt in der Regel über eine CDE [48]. In dieser Arbeit erfolgt der Freigabeprozess allerdings über ein Statikportal, indem der konsekutiv aufbauende Kontext prozessgesteuert (sequenziell) generiert wird. Verortet sind die Prüfkomentare direkt in den statischen Positionen des Aufstellers, sodass die Kommunikation nicht indirekt über das BCF erfolgt, deren Textfelder von den zur Verfügung stehenden Zeichen begrenzt sind. Die Kommunikation zwischen dem Aufsteller und Prüfer erfolgt somit nicht zwangsläufig über den Austausch von IFC- und BCF-Dateien. Um dennoch in einem BIM-Projekt die vom Prüfer freigegebenen Bauteile in einem Bau-Produktmodell kenntlich zu machen, ist es erforderlich, die freigegebenen IFC-Objekte mit dem Hinweis Prüfstatus "Freigabe ERTEILT" zu modifizieren. Dafür ist es notwendig eine Anwendungssoftware zu verwenden, die in der Lage ist, IFC-Dateien zu lesen, die darin vorhandenen Eigenschaften zu verändern und die Änderungen als IFC-Datei auszugeben. Für diesen Vorgang wird exemplarisch der IFC-Editor von usBIM verwendet¹², der es erlaubt, Modifikationen in den Eigenschaften einer bereits erstellten IFC-Datei, im sogenannten *IfcPropertySet* vorzunehmen. Als Anwendungsszenario wird die Freigabe des Prüfers für die Sparrenbemessung der Aktivität A10 zugrunde gelegt (vgl. Kapitel 5.3.2): Der Prüfer möchte die Sparren zur Ausführung freigeben und überträgt die Information in den benutzerdefinierten Eigenschaften mit dem Eigenschaftsnamen „Prüfstatus“ und dem Inhalt „Freigabe ERTEILT“ als Text im Wertefeld. Der manuelle Vorgang ist in der Abbildung 5.50 dargestellt und dauert ungefähr 117 Sekunden. Für das in dieser Arbeit zugrunde gelegte Referenzprojekt benötigt der Prüfer somit bei allen 49 Positionen 5.733 Sekunden: $t_1 = 49 * 117 = 5733sec$

¹² Link zur Homepage von usBIM: <https://www.accasoftware.com/de/freeware/usbim.viewer+>

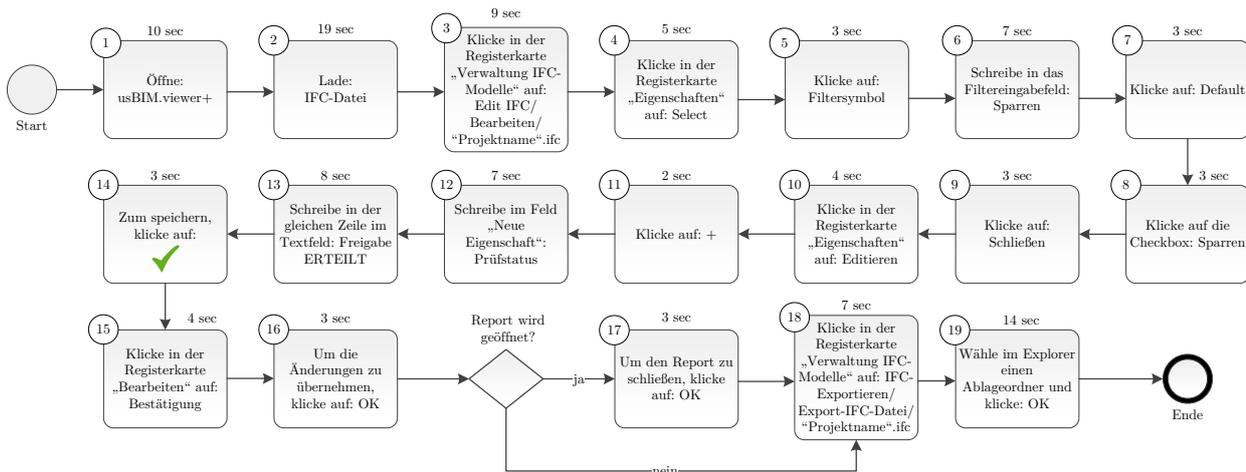


Abbildung 5.50: Arbeitsabfolge für die manuelle IFC-Modifikation mithilfe der Software us-BIM.viewer+ (v.900c) – Am Beispiel der Prüffreigabe für die Sparrenbemessung in Aktivität P10

Bei einer Projektlaufzeit von ungefähr 150 Stunden (vgl. Tabelle 5.9), entspricht die manuelle Bearbeitungszeit der dargestellten IFC-Modifikation 1,1 % der gesamten Projektbearbeitungsdauer:

$$\eta_{t,1} = \frac{t_1}{t_{ges}} = \frac{49 * 177sec}{60 * 60 * 150h} = 0,011 \quad (5.1)$$

Die beschriebene Berechnung ist stark abhängig von der zu ladenden Dateigröße und von den subjektiven Erfahrungen der verantwortlich handelnden Person, in Bezug auf die Anwendung der zugrundelegten Software. Unerfahrene Personen, die zumal im Umgang mit der Arbeitsmethodik BIM bisweilen noch keine Berührungspunkte hatten, werden beim erstmaligen Gebrauch mehr Zeit zur Lösung der Aufgabe in Anspruch nehmen. In diesem Fall würde eine Automatisierung allein für diesen kleinen Anwendungsfall bereits Einsparpotentiale darstellen, da die freigegebenen Bauteile im Bau-Produktmodell automatisch gekennzeichnet und ohne manuelle Tätigkeiten den weiteren Prozessbeteiligten im Statikportal zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin ist es denkbar, dass nicht nur Einfamilienwohnhäuser, sondern auch Projekte mit einem größeren Bauvolumen über das Statikportal realisiert werden. Sollte das Statikportal gar als zentrale Plattform für Bauprojekte eingesetzt werden, würden mehrere Personen und mehrere Projekte gleichzeitig über das Statikportal agieren und abgewickelt werden, sodass sich der Kosten-Nutzen-Faktor stark verändern würde.

Um darzustellen, welchen Zeitaufwand die RPA-Technologie benötigt, um die zuvor beschriebene Aufgabe zu lösen, wird der Vorgang im UiPath Studio rekonstruiert und mithilfe der Aufzeichnungs- und Klickfunktion [132] als Prozesssequenz, wie im Bereich 1 der Abbildung 5.52 ausschnittsweise dargestellt, umgewandelt. Dieser Prozess bildet die Routine zur standardisierten Ausführung eines RPA-Bots für das nachträgliche Hinzufügen des aktuellen Prüfstatus der Sparren in eine bestehende IFC-Datei, sofern die Bemessung vom zuständigen Prüfer im Statikportal freigegeben wurde (vgl. Abbildung 5.53).

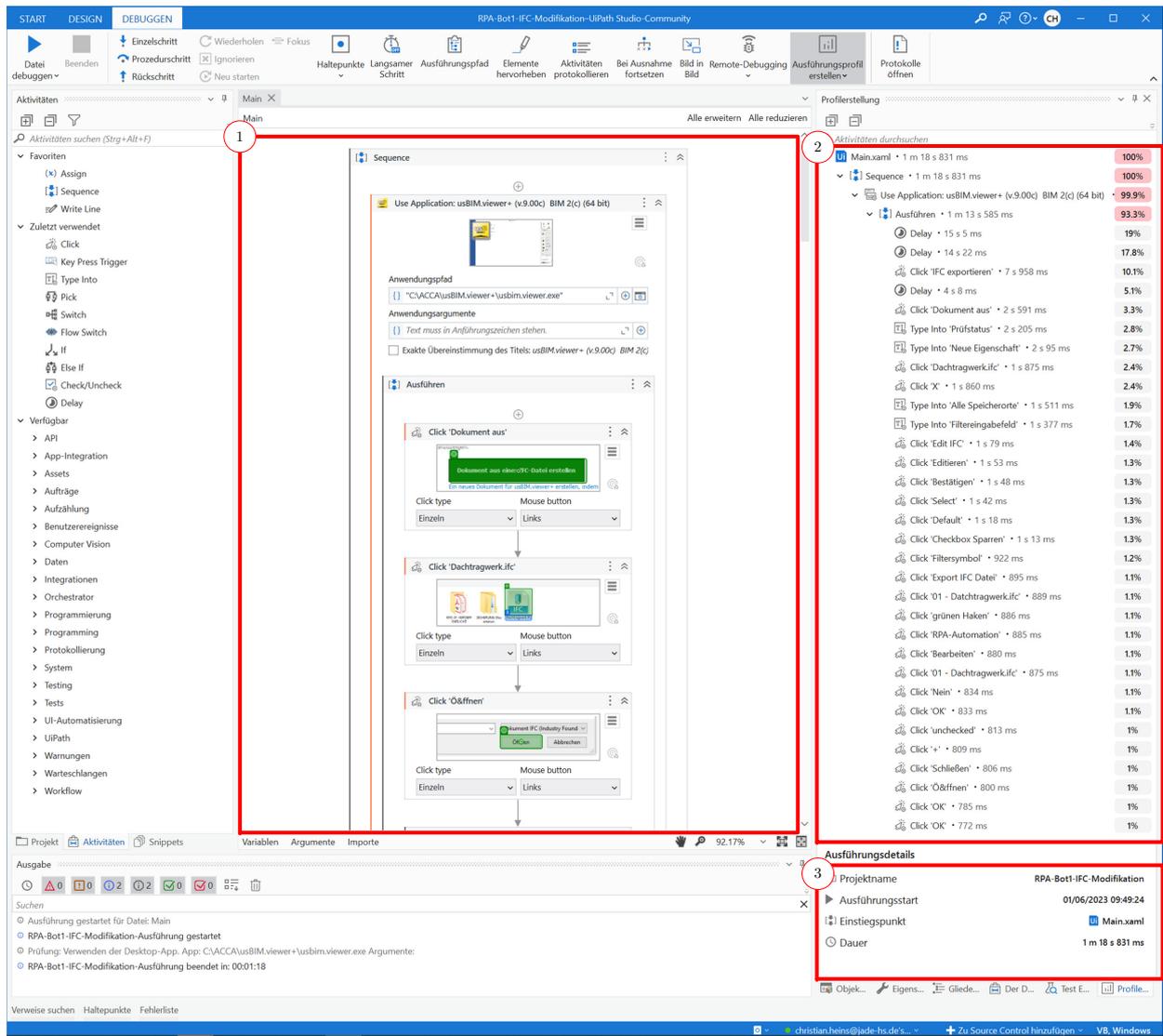


Abbildung 5.51: Ausführungsdetails der RPA-Automation für die PSet-Modifikation einer bestehenden IFC-Datei, für die hoheitliche Freigabe der Sparrenbemessung in Aktivität P10

Der händische und der automatisierte Prozess liefern beide die gleichen Ergebnisse (vgl. Abbildung 5.52), da die RPA-Technologie manuelle Tätigkeiten der End-User imitiert. Der automatisierte Prozess ist mit $t_2 = 79$ Sekunden Durchlaufzeit, wie im Bereich 3 der Abbildung 5.51 dargestellt, um 38 Sekunden schneller als der Vorgang durch manuelle Tätigkeiten. Innerhalb der Durchlaufzeit sind insgesamt 33 Sekunden für die Verzögerung der Antwortzeiten des verwendeten Systems berücksichtigt, die im Bereich 2 der Abbildung 5.52 als „Delay“ gekennzeichnet sind. Die Zeitersparnis für die dargestellte IFC-Modifikation kann durch die Nutzung von nativen Formaten (bspw. im Standard for the exchange of product model data, kurz STEP) oder ggf. mit anderweitigen Fremdsystemen noch weiter reduziert werden. Die Bearbeitungszeit zur Lösung der Aufgabe mittels RPA-Technologie reduziert sich in dem gegebenen Fall auf eine Gesamtbearbeitungsdauer von 0,8 %:

$$\eta_{t,2} = \frac{t_2}{t_{ges}} = \frac{49 * 79sec}{60 * 60 * 150h} = 0,008 \quad (5.2)$$

Die Eingangsparmeter für die obigen Zeitberechnungen sind identisch (Systemvoraussetzung, Datengröße, Arbeitsabfolge, Erfahrungswerte im Umgang mit der zugrunde gelegten Software). Die Zeiten für die Initialisierung und Implementierung der RPA-Lösung basiert allerdings auf Erfahrungswerte die mit den Betriebskosten und der Beratung fallbezogen stark schwanken und somit nur rudimentäre Näherungswerte für das Kosteneinsparpotential liefern. Um dennoch eine erste Entscheidungsgrundlage für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bereitstellen zu können, werden die folgenden Eingangsparmeter vorausgesetzt:

- Stundenlohn: 100 Euro/Stunde bzw. 1,67 Euro/Minute (frei gewählt)
- RPA-Ressourcen: 10.000 Euro/Jahr bzw. 0,019 Euro/Minute [101, S. 50]
- Statikportal-Lizenz¹³: 400 Euro/Jahr bzw. 0,00076 Euro/Minute
- Manuelle Durchführung: 117 Sekunden bzw. 1,95 Minuten
- Automatisierte Durchführung: 79 Sekunden bzw. 1,32 Minuten

Bei einer einfachen Prozesskostenrechnung ergibt sich das Zeiteinsparungspotential wie folgt (vgl. Abbildung 4.2 in [101, S. 43]):

$$\Delta_{FTE} = FTE_{Mitarbeiter} - FTE_{Bot} = 49 * 1,95 - 49 * 1,32 = 30,87 \text{ Minuten} \quad (5.3)$$

Die Kostendifferenz der prozessausführenden Ressourcen je Zeiteinheit ergibt sich wie folgt:

$$\Delta_{Kosten} = \Delta_{Mitarbeiter} - \Delta_{Bot} = 1,67 - (0,019 + 0,00076) = 1,65 \text{ Euro/Minute} \quad (5.4)$$

Das Kosteneinsparpotential des zugrunde gelegten Falles beträgt somit:

$$\text{Kosteneinsparpotential} = \Delta_{FTE} * \Delta_{Kosten} = 30,87 * 1,65 = 50,94 \text{ Euro} \quad (5.5)$$

Diese Berechnungen berücksichtigen das Kosteneinsparpotential mit einer Durchlaufquote von $D = 1$, indem die behandelte Aufgabe je Bauteil nur einmal gelöst werden musste. Sofern in einem Zeitfenster mehrere Projekte im Statikportal zeitgleich bearbeitet werden, die Durchlaufquote auf $D > 1$ erhöht wird, sich die Anzahl der zu bearbeitenden statischen Positionen, die Computer-Performance oder sich der Stundenlohn verändert, ändert sich das Kosteneinsparpotential dementsprechend. Auf Basis des Statikportals lässt sich ein RPA-Bot auch daraufhin programmieren, dass er innerhalb seiner Routine entscheidet, welches Prüfmerkmal er in die betrachtete IFC-Datei einzutragen hat (bspw. nicht prüfbar, nicht freigegeben, mit Grüneintragungen freigegeben etc.), wohingegen der End-User nach jedem neuen Durchlauf die Prüfmerkmale in den Positionen des IFC-Modells manuell verändern muss.

Durch die Standardisierung des Aufstell- und Prüfprozesses mittels BPMN-Elementen und der starren Anordnung von Formularen in den Bearbeitungsmasken des Statikportals greift die RPA-Technologie auf immer wiederkehrende Bearbeitungsfelder zurück, die sich somit dafür eignen, die erforderlichen Eingangsparmeter für die RPA-Ausführung bereitzustellen. Die folgenden Anwendungsfälle wurden im Zuge dieser Arbeit als weitere mögliche Anwendungsszenarien für eine im Statikportal integrierte RPA-Ausführung erachtet, die im Zuge dieser Arbeit allerdings nicht weiter berücksichtigt werden:

- **Software- und Datenbereitstellung:** Automatisierte Bereitstellung von Software, Templates und Bibliotheken
- **Organisation von Bau-Produktmodellen:** Automatisierte Organisation (Eintragung und Übertragung) von Merkmalen in den Eigenschaftssätzen von multiplen Bau-Produktmodellen

¹³ Korrespondenz mit BIZAGI: Der Schätzwert für eine Lizenz liegt bei 400 Euro pro Jahr und User

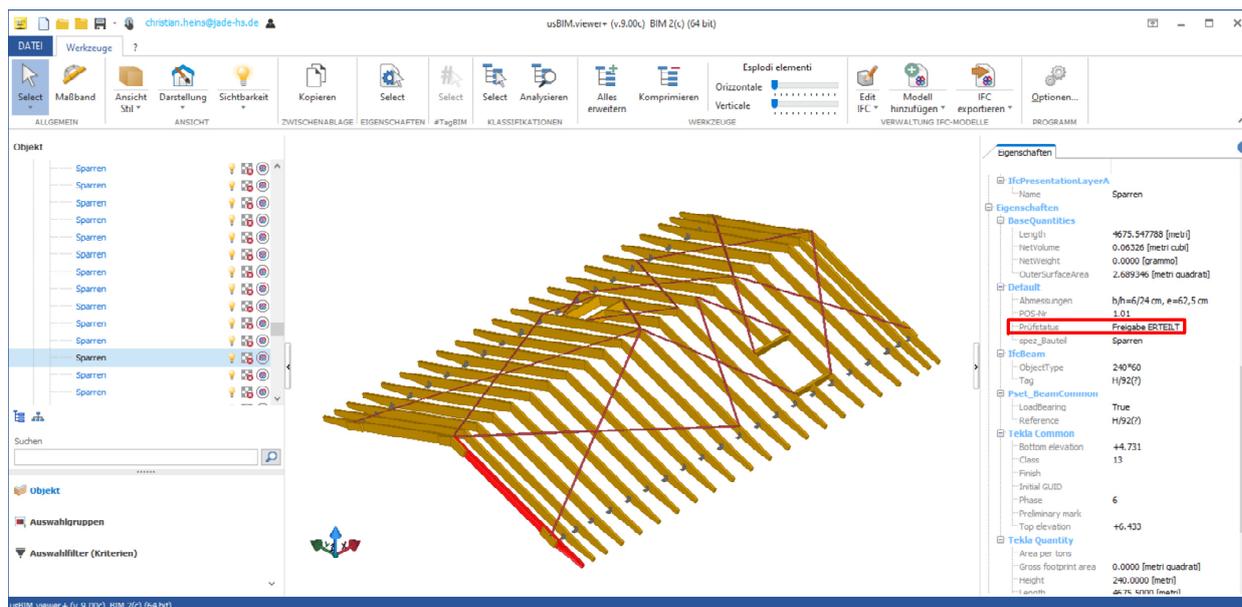


Abbildung 5.52: Ergebnis der manuellen und automatisierten PSet-Modifikation

- **BCF-Erstellung:** Automatisierte Eintragungen von modellbasierten Kommentaren, Priorisierung, verantwortliche Personen, Fälligkeitsdatum und Bearbeitungsstatus
- **Durchführung und Auswertung von Modellprüfungen:** Vollautomatisierte Modellprüfung (bspw. Abgleich zwischen den gewählten Querschnitten einer statischen Position und den zugrunde gelegten Querschnitten in einem Bau-Produktmodell oder Abgleich der spezifizierten Anforderungen eines Pflichtenhefts mit den Gegebenheiten eines Bau-Produktmodells)
- **CAD-Automatisierung:** Automatisierte Ausführung einfacher CAD-Anwendungen (Berichterstellung und Modellierung)
- **Ansteuerung von Fremdsystemen:** Automatisierte Übertragung von Ergebnissen in und aus Fremdsoftware (bspw. für das Monitoring der Geschäftsanalytik)

5.6.2 Modifikation und Implementierung der RPA-Routine für die Ausführung durch das Statikportal

Um einen RPA-Bot in den automatisierten Prozess des Statikportals einzubinden, ist es zunächst erforderlich zu entscheiden, ob der RPA-Bot automatisch (unbeaufsichtigt) oder manuell (beaufsichtigt) ausgeführt werden soll. In dieser Arbeit wird für Testzwecke ein beaufsichtigter Roboter (engl. attended Bot) in das Statikportal integriert, der über die Arbeitsstation des End-Users ausgeführt wird. Mit dieser Entscheidung wird zwar die Bearbeitung des Statikportals über ein Mobilgerät ausgeschlossen, da BIZAGI die Ausführung von Attended-Bots auf mobilen Endgeräten nicht unterstützt [19], der End-User jedoch dadurch die Möglichkeit hat, die Arbeitsschritte des Bots auf seiner Arbeitsstation visuell nachvollziehen und ggf. in die Ausführung manuell einzugreifen. Sofern die erzielten Ergebnisse nicht dem entsprechen, was erwünscht ist, hat der End-User die Möglichkeit, die entsprechenden Inhalte nachträglich manuell im Statikportal hochzuladen (vgl. Attribut <uMP10-Ifc-Prufstatus> in Abbildung 5.53).

Damit das Statikportal die Attended-Bots ansteuern kann, ist es erforderlich, die Formulare des standardisierten Aufstell- und Prüfprozesses mit den Routinen der RPA-Bots aufeinander abzustimmen.

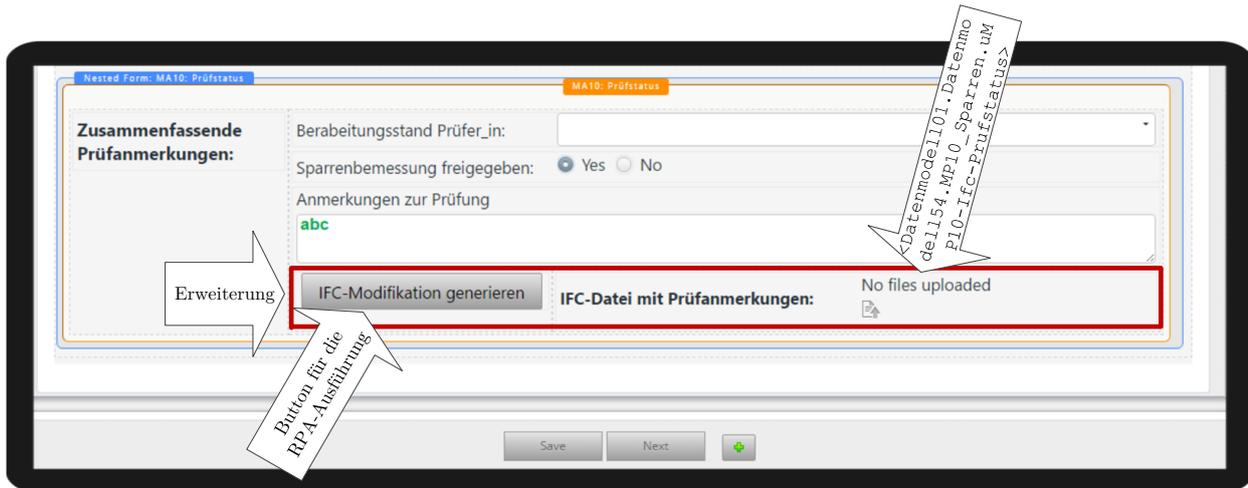


Abbildung 5.53: Beispiel zur Erweiterung des Formulars P10 für die Implementierung von RPA-Bots ins Statikportal, um eine IFC-Datei automatisiert zu modifizieren

Bezogen auf das obige Fallbeispiel in Kapitel 5.6.1, wird dafür exemplarisch das Formular P10 für die Prüfung der Sparrenbemessung, wie in Abbildung 5.53 dargestellt, erweitert. Bevor nun die in Kapitel 5.6.1 verwendete Sequenz zu einem RPA-Bot umgewandelt bzw. veröffentlicht wird, muss die Sequenz für den Gebrauch auf unterschiedliche Arbeitsstationen angepasst werden. So unterscheidet sich die visuelle Darstellung der Steuerelemente in der Menüleiste des `usbim.viewer+`, je nach der zur Verfügung stehenden Bildschirmgröße automatisch¹⁴. Die Größenänderung eines Computerfensters wird im UiPath Studio durch die Aktivität `<MoveWindow>` (Bereich 1 der Abbildung 5.54) auf eine Breite von $width(Int32) = 2703$ und einer Höhe von $height(Int32) = 1649$, wie im Bereich 2 der Abbildung 5.54 dargestellt, allgemeingültig fixiert¹⁵. Auf Basis dieser einheitlichen Fenstergröße¹⁶ werden die Steuerelemente (engl. UI-Element) mithilfe der Aktivität `<UiPath.Core.Activities.NClick>` als Sequenz für die RPA-Routine übersetzt [132].

Der betrachtete UiPath-Prozess (vgl. Abbildung 5.55 (c)) ist für andere als die gegebenen Arbeitsstationen als fragil einzustufen, da die UI-Elemente vom Bot nur dann angesteuert werden können, wenn sich die Zielgrößen und -positionen der UI-Elemente nicht verändern und sich der Dateipfad für das Hochladen und Abspeichern der betrachteten Datei nicht direkt im Zielpfad öffnet. Sofern die im UiPath-Prozess hinterlegten UI-Elemente von den Zielpositionen des ausgeführten Fensters abweichen, können unspezifizierte UI-Elemente vom Bot nicht mehr erkannt werden. So zeigen die Testläufe, dass bspw. der Eintrag des Prüfstatus und die Eingabe „Freigabe ERTEILT“ in den Property Sets (PSets) durch die `<NClick>`-Aktivität nicht immer eindeutig innerhalb der Fensterposition identifiziert werden kann (vgl. Abbildung 5.55 (a)). Dies ist darauf zurückzuführen, dass zum einen keine textlichen Erkennungsmerkmale im Freifeld zur Verfügung stehen und zum anderen die Anker-Funktion [133] nicht immer eindeutig zugewiesen werden kann. Für eine Ausführung der RPA-Bots auf individuell eingerichteten Arbeitsstationen ist somit noch weiterer

¹⁴ vgl. Menüleiste in Abbildung 5.52 – für den Sichtbereich eines Bildschirms mit 31,5 Zoll – und der Abbildung 5.54 im Bereich 3 – für den Sichtbereich eines Laptops mit 13,4 Zoll

¹⁵ Optimale Fenstergröße – 13,4 Zoll: $Width(Int32) = 2703$, $Height(Int32) = 1649$

Optimale Fenstergröße – 31,5 Zoll: $Width(Int32) = 1638$, $Height(Int32) = 1649$

Arithmetisches Mittel der Fensterbreite: $\bar{x}_{width} = (2703 + 1638)/2 = 2171$

¹⁶ Anmerkung: Bei der Ausführung des gegebenen UiPath-Prozesses, auf einem Bildschirm mit einer Sichtgröße von 31,5 Zoll, ist zu Beginn der Prozessausführung die Fensterbreite händisch auf die Steuerelementgröße der Menüleiste in Abbildung 5.54 zu reduzieren

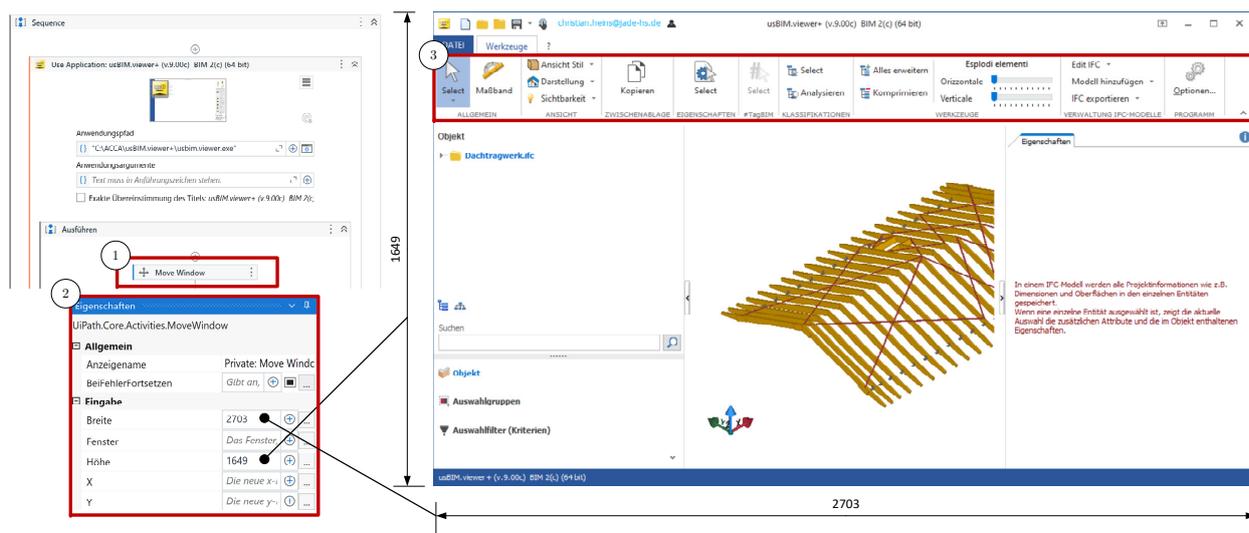


Abbildung 5.54: Erweiterung der RPA-Routine für eine einheitliche Größe des Computerfensters zur Verwendung eines attended RPA-Bots auf unterschiedlichen Arbeitsstationen

Optimierungsaufwand erforderlich, der im Zuge dieser Arbeit vernachlässigt wird.

Die Integration eines Attended-Bots in den digitalisierten Prozess des Statikportals erfolgt anhand der folgenden Schritte [19]:

1. Veröffentlichung des UiPath-Prozesses im Orchestrator [136]
2. Öffnen des UiPath-Prozesses im lokalen UiPath-Assistenten [134]
3. Installation des UiPath JavaScript Add-On, auf dem Robotercomputer (wird in der Regel während der Installation des UiPath-Studios mitinstalliert) [137]
4. Installation des CORS-Plugins auf der Arbeitsstation des Statikportals (wird in der Regel während der Installation des UiPath-Studios mitinstalliert) [138]
5. Konfiguration der Verbindung zwischen BIZAGI und dem UiPath-Orchestrator [18]
6. Definition der Inhaltssicherheitsrichtlinie [20]

Damit das Statikportal RPA-Bots ausführen kann, ist eine Verbindung zwischen BIZAGI und dem UiPath-Orchestrator herzustellen, für die eine Full-Orchestrator-URL erforderlich ist. Aufgrund dessen, dass die in dieser Arbeit verwendete UiPath „Community Edition“ nicht über eine Full-Orchestrator-URL verfügt [139], wird – aufgrund von nicht vorhandenen finanziellen Mitteln – auf weitergehende Erläuterung zur Einbindung von Attended-Bots in die Integrationsschicht von BIZAGI verzichtet.

ENTWICKLUNG UND MODELLBASIERTE UMSETZUNG EINES STATIKPORTALS FÜR DIE PARTIZIPATIVE BEARBEITUNG VON TRAGWERKSBERECHNUNGEN IN EINER .NET-UMGEBUNG

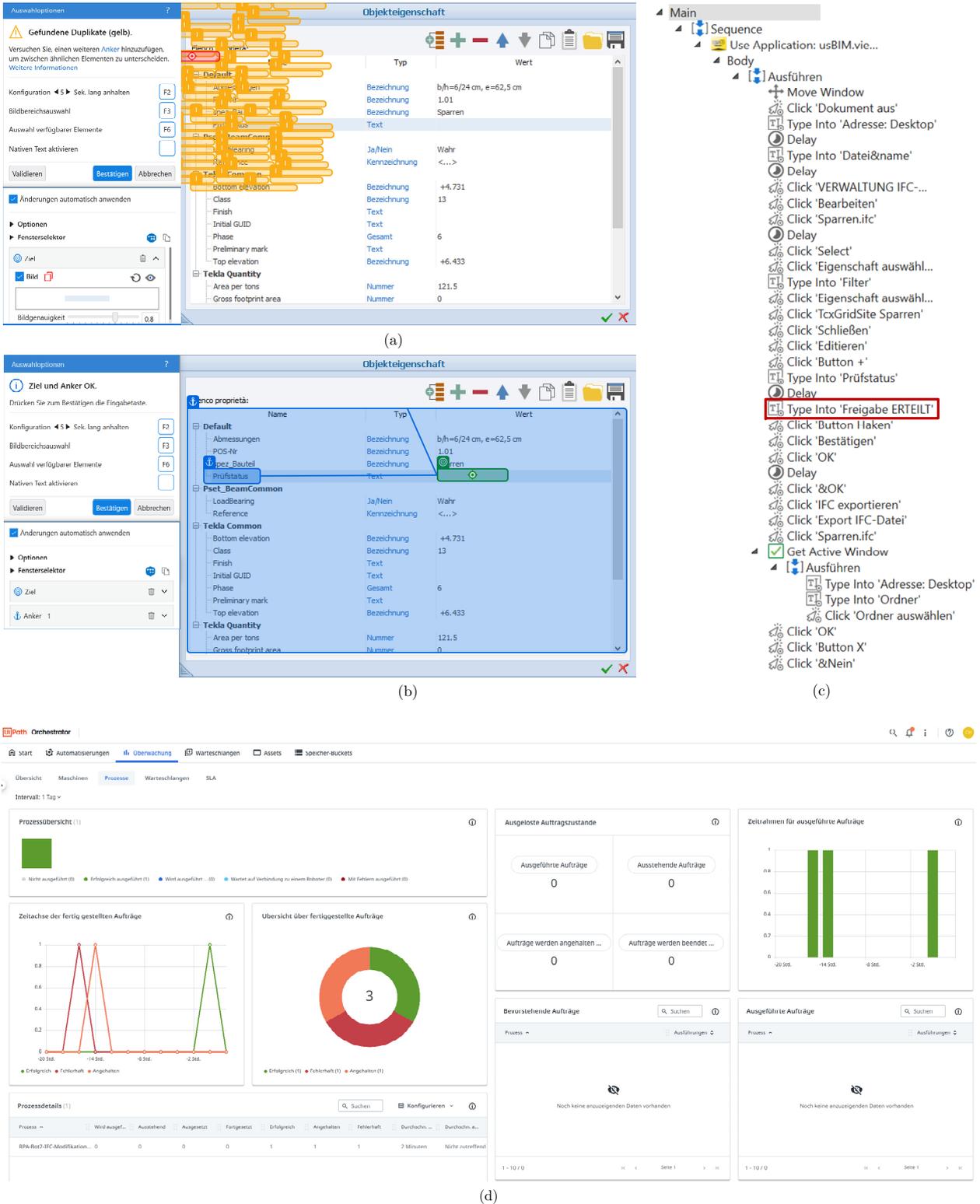


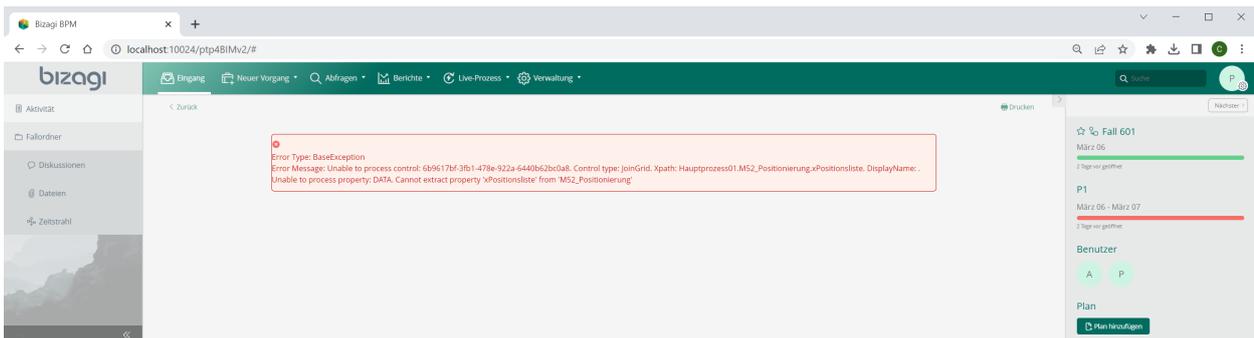
Abbildung 5.55: Auszüge aus der UiPath „Community Edition“ – (a) Fehlinterpretation des Attended-Bots bei der Ausführung der Aktivität `<UiPath.UIAutomationNext.Activities.NTypeInto>` „Freigabe ERTEILT“ im usBIM.viewer, auf einer anderen Arbeitsstation; (b) Zielposition und Verortung durch Anker auf der Zielarbeitsstation; (c) Gliederung des UiPath-Prozesses; (d) Prozessüberwachung im UiPath-Orchestrator

5.7 Prozessverifikation des Statikportals

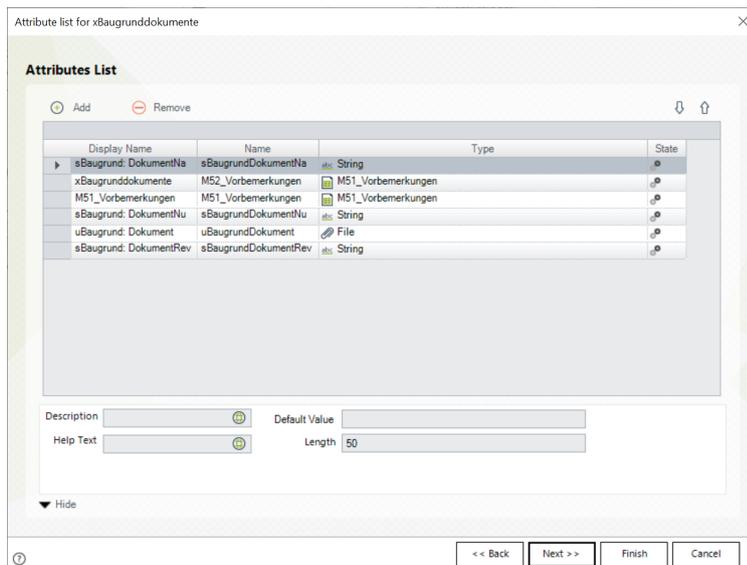
Die Entwicklung des Statikportals erfolgte systematisch vom Hauptprozess-01 bis zum Teilprozess-57, wie im Kapitel 5.3 erläutert und in der Abbildung 4.4 prinzipiell dargestellt. Zuerst wurden der Hauptprozess-01 modelliert, das Datenmodell-01 erstellt, die Formblätter angelegt, die Geschäftsregeln definiert und die Rollen zugewiesen. Im Anschluss wurde der Hauptprozess-01 in die .NET-Umgebung überführt (vgl. Kapitel 5.4) und die Frontend wurde, gemäß dem Kapitel 5.5, konfiguriert. Anschließend wurde das Statikportal mit Hinblick auf die ordnungsgemäße Darstellung der Formblätter, die korrekte Verknüpfung der hinterlegten Attribute und die korrekte Definition der Prozesspfade sowie die Rollenzuweisung getestet. Diese Vorgehensweise wiederholte sich für die Teilprozesse-54 bis -55, die vorerst als alleinstehende Prozesse in der Entwicklungsumgebung ausgeführt und getestet wurden. In dieser Testphase verhielt sich das Statikportal wie erwartet (vgl. Abbildungen 5.57, 5.58 und 5.59): Die Formulare und der prozessuale Kontext wurden ordnungsgemäß im Browser und in den vom Statikportal generierten Templates angezeigt. Die vordefinierten Bedingungen der Prozesspfade wurden in den jeweiligen Gateways eingehalten und die Aktivitäten wurden den Rollen (<Aufsteller> und <Pruefer>) korrekt zugewiesen.

Im Zuge der Implementierung der Teilprozesse und deren Mehrfachinstanz-Teilprozesse, als Kinderprozesse des Hauptprozesses01 (vgl. Kapitel 5.3.3.2), sind jedoch Kodierungsfehler aufgetreten (sogenannte BUGS), die das Testen des Gesamtprozessablaufes zuerst nicht ermöglichten: Erstmals ist ein BUG in der Aktivität M52 aufgetreten. Nach leichten Änderungen in den Formblättern und im Datenmodell-01 verweilte der BUG, wie in der Abbildung 5.56 (a) dargestellt, dauerhaft in der Aktivität P1. Eine Literaturrecherche ergab zunächst, dass der BUG auf einen zu vollen temporären Speicher (Cache) zurückzuführen ist [16]. Um diese Art des BUGs zu beheben, empfiehlt BIZAGI den BIZAGI-Webdienste durch ein <iisrest> zu stoppen, wofür nicht vorhandene administrative Rechte notwendig wären, und den Cache zu löschen. Da der BUG jedoch im Zuge einer Anpassung der Beziehungen im Datenmodell-01, von der Aktivität M52 auf die Aktivität P1 wechselte, wurde das Datenmodell-01 tiefgreifender auf Widersprüchlichkeiten überprüft. Obwohl nach der Testphase keine Veränderungen am Datenmodell-01 vorgenommen wurden, zeigte sich, dass sich in einigen Fällen die Beziehungen zwischen den Master-Entitäten und deren Sammlungen (Master-Collection-Entität) verändert haben. Wie die Abbildung 5.56 (c) exemplarisch zeigt, wurde vom System eine zweite Beziehung zur Master-Collection-Entität <xBaugrunddokumente> hinzugefügt, die eine 1:1 Relation zur Master-Entität herstellt (vgl. <M51_Vorbemerkungen> in Abbildung 5.56 (c)). Diese systembedingte Veränderung ist auf die Implementierung der Mehrfachinstanz-Teilprozesse im Teilprozess-55 zurückzuführen. Obwohl in allen Prozessen dieselbe Master-Prozessentität <Datenmodell01> verwendet wurde, wodurch sich gemäß BIZAGI die Datennavigation von einem Prozess zum anderen nicht ändert, ist es notwendig, für die mehrfach zu instanzierenden Aktivitäten weitere Master-Collection-Entitäten in den Datenmodellen anzulegen, die nicht wie üblich nur eine 1:n Relation zu einer Master-Entität, sondern zusätzlich noch eine 1:1 Relation zur Master-Prozessentität benötigt. Wie bereits im Kapitel 5.3.3.2 beschrieben, erstellt BIZAGI die notwendigen Relationen im Konfigurationsassistenten „Sub-Process“ automatisch. Im Zuge dessen scheint sich das Datenmodell-01 verändert zu haben, indem systembedingt Attribute in den Master-Collection-Entitäten hinzugefügt wurden, die fälschlicherweise den Namen der betrachteten Master-Collection-Entität anzeigt und als Typ die bereits zugewiesene Master-Entität redundant verknüpft (vgl. Abbildung 5.56 (b)). Dadurch wurden doppelte Abhängigkeiten aufgebaut, was zu einem inkorrekten Verhalten und zur Fehlermeldung des Statikportals führte. Dieser BUG konnten nur durch ein Zurücksetzen der Formulare und durch Löschen der Beziehungen im Datenmodell behoben werden. Die Attribute mussten in den Formularen daraufhin neu zugewiesen werden. Hier zeigte sich der Vorteil der Entitätsformulare (vgl. Kapitel 5.2.3), sodass die mehrfach verwendeten Formulare jeweils nur einmal

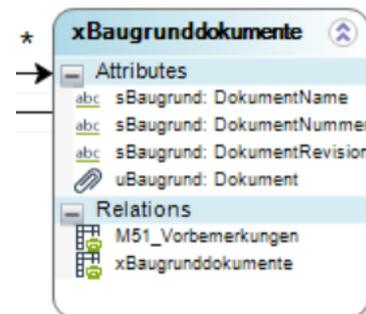
angepasst werden mussten. Des Weiteren wurde bei der Erstellung des Datenmodells-01 versehentlich der Name des Hauptprozesses-01 als Master-Prozessentität angegeben. Obwohl das Datenmodell mit dem Namen „Hauptprozesses01“ komplett gelöscht und mit dem korrekten Namen „Datenmodell01“ geändert wurde, werden von BIZAGI seither zwei Datenmodelle mit gespiegelten Inhalten mitgeführt (Datenmodell-01 und Hauptprozess-01). Dies hat Auswirkungen auf die Definition der Geschäftsregeln in den exklusiven Gateways und den Widgets. Während der Kontext über das <Datenmodell01> gespeichert und bereitgestellt wird, erfolgen die Anweisungen der Gateways – zur Beschreibung der korrekten Definition der XPath-Adresse – und der ordnungsgemäßen Ausführung der Widgets, auf Basis der Attribute des übergeordneten Datenmodells <Hauptprozess01>.



(a)



(b)



(c)

Abbildung 5.56: Beispielhafter Kodierungsfehler – (a) Darstellung des BUG im Statikportal beim Öffnen der Aktivität P1; (b) Auszug aus der Attributliste der Master-Collection-Entität <xBaugrunddokumente>; (c) Auszug der Master-Collection-Entität aus dem <Datenmodell01>

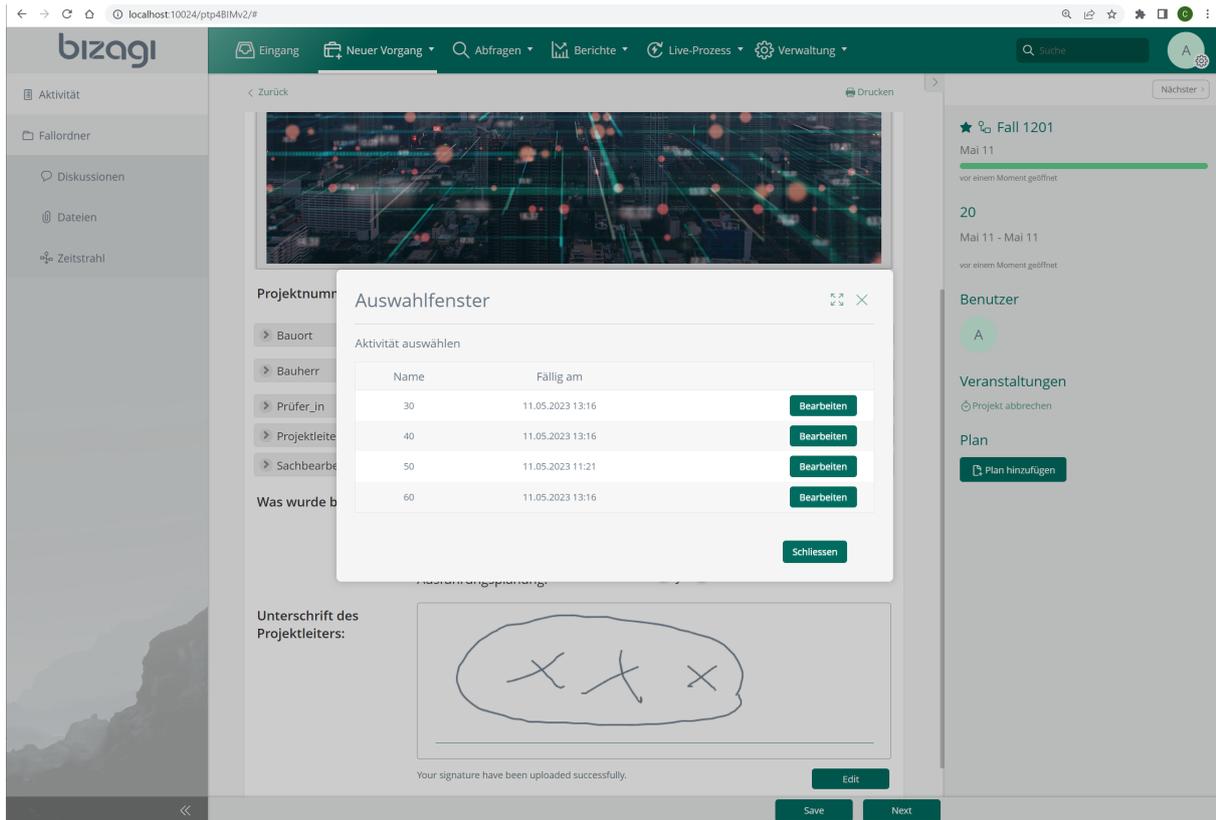
Wie die Abbildungen 5.57, 5.58 und 5.59 zeigen, werden die Prozessinstanzen in der Entwicklungsumgebung mittlerweile wie erwartet dargestellt. Unabhängig von der falsch zugewiesenen Parameter-Entität wird der im Statikportal eingetragene Kontext ordnungsgemäß im Scopes und im Datenmodell gespeichert und bereitgestellt. Die Übertragung des prozessualen Kontexts in die Autorenprogramme der Templates erfolgt überwiegend reibungslos (vgl. Abbildung 5.57 (b) – Positi-

onsliste als Excel-Datei). In einigen Templates werden, aufgrund von inkorrekten Verknüpfungen, vereinzelte Inhalte nicht mit übertragen, sodass hier noch weiterer Entwicklungsaufwand notwendig ist. Die Anordnung der Formularblätter stellt sich im Hauptprozess01 noch als verwirrend dar, da die Prüfbemerkungen beim erstmaligen Öffnen zum Teil ohne Inhalte angezeigt werden und die Prüfung der Einzelthemen mit bspw. „Bauteilinfo. Freigegeben“ deklariert werden, obwohl noch keine Prüfung stattgefunden hat (vgl. Abbildung 5.57 (b)). Hier ist es ratsam, die Prüfanmerkungen im ersten Durchlauf dem Aufsteller visuell nicht darzustellen.

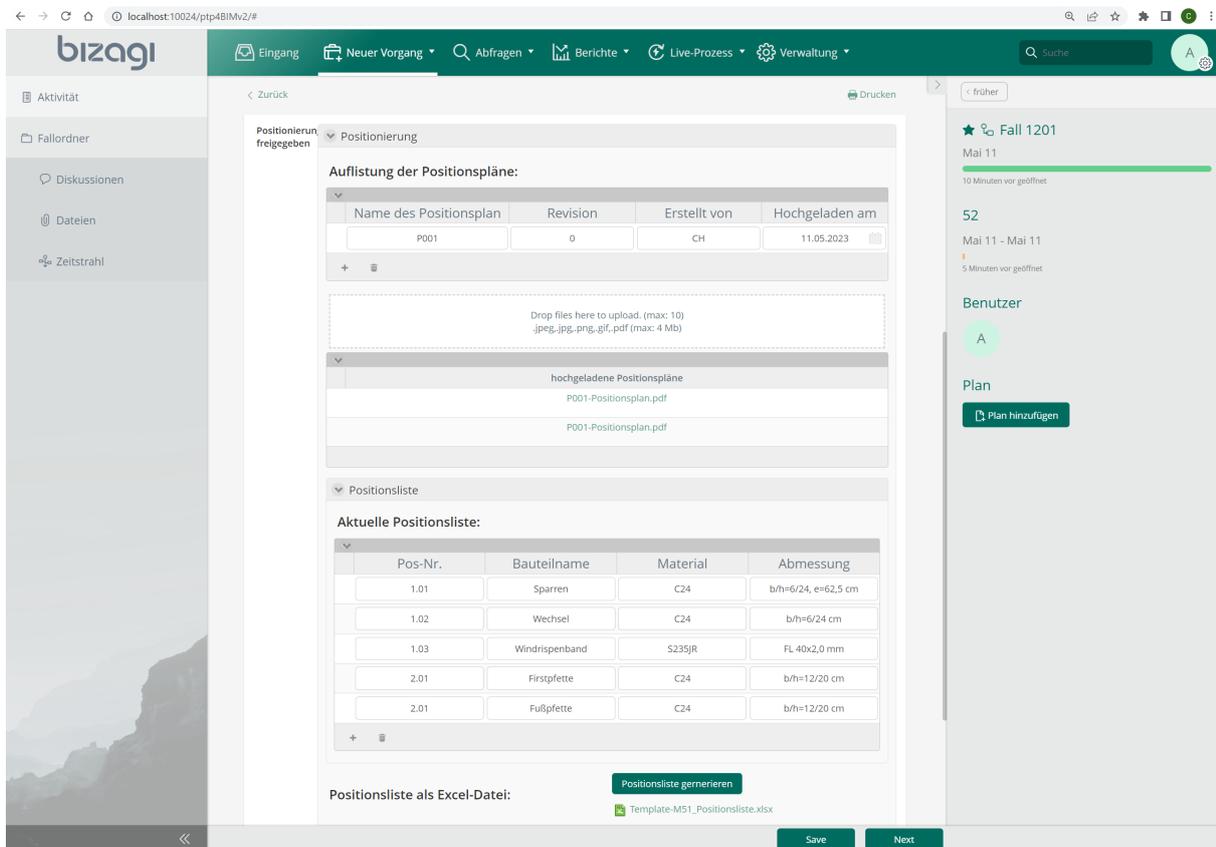
Im Falle von Nachträgen werden die Teilprozesse ordnungsgemäß geöffnet. Das System vergibt dafür, wie vorgesehen, eine neue Fallnummer (vgl. Kapitel 5.2), um den Nachtrag eindeutig zu identifizieren. Allerdings stoppt der Teilprozess nach dessen Beendigung und wird nicht wie angedacht über den Hauptprozess weitergeführt, sodass der Kontext nach seiner Beendigung nicht wie erwartet an das Datenmodell-01 übergeben wird. Die unstrukturierten Mehrfachinstanz-Teilprozesse (vgl. bspw. Kapitel 5.2.1.2 und 5.3.3.1) werden zwar in der gewünschten Anzahl ausgeführt, sofern jedoch die Bearbeitungsreihenfolge nicht eingehalten wird (die nicht erkennbar ist), verweilt das System nach der Beendigung der aktiven Instanz in der Warteschlange und hängt sich schlussendlich ohne Systemabbruch auf. Die in Scpoes zwischengespeicherten Inhalte werden im Mehrfach-Teilprozess ebenfalls nicht ordnungsgemäß gesichert, sodass auch hier noch weiterer Entwicklungsbedarf besteht. Des Weiteren ist die Anordnung von Verzugsmeldungen nach jeder Prozessinstanz des Prüfers als fragwürdig zu erachten, da der Prozess bereits gestartet wurde und die Aktivitäten sukzessive in der Fallübersicht bereitgestellt werden. Der Prüfer sieht somit nur die aktuell zu bearbeitende Aktivität und hat keinen Einfluss auf die weiteren, nicht sichtbaren Aktivitäten, die sich eventuell bereits zur Bearbeitung in der Warteschlange befinden. Es ist somit zu erwarten, dass ggf. Systemnachrichten als Verzugsmeldungen versendet werden, obwohl der Prüfer den geforderten Leistungsstand noch nicht erreichen konnte. Die Fallübersicht stellt somit lediglich nur die zu bearbeitende Aktivität im betreffenden Fall dar. Zwar werden die Inhalte des aktuellen Leistungsstandes in der Gesamtübersicht der betrachteten Aktivitäten dargestellt, dennoch ist dafür immer ein Wechsel zwischen Fall- und Benutzungsschnittstelle notwendig (vgl. Abbildungen 5.58 (a) und (c)), sodass es ratsam ist, die Fallübersicht neu zu strukturieren oder auf eine Stakeholder-Ansicht zu wechseln [15, S. 425 ff.]. Anzumerken ist, dass die hier verwendete Nomenklatur für den operativen Gebrauch nicht geeignet ist, da für die Interpretation der zugrunde gelegten Nummerierung (A10, P10, A70 etc.) weitere Informationen notwendig sind, die der BPMN-Spezifikation widersprechen. Außerdem werden die individuell bereitgestellten Dokumente der Ad-hoc-Muster immer mit den gleichen Namen angezeigt, sodass bspw. zwischen der Bearbeitung weiterer Holzstützen- oder weiterer Holzwandbemessungen im Statikportal nicht zu unterscheiden ist. Auch die systembedingte Übertragung der Auflagerreaktionen – von den lastgebenden zu den lastnehmenden Bauteilen – kann bei den individuell aufzurufenden Prozessinstanzen nicht sichergestellt werden, da bereits vor der Prozessausführung die entsprechenden Formblätter angelegt werden müssen, sodass hier ebenfalls weiterer Entwicklungsaufwand notwendig ist. Weiterführende Informationen zum Statikportal sind dem Gutachten aus Anhang A.7 zu entnehmen.

Die Prozessverifikation der Softwareroboter-Routine und dessen Portierung ins Statikportal wurde aus Formatierungsgründen bereits im Kapitel 5.6.2 durchgeführt. Die direkte Ansteuerung des Softwareroboters über das Statikportal konnte im Zuge dieser Arbeit nicht verifiziert werden, da die Lizenzrechte der verwendeten Freeware eine Anwendung von externen Applikationen ausschließt. Es wird dennoch davon ausgegangen, dass das in Kapitel 5.6.2 beschriebene Vorgehen technisch korrekt ist, um Attended-Bots einwandfrei vom Statikportal aus anzusteuern und die RPA-Bots, wie in der Literatur beschrieben, in der Lage sind, deren Informationsgrundlage aus dem Statikportal zu extrahieren und die modifizierten Informationen dem Statikportal wieder hinzuzufügen. In einer Studierendenarbeit konnte die RPA-Technologie ebenfalls erfolgreich für eine einfache CAE-Automation getestet werden [62].

ENTWICKLUNG UND MODELLBASIERTE UMSETZUNG EINES STATIKPORTALS FÜR DIE PARTIZIPATIVE BEARBEITUNG VON TRAGWERKSBERECHNUNGEN IN EINER .NET-UMGEBUNG



(a)



(b)

Abbildung 5.57: Auszüge des Statikportals in der Entwicklungsumgebung – (a) Aktivität M20 (vgl. Abbildung 5.18); (b) Aktivität M52 (vgl. Abbildung A.19)

Fall-ID	Prozess	Aktivität	Erstellungsdatum des Falls	Fälligkeitsdatum der Aktivität	Fälligkeitsdatum des Falls
851	Hauptprozess 01	51	08.03.2023 16:29	09.03.2023 00:53	07.04.2023 08:34
852	Teilprozess54	A10	09.03.2023 09:11	09.03.2023 11:11	13.03.2023 09:11
951	Teilprozess54	A10	09.03.2023 09:50	09.03.2023 11:50	13.03.2023 09:50
1001	Teilprozess54	A50	09.03.2023 14:46	11.05.2023 15:49	13.03.2023 14:46
1051	Hauptprozess 01	51	27.04.2023 09:29	27.04.2023 17:30	26.05.2023 11:34
1201	Hauptprozess 01	52	11.05.2023 11:14	11.05.2023 19:19	09.06.2023 15:19
1101	Teilprozess 55	A70 Mehrere Positionen generieren	11.05.2023 13:49	11.05.2023 16:00	15.05.2023 12:00

(a)

Fall-ID	Prozess	Aktivität	Erstellungsdatum des Falls	Fälligkeitsdatum der Aktivität	Fälligkeitsdatum des Falls
1001	Teilprozess54	P20	09.03.2023 14:46	11.05.2023 15:50	13.03.2023 14:46
1101	Teilprozess 55	P60	11.05.2023 13:49	11.05.2023 16:00	15.05.2023 12:00
1101	Unterprozess-A60a	P60b	11.05.2023 14:00	11.05.2023 16:10	11.05.2023 14:00

(b)

Statische Berechnungen des Dachtragwerks

In diesem Kapitel werden nur die bauteilspezifischen Werte ausgegeben, die für das betrachtete Dachtragwerk aus statischer Sicht relevant sind!

Bearbeitungsstand: | Aktuelles Datum: 09.03.2023

Bauteilinformationen

Bauteilinfo: | Positionsnummer: | Positionsname:

Nein

Informationen zum digitalen Bauwerksmodell:

- IFC-Gesamtmodell: Keine Files hochgeladen
- IFC-Bauteilelement(e): Keine Files hochgeladen
- BCF: Keine Files hochgeladen

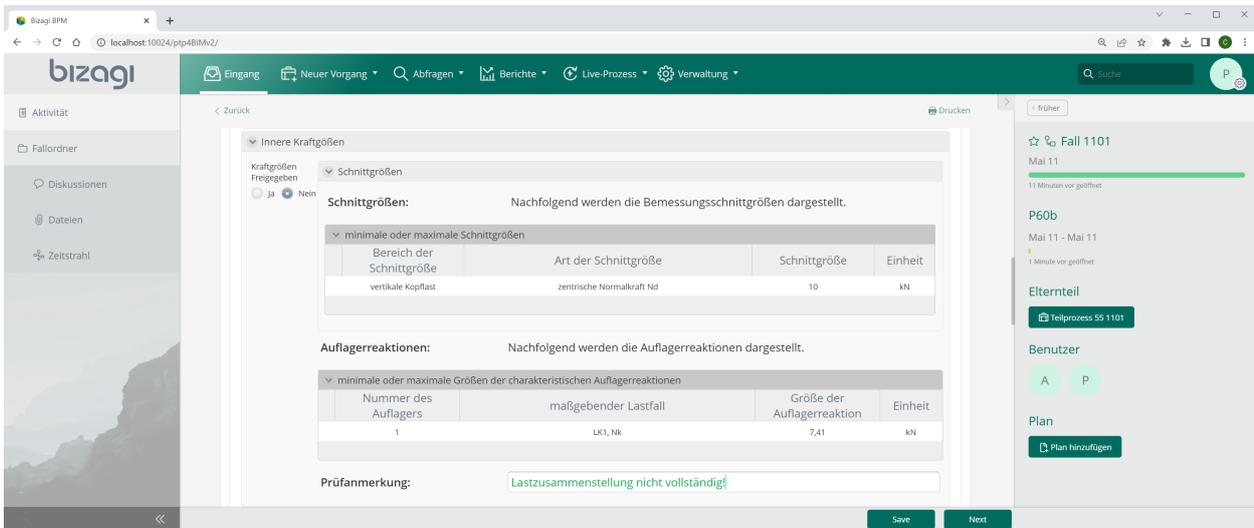
Statisches System:

Save Next

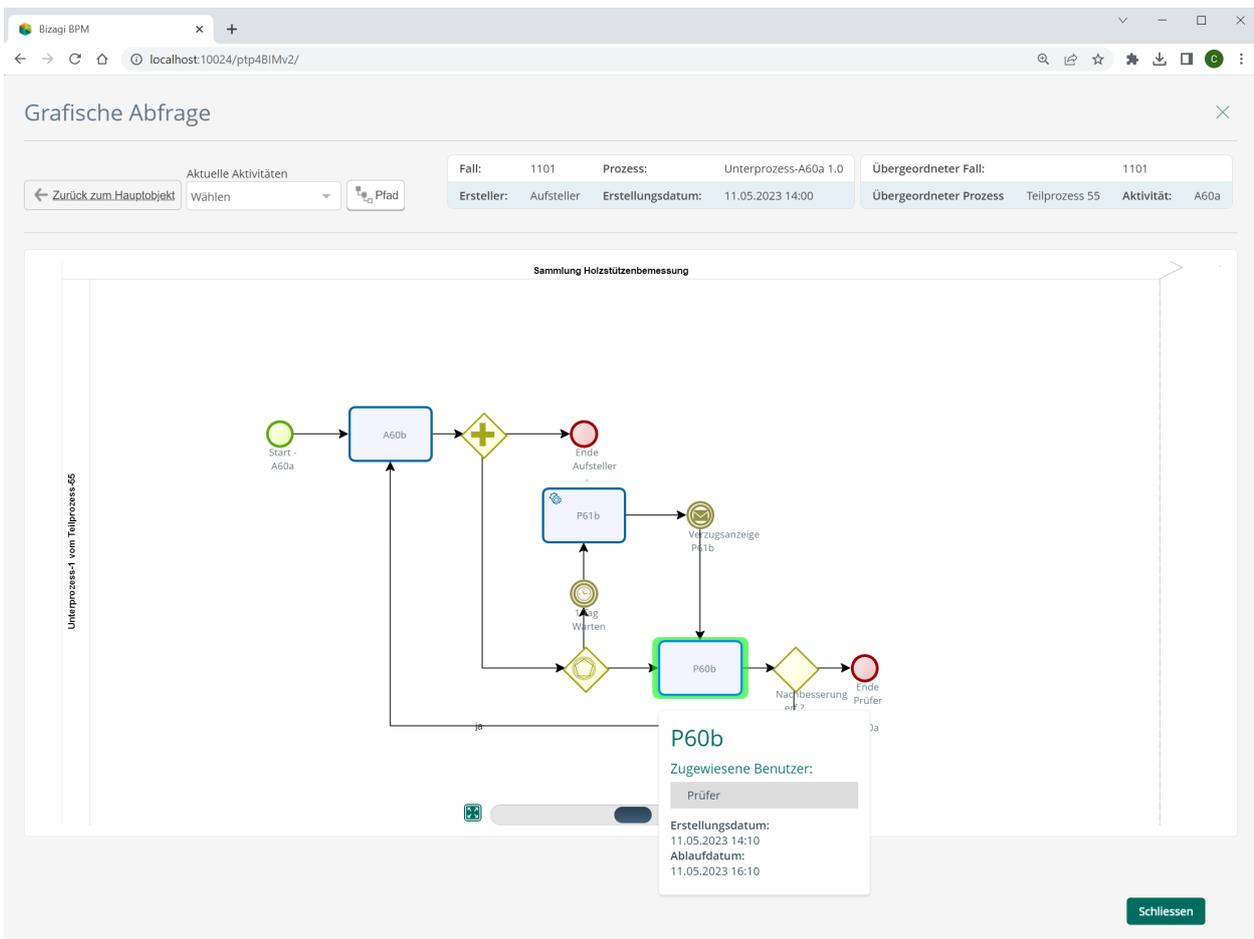
(c)

Abbildung 5.58: Auszüge des Statikportals in der Entwicklungsumgebung – (a) Auszug der Fallübersicht des Aufstellers; (b) Auszug der Fallübersicht des Prüfers; (c) Auszug der Benutzungsschnittstelle für die Aktivität A10 (vgl. Abbildung 5.28)

ENTWICKLUNG UND MODELLBASIERTE UMSETZUNG EINES STATIKPORTALS FÜR DIE PARTIZIPATIVE BEARBEITUNG VON TRAGWERKSBERECHNUNGEN IN EINER .NET-UMGEBUNG



(a)



(b)

Abbildung 5.59: Auszüge des Statikportals in der Entwicklungsumgebung – (a) Aktivität MP60b: Nachtrag im Teilprozess-55; (c) Auszug der grafischen Abfrage zur Darstellung des Prozessfortschritts im Ad-hoc-Prozess A60a

Kapitel 6

Schlussbemerkungen und Perspektiven

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, die Arbeitsproduktivität des bestehenden Personalbestandes während der Erstellung und Prüfung einer Baustatik zu steigern. Dafür wurden sechs Forschungsfragen erarbeitet, die diese Arbeit strukturieren und deren Beantwortungen beschreiben, welche Maßnahmen notwendig und machbar sind, um die Reaktionszeit zwischen den konstruktiven und prüfenden Ingenieurbüros zu reduzieren. Nachfolgend werden die erzielten Ergebnisse kurz zusammengefasst:

Beantwortung der Frage (1): Welche Optimierungspotentiale lassen sich im Aufstell- und Prüfprozesses einer Baustatik identifizieren? Im Kapitel 2 wurden die derzeitigen IST-Arbeitsabläufe zur Erstellung und Prüfung einer Baustatik qualitativ erhoben, analysiert und ausgewertet. Im Kapitel 3 erfolgte eine Literaturrecherche, um weitergehend die methodischen Merkmale im Genehmigungsprozesses und die Herausforderungen der Arbeitsweise nach BIM in den Ingenieurbüros dazustellen: Die Ergebnisse zeigen, dass eine zur Prüfung einzureichende Baustatik im Hochbau nicht standardisiert ist und dass eine prüfpflichtige Baustatik bundeslandspezifisch entweder von Prüfämtern, hoheitlich beliehenen Prüfingenieuren oder von privat beauftragten Prüfsachverständigen geprüft werden darf, was u.a. zu einem hohen organisatorischen Aufwand in der Leistungserbringung führt. Des Weiteren sind die erhobenen Aufstell- und Prüfprozesse intransparent, individuell unterschiedlich und verlaufen zeitlich asynchron, da das Informations- und Dokumentenmanagement in allen Fällen auf Telefonate und dem Austausch von Papier als Informationsmedium basierte (vereinzelt PDF-Dateien). Es ist festzustellen, dass der hohe organisatorische Aufwand zu einer sehr geringen Effizienz in der gesamtschuldnerischen Leistungserbringung einer Baustatik führt und dass die Integration von BIM in bereits etablierten IT-Systemlandschaften ebenfalls zu einer ineffizienten Nutzung von Daten und Informationen führt (vgl. Kapitel 3.3).

Beantwortung der Frage (2): Welche Methoden und Technologien eignen sich, um ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal technisch umzusetzen? Im Kapitel 3 wurde festgestellt, dass ein IMS und die RPA-Technologie dafür geeignet sind, das Vieraugenprinzip im Zuge des Präventivsystems für modellbasierte Tragwerksberechnungen zu verbessern (siehe Kapitel 3.4). Hier wurde aufgezeigt, wie die RPA-Technologie dabei helfen kann, etablierte Anwendungsprogramme zu automatisieren, um die digitale Transformation in den Ingenieurbüros effektiver voranzutreiben (siehe Kapitel 3.5).

Beantwortung der Frage(3): Wie können die Leistungserbringungsprozesse in den konstruktiven Ingenieurbüros optimiert werden? Im Kapitel 4 wurde ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal vorgeschlagen, um den organisatorischen Aufwand im Zuge des Aufstell- und Prüfprozesses einer Baustatik zu optimieren, um Informationen aller Art zwischen den am Bau beteiligten Akteuren ohne Intermediäre und jederzeit vollautomatisch zu transferieren

(siehe Kapitel 4.1) und um Bau-Produktmodelle ohne Vorkenntnisse in der Anwendung von CAE-Applikationen durch RPA-Bots automatisiert zu modifizieren. Dafür wurde eine Low-Code-Plattform mit einer offenen Integrationsschicht vorgeschlagen, um intelligente Zukunftstechnologien (wie bspw. Robotic Process Automation und künstliche Intelligenz) jederzeit in die Prozessautomatisierung des Statikportals einbinden zu können.

Beantwortung der Frage (4): Ist die Performance, Funktionalität und Benutzbarkeit des bevorzugten IMS dafür geeignet, um in Bauprojekten eingesetzt zu werden? Bevor mit dem Aufwand begonnen wurde, das Statikportal zu entwickeln, wurde im Kapitel 4.2 die Benutzbarkeit und Benutzerfreundlichkeit des präferierten IMS-Arbeitsportals (vgl. Kapitel 4.1.1) evaluiert. Dieses Arbeitsportal bildet die Hauptkomponente des Statikportals in Rohform. Für die Evaluation wurden vier Planspiele (BIM Games) entwickelt, in denen das Arbeitsportal die Spiele steuerte, die Ergebnisse der Probanden einforderte und die Abgaben der Spielleitung zur Verfügung stellte. Die Evaluation ergab, dass ein IMS-basiertes Arbeitsportal die individuelle Arbeitsweise positiv unterstützt. Die Probanden empfehlen, ein Arbeitsportal in der Bauplanung einzusetzen.

Beantwortung der Frage (5): Welche Prozesse, Datenmodelle, Formulare, Geschäftsregeln und sonstige Aspekte sind erforderlich, um ein prozess- und robotergesteuertes Statikportal zu entwickeln? Im Kapitel 5 wurde anhand eines Statikportals dargestellt, wie sich der Aufstell- und Prüfprozess digitalisieren, wie sich das Portal in die .Net-Umgebung einbinden und über einen Webbrowser ansteuern lässt. Dafür wurden in den Prozessmodellen unterschiedliche Prozess-Muster eingebunden, die es erlauben, im Standardfall und im Falle von individuellen Erfordernissen den prozessualen Kontext zu generieren. Es wurde dargelegt, wie die Datenmodelle aufzubauen, wie die Frontends anzulegen und zu strukturieren sind und wie die Geschäftsregeln zu definieren und Lese- und Schreibrechte zu vergeben sind, damit die partizipierenden Personen über einen Webbrowser zusammenarbeiten können. Neben der digitalen Prozessautomatisierung basiert das Statikportal auf der RPA-Technologie, die es ermöglicht, bestehende IT-Systeme zu verwenden, um manuelle Tätigkeiten durch RPA-Bots (sogenannte Softwareroboter) zu automatisieren. Es wurde anhand eines Fallbeispiels dargestellt, ab wann RPA-Bots ökonomisch sinnvoll dafür eingesetzt werden, um die manuelle Handhabung von CAE-Anwendungsprogrammen zu automatisieren und welche Maßnahmen erforderlich sind, um die RPA-Bots vom Statikportal aus anzusteuern. Somit wurde in dieser Arbeit ein prozess- und robotergestütztes Statikportal vorgestellt, das eine Baustatik digitalisiert (siehe Kapitel 5.3) und anhand des prozessual generierten Kontext CAE-Anwendungen automatisiert (siehe Kapitel 5.6), um die Leistungserbringungsprozesse in den konstruktiven Ingenieurbüros zu optimieren.

Beantwortung der Frage (6): Inwieweit können die Aspekte des Ermessens und der subjektiven Individualentscheidung in einem digitalisierten und automatisierten Prozess berücksichtigt werden? Innerhalb des digitalisierten Prozesses wurden unstrukturierte Prozesse (Ad-hoc-Muster) eingebunden (vgl. Kapitel 5.2.1.2), die es erlauben, eine Baustatik individuell zu gestalten und prüfen zu lassen. Die tradierten Arbeitsweisen – zur Erstellung von baustatischen Nachweisen – bleiben davon unberührt, da das Statikportal nur dessen Endergebnisse dokumentiert und ggf. weiterverwendet, sodass die manuellen Bearbeitungsschritte weiterhin erforderlich bleiben. Die derzeitigen Aspekte des Ermessens und der subjektiven Individualentscheidung bleiben in einem digitalisierten und automatisierten Prozess – aufgrund eines Prozessmodells, das aus unstrukturierten und strukturierten Prozessen besteht – davon folglich unberührt.

Für die Einbindung des Statikportals in das operative Geschäft gilt es jedoch zu beachten, dass die Testläufe ohne Probanden und die Tests ohne personalisierte Rechtevergabe durchgeführt wurden.

Wie Vertretungspersonen oder Informationszulieferer und -nutzer in den Prozess eingebunden werden, wurde zwar thematisiert, doch sind dafür noch weitere Testläufe durchzuführen, um die korrekte Einbindung von weiteren Prozessbeteiligten mit unterschiedlichen Schreib- und Leserechten zu evaluieren. Die hier vorgestellte Entwicklung des Statikportals orientierte sich ausschließlich am Referenzprojekt. Aufbauend auf der hier entwickelten Datenbasis ist es allerdings nun möglich, die Prozessmuster (vgl. Kapitel 5.2.1) und die Formulare (vgl. Kapitel 5.3) individuell für anderweitige Projekte zusammenzustellen und über die gängigsten Webbrowser der Desktop-PCs, Laptops, Tablets oder Smartphones ortsunabhängig einzusetzen. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Zielvorgaben des Kapitels 4 nur bedingt umgesetzt werden konnten, da der hier behandelte Entwicklungsumfang, aufgrund von Zeit- und Ressourceneinsparungen, lediglich auf die nicht öffentlichen Bereiche 1 bis 4 konzentrierte (vgl. Beantwortung der Frage (1) und Abbildung 4.1). Sofern die Inhalte für weitere prozessbeteiligte Personen bereitgestellt werden sollen, ist es empfehlenswert, die Fallübersicht zu überarbeiten oder auf eine Stakeholder-Ansicht zu wechseln [15, S. 425 ff.]. Weiterhin gilt es zu beachten, dass sich die Arbeitsweisen durch ein Statikportal zwischen dem Aufsteller und Prüfer einer Baustatik verändern, da die Informationsbereitstellung unmittelbar und ohne Intermediäre erfolgt. Dies hat zur Folge, dass beide Kooperationspartner zu einem gemeinsam festgelegten Zeitpunkt mit der vertraglich vereinbarten Leistung starten müssen, um den Leistungsbeginn im Statikportal zu dokumentieren und damit die systeminternen Verzugsmeldungen zu umgehen. Das kann dazu führen, dass individuelle Beauftragungen eingegrenzt und die Kapazitäten auch für außenstehende Personen sichtbar werden.

6.1 Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein IMS dafür geeignet ist, die Effizienz der operativen Arbeitsweise in den konstruktiven Ingenieurbüros zu verbessern. Die Arbeit zeigt, dass ein Statikportal in der Lage ist, den organisatorischen Aufwand während des Aufstell- und Prüfprozesses zu optimieren, da der gesamte Kontext in einem Portal für alle Beteiligten in Echtzeit zur Verfügung gestellt wird. Das Führen von Planlisten oder die Auskunft von Leistungsständen während des operativen Geschäfts ist damit obsolet. Die offene Integrationsschicht des Statikportals ermöglicht es, zusätzliche digitale Technologien, wie bspw. die in dieser Arbeit behandelte RPA-Technologie, einzubinden. Damit ist es möglich, etablierte Anwendungsprogramme durch den digitalen Prozess zu automatisieren, um den Daten- und Informationsfluss in einem BIM-Prozess zu standardisieren und die *digitale Transformation* in den Ingenieurbüros effektiver umzusetzen und voranzutreiben.

Des Weiteren erhalten die Unternehmen, unter der Verwendung eines digitalisierten Prozesses, erstmals Auskunft über deren derzeitige Arbeitsproduktivität: Die Bearbeitungszeiten jedes Bauteils werden dokumentiert, der Prozessablauf ist jederzeit einsehbar, und Prozessstagnationen können durch die Dokumentation des Statikportals, über die aktuellen und beendeten Aktivitäten der sachbearbeitenden Personen, einfacher identifiziert werden. Weiterhin lassen sich Prozesskennzahlen im Statikportal hinzufügen, die anhand der integrierten BAM-Auswertungen projektübergreifende Unternehmensentscheidungen vereinfachen. Der große Vorteil eines Statikportals liegt allerdings in der Standardisierung von Abläufen und einzureichenden Unterlagen bzw. Informationen, da die Aufsteller, Prüfengeure, Prüfsachverständigen und weitere prozessbeteiligte Personen immer einheitliche Formblätter verwenden, die auf einer sicheren Datenbasis und einem gleichbleibenden sowie stabilen Prozessablauf basieren. Abschließend lässt sich festhalten, dass durch die Verwendung eines ausgereiften Statikportals kurz- bis mittelfristig eine Steigerung der Arbeitsproduktivität in den Ingenieurbüros zu erwarten ist.

6.2 Ausblick und Diskussion

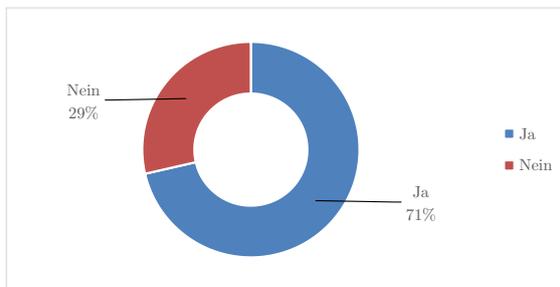
In dieser Arbeit wurde ein Statikportal vorgestellt, das die Arbeitsproduktivität während des Aufstell- und Prüfprozesses einer Baustatik verbessern kann. Anhand eines Referenzprojektes wurde dargestellt, wie die aufstellenden und prüfenden Ingenieurbüros zukünftig über ein Statikportal zusammenarbeiten, um die Reaktionszeiten zwischen dem Erstellen und Prüfen eines Tragwerksberichtes zu reduzieren. Durch die im Statikportal hinterlegten Prozesskennzahlen lässt sich die Produktivität in einer BAM-Auswertung projektübergreifend feststellen. Weiterhin kann die Projektleitung durch grafisch hinterlegte Abfragen jederzeit den aktuellen Leistungsstand der sachbearbeitenden Personen einsehen, sodass die Notwendigkeit nicht mehr besteht, einen Vorgesetzten bei gefühlsmäßig „einfachen“ Problemstellungen direkt ansprechen zu müssen. Des Weiteren übernimmt ein Statikportal die Dokumentation, die Zusammenstellung und den Transfer einer Baustatik sowie die Erstellung von Prüfberichten, sodass der organisatorische Aufwand im operativen Geschäft stark reduziert wird. Weiterhin wird durch ein Statikportal die Kommunikation mit dem Bauherrn verbessert, da alle projektbeteiligten Personen den Arbeitsablauf zur Fertigstellung einer Baustatik nachvollziehen können. Werden den Prozessinstanzen bspw. Kosten hinzugefügt, so hat der Bauherr (über eine prozessbezogene Kalkulation) die Möglichkeit nachzuvollziehen, ob und bis wann es ökonomisch sinnvoll wäre, Änderungen während des Prozessablaufes einzufordern, sodass davon auszugehen ist, dass Nachträge – mit der Folge eines gestörten Bauplanungsprozesses – reduziert werden. Außerdem ist es durch das Statikportal möglich, die Verursacher für Bauplanungsfehlzeiten eindeutiger zu identifizieren, da alle Aktivitäten (inkl. der Anfangs- und Endzeiten) vom System in Echtzeit dokumentiert werden. Dies führt zwangsläufig zu einer engeren und zielführenden Abstimmung der prozessbeteiligten Personen, da sie gemeinschaftlich in einem Arbeitsprozess zusammenarbeiten müssen. Sofern das vorliegende Statikportal von einer öffentlichen Institution aus verwaltet wird und in zukünftigen Bauprojekte verpflichtend zu verwenden ist, können Externalitäten minimiert werden, da bspw. mündliche Vertragsabschlüsse oder Ad-hoc-Entscheidungen für Außenstehende transparent erfasst werden. Somit würden nur Personen am Prozess teilnehmen, die auch wirklich bauen wollen. Weiterhin zeigt diese Arbeit, dass dieses Statikportal durch seine standardisierten Prozesse und starren Formulare dafür geeignet ist, RPA-Bots anzusteuern, um manuelle Computeranwendungen jeglicher Art zu automatisieren. RPA-Bots können bspw. dafür eingesetzt werden, um automatisierte Prozessabfragen, Modellprüfungen, Reports oder Teilbereiche der Modellierung zu übernehmen und die Ergebnisse über das Statikportal wieder allen prozessbeteiligten Personen zur Verfügung zu stellen. Dies hätte u.a. den Vorteil, dass der Vorgang zum Anfordern und Sichten von Fremdunterlagen automatisiert und vom System strukturiert wird. Schlussendlich zeigt diese Arbeit, welche Maßnahmen und Handlungen erforderlich sind, um den Aufstell- und Prüfprozess einer Baustatik zu optimieren und zu digitalisieren. Weiterhin zeigt die Arbeit, wie etablierte Softwareanwendungen über das Statikportal – durch die dort integrierten RPA-Bots – automatisiert werden, um den Informations- und Datenfluss in BIM-Projekten softwareübergreifend zu automatisieren. Anhand der in dieser Arbeit vordefinierten Formblätter, den angelegten Datenmodellen und den individuell einsetzbaren Prozessmustern können die entwickelten Prozessinstanzen von den Prozessverantwortlichen für jedes Bauprojekt individuell zusammengesetzt werden. Somit wird hier ein Statikportal vorgestellt, das rekonstruierbar ist und nicht datengetrieben, sondern aus dem Prozess heraus agiert. Sofern die in dieser Arbeit vorgestellte Verknüpfung zwischen dem Statikportal und RPA produktreif funktioniert, können weitere technische Komponenten – wie *künstliche Intelligenz* oder *maschinelles Lernen* – dem Portal hinzugefügt werden, um digitale Arbeitsabläufe und technische (Insel-)Lösungen intelligent miteinander zu automatisieren, um zusätzliche Effizienzsteigerungen zu erzielen. Aus den genannten Gründen wird empfohlen, das Statikportal bis zur Produktionsreife weiterzuentwickeln und als Pilotprojekt in Bauvorhaben einzusetzen, um bürokratische und organisatorische Prozesse zu minimieren und die Arbeitsproduktivität in den Ingenieurbüros zu maximieren.

Anhang A

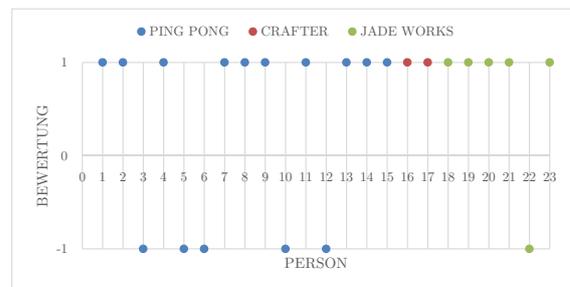
Dokumente

A.1 Evaluationsergebnisse des Informationsmanagementsystems

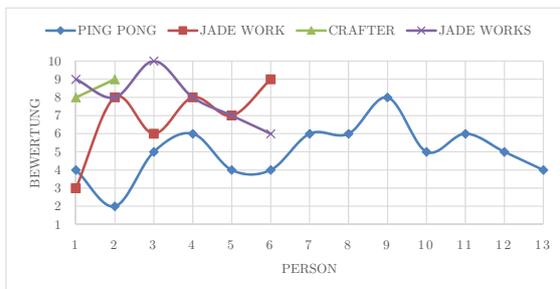
Nachfolgend sind die Evaluationsergebnisse zu den Fragen im Kapitel 4.2 grafisch dargestellt:



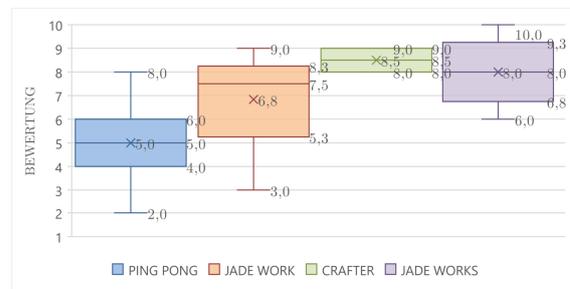
(a) Frage 1



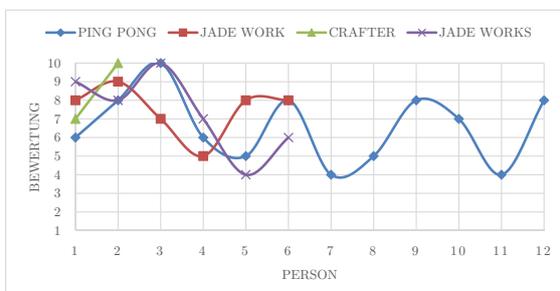
(b) Frage 1



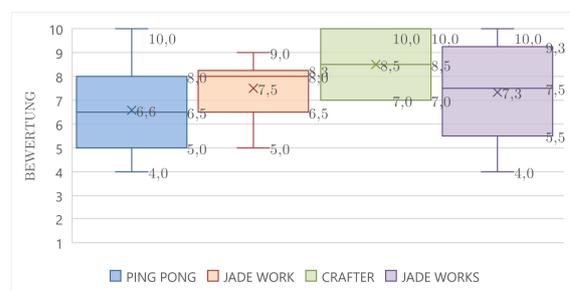
(c) Frage 2



(d) Frage 2

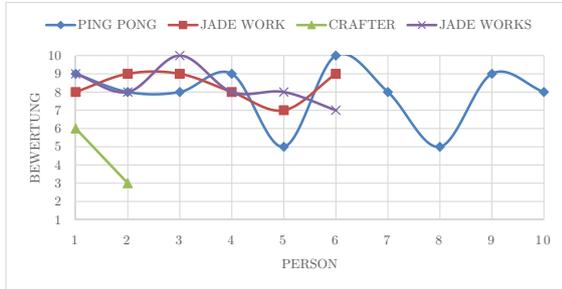


(e) Frage 3

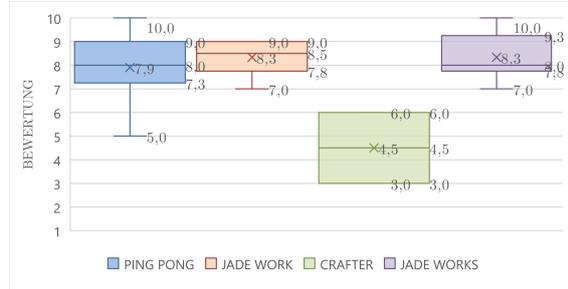


(f) Frage 3

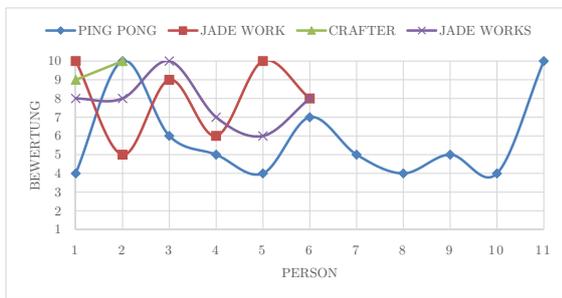
Abbildung A.1: Auswertung der Evaluationsfragen 1 bis 3



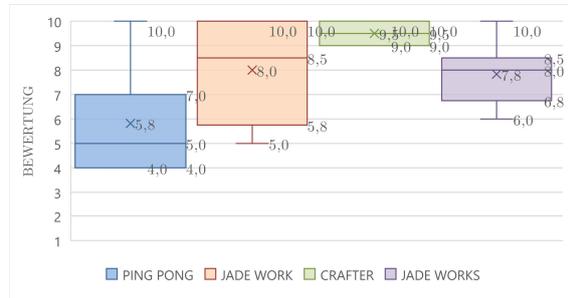
(a) Frage 4



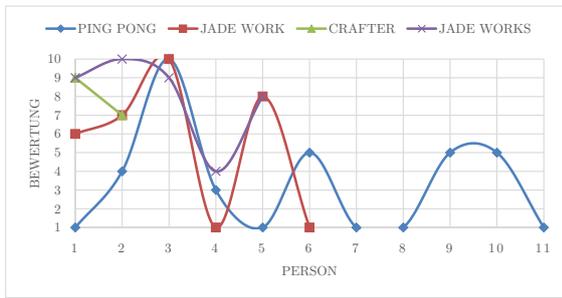
(b) Frage 4



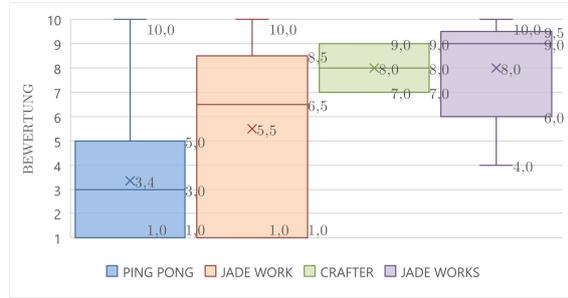
(c) Frage 5



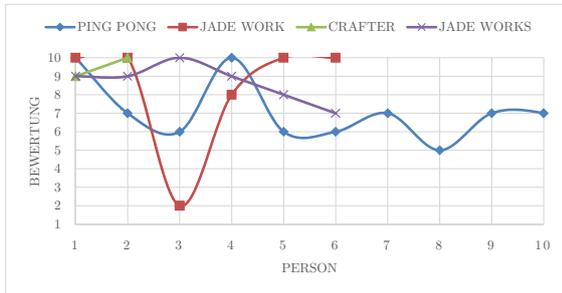
(d) Frage 5



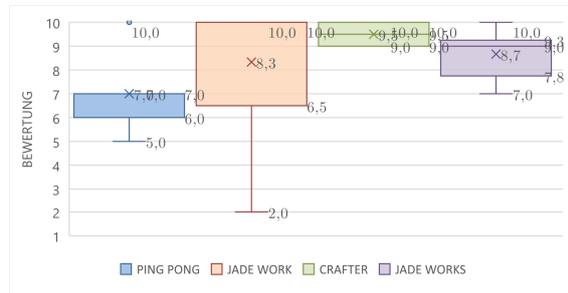
(e) Frage 6



(f) Frage 6

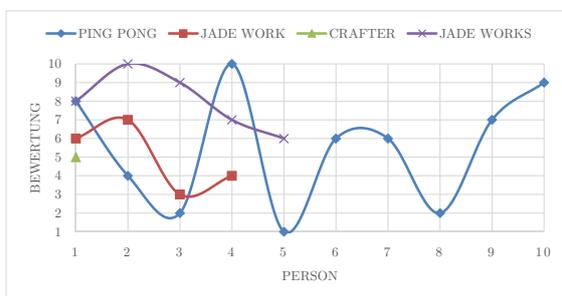


(g) Frage 7

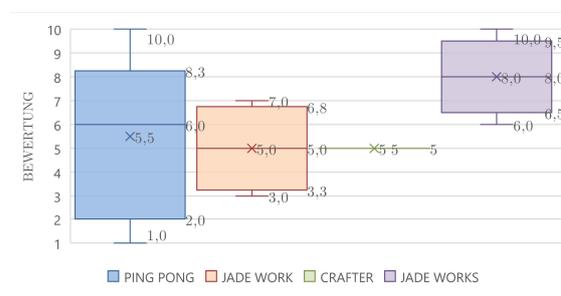


(h) Frage 7

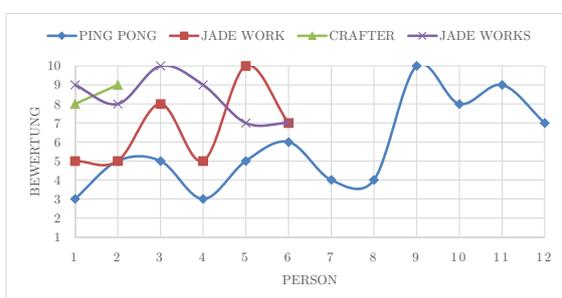
Abbildung A.2: Auswertung der Evaluationsfragen 4 bis 7



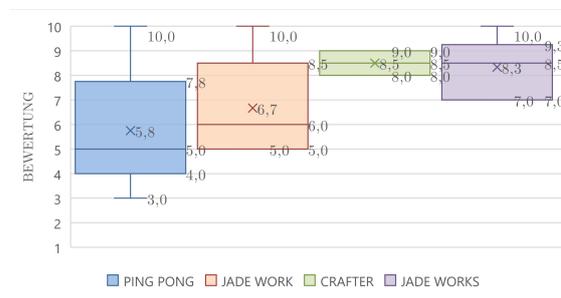
(a) Frage 8



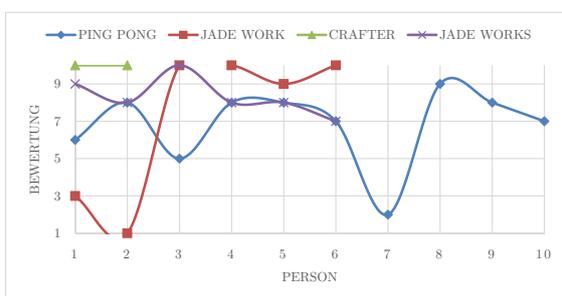
(b) Frage 8



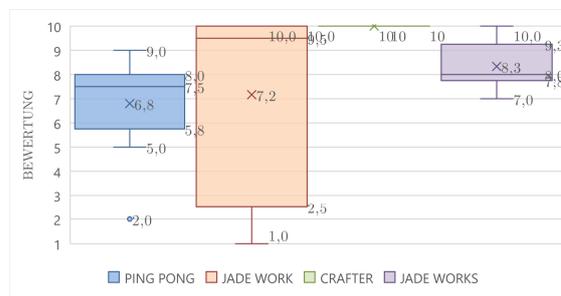
(c) Frage 10



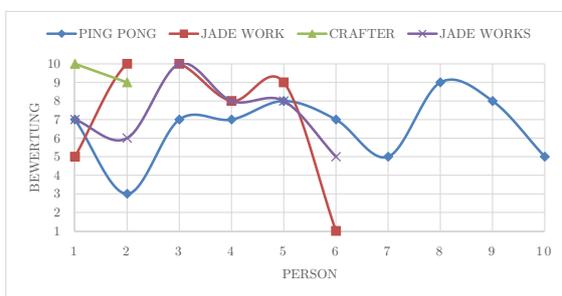
(d) Frage 10



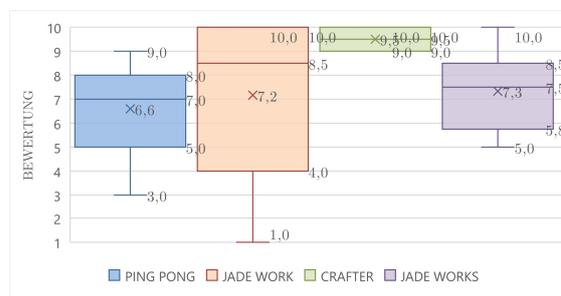
(e) Frage 11



(f) Frage 11



(g) Frage 12



(h) Frage 12

Abbildung A.3: Auswertung der Evaluationsfragen 8 und 10 bis 12

A.2 Erhebungsbogen

In der Abbildung A.4 ist der Fragebogen als ausgefülltes Muster dargestellt, das die Probanden erhielten, um während deren operativen Tätigkeiten die Arbeitsschritte in einem identischen Blanko-Fragebogen zu dokumentieren. In einem Beiblatt „Informationen zum Fragebogen“ wurden weitere Informationen zur Verfügung gestellt, um den Fragebogen zur Prozessaufnahme korrekt auszufüllen. Die enthaltenen Informationen sind nachfolgend auszugsweise dargestellt:

Prozessaufnahme



Abgabe bitte bis zum: 04.04.2018

Lebenszyklusphase: Entwicklung Planung Realisierung Betrieb Rückbau Projektphase: Bewerbung

Interviewpartner: [Redacted] Abteilung: Angebotsabteilung Gewerk: Rohbaugewerke

Prozess: Terminplanung (grob) Tätigkeit: Terminplanung aufstellen Rolle: Terminplaner

Beschreibung des Prozesses / der Tätigkeit	Benötigte Informationen		Erzeugte Informationen		Hilfsmittel Womit?	Probleme / Verbesserung	Dauer min/max
	Was?	Woher?	Was?	Wohin?			
- vertragliche Meilensteine erfassen	Ausschreibungsunterlagen	Bauherr/Poststelle	Übersicht Meilensteine	-	PDF-Reader, Excel	Bereitstellung der Informationen in weiterarbeitbaren Datensätzen	-
- Leistungen gewerkeweise gliedern	LV und Gewerkeinteilung	Kalkulation und Gewerkeleiste	Nach Gewerken gegliedertes LV	Projektraum	AVA-Software und Projektraum		
- Leistungsaufwände je Gewerke schätzen	Aufwandswerte aus Kalk.	Unternehmensdatenbank	Positionen mit Dauer	Projektraum	AVA-Software und Projektraum		
- Abhängigkeit der Gewerke definieren	Wissen über Konstruktion	Teammeeting und eigenes Wissen	Reihenfolge der positionen	Projektraum und Baulogistik	Terminsoft. und Projektraum	Doppelte Arbeit-Unterstützung durch Modell	
- Zusammenstellung im Grobterminplan	Positionieren, Reihenfolge und Datum	Eigene vorgelagerte Arbeit	Grobterminplan	Projektraum und Projektleitung	Terminsoftw., Projektraum, E-Mail	Schnittstelle zw. AVA-Softw. und Terminsoftw.	
- Wenn keine Übereinstimmung mit den Meilensteinen des Projektes vorliegt > Vorgangsdauer anpassen	Grobterminplan und Meilensteine	Eigene Arbeit und Bauherr/Poststelle	Rückmeldung an die Kalkulation	Kalkulation und Projektleitung	E-Mail und Projektraum	Automatisierung der E-Mail-Benachrichtigung im Projektraum	

In Anlehnung an die Bergische Universität Wuppertal, BIM Institut

Abbildung A.4: Muster-Fragebogen zur Erhebung von Leistungserbringungen in Ingenieurbüros [69, S. 53]

Informationen zum vorliegenden Fragebogen

Die Informationen, die Sie uns durch diesen Fragebogen liefern, stellen einen Beitrag zur Forschung an unserem Institut für Datenbankorientiertes Konstruieren (IDoK) dar. Wir möchten Ihre Arbeitsweise in einem Prozess festhalten und ihn später mit den Prozessen anderer Menschen in Ihrem Aufgabenbereich vergleichen. Ziel ist es dadurch, einen Standard-Prozess zu entwickeln, der in jedem Büro gelebt werden kann. Daher bitten wir Sie, den Fragebogen mit bestem Wissen und Gewissen auszufüllen.

Erläuterungen zum Fragebogen:

- **Arbeitsschritte:** Erklären Sie uns mit ein paar Worten, welche Arbeitsschritte Sie innerhalb des Prozesses durchlaufen. Beim Erstellen eines Planes könnte das z.B. sein: 1. Zeichenprogramm öffnen, 2. Planlayout laden, 3. Plankopf ausfüllen usw.

• Erforderliche Angaben zu den behandelnden Informationen:

- **Was ist das für eine Information?** Bitte teilen Sie uns mit, welche Informationen und Unterlagen Sie für den einzelnen Arbeitsschritt benötigen, um ihn ausführen zu können. Beim Erstellen eines Planes könnte das z.B. ein Architektenplan oder eine Statik sein.
- **Von wem (Rolle) habe ich die Information?** Erklären Sie uns, von wem Sie die Informationen/Unterlagen erhalten haben. Dies kann z.B. der Architekt, Tragwerksplaner oder Bauleiter sein.
- **Auf welchem Wege und in welchem Dateiformat habe ich die Information erhalten?** Erklären Sie uns auf welchem Weg und von wem Sie die Informationen/Unterlagen erhalten haben. Das kann z.B. eine Mail vom Architekten oder der Download einer Datei, die vom TGA-Planer hochgeladen wurde, sein.
- **Wo habe ich die Information abgelegt?** Bitte teilen Sie uns mit, wo Sie die in dem jeweiligen Arbeitsschritt benötigten und nun bearbeiteten Informationen/Unterlagen ablegen. Dies kann z.B. ein Dateipfad auf Ihrem Laufwerk/Server oder ein externer Server sein.
- **Welche Software habe ich für diesen Arbeitsschritt verwendet?** Bitte nennen Sie uns die technischen Hilfsmittel, die Sie für diesen Arbeitsschritt benötigen. Dies kann z.B. eine Zeichen- oder Modellierungssoftware wie AutoCAD/Revit oder ein PDF-Reader wie Adobe Acrobat sein.
- **Welche Probleme bzw. Verbesserungen gibt es zu dem Arbeitsschritt?** Bitte teilen Sie uns mit, ob es Probleme oder Verbesserungsmöglichkeiten bei dem betrachteten Arbeitsschritt gab.
- **Wie lange dauerte der Arbeitsschritt?** Bitte teilen Sie uns mit, wie viel Zeit Sie für den Arbeitsschritt benötigt haben.

A.3 Erläuterungen zum Referenzprojekt

Das in dieser Arbeit zugrunde gelegte Einfamilienwohnhaus wurde in unterschiedlichen Veranstaltungen verwendet, um interessierte Personen die Vorteile der BIM-Schlüsseltechnologien erleben zu lassen. Das Tragwerksmodell wurde als As-planned-Model (LOD 400) rekonstruiert, um den teilnehmenden Personen anhand von unterschiedlichen Szenarien die Handhabung eines IFC-Viewers, die BCF-Anwendung oder die Arbeitsweise in einer CDE zu vermitteln. Für die Werkplanung wurden neben den Hauptbauteilen die Sekundärbauteile und die Verbindungsmittel nachmodelliert. Das Gebäude wurde vom Architekturbüro „AKZENTE“ entworfen und wurde seit Oktober 1998 ca. 30 Mal hergestellt.

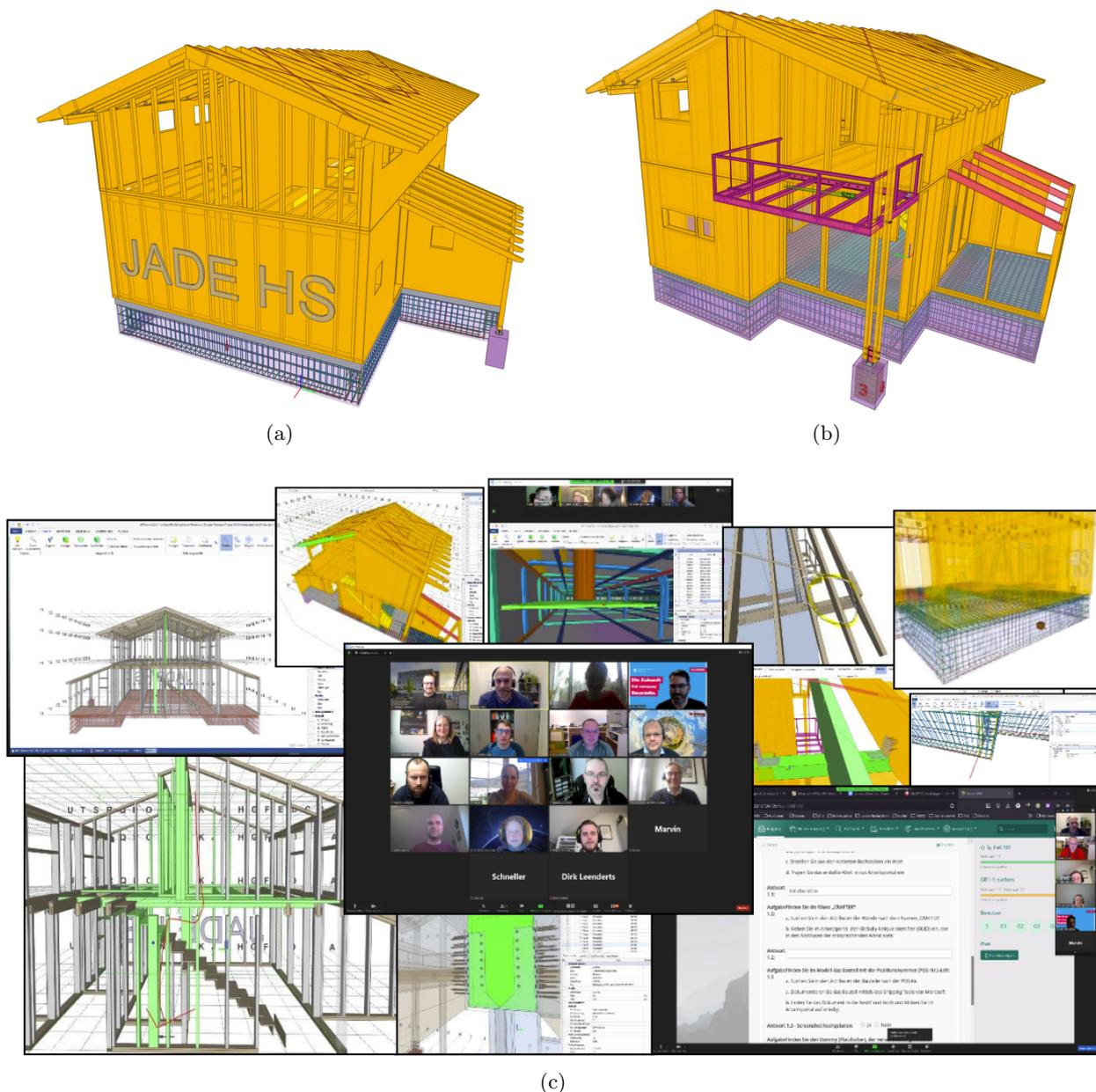


Abbildung A.5: Bau-Produktmodell für den Rohbau des Referenzprojektes – (a) Nordseite; (b) Südseite; (c) Ausschnitte des BIM Game CRAFTER; Anmerkung: Die Bauteile in (a) und (b) sind teilweise ausgeblendet bzw. transparent dargestellt.

A.4 Datenmodelle des Statikportals

A.4.1 Datenmodell-01

Nachfolgend werden die Entitäten und deren Attribute des Datenmodells-01 (vgl. Kapitel 5.3.1.2), gemäß den Aktivitäten im Hauptprozess-01 (vgl. Kapitel 5.3.1.1), in Tabellenform dargestellt:

Aktivität 20 – Projekt anlegen: Entitäten und Attribute

Tabelle A.1: Datenmodell-01 – Inhalte der Prozess-Entität

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	Datenmodell54	Datenmodell54	Master	1:1
2	Datenmodell55	Datenmodell55	Master	1:1
3	Datenmodell56	Datenmodell56	Master	1:1
4	Datenmodell57	Datenmodell57	Master	1:1
5	M50_ Statik oder Ausführungspla- nung	M50_ StatikOderAusfuhrungspl	Master	1:1
6	M51_ Positionierung	M51_ Positionierung	Master	1:1
7	M52_ Vorbemerkung	M52_ Vorbemerkung	Master	1:1
8	M53_ Globale Einwirkung	M53_ GlobaleEinwirkung	Master	1:1
9	MP1_ Fromelle Prufung	MP1_ Fromelle Prufung	Master	1:1
10	S_ Projektbeteiligte	WFUSER	System	1:1
11	xMA60a_ Holzstutzen	xMA60a_ Holzstutzen	Master	1:1
12	xMA70a_ Holzrahmenbauwande	xMA70a_ Holzrahmenbauwande	Master	1:1
13	xMA90a	xMA90a	Master	1:1
14	xMA100a_ Holzstützen	xMA100a_ Holzstutzen	Master	1:1
15	xMA110a_ Holzwände	xMA110a_ Holzwände	Master	1:1
16	xMA120a_ Sparren	xMA120a_ Sparren	Master	1:1
17	xMA180a_ Gründungsbauteile	xMA180a_ Gründungsbauteile	Master	1:1
18	bM30: AIA und BAP	bM30_ AIAundBAP	Boolean	-
19	bM40: Fremdunterlagen	bM40_ Fremdunterlagen	Boolean	-
20	bM50: Statik	bM50_ Statik	Boolean	-
21	bM60: Ausführungsplanung	bM60_ Ausfuhrungsplanung	Boolean	-
22	sProjektnummer	sProjektnummer	String	-
23	sProjekttitel	sProjekttitel	String	-
24	imgProjektbild	imgProjektbild	String	-
25	dProjekt angelegt am	dProjektangelegtam	Date - Time	-
26	sBauort: Flurstück	sBauortFlurstuck	Image	-
27	sBauort: PLZ + Ort	sBauortPLZOrt	String	-
28	sBauherr: Name	sBauherrName	String	-
29	sBauherr: Firma	sBauherrFirma	String	-
30	sBauherr: Straße + HausNr.	sBauherrStraeHausNr	String	-
31	sBauherr: PLZ + Ort	sBauherrPLZOrt	String	-
32	sBauherr: Email	sBauherrEmail	String	-
33	sBauherr: Telefon	sBauherrTelefon	String	-
34	sProjektleiter: Name	sProjektleiterName	String	-
35	sProjektleiter: Firma	sProjektleiterFirma	String	-
36	sProjektleiter: Straße + HausNr.	sProjektleiterStrae + HausNr.	String	-
37	sProjektleiter: PLZ + Ort	sProjektleiterPLZ + Ort	String	-
38	sProjektleiter: Email	sProjektleiterEmail	String	-
39	sProjektleiter: TelefonNr	sProjektleiterTelefonNr	String	-
40	imgProjektleiter: Unterschrift	imgProjektleiterUnterschri	Image	-
41	sProjektleiter: Unterschrift	sProjektleiterUnterschrift	Extended-Text	-
42	sProjektleiter: Titel	sProjektleiterTitel	String	-
43	sSachbearbeiter: Name	sSachbearbeiterName	String	-
44	sSachbearbeiter: Firma	sSachbearbeiterFirma	String	-
45	sSachbearbeiter: Straße + HausNr	sSachbearbeiterStareHausNr	String	-
46	sSachbearbeiter: PLZ + Ort	sSachbearbeiterPLZOrt	String	-
47	sSachbearbeiter: Email	sSachbearbeiterEmail	String	-
48	sSachbearbeiter: TelefonNr	sSachbearbeiterTelefonNr	String	-
49	sPrüfer: Name	sPruferName	String	-
50	sPrüfer: Firma	sPruferFirma	String	-
51	sPrüfer: Straße + HausNr	sPruferStareHausNr	String	-
52	sPrüfer: PLZ + Ort	sPruferStareHausNr	String	-
53	sPrüfer: TelefonNr	sPruferTelefonNr	String	-

54	sPrüfer: Email	sPruferEmail	String	-
55	uMetadaten	uMetadaten	File	-
56	bKorrekturGesamtprozess	bKorrekturGesamtprozess	Boolean	-

Aktivität 50 – Baustatik: Entitäten und Attribute

Tabelle A.2: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M50_Statik>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kpBearbeitungsstand	kpBearbeitungsstand	Master	1:1
2	bStatik	bStatik	Boolean	-
3	bAusführungsplanung	bAusführungsplanung	Boolean	-

Aktivität 51 – Vorbemerkung: Entitäten und Attribute

Tabelle A.3: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M51_Vorbemerkung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kpBearbeitungsstand	kpBearbeitungsstand	Master	1:1
2	kmStatus	kmStatus	Master	1:1
3	xBrandschutzdokumente	xBrandschutzdokumente	Collection Master	1:n
4	xBaugrunddokumente	xBaugrunddokumente	Collection Master	1:n
5	xUnterlagen	xUnterlagen	Collection Master	1:n
6	xBodenpressung	xBodenpressung	Collection Master	1:n
7	xNormen	xNormen	Collection Master	1:n
8	xSystembeschreibungen	xSystembeschreibungen	Collection Master	1:n
9	sBaubeschreibung	sBaubeschreibung	String	-
10	sEntwurf: Name	sEntwurfName	String	-
11	sEntwurf: Straße+HausNr	sEntwurfStraeHausNr	String	-
12	sEntwurf: PLZ + Ort	sEntwurfPLZOrt	String	-
13	sEntwurf: Email	sEntwurfEmail	String	-
14	sEntwurf: Telefon	sEntwurfTelefon	String	-
15	sBodengutachten Anmerkungen	sGutachtenAnmerkungen	String	-
16	sSystembeschreibung	sSystembeschreibung	String	-
17	sDachkonstruktion	sDachkonstruktion	String	-
18	sGeschossdecke	sGeschossdecke	String	-
19	sStützende Bauteile	sStutzendeBauteile	String	-
20	sGründung	sGründung	String	-
21	sAussteifung	sAussteifung	String	-
22	sBodengutachten: Firma	sBodengutachtenFirma	String	-
23	sBodengutachten: Firmenzusatz	sBodengutachtenFirmenzusat	String	-
24	sBodengutachten: Straße+HausNr.	sBodengutachtenStareHausNr	String	-
25	sBodengutachten: PLZ+Ort	sBodengutachtenPLZOrt	String	-
26	sBrandschutz: Firma	sBrandschutzFirma	String	-
27	sBrandschutz: Firmenzusatz	sBrandschutzFirmenzusatz	String	-
28	sBrandschutz: Straße + HausNr	sBrandschutzStraeHausNr	String	-
29	sBrandschutz: PLZ + Ort	sBrandschutzPLZOrt	String	-
30	sBrandschutz: Anmerkungen	sBrandschutzAnmerkungen	String	-
31	sEntwurf: Firma	sEntwurfFirma	String	-
32	uVorbemerkung	uVorbemerkung	File	-
33	dAktuellesDatumM51	dAktuellesDatumM51	Date - Time	-

Tabelle A.4: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBodenpressung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M52_Vorbemerkungen	M52_Vorbemerkungen	Master	1:n
2	sBereich	sBereich	String	-
3	sSpannung	sSpannung	String	-
4	sDimension	sDimension	String	-

Tabelle A.5: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xSystembeschreibung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M52_Vorbemerkungen	M52_Vorbemerkungen	Master	1:n
2	sWeiteresBauteil	sWeiteresBauteil	String	-
3	sWeitereSytembeschreibung	sWeitereSytembeschreibung	String	-

Tabelle A.6: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xUnterlagen>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M52_Vorbemerkungen	M52_Vorbemerkungen	Master	1:n
2	sPlanbezeichnung	sPlanbezeichnung	String	-
3	sRevisionsnummer	sRevisionsnummer	String	-
4	dDatumFreigabe	dDatumFreigabe	String	-
5	uAnhang	uAnhang	File	-

Tabelle A.7: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xNorm>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M52_Vorbemerkungen	M52_Vorbemerkungen	Master	1:n
2	sNorm Bereich	sNormBereich	String	-
3	sNorm Titel	sNormTitel	String	-
4	sNorm Nummer	sNormNummer	String	-

Tabelle A.8: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBrandschutzdokumente>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M52_Vorbemerkungen	M52_Vorbemerkungen	Master	1:n
2	sBrandschutz: DokumentName	sBrandschutzDokumentName	String	-
3	sBrandschutz: DokumentNummer	sBrandschutzDokumentNummer	String	-
4	sBrandschutz: DokumentRevision	sBrandschutzDokumentRevision	String	-
5	uBrandschutz: Dokument	uBrandschutzDokument	File	-

Tabelle A.9: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBaugrunddokumente>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M52_Vorbemerkungen	M52_Vorbemerkungen	Master	1:n
2	sBaugrund: DokumentName	sBaugrundDokumentName	String	-
3	sBaugrund: DokumentNummer	sBaugrundDokumentNummer	String	-
4	sBaugrund: DokumentRevision	sBaugrundDokumentRevision	String	-
5	uBaugrund: Dokument	uBaugrundDokument	File	-

Tabelle A.10: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xDigitaleBauwerksModelle>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M51_Vorbemerkung	M51_Vorbemerkung	Master	1:n
2	sModellGuid	sModellGuid	String	-
3	sModellName	sModellName	String	-
4	dModellErstellt	dModellErstellt	Date - Time	-
5	uIFCModell	uIFCModell	File	-

Aktivität 52 – Positionierung: Entitäten und Attribute

Tabelle A.11: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M51_Positionierung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kpBearbeitungsstand	kpBearbeitungsstand	Master	1:1
2	kmPrüfanmerkung	kmPrüfanmerkung	Master	1:1
3	xPositionspläne	xPositionsplane	Collection Master	1:n
4	xPositionierung Unterlagen	xPositionierungUnterlagen	Collection Master	1:n
5	xPositionsliste	xPositionsliste	Collection Master	1:n
6	dFertigstellung Statik Dachtragwerk	dFertigstellungStatikDacht	Date - Time	-
7	dFertigstellung Statik OG	dFertigstellungStatikOG	Date - Time	-
8	dFertigstellung Statik EG	dFertigstellungStatikEG	Date - Time	-
9	dFertigstellung Statik Gründung	dFertigstellungStatikGrund	Date - Time	-
10	uPositionsliste	uPositionsliste	File	-
11	dAktuellesDatumM52	dAktuellesDatumM52	Date - Time	-
12	bUnterlagenVersenden	bUnterlagenVersenden	Boolean	-

Tabelle A.12: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xPositionsplane>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M51_Positionierung	M51_Positionierung	Master	1:n
2	uPositionsplan	uPositionsplan	File	-

Tabelle A.13: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xPositionsUnterlagen>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M51_Positionierung	M51_Positionierung	Master	1:n
2	sPositionierung: Name	sPositionierungName	String	-
3	sPositionierung: Revision	sPositionierungRevision	String	-
4	dPositionierung: Hochgeladen	dPositionierungHochgeladen	Date - Time	-
5	sPositionierung: erstellt von	sPositionierungErstelltVon	String	-

Tabelle A.14: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xPositionsliste>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M51_Positionierung	M51_Positionierung	Master	1:n
2	sPos-Nr.	sPos-Nr.	String	-
3	sBauteilname	sBauteilname	String	-
4	sMaterial	sMaterial	String	-
5	sAbmessungen	sAbmessungen	String	-
6	uIFC File	uIFCFile	File	-

Aktivität 53 – Globale Einwirkungen: Entitäten und Attribute

Tabelle A.15: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M53_GlobaleEinwirkung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kpBearbeitungsstand	kpBearbeitungsstand	Master	1:1
2	kmStatus	kmStatus	Master	1:1
3	xWindlastenWand	xWindlastenWand	Collection Master	1:n
4	xWindlastenDach	xWindlastenDach	Collection Master	1:n
5	xSchneelasten	xSchneelasten	Collection Master	1:n
6	iSchneelastzone	iSchneelastzone	Interger	-
7	iWindlastzone	iWindlastzone	Interger	-
8	uGlobaleEinwirkung	uGlobaleEinwirkung	File	-
9	dAktuellesDatumM53	dAktuellesDatumM53	Date - Time	-

Tabelle A.16: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xSchneelast>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M53_GlobaleEinwirkung	M53_GlobaleEinwirkung	Master	1:n
2	sSchneeereignis	sSchneeereignis	String	-
3	sSchneeBerechnung	sSchneeBerechnung	String	-
4	sSchneelast	sSchneelast	String	-
5	sSchneelastDimension	sSchneelastDimension	String	-

Tabelle A.17: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xWindlastenDach>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M53_GlobaleEinwirkung	M53_GlobaleEinwirkung	Master	1:n
2	sWindlastfläche Dach	sWindlastflacheDach	String	-
3	sWindlastberechnung Dach	sWindlastberechnungDach	String	-
4	sWindlast Dach	sWindlastDach	String	-
5	sWindlastDimension Dach	sWindlastDimensionDach	String	-

Tabelle A.18: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xWindlastenWand>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	M53_GlobaleEinwirkung	M53_GlobaleEinwirkung	Master	1:n
2	sWindlastfläche Wand	sWindlastflacheWand	String	-
3	sWindlastberechnung Wand	sWindlastberechnungWand	String	-
4	sWindlast Wand	sWindlastWand	String	-
5	sWindlastDimension Wand	sWindlastDimensionWand	String	-

Aktivität P1 – Formelle Prüfung: Entitäten und Attribute

Tabelle A.19: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <MP1_FormellePruefung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kpBearbeitungsstand	kpBearbeitungsstand	Master	1:1
2	kmStatus	kmStatus	Master	1:1
3	uPruefAnmerkung	uPruefAnmerkung	File	-
4	dAktuellesDatumM53a	dAktuellesDatumM53a	Date - Time	-

Tabelle A.20: Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <kmStatus>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	sM51_Prüfanmerkung	sM51_Prufanmerkung	String	-
2	sM52_Prüfanmerkung	sM52_Prufanmerkung	String	-
3	sM53_Prüfanmerkung	sM53_Prufanmerkung	String	-
4	bM51_Freigabe Erteilt	bM51_FreigabeErteilt	Boolean	-
5	bM52_Freigabe Erteilt	bM52_FreigabeErteilt	Boolean	-
6	bM53_Freigabe Erteilt	bM53_FreigabeErteilt	Boolean	-
7	bBodenpressung Check	bBodenpressungCheck	Boolean	-
8	bBrandschutz Check	bBrandschutzCheck	Boolean	-
9	bEntwurfsunterlagen Check	bEntwurfsunterlagenCheck	Boolean	-
10	bSystembeschreibung Check	bSystembeschreibungCheck	Boolean	-
11	bPositionierung Check	bPositionierungCheck	Boolean	-
12	bSchneelast Check	bSchneelastCheck	Boolean	-
13	bWindlast Check	bWindlastCheck	Boolean	-
14	bBaubeschreibung Check	bBaubeschreibungCheck	Boolean	-
15	bNorm Check	bNormCheck	Boolean	-
16	bAussteifung Check	bAussteifungCheck	Boolean	-
17	bFertigstellung Check	bFertigstellungCheck	Boolean	-
18	bFormelle Prüfung	bFormellePrufung	Boolean	-
19	sFormelle Prüfung	sFormellePrufung	String	-

A.4.2 Datenmodell-54

Nachfolgend werden die Entitäten und deren Attribute des Datenmodells-54 (vgl. Kapitel 5.3.2.2), gemäß den Aktivitäten im Teilprozess-54 (vgl. Kapitel 5.3.2.1), in Tabellenform dargestellt. Die Attributliste für die Prozess-Entität ist dem Anhang A.4.1 zu entnehmen.

Tabelle A.21: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <Datenmodell54>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	MA10_Sparren	MA10_Sparren	Master	1:1
2	MA20_Wechsel	MA20_Wechsel	Master	1:1
3	MA30_Windrispen	MA30_Windrispen	Master	1:1
4	MA40_Firstpfette	MA40_Firstpfette	Master	1:1
5	MA50_Fußpfette	MA50_Fußpfette	Master	1:1
6	MP10_SparrenPrüfung	MP10_SparrenPrufung	Master	1:1
7	MP20_WechselPrüfung	MP20_WechselPrufung	Master	1:1
8	MP30_WindrispenPrüfung	MP30_WindrispenPrufung	Master	1:1
9	MP40_FirstpfettePrüfung	MP40_FirstpfettePrufung	Master	1:1
10	MP50_FußpfettePrüfung	MP50_FußpfettePrufung	Master	1:1
11	bKorrekturDG	bKorrekturDG	Boolean	-
12	uMP10-ifc-Prüfstatus	uMP10-ifc-Prüfstatus	File	-

Tabelle A.22: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA10_Sparren>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBauteilinformationen	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgrößen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uSparrenbemessung	uSparrenbemessung	File	-
9	dSparrenIstFertigstellung	dSparrenIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.23: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA20_Wechsel>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBauteilinformationen	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgrößen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uWechselbemessung	uWechselbemessung	File	-
9	dWechselIstFertigstellung	dWechselIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.24: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA30_Windrispen>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBauteilinformationen	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgrößen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uWindrispenbemessung	uWindrispenbemessung	File	-
9	dWindrispenbemessung	dWindrispenbemessung	Date - Time	-

Tabelle A.25: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA40_Firstpfette>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBauteilinformationen	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgroßen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uFirstpfettenbemessung	uFirstpfettenbemessung	File	-
9	dFirstIstFertigstellung	dFirstIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.26: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA50_Fusspfette>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBauteilinformationen	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgroßen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uFußfettenbemessung	uFussfettenbemessung	File	-
9	dFußIstFertigstellung	dFussIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.27: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP10_SparrenPrüfung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmSTatusMateriellePrüfung	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dSparrenPrüfung	dSparrenPrüfung	Date - Time	-
4	uSparrenPrüfung	uSparrenPrüfung	File	-

Tabelle A.28: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP20_WechselPrüfung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmSTatusMateriellePrüfung	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dWechselPrüfung	dWechselPrüfung	Date - Time	-
4	uWechselPrüfung	uWechselPrüfung	File	-

Tabelle A.29: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP30_WindrispenPrüfung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmStatusMateriellePrüfung	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dWindrispenPrüfung	dWindrispenPrüfung	Date - Time	-
4	uWindrispenPrüfung	uWindrispenPrüfung	File	-

Tabelle A.30: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP40_FirstpfettenPrüfung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmStatusMateriellePrüfung	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dFirstpfettenPrüfung	dFirstpfettenPrüfung	Date - Time	-
4	uFirstpfettenPrüfung	uFirstpfettenPrüfung	File	-

Tabelle A.31: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP50_FusspfettenPrüfung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmStatusMateriellePrüfung	kmBateilinformationen	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dFußpfettenPrüfung	dFusspfettenPrüfung	Date - Time	-
4	uFußpfettenPrüfung	uFusspfettenPrüfung	File	-

Tabelle A.32: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmBauteilinformationen>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	dAktuellesDatum	dAktuellesDatum	Date - Time	-
2	uIFC-Gesamtmodell	uIFC-Gesamtmodell	File	-
3	sIFC-Gesamtmodell	sIFC-Gesamtmodell	String	-
4	uIFC-BauteilElemente	uIFC-BauteilElemente	File	-
5	sIFC-BauteilElemente	sIFC-BauteilElemente	String	-
6	uBCF	uBCF	File	-
7	sBCF	sBCF	String	-
8	sPositionNummer	sPositionNummer	String	-
9	sPositionName	sPositionName	String	-
10	sPositionBeschreibung	sPositionBeschreibung	String	-
11	sSystemBeschreibung	sSystemBeschreibung	String	-
12	imgSystemSkizze	imgSystemSkizze	Image	-

Tabelle A.33: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmLastannahmen>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	xEigenlasten	xEigenlasten	Collection	1:n
2	xNutzlasten	xNutzlasten	Collection	1:n
3	sLatsannahmeBeschreibung	sLatsannahmeBeschreibung	String	-

Tabelle A.34: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xEigenlasten>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmLastannahme	kmLastannahme	Collection	1:n
2	sEigenlastArt	sEigenlastArt	String	-
3	sEigenlastBerechnung	sEigenlastBerechnung	String	-
4	sEigenlastSumme	sEigenlastSumme	String	-
5	sEigenlastEinheit	sEigenlastEinheit	String	-

Tabelle A.35: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xNutzlasten>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmLastannahme	kmLastannahme	Collection	1:n
2	sNutzlastArt	sNutzlastArt	String	-
3	sNutzlastBerechnung	sNutzlastBerechnung	String	-
4	sNutzlastSumme	sNutzlastSumme	String	-
5	sNutzlastEinheit	sNutzlastEinheit	String	-

Tabelle A.36: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kpBearbeitungsstand>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	sInArbeit	sInArbeit	String	-
2	sErstellt	sErstellt	String	-
3	sVorgelegt	sVorgelegt	String	-
4	sGeprüft	sGeprüft	String	-
5	sGleichgestellt	sGleichgestellt	String	-
6	sNichtPrüfbar	sNichtPrüfbar	String	-
7	sMitPrüfanmerkungenZurück	sMitPrüfanmerkungenZurück	String	-

Tabelle A.37: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmInnereKraftgrossen>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	xAuflagerreaktionen	xAuflagerreaktionen	Collection	1:n
2	xBchnittgrößen	xBchnittgrößen	Collection	1:n

Tabelle A.38: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xAuflagerreaktionen>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmInnereKraftgrossen	kmInnereKraftgrossen	Master	1:n
2	sAuflagerNummer	sAuflagerNummer	String	-
3	sLastfall	sLastfall	String	-
4	sAuflagerGröße	sAuflagerGröße	String	-
5	sAuflagerEinheit	sAuflagerEinheit	String	-

Tabelle A.39: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xSchnittgrossen>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmInnereKraftgrossen	kmInnereKraftgrossen	Master	1:n
2	sSchnittgrößeBereich	sSchnittgrosseBereich	String	-
3	sSchnittgrößeArt	sSchnittgrosseArt	String	-
4	sSchnittgröße	sSchnittgrosse	String	-
5	sSchnittgrößeEinheit	sSchnittgrosseEinheit	String	-

Tabelle A.40: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmBemessung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	xBemessungen	xBemessung	Collection	1:n
2	sBemessungsansatz	sBemessungsansatz	String	-

Tabelle A.41: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBemessungen>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:n
2	uBemessung	uBemessung	File	-

Tabelle A.42: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmPositionenZusammenfassung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	sPrimärmaterial	sPrimärmaterial	String	-
2	sSekundärmaterial	sSekundärmaterial	String	-
3	sExpositionsklasse	sExpositionsklasse	String	-
4	sQuerschnitt	sQuerschnitt	String	-
5	sBewehrung	sBewehrung	String	-
6	sBrandschutz	sBrandschutz	String	-
7	sNorm	sNorm	String	-
8	sNormHinweise	sNormHinweise	String	-

Tabelle A.43: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmDetails>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	xDetailBemessungen	xDetailBemessungen	Collection	1:n
2	imgDetailSkizze	imgDetailSkizze	Image	-
3	sDetailAnmerkung	sDetailAnmerkung	String	-

Tabelle A.44: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xDetailBemessungen>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmDetails	kmDetails	Master	1:n
2	sDetailBemessungArt	sDetailBemessungArt	String	-
3	sDetailBerechnung	sDetailBerechnung	String	-
4	sDetailBemessungSumme	sDetailBemessungSumme	String	-
5	sDetailBemessungEinheit	sDetailBemessungEinheit	String	-

Tabelle A.45: Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmStatusMateriellePrufung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	bBauteilinfoCheck	bBauteilinfoCheck	Boolean	-
2	sBauteilinfoPrüfanmerkung	sBauteilinfoPrüfanmerkung	String	-
3	bLastannahmenCkeck	bLastannahmenCkeck	Boolean	-
4	sLastannahmenPrüfanmerkung	sLastannahmenPrüfanmerkung	String	-
5	bInnereKraftgrößeCkeck	bInnereKraftgrößeCkeck	Boolean	-
6	sInnereKraftgrößePrüfanmerkung	sInnereKraftgrößePrüfanmerkung	String	-
7	bBemessungCheck	bBemessungCheck	Boolean	-
8	sBemessungPrüfanmerkung	sBemessungPrüfanmerkung	String	-
9	bPosZusammenfassungCkeck	bPosZusammenfassungCkeck	Boolean	-
10	sPosZusammenPrüfanmerkung	sPosZusammenPrüfanmerkung	String	-
11	bDetaiNachweisCheck	bDetaiNachweisCheck	Boolean	-
12	sDetaiNachwPrüfanmerkung	sDetaiNachwPrüfanmerkung	String	-
13	bMA10_FreigabeErteilt	bMA10_FreigabeErteilt	Boolean	-
14	sMA10_FreigabePrüfanmerkung	sMA10_FreigabePrüfanmerkung	String	-
15	bMA20_FreigabeErteilt	bMA20_FreigabeErteilt	Boolean	-
16	sMA20_FreigabePrüfanmerkung	sMA20_FreigabePrüfanmerkung	String	-
17	bMA30_FreigabeErteilt	bMA30_FreigabeErteilt	Boolean	-
18	sMA30_FreigabePrüfanmerkung	sMA30_FreigabePrüfanmerkung	String	-
19	bMA40_FreigabeErteilt	bMA40_FreigabeErteilt	Boolean	-
20	sMA40_FreigabePrüfanmerkung	sMA40_FreigabePrüfanmerkung	String	-
21	bMA50_FreigabeErteilt	bMA50_FreigabeErteilt	Boolean	-
22	sMA50_FreigabePrüfanmerkung	sMA50_FreigabePrüfanmerkung	String	-
23	bMA60_FreigabeErteilt	bMA60_FreigabeErteilt	Boolean	-
24	sMA60_FreigabePrüfanmerkung	sMA60_FreigabePrüfanmerkung	String	-
25	bMA70_FreigabeErteilt	bMA70_FreigabeErteilt	Boolean	-
26	sMA70_FreigabePrüfanmerkung	sMA70_FreigabePrüfanmerkung	String	-
27	bMA80_FreigabeErteilt	bMA80_FreigabeErteilt	Boolean	-
28	sMA80_FreigabePrüfanmerkung	sMA80_FreigabePrüfanmerkung	String	-
29	bMA60a_FreigabeErteilt	bMA60a_FreigabeErteilt	Boolean	-
30	sMA60a_FreigabePrüfanmerkung	sMA60a_FreigabePrüfanmerkung	String	-

A.4.3 Datenmodell-55

Nachfolgend werden die Entitäten und deren Attribute im Datenmodell-55 (vgl. Kapitel 5.3.3.2), gemäß den Aktivitäten im Teilprozess-55 (vgl. Kapitel 5.3.3.1), in Tabellenform dargestellt. Die Attributliste für die Prozess-Entität ist dem Anhang A.4.1 und die Attributlisten für die Master-Entitäten <kmBauteilinformationen>, <kmLastannahmen>, <kpBearbeitungsstatus>, <kmInnereKraftgrossen>, <kmBemessung>, <kmPositionZusammenfassung>, <kmDetails> und <kmStatusMateriellePrufung> sind dem Anhang A.4.2 zu entnehmen.

Tabelle A.46: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <Datenmodell55>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	MA60_Holzstütze	MA60_Holzstütze	Master	1:1
2	xMA60a_Holzstützen	xMA60a_Holzstützen	Collection	1:n
3	MA70_Holzrahmenbauwand	MA70_Holzrahmenbauwand	Master	1:1
4	xMA70a_Holzwände	xMA70a_Holzwände	Collection	1:n
5	MA80_Balkonkonstruktion	MA80_Balkonkonstruktion	Master	1:1
6	MP60_HolzstützePrüfung	MP60_HolzstützePrüfung	Master	1:1
7	MP70_HolzwandPrüfung	MP70_HolzwandPrüfung	Master	1:1
8	MP80_BalkonPrüfung	MP80_BalkonPrüfung	Master	1:1
9	iMA60aAnzahl	iMA60aAnzahl	Integer	-
10	iMA70aAnzahl	iMA70aAnzahl	Integer	-
11	bMA80_Korrektur	bMA80_Korrektur	Boolean	-
12	uMP60-Ifc-Prüfstatus	uMP60-Ifc-Prüfstatus	File	-

Tabelle A.47: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MA60_Holzstutze>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBateilinformatioenen	kmBateilinformatioenen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgrößen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uHolzstützenBemessung	uHolzstützenBemessung	File	-
9	dHolzstützeIstFertigstellung	dHolzstützeIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.48: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität Collection <xMA60a_Holzstutzen>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	Datenmodell55	Datenmodell55	Master	1:n
2	kmBateilinformatioenen	kmBateilinformatioenen	Master	1:1
3	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
4	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgrößen	Master	1:1
5	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
6	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
7	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
8	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
9	MP60b_HolzstützePrüfung	MP60b_HolzstützePrüfung	Master	1:1
10	uHolzstützenBemessung	uHolzstützenBemessung	File	-
11	dHolzstützeIstFertigstellung	dHolzstützeIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.49: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP60a_HolzstutzePrufung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	xMA60a_Holzstutzen	MA60a_Holzstutzen	Master	1:1
2	kmStatusMateriellePrüfung	kmStatusMateriellePrufung	Master	1:1
3	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
4	dMP60bPrüfung	dMP60bPrufung	Date - Time	-
5	uMP60bPrüfung	uMP60bPrufung	File	-

Tabelle A.50: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP60_HolzstutzePrufung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmStatusMateriellePrüfung	kmStatusMateriellePrufung	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dMP60Prüfung	dMP60Prufung	Date - Time	-
4	uMP60Prüfung	uMP60Prufung	File	-

Tabelle A.51: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MA70_Holzrahmenbauwand>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBateilinformatioenen	kmBateilinformatioenen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgroßen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uHolzrahmenbauwandBemessung	uHolzrahmenbauwandBemessung	File	-
9	dHolzrahmenbauwandIstFertigstellung	dHolzrahmenbauwandIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.52: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP80_BalkonPrufung>

lf-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmStatusMateriellePrüfung	kmStatusMateriellePrufung	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dMP80Prüfung	dMP80Prufung	Date - Time	-
4	uMP80Prüfung	uMP80Prufung	File	-

Tabelle A.53: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität Collection <xMA70a_Holzwände>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	Datenmodell55	Datenmodell55	Master	1:n
2	kmBateilinformatioenen	kmBateilinformatioenen	Master	1:1
3	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
4	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgrößen	Master	1:1
5	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
6	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
7	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
8	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
9	MP70b_HolzwandPrüfung	MP70b_HolzwandPrüfung	Master	1:1
10	uHolzrahmenbauwandBemessung	uHolzrahmenbauwandBemessung	File	-
11	dHolzrahmenbauwandIstFertigstellung	dHolzrahmenbauwandIstFertigstellung	Date - Time	-

Tabelle A.54: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP70a_HolzwandPrüfung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	xMA70a_Holzstutzen	MA60a_Holzstutzen	Master	1:1
2	kmStatusMateriellePrüfung	kmBateilinformatioenen	Master	1:1
3	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
4	dMP70bPrüfung	dMP70bPrüfung	Date - Time	-
5	uMP70bPrüfung	uMP70bPrüfung	File	-

Tabelle A.55: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP70_HolzwandPrüfung>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmStatusMateriellePrüfung	kmStatusMateriellePrüfung	Master	1:1
2	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
3	dMP70Prüfung	dMP70Prüfung	Date - Time	-
4	uMP70Prüfung	uMP70Prüfung	File	-

Tabelle A.56: Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MA80_Balkonstruktion>

If-Nr.	Sichtbarer-Name	Attribut-Name	Typ	Relation
1	kmBateilinformatioenen	kmBateilinformatioenen	Master	1:1
2	kmLastannahme	kmLastannahme	Master	1:1
3	kmInnereKraftgrößen	kmInnereKraftgrößen	Master	1:1
4	kmBemessung	kmBemessung	Master	1:1
5	kmPositionZusammenfassung	kmPositionZusammenfassung	Master	1:1
6	kmDetails	kmDetails	Master	1:1
7	kpBearbeitungsstatus	kpBearbeitungsstatus	Master	1:1
8	uBalkonBemessung	uBalkonBemessung	File	-
9	dBalkonIstFertigstellung	dBalkonIstFertigstellung	Date - Time	-

A.5 Templates und Formulare des Statikportals

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Formulare des Statikportals, die Attribute des Datenmodells und die Templates, die in den jeweiligen Aktivitäten hinterlegt sind.

A.5.1 Hauptprozess-01

A.5.1.1 Templates

Nachfolgend wird zunächst die Migration zwischen den Templates und BIZAGI dargestellt. Über die BIZAGI-Steuerungsfunktion <Document Template> werden aus dem Prozess heraus die Templates mit Inhalten gefüllt. Die Migration ist in Kapitel 5.2.3 beschrieben. Anschließend werden die Templates dargestellt, die dem Hauptprozess-01 zugrunde gelegt sind.

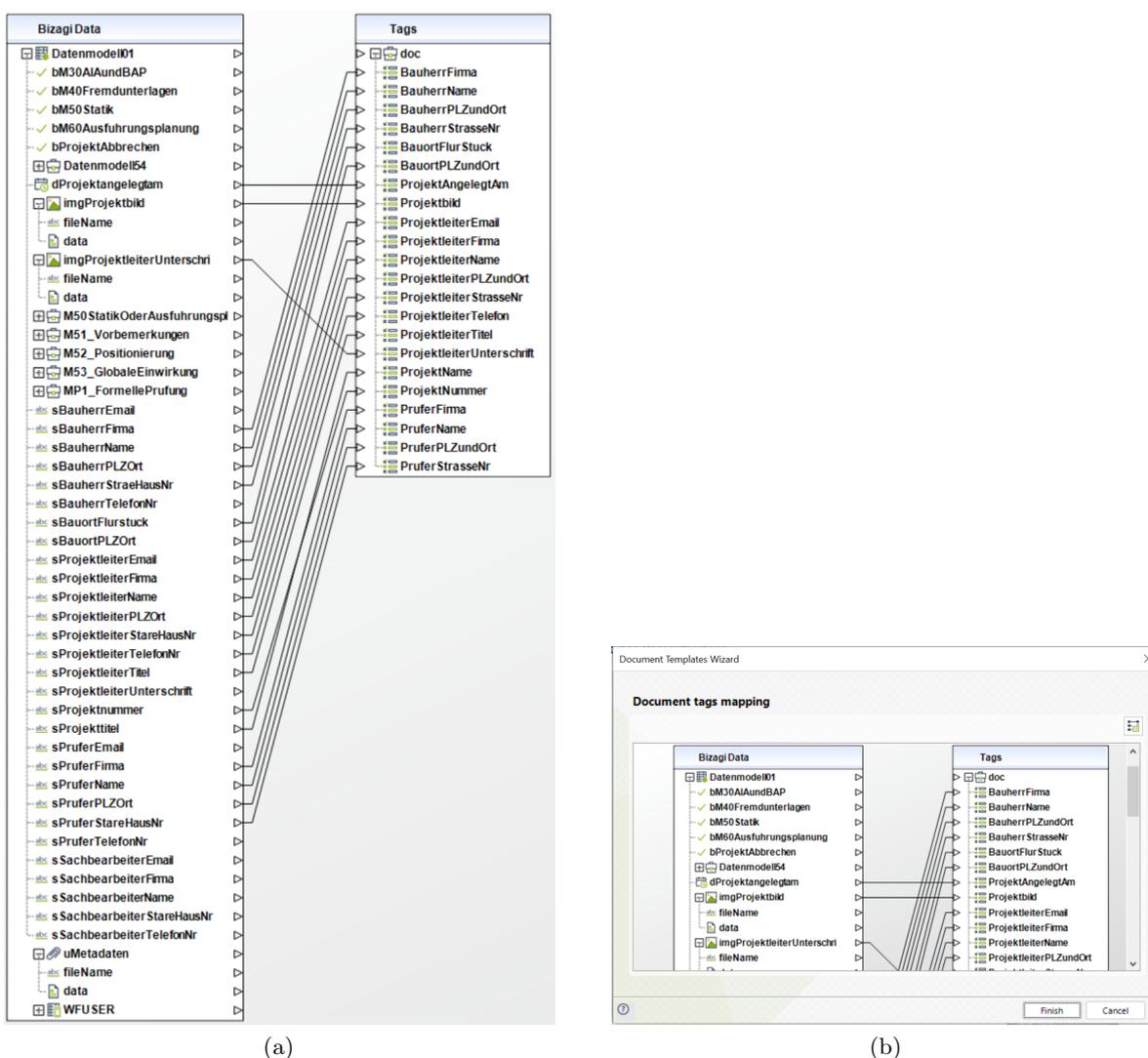


Abbildung A.6: Migration für die formellen Inhalte der Aktivität 20 „Projekt anlegen“ zwischen der Word-Dokumentvorlage und BIZAGI – (a) Darstellung aller Attribute; (b) Darstellung des Steuerungsassistenten <Document Templates>

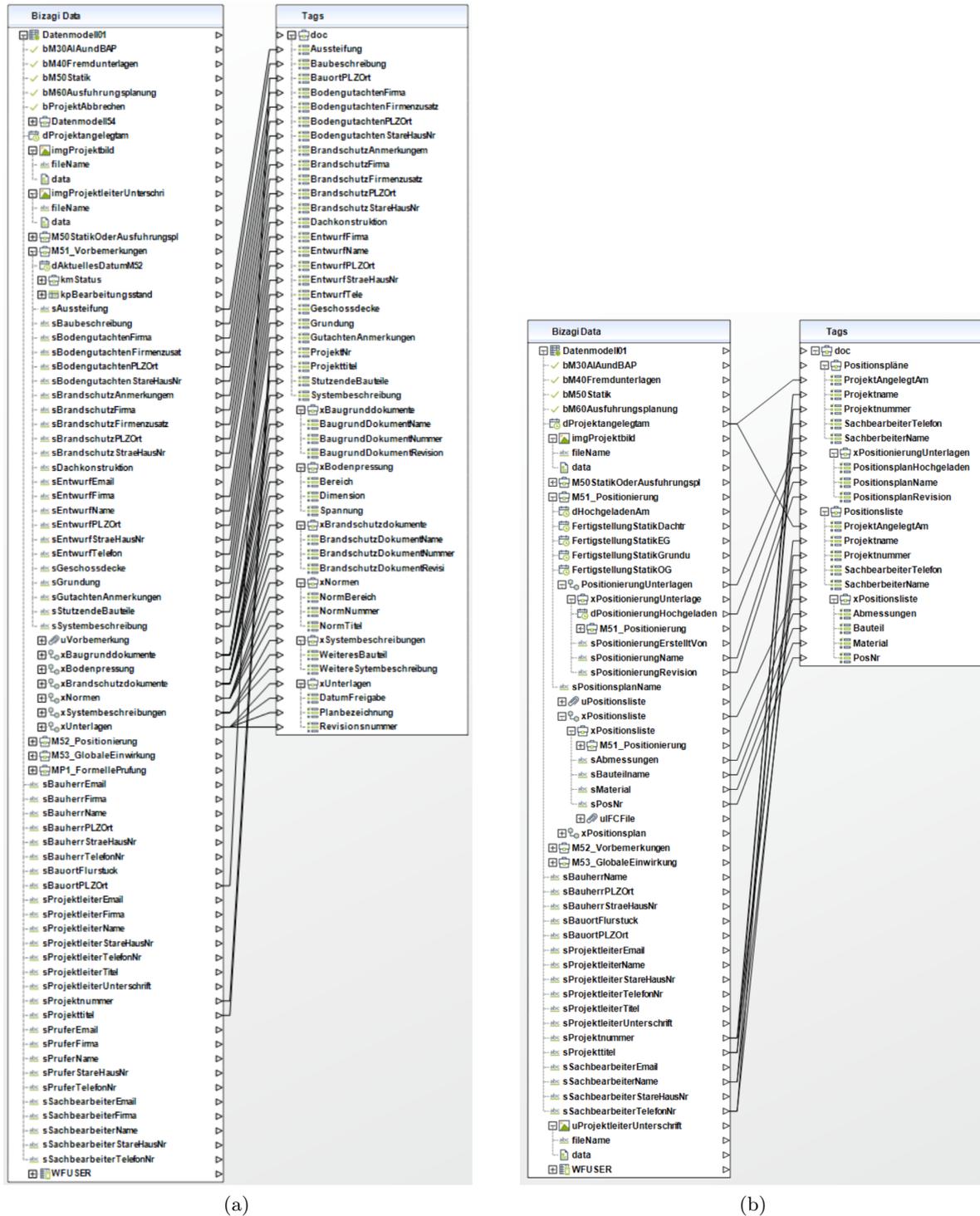


Abbildung A.7: Migration für die formalen Inhalte zwischen der Word-Dokumentvorlage und BIZAGI – (a) Aktivität 51 „Vorbemerkung“; (b) Aktivität 52 „Positionierung“



Abbildung A.8: Migration für die formellen Inhalte zwischen der Word-Dokumentvorlage und BIZAGI
 – (a) Aktivität 53 „Globale Einwirkungen“; (b) Aktivität P1 „Formelle Prüfung“

Aktivität 20 „Projekt anlegen“ – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung [ProjektName]	
[Projektbild]	
Bauort: [BauortFlurStuck] [BauortPLZundOrt]	
Projekt-Nr.: [ProjektNummer]	Vermerke:
Bauherr_in: [BauherrFirma] [BauherrName] [BauherrStrasseNr] [BauherrPLZundOrt]	
Prüfer_in: [PrüferFirma] [PrüferName] [PrüferStrasseNr] [PrüferPLZundOrt]	
Aufsteller_in: [ProjektleiterFirma] [ProjektleiterName] [ProjektleiterStrasseNr] [ProjektleiterPLZundOrt] [ProjektleiterTelefon] [ProjektleiterEmail]	
Datum: Oldenburg, [ProjektAngelegtAm]	
Projektleiter_in: [ProjektleiterUnterschrift] [ProjektleiterTitel] [ProjektleiterName]	

Aktivität 51 „Vorbemerkung“ – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung

Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitel] – [BauortPLZOrt]

1. Vorbemerkung

1.1. Baubeschreibung
[Baubeschreibung]

1.2. Grundlagen

1.2.1. Entwurfsplanung

Verfasser_in: [EntwurfFirma]
[EntwurfName]
[EntwurfStraeHausNr]
[EntwurfPLZOrt]
[EntwurfTele]

Unterlagen:

Planbezeichnung	Revisionsnummer	Datum der Freigabe
[Foreach:xUnterlagen] [Planbezeichnung]	[Revisionsnummer]	[DatumFreigabe] [End]

1.2.2. Baugrund

Verfasser_in: [BodengutachtenFirma]
[BodengutachtenFirmenzusatz]
[BodengutachtenStareHausNr]
[BodengutachtenPLZOrt]

Unterlagen:

Nummer	Name	Revision
[Foreach:xBaugrunddokumente] [BaugrundDokumentNummer]	[BaugrundDokumentName]	[BaugrundDokumentRevision] [End]

Allgemeine Anmerkungen:
[GutachtenAnmerkungen]



Seite 1/4

Aktivität 51 „Vorbemerkung“ – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung								
Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitel] – [BauortPLZOrt]								
Zulässige Bodenspannung								
Bereich	Spannung	Dimension						
[Foreach:xBodenpressung] [Bereich]	[Spannung]	[Dimension] [End]						
<p>Fundamente sind auf den ausreichend tragfähigen Bodenschichten abzusetzen und frostfrei zu gründen.</p> <p>Falls es die Höhenlage erfordert, sind dazu Unterfütterungen aus Magerbeton vorzusehen.</p> <p>Der Boden wird als ausreichend konsolidiert erachtet, so dass der Baugrund in der Lage ist die zusätzlichen Ausbaulasten ohne weiteren Nachweis (o.w.N.) aufzunehmen. Abweichungen sind umgehend dem Aufsteller zu melden.</p>								
<p>1.3. Brandschutz</p> <p>Verfasser_in: [BrandschutzFirma] [BrandschutzFirmenzusatz] [BrandschutzStareHausNr] [BrandschutzPLZOrt]</p>								
<p>Unterlagen:</p> <table border="1"> <tr> <td>Nummer</td> <td>Name</td> <td>Revision</td> </tr> <tr> <td>[Foreach:xBrandschutzdokumente] [BrandschutzDokumentNummer]</td> <td>[BrandschutzDokumentName]</td> <td>[BrandschutzDokumentRevisi] [End]</td> </tr> </table>			Nummer	Name	Revision	[Foreach:xBrandschutzdokumente] [BrandschutzDokumentNummer]	[BrandschutzDokumentName]	[BrandschutzDokumentRevisi] [End]
Nummer	Name	Revision						
[Foreach:xBrandschutzdokumente] [BrandschutzDokumentNummer]	[BrandschutzDokumentName]	[BrandschutzDokumentRevisi] [End]						
<p>Allgemeine Anmerkungen: [BrandschutzAnmerkungen]</p> <p>Die in den Bemessungen zugrunde gelegten Brandschutzanforderungen sind rechtzeitig vor Baubeginn durch einen Brandschutzsachverständigen überprüfen und bestätigen zu lassen.</p> <p>In Zweifelsfällen ist der Aufsteller zu benachrichtigen!</p>								
		Seite 2/4						

Aktivität 51 „Vorbemerkung“ – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung		
Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitel] – [BauortPLZOrt]		
1.4. Vorschriften und Normen		
Maßgebend sind die DIN-Vorschriften in der jeweils neuesten, gültigen Fassung, sowie bauaufsichtliche Zulassungen ebenfalls in der neuesten gültigen Fassung.		
Im Wesentlichen:		
Bereich der Nrom	Titel der Norm	Nummer der Norm
[Foreach:xNormen] [NormBereich]	[NormTitel]	[NormNummer] [End]
1.5. Systembeschreibung		
[Systembeschreibung]		
Dachkonstruktion:		
[Dachkonstruktion]		
Geschossdecken:		
[Geschossdecke]		
Stützende Bauteile:		
[StutzendeBauteile]		
Gründung:		
[Gründung]		
Weitere Systembeschreibungen:		
Weitere Bauteile	Systembeschreibung	
[Foreach:xSystembeschreibungen] [WeiteresBauteil]	[WeitereSytembeschreibung] [End]	
1.6. Aussteifung		
[Aussteifung]		
Seite 3/4		

Aktivität 51 „Vorbemerkung“ – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung



Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitle] – [BauortPLZOrt]

1.7. Besondere Anmerkung

Bestandteil dieser statischen Untersuchung sind alle wesentlichen und für die Standsicherheit erforderlichen Nachweise, die direkt durch die Baumaßnahme betroffen sind. Nicht bemessene Anschlüsse müssen von der ausführenden Firma fachgerecht, unter Berücksichtigung der statischen Werte ausgebildet werden. Diese statische Berechnung ist, soweit in den Berechnungen nicht ausdrücklich ausgewiesen, nur für den betrachteten Bauzustand. Im Regelfall ist dies der Endzustand. Anderweitige Zwischenzustände und Baubehelfe sind nicht Bestandteil dieser statischen Berechnung.

An dieser Stelle wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Änderungen an der in der vorliegenden Berechnung nachgewiesenen Tragkonstruktion der vorherigen Rücksprache mit dem Berechnungsaufsteller bedürfen. Änderungen dürfen nur nach schriftlicher Stellungnahme des Berechnungsaufstellers ausgeführt werden.

Der Bestand ist vor Ausführung örtlich aufzunehmen. Es wird davon ausgegangen, dass die Konstruktion ordnungsgemäß nach geprüften Unterlagen, den geltenden Bestimmungen und den anerkannten Regeln der Technik erstellt wurde. Ferner wird von einem einwandfreien Zustand der vorhandenen Konstruktion ausgegangen. Bei Abweichungen ist der Aufsteller zu informieren.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass bei Umbau- und Anbaumaßnahmen eine Rissbildung an Bestandsbauteilen nicht vollständig auszuschließen ist.

Weitere Angaben sind der nachfolgenden Berechnung, insbesondere den Erläuterungen zu den einzelnen Abschnitten und Positionen zu entnehmen.

In Zweifelsfällen ist der Aufsteller zu benachrichtigen!

Aktivität 52 „Positionierung“ – Excel-Template (.xlsx)

Positionspläne

Datum: [ProjektAngelegtAm]
Projektnummer: [Projektnummer]
Projektname: [Projektname]
Sachbearbeiter: [SachbearbeiterName]
Telefonnummer: [SachbearbeiterTelefon]

Positionsplan	Revision	Hochgeladen am
[Foreach: xPositionierungUnterl	[PositionsplanRevision]	[PositionsplanHochgeladen] [End]

Aktivität 52 „Positionierung“ – Excel-Template (.xlsx)

Positionsliste

Datum: [ProjektAngelegtAm]
Projektnumr: [Projektnummer]
Projektname: [Projektname]
Sachbearbeit: [SachbearbeiterName]
Telefonnumm: [SachbearbeiterTelefon]

Pos-Nr.	Bauteil	Material	Abmessungen
[Foreach:	[Bauteil]	[Material]	[Abmessungen] [End]

Aktivität 53 „Globale Einwirkung“ – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung



Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitle] – [BauortPLZOrt]

3. Globale Einwirkungen

3.1. Schneelast

Schnellastzone: [Schnellastzone]

Schneelastberechnung

Ereignis	Schneelastberechnung	Schneelast	Dim.
[Foreach:xSchneelasten] [SchneeEreignis]	[sSchneeBerechnung]	[sSchneelast]	[SchneeDimension] [End]

3.2. Windlast

Windlastzone: [Windlastzone]

Windlastberechnung für Wände

Fläche	Windlastberechnung	Windlast	Dim.
[Foreach:xWindlastenWand] [Windlastfläche]	[Windlastberechnung]	[Windlast]	[WindlastDimension] [End]

Windlastberechnung für Dächer

Fläche	Windlastberechnung	Windlast	Dim.
[Foreach:xWindlastenDach] [WindlastflächeDach]	[WindlastberechnungDach]	[WindlastDach]	[WindlastDimensionDach] [End]

Aktivität P1 „Formelle Prüfung“ – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung



Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitle] – [BauortPLZOrt]

4. Prüfanmerkungen

[FormellFreigegeben]

[FormellePruefungAnmerkungen]

A.5.1.2 Formulare

Nachfolgend werden die Formulare dargestellt, die dem Hauptprozess-01 zugrunde liegen.

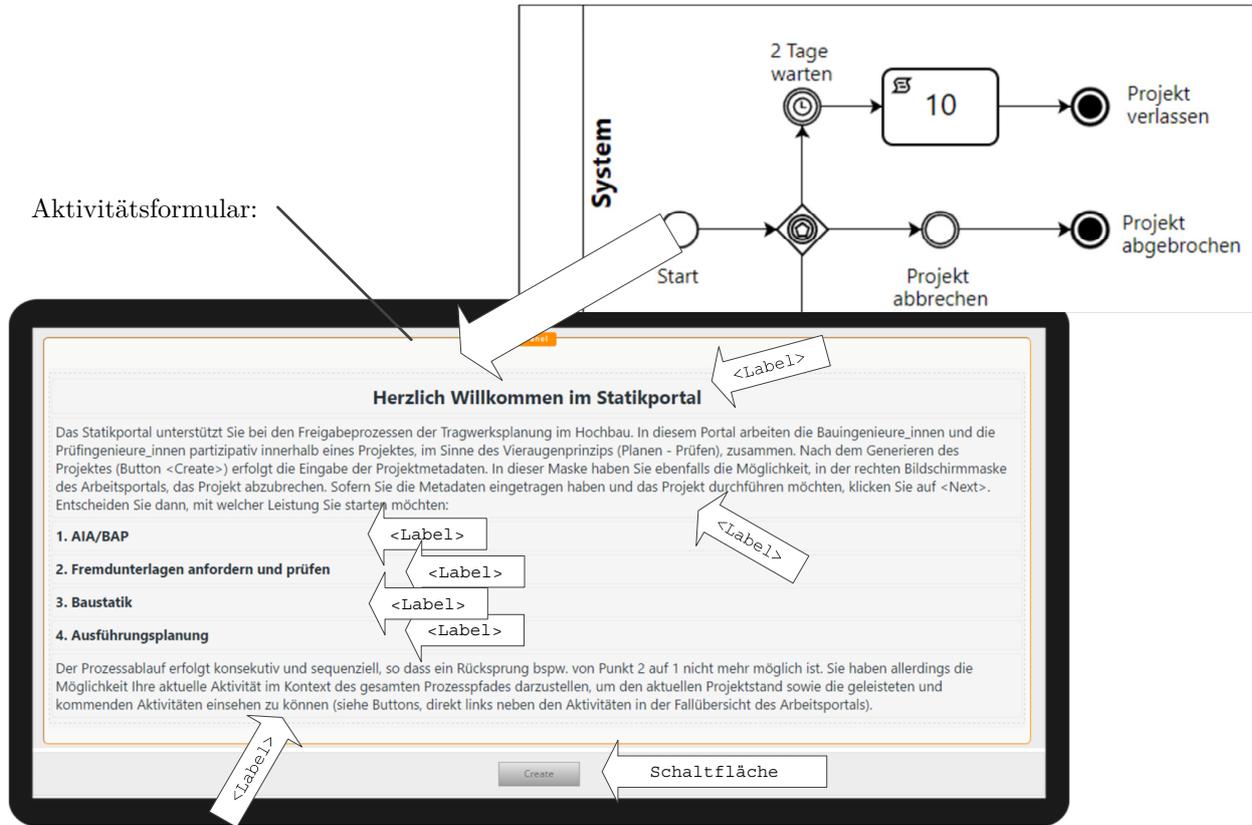


Abbildung A.9: Formular für das Startereignis im Hauptprozess-01

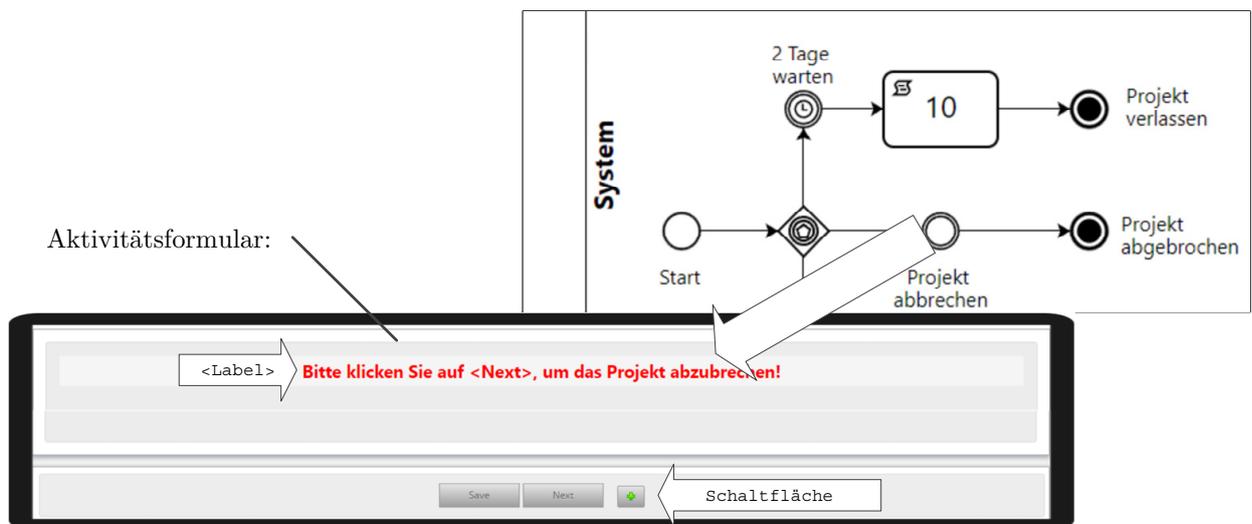


Abbildung A.10: Formular für das Zwischenstartereignis „Projekt abbrechen“ im Hauptprozess-01

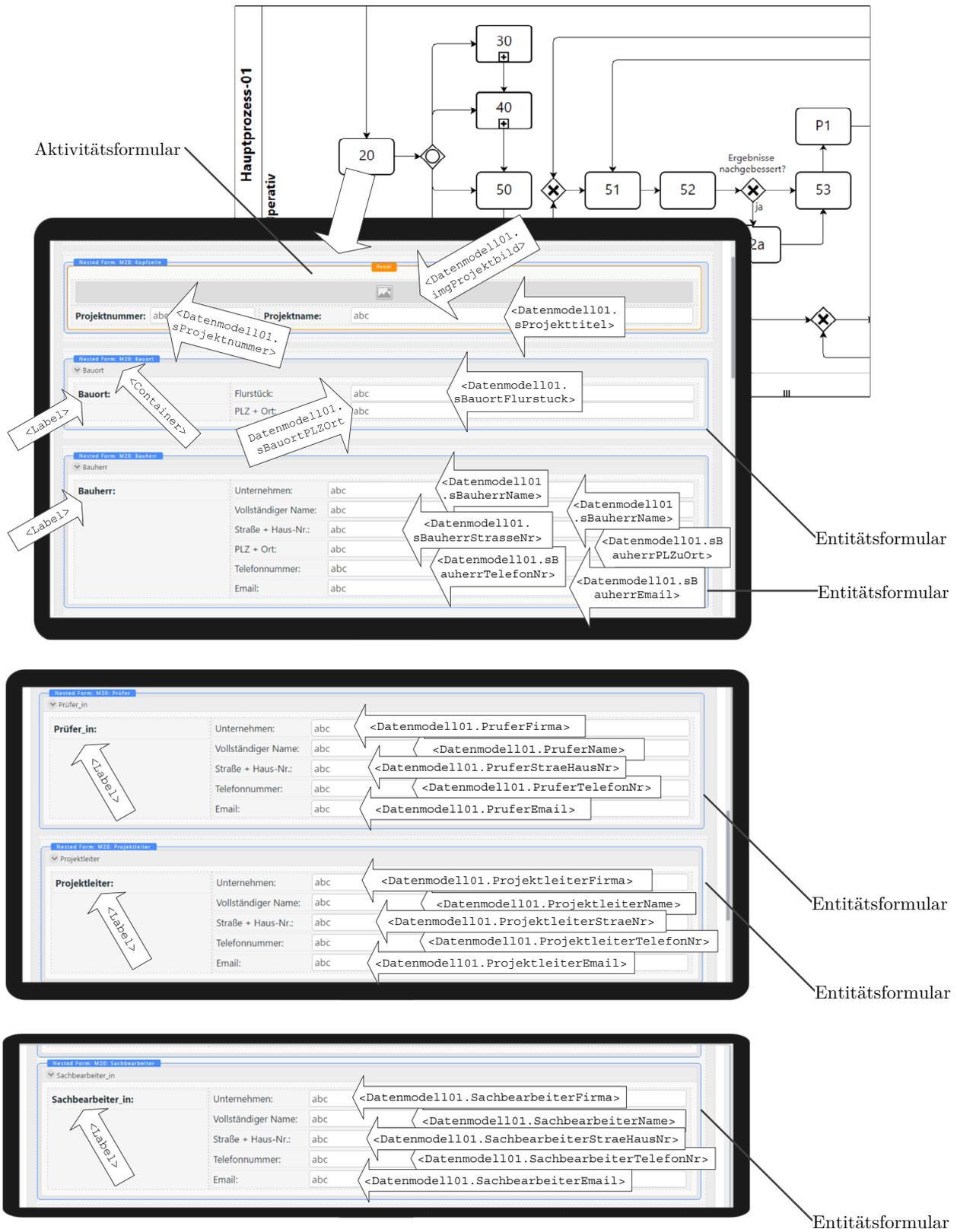


Abbildung A.11: Formulare zur Eintragung der Kontaktpersonen in der Aktivität 20

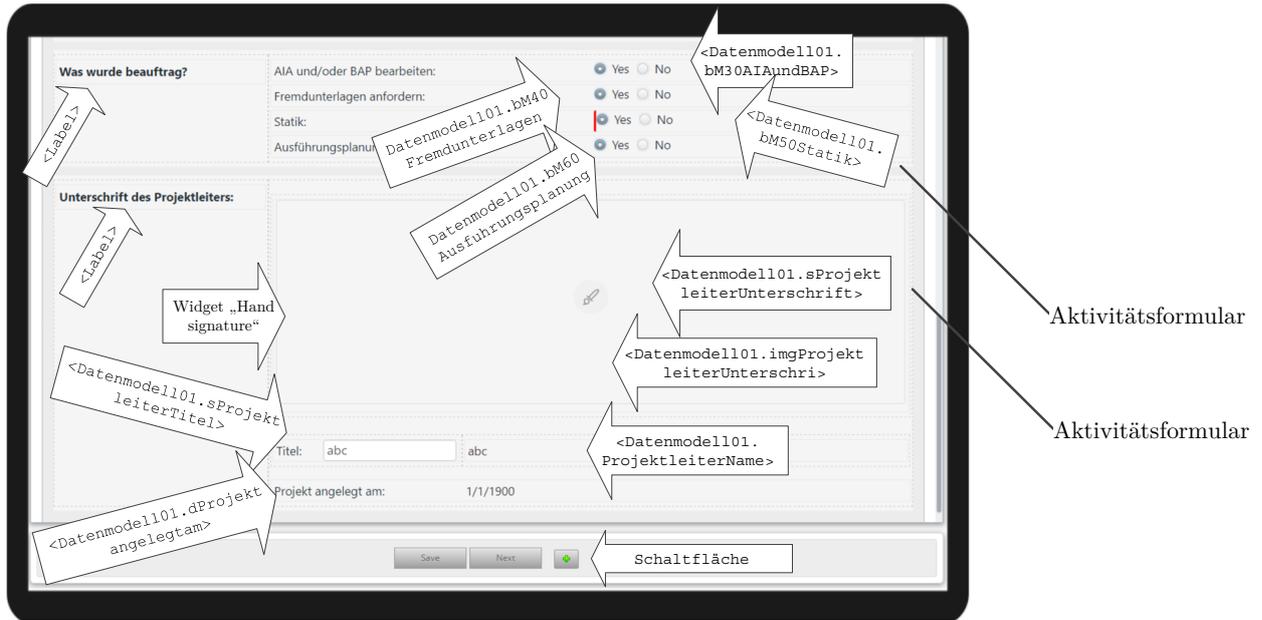


Abbildung A.12: Formulare zur Eintragung der Beauftragung und der Unterschrift in der Aktivität 20

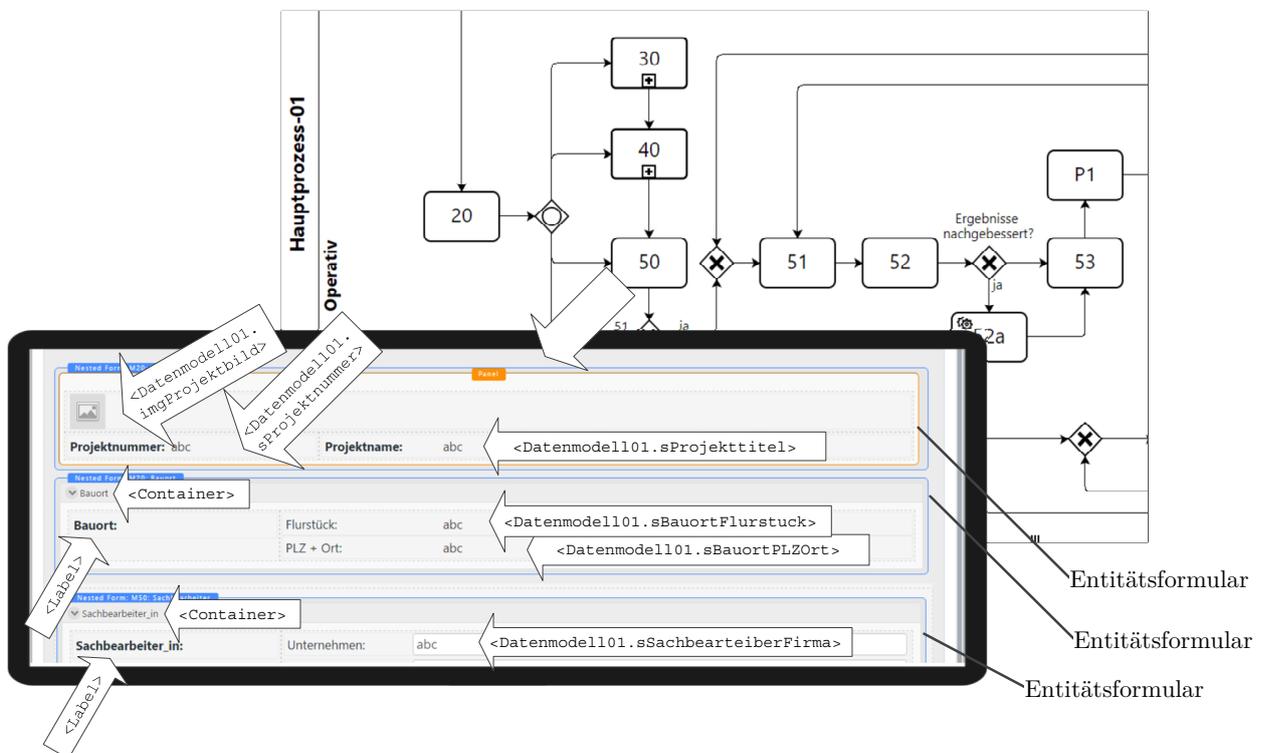


Abbildung A.13: Formulare zur Überarbeitung der Kontaktpersonen in der Aktivität 50 – Teil-1

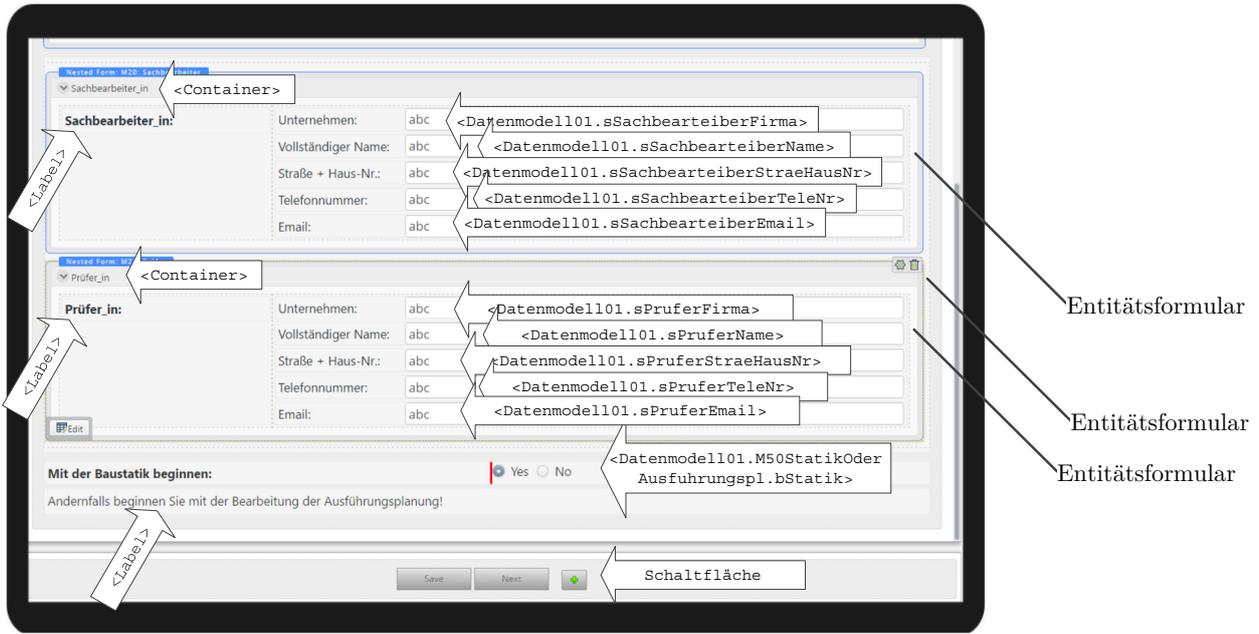


Abbildung A.14: Formulare zur Überarbeitung der Kontaktpersonen in der Aktivität 50 – Teil-2

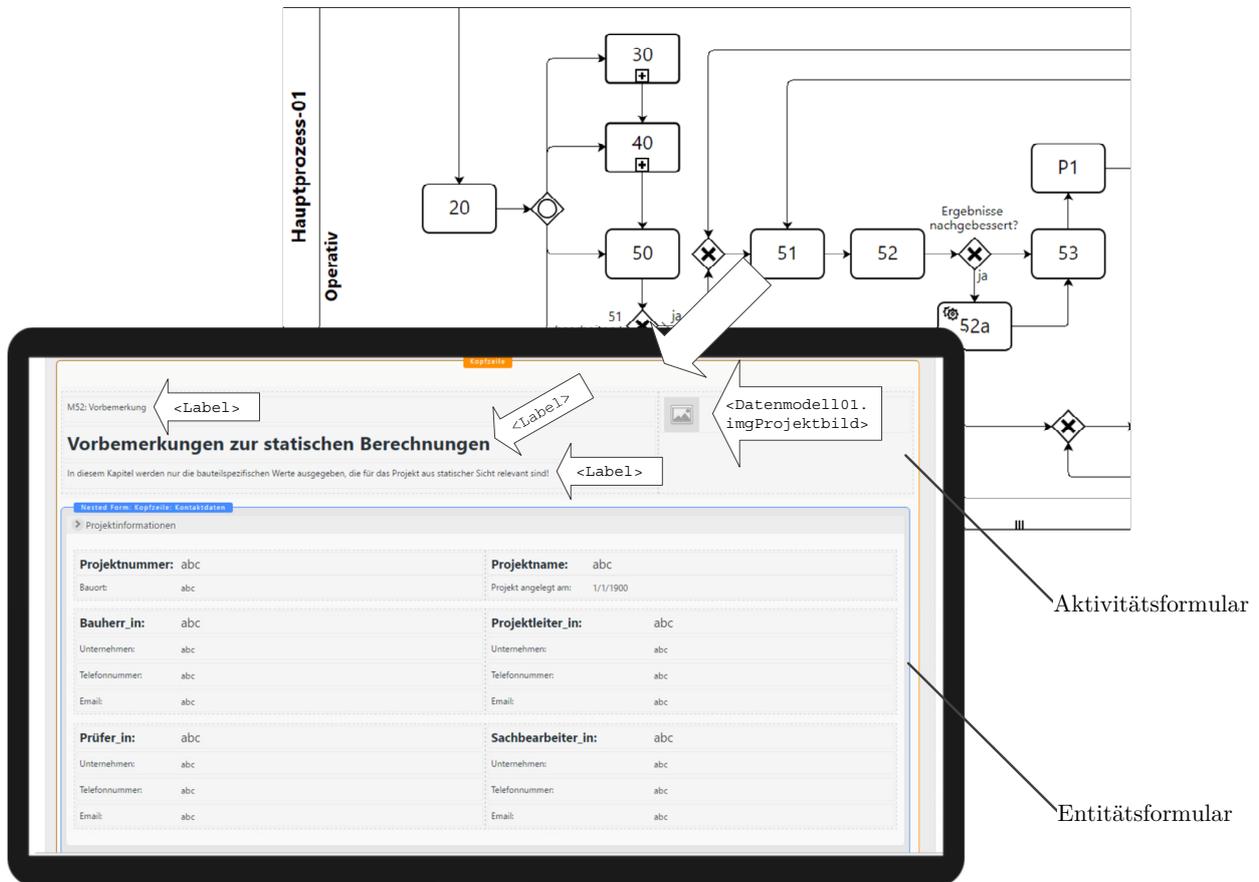
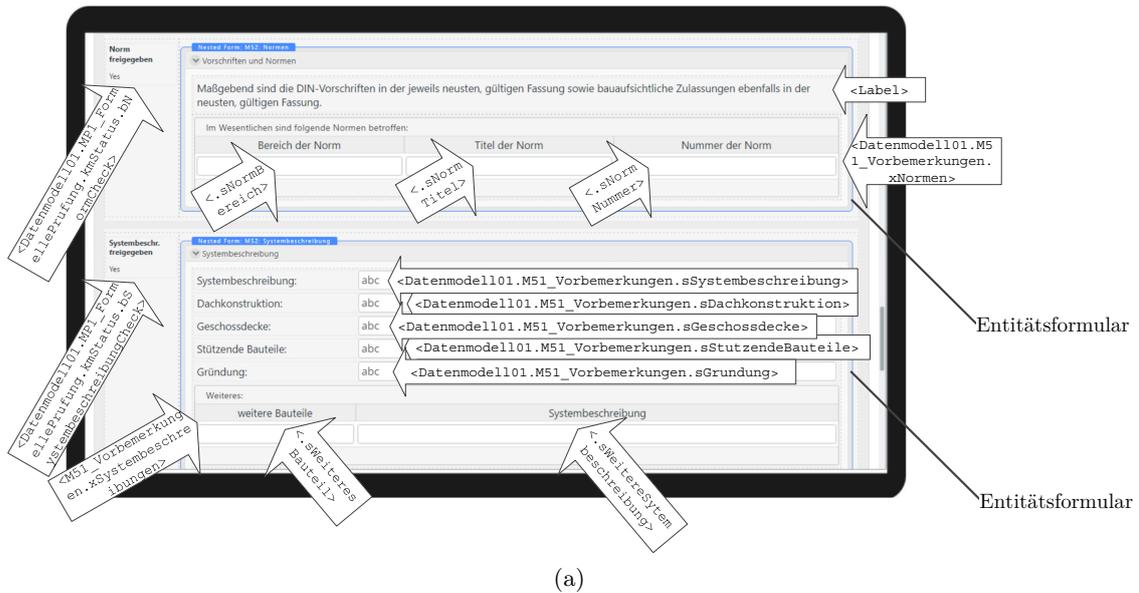
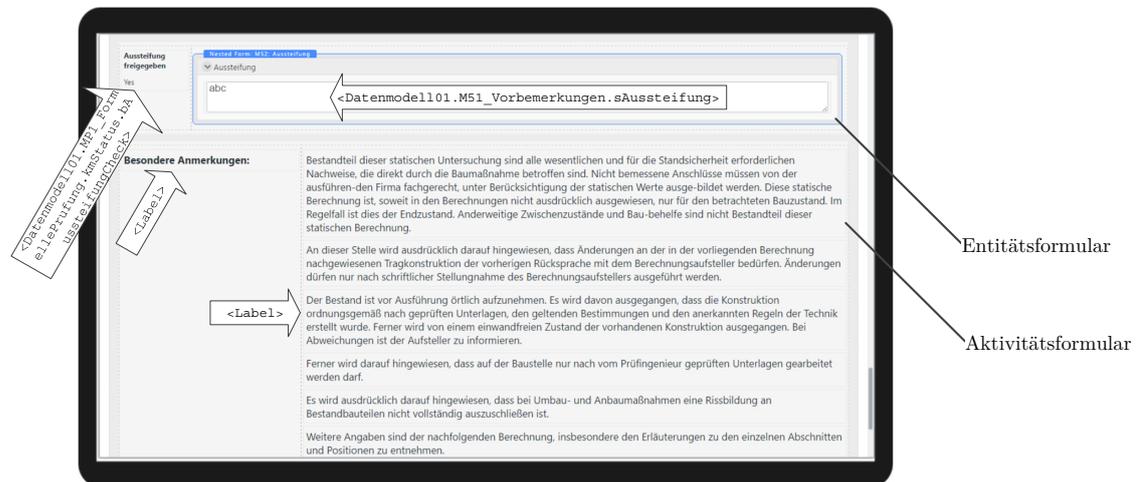


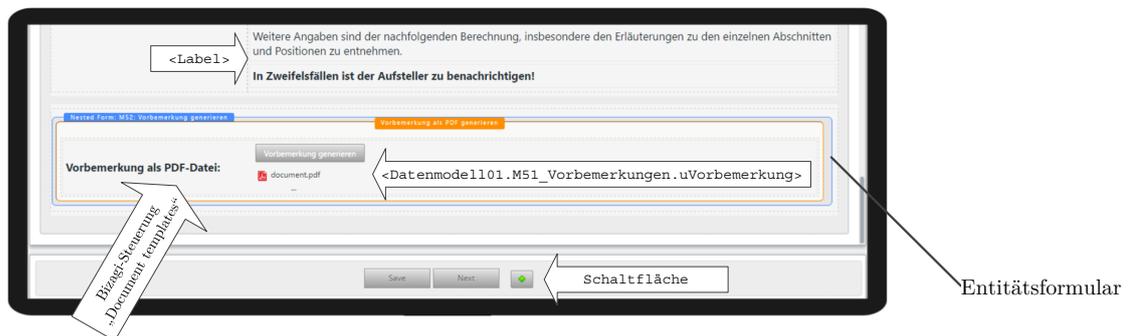
Abbildung A.15: Formulare zur Einsicht der Kontaktpersonen in Aktivität 51



(a)

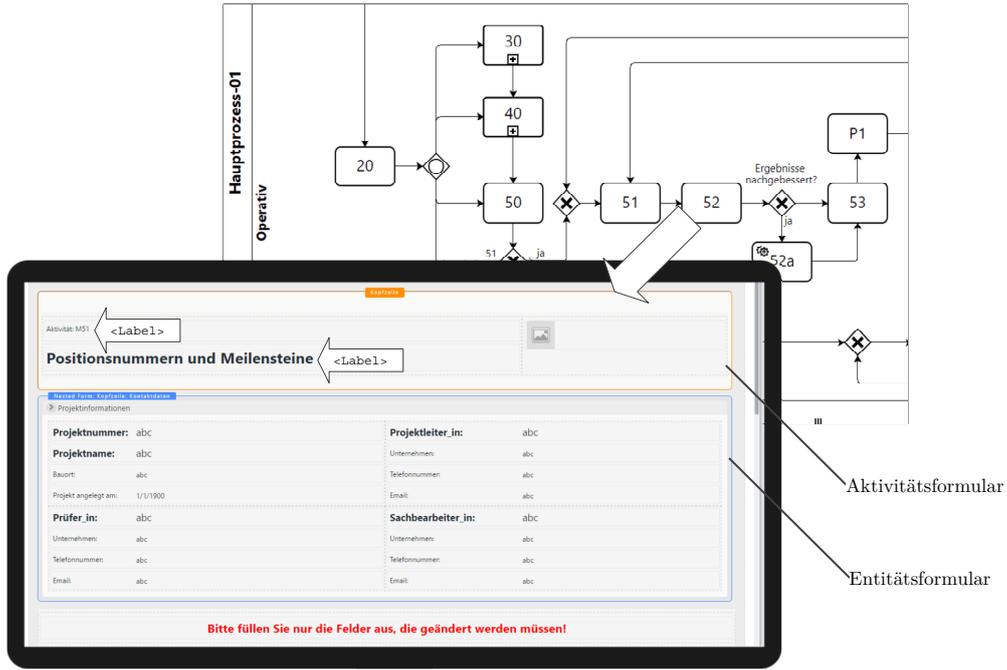


(b)



(c)

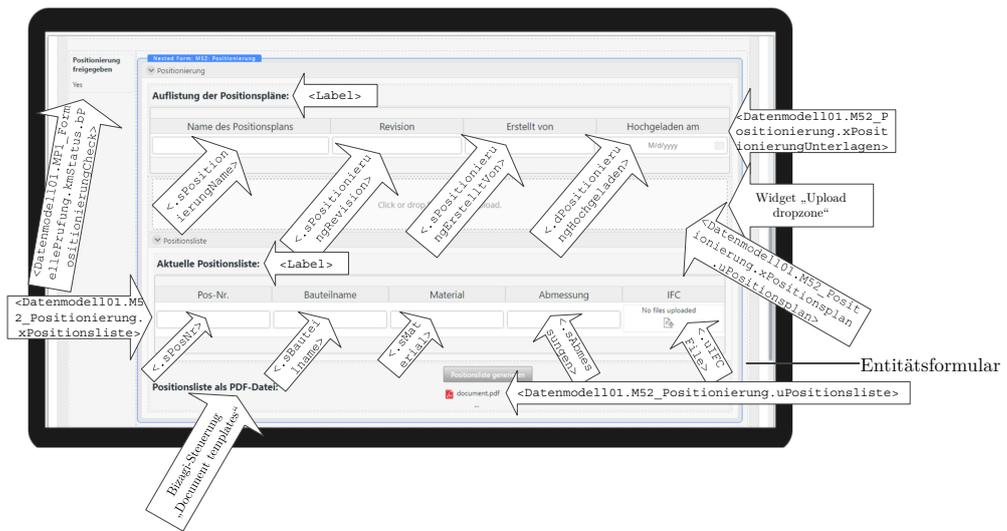
Abbildung A.18: Formulare zur Eintragung (a) der Normen und Systembeschreibung, (b) der Aussteifung und zur Darstellung der besonderen Anmerkungen und (c) zur Erzeugung der Vorbemerkungen als PDF-Datei in Aktivität 51



(a)



(b)



(c)

Abbildung A.19: Formulare zur (a) Einsicht der Kontaktpersonen, (b) Einsicht des Prüfstatus und (c) Eintragung und Hochladen der Positionenpläne und zur Eintragung der Positionenliste in Aktivität 52



Abbildung A.20: Formulare zur Eintragung der Fertigstellungstermine und zur Entscheidung, die Unterlagen erneut zu versenden in Aktivität 52

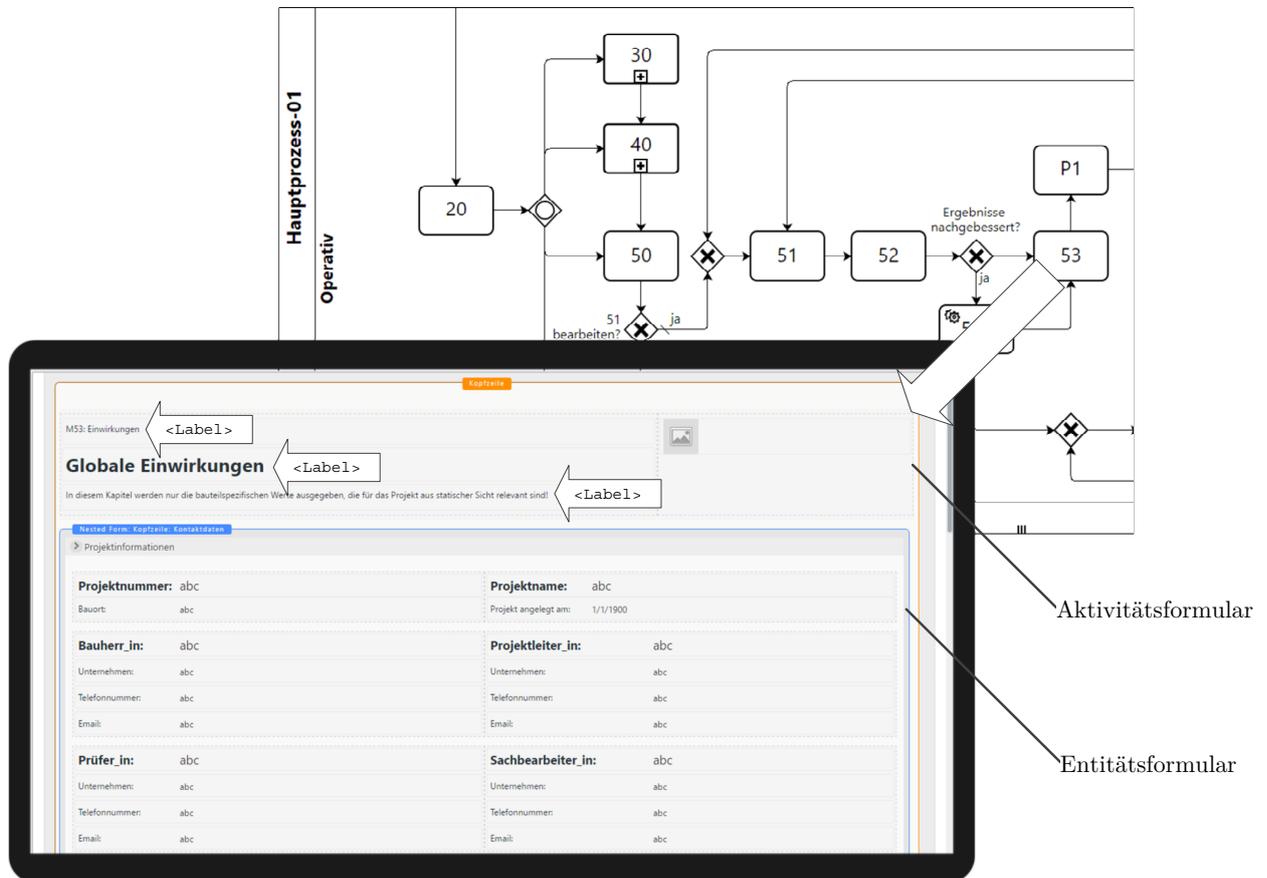
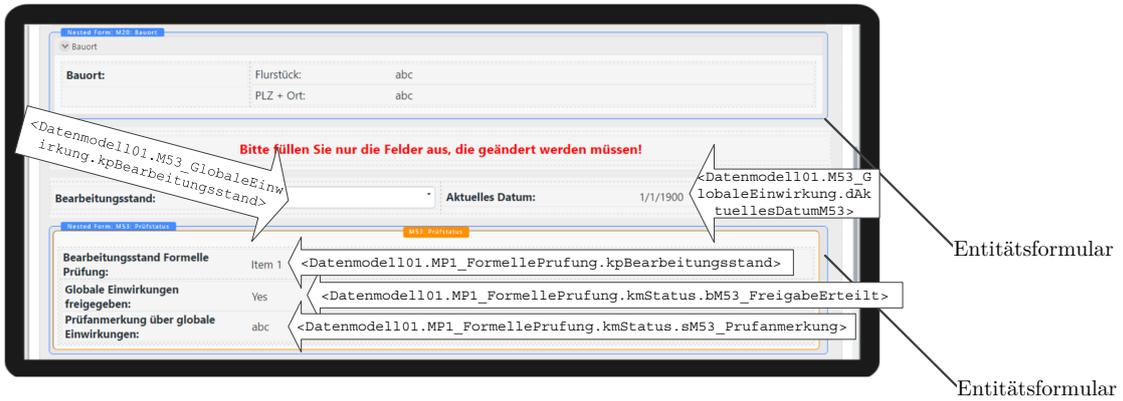
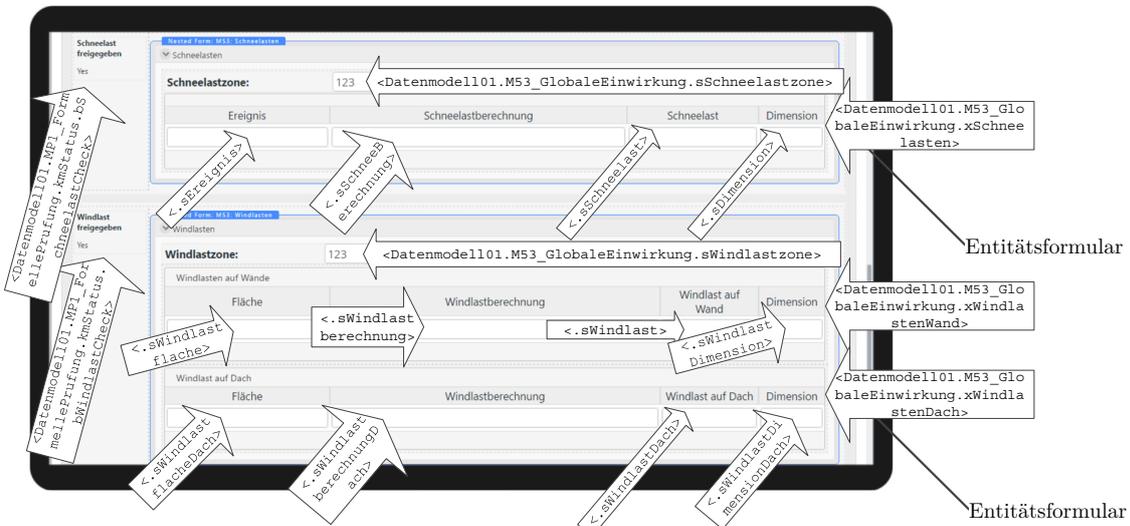


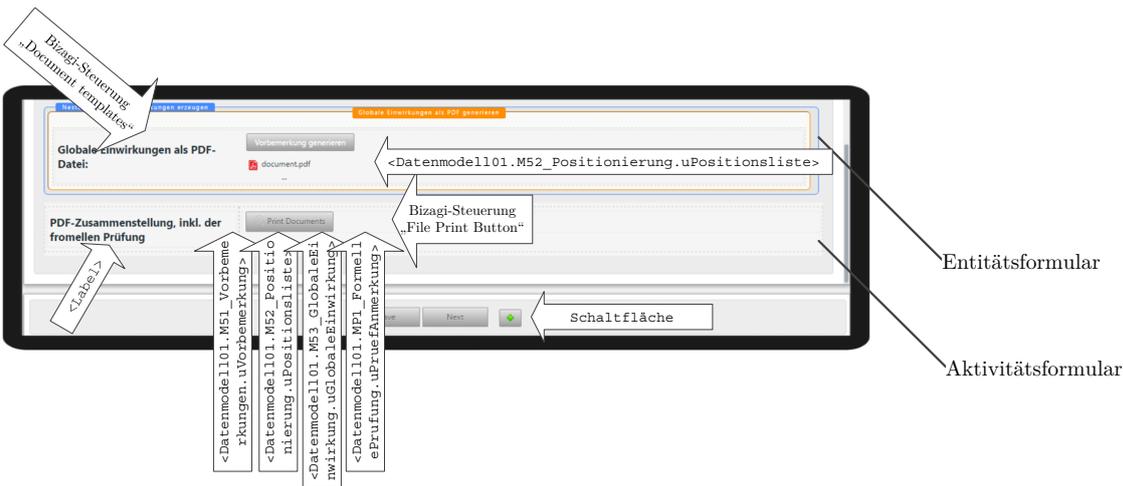
Abbildung A.21: Formulare zur Einsicht der Kontaktpersonen in Aktivität 53



(a)

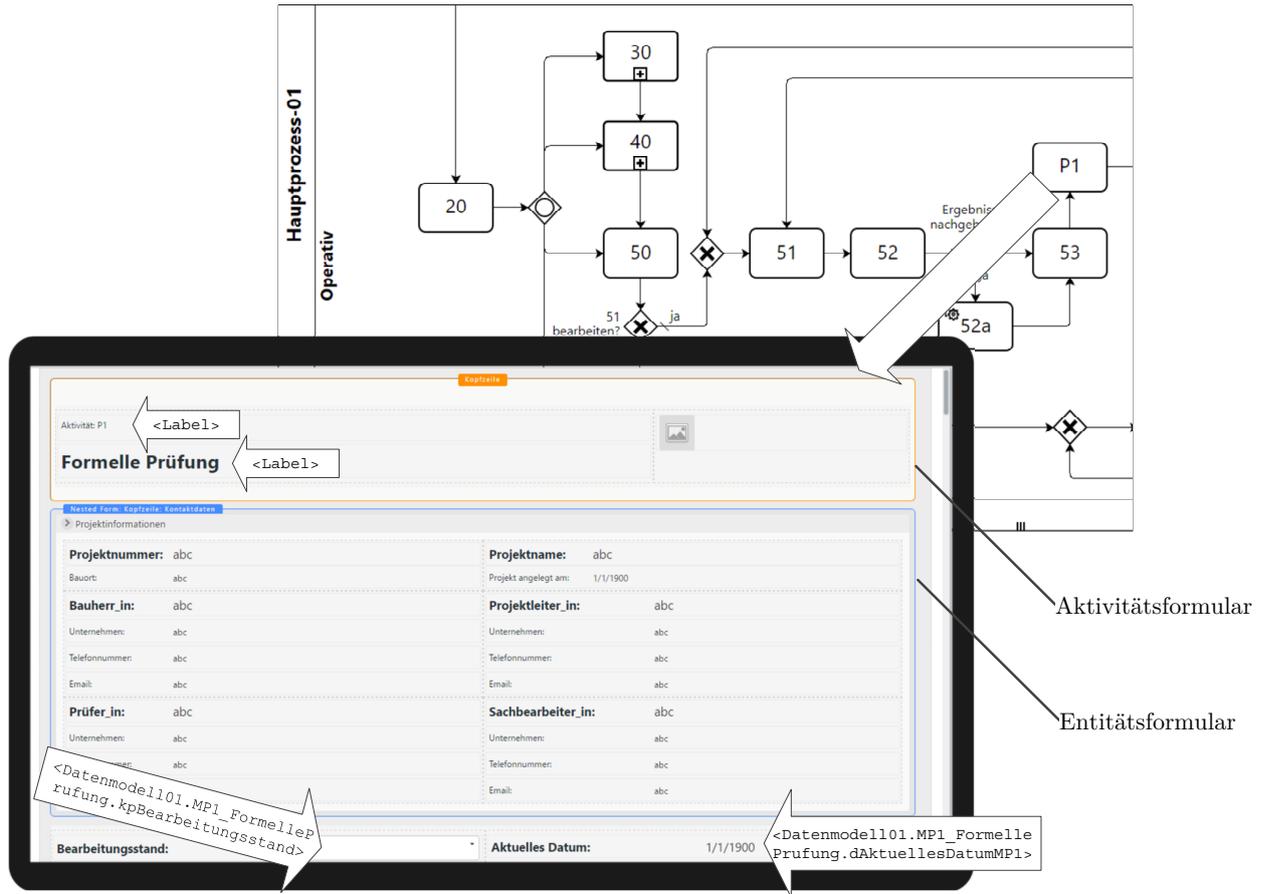


(b)

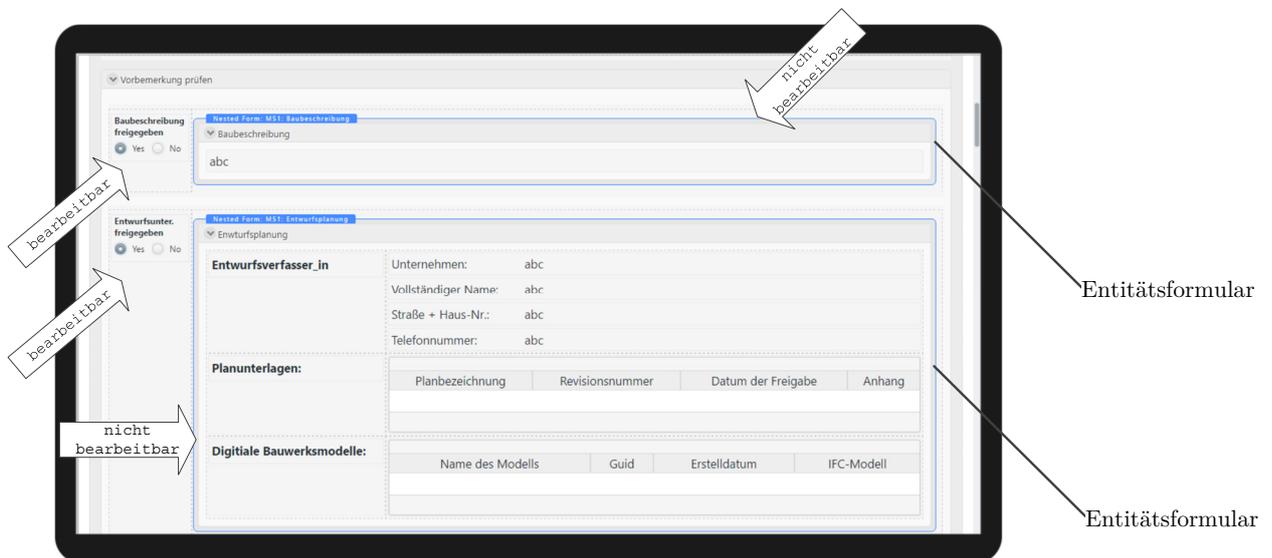


(c)

Abbildung A.22: Formulare zur (a) Ansicht des Prüfstatus, (b) Eintragung der Schnee- und Windlasten und (c) Erzeugung der globalen Lastannahmen und der Zusammenfassung der formellen Inhalte als PDF-Datei in Aktivität 53



(a)



(b)

Abbildung A.23: Formulare (a) zur Einsicht der Kontaktpersonen und (b) zum Freigeben der Baubeschreibung und Entwurfsplanung in Aktivität P1

Bodenpressung freigegeben
 Yes No

Baugrundgutachterin:
 Firma: abc
 Firmenzusatz: abc
 Straße + Haus-Nr.: abc
 PLZ + Ort: abc

Nummer	Name	Revision	Anhang

Allgemeine Anmerkungen: abc

Bereich (sofern bekannt)	Spannung	Dimension

Fundamente sind auf den ausreichend tragfähigen Bodenschichten abzusetzen und frostfrei zu gründen.
 Falls es die Höhenlage erfordert, sind dazu Unterfütterungen aus Magerbeton vorzunehmen.
 Der Boden wird als ausreichend konsolidiert erachtet, so dass der Baugrund in der Lage ist die zusätzlichen Ausbaulasten ohne weiteren Nachweis (o.w.N.) aufzunehmen. Abweichungen sind umgehend dem Aussteller zu melden.

bearbeitbar
 nicht bearbeitbar

Entitätsformular

(a)

Brandschutz freigegeben
 Yes No

Brandschutzgutachterin:
 Firma: abc
 Firmenzusatz: abc
 Straße + Haus-Nr.: abc
 PLZ + Ort: abc

Nummer	Name	Revision	Anhang

Allgemeine Anmerkungen: abc

Die in den Bemessungen zugrunde gelegten Brandschutzanforderungen sind rechtzeitig vor Baubeginn durch einen Brandschutzsachverständigen überprüfen und bestätigen zu lassen.
In Zweifelsfällen ist der Aufsteller zu benachrichtigen!

bearbeitbar
 nicht bearbeitbar

Entitätsformular

(b)

Norm freigegeben
 Yes No

Vorschriften und Normen

Maßgebend sind die DIN-Vorschriften in der jeweils neuesten, gültigen Fassung sowie bauaufsichtliche Zulassungen ebenfalls in der neuesten, gültigen Fassung.

Im Wesentlichen sind folgende Normen betroffen:

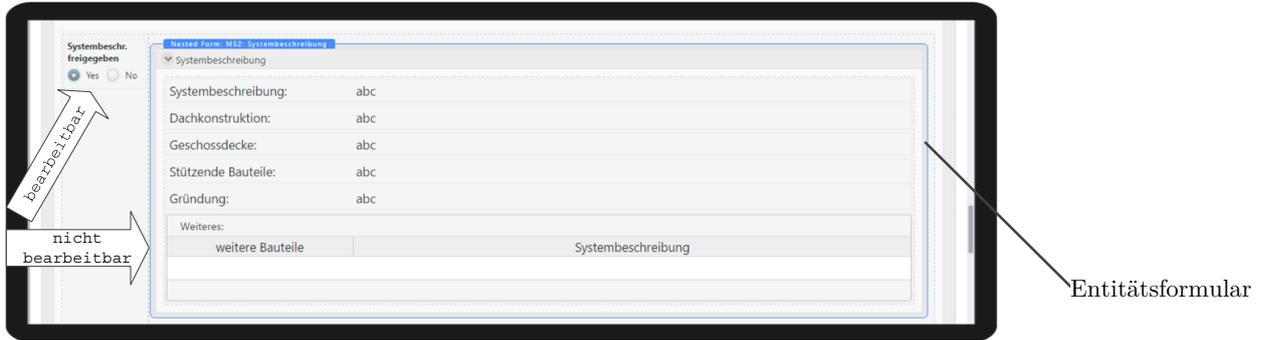
Bereich der Norm	Titel der Norm	Nummer der Norm

bearbeitbar
 nicht bearbeitbar

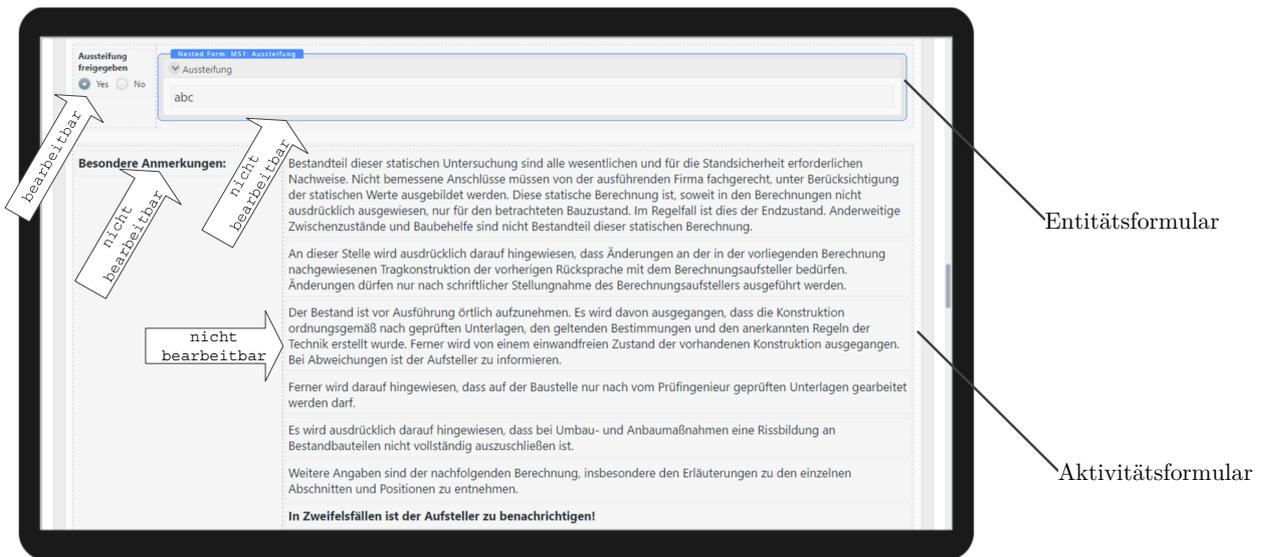
Entitätsformular

(c)

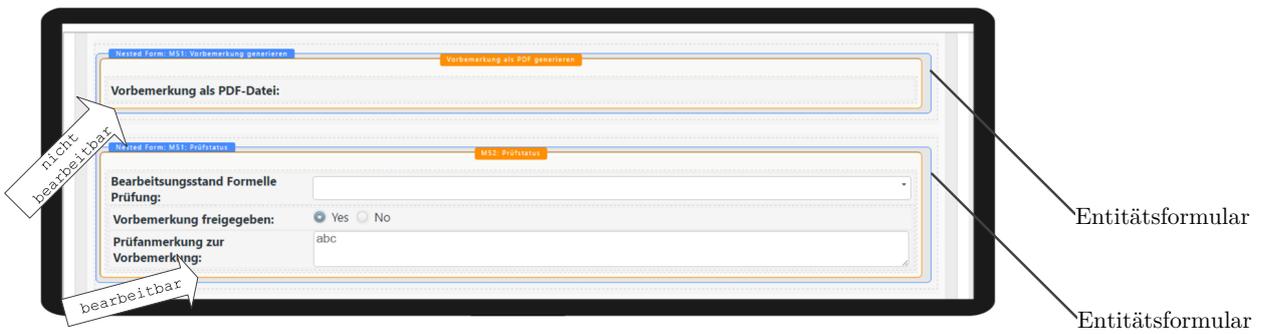
Abbildung A.24: Formulare zum Freigeben (a) der Bodenpressung, (b) des Brandschutzes und (c) der zugrunde gelegten Norm in Aktivität P1



(a)

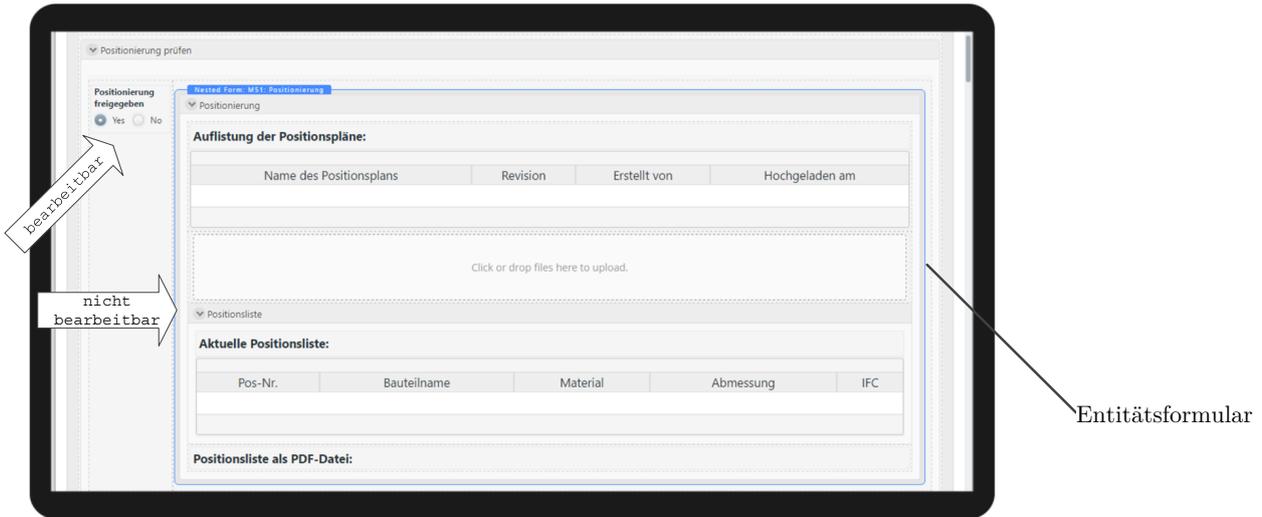


(b)

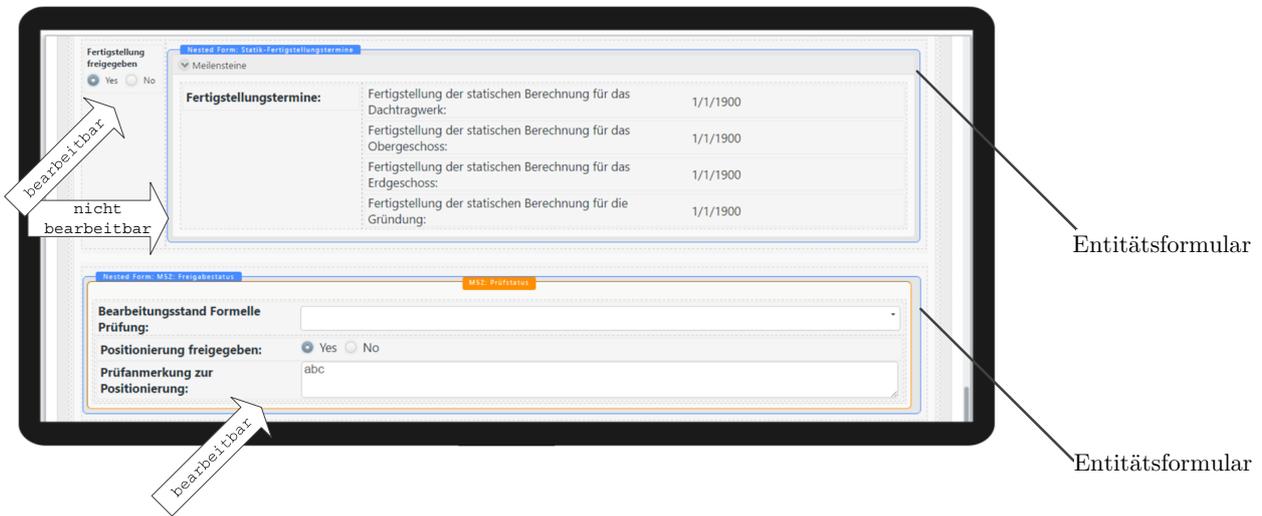


(c)

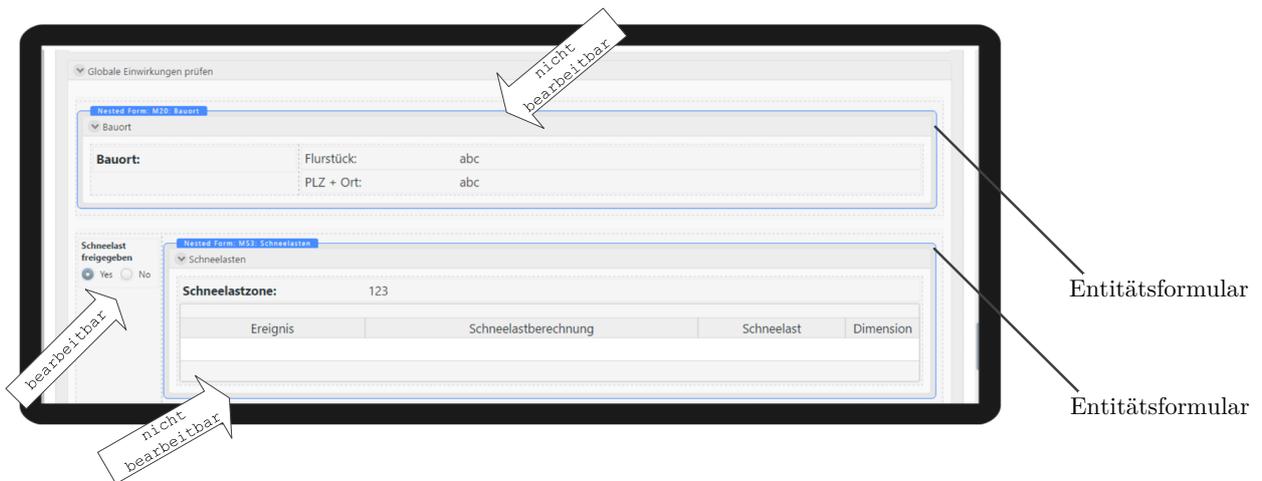
Abbildung A.25: Formulare zum Freigeben der (a) Systembeschreibung, (b) Aussteifung und (c) Vorbemerkung und Eintragung der Prüfanmerkungen in Aktivität P1



(a)

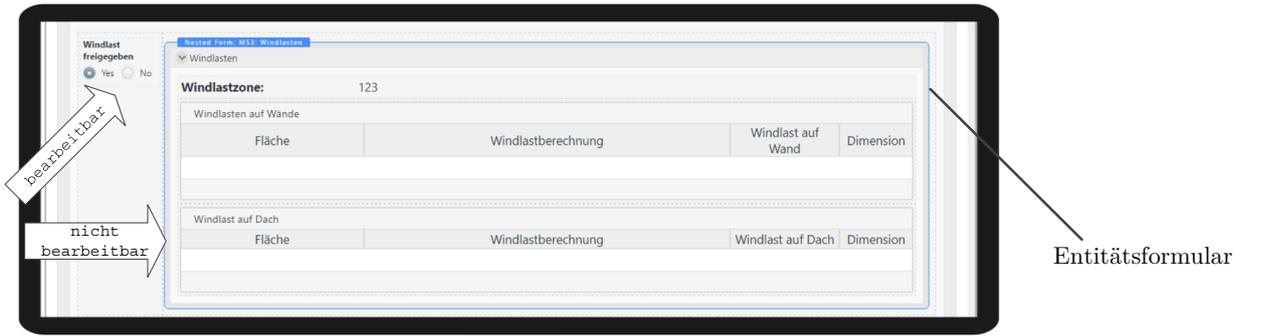


(b)

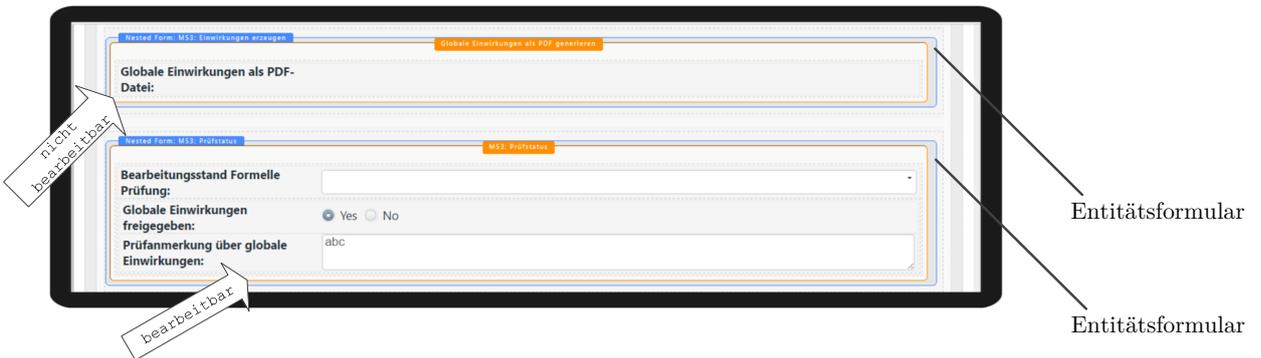


(c)

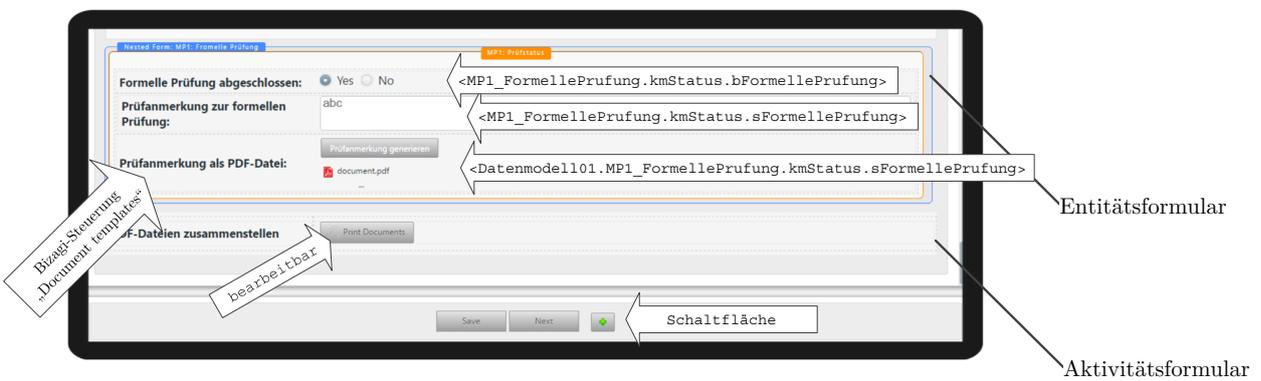
Abbildung A.26: Formulare zum Freigeben der (a) Positionierung, (b) Fertigstellungstermine und zur Eintragungen der Freigabe und Prüfanmerkung der Positionierung und (c) Schneelastzone in Aktivität P1



(a)



(b)



(c)

Abbildung A.27: Formulare zur Freigabe der (a) Windlastzone, (b) zur Freigabe und Eintragung der Prüfanmerkungen für die globalen Einwirkungen und (c) zur Freigabe und Eintragung der formellen Prüfung in Aktivität P1

Dokumentation der Einzelbauteilbemessung – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung



Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitel] – [BauortPLZOrt]

Pos. [Positionsnummer] [Positionsname]
[PositionBeschreibung]

System: [SystemBeschreibung]

[SystemsSkizze]

Lastannahmen:

[LastannahmeBeschreibung]

Eigenlast

Art der Eigenlast	Berechnung	Summe	Einheit
[Foreach:Eigenlasten] [EigenlastArt]	[EigenlastBerechnung]	[Eigenlast-Summe]	[Eigenlast-Einheit] [End]

Nutzlast

Art der Nutzlast	Berechnung	Summe	Einheit
[Foreach:Nutzlasten] [NutzlastArt]	[NutzlastBerechnung]	[Nutzlast-Summe]	[Nutzlast-Einheit] [End]

Schnittgrößen und Bemessung: siehe Anlage

Bemessungsansatz: [Bemessungsansatz]

Dokumentation der Einzelbauteilbemessung – Word-Template (.docx)

Statische Berechnung

Projekt-Nr. [ProjektNr] – [Projekttitel] – [BauortPLZOrt]

Positionszusammenfassung zu dem gewählten Bauteil:

[Positionsname]

Primärmaterial: [Primarmaterial]
 Sekundärmaterial: [Sekundärmaterial]
 Expositionsklasse: [Expositionsklasse]

Profil: [Querschnitt]
 Bewehrung: [Bewehrung]
 Brandschutz: [Brandschutz]
 Anmerkung: Konstruktive Regeln gemäß [Norm] und die anerkannten Regeln der Technik sind einzuhalten!
 [NormHinweise]

Detailnachweis

Skizze: [DetailSkizze]

Nachweis:

Art der Bemessung	Berechnung	Summe	Einheit
[Foreach:Details] [DetailBemessungsArt]	[DetailBerechnung]	[DetailBemessungsSumme]	[DetailBemessungseinheit] [End]

Anmerkungen:
 [DetailAnmerkung]



Seite 2/2

A.6 Inhalte für zeitkritische Zuständen im Statikportal

Tabelle A.57: Teilprozess-54 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer

Nummer	Name	Aufgabentyp	Rolle	Dauer h:m
A10	Sparren	Benutzer	Aufsteller	02:00
P10	Prüfung Sparren	Benutzer	Prüfer	02:00
P11	Systemnachricht P11	Service	System	-
A20	Wechsel	Benutzer	Aufsteller	02:00
P20	Prüfung Wechsel	Benutzer	Prüfer	02:00
P21	Systemnachricht P21	Service	System	-
A30	Windrispenbänder	Benutzer	Aufsteller	02:00
P30	Prüfung Windrispenbänder	Benutzer	Prüfer	02:00
P31	Systemnachricht P31	Service	System	-
A40	Firstpfette	Benutzer	Aufsteller	02:00
P40	Prüfung Firstpfette	Benutzer	Prüfer	02:00
P41	Systemnachricht P41	Service	System	-
A50	Fußpfette	Benutzer	Aufsteller	02:00
P50	Prüfung Fußpfette	Benutzer	Prüfer	02:00
P51	Systemnachricht P51	Service	System	-
Prozessdauer t_{54}:				20:00

Tabelle A.58: Teilprozess-55 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer

Nummer	Name	Aufgabentyp	Rolle	Dauer h:m
A60	Holzstütze	Benutzer	Aufsteller	02:00
P60	Prüfung Holzstütze	Benutzer	Prüfer	02:00
P61	Systemnachricht P61	Service	System	-
A60a	Holzstützen Sammlung	Teilprozess	System	-
A60b	weitere Holzstützen	Benutzer	Aufsteller	02:00
P60b	Prüfung weiterer Holzstützen	Benutzer	Prüfer	02:00
P61b	Systemnachricht P61b	Service	System	-
A70	Holzrahmenbauwand	Benutzer	Aufsteller	02:00
P70	Prüfung Holzrahmenbauwand	Benutzer	Prüfer	02:00
P71	Systemnachricht P71	Benutzer	System	-
A70a	Holzrahmenbauwand Sammlung	Teilprozess	System	-
A70b	weitere Holzrahmenbauwände	Benutzer	Aufsteller	02:00
P70b	Prüfung weiterer Holzrahmenbauwände	Benutzer	Prüfer	02:00
P71b	Systemnachricht P71b	Service	System	-
A80	Balkonkonstruktion	Benutzer	Aufsteller	02:00
P80	Prüfung Balkon	Benutzer	Prüfer	02:00
P81	Systemnachricht P81	Service	System	-
Prozessdauer t_{55}:				20:00

Tabelle A.59: Teilprozess-56 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer

Nummer	Name	Aufgabentyp	Rolle	Dauer h:m
A90	Holzbalken	Benutzer	Aufsteller	02:00
P90	Prüfung Holzbalken	Benutzer	Prüfer	02:00
P91	Verzugsmeldung P91	Service	System	-
A90a	Holzbalken Sammlung	Teilprozess	System	-
A90b	weitere Holzbalken	Benutzer	Aufsteller	02:00
P90b	Prüfung weiterer Holzbalken	Benutzer	Prüfer	02:00
P91b	Verzugsmeldung P91b	Service	System	-
A100	Holzstütze	Benutzer	Aufsteller	02:00
P100	Prüfung Holzstütze	Benutzer	Prüfer	02:00
P101	Verzugsmeldung P101	Service	System	-
A100a	Holzstützen Sammlung	Teilprozess	System	-
A100b	weitere Holzstützen	Benutzer	Aufsteller	02:00
P100b	Prüfung weiterer Holzstützen	Benutzer	Prüfer	02:00
P101b	Verzugsmeldung P101b	Service	System	-
A110	Holzrahmenbauwand	Benutzer	Aufsteller	02:00
P110	Prüfung Holzrahmenbauwand	Benutzer	Prüfer	02:00
P111	Verzugsmeldung P111	Service	System	-
A110a	Holzrahmenbauwand Sammlung	Teilprozess	System	-
A110b	weitere Holzrahmenbauwände	Benutzer	Aufsteller	02:00
P110b	Prüfung weitere Holzrahmenbauwände	Benutzer	Prüfer	02:00
P111b	Verzugsmeldung P111b	Service	System	-
A120	Sparren	Benutzer	Aufsteller	02:00
P120	Prüfung Sparren	Benutzer	Prüfer	02:00
P121	Verzugsmeldung P121	Service	System	-
A120a	Sparren Sammlung	Teilprozess	System	-
A120b	weitere Sparren	Benutzer	Aufsteller	02:00
P120b	Prüfung weitere Sparren	Benutzer	Prüfer	02:00
P121b	Verzugsmeldung P121b	Service	System	-
A130	Rähm	Benutzer	Aufsteller	02:00
P130	Prüfung Rähm	Benutzer	Prüfer	02:00
P131	Verzugsmeldung P91	Service	System	-
A140	Pfette	Benutzer	Aufsteller	02:00
P140	Prüfung Holzbalken	Benutzer	Prüfer	02:00
P141	Verzugsmeldung P91	Service	System	-
A150	Schwelle	Benutzer	Aufsteller	02:00
P150	Prüfung Holzbalken	Benutzer	Prüfer	02:00
P151	Verzugsmeldung P91	Service	System	-
A160	Schubholz	Benutzer	Aufsteller	02:00
P160	Prüfung Holzbalken	Benutzer	Prüfer	02:00
P161	Verzugsmeldung P91	Service	System	-
A170	Beiholz	Benutzer	Aufsteller	02:00
P170	Prüfung Holzbalken	Benutzer	Prüfer	02:00
P171	Verzugsmeldung P91	Service	System	-
			Prozessdauer t_{56}:	52:00

Tabelle A.60: Teilprozess-57 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer

Nummer	Name	Aufgabentyp	Rolle	Dauer h:m
A180	Stb.-Sohle	Benutzer	Aufsteller	02:00
P180	Prüfung Stb.-Sohle	Benutzer	Prüfer	02:00
P181	Verzugsmeldung P61	Service	System	-
A180a	Gründungsbauteile Sammlung	Teilprozess	System	-
A180b	weitere Gründungsbauteile	Benutzer	Aufsteller	02:00
P180b	Prüfung weiterer Gründungsbauteile	Benutzer	Prüfer	02:00
P181b	Verzugsmeldung P181b	Service	System	-
Prozessdauer t_{57}:				08:00

A.7 Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme

Gutachterliche Stellungnahme eines Dissertationsergebnisses über die Funktionsweise und Anwenderfreundlichkeit eines Statikportals für die Bauplanung im Wohnungsbau

Angaben zur Dissertation

Dissertation von: Christian Heins (MEng)

Dissertationstitel: [REDACTED]
Entwicklung eines Statikportals für die partizipative Bearbeitung von Tragwerksberechnungen im Prozess des „Vieraugenprinzips“ (Planen – Prüfen)

1. Gutachterin: Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Anica Meins-Becker, Bergische Universität Wuppertal

2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Jörg Härtel, Jade Hochschule

Arbeitsstand: 15.06.2023

Verfasser

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kirsch

[REDACTED]

Datum: 15. Juni 2023



Unterschrift

Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

Inhalt

1. Angaben zum Verfasser	1
2. Sachverhalt	1
3. Zielsetzung des Gutachtens	1
4. Dokumentation der Daten und des Sachverhalts	2
2.6.1. Begutachtung des Statikportals als Aufsteller	2
2.6.2. Begutachtung des Statikportals als Prüfer	5
5. Ergebnis	6

1. Angaben zum Verfasser

Thomas Kirsch studierte Bauingenieurwesen an der Leibniz Universität in Hannover. Nach seinem Abschluss (2007) war er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Stahlbau in Lehre und Forschung tätig und promovierte zum Thema „Brandverhalten von Schraubenverbindungen“. Anschließend arbeitete er im Ingenieurbüro Thor-Schipper-Schween (heute TSS Ingenieure) in Lohne, wo er sich mit planerischen und prüfenden Tätigkeiten der konstruktiven Bauplanung befasste. Kirsch wurde im September 2019 auf eine Professur für Tragwerksplanung an die Jade Hochschule berufen. Er lehrt und forscht am Fachbereich Bauwesen Geoinformation Gesundheitstechnologie am Campus Oldenburg.

2. Sachverhalt

Christian Heins (im Folgenden: AG) hat im Zuge seiner Dissertation ein Statikportal entwickelt, um den organisatorischen und kommunikativen Aufwand des Aufstell- und Prüfprozesses einer Baustatik für den Wohnungshochbau im Bauwesen zu verbessern. Gemäß der Beauftragung des AG wird das Statikportal auf die Funktionsweise und Anwenderfreundlichkeit, in Hinblick auf einen möglichen Einsatz im operativen Geschäft eines aufstellenden und eines prüfenden Ingenieurbüros für konstruktive Bauplanungen, stichprobenartig und unabhängig begutachtet.

3. Zielsetzung des Gutachtens

Das vom AG entwickelte Statikportal ist das Ergebnis einer kooperierenden Promotion zwischen der Bergischen Universität Wuppertal (Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen) und der Jade Hochschule am Studienort Oldenburg. Das Statikportal vereinheitlicht die bis dato getrennt und autark voneinander agierenden Leistungserbringungsprozesse einer Baustatik. Entwickelt wurde das Statikportal für aufstellende und prüfende Ingenieurbüros

Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

der konstruktiven Bauplanung, um den Planungs- und Prüfprozess für Tragwerksberechnungen auch für Dritte transparent und nachvollziehbar zu dokumentieren.

Die kritische Bewertung über die Eignung des Statikportals in Hinblick auf einen möglichen Einsatz im operativen Geschäft der konstruktiven Bauplanung ist ein zentraler Bestandteil dieses Gutachtens.

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, zu untersuchen, welchen möglichen Einfluss ein Statikportal auf die bis dato nicht-öffentlich-standardisierten Arbeitsabläufe zur Erstellung und Prüfung einer Baustatik hat. Die Einschätzung erfolgt anhand der folgenden Kriterien:

- P Prozessstabilität (erwartete Ausführung von Masken und Funktionen)
- F Funktionalität (Echtzeitdatenerfassung, Datenübertragung, Einbindung von Fremdsystemen etc.)
- D Darstellung (Übersicht, Lesbarkeit etc.)
- N Nutzen (Mehrwertbetrachtung in Hinblick auf die tradierten Arbeitsabläufe)

4. Dokumentation der Daten und des Sachverhalts

Das vorliegende Statikportal ist prototypisch entwickelt und über einen Webbrowser erreichbar. Der Zugang zur Begutachtung des Statikportals erfolgt über den Google-Browser (Version 114.0.5735.110). Für die Anmeldemaske ist kein personalisierter Zugang erforderlich, der Zugang erfolgt über ein Dropdownfeld mit der Auswahl einer Rolle (Aufsteller oder Prüfer). Das Statikportal wird zunächst aus der Sicht des „Aufstellers“ (der Aufsteller oder die Aufstellerin erzeugt alle tragwerksrelevanten Nachweise über die Standsicherheit eines Bauwerks und dokumentiert diese in einer chronologischen Reihenfolge in einer Baustatik) begutachtet. Im Anschluss erfolgt die Begutachtung aus der Sicht eines „Prüfers“ (der Prüfer ist ein Prüfingenieur oder Prüfingenieurin, der oder die hoheitlich Beliehen die Nachweise des Aufstellers prüft).

2.6.1. Begutachtung des Statikportals als Aufsteller

Das Statikportal besteht aus einer Fallübersicht, in der die Projekte und die aktiven Fälle der Projekte aufgelistet sind. In dieser Ansicht können das Prozessdiagramm und der Zeitstrahl über abgeschlossene und aktive Aktivitäten eingesehen werden. Des Weiteren sind im Menüband Einstellungsmöglichkeiten zum Anlegen von Benutzern und zur Einsicht und Einstellung

Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

einer BAM-Auswertung (BAM = Business Activity Monitoring; zur Auswertung hinterlegter Prozesskennzahlen) möglich. Durch das Hinzufügen eines neuen Vorgangs gelangt der Aufsteller zu den Eingabemasken des neu erstellten Projektes. In dieser Ansicht wird wieder das Menüband dargestellt. Des Weiteren werden dort, wo sonst die Projekte und Fälle dargestellt waren, die Eingabefelder dargestellt, um den Kontext des Projektes einzugeben. Auf der rechten Seite sind zusätzliche Informationen über das Prozessdiagramm und den Zeitstrahl, den zuständigen Benutzer und ein Button um das Projekt abzubrechen zu finden. Gemäß dem Prozessdiagramm besteht der Prozess aus sechs Prozessinstanzen (Nummer: 20, 50 bis 53 und P1) und vier Teilprozessen (Nummer: 54 bis 57).

Tabelle 1: Bewertung des Statikportals zur Eingabe der formellen Inhalte einer Baustatik, aus der Sicht des Aufstellers

Betrachtung	Name	Anmerkungen	Kriterien
Allgemeines	Menüband		P++; D++; N++
	Fallübersicht		P++; F++; D++; N++
	Eingabemasken		P++; F++; D++; N++
20	Projekt-Metadaten	Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht vollständig	P++; F+; D++; N++
50	Änderung der Projektbeteiligten		P++; F++; D++; N++
51	Vorbemerkungen	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Bei den Prüfanmerkungen steht „freigegeben“, obwohl keine Prüfung stattgefunden hat.	P++; F+; D++; N++
52	Positionierung	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Bei den Prüfanmerkungen steht „freigegeben“, obwohl keine Prüfung stattgefunden hat.	P++; F+; D++; N++
53	Globale Einwirkungen	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Bei den Prüfanmerkungen steht „freigegeben“, obwohl keine Prüfung stattgefunden hat.	P++; F+; D++; N++
P1	Formelle Prüfung	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden.	P++; F+; D++; N++

Nach Abschluss der Eintragungen, also mit der Einreichung der formellen Inhalte, wird dem Aufsteller mitgeteilt, dass der Benutzer „Prüfer“ die Unterlagen erhalten hat. Diese Informationen sind auch für andere Personen einsehbar, sofern die Leseberechtigungen vorhanden sind.

Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

Sofern der Prüfer die formellen Inhalte freigegeben hat, wird dem Aufsteller in der Fallübersicht die Aktivität A10 und deren Erstellungs- und Fälligkeitsdatum mitgeteilt. Sofern die Aktivität geöffnet wird, gelang der Aufsteller zur Eingabemaske für die Dokumentation von Einzelbauteilen. Der Teilprozess ist untergliedert in fünf Prozessschritte (A10 bis A50). Die Eingabemasken der Einzelbauteilnachweise enthalten zwei Kategorien (Statische Position, Gesamtübersicht): In der „Statischen Position“ werden Informationen zur betrachteten Position eingetragen und in der „Gesamtübersicht“ sind Informationen zu den Projektbeteiligten und die bereits generierten Dokumente zu finden.

Tabelle 2: Bewertung des Statikportals zur Dokumentation der Bemessungsergebnisse des Dachtragwerks

Betrachtung	Name	Anmerkungen	Kriterien
Teilprozess54	Dachtragwerk		P++
A10	Sparren	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D++; N++
A20	Wechsel	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D++; N++
A30	Windrispenband	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Bei den Prüfanmerkungen steht „freigegeben“, obwohl keine Prüfung stattgefunden hat.	P++; F+; D+; N+
A40	Firstfette	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Bei den Prüfanmerkungen steht „freigegeben“, obwohl keine Prüfung stattgefunden hat.	P++; F+; D+; N+
A50	Fußfette	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D+; N+

Nach Abschluss der Eintragungen, also mit dem Beenden der Aktivität A50, wird dem Aufsteller mitgeteilt, dass keine weiteren Aktivitäten mehr für ihn geplant sind. Auch in der Fallübersicht werden keine weiteren Aktivitäten mehr angezeigt. Erst wenn der Prüfer die Aktivitäten beendet hat, werden dem Aufsteller die Aktivitäten zur Bemessung des Obergeschosses freigeschaltet. Die Bemessung des Obergeschosses ist in drei Aktivitäten (A60 bis A80) und zwei Teilprozesse (A60a und A70a) aufgeteilt. Durch die Teilprozesse erhält der Aufsteller die Möglichkeit, zusätzliche Masken für eine individuelle Dokumentation der Einzelbauteilbemessung zu erhalten.

Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

Tabelle 3: Bewertung des Statikportals zur Dokumentation der Bemessungsergebnisse des Obergeschosses

Betrachtung	Name	Anmerkungen	Kriterien
Teilprozess55	Obergeschoss	Der Prozess wird erst bereitgestellt, wenn der Prüfer den Teilprozess54 beendet hat.	P--
A60	Holzstütze	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins	P++; F+; D++; N++
A60a	Weitere Holzstützen	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D++; N++
A70		Die Aktivität zeigt: Test nicht erforderlich!	

2.6.2. Begutachtung des Statikportals als Prüfer

Die Masken des Statikportals sind für den Prüfer analog zum Aufsteller aufgebaut (siehe Kapitel 2.6.1). Für den Prüfer ist in der Fallübersicht die Aktivität P1, inkl. des Erstellungs- und Fälligkeitsdatum ersichtlich. Öffnet der Prüfer den Fall, wird ihm der Kontext des Projektes (die formellen Inhalte) unveränderbar dargestellt. In den Eingabemasken kann der Prüfer nun die Prüfanmerkungen zu den jeweiligen Kapiteln (51, 52, 53) vornehmen und die Inhalte entweder freigeben oder Korrekturen einfordern.

Tabelle 4: Bewertung des Statikportals zur Prüfung der formellen Inhalte einer Baustatik, aus der Sicht des Prüfers

Betrachtung	Name	Anmerkungen	Kriterien
P1	Formelle Prüfung	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D++; N++

Nach Abschluss der Eintragungen, also mit der Einreichung der formellen Inhalte, wird dem Aufsteller mitgeteilt, dass der Benutzer „Aufsteller“ die Unterlagen erhalten hat. Im Prozessdiagramm ist nun ersichtlich, dass mit der Bemessung des Dachtragwerks begonnen werden kann. Diese Informationen sind für den Aufsteller und Prüfer, aber auch für Dritte einsehbar, sofern die Leseberechtigungen vorhanden sind.

Sobald der Aufsteller eine Aktivität beendet hat, wird dem Prüfer die übermittelte Aktivität in der Fallübersicht dargestellt. Der Prüfer sieht aber immer nur die zuerst anstehende Aktivität. Der Prozessablauf im Teilprozess54 ist analog zum Aufsteller aufgebaut (vgl. Kapitel 2.6.1).

Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

Tabelle 5: Tabelle 2: Bewertung des Statikportals zur Prüfung der Bemessungsergebnisse des Dachtragwerks

Betrachtung	Name	Anmerkungen	Kriterien
P10	Sparren	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins	P++; F+; D++; N++
P20	Wechsel	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D++; N++
P30	Windrispenband	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Bei den Prüfanmerkungen steht „freigegeben“, obwohl keine Prüfung stattgefunden hat.	P++; F+; D+; N+
P40	Firstpfette	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Bei den Prüfanmerkungen steht „freigegeben“, obwohl keine Prüfung stattgefunden hat.	P++; F+; D+; N+
P50	Fußpfette	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D+; N+

Tabelle 6: Bewertung des Statikportals zur Prüfung der Bemessungsergebnisse des Obergeschosses

Betrachtung	Name	Anmerkungen	Kriterien
P60	Holzstütze	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins	P++; F+; D++; N++
RPA-Integration	CAE-Automatisierung	Die Einbindung ins Statikportal funktionierte nicht. Der Softwareroboter konnte dennoch lokal die IFC-Datei automatisiert mit dem Prüfstatus „freigabe ERTEILT“ modifizieren.	P++; F+; D++; N++
P60a	Weitere Holzstützen	Der Bearbeitungsstand kann nur durch „in Arbeit“ kenntlich gemacht werden. Die Übertragung der Prozessdaten ins Template funktionierte nicht.	P++; F+; D++; N++
P70		Die Aktivität zeigt: Test nicht erforderlich!	

5. Ergebnis

Das Statikportal ist für die Zwecke der Begutachtung als stabil einzustufen. Die Bildschirmmasken wurden übersichtlich dargestellt und die Bedienbarkeit funktionierte weitestgehend ordnungsgemäß. Lediglich die Übertragungen des Kontextes in PDF-Dateien bei den Einzelbauteilnachweisen und die Dropdownliste des Bearbeitungsstatus funktionierte nicht.

Die Bearbeitung einer Baustatik im Statikportal ähnelt stark der tradierten Bearbeitungsreihenfolge, mit dem Vorteil, dass eine Baustatik nicht mehr für den Postweg zusammengestellt werden muss, zu jederzeit der aktuelle Bearbeitungsstand einsehbar ist und etwaige Änderungen auf dem kurzen Dienstweg geklärt werden können. Des Weiteren ist die Einbindung

Gutachterliche Stellungnahme des Statikportals

Gutachterliche Stellungnahme eines Statikportals

eines Softwareroboters ein überaus erwähnenswerter Punkt, der sicherlich einen Mehrwert bei der Prüfung von 3D-Modellen erbringen kann (sofern die Technologie im Statikportal eingebunden werden kann).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Statikportal der tradierten Arbeitsweise sehr ähnelt. Sofern das Statikportal zur Produktionsreife und projektunabhängig weiterentwickelt wird, ist es durchaus denkbar, dass das Statikportal zukünftig bürokratische Prozesse verschlankt und Bauplanungszeiten verkürzt. Von daher wird empfohlen, das Statikportal weiterzuentwickeln und in ausgewählten Pilotprojekten für Testzwecke einzusetzen.

Anhang B

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

1.1	Ausgangslage für die Zielsetzung	3
1.2	Zielsetzung der Arbeit	4
1.3	Darstellung der präferierten Einbindung eines Informationsmanagementsystems in den Aufstell- und Prüfprozess von Tragwerksberechnungen	4
1.4	Zyklischer Prozess der Ergänzung und Korrekturen im Erhebungskernteam	6
1.5	Aufbau der Arbeit	7
2.1	Funktionaler IST-Prozess-1 zur Erstellung einer Baustatik im Hochbau	11
2.2	Funktionaler IST-Prozess-2 zur Erstellung einer Baustatik im Hochbau	12
2.3	Funktionaler IST-Prozess-3 zur Erstellung Baustatik im Wasserbau	13
2.4	Funktionaler IST-Prozess-4 zur Erstellung einer Baustatik im Brückenbau	14
2.5	Funktionaler IST-Prozess-5 zur Prüfung einer Baustatik	19
2.6	Zusammenfassende Darstellung der IST-Leistungserbringungsprozesse für prüfpflichtige Tragwerksplanungen im Hochbau	23
3.1	Antizipiertes Grundverständnis von digitalen Ökosystemen	30
3.2	Digitale Modelle und deren Bearbeitungsreihenfolge in der Tragwerksplanung	35
4.1	Konzeptidee des Statikportals	49
4.2	Prinzipielle Funktionsweise eines Statikportals	50
4.3	Konzeptidee zur Frontend eines Statikportals, aus der Sicht des Aufstellers	52
4.4	Entwicklung des Arbeitsportals nach dem Prinzip des Wasserfallmodells	55
4.5	Schematische Prozessstruktur der Planspiele, am Beispiel des BIM Games CRAFTER	56
4.6	Das BIZAGI-Arbeitsportal am Beispiel des BIM Games CRAFTER – (a) Auszug aus der Benutzungsschnittstelle der End-User; (b) Aufbau des Datenmodells	59
4.7	Das BIZAGI-Arbeitsportal am Beispiel des BIM Games JADE WORKS – Auszug aus der Frontend für die Sicht der BIM-Koordination	60
5.1	Positionsplan des Referenzprojektes	63
5.2	Prinzip der partizipativen Zusammenarbeit im Statikportal	65
5.3	Transaktionen des Vieraugenprinzips im Statikportal	66
5.4	Struktur des Statikportals	67
5.5	Muster für die Prozessmodellierung zur Dokumentation der statischen Bemessung	69
5.6	Ad-hoc-Muster für die unstrukturierte Prozessmodellierung von Individualentscheidung	71
5.7	Schema der im Statikportal integrierten Datenbasis	73
5.8	Schematische Darstellung des Informationstransfers zwischen kausal voneinander abhängigen Bauteilen	76
5.9	Beispiel eines Formulars zur Dokumentation der Bauteilbemessung, inkl. der Zuordnung der im Datenmodell enthaltenen Attributsätze	77
5.10	Beispiel zur Verknüpfung von BIZAGI-Formularen mit Microsoft Word	78

5.11	Exemplarische Darstellung zur Migration von Templates in Bizagi-Studio	79
5.12	Beispiel zur Konfiguration der Prozesspfade mithilfe des BIZAGI-Prozessassistenten „Ausdrücke definieren“, für die Freigabe der Sparrenbemessung in Aktivität A10	80
5.13	Beispiel zur Konfiguration der Verantwortlichkeiten mithilfe des BIZAGI-Prozessassistenten „Darsteller“	81
5.14	Beispiel für die Rollenzuweisung von Vertretungspersonen	82
5.15	Technischer Hauptprozess-01 des Statikportals	84
5.16	Darstellung des Datenmodells-01 für den Hauptprozess-01	87
5.17	Formulare für die Eintragung der Projekt-Metadaten in der Aktivität 20	88
5.18	Formulare zum Aufruf der Leistungspakete und für die Unterzeichnung der Baustatik in der Aktivität 20	89
5.19	Formulare zur Erstellung einer Positionsliste und zur Festlegung der Fertigstellungs- termine in der Aktivität 52	90
5.20	Formulare für die formelle Prüfung in der Aktivität P1; Teilausschnitt für die Prüfan- merkung zur Positionierung	92
5.21	Aktivitätsformular für das Starterereignis im Hauptprozess-01	94
5.22	Aktivitätsformular für das Zwischenereignis „Projekt abbrechen“ im Hauptprozess-01	95
5.23	Auszug aus dem BIZAGI-Prozessassistenten „Activity actions“ zur Implementierung des Ausdrucks <code><SetEvent2CancelProcess></code> , um aus dem Statikportal heraus das Zwischenstarterereignis „Projekt abbrechen“ anzusteuern	96
5.24	Auszug aus dem BIZAGI-Prozessassistenten „Define expressions“ zur Darstellung der zu konfigurierenden Prozesspfade mittels XPath-Ausdrücke im Hauptprozess-01	97
5.25	Auszug aus dem BIZAGI-Prozessassistenten „Activity actions“ zur Darstellung der Konfiguration einer Systemnachricht in der Service-Aktivität 52a	98
5.26	Technischer Teilprozess-54 für die statische Bemessung des Dachtragwerks	99
5.27	Datenmodell-54 für das Dachtragwerk	101
5.28	Formular A10 – (a) Darstellung der Kopfzeile und Angaben zum Bearbeitungsstand; (b) Eingabefelder für die Beschreibung der statischen Position	102
5.29	Formular A10 – Eingabefelder für die Eintragung der Lastannahme	103
5.30	Formular A10 – (a) Eingabefelder für die Schnittgrößen und Auflagerreaktionen; (b) Eingabefelder für den Anhang der softwaregestützten Bauteilanalyse	104
5.31	Formular A10 – (a) Eingabefelder für die Zusammenfassung der Bauteilbemessung; (b) Eingabefelder für die Detailnachweise	105
5.32	Formular A40 – Eingabefelder für die Lastannahme, inkl. der lastgebenden Auflager- reaktionen	106
5.33	Formular A10 Tab-Container „Gesamtübersicht“ – (a) Darstellung des Prozessfort- schritts; (b) Darstellung der Gesamtübersicht	108
5.34	Technischer Teilprozess-55 für die statischen Bemessungen im Obergeschoss – (a) Teilprozess-55; (b) Mehrfachinstanz-Teilprozess A60a; (c) Mehrfachinstanz-Teilprozess A70a	110
5.35	Datenmodell-55 für das Obergeschoss	113
5.36	Formular A60 - Gesamtübersicht des Bearbeitungsstandes für das Obergeschoss	114
5.37	Technischer Teilprozess-56 für die statischen Bemessungen im Erdgeschoss – (a) Teilprozess-56; (b) Mehrfachinstanz-Teilprozess A90a; (c) Mehrfachinstanz-Teilprozess A100a; (d) Mehrfachinstanz-Teilprozess A110a; (e) Mehrfachinstanz-Teilprozess A120a	117
5.38	Datenmodell-56 für das Erdgeschoss	119
5.39	Technischer Teilprozess-57 für die statischen Bemessungen der Gründung – (a) Teilprozess-57; (b) Mehrfachinstanz-Teilprozess A180a	120
5.40	Datenmodell-57 für die Gründung	121

5.41	Softwarearchitektur des Statikportals	123
5.42	System-Infrastruktur des prozessgesteuerten Statikportals	124
5.43	Bereitstellung der Test-Umgebung	125
5.44	Anmeldemaske des Statikportals	126
5.45	Frontend des Statikportals – (a) Auszug der Fallübersicht; (b) Auszug der Benutzungsschnittstelle in Aktivität 20	127
5.46	Frontend – Hervorhebung ausgelöster Aktivitäten im Prozessdiagramm	128
5.47	Frontend – Auszug des Zeitstrahls für die Dokumentation der Fertigstellungszeiten und Datenübertragungen	130
5.48	Frontend – Sensor zum Zählen von Prozessdurchlaufzyklen	131
5.49	System-Infrastruktur des prozess- und robotergesteuerten Statikportals	132
5.50	Arbeitsabfolge für eine manuelle IFC-Modifikation	134
5.51	Ausführungsdetails der RPA-Automation für die PSet-Modifikation einer bestehenden IFC-Datei	135
5.52	Ergebnis der manuellen und automatisierten PSet-Modifikation	137
5.53	Beispiel zur Erweiterung der Formulare für die Implementierung von RPA-Bots	138
5.54	Erweiterung der RPA-Routine für eine einheitliche Größe des Computerfensters zur Verwendung eines attended RPA-Bots auf unterschiedlichen Arbeitsstationen	139
5.55	Auszüge aus der UiPath „Comunity Edition“	140
5.56	Evaluation - Beispielhafter Kodierungsfehler	142
5.57	Auszüge des Statikportals in der Entwicklungsumgebung – (a) Aktivität M20; (b) Aktivität M52	144
5.58	Auszüge des Statikportals in der Entwicklungsumgebung – (a) Auszug der Fallübersicht des Aufstellers; (b) Auszug der Fallübersicht des Prüfers; (c) Auszug der Benutzungsschnittstelle für die Aktivität A10	145
5.59	Auszüge des Statikportals in der Entwicklungsumgebung – (a) Aktivität MP60b: Nachtrag im Teilprozess-55; (c) Auszug der grafischen Abfrage zur Darstellung des Prozessfortschritts im Ad-hoc-Prozess A60a	146
A.1	Auswertung der Evaluationsfragen 1 bis 3	151
A.2	Auswertung der Evaluationsfragen 4 bis 7	152
A.3	Auswertung der Evaluationsfragen 8 und 10 bis 12	153
A.4	Muster-Fragebogen zur Erhebung von Leistungserbringungen in Ingenieurbüros [69, S. 53]	154
A.5	Bau-Produktmodell für den Rohbau des Referenzprojektes	156
A.6	Migration für die formellen Inhalte der Aktivität 20 „Projekt anlegen“ zwischen der Word-Dokumentvorlage und BIZAGI – (a) Darstellung aller Attribute; (b) Darstellung des Steuerungsassistenten <Document Templates>	173
A.7	Migration für die formellen Inhalte zwischen der Word-Dokumentvorlage und BIZAGI – (a) Aktivität 51 „Vorbemerkung“; (b) Aktivität 52 „Positionierung“	174
A.8	Migration für die formellen Inhalte zwischen der Word-Dokumentvorlage und BIZAGI – (a) Aktivität 53 „Globale Einwirkungen“; (b) Aktivität P1 „Formelle Prüfung“	175
A.9	Formular für das Starterereignis im Hauptprozess-01	185
A.10	Formular für das Zwischenstarterereignis „Projekt abrechnen“ im Hauptprozess-01	185
A.11	Formulare zur Eintragung der Kontaktpersonen in der Aktivität 20	186
A.12	Formulare zur Eintragung der Beauftragung und der Unterschrift in der Aktivität 20	187
A.13	Formulare zur Überarbeitung der Kontaktpersonen in der Aktivität 50 – Teil-1	187
A.14	Formulare zur Überarbeitung der Kontaktpersonen in der Aktivität 50 – Teil-2	188
A.15	Formulare zur Einsicht der Kontaktpersonen in Aktivität 51	188

A.16	Formulare zur (a) Einsicht des Prüfstatus und Eintragung der Baubeschreibung, (b) zur Eintragung der Entwurfsplanung und (c) zur Eintragung der Baugrundinformationen in Aktivität 51	189
A.17	Formulare zur Eintragung (a) des Brandschutzes, (b) der Normen und Systembeschreibung und (c) der Aussteifung und zur Darstellung der besonderen Anmerkungen in Aktivität 51	190
A.18	Formulare zur Eintragung (a) der Normen und Systembeschreibung, (b) der Aussteifung und zur Darstellung der besonderen Anmerkungen und (c) zur Erzeugung der Vorbemerkungen als PDF-Datei in Aktivität 51	191
A.19	Formulare zur (a) Einsicht der Kontaktpersonen, (b) Einsicht des Prüfstatus und (c) Eintragung und Hochladen der Positionspläne und zur Eintragung der Positionsliste in Aktivität 52	192
A.20	Formulare zur Eintragung der Fertigstellungstermine und zur Entscheidung, die Unterlagen erneut zu versenden in Aktivität 52	193
A.21	Formulare zur Einsicht der Kontaktpersonen in Aktivität 53	193
A.22	Formulare zur (a) Einsicht des Prüfstatus, (b) Eintragung der Schnee- und Windlasten und (c) Erzeugung der globalen Lastannahmen und der Zusammenfassung der formellen Inhalte als PDF-Datei in Aktivität 53	194
A.23	Formulare (a) zur Einsicht der Kontaktpersonen und (b) zum Freigeben der Baubeschreibung und Entwurfsplanung in Aktivität P1	195
A.24	Formulare zum Freigeben (a) der Bodenpressung, (b) des Brandschutzes und (c) der zugrunde gelegten Norm in Aktivität P1	196
A.25	Formulare zum Freigeben der (a) Systembeschreibung, (b) Aussteifung und (c) Vorbemerkung und Eintragung der Prüfanmerkungen in Aktivität P1	197
A.26	Formulare zum Freigeben der (a) Positionierung, (b) Fertigstellungstermine und zur Eintragungen der Freigabe und Prüfanmerkung der Positionierung und (c) Schneelastzone in Aktivität P1	198
A.27	Formulare zur Freigabe der (a) Windlastzone, (b) zur Freigabe und Eintragung der Prüfanmerkungen für die globalen Einwirkungen und (c) zur Freigabe und Eintragung der formellen Prüfung in Aktivität P1	199
A.28	Migration für die Tragwerksberichte zwischen der Word-Dokumentvorlage und BIZAGI – (a) Ausschnitt aus der Gesamtdarstellung; (b) Darstellung des Steuerungsassistenten <Document Templates>	200

Tabellenverzeichnis

5.1	Auszug der Positionsliste aus dem Positionsplan des Referenzprojektes	64
5.2	Nomenklatur für Entitäten und Attribute	75
5.3	Hauptprozess-01 - Name und Tätigkeitsbeschreibung	85
5.4	Aktivitäten im Teilprozess-54 - Name und Tätigkeitsbeschreibung	99
5.5	Aktivitäten im Teilprozess-55 – Name und Tätigkeitsbeschreibung	111
5.6	Aktivitäten im Teilprozess-56 – Name und Tätigkeitsbeschreibung	116
5.7	Aktivitäten im Teilprozess-57 – Name und Tätigkeitsbeschreibung	120
5.8	Benutzerverwaltung – Merkmale der partizipierenden End-User im Statikportal . . .	126
5.9	Hauptprozess-01 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer	129
A.1	Datenmodell-01 – Inhalte der Prozess-Entität	157
A.2	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M50_Statik>	158
A.3	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M51_Vorbemerkung>	158
A.4	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBodenpressung>	159
A.5	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xSystembeschreibung> . .	159
A.6	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xUnterlagen>	159
A.7	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xNorm>	159
A.8	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBrandschutzdokumente>	159
A.9	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBaugrunddokumente> . .	160
A.10	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xDigitaleBauwerksModelle>	160
A.11	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M51_Positionierung>	160
A.12	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xPositionsplane>	160
A.13	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xPositionsunterlagen> . .	161
A.14	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xPositionsliste>	161
A.15	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <M53_GlobaleEinwirkung>	161
A.16	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xSchneelast>	161
A.17	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xWindlastenDach>	162
A.18	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität Collection <xWindlastenWand>	162
A.19	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <MP1_FormellePrufung>	162
A.20	Datenmodell-01 – Inhalte der Master-Entität <kmStatus>	163
A.21	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <Datenmodell54>	163
A.22	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA10_Sparren>	164
A.23	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA20_Wechsel>	164
A.24	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA30_Windrispen>	164
A.25	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA40_Firstpfette>	165
A.26	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MA50_Fusspfette>	165
A.27	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP10_SparrenPrufung>	165
A.28	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP20_WechselPrufung>	165
A.29	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP30_WindrispenPrufung>	166

A.30	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP40_FirstpfettenPrufung>	166
A.31	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <MP50_FusspfettenPrufung>	166
A.32	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmBauteilinformationen>	166
A.33	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmLastannahmen>	166
A.34	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xEigenlasten>	167
A.35	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xNutzlasten>	167
A.36	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kpBearbeitungsstand>	167
A.37	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmInnereKraftgrossen>	167
A.38	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xAuflagerreaktionen>	167
A.39	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xSchnittgrossen>	168
A.40	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmBemessung>	168
A.41	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xBemessungen>	168
A.42	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmPositionszusammenfassung>	168
A.43	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmDetails>	168
A.44	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität Collection <xDetailBemessungen>	169
A.45	Datenmodell-54 – Inhalte der Master-Entität <kmStatusMateriellePrufung>	169
A.46	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <Datenmodell55>	170
A.47	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MA60_Holzstutze>	170
A.48	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität Collection <xMA60a_Holzstutzen>	170
A.49	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP60a_HolzstutzePrufung>	171
A.50	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP60_HolzstutzePrufung>	171
A.51	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MA70_Holzrahmenbauwand>	171
A.52	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP80_BalkonPrufung>	171
A.53	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität Collection <xMA70a_Holzwände>	172
A.54	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP70a_HolzwandPrufung>	172
A.55	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MP70_HolzwandPrufung>	172
A.56	Datenmodell-55 – Inhalte der Master-Entität <MA80_Balkonkonstruktion>	172
A.57	Teilprozess-54 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer	203
A.58	Teilprozess-55 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer	203
A.59	Teilprozess-56 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer	204
A.60	Teilprozess-57 – Aufgabentyp, Rolle und Dauer	205

Verzeichniss der Listing

5.1	Beispiel für die systeminterne Datenzuweisung zur Freigabe der Sparren-Auflagerreaktion des Dachtragwerks im Statikportal	75
5.2	Beispiel für die automatische Rollenzuweisung durch eine Bedingung	82
5.3	Aktivität 20 - Attributsätze zur Eingabe der Projekt-Metadaten	86
5.4	Aktivität 20 - Attributsätze zur Bereitstellung der Aktivitäten für die vertraglich vereinbarten Leistungspakete	88
5.5	Aktivität 20 – Attributsätze für die digitale Unterzeichnung einer Baustatik im Statikportal	89
5.6	Aktivität 52 - Attributsatz für die Eingabe der Positionsliste im Statikportal	90
5.7	Attributsätze zur Integrierung von Fertigstellungsterminen im Statikportal	90
5.8	Attributsatz für die Dokumentation der Schneelasten	91
5.9	Attributsatz für den Prüfstatus im Statikportal	91
5.10	Attributsätze für den Bearbeitungsstand als Dropdown-Liste im Statikportal zwischen Aufsteller und Prüfer	92
5.11	Attributsätze zur Generierung von Prozessinhalten als PDF-Datei	93
5.12	Syntax für die Weiterleitung zum Event „Projekt abbrechen“	93
5.13	Ausdruck <ProjektAbbrechen> für den systeminternen Prozessabbruch	95
5.14	Syntax für das Hinzufügen des aktuellen Datums im Statikportal für den Hauptprozess-01	95
5.15	XPath-Ausdrücke zur Spezifizierung der Prozesspfade im Hauptprozess01	96
5.16	Fallbeispiel für das Versenden einer Systemnachricht in der Service-Aktivität 52a	97
5.17	Aktivitäten des Dachtragwerks – Beispielhafte Darstellung von Änderungen in den Attributsätzen des Teilprozesses-54	100
5.18	Syntax für das Hinzufügen des aktuellen Datums im Statikportal für den Teilprozess-54	107
5.19	XPath-Ausdrücke zur Spezifizierung der Prozesspfade im Teilprozess-54	107
5.20	Fallbeispiel für das versenden einer Systemnachricht in der Service-Aktivität P11	109
5.21	Beispielhafte Darstellung der geänderten Attributsätze im Teilprozesses-55	113
5.22	Beispiel zur geänderten Syntax für das Hinzufügen des aktuellen Datums im Statikportal für den Teilprozess-55	114
5.23	XPath-Ausdrücke zur Spezifizierung der Prozesspfade im Teilprozess-55	114
5.24	Fallbeispiel für das Versenden einer Systemnachricht in der Service-Aktivität P61	115
5.25	Beispielhafte Darstellung zur Änderung der Attributsätze im Teilprozess-56	118

Literaturverzeichnis

Normen, Richtlinien und Standards

- [1] Ri-EDV-AP-2001:201-04. *Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise*. 2001. URL: <https://buev.eu/images/pdf-dokumente/edv-richtlinie.pdf> (besucht am 22.12.2021).
- [9] BauPrüfVO, NI – Bautechnische Prüfungsverordnung. *Verordnung über die bautechnische Prüfung von Baumaßnahmen (Bautechnische Prüfungsverordnung – BauPrüfVO)*. 210720209 00000. online: Wolters Kluwer Deutschland GmbH, 24.07.1987.
- [45] DIN EN ISO 19650-1:2019-08. *Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) – Informationsmanagement mit BIM. Teil 1: Begriffe und Grundsätze (ISO 19650-1:2018)*. Bd. ICS 35.240.67. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2019.
- [46] DIN EN ISO 29481-1:2018-01. *Bauwerksinformationsmodelle – Handbuch der Informationslieferungen. Teil 1: Methodik und Format (ISO 29481-1:2016) – Deutsche Fassung EN ISO 29481-1:2017*. Bd. ICS 35.240.67. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2018. URL: <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-29481-1/280609929> (besucht am 17.12.2021).
- [47] DIN EN ISO 9001:2015-11. *Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2015). Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9001:2015*. Bd. ICS 03.100.70. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2015. DOI: 10.31030/2325651.
- [48] DIN SPEC 91391-1:2019-04. *Gemeinsame Datenumgebungen (CDE) für BIM-Projekte – Funktionen und offener Datenaustausch zwischen Plattformen unterschiedlicher Hersteller. Teil 1: Module und Funktionen einer Gemeinsamen Datenumgebung; mit digitalem Anhang*. Bd. ICS 35.240.67. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2019.
- [79] ISO 16739:2018-1. *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Part 1: Data schema*. Bd. 25.040.40. online: ISO/TC 59/SC 13, 2015. URL: <https://www.iso.org/standard/70303.html> (besucht am 11.02.2023).
- [80] ISO/IEC 27000:2018-02. *Information technology – Security techniques – Information security management systems – Overview and vocabulary*. Bd. ICS 35.030. 2018. URL: <https://www.iso.org/ics/35.030/x/> (besucht am 25.02.2023).
- [144] VDI 2552 Blatt 1:2020-07. *Building Information Modeling. Grundlagen*. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2020. URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2552-blatt-1-building-information-modeling-grundlagen> (besucht am 10.02.2023).
- [145] VDI 2552 Blatt 2:2021-04. *Building Information Modeling. Begriffe*. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2021. URL: <https://www.beuth.de/de/technische-regel-entwurf/vdi-2552-blatt-2/332688778?webservice=vdin> (besucht am 14.12.2021).

- [146] VDI 2552 Blatt 7:2018-10. *Building Information Modeling. Prozesse*. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2018. URL: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/vdi-2552-blatt-7/322663535> (besucht am 17. 12. 2021).
- [147] VDI 6201 Blatt 1:2019-06. *Softwaregestützte Tragwerksberechnung. Grundlagen, Anforderungen, Modellbildung*. Bd. ICS 35.240.99. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2019.

Hochschulschriften

- [14] Daniel Bittrich. “Verbunddokumente als Nutzeroberfläche von Software für die Tragwerksplanung”. Dissertation. Bauhaus-Universität Weimar, 2004. DOI: 10.25643/bauhaus-universitaet.20.
- [23] Dietrich Boles. “Integration von Konzepten und Technologien des Electronic Commerce in digitale Bibliotheken”. Fachbereich Informatik. Dissertation. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2002. 342 S.
- [72] Christoph Hoerenbaum. “Ein Produktmodell für den Komplettbau”. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Dissertation. Karlsruhe: Universität Fridericiana zu Karlsruhe, 2002. DOI: 10.5445/IR/5252002.
- [107] Christian Müller. “Der Virtuelle Projektraum. Organisatorisches Rapid-Prototyping in einer internetbasierten Telekooperationsplattform für Virtuelle Unternehmen im Bauwesen [online]”. Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib). Dissertation. Karlsruhe: Universität Karlsruhe, 1999. DOI: 10.5445/IR/53999.
- [108] Andreas Niggel. “Tragwerksanalyse am volumenorientierten Gesamtmodell. Ein Ansatz zur Verbesserung der computergestützten Zusammenarbeit im konstruktiven Ingenieurbau”. Dissertation. Technische Universität München, 2007. 154 S. URL: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/632067/document.pdf> (besucht am 22. 02. 2023).

Internetquellen

- [3] Appian Corporation. *BPM Basics. Begriffsverzeichnis für das Geschäftsprozessmanagement (BPM)*. URL: <https://appian.com/de/bpm-basics/bpm-glossary.html> (besucht am 24. 02. 2023).
- [7] BauInfoConsult GmbH. *Presse: Baukatastrophen – Made in Germany: fast 21 Milliarden Euro Fehlerkosten in 2019*. 2022. URL: <https://bauinfoconsult.de/presse-baukatastrophen-made-in-germany-fast-21-milliarden-euro-fehlerkosten-in-2019/> (besucht am 12. 01. 2022).
- [12] BIM Deutschland. *Startseite. Das BIM-Portal des Bundes. planen-bauen 4.0*. URL: <https://via.bund.de/bim/infrastruktur/landing> (besucht am 22. 02. 2023).
- [15] bizagi, Hrsg. *Bizagi Digital Business Platform. User Guide*. Version V.11.2. URL: https://help.bizagi.com/bpm-suite/en/11.2.4.2x/index.html?download_user_guide_as_pdf.htm (besucht am 09. 12. 2022).
- [16] bizagi. *Bizagi Knowledge Base. MANAGEMENT CONSOLE*. Unable to process control: [ControlCode]. Control type [ControlType]. 2015. URL: <https://kb.bizagi.com/Knowledgebase/ERROR-Unable-to-process-control-ControlCode-Control-type-ControlType> (besucht am 15. 03. 2023).
- [17] bizagi. *Second Workshop for Product Evaluation. My second process*. URL: <http://www.iasvirtual.net/ebooks/bpm/bpm-wshop2.pdf> (besucht am 09. 12. 2022).

- [18] bizagi. *User Guide Studio. Configuring a connection with your UiPath Orchestrator*. URL: <https://help.bizagi.com/bpm-suite/en/index.html?uipath-executing-a-configured-bot-from-a-process.htm> (besucht am 18.01.2023).
- [19] bizagi. *User Guide Studio. Attended Bots*. URL: <https://help.bizagi.com/bpm-suite/en/index.html?uipath-executing-a-configured-bot-from-a-process.htm> (besucht am 18.01.2023).
- [20] bizagi. *User Guide Studio. Content Security Policy definition*. URL: <https://help.bizagi.com/bpm-suite/en/index.html?uipath-executing-a-configured-bot-from-a-process.htm> (besucht am 18.01.2023).
- [21] J. Blömer. *Petri-Netze*. Hrsg. von Universität Paderborn. URL: <https://cs.uni-paderborn.de/fileadmin/informatik/fg/cuk/Lehre/Veranstaltungen/WS2015/Modellierung/Vorlesung/mod-11-petri-netze-handout.pdf> (besucht am 24.02.2023).
- [27] buildingSMART International. *BIM Collaboration Format (BCF)*. 2023. URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format-bcf/> (besucht am 12.02.2023).
- [28] buildingSMART International. *Industry Foundation Classes (IFC)*. URL: https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_3/RC2/HTML/schema/views/general-usage/index.htm (besucht am 11.02.2023).
- [29] Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung. *Forschungsprojekt. From Digitization to Digital Transformation*. Methodik und Szenarien für innovative, agile und durchgängig digitale Prozessmodelle über den gesamten Gebäudelebenszyklus auf Basis aktueller und zukünftiger digitaler Technologieentwicklungen. URL: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/4Herausforderungen/2021/digitale-transformation/01_start.html?nn=2544408 (besucht am 21.12.2021).
- [30] Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung. *Forschungsprojekte*. URL: https://www.bbsr.bund.de/SiteGlobals/Forms/Suche/ForschungsprojektSuche_Formular.html (besucht am 21.12.2021).
- [33] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. *Digitale Plattformen. Ein neuer Ordnungsrahmen für die digitale Ökonomie*. Artikel: Netzpolitik. 2023. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/digitale-plattformen.html> (besucht am 12.02.2023).
- [34] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. *Masterplan BIM für Bundesbauten. Erläuterungsbericht*. September 2021. URL: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2021/10/masterplan-bim.pdf;jsessionid=BA100CF59399F0BC4821BB09B107503E.1_cid364?__blob=publicationFile (besucht am 15.06.2023).
- [37] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. *HOAI 2021. Honorarordnung für Architekten Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)*. Textausgabe mit amtlicher Begründung. Hrsg. von Wolters Kluwer Deutschland GmbH. 2021. URL: <https://www.ingenieurkammer.de/das-koennen-wir-fuer-sie-tun/recht/hoai> (besucht am 26.11.2021).
- [49] Dlubal. *Statiksoftware für Tragwerksplaner & Ingenieure. Building Information Modeling (BIM)*. URL: <https://www.dlubal.com/de/loesungen/anwendungsbereiche/building-information-modeling-bim/was-ist-bim> (besucht am 10.02.2023).
- [57] Paul Ferguson und Geoff Huston. *What is a VPN?* 1998. URL: https://cpham.perso.univ-pau.fr/ENSEIGNEMENT/COMMUN/vpn_ferguson.pdf (besucht am 27.02.2023).

- [61] Lena Graefe. *Anteil der Unternehmen mit kostensenkenden Prozessinnovationen der Branche Architektur- und Ingenieurbüros in den Jahren 2009 bis 2019. Dienstleistungen & Handwerk, Business Service*. Hrsg. von Statista. 2021. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/962794/umfrage/architektur-und-ingenieurbueros-mit-kostensenkenden-prozessinnovationen/> (besucht am 11.01.2022).
- [65] haufe.de/recht. § 3 Verzögerung/Behinderung/Vertragsstrafe / c) Muster: Inverzugsetzung nach § 5 Abs. 4 VOB/B. bb) Muster: Inverzugsetzung betreffend den Ausführungsbeginn gem. § 5 Abs. 1 VOB/B. URL: https://www.haufe.de/recht/deutsches-anwalt-office-premium/3-verzoegerungbehinderungvertragsstrafe-c-muster-inverzugsetzung-nach-5-abs4-vobb_idesk_PI17574_HI12700605.html (besucht am 16.03.2023).
- [67] Christian Heins u. a. *Maßnahmen zur Erhebung und Modellierung von Arbeitsprozessen innerhalb der Bauplanung*. Hrsg. von Jade Hochschule. Version Vol. II. Institut für Datenbank\orientiertes Konstruieren. 2019. (Besucht am 12.02.2023).
- [75] Graham Horton. *Innovationsarten: Unsere Definitionen*. Hrsg. von Impulse für Innovation. URL: <http://www.zephram.de/blog/innovation/innovationsarten-definitionen/> (besucht am 23.12.2021).
- [76] Innovative Hochschule Jade-Oldenburg! *55 STUNDEN SPIELEN – PING PONG – EIN DIGITALES PLANSPIEL*. Hrsg. von Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. URL: <https://ihjo.de/55-stunden-spielen-ping-pong-ein-digitales-planspiel/> (besucht am 28.02.2023).
- [77] Innovative Hochschule Jade-Oldenburg! *BIM GAME „CRAFTER“ – EIN DIGITALES PLANSPIEL FÜR HANDWERKS BETRIEBE*. Hrsg. von Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. URL: <https://ihjo.de/bim-game-crafter-ein-digitales-planspiel-fuer-handwerksbetriebe/> (besucht am 28.02.2023).
- [78] Innovative Hochschule Jade-Oldenburg! *BIM GAME „JADE WORK“ – EIN DIGITALES PLANSPIEL*. Hrsg. von Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. URL: <https://ihjo.de/bim-game-jade-work/> (besucht am 28.02.2023).
- [96] Leitstelle XPlanung / XBau. *Mehrwert des Standards XBau*. URL: <https://xleitstelle.de/xbau/mehrwert-xbau> (besucht am 22.02.2023).
- [98] Christoph Lixenfeld. *CIO. Business Process Management. 20 BPM-Suites im Vergleich*. URL: <https://www.cio.de/a/20-bpm-suites-im-vergleich,3102097> (besucht am 17.02.2023).
- [106] MoreThanDigital. *9 Punkte für erfolgreiche Robotic Process Automation (RPA) – Welche Prozesse sind automatisierbar?* URL: <https://morethandigital.info/9-punkte-fuer-erfolgreiche-robotic-process-automation-rpa-welche-prozesse-sind-automatisierbar/> (besucht am 18.01.2023).
- [109] Object Management Group. *BPMN 2.0 Poster. Version 2.0*. 2011. URL: http://www.bpmb.de/images/BPMN2_0_Poster_DE.pdf (besucht am 23.02.2023).
- [110] Object Management Group. *Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0*. 2011. URL: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF> (besucht am 23.02.2023).
- [112] Organization for the Advancement of Structured Information Standards. *Web Services Business Process Execution Language Version 2.0*. 2007. URL: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/23974/wsbpel-v2.0-primer.pdf> (besucht am 24.02.2023).
- [120] Saikat Ray u. a. *Gartner Research. Magic Quadrant for Robotic Process Automation*. 2022. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/4016876> (besucht am 08.06.2023).

- [132] UiPath. *Anleitung für UiPath Activities. Klicken (Click)*. URL: <https://docs.uipath.com/activities/lang-de/docs/click> (besucht am 18.01.2023).
- [133] UiPath. *Anleitung für UiPath Activities. Erstellen und Überschreiben von Dateien*. URL: <https://docs.uipath.com/activities/lang-de/docs/create-and-override-files> (besucht am 18.01.2023).
- [134] UiPath. *Anleitung für UiPath Automation Hub. Verbindung mit dem UiPath Assistant*. URL: <https://docs.uipath.com/automation-hub/lang-de/docs/setting-up-for-orchestrator-and-assistant> (besucht am 18.01.2023).
- [135] UiPath. *Handbuch UiPath Studio. Über Aufzeichnungen*. URL: <https://docs.uipath.com/studio/lang-de/docs/about-recording> (besucht am 18.01.2023).
- [136] UiPath. *Handbuch UiPath Studio. Über die Veröffentlichung von Automatisierungsprojekten*. URL: <https://docs.uipath.com/studio/lang-de/docs/about-publishing-automation-projects> (besucht am 18.01.2023).
- [137] UiPath. *Handbuch zu UiPath Robot. Über das Roboter-JavaScript-SDK*. URL: <https://docs.uipath.com/robot/lang-de/docs/about-the-robot-javascript-sdk> (besucht am 18.01.2023).
- [138] UiPath. *Installationshinweise. Erweiterung für Chrome*. URL: <https://docs.uipath.com/lang-de/studio/docs/extension-for-chrome> (besucht am 18.01.2023).
- [139] UiPath. *UiPath Forum. Orchestrator URL – UIRobot*. 2019. URL: <https://forum.uipath.com/t/orchestrator-url-uirobot/158425> (besucht am 18.01.2023).
- [140] UiPath.com. *CFO strategy: Automating Finance and Accounting. How robotic process automation (RPA) transforms the Finance and Accounting department*. WHITE PAPER. URL: <https://www.uipath.com/g/thank-you-rpa-finance-accounting> (besucht am 24.02.2023).
- [141] valantic GmbH. *valantic blog. Prozessautomatisierung*. 2023. URL: <https://www.valantic.com/de/blog/tag/prozessautomatisierung/> (besucht am 02.06.2023).
- [155] Wikimedia Foundation Inc. *Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. Information Management System*. 2020. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Information_Management_System (besucht am 22.02.2023).
- [156] Wikimedia Foundation Inc. *Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. Scheduling*. 2021. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Scheduling> (besucht am 02.06.2023).
- [157] Wikimedia Foundation Inc. *Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. CAD*. 2022. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/CAD> (besucht am 02.06.2023).
- [158] Wikimedia Foundation Inc. *Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. XPath*. 2022. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/XPath#:~:text=Die%20XML%20Path%20Language%20\(XPath,M%C3%A4rz%202017%20standardisiert](https://de.wikipedia.org/wiki/XPath#:~:text=Die%20XML%20Path%20Language%20(XPath,M%C3%A4rz%202017%20standardisiert). (besucht am 07.02.2023).
- [159] Wikimedia Foundation Inc. *Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. Management-Informationssystem*. 2. Februar 2020. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Management-Informationssystem> (besucht am 22.02.2023).
- [160] Wikimedia Foundation Inc. *Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. Personalisierung (Informationstechnik)*. 14. Januar 2020. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Personalisierung_\(Informationstechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Personalisierung_(Informationstechnik)) (besucht am 15.03.2023).
- [161] Yukie Yasui. *JADE NEWSROOM. Planen und Entwerfen als digitales Planspiel*. Hrsg. von Jade Hochschule. URL: <https://newsroom.jade-hs.de/magazin/planen-und-entwerfen-als-digitales-planspiel> (besucht am 28.02.2023).

Druckmedien und sonstige Berichte

- [2] Sebastian Adam u. a. *Business Process Management – Marktanalyse 2014. BPM Suites im Test*. ger. Adam, Sebastian (VerfasserIn) Koch, Matthias (VerfasserIn) Neffgen, Fabian (VerfasserIn) Riegel, Norman (VerfasserIn) Weidenbach, Justine (VerfasserIn). Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2014. ISBN: 978-3-8396-9389-6.
- [4] Joachim Arlt und Peter Kiehl. *Bauplanung mit DIN-Normen. Grundlagen für den Hochbau*. Auflage 1. Berlin und Köln: B. G. Teubner Stuttgart und Beuth Verlag, 1995. ISBN: 978-3-322-82988-7. DOI: 10.1007/978-3-322-82987-0.
- [5] Muhammad Asif u. a. “Process embedded design of integrated management systems”. In: *International Journal of Quality & Reliability Management* 26.3 (2009), S. 261–282. ISSN: 0265-671X. DOI: 10.1108/02656710910936735.
- [6] Jan Onne Backhaus. “Digitale Optimierung der Bauplanung”. In: *Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen – Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik: Beiträge zum 29. BBB-Assistententreffen vom 06. bis 08. Juni 2018 in Braunschweig*. Hrsg. von 29. BBB-Assistententreffen 2018, – Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik. 2018, S. 23–33. ISBN: 978-3-927115-81-1. URL: 10.24355/dbbs.084-201805141029-0.
- [8] Baukostensenkungskommission. *Bericht der Baukostensenkungskommission. Im Rahmen des Bündnisses für bezahlbares Wohnen und Bauen*. Endbericht. Hrsg. von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. online, 2015. URL: <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/buendnis-bezahlbares-wohnen-baukostensenkungskommission.html> (besucht am 07.02.2022).
- [10] Irene Bertschek, Thomas Niebel und Jörg Ohnemus. *Zukunft Bau. Beitrag der Digitalisierung zur Produktivität in der Baubranche*. Endbericht. Hrsg. von Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Version Aktenzeichen 10.08.17.7-17.48. online: ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim, 2019. URL: https://www.zew.de/fileadmin/FTP/gutachten/ZukunftBau_BBSR_Endbericht2019.pdf (besucht am 22.12.2021).
- [11] Urs Bieri u. a. *Digitalisierung der Schweizer Demokratie. Technologische Revolution trifft auf traditionelles Meinungsbildungssystem*. ger. Bd. 75 (2021). TA-SWISS. Bieri, Urs (VerfasserIn) Weber, Edward (VerfasserIn) Braun Binder, Nadja (VerfasserIn) Salerno, Sébastien (VerfasserIn) Keller, Tobias (VerfasserIn) Kälin, Manuela (VerfasserIn). Zürich: vdf, 2021. 233 S. ISBN: 9783728140784. DOI: 10.3218/4079-1.
- [13] BIMiD-Konsortium. *BIMiD-Leitfaden. So kann der Einstieg in BIM gelingen*. Hrsg. von Fraunhofer IBP. Version 2. Auflage. online, 2018. URL: <https://www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital/kos/WNetz?daoref=11856> (besucht am 14.12.2021).
- [22] Heinrich Bökamp. “Ein Weckruf”. In: *Deutsches Ingenieurblatt*. Bd. 7-8-2021, S. 56–57. URL: <https://www.ingenieurbau-online.de/deutsches-ingenieurblatt/archiv/fachartikel/detail/ein-weckruf> (besucht am 20.12.2021).
- [24] André Borrmann u. a. *Building Information Modeling*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. ISBN: 978-3-658-33360-7. DOI: 10.1007/978-3-658-33361-4.
- [25] João Branco Pedro, Frits Meijer und Henk Visscher. *Building control systems of European Union countries: A comparison of tasks and responsibilities*. Hrsg. von International Journal of Law in the Built Environment. Version Vol. 2. 2010. DOI: 10.1108/17561451011036513.

- [26] Krister Bredmar. “Digitalisation of Enterprises Brings New Opportunities to Traditional Management Control”. In: *Business Systems Research Journal* 8.2 (2017), S. 115–125. DOI: 10.1515/bsrj-2017-0020.
- [31] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. *Kostengünstiges Bauen durch Vereinheitlichung und Deregulierung des Bauordnungsrechts*. Hrsg. von Bundesamt für Bauwesen. Version BBSR-Online-Publikation 27/2017, Bonn, 2017.
- [32] Bundesministerium für Bildung und Forschung. *Zukunftsbild - Industrie 4.0. Partnerpublikation – Das Zukunftsbild Industrie 4.0 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ist Teil der Hightech-Strategie*. online, 2015. URL: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/zukunftsbild-industrie-4-0.pdf> (besucht am 23.12.2021).
- [35] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken*. Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. online, 2015. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/digitales-bauen.html> (besucht am 14.12.2021).
- [36] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. *Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Analyse der Potenziale und Herausforderungen durch die zunehmende Digitalisierung der österreichischen Baubranche, Ableitung von Handlungsfeldern für zukünftige Forschung aus Sicht von Wissenschaft und Praxis*. Technische Universität Wien, 2018. URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/schriftenreihe/201802_Studie-Potenziale-der-Digitalisierung.pdf (besucht am 22.09.2019).
- [38] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. *Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation*. online, 2015. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft.pdf?__blob%3DpublicationFile%26v%3D3 (besucht am 24.01.2022).
- [39] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. *Daten als Wettbewerbs- und Wertschöpfungsfaktor in den Netzsektoren: Eine Analyse vor dem Hintergrund der digitalen Transformation*. online, 2018. URL: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/Presse/Mediathek/Publikationen/Publikationen-node.html> (besucht am 03.09.2019).
- [40] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. *Digitale Transformation in den Netzsektoren. Aktuelle Entwicklungen und regulatorische Herausforderungen*. online, 2017. URL: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Digitalisierung/Grundsatzpapier/Digitalisierung.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (besucht am 07.02.2023).
- [41] Nigel Craig und James Sommerville. “Information management systems on construction projects: case reviews”. In: *Records Management Journal* 16.3 (2006), S. 131–148. ISSN: 0956-5698. DOI: 10.1108/09565690610713192.
- [42] Deutsche Telekom. *Der digitale Status quo des deutschen Mittelstands. Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/2021*. Hrsg. von Deutsche Telekom. online, 2020. URL: <https://www.digitalisierungsindex.de/studie/gesamtbericht-2021/> (besucht am 11.01.2022).
- [43] Die Bundesregierung. *Digitalisierung gestalten. Umsetzungsstrategie der Bundesregierung*. Hrsg. von Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. online, 2021. URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/digitalisierung-gestalten-1605002> (besucht am 14.12.2021).

- [44] Die Bundesregierung. *Ein neuer Aufbruch für Europa – Eine neue Dynamik für Deutschland – Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD*. 19. Legislaturperiode. Hrsg. von Die Bundesregierung. online, 2018. URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/koalitionsvertrag-zwischen-cdu-csu-und-spd-195906> (besucht am 14.12.2021).
- [50] Bernd Dressel. “Die Rolle des Prüflingenieurs im System der vorbeugenden Gefahrenabwehr”. In: *Stahlbau* 78.3 (2009), S. 214–220. ISSN: 00389145. DOI: 10.1002/stab.200910021.
- [51] Chuck Eastman u. a. *BIM handbook. A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. eng. 2. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011. 626 S. ISBN: 978-0-470-54137-1.
- [52] Michael Eisfeld u. a. *Forschungsprojekt Tragwerk-FMEA. Präventive Qualitätssicherung in der computerbasierten Tragwerksplanung durch Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse*. Abschlussbericht. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2012.
- [53] Jan Etscheid. “Automatisierungspotenziale in der Verwaltung”. In: *(Un)berechenbar? Algorithmen und Automatisierung in Staat und Gesellschaft*. Hrsg. von Resa Mohabbat Kar, Basanta E.P. Thapa und Peter Parycek. 1. Auflage. Berlin: Kompetenzzentrum Öffentliche IT, 2018. ISBN: 978-3-9818892-5-3.
- [54] David S. Evans, Andrei Hagi und Richard Schmalensee. *Invisible engines. How software platforms drive innovation and transform industries*. eng. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2006. 395 S. ISBN: 0-262-05085-4.
- [55] Fachkommission Bauaufsicht. *Musterbauordnung (MBO). Fassung November 2002*. Zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz. online, 25.09.2020. URL: <https://www.bauministerkonferenz.de/suchen.aspx?id=762&o=7590762&s=musterbauordnung> (besucht am 21.12.2021).
- [56] Carsten Feldmann, Hrsg. *Praxishandbuch Robotic Process Automation (RPA)*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022. ISBN: 978-3-658-38378-7. DOI: 10.1007/978-3-658-38379-4.
- [58] Jakob Freund und Bernd Rücker. *Praxishandbuch BPMN. Mit Einführung in CMMN und DMN*. ger. 5., aktualisierte Auflage. Freund, Jakob (VerfasserIn) Rücker, Bernd (VerfasserIn). München: Hanser, 2017. 282 S. ISBN: 978-3-446-45054-7.
- [59] Axel Gedaschko. *Wohnungswirtschaftliche Daten und Trends 2020/2021. Zahlen und Analysen aus der Jahresstatistik des GdW*. Hrsg. von GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. Jahrespressekonferenz des GdW, 2021. URL: https://www.gdw.de/media/2021/06/praesentation_jpk-2021_gdw-jahresstatistik.pdf (besucht am 25.10.2021).
- [60] Gerhard Girmscheid. *Projektentwicklung in der Bauwirtschaft – prozessorientiert*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN: 978-3-662-49329-8. DOI: 10.1007/978-3-662-49330-4.
- [62] Gregor Grunwald u. a. “Robotic Process Automation to increase teaching efficiency in higher education”. In: *2nd Asia Pacific Conference on Educational Research, Social Science and Humanities (APCERSSH 2023)*. Bangkok, September 2023, (Betretet durch Christian Heins). ISBN: 978-93-92105-80.

- [63] Christopher Hagmann und Christian Stoy. *Normung – ein Faktor zur Eindämmung von Fehlerkosten. Endbericht*. Hrsg. von DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE. online, 2019. URL: <https://www.din.de/resource/blob/751332/2c8939a779036f2e67d3299b7b7a1578/normung-ein-faktor-zur-eindaemmung-von-fehlerkosten-endbericht-data.pdf> (besucht am 12.01.2022).
- [64] Friedel Hartmann und Casimir Katz. *Statik mit finiten Elementen*. 2. Auflage. Lehrbuch. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, 2019. 361 S. ISBN: 978-3-662-58924-3.
- [66] Christian Heins, Gregor Grunwald und Manfred Helmus. “Gamification and BIM. The didactic guidance of decentralised interactions of a real-life BIM business game for higher education”. In: *Proceedings of the 38th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)* (Dubai, UAE). Hrsg. von Chen Feng u. a. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC). International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), 2021, S. 932–939. DOI: 10.22260/ISARC2021/0126.
- [68] Hans Dieter Hellige, Hrsg. *Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung*. Kultur- und Medientheorie. Bielefeld: transcript-Verl., 2008. 395 S. ISBN: 978-3-89942-564-2.
- [69] Manfred Helmus u. a. *Entwicklung eines Anforderungskatalogs an Gebäudedatenmodelle in Bezug auf die Standardisierung der Detailinhalte und Detailtiefe aus Sicht der Bauausführung. Abschlussbericht*. Bd. SWD–10.08.18.7–15.15. Forschungsinitiative Zukunft Bau. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl., 2018.
- [70] Martina Hefler und Nora Thorade. “Die Vierteilung der Vergangenheit. Eine Kritik des Begriffs Industrie 4.0”. In: *Technikgeschichte* 86.2 (2019), S. 153–170. ISSN: 0040-117X. DOI: 10.5771/0040-117X-2019-2-153.
- [71] Matthias Hirzel, Ulrich Geiser und Ingo Gaida. *Prozessmanagement in der Praxis*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2013. ISBN: 978-3-8349-4576-1. DOI: 10.1007/978-3-8349-4577-8.
- [73] M. Hoffmann, T. Goesmann und T. Herrmann. *Von der Erhebung zum Sollkonzept. Erhebung von Geschäftsprozessen bei der Einführung von Workflow Management*. Bd. 1. Veröffentlichungen des Forschungsprojekts MOVE. Heidelberg: Physica-Verl., 1998. 197 S. ISBN: 3-7908-1076-2.
- [74] Peter Hofmann, Caroline Samp und Nils Urbach. “Robotic process automation”. In: *Electron Markets*. Bd. 30, S. 99–106. DOI: 10.1007/s12525-019-00365-8.
- [81] YeEun Jang, Jae-Man Lee und JeongWook Son. “Development and Application of an Integrated Management System for Off-Site Construction Projects”. In: *Buildings* 12.7 (2022). PII: buildings12071063, S. 1063. DOI: 10.3390/buildings12071063.
- [82] Bernhard Junginger. “Wie die SPD beim Thema Wohnen punkten will”. Wahlkampf. In: *Augsburger Allgemeine* (18. Sep. 2021). URL: <https://www.augsburger-allgemeine.de/politik/Wahlkampf-Wie-die-SPD-beim-Thema-Wohnen-punkten-will-id60580131.html> (besucht am 25.10.2021).
- [83] Dimitris Karagiannis. “BPMS: Business Process Management Systems”. In: *ACM SIGOIS Bulletin* 16.1 (1995), S. 10–13. ISSN: 0894-0819. DOI: 10.1145/209891.209894.
- [84] Josef Kauer, Hardy Lehmkuhler und Rasso Steinmann, Hrsg. *BIM & GIS. Grundlagen, Synergien und Best-Practice-Beispiele*. Berlin und Offenbach: Wichmann, 2022. ISBN: 978-3-87907-674-1.

- [85] Arto Kiviniemi. *IAI AND IFC – STATE-OF-THE-ART. Proceedings of the 1999 CIB w78 Conference*. Bd. 8. Durability of building materials and components. Ottawa: National Research Council Canada 1999, 1999. 2157-2168. URL: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB2263.pdf> (besucht am 22.03.2024).
- [86] Christian Klein. “Die Aufgaben und Stellung der Prüfm Ingenieure für Standsicherheit und Brandschutz im Bauordnungsrecht. Baurecht”. In: *Der Prüfm Ingenieur*. Bd. 57, S. 6–13. URL: <https://www.bvpi.de/bvpi/de/aktuelles/abonnement-der-pruefm-ingenieur.php> (besucht am 21.12.2021).
- [87] Tobias Koch und Marion Neumann. *Wer baut Deutschland? Inventur zum Bauen und Wohnen 2019*. Studie zum Wohnungsbauprogramm. Hrsg. von Prognos AG. Version Endbericht. Verbändebündnis Wohnungsbau, 2019. URL: <https://www.prognos.com/de/projekt/wer-baut-deutschland-inventur-zum-bauen-und-wohnen-2019> (besucht am 26.10.2021).
- [88] Bernd Kochendörfer, Jens H. Liebchen und Markus G. Viering. *Bau-Projekt-Management. Grundlagen und Vorgehensweisen*. 5. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018. ISBN: 978-3-8348-1823-2. DOI: 10.1007/978-3-8348-2245-1.
- [89] Gert König und Nguyen Viet Tue. *Grundlagen des Stahlbetonbaus. Einführung in die Bemessung nach Eurocode 2*. Teubner-Studienbücher Bauwesen. Stuttgart und Leipzig: Teubner, 1998. 426 S. ISBN: 978-3-519-00216-1.
- [90] Petra Kraus und Heinrich Weitz. *Bauindustrie. Bauwirtschaft im Zahlenbild*. Version 2021. online: Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V., 2021. URL: <https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten> (besucht am 21.10.2021).
- [91] Cordula Kropp und Ann-Kathrin Wortmeier. “Intelligente Systeme für das Bauwesen: überschätzt oder unterschätzt?” In: *Digitalisierung souverän gestalten. Innovative Impulse im Maschinenbau*. Hrsg. von Ernst A. Hartmann. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021, S. 98–117. ISBN: 978-3-662-62376-3.
- [92] Mikael Laakso und Arto Kiviniemi. “THE IFC STANDARD – A REVIEW OF HISTORY, DEVELOPMENT, AND STANDARDIZATION”. In: *Journal of Information Technology in Construction* Vol. 17 (2012), S. 134–161. URL: <https://www.itcon.org/paper/2012/9> (besucht am 11.02.2023).
- [93] Christian Langmann und Daniel Turi. *Robotic Process Automation (RPA) – Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen. Voraussetzungen, Funktionsweise und Implementierung am Beispiel des Controllings und Rechnungswesens*. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. ISBN: 978-3-658-34679-9. DOI: 10.1007/978-3-658-34680-5.
- [94] Kenneth C. Laudon und Jane P. Laudon. *Management information systems. Managing the digital firm*. eng. Fifteenth edition, global edition. Harlow, London und New York NY: Pearson Education Limited, 2017. 647 S. ISBN: 9781292211756.
- [95] Lutz Lehmann. “Brandenburg: Datensammlung der BVS zur Prüfung der Standsicherheit zeigt den Nutzen hoheitlicher Prüfung auf. Prüfm Ingenieure haben 2015 an 1- und 2-Familien-häusern Bauschäden in Höhe von über 70 Millionen Euro verhindert”. In: *Der Prüfm Ingenieur*. Bd. Mai 2016, S. 10–13. URL: <https://www.bvpi.de/bvpi/downloads/Studie-zur-Wirksamkeit-der-bautechnischen-Pruefm-vpi-BB.pdf> (besucht am 21.12.2021).
- [97] Thomas Liebich, Carl-Stephan Schweer und Siegfried Wernik. *Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie auf die Vertragsgestaltung. Schlussbericht, Stand 3. Mai 2011*. Hrsg. von Bundesministerium für Digitales und Verkehr. online, 2016. URL: <https://www.bmvi.de>

- de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bim-auswirkungen-schlussbericht.html (besucht am 21.12.2021).
- [99] C. Machover. “Four decades of computer graphics”. In: *IEEE Computer Graphics and Applications* 14.6 (1994), S. 14–19. ISSN: 0272-1716. DOI: 10.1109/38.329088.
- [100] James Manyika u. a. *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. Hrsg. von McKinsey & Company. online: McKinsey Global Institute, 2011. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation> (besucht am 07.02.2023).
- [101] Benjamin Matthies und Carsten Feldmann. “Wirtschaftlichkeitsbewertung einer Prozessautomatisierung mit RPA zur Unterstützung der Investitionsentscheidung”. In: *Praxishandbuch Robotic Process Automation (RPA)*. Hrsg. von Carsten Feldmann. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022, S. 37–59. ISBN: 978-3-658-38378-7. DOI: 10.1007/978-3-658-38379-4_4.
- [102] McKinsey & Company. *McKinsey & Company: Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. Executive Summary*. Hrsg. von McKinsey Global Institute. online, 2017. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf> (besucht am 07.02.2022).
- [103] Frits M. Meijer, Henk J. Visscher und Linda Sheridan. *Building regulations in Europe Part I. A comparison of the systems of building control in eight European countries*. eng. Bd. 23. Housing and urban policy studies. Delft: DUP Science, 2002. 188 S. ISBN: 90-407-2373-7.
- [104] Peter Mertens, Dina Barbian und Stephan Baier. *Digitalisierung und Industrie 4.0 – eine Relativierung*. Wiesbaden: Vieweg, 2018. ISBN: 978-3-658-19632-5.
- [105] R. Mikulits. *BCR – Building Control Report. Building Control Systems in Europe*. Hrsg. von Consortium of European Building Control. Version 2. 2006. URL: <https://www.cebc.eu/download/451/public-current-reports/id:rm2NdS7lepAAAAAAAAAABeA/Building%20Control%20Systems%20in%20Europe> (besucht am 21.12.2021).
- [111] Timothy O. Olawumi und Daniel W. M. Chan. “Building information modelling and project information management framework for construction projects”. In: *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT* 25.1 (2019), S. 53–75. ISSN: 1392-3730. DOI: 10.3846/jcem.2019.7841.
- [113] M. Piskernik und H. Urban. “Die Digitale Örtliche Bauaufsicht – Prozessoptimierung anhand zweier Forschungsprojekte”. In: *Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen. Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik* (Braunschweig). Hrsg. von Zentrum für Bau- und Infrastrukturmanagement. Universitätsbibliothek Braunschweig, 2018, S. 279–283. DOI: 10.24355/dbbs.084-201805141205-0.
- [114] IT-Planungsrat und Hamburgs Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen. *Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich: Bedarfsbeschreibung*. Hrsg. von IT-Planungsrat und Hansestadt Hamburg. Version 1.1 (final). online: Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen and Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, 2016. URL: <https://www.xoev.de/die-agenda/aktuelle-bedarfe/austauschstandards-im-bau-und-planungsbereich-12192> (besucht am 22.02.2023).
- [115] Judith Ponnwitz und Sarah Schneider. “Stand der Forschung zu BIM-basierten Baugenehmigungsprozessen”. In: *31. Forum Bauinformatik*. Bd. 31, S. 33–40. DOI: 10.14279/depositonce-8763.

- [116] Hans-Hermann Prüser. *Experteninterview: Fachlich/wissenschaftliche Begleitung des Bauprojektes SSC auf dem Campus Oldenburg (BIM-Umsetzungsprojekt)*. Forschungsantrag. Oldenburg, 25. Nov. 2021.
- [117] PWC. *Digitalisierung der deutschen Bauindustrie*. Hrsg. von PricewaterhouseCoopers GmbH. online, 2019. URL: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digitalisierung-der-deutschen-bauindustrie-2019.pdf> (besucht am 11.01.2022).
- [118] PWC. *Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Corona in der Bauindustrie. Eine PWC-Studie zum Umgang der Branche mit den drei aktuellen Herausforderungen*. Hrsg. von PricewaterhouseCoopers GmbH. online, 2021. URL: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/pwc-herausforderungen-der-deutschen-bauindustrie-2021.pdf> (besucht am 22.12.2021).
- [119] PWC. *Successful implementation of RPA takes time. Lessons learnt by 18 of the largest Danish enterprises*. online, 2017. URL: <https://www.pwc.dk/da/services/2018/RPA-rapport-engelsk.pdf> (besucht am 18.01.2023).
- [121] Uwe Rüppel, Hrsg. *Vernetzt-kooperative Planungsprozesse im Konstruktiven Ingenieurbau. Grundlagen, Methoden, Anwendungen und Perspektiven zur vernetzten Ingenieurkooperation*. Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2007. 427 S. ISBN: 978-3-540-68102-1.
- [122] Kati Saeland. “Die historische Entwicklung des Bauordnungsrechts und des Prüfindenieurwesens als weisungsfreie Instanz”. In: *Der Prüfindenieur*. Bd. 57, S. 20–26. URL: <https://www.bvpi.de/bvpi/de/aktuelles/abonnement-der-pruefindenieur.php> (besucht am 21.12.2021).
- [123] Ulrich Schneider und Karl Beucke. *Standardisierung der Kommunikation als Integrationsansatz für das Bauwesen*. Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Informatik im Bauwesen, 2005. DOI: 10.25643/bauhaus-universitaet.548.
- [124] S. Schnellinger und J. Ihme. *Der Einsatz von Express-Programmiersprache zur Beschreibung von Funktionsgruppen in CAD-Systemen: kleine Studienarbeit*. Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, 1993. URL: <https://books.google.de/books?id=tgS1PgAACAAJ> (besucht am 22.03.2024).
- [125] Carlos Sinaga. *Business Process Modeling mit BPMN 2.0 und eEPK. Eine Methode zur Identifikation geeigneter Modellierungsklassen in spezifischen Einsatzszenarien*. 1. Auflage. Sinaga, Carlos (Verfasser). München: GRIN Verlag, 2020. 88 S. ISBN: 9783346181107.
- [126] Matthias Stange. *Building Information Modelling im Planungs- und Bauprozess. Eine quantitative Analyse aus planungsökonomischer Perspektive*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2020. ISBN: 978-3-658-29837-1. DOI: 10.1007/978-3-658-29838-8.
- [127] Statistisches Bundesamt. *Bis 2035 wird die Zahl der Menschen ab 67 Jahre um 22 % steigen*. Pressemitteilung Nr. 459 vom 30. September 2021. 2021. URL: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/09/PD21_459_12411.html;jsessionid=A7BDCE28D0BC6D3E7324FF54254678FB.live722 (besucht am 25.10.2021).
- [128] Dirk Stelzer. *Digitale Güter und ihre Bedeutung in der Internet-Ökonomie*. Hrsg. von Das Wirtschaftsstudium. Version 6. 2000. URL: <https://www.bibsonomy.org/bibtex/2839bd3b1c9ad0636e2e3cc3cf691ab2e/lysander07> (besucht am 22.03.2024).
- [129] Julia Stracke und Ragna Kepplin. “Der BIM-Prozess in der Tragwerksplanung”. In: *Beton- und Stahlbetonbau* 115.4 (2020), S. 324–331. ISSN: 0005-9900. DOI: 10.1002/best.201900097.
- [130] Manfred Tiedemann. “Das Bautechnische Prüfwesen in Deutschland im Vergleich zum Europäischen Ausland”. In: *50 Jahre. Jubiläumsschrift Oktober 2005*. Hrsg. von VPI. 2005, S. 75–86. URL: http://statikon.de/images/50_Jahre%20VPI-RLP.pdf (besucht am 08.02.2023).

- [131] Jan Tulke u. a. *Konzept für die nahtlose Integration von Building Information Modeling (BIM) in das behördliche Bauantragsverfahren. Abschlussbericht*. Bd. F 3225. Forschungsinitiative Zukunft Bau. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021. ISBN: 978-3-7388-0629-8. URL: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:24-epflicht-2009294>.
- [142] Wil M. P. van der Aalst, Martin Bichler und Armin Heinzl. “Robotic Process Automation”. In: *Business & Information Systems Engineering*. Bd. 60, S. 269–272. DOI: 10.1007/s12599-018-0542-4.
- [143] VBI – Verband Beratender Ingenieure. *VBI-Konjunkturumfrage 2021. Getrübe Aussichten*. online, 2021. URL: <https://www.vbi.de/aktuelles/news/vbi-konjunkturumfrage-2021-getruebte-aussichten/> (besucht am 26. 11. 2021).
- [148] Peter Wagner. “Der Prüflingenieur für Baustatik – ein Auslaufmodell?” In: *Bautechnik* 79.11 (2002), S. 790–793. ISSN: 09328351. DOI: 10.1002/bate.200205410.
- [149] M. Mitchell Waldrop. *The dream machine. J. C. R. Licklider and the revolution that made computing personal*. 1. Aufl. New York, NY: Viking Penguin, 2001. 502 S. ISBN: 9780670899760.
- [150] Peter Weill und Jeanne W. Ross. *IT Governance. How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 2004. 269 S. ISBN: 1-59139-253-5.
- [151] H. WERKLE, J. Röder und R. Hansen. *Untersuchung der Eignung Objektorientierter Datenbanken als Datenbasis für komplexe baustatische Berechnungen*. FH Konstanz, 1996. URL: <https://www.htwg-konstanz.de/hochschule/personen/horst-werkle/publikationen/aufsaeetze> (besucht am 24. 02. 2023).
- [152] Branimir Wetzstein, Steve Strauch und Frank Leymann. “Measuring Performance Metrics of WS-BPEL Service Compositions”. In: *2009 Fifth International Conference 20.04.2009 – 25.04.2009*, S. 49–56. DOI: 10.1109/ICNS.2009.80.
- [153] Jürgen Wiegand. *Leitfaden für das Planen und Bauen mit Hilfe der Wertanalyse*. Wiesbaden: Bauverl., 1995. ISBN: 3762532060.
- [154] Norbert Wiener. *I AM A MATHEMATICAN. The Later Life of a Prodigy*. Hrsg. von The M.I.T. Press. United States of America: Massachusetts Institute of Technology, 1956. URL: <https://gwern.net/doc/math/1956-wiener-iamamathematician.pdf> (besucht am 07. 02. 2023).
- [162] ZEW. *ZEW Branchenreport Innovationen. Ergebnisse der Deutschen Innovationserhebung 2020*. Hrsg. von ZEW – Leibnitz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim. Version Jahrg. 28. online, 2021. URL: <https://www.zew.de/publikationen/2020-ingenieurdienstleistungen> (besucht am 21. 10. 2021).

Anhang C

Persönliches

Ehrenwörtliche Erklärung

Anmerkung: Aus Datenschutzgründen sind diese Inhalte in der elektronischen Version nicht einsehbar!

Über den Autor

Anmerkung: Aus Datenschutzgründen sind diese Inhalte in der elektronischen Version nicht einsehbar!

Anmerkung: Aus Datenschutzgründen sind diese Inhalte in der elektronischen Version nicht einsehbar!

Tabellarischer Lebenslauf

Anmerkung: Aus Datenschutzgründen sind diese Inhalte in der elektronischen Version nicht einsehbar!

Anmerkung: Aus Datenschutzgründen sind diese Inhalte in der elektronischen Version nicht einsehbar!

Anmerkung: Aus Datenschutzgründen sind diese Inhalte in der elektronischen Version nicht einsehbar!