



BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Endbericht

Anwendung der Methode Building Information Modeling und Einsatz der RFID-Technik zur Verbesserung des Arbeitsschutzes in der Bau- und Immobilienwirtschaft

Kurztitel: „Arbeitsschutz – Building Information Modeling“

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) gefördert.

Aktenzeichen: 617.0-FP-0389

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Laufzeit

02.11.2015 – 31.10.2017

Berichtszeitraum

02.11.2015 – 31.10.2017

Bericht vom 25.01.2017

Bergische Universität Wuppertal
Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft

Projektleitung: Manfred Helmus, Prof. Dr.-Ing.
Anica Meins-Becker, Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Agnes Kelm, M.Sc.

Bearbeitung: Christoph Bodtländer, Dipl.-Wirtsch.-Ing (FH) M.Eng.

Co-Autoren: Andreas Bresser, Dipl.-Inf.
Thomas Dudek, Dipl.-Ing (FH) M.Sc.

Wuppertal, 25.01.2018

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	IV
KURZFASSUNG DEUTSCH.....	5
KURZFASSUNG ENGLISCH.....	6
1 PROBLEMSTELLUNG	7
2 FORSCHUNGSZWECK/-ZIEL	8
3 PRAXISPARTNER.....	9
4 METHODISCHES VORGEHEN	10
5 STAND DER FORSCHUNG UND DER TECHNIK	15
5.1 ARBEITSSCHUTZ UND BIM	15
5.2 ARBEITSSCHUTZ UND DIGITALE INFORMATIONSVERFÜGBARKEIT	15
5.3 SOFTWAREWAREPRODUKTE IM ARBEITSSCHUTZ	18
5.3.1 LEISTUNGSSPEKTRUM DER ARBEITSSCHUTZSOFTWARE	18
5.3.2 INTEGRATION DER METHODE BIM IN BESTEHENDE SOFTWARELÖSUNGEN.....	20
5.3.3 BEREITGESTELLTE SCHNITTSTELLEN	21
5.3.4 DATENBANKANBINDUNG	22
5.3.5 NUTZUNG VON BARCODE / RFID	23
5.3.6 MOBILE APPLIKATION	24
6 ANWENDUNG DER METHODE BIM IM ARBEITSSCHUTZ	26
6.1 BIM-ZIELE	27
6.2 BIM-ANWENDUNGEN	27
6.3 BIM-ANFORDERUNGEN	30
6.4 BIM-ROLLEN.....	40
6.5 BIM-PROZESS	42
7 ENTWICKLUNG EINES DEMONSTRATORS	48
7.1 VISUALISIERUNG ZUR ARBEITSVORBEREITUNG	50

7.2	LOKALISIERUNG DURCH BLUETOOTH-BEACONS	52
7.3	INFORMATIONSVÉRÜGBARKEIT MITTELS WEB-APP UND AUGMENTED REALITY (AR).....	54
7.4	INFORMATIONSVÉRARBEITUNG MITTELS WEB-APP UND RFID	56
7.5	GERÄTEÜBERGREIFENDE KOMMUNIKATION.....	59
8	<u>ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND VERÖFFENTLICHUNGEN</u>	<u>62</u>
9	<u>BEWERTUNG DER ERGEBNISSE</u>	<u>63</u>
10	<u>UMSETZUNGS- UND VERWERTUNGSPLAN.....</u>	<u>64</u>
11	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	<u>65</u>
12	<u>ANHÄNGE</u>	<u>67</u>
12.1	BEISPIELHAFTE AUSWERTUNGEN AUS DEM PROZESSMODELL	67
12.2	DRUCKBERICHT AUS DEM PROZESSMODELL	70

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Funktionsübersicht der befragten Softwareunternehmen.....	19
Abbildung 2: BIM-Wissensstand	20
Abbildung 3: BIM-fähige Software.....	21
Abbildung 4: Schnittstellen	22
Abbildung 5: Datenbank.....	23
Abbildung 6: Nutzung von Barcode / RFID	24
Abbildung 7: Software als App	25
Abbildung 8: Lebenszyklus im Projekt "Arbeitsschutz – Building Information Modeling"	26
Abbildung 9: Beispiel BIM-Anwendung: 3D-Visualisierung mit Redlining.....	29
Abbildung 10: Beispiel BIM-Anwendung: Visualisierung arbeitsschutzrelevanter Elemente....	30
Abbildung 11: Verknüpfungen über In- und Outputs.....	33
Abbildung 12: Ebenen-Abgrenzung über Informationsstruktur.....	34
Abbildung 13: Generierung Informationsoutput „Vertragsspezifische Zusammenstellung“	37
Abbildung 14: Nutzung des Informationsinputs „Vertragsspezifische Zusammenstellung“	37
Abbildung 15: Schema der Anforderungstabellen pro Prozess	39
Abbildung 16: Übersicht der BIM-Rollen	40
Abbildung 17: Koordinator nach BaustellV als BIM-Autor.....	41
Abbildung 18: BIM-Nutzer	42
Abbildung 19: Übersicht Informationsmanagementprozess	42
Abbildung 20: Beispielhafter Informationsprozess der Vor-/Entwurfsplanung (Ebene 3).....	43
Abbildung 21: Beispielhafter Informationsprozess „SiGePlan“ des Koordinators (Ebene 4).....	44
Abbildung 22: Einbindung Prozesse Arbeitsschutz in die Gesamtprozesslandkarte	44
Abbildung 23: Informationsprozess des Bauherrn	45
Abbildung 24: Fachlicher Prozess des Bauherrn.....	45
Abbildung 25: Festlegung der Rahmenbedingungen durch den Auftraggeber	46
Abbildung 26: Überprüfung und Verarbeitung der Informationen durch den Auftraggeber	46
Abbildung 27: Verwendung der verarbeiteten Informationen durch den Auftragnehmer	46
Abbildung 28: Verwendung der spezifischen Informationen durch den Auftraggeber.....	47
Abbildung 29: Export und Aufbereitung der Daten von Revit zum Import in mobile Endgeräte .	49
Abbildung 30: Prozess Gefährdungsbeurteilung (1)	50
Abbildung 31: Gebäudemodell als interaktive 3D-Visualisierung auf einem Tablet	50
Abbildung 32: 3D-Modell in AR mit Gebäudeinformationen	51
Abbildung 33: 3D-Visualisierung des Fluchtweges in AR	51
Abbildung 34: Prozess Gefährdungsbeurteilung (2)	52
Abbildung 35: Anzeige der aktuellen Position (Raumnummer) auf dem Tablet	53
Abbildung 36: Positionsbestimmung durch Bluetooth-Beacon (links)	53
Abbildung 37: Prozess Gefährdungsbeurteilung (3)	54
Abbildung 38: Informationsverfügbarkeit über Tablet-App.....	55
Abbildung 39: Visualisierung in AR am Arbeitsgegenstand (Lüftung)	55
Abbildung 40: Prozess Gefährdungsbeurteilung (4)	56
Abbildung 41: Eingabe von zusätzlichen Gebäudeinformationen durch den Objektleiter	56

Abbildung 42: Zusätzliche Gebäudeinformationen für den Dienstleister	57
Abbildung 43: Informationsverarbeitung mit RFID (1).....	58
Abbildung 44: Informationsverarbeitung mit RFID (2).....	58
Abbildung 45: Informationsverarbeitung mit RFID (3).....	59
Abbildung 46: Prozess Gefährdungsbeurteilung (5)	59
Abbildung 47: Gefahrenmeldung über Bluetooth-Beacon	60
Abbildung 48: Nutzung der AR-Brille Sprachnachricht und Textbaustein erstellt.....	61
Abbildung 49: Nutzung des Tablets zur Informationsverarbeitung	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitsunfälle im Betrieb/Unfälle auf Baustellen (DGUV Berichtsjahr 2015)	13
Tabelle 2: Ursachen der Nichteinhaltung von Arbeitsschutzanforderungen (Auszug)	16
Tabelle 3: Inhaltliche Anforderungen eines FM-3D Datensets	34
Tabelle 4: Zuordnung/Übertragung eines FM-3D Datensets in das Prozessmodell des LuFG..	34
Tabelle 5: Auswertungsbeispiel: Arbeitsschutzrelevante Prozesse mit Verantwortlichkeiten	35
Tabelle 6: Auswertungsbeispiel: Informationsinput zur Gefährdungsbeurteilung.....	36
Tabelle 7: Auswertungsbeispiel nach Dokument „SiGePlan“	38
Tabelle 8: Prozesse und Verantwortlichkeiten (1)	67
Tabelle 9: Prozesse und Verantwortlichkeiten (2)	68
Tabelle 10: Auswertungsbeispiel nach Dokument „Unterlage für spätere Arbeiten“	69
Tabelle 11: Auswertungsbeispiel nach Informationen für „Unterlage für spätere Arbeiten“	69
Tabelle 12: Auswertungsbeispiel nach Dokument „Gefährdungsbeurteilung“	69

Kurzfassung deutsch

Aktuelles Thema in Bau- und Immobilienwirtschaft ist die Methode BIM. Die primäre Herausforderung ist, arbeitsschutzrelevante Informationen zu identifizieren, zu definieren, zu standardisieren und für Präventionsmaßnahmen mittels der Methode BIM zur Verfügung zu stellen.

Damit die Methode BIM erfolgreich im Bereich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes Anwendung finden kann, müssen zunächst die Prozesse detailliert betrachtet werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde eine Prozesslandkarte aufgebaut, die alle relevanten Arbeitsschutzprozesse inkl. der damit verbundenen Aufgaben und Verantwortlichkeiten während der Lebenszyklusphasen der Planung, der Realisierung und des Betriebs eines Gebäudes abbildet. Dabei wurden die benötigten Informationen (Informationsinput) sowie die erzeugte Information (Informationsoutput) je Prozess ermittelt, zugeordnet und zu einem durchgängigen Informationsprozess zusammengeführt. Durch enge Zusammenarbeit mit Experten aus der Praxis konnte die erarbeitete Prozesslandkarte im Sinne der arbeitsschutzrelevanten Informationsbereitstellung verifiziert werden. Aus dem entwickelten Informationsprozess können anschließend Auswertungen generiert werden, um z.B. benötigte Informationen je Verantwortlichkeit und Prozess in der entsprechenden Lebenszyklusphase aufzuzeigen. Weitere Auswertungsvarianten sind möglich. Diese Auswertungen sollen letztendlich eine Hilfestellung darstellen, um projektspezifische Anforderungen (BIM-Anforderung) an digitale Anwendungen (BIM-Anwendung), wie z.B. eine Web-App für einzelne Gewerke, konkretisieren zu können. Um detaillierte Informationen gezielt und digital bereitstellen zu können, ist ein projektspezifisches Informationsmanagement notwendig, welches in der Verantwortung des Auftraggebers liegt. Dies sollte zu Beginn des Projektes festgelegt werden, um präventive Möglichkeiten nutzen zu können. Hierbei werden mit den Projektbeteiligten Rollen (z.B. BIM-Autor oder BIM-Nutzer), Informationsumfang (z.B. ein 3D-Modell oder konkrete Attribute), Lieferzeitpunkte (z.B. nach Bestätigung des Auftrags) und digitale Werkzeuge (z.B. Tablet oder AR-Anwendung) festgelegt. Die vorangegangenen Punkte bilden die Grundlage für ein effizientes Building Information Modeling im Sinne des Arbeitsschutzes. Erst nach einer umfangreichen Abstimmung der digitalen Anforderungen kann ein Auftragnehmer Qualifikationen, Equipment und Forderungen eines Auftraggebers gerecht werden. Eine individuelle Betrachtung der organisatorischen Möglichkeiten der Auftragnehmer ist entscheidend, da BIM im Arbeitsschutz der Bau- und Immobilienwirtschaft noch nicht angekommen ist.

Um Möglichkeiten im Sinne des Arbeitsschutzes aufzeigen zu können, wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein Demonstrator entwickelt. Dieser zeigt die Anwendungen von Augmented Reality (AR) und einem handelsüblichen Tablet mit Web-App, in Kombination mit Bluetooth-Beacons und RFID-Technik, auf Grundlage einer gemeinsamen Datenbasis auf.

Kurzfassung englisch

The method BIM is the latest topic in construction and real estate. The primary challenge is to identify, define, standardize and protect prevention-relevant information, and to make it available to preventive measures using the BIM method.

For BIM to be successfully used in the area of occupational health and safety, the processes must first be looked at in detail. Within the framework of the research project, a process map was developed to map all relevant occupational health and safety processes including the associated tasks and responsibilities during the lifecycle phases of the planning, realization and operation of a building. The required information (information input) as well as the generated information (information output) per process were determined, assigned and combined into a continuous information process. Through close collaboration with experts from the field, the developed process map could be verified in the sense of the information-protection-relevant information provision. Evaluations can then be generated from the developed information process, for example, required information for each responsibility and process in the corresponding lifecycle phase. Further evaluation variants are possible. These evaluations are ultimately intended as an aid to provide project-specific requirements (BIM requirements) to digital applications (BIM application), e.g. a web app for individual trades. In order to provide detailed information in a targeted and digital manner, a project-specific information management is necessary, which is the responsibility of the client. This should be defined at the beginning of the project in order to make use of preventive possibilities. In this case, the project-sharing roles (for example, BIM author or BIM users), amount of information (e.g. a 3D model or concrete attributes), delivery times (eg after confirmation of the order) and digital tools (e.g. Tablet or AR- Application). The previous points form the basis for efficient building information modeling in terms of occupational health and safety. Only after an extensive adjustment of the digital requirements, a contractor can meet a client's qualifications, equipment and requirements. An individual view of the organizational possibilities of the contractors is crucial, since BIM has not yet reached the protection of the construction and real estate sector.

A demonstrator was developed within the framework of the research project in order to demonstrate possibilities for occupational health and safety. This demonstrates the applications of Augmented Reality (AR) and a commercially available tablet with web app, in combination with blue-tooth beacons and RFID technology, based on a common data base.

1 Problemstellung

Trotz des Rückgangs der Zahl der Arbeitsunfälle auf deutschen Baustellen in den letzten Jahren um 30 % im Jahr 2012¹, sollten verstärkt und gezielt zusätzliche Präventionsaktivitäten gestartet werden. Insbesondere durch das Aufeinandertreffen verschiedener Gewerke und das Nichtvorhandensein bzw. Tragen geeigneter PSA für Arbeitskräfte benachbarter Gewerke erfolgt eine Vielzahl von Unfällen auf Baustellen.

Ein wesentliches Potenzial wird in der Optimierung des Sicherheits- und Gesundheitsschutzes durch die Zurverfügungstellung vorab definierter sicherheits- und gesundheitsschutzrelevanter Informationen entlang des Lebenszyklus² von Bauwerken gesehen. Mit Hilfe dieser Informationen können Präventionsmaßnahmen schneller, effektiver, sicherer und vorbeugender ergriffen werden.

Hier setzt das beantragte Forschungsvorhaben an. Die national und international sich aktuell etablierende Methode des Building Information Modeling (BIM) als neue Form der Bereitstellung von Informationen bildet hier die Basis für ein umfangreiches Bauwerksinformationsmodell.

Aktuell liegt der Fokus der Methode in der Planungsphase, und die Methode BIM wird wie folgt definiert: *„Building Information Modeling (BIM) ist eine Planungsmethode im Bauwesen, die die Erzeugung und die Verwaltung von digitalen virtuellen Darstellungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beinhaltet. Die Bauwerksmodelle stellen dabei eine Informationsdatenbank rund um das Bauwerk dar, um eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus² zu bieten; von der ersten Vorplanung bis zum Rückbau.“*²

Die Definition eines nationalen und internationalen Standards zur unternehmensübergreifenden Nutzung der Methode BIM befindet sich aktuell in der Entwicklung. Hierbei müssen neben technischen Standards auch Informationstiefe und Informationsinhalte neu definiert werden.

Aus Sicht der Autoren bietet die Methode des BIM in Verbindung mit der AutoID-basierten Erfassung von Ist-Prozessdaten jedoch auch neben der Planung u.a. auch arbeitsschutzrelevanter Prozesse für die weiteren Phasen des Lebenszyklus² von Bauwerken, d.h. in der Bauausführungs-, der Nutzungs- und Umbauphase sowie der Rückbauphase, erhebliches Potenzial, insbesondere auch zur Optimierung des Arbeitssicherheits- und des Gesundheitsschutzes.

¹ <http://www.bgbau.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen-2013/weniger-arbeitsunfaelle-am-bau> (09.04.2014)

² Das National Building Information Model Standard Project Committee (NBIMS) ist der Fachausschuss des National Institute of Building Sciences (NIBS) Facility Information Council (FIC) der Vereinigten Staaten in Fragen BIM und Standardisierung für den open BIM-basierten Datenaustausch, <http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1>, (12.09.2017)

2 Forschungszweck/-ziel

Primäres Ziel des Forschungsvorhabens ist es, arbeitsschutzrelevante Informationen zu identifizieren, zu definieren, zu standardisieren und für Präventionsmaßnahmen mittels der Methode BIM zur Verfügung zu stellen. Durch die Digitalisierung und die damit bedingte medienbruchfreie Durchgängigkeit von arbeitsschutzrelevanten Prozessdaten entlang des Lebenszyklus' von Bauwerken soll der Arbeits- und der Gesundheitsschutz elementar verbessert werden. Bspw. kann die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung erheblich erleichtert werden, da detailliertere und aktualisierte Daten (z.B. Materialdaten) zur Verfügung gestellt werden.

Die Entscheidung für einen Einsatz der Methode BIM mit Fokus auf den Arbeitsschutz erfolgt zu einem sehr frühen Zeitpunkt, d.h. in Phase 0. Daraufhin wird eine sog. Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) verfasst und bildet die Grundlage für alle weiteren Arbeiten. Die Verantwortung für diese AIA liegt beim Bauherrn oder Betreiber. Grundsätzlich werden sich dadurch die Verantwortlichkeiten nicht ändern, sondern nur die Qualität der Daten, der Level of Detail der Daten und die Methode, die Daten zu speichern. So wird auch in Zukunft zwischen der Bauphase und der Betriebsphase ein Datenstand als „Übergabedokument“ festgeschrieben werden, nur eben kompatibel zu einer Datenstruktur, die bei Einsatz der Methode BIM entsteht. Für das Erstellen der Modelldaten für das „Fachmodell Arbeitssicherheit“ ist z.B. weiterhin der „Fachplaner SiGeKo“ verantwortlich, der heute den SiGe-Plan erstellt – für die Gefährdungsbeurteilung und die Unterweisungen etc. sind weiterhin die jeweiligen Unternehmer verantwortlich. Ggf. entstehen aber neue Datenkopplungen / Links zwischen bisher nicht vernetzten Informationen – z.B. zur Verlinkung eines Datensatzes, der bestätigt, dass Mitarbeiter XY des Unternehmens YZ eine Montagerichtlinie gelesen hat, zu dem entsprechenden Gebäudemodelldaten, d.h. zu den Objekten des Gebäudedatenmodells, wo das entsprechende Material eingebaut wurde. Für solche „neuen“ unmittelbaren Verlinkungen müssen im Laufe des Projektes die Zuständigkeiten geregelt werden – prinzipiell wird vermutlich die Verantwortung jeweils auf der Seite des jeweiligen Auftraggebers liegen (Verantwortungskette, die durch Digitalisierung und Einsatz der Methode BIM durchgängig gemacht werden kann).

Für die Pflege der Daten ist der Eigentümer oder sein Facility Manager verantwortlich, der sein Facility Management System an das Datenmodell koppelt.

3 Praxispartner

Die folgenden Praxispartner standen dem Forschungsprojekt zum fachlichen Austausch sowie zur kritischen Rückmeldung zur Verfügung:

- BfGA - Beratungsgesellschaft für Arbeits- und Gesundheitsschutz mbH
- BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
- Cichon+Stolberg Elektroanlagenbau GmbH
- Ingenieur- und Planungsbüro Dudek
- ISSA - International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Construction Industry
- OFFICE-4 Baubetreuung GmbH

Es wurden in regelmäßigen Abständen Praxispartnertreffen abgehalten.

Ebenfalls kann im Zuge der bisherigen Projektbearbeitung auf ein umfangreiches Unternehmensnetzwerk zurückgegriffen werden. In diesem Rahmen wurden diverse Workshops und Experteninterviews durchgeführt. Beispielhafte Unternehmen sind nachstehend aufgeführt:

- TAFKAL GmbH / Büro für Architektur
- Kondor Wessels West GmbH
- Apleona HSG Rhein-Ruhr GmbH
- etc.

4 Methodisches Vorgehen

Grundlegend wurden während der Bearbeitung des Forschungsprojekts folgend aufgeführte Methoden angewandt:

- Themenbezogene, reflektierte Aufbereitung des vorhandenen, eigenen Erfahrungs- und Fachwissens,
- Literaturrecherche zu verschiedenen Detailthemen,
- Analyse der einschlägigen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Handbücher,
- Analyse der Funktionalitäten fachspezifischer Softwareprodukte,
- Durchführen von Experteninterviews,
- Durchführen von Workshops mit den am Hochbau beteiligten Fachpersonen und ihren verschiedenen Perspektiven,
- Einbeziehen von Wissen aus Gremienarbeit,
- Teilnahme an Seminaren,
- Teilnahme an Messeveranstaltungen.

Arbeitspaket 0: Aufnahme des Stands der Forschung und der Technik

Während der Projektlaufzeit wurde der Stand der Wissenschaft regelmäßig aktualisiert. Zum Stand der Technik wurde eine Analyse der in Deutschland vorhandenen Softwareprodukte in Bezug zu BIM durchgeführt. Die Ergebnisse sind unter Kapitel 5 aufgeführt.

Arbeitspaket 1: Durchführung einer Prozessanalyse

Literaturrecherche zu Arbeitsschutz und BIM

In Abhängigkeit des gewählten Prozessszenarios³ sind bestimmte Regelwerke, Richtlinien und Gesetze als Grundlage für die Definition des Leistungsumfangs der einzelnen Projektbeteiligten heranzuziehen. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden arbeitsschutzrelevante Schriften, Regelwerke, Richtlinien und Gesetzestexte betrachtet, die auszugsweise aufgeführt sind.

- AHO Schriftenreihe: Leistungen nach Baustellenverordnung,
- V.S.G.K. Schriftenreihe, Band 1-6,
- Verordnungen (BaustellV etc.),
- DGUV-Vorschriften/Regeln/Informationen,
- Technische Regeln (RAB, TRBS etc.),
- Arbeitsschutzgesetz,
- Building Information Modeling (Bormann, et al.),

³ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.2

- BIM for Construction Health and Safety, (Finch, et al.),
- Arbeitsschutz im Bauwesen mit RFID, (Helmus, et al.),
- etc.

Die Inhalte der grundlegenden betrachteten Regelwerke, Richtlinien und Gesetzestexte und ihre Bedeutung für die Erstellung der Prozesse werden aufgrund ihrer Allgemeingültigkeit für alle Forschungsprojekte zum Thema BIM des LuFG Baubetrieb und Bauwirtschaft im Grundlagenbericht zusammenfassend erläutert.

Definition der betrachteten Rollen und Akteure

Wie im Grundlagenteil⁴ bereits beschrieben, sind bei der Abwicklung eines Hochbauprojektes diverse Rollen notwendig, die in Verantwortungssphären zusammengefasst wurden. Im Sinne des Arbeitsschutzes wurden innerhalb der Sphären besondere Rollen betrachtet. Die betrachteten arbeitsschutzrelevanten Rollen sind unter Kapitel 6 aufgeführt.

Definition der zu analysierenden Lebenszyklusphasen und der darin enthaltenen Leistungen der einzelnen Beteiligten

Eine nähere Beschreibung der betrachteten Lebenszyklusphasen ist aufgrund der Allgemeingültigkeit für alle Forschungsprojekte zum Thema BIM des LuFG Baubetrieb und Bauwirtschaft Teil des Grundlagenberichtes⁵. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden arbeitsschutzrelevante Phasen betrachtet, die unter Kapitel 6 aufgeführt werden.

Als Grundlage zur Definition der Leistungen der betrachteten Beteiligten dienen in Abhängigkeit der zu analysierenden Lebenszyklusphase die oben aufgelisteten Richtlinien, Regelwerke und Gesetzestexte. Die darin enthaltenen Inhalte werden in Tätigkeiten innerhalb der betrachteten Lebenszyklusphasen aufgegliedert. Anschließend erfolgt die Zuordnung der Tätigkeiten in die Verantwortungssphären. Um einen sinnlogisch strukturierten Prozessablauf aufstellen zu können, ist die Festlegung der chronologischen Reihenfolge der Tätigkeiten zwingend notwendig. Durch die definierte Chronologie ergeben sich automatisch Abhängigkeiten zwischen den Tätigkeiten.

Bei der Prozessanalyse wurde keine Unterscheidung zwischen Grundleistung und besonderer Leistungen durchgeführt. Im Vordergrund stand die Abbildung eines idealtypischen Prozesses.

⁴ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1

⁵ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.1

Arbeitspaket 2: Identifizierung und Standardisierung von Prozessen

Neben der durch die Literaturrecherche identifizierten Prozesse wurden darauf aufbauend diverse Interviews durchgeführt. Diese dienten der Erweiterung der Prozesse und der Herausstellung der Informationsabhängigkeiten. Um letztendlich den Ansatz einer Standardisierung anzustreben, wurden gemeinsam mit Experten Workshops zur Verifizierung der Prozesse durchgeführt. Die Prozessübersicht der ermittelten Prozesse ist in Kapitel 12.2 aufgeführt.

Arbeitspaket 3: Definition der zu erfassenden Informationstiefe und des Informationsinhalts

Im Immobilienlebenszyklus werden gegenwärtig in Kommunikations-, d.h. Datenübergabeprozessen, aber auch in Ablage- und Archivierungsprozessen, i.d.R. ganze Datensätze genutzt. Da mehrere Datensätze meist in einer bestimmten greif- oder zuordenbaren Form also meist in Dokumenten gebündelt sind, wird das Dokument im Rahmen dieses Forschungsprojektes als hauptsächlicher Informationsträger verwendet.

In der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) werden u.a. Dateien genutzt, die von den Verfassern ebenfalls als Dokumente verstanden werden, in denen Daten / Datensätze / Informationen zusammengestellt werden, um sie in Datenübergabe- oder Dokumentationsprozessen handhabbar zu machen. Die Datei ist somit ein bestimmter Dokumententyp.⁶

Näheres zur Definition des Informationsbegriffes und einzelnen im Bauwesen gegenständlichen Informationen sind aufgrund der Allgemeingültigkeit für alle Forschungsprojekte zum Thema BIM des LuFG Baubetrieb und Bauwirtschaft Teil des Grundlagenberichtes⁷.

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurde im ersten Schritt alle in den oben aufgelisteten Richtlinien, Regelwerken und Gesetzestexten aufgeführten Dokumente ermittelt und in die geltende Struktur bestehend aus Verantwortungssphären und Lebenszyklusphasen eingeordnet.⁸

Anschließend erfolgte die Zuordnung der Dokumente zu den Tätigkeiten. Wichtig ist hierbei die Festlegung, welche Tätigkeit welches Dokument erzeugt und welche Tätigkeit welches Dokument als Grundlage zur Ausführung der Tätigkeit benötigt. Mit dieser Festlegung erfolgte die Spezifizierung der wesentlichen Schnittstellen bezüglich des Informationsflusses.

⁶ Vgl. Endbericht: Sicherung von Datendurchgängigkeit im gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, BBSR, Helmus, Laußat, Meins-Becker, Kelm, 2014, S.8

⁷ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.3/3.4

⁸ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.2/6.2.3

Um letztendlich den Ansatz einer Standardisierung anzustreben, wurden gemeinsam mit Experten Workshops zur Verifizierung der Informationen durchgeführt.

Arbeitspaket 4: Prozessmodellierung

Wie im Grundlagenteil beschrieben⁹, wurden die verifizierten Prozesse inklusive der benötigten Informationen mittels einer Prozessmodellierungssoftware abgebildet. Im ersten Schritt wurde eine Prozesslandkarte der idealtypischen Arbeitsschutzprozesse erstellt (Die umfassenden Ergebnisse sind unter Kapitel 12.2 aufgeführt). Im zweiten Schritt wurden relevante Prozesse in die forschungsprojektübergreifende Gesamtprozesslandkarte integriert (siehe Kapitel 6.5).

Arbeitspaket 5: Definition eines Demonstrationsprozesses

Die aufgeführte Tabelle 1 zeigt, dass ein nicht zu vernachlässigender Prozentsatz der Unfälle während Abriss, Renovierung und Wartung eines Bauwerks vorkommt. Aus diesem Grund wurde ein Demonstrationsprozess in der Betriebsphase umgesetzt. Die Beschreibung des Prozesses wird unter Kapitel 7 detaillierter aufgeführt.

Tabelle 1: Arbeitsunfälle im Betrieb/Unfälle auf Baustellen (DGUV Berichtsjahr 2015)

Arbeitsumgebung	Meldepflichtige Unfälle		Neue Unfallrenten		Tödliche Unfälle	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Baustelle - Neubau	29.369	25,4	804	26,1	22	28,2
Baustelle - Abriss, Renovierung, Wartung eines Gebäudes	34.434	29,7	1.060	34,4	19	24,4
Steinbruch, Tagebau, (auch betriebene Ausgrabungen), Graben	1.395	1,2	71	2,3	7	9
Sonstiger Baustellenbereich	363	0,3	5	0,2	1	1,3
Baustellenbereich ohne nähere Angaben	50.235	43,4	1.143	37,1	29	37,2
insgesamt	115.797	100	3.083	100	78	100

⁹ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.4

Arbeitspaket 6: Durchführung von Praxistests und Validierung der Ergebnisse

Für die Praxistests und Validierung diente der Neubau der Bergischen Universität Wuppertal am Campus Haspel. Hierzu wurden die Räumlichkeiten des dem Lehr- und Forschungsgebiets Baubetrieb und Bauwirtschaft zugehörigen BIM-Labors genutzt (siehe Kapitel 7). Somit können die Ergebnisse in die BIM-Lehre der Fakultät einfließen.

5 Stand der Forschung und der Technik

5.1 Arbeitsschutz und BIM

Building Information Modeling ist in der Bau- und Immobilienwirtschaft ein hochaktuelles Thema. Die Methode BIM wird bereits in der Planung von Bauwerken angewandt und in ersten Projekten für die Realisierungsphase genutzt. Auch der Gebäudebetrieb bereitet sich auf die Methode BIM vor, ausgedrückt durch Aktivitäten in diversen Arbeitskreise von VDI bis GEFMA. Ebenso entsteht ein vermehrtes Angebot zu Ausbildungskonzepten und Schulungen.

Die Möglichkeiten, das Thema Arbeitsschutz mit BIM zu verknüpfen, sind vielfältig. Aktuell sind die ersten Bemühungen erkennbar. Eine Methode zur Konflikterkennung stellt das sog. „iRooms“ (Besprechungsräume mit interaktiven Touchscreen-Displays) dar. Dieses wurde beim Bau der Elbphilharmonie eingesetzt und ist auch eine Möglichkeit, die Arbeitsbedingungen zu verbessern.¹⁰ Eine weitere Möglichkeit, BIM im Arbeitsschutz einzubinden, ist das „BIM Safety Tool“. Dieses Werkzeug besitzt die Eigenschaft, Arbeitsschutz-Richtlinien automatisiert abzulesen und die Maßnahmen des Arbeitsschutzes in das Bauwerksinformationsmodell einzupflegen. Das Tool kann bei festgelegten Bauwerksattributen z. B. Absturzkanten oder Gefahrenstellen erkennen und diese nach den Arbeitsschutzrichtlinien sichern. Das gesicherte Gelände wird nachher im digitalen Modell eingetragen, in dem ggf. Änderungen durchgeführt werden können.¹¹ Vorhandene BIM-Anwendungen bzw. -Tools konzentrieren sich vorwiegend auf die technischen Aspekte der Bauwerke und beschäftigen sich primär mit objektbasierter Betrachtung im Sinne von 3D-Modellen.¹²

Der Fokus der aktuellen Bestrebungen liegt primär auf der Umsetzung in der Bauinformatik und der letztendlichen Anwendung in der Planungsphase. Lösungs- und anwendungsorientierte Ansätze im Sinne der ausführenden Unternehmen (Gewerke) auf der Baustelle sowie im Gebäudebetrieb fehlen an dieser Stelle.

5.2 Arbeitsschutz und digitale Informationsverfügbarkeit

Um den aktuellen Stand des Digitalisierungsgrades/BIM im Sinne einer digitalen Informationsverfügbarkeit aus Sicht von ausführenden Unternehmen (Gewerke) in der Bau- und Immobilienwirtschaft (Neubau und Gebäudebetrieb) zu identifizieren, wurden von September 2016 bis Oktober

¹⁰ Vgl. A. Borrmann et al., Building Information Modeling, S. 432, Wiesbaden, 2015.

¹¹ Vgl. A. Borrmann et al., Building Information Modeling, S. 315, Wiesbaden, 2015.

¹² Vgl. Objektorientierte sicherheitstechnische Planung von Hochbauprojekten mit Hilfe von Bauwerksinformationsmodellen, Melzer, Teizer, Zhang, Bargstädt, Springer, 2013

2017 insgesamt 10 Interviews (10 Gewerke) bei einem Bauvorhaben in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Die Interviews fanden im Rahmen des Dissertationsvorhabens von Herrn Thorsten Landwehrs, der unter Qualitätsaspekten den Arbeitsschutz bei beauftragten Unternehmen während der Bauausführung untersucht, statt. Hierzu wird das „Management-Instrument zur Bewertung der Qualität des Arbeitsschutzes in Unternehmen“¹³ eingesetzt. Es hat zum Ziel, die Qualität des Arbeits- und Gesundheitsschutzes von Organisationen unterschiedlicher Wirtschaftszweige und Betriebsgrößen darzustellen. Neben den Abweichungen sollen insbesondere auch deren Ursachen eruiert werden, damit gezielt Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Der BIM-spezifische Teil wurde im Rahmen des Forschungsprojektes und des Dissertationsvorhabens Thorsten Landwehrs entwickelt und die Interviews wurden mithilfe des Fragebogens zur digitalen Informationsverfügbarkeit im Arbeitsschutz in der Bau- und Immobilienwirtschaft durchgeführt. Dieser rundet die arbeitsschutzspezifische Betrachtung ab, da fehlende Informationen zwischen dem Bauherrn und den ausführenden Unternehmen sich aktuell als eine der Hauptursachen, welche zu den Abweichungen im Arbeitsschutz bei diesem Bauvorhaben geführt haben, darstellt (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Ursachen der Nichteinhaltung von Arbeitsschutzanforderungen (Auszug)¹⁴

Ursachen (Kerndimensionen 1-8 / Ergebnisse)	
Was ist der Grund dafür, dass die Arbeitsschutzanforderung nicht bzw. nicht vollständig umgesetzt / eingeführt wurde?	Häufigkeit zur Nichteinhaltung der Arbeitsschutzanforderung
Ursachen zur Nichteinhaltung der Arbeitsschutzanforderung	
<input type="checkbox"/> Zeitdruck (intern/extern)	IV
<input type="checkbox"/> Ablenkung	III
<input type="checkbox"/> Stress / Hohe Arbeitsbelastung	
<input type="checkbox"/> Fehlende Kenntnis (Training, Erfahrung)	IV IV IV IV IV IV
<input type="checkbox"/> Unachtsamkeit / mangelnde Konzentration	
<input type="checkbox"/> Änderung der Arbeitsmethode	III
<input type="checkbox"/> Vergessen (fehlende Routine, Unterbrech. der Tätigkeit)	
<input type="checkbox"/> Überforderung	
<input type="checkbox"/> Fehlende Information	IV IV IV IV
<input type="checkbox"/> Gleichzeitige Tätigkeiten / Arbeitsaufgaben	
<input type="checkbox"/> Unklare Anweisungen	
<input type="checkbox"/> Neue unbekannte Technik / Arbeitsmethode	
<input type="checkbox"/> Hohe Kosten (z. B. unzureichende Bereitstellung von PSA)	
<input type="checkbox"/> Fehlendes Risikobewusstsein	IV IV II

¹³ Vgl. Saßmannshausen, Lang, Langhoff, Müller, 2002

¹⁴ Vgl. Dissertationsvorhaben Thorsten Landwehrs, 2017

Derzeit lässt sich feststellen, dass den ausführenden Unternehmen kein besonderer Informationsbedarf bewusst ist. Benötigte Informationen werden eher durch Baustellenbegehungen und Erfahrungen ermittelt. Die durch digitale Datenträger bereitgestellten Informationen seitens des Bauherrn, wie die Baubeschreibung und die Ausführungspläne, werden zwar größtenteils genutzt, allerdings durch die viel zu umfassende Informationsübermittlung im Sinne der Datenmenge nicht sinnvoll ausgeschöpft. Teilweise wurde der Datenträger nicht geöffnet und so ist z.B. der mitgelieferte SiGePlan nur selten analysiert respektive genutzt worden. Der Bauherr verlangt in seinem Verhandlungsprotokoll, welches er mit jedem der ausführenden Unternehmen vor Ausführung der Tätigkeiten verhandelt, den Nachweis der letzten Unterweisung, die Gefährdungsbeurteilung und ein arbeitsschutzbezogenes Organigramm. Seitens der ausführenden Unternehmen konnte keine konkrete Forderung im Arbeitsschutz an den Bauherrn festgestellt werden. Hier hat die Befragung gezeigt, dass primär auf die persönliche Qualifikation und Erfahrung der Mitarbeiter vertraut wird. In diesem Zusammenhang wurde auch auf sich wiederholende Tätigkeiten (Routine) und die tätigkeitsbezogene Gefährdungsbeurteilung als Informationsquelle im Arbeitsschutz verwiesen, wobei die Mitarbeiter diese teilweise als zu umfangreich empfanden, sodass wieder auf die persönliche Erfahrung zurückgegriffen wurde. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass eine standardisierte und baustellenbezogene Informationsaufnahme zwischen dem Bauherrn und den ausführenden Unternehmen nicht erkennbar ist.

Großes Potenzial wurde jedoch bei einer arbeitsschutz- und gewerkespezifischen Bereitstellung von Informationen gesehen. Also nicht die Übermittlung der großen Datenmenge, welche für jedes Unternehmen gleich ist, sondern nur die für das Unternehmen relevanten Informationen. Dabei wurde die Vision, zukünftig Informationen rein digital zu übermitteln, von den Befragten offen angenommen. Wobei man dies im Verhältnis des aktuellen Standes der Unternehmen sehen muss. Verstärkte Digitalisierung kann hier schon bedeuten, dass das Faxgerät abgeschafft und über Email kommuniziert wird. Von einer standardisierten, digitalen Bereitstellung von Informationen durch mobile Endgeräte ist noch nicht zu sprechen. Schnittstellen zu Arbeitsschutz-Software/-Systemen des Bauherrn sind nicht vorhanden. Die Möglichkeit, Rückmeldungen zur Aktualität von Informationen bzw. Verbesserungsvorschläge zu geben, bestand jederzeit, wobei diese oft in mündlicher Übermittlung endeten. Lediglich eine Schnittstelle mittels Projektraum war zwischen dem Bauherrn und dem Koordinator nach BaustellV möglich. Dies war auf die entsprechende Bereitstellung durch den Koordinator zurückzuführen. Das Thema BIM war den wenigsten Befragten geläufig und wurde primär mit einer 3D-Visualisierung gleichgesetzt. Hierzu wurde allerdings hohes Potenzial, gerade bei den gewerkespezifischen Positionserkennungen von Bauteilen auf der Baustelle, gesehen.

5.3 Softwareprodukte im Arbeitsschutz¹⁵

Neben der im Grundlagenteil aufgeführten Softwareauflistung¹⁶, welche keine arbeitsschutzspezifischen Softwareprodukte enthält, wurden im Rahmen des Forschungsprojektes die in Deutschland tätigen Softwareunternehmen zum Thema BIM befragt.

In diesem Kapitel werden erlangten Ergebnisse dargestellt. Zunächst werden die Leistungen analysiert, die von den Entwicklern / Anbietern der Arbeitsschutzsoftware angeboten werden. Bei den Leistungen wird unterschieden in Hauptleistungen und Nebenleistungen. Nach den Leistungen wird tiefer in den BIM-Status hineingegangen. Hierbei werden alle Fragen aus der „Umfrage zur Erfassung des BIM-Standes / Datendurchgängigkeit der Arbeitsschutzsoftwareprodukte“ eingehender untersucht.

Auszug der untersuchten Softwareprodukte:

- Auditorplus
- ABIS
- bitBAU 24.1
- ecowebdesk
- ecomed-Storck
- EH&S
- Eplas
- FLUCHTPLAN plus
- GefBU
- GefDok 32
- Gutwin
- HDS SIGEKO
- IntegrAS
- IQ Sigeplan
- KEVOX
- OSIMA
- pro-SiGe
- riskoo
- RISK-PROJECT
- sam
- EHS Manager
- SIGECONTROL
- SiGE-Manager
- SIGEPLAN plus
- SIGEROM
- WAUplus
- WINPEB
- ...

5.3.1 Leistungsspektrum der Arbeitsschutzsoftware

Im Rahmen der Untersuchung wurden 30 Softwareprodukte für Arbeitsschutz im Hinblick auf ihre Leistungen untersucht. Die Untersuchung hat ergeben, dass folgende Leistungen überwiegend bei den meisten Softwarelösungen enthalten sind.

¹⁵ In Anlehnung an Bachelorarbeit Mehtap Cayir, 2017

¹⁶ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.12

- Gefährdungsbeurteilung
- Rechtskataster
- Unterlage für spätere Arbeiten
- Vorankündigung
- Betriebsanweisung
- Gefahrstoffmanagement
- SiGe-Pläne
- Unterweisung

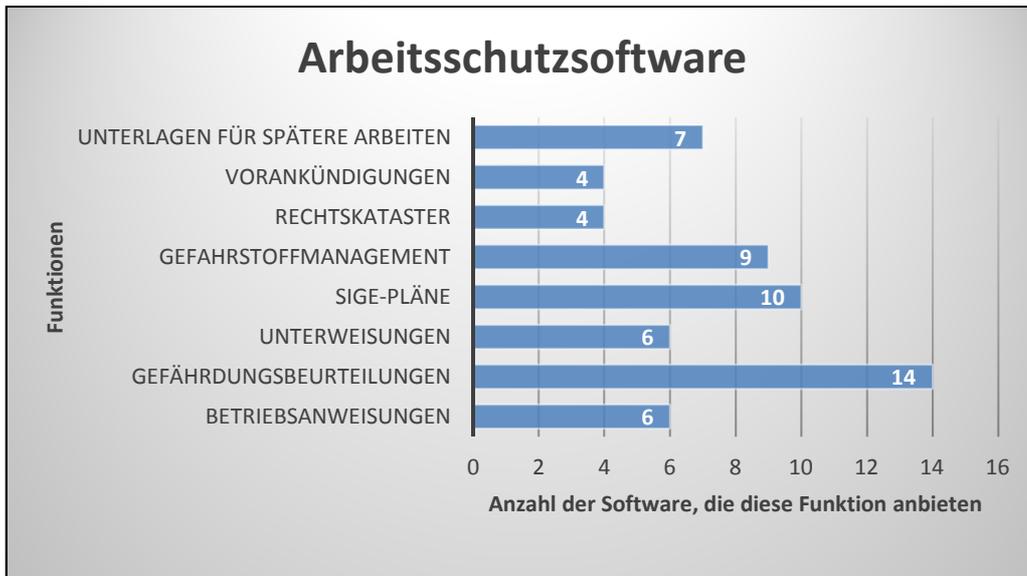


Abbildung 1: Funktionsübersicht der befragten Softwareunternehmen

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass sich ein Großteil der Softwareentwickler auf die Digitalisierung der Gefährdungsbeurteilung konzentriert hat. Eine zentrale Rolle bei der Arbeitsschutzsoftware spielen die SiGe-Pläne: Unter 30 betrachteten Produkten wird dieses Modul von zehn Anbietern angeboten. Neben den oben aufgezählten „Hauptleistungen“ werden weitere Module von unterschiedlichen Entwicklern angeboten. Die folgenden aufgezählten Leistungen wurden in Abbildung 2 nicht aufgeführt, da diese parallel zu den oben erwähnten Leistungen entweder nur in einer Software enthalten sind oder bei maximal zwei Softwareprodukten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden hier nur einige der „Nebenleistungen“ aufgelistet:

- Abfallmanagement
- Aushänge
- Checklisten
- Formulare und Dokumente
- Ideenmanagement
- Maschinenbetriebsanweisungen
- Nachhaltigkeit
- Protokollwesen
- Risikomanagement
- Symbolkatalog / Piktogramme
- Unfallmanagement
- Arbeits- und Betriebsmittel
- Bildschirmarbeitsplatzanalyse
- Flucht- und Rettungsplan
- Fortbildungen
- Instandhaltung
- Mitarbeiterbefragungen
- Pflichtenübertragung
- Prüfbuch
- Statistiken
- Tätigkeitsberichte
- Verbandbuch

5.3.2 Integration der Methode BIM in bestehende Softwarelösungen

Obwohl BIM mit der Zeit immer mehr an Bedeutung gewinnt, hat sich während des Interviews herausgestellt, dass knapp 63 % der Softwareanbieter oder -entwickler kein Wissen über BIM aufweisen konnten (vgl. Abbildung 2). Bei vielen der Befragten war eine Definition seitens des Interviewers erforderlich. Teilweise war die Antwort, dass der Begriff BIM schon gehört wurde, aber keine klare Definition genannt werden kann. Die Antwort eines Unternehmens auf die Frage „Wie definieren Sie BIM und wie stehen Sie dazu?“ war, dass sie sich als unterstützende Software im Bereich Planung, Ausführung und Betrieb sehen, in dem alles rund ums Gebäude dokumentiert wird.¹⁷

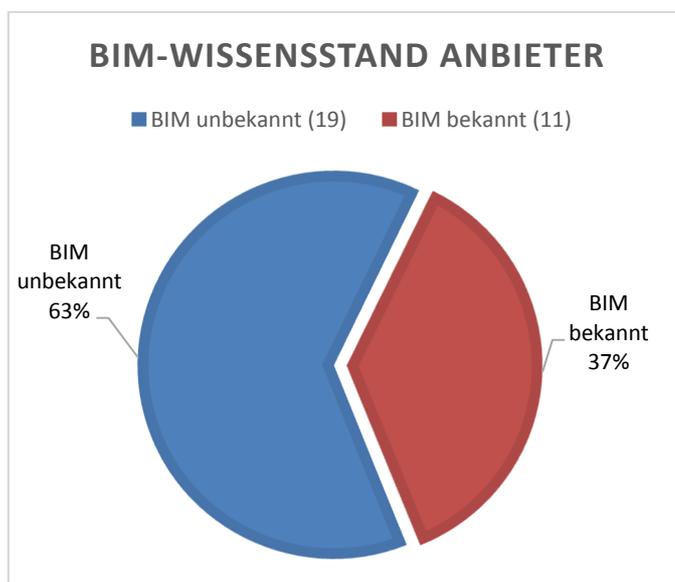


Abbildung 2: BIM-Wissensstand

Trotz der zunehmenden Bedeutung von BIM hat sich durch die Interviews herausgestellt, dass nur drei von den insgesamt befragten 30 Unternehmen als BIM-fähig vermarktet werden. Die BIM-Fähigkeit lässt sich mit dem Austauschformat IFC beweisen. Die Umrüstung ist bei einigen der Softwareprodukte durch die Umsetzung der Schnittstelle IFC erfolgt. Ein Softwareunternehmen bietet sogar neben seiner BIM-fähigen Software BIM-Schulungen an. Das Thema der Schulung ist das Schnittstellenformat IFC in Verbindung mit dem Bauablauf. Zu den Inhalten des Seminars zählen:

- Arbeiten mit lokalen IFC-Dateien
- Navigieren im IFC-Modellbereich
- Erstellen von Schnappschüssen
- IFC-Eigenschaften und IFC-Kategorien
- Darstellung der Objekte im IFC-Modell

¹⁷ Siehe hierzu: Bachelorarbeit Mehtap Cayir, 2017; Kapitel 4.2.2

- Teilen und Verbinden von Objekten
- Zuweisen von Objekten mittels BIM-Selektion
- Zuweisen von Objekten mittels BIM-Filter
- Neue Vorgänge mittels BIM-Filter erstellen¹⁸

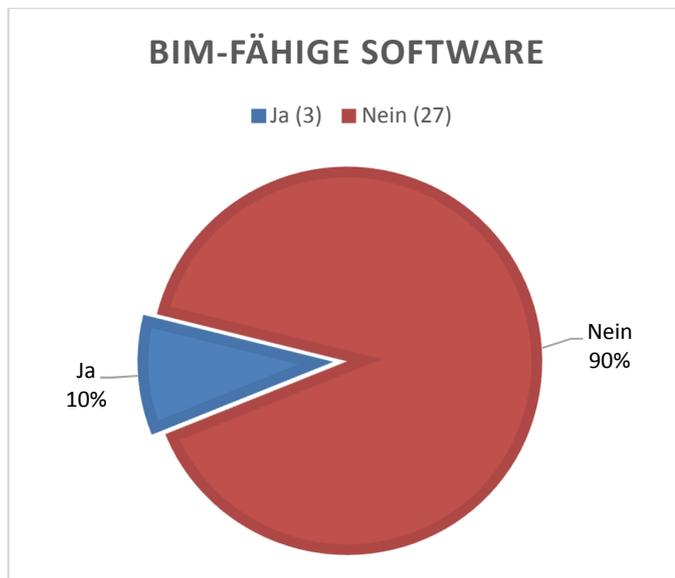


Abbildung 3: BIM-fähige Software

Nach Angaben des Herstellers besitzen die folgenden drei Produkte eine IFC-Schnittstelle:

1. pro-SiGe (WESA Software GmbH)
2. SIGECONTROL (Asta Development GmbH)
3. abisava baukoordination / SiGe-Plan (ABIS Software GmbH)

5.3.3 Bereitgestellte Schnittstellen

Die Abbildung 4 veranschaulicht die vorhandenen bzw. die nicht vorhandenen Schnittstellen der Arbeitsschutzsoftwareprodukte. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, verfügen ca. 45 % der Softwareprodukte über keine Schnittstellen. Das Interview hat ergeben, dass 3 % der Softwareprodukte mit den Berufsgenossenschaften verlinkt sind. Z.B. ist mit einer Software der schnelle Zugriff auf die „Gelbe Mappe“ möglich. Die „Gelbe Mappe“ ist eine von der BG BAU entwickelte Mappe, die Sicherheitshinweise für verschiedene Gebiete, z.B. PSA, enthält¹⁹. Die IFC-Schnittstelle (türkis) ist hervorgehoben dargestellt, weil diese eine der wichtigsten Schnittstellen in der BIM-Welt ist. Ebenfalls hat sich herausgestellt, dass eine Software über Schnittstellen zu allen

¹⁸ <http://www.astadev.de/schulung/bim> (31.07.2017)

¹⁹ Vgl. http://www.bgbau-medien.de/struktur/inh_baus.htm (24.07.2017)

möglichen HR-Systemen verfügt. HR-Systeme sind „Human Resources“-Systeme, also die Organisation des Personalwesens. Drei der Softwareprodukte haben Schnittstellen zu SAP, also: Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung. Bei SAP liegt der Schwerpunkt auf der Abwicklung von sämtlichen Geschäftsprozessen.²⁰

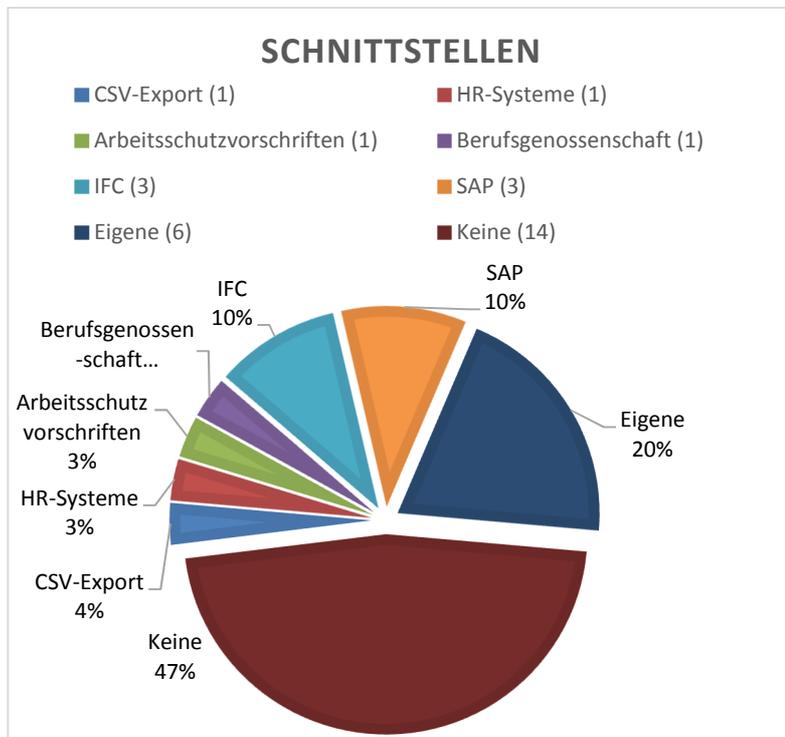


Abbildung 4: Schnittstellen

5.3.4 Datenbankanbindung

Eine zentrale Rolle in einer Software haben die Datenbanken. In einer Datenbank sind alle elektronisch gespeicherten Daten gesammelt.²¹ „Ein Datenbank-System erlaubt die Erstellung mehrerer Datenbanken, in denen wiederum eine Vielzahl von Tabellen zur Speicherung von Daten generiert werden kann.“²² Ein Großteil der Softwareanbieter oder -entwickler verwendet die Datenbank SQL (Structured Query Language). SQL ist eine von Microsoft entwickelte Datenbanksprache, um Datenbankstrukturen zu erstellen. Mit SQL können Datenbestände bearbeitet und abgefragt werden.²³ Eine Software arbeitet mit der Datenbank mySQL, die ebenfalls von Microsoft herausgegeben wurde. Ein Hauptmerkmal von mySQL ist, dass diese Datenbank kostenlos

²⁰ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/SAP> (31.07.2017)

²¹ Vgl. <https://www.uni-giessen.de/ub/rnavi/a-z/az-d/ag2-Datenbank> (25.07.2017)

²² http://www.chip.de/downloads/MySQL_13000125.html (25.07.2017)

²³ Vgl. <http://www.datenbanken-verstehen.de/sql-tutorial/sql-einfuehrung/> (25.07.2017)

zu erhalten ist. Mit mySQL können verschiedene Speicher-Systeme für unterschiedliche Anforderungen bedient werden.²⁴ Drei Softwareprodukte nutzen die Datenbank Microsoft Access. Mit Access können ebenfalls Datenbank-Anwendungen erstellt und verwaltet werden.²⁵ Microsoft Access ist mehr als eine „einfache“ Datenbanksprache, denn hiermit lassen sich auch Formulare und Berichte erstellen, mit denen eine Verwaltung und Auswertung der Daten möglich ist. Access bietet z.B. noch die Möglichkeit, dass alle Benutzer gleichzeitig mit derselben Datei arbeiten können.²⁶ Gerade diese Besonderheit läuft auf die wichtigste Eigenschaft des BIM, dass Projektteilnehmer gleichzeitig Änderungen unternehmen können, hinaus. Die Microsoft Jet-Engine „Joint Engine Technology Engine“ ist eine relationale Datenbank unter Windows-Betriebssystemen. Jet-Engine bietet Schnittstellen zwischen Datenbanken und Benutzeranfragen. Diese Datenbank findet in Desktop-Datenbanken Anwendung. Diese Datenbank wird i. d. R. immer in Kombination mit anderen Programmen betrieben z.B. mit Access.²⁷ Auch hier trifft dieser Fall zu, denn 10 % der Softwares werden mit Access und Jet-Engine vertrieben.

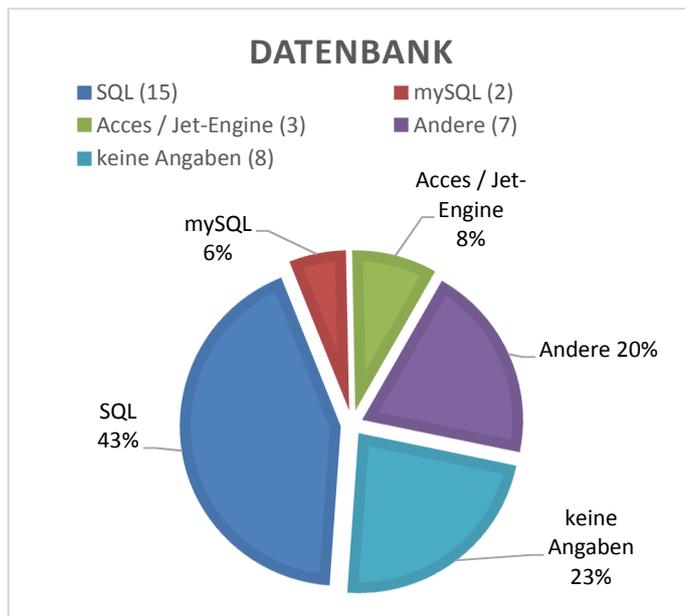


Abbildung 5: Datenbank

5.3.5 Nutzung von Barcode / RFID

10 % der Arbeitsschutzsoftwares besitzen die Fähigkeit, mit Barcodes – also mit maschinenlesbaren Strichcodes – zu arbeiten. Fallbeispiel: An einem Gebäude sind Strichcodes abgelegt, welche Informationen zur Gefährdungsbeurteilung dieses Gebäudes enthalten. Während Instandhaltungsarbeiten kann der Beschäftigte mit Hilfe seines Lesegerätes den Strichcode ablesen und

²⁴ Vgl. http://www.chip.de/downloads/MySQL_13000125.html (25.07.2017)

²⁵ Vgl. http://praxistipps.chip.de/was-ist-access-verstaendlich-erklaert_41629 (25.07.2017)

²⁶ Vgl. <http://www.access-im-unternehmen.de/index1.php?BeitragID=472&id=300> (25.07.2017)

²⁷ Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Jet_Engine (25.07.2017)

auf die Gefährdungsbeurteilung zugreifen. Im Gegensatz zum Barcode arbeiten keine (0 %) der Softwareprodukte nur mit RFID, Radio Frequency Identification. Die Arbeitsweise mit RFID läuft folgendermaßen ab: Gegenstände, die mit einem RFID-Transponder versehen sind, können kontaktlos und eindeutig identifiziert werden. In dem Falle dient ein Chip als Datenspeicher, der über Funk mit der Basiseinheit kommuniziert.²⁸ 10 % der Softwareprodukte bieten eine Arbeitsweise sowohl mit Barcodes als auch mit RFID an.

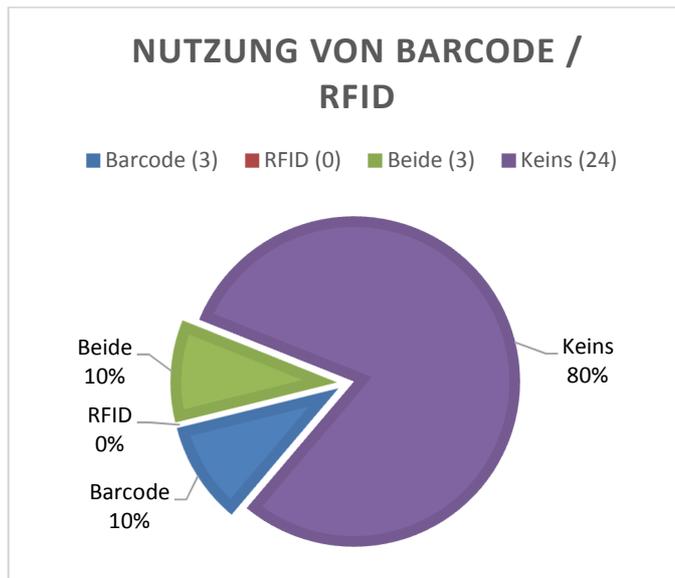


Abbildung 6: Nutzung von Barcode / RFID

5.3.6 Mobile Applikation

Zu den wichtigsten Eigenschaften bei der Anwendung der Methode BIM gehört, dass jeder Projektbeteiligte unabhängig von Zeit, Ort und anderen Faktoren auf die Gebäudedaten zugreifen kann. Eine mobile Applikation (App) ist einer der vielen Schritte, die in Richtung BIM verlaufen. Es ist erforderlich, dass sich der Beschäftigte auf der Baustelle bei Bedarf sofort und auf der Stelle z.B. in den Gefahrstoffkatalog einlesen oder sich über die vorhandenen Gefährdungen erkundigen kann. Nur 47 % der Softwareanbieter verfolgen das Ziel, dass Beschäftigte auch per Smartphone oder per Tablets auf die Software zugreifen können.

²⁸ Vgl. <http://www.rfid-basis.de/rfid-technik.html> (25.07.2017)

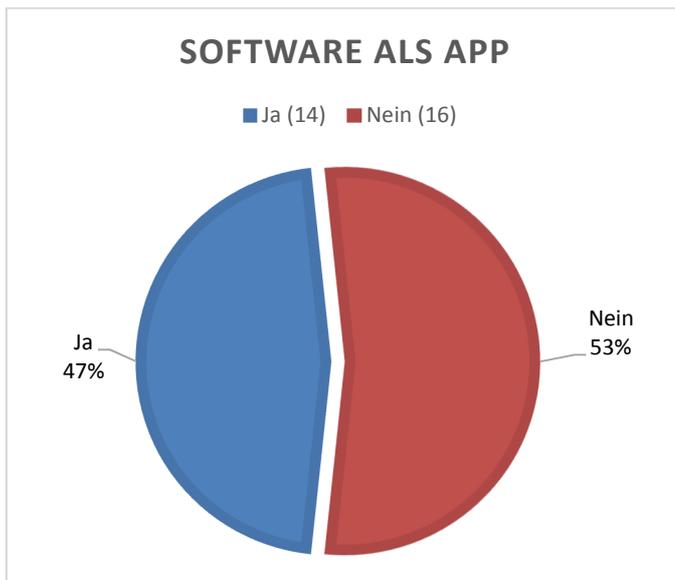


Abbildung 7: Software als App

6 Anwendung der Methode BIM im Arbeitsschutz

Wie im Grundlagenteil²⁹ und unter Kapitel 4 in diesem Endbericht bereits beschrieben, ist die Betrachtung von Lebenszyklusphasen notwendig. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurden die Lebenszyklusphasen *Planung*, *Realisierung* und *Betrieb* betrachtet.

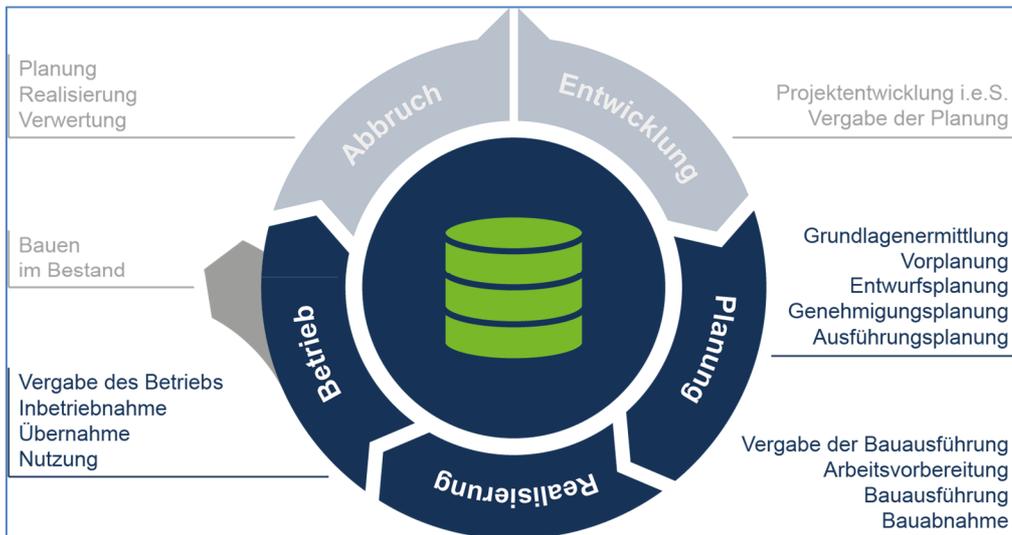


Abbildung 8: Lebenszyklus im Projekt "Arbeitsschutz – Building Information Modeling"

Des Weiteren sind bei der Abwicklung eines Hochbauprojektes diverse Rollen notwendig, die in Verantwortungssphären zusammengefasst wurden³⁰. Im Sinne des Arbeitsschutzes sind innerhalb der Bauherren- und Ausführungs-Sphäre besondere Rollen zu erwähnen.

- **Bauherren-Sphäre**
Die Verantwortungssphäre des Bauherrn umfasst neben originären Bauherrenaufgaben (arbeitsschutzrelevante Gesamtverantwortung) ebenfalls die Rolle des Koordinators nach Baustellenverordnung³¹ und der DGUV³².
- **Ausführungs-Sphäre**
Die beteiligten Fachunternehmer und Gebäude-Dienstleister werden als Auftragnehmer und Arbeitgeber betrachtet. Arbeitsschutzspezifische Relevanz hat hierbei die Gefährdungsbeurteilung³³.

²⁹ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.1

³⁰ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1

³¹ Entnommen: Baustellenverordnung, 1996, §3

³² Entnommen: DGUV Vorschrift 1, 2013, S.8, §6

³³ Entnommen: Arbeitsschutzgesetz, 1996, §3ff.

6.1 BIM-Ziele

Um die Methode BIM im Arbeitsschutz anwenden zu können, bedarf es einer Festlegung von projektspezifischen BIM-Zielen³⁴. Das übergreifende BIM-Ziel wird als Verbesserung des präventiven Arbeitsschutzes festgelegt. Weitere BIM-Ziele müssen je nach Umfang und Konstellation des Projektes entwickelt bzw. benannt werden. Beispielhaft werden folgende BIM-Ziele aufgeführt:

- Verbesserte Regelung von Verantwortlichkeiten und Rollenzuordnung im Arbeitsschutz
- Rechtssicherheit für den Auftraggeber
- Höhere Kostensicherheit durch rechtzeitige und vollständige Ausschreibung
- Verbesserung der Vollständigkeit und Transparenz durch Visualisierung
- Mehr Akzeptanz bei der Planung sicherheitstechnischer Einrichtungen durch Visualisierungen
- Frühe fachliche Einflussnahme einer Arbeitsschutzkompetenz für Bauausführung und Gebäudebetrieb
- Verbesserung des Austauschs zwischen Arbeitsschutzkompetenz und Unternehmen
- Automatisierte Erstellung eines digitalen SiGe-Plans
- Verbesserte Unterweisung der Auftragnehmer
- Dokumentation des Arbeitsschutzes
- Automatisierte Erstellung der Unterlage für spätere Arbeiten in der Planungsphase
- Automatisierte Fortschreibung der digitalen Unterlage für spätere Arbeiten
- Automatisierte Erstellung einer vollständigen und speziell auf das betrachtete Bauvorhaben abgestimmten Unterlage für spätere Arbeiten
- Laufende Aktualisierung der Unterlage für spätere Arbeiten durch Transparenz
- Mehr Akzeptanz für die Anwendung der Unterlage, bei späteren Arbeiten durch Visualisierung von Gefährdungen (z.B. Gefahrenstellen)
- Transparenz durch einfache Datenübermittlung
- Unterlage für spätere Arbeiten als „gelebtes“ Element in der Unterweisung z.B. von Fremdfirmen; nutzbar als Dokumentation von Unterweisungen, Einweisungen etc.³⁵
- etc.

6.2 BIM-Anwendungen

Im Rahmen der Forschungsprojekte des Lehr- und Forschungsgebiets wurde ein Prozessmodell entwickelt³⁶, das eine Möglichkeit bietet, einen beispielhaften Informationsprozess zielbezogen

³⁴ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.2.1

³⁵ Vgl. Dissertationsvorhaben Thomas Dudek, Bergische Universität Wuppertal

³⁶ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2

auszuwerten. Aus einem gesamtheitlichen Informationsprozess werden somit die Prozesse, Verantwortlichen, Informationsobjekte (bspw. Dokumente) und Beschreibungen ausgewiesen die mit der Erstellung der jeweiligen BIM-Anwendung zur Erreichung des jeweiligen BIM-Zieles in Verbindung stehen. Dies ermöglicht die Festlegung klar definierter Schnittstellen, die beispielsweise zur Übernahme in vertragliche Vereinbarungen dienen können.

Diese Auswertungen dienen als Grundlage, um zu identifizieren, welche Tätigkeiten und die damit zusammenhängenden Informationen unter Anwendung der Methode BIM durchgeführt bzw. erzeugt werden können. Aus diesen ersten Festlegungen können beispielhafte lebenszyklusphasenorientierte und verantwortungssphärenabhängige BIM-Anwendungen³⁷ abgeleitet werden, sodass im nächsten Schritt in der Prozessdarstellung hervorgehoben wird, wann (Lebenszyklusphase) durch wen (Verantwortungssphäre) welche BIM-Anwendung (Prozess) zum Einsatz kommen können. Als BIM-Anwendung versteht man grundsätzlich

*„[...] die Durchführung eines spezifischen Prozesses bzw. eines Arbeitsschrittes unter Anwendung der Methode BIM“.*³⁸

Beispielhafte BIM-Anwendungen:

- Erstellung einer gewerkespezifischen digitalen Unterlage für spätere Arbeiten
- Erstellung eines Arbeitsschutz-Fachmodells
- Aktualisierung der Informationen über Auto-ID
- Ad-hoc-Verfügbarkeit von relevanten Daten zur Unterstützung einer Gefährdungsermittlung
- Bereitstellung einer projektspezifischen Gefährdungsermittlung durch Unternehmen
- Visualisierung als Arbeitshilfe zur Veranschaulichung potenziell gefährdeter Bereiche
- Frühzeitige Integration des Koordinators in die Planung sicherheitsrelevanter Einrichtungen
- Einbindung sicherheitsrelevanter Bauteile in den Ausschreibungsprozess
- Planung und gemeinsame Abstimmung sicherheitsrelevanter Bauteile
- Erstellung einer vollständigen Baudokumentation im Bauwerksinformationsmodell
- Bereitstellung aller Informationen zu Sicherheitseinrichtungen mit deren erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen (siehe Abbildung 9)

³⁷ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.2.2

³⁸ Vgl. Endbericht: Entwicklung einer idealtypischen Soll-Prozesskette zur Anwendung der BIM-Methode im Lebenszyklus von Bauwerken, BBSR, Helmus, Meins-Becker, Kelm, 2017, Kapitel 2.3.2

- Erstellung einer Auflistung aller laufenden und wiederkehrenden Prüfungen mit entsprechenden Prüfintervallen
- Separate Darstellung aller sicherheitsrelevanter Bauteile / Einrichtungen an einem Gebäude (siehe Abbildung 10)
- Visualisierung von arbeitsschutzrelevanten Einrichtungen
- Verfügbarkeit aller arbeitsschutzrelevanter Informationen im Gebäudebetrieb³⁹
- etc.

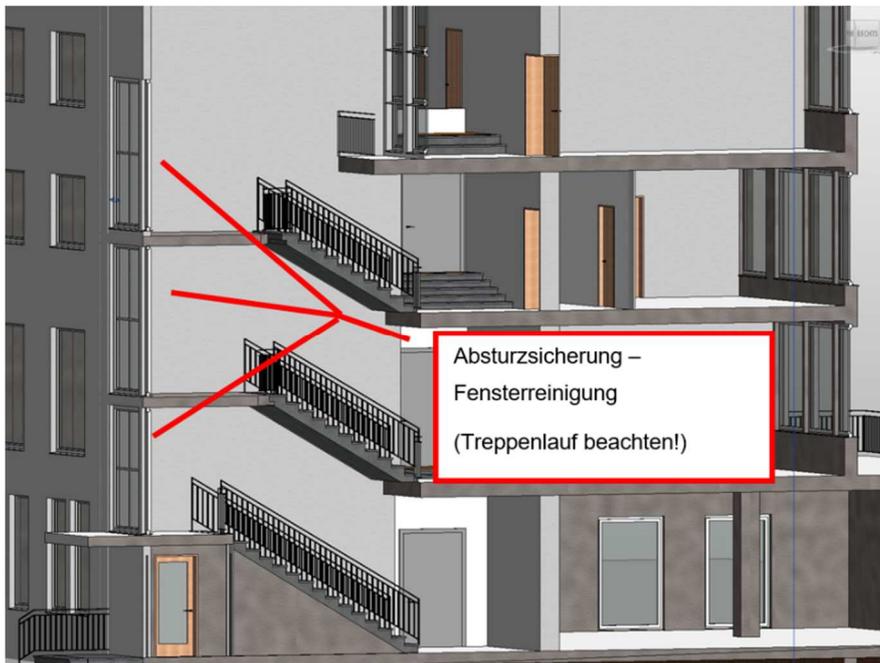


Abbildung 9: Beispiel BIM-Anwendung: 3D-Visualisierung mit Redlining⁴⁰

³⁹ Vgl. Dissertationsvorhaben Thomas Dudek, Bergische Universität Wuppertal

⁴⁰ Vgl. Dissertationsvorhaben Thomas Dudek, Bergische Universität Wuppertal

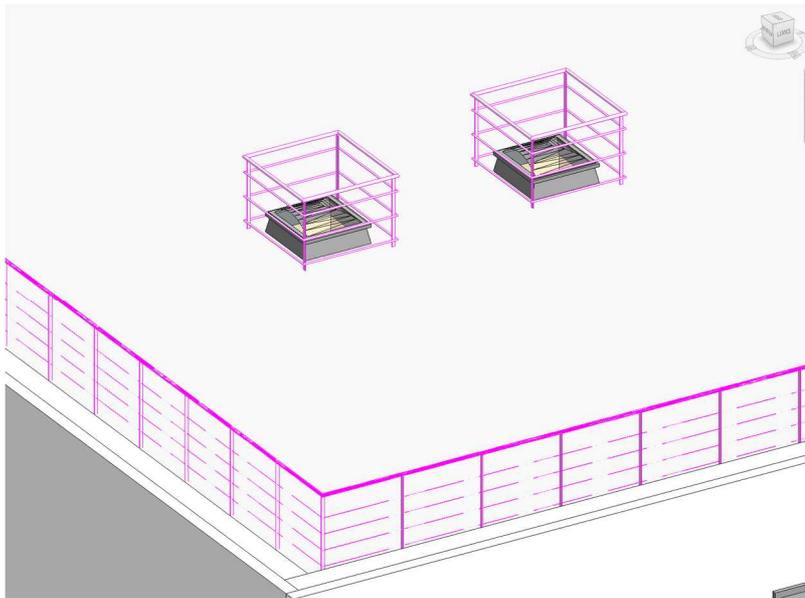


Abbildung 10: Beispiel BIM-Anwendung: Visualisierung arbeitsschutzrelevanter Elemente⁴¹

6.3 BIM-Anforderungen⁴²

Im Zusammenhang mit der Methode BIM wird das Ziel verfolgt, einen durchgängigen Informationsfluss zwischen allen Projektbeteiligten zu erzeugen. Zu diesem Zweck werden über die Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA)⁴³ Anforderungen eines Auftraggebers an die Projektbeteiligten definiert, um Informationen digital zu erfassen, zu verarbeiten, weiterzugeben, zu kontrollieren, freizugeben und zu archivieren. Diese Anforderungen im Kontext der Methode BIM entsprechen den im Grundlagenteil definierten BIM-Anforderungen. Sie resultieren zu einem wesentlichen Teil aus der technischen Umsetzung eines fachlichen Informationsprozesses unter Anwendung der Methode BIM.

Der Umfang der aufgestellten BIM-Anforderungen hängt zum einen unmittelbar von der Anzahl der aufgenommenen BIM-Anwendungen und deren technischer Gestaltung ab. Zum anderen hat der Anspruch des Auftraggebers hinsichtlich des Detaillierungsgrades der Informationen einen erheblichen Einfluss.

⁴¹ Vgl. Dissertationsvorhaben Thomas Dudek, Bergische Universität Wuppertal

⁴² Vgl. Endbericht: Digital Bauen mit BIM in Deutschland, BBSR, Helmus, Meins-Becker, Kelm, 2017, Kapitel 4

⁴³ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.3

Anforderungstypen

In Abhängigkeit der Gestaltung einer BIM-Anwendung, wie beispielsweise einer Gefahrenermittlung, ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Bauwerksinformationsmodelle. Diese können entsprechend der vier vom LuFG BB definierten Anforderungstypen kategorisiert werden:⁴⁴

- Datenstrukturen (wie?)
- Informationsinhalte (was?)
- Verantwortlichkeiten (wer?)
- Zeitpunkte (wann?)

Strukturelle Anforderungen

Zur Definition struktureller Anforderungen einer BIM-Anwendung ist eine Betrachtung des Outputs elementar. In ihm werden bei einem weitestgehend automatisierten Ablauf die generierten oder zusammengestellten Informationen in einer festgelegten Struktur aufgebaut und ausgegeben. Im Zuge der BIM-Anwendung müssen die eingehenden Informationen der Struktur des Outputs zugeordnet werden oder sie nach definierten Regeln erzeugen. Je höher der Automatisierungsgrad der BIM-Anwendung sein soll, desto detaillierter muss der Ablauf bereits im Vorfeld durchdacht werden. Der Grund liegt darin, dass für die Filterung, Zuordnung und den Aufbau zugehöriger Regeln entsprechende Informationen im Bauwerksinformationsmodell vorhanden sein müssen. Dies wiederum bedarf jedoch einer exakten Planung des technischen Prozesses und einer Definition entsprechender Modellierungsregeln.

Inhaltliche Anforderungen

Die inhaltlichen Anforderungen stellen die benötigten Informationen zur Umsetzung einer BIM-Anwendung dar.⁴⁵ Sie setzen sich aus drei Teilen zusammen:

- Inhalte, die zur Zuordnung von strukturierten Informationen zu neuen Strukturen bzw. zur Generierung neuer Strukturen notwendig sind und sich aus den strukturellen Anforderungen ableiten. Voraussetzung ist hierbei die konforme Modellierung zu den fachlichen Leistungen.

⁴⁴ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.2.3

⁴⁵ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.2.3

- Inhalte, aus denen neue Informationen abgeleitet werden oder die neu zusammengestellt werden.
- Inhalte, die nicht unmittelbar im Rahmen der Wertschöpfungskette erzeugt werden, jedoch allgemeine Informationen zur Abwicklung der BIM-Anwendung beisteuern, im Rahmen der Forschungsarbeit des LuFG BB als mitgeltende Informationen bezeichnet.⁴⁶

Neben den aktiv zu verarbeitenden Informationen, die unmittelbar der Wertschöpfungskette eines Projektes entstammen, können je nach BIM-Anwendung auch Anforderungen z.B. in Form einzuhaltender Vorschriften relevant sein.

Verantwortlichkeiten

Im Rahmen der Projektarbeit mit einer Vielzahl von Beteiligten mit dem Anspruch auf möglichst weitreichende Datendurchgängigkeit und angesichts der Fülle an Informationen in einem Bauprojekt ist es elementar, Verantwortlichkeiten zur Informationserzeugung und -verarbeitung klar zu definieren. Im Kontext von Building Information Modeling ist diese Aufgabe vor allem zur Erstellung von AIA und BAP zu leisten.⁴⁷ Daher ist es im Rahmen der Regelungen zu einem Projekt sinnvoll, entsprechende Zuweisungen zu treffen. Bei fehlender Standardisierung der BIM-Anwendungen und der damit benötigten Informationen steht dem Vorgehen jedoch der Aufwand entgegen, dies bei jedem neuen Projekt von Grund auf neu zu definieren.

Zeitpunkte

Neben den Verantwortlichkeiten sind auch die Zeitpunkte zur Abwicklung eines Projektes wesentlich. Bei Beginn eines jeden Prozesses müssen die benötigten Informationen vorliegen und entsprechend z.B. in das Bauwerksinformationsmodell eingepflegt sein. Insbesondere bei Prozessen wie einer Gefährdungsbeurteilung werden ansonsten unvollständige bzw. fehlerhafte Ergebnisse erzeugt. Mitunter wird auf dieser Grundlage zunächst weitergearbeitet bis es zu Gefahrensituationen oder sogar Unfällen kommt, dabei ist das Vermeiden solcher Punkte ein grundlegendes Anliegen der Methode BIM.

Verankerung der strukturellen Anforderungen

Die strukturellen Anforderungen betreffen den Output einer jeweiligen BIM-Anwendung. Dementsprechend wurden sie technisch in Form einer Eigenschaft dort verankert. Im Zuge einer projekt-

⁴⁶ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.4.2

⁴⁷ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.3 f

spezifischen Konkretisierung lässt sich für jeden Output die Struktur festlegen und im Prozessmodell hinterlegen. Daraus ergeben sich wiederum zugehörige Anforderungen, die über Abfragen aus der Datenbank herausgefiltert werden können.

In der Praxis existieren nur vereinzelt konkrete Vorgaben zur Struktur von zu erstellenden Dokumenten und Dateien bzw. Anforderungen, die sich daraus an die Informationslieferungen ergeben. Im Wesentlichen handelt es sich bei vorhandenen Vorgaben um geforderte Inhalte, nicht jedoch deren Aufbau. Daher wurden im Rahmen des gegenständigen Forschungsprojektes beispielhaft Strukturen auf Prozessebene ³⁴⁸ hinterlegt, um das Schema auf Funktionalität prüfen zu können. Die bereits eingefügten Informationen lassen sich jedoch durch weitere konkrete Anwendungsfälle in der Praxis anreichern.

Verankerung der inhaltlichen Anforderungen

Die inhaltlichen Anforderungen bestehen neben der Ableitung aus den strukturellen Anforderungen aus den Informations-Inputs und mitgeltenden Informationen zu einem jeweiligen Prozess. Beide sind in Form von Objekten im Prozessmodell angelegt. Durch Zuweisung zu Prozessen werden Verknüpfungen unter den Prozessbausteinen über den unmittelbaren Informationsfluss hinaus geschaffen (Abbildung 11). Dadurch bieten sich diverse Abfragemöglichkeiten über das gesamte Prozessmodell, die insbesondere für die Ermittlung der Verantwortlichkeiten und Zeitpunkte benötigt werden.



Abbildung 11: Verknüpfungen über In- und Outputs

Zusätzlich wird über die verknüpften Informationen die Struktur des Prozessmodells gefestigt. Während auf Ebene 3 ausschließlich Dokumente und Dateien ausgetauscht werden, betrachtet die Ebene 4 die Bestandteile dieser Dokumente und Dateien (Abbildung 12). Eine weitere Untergliederung bis hin zu beispielsweise einzelnen Eigenschaften von Modellobjekten war im Rahmen

⁴⁸ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1

des Forschungsprojektes wegen fehlender Standardisierung in dem Bereich nicht sinnvoll umsetzbar. Sollte auf dem Gebiet eine Vereinheitlichung in der Bau- und Immobilienbranche erreicht werden, ließe sich das Prozessmodell um die Informationen erweitern.

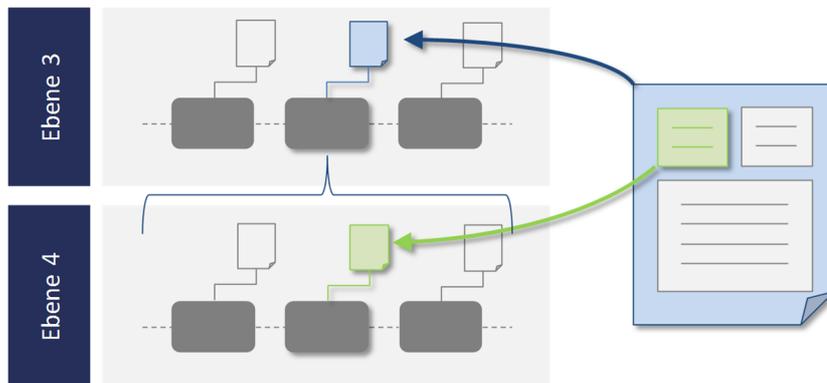


Abbildung 12: Ebenen-Abgrenzung über Informationsstruktur

Die Tabelle 3 zeigt eine beispielhafte Aufstellung der GEFMA-Richtlinie (Datenmodell und digitaler Ordnungsrahmen für das FM). Diese Aufstellung kann als Grundlage dienen, um diese bereits existierenden inhaltlichen Anforderungen in Teilen in das entwickelte Prozessmodell⁴⁹ im Sinne des Prozessinhalts des LuFG zuzuordnen/zu übertragen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 3: Inhaltliche Anforderungen eines FM-3D Datensets⁵⁰

zugeordnetes Facility:	Überwachungsbedürftige Anlagen
Enthaltene Daten:	Anlagenidentifikation, Prüfdatum, Art der Prüfung, Prüfungsgrundlagen, Prüfumfang, Wirksamkeit und Funktion der getroffenen Schutzmaßnahmen, Ergebnis der Prüfung, Frist bis zu nächsten Prüfung
Klassifikation nach GEFMA 198-1	F4.1.7 Prüfprotokolle/Berichte
Fundstellen Dokument:	§ 17 Abs. 1 BetrSichV; 4.2.4 TRBS 1201
Ersteller	ZÜS
zugeordnet Service:	Prüfungen vor der 1. IBN durchführen; Wiederkehrende Prüfungen durchführen; Prüfungen nach prüfpflichtigen Änderungen durchführen
zugeordnet Service:	ggf. Mängel und Schäden beheben; ggf. Nachprüfung durchführen

Tabelle 4: Zuordnung/Übertragung eines FM-3D Datensets in das Prozessmodell des LuFG

⁴⁹ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.4.2

⁵⁰ In Anlehnung an GEFMA 924, FM-3D Datenset

FM-3D Datenset	Prozessmodell LuFG
Überwachungsbedürftige Anlagen überprüfen	Prozessbeschreibung
Prüfungen vor der 1. IBN durchführen; Wiederkehrende Prüfungen durchführen; Prüfungen nach prüfpflichtigen Änderungen durchführen	Prozessziel
Anlagenidentifikation, Prüfdatum, Art der Prüfung, Prüfungsgrundlagen, Prüfungsumfang, Wirksamkeit und Funktion der getroffenen Schutzmaßnahmen, Ergebnis der vorangegangenen Prüfung, Frist bis zu nächsten Prüfung	Informationsinput (Ebene 4)
§ 17 Abs. 1 BetrSichV; 4.2.4 TRBS 1201	Mitgeltende Informationen
Prüfprotokolle/Berichte	Informationsoutput (Ebene 3)
Zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS)	Prozessverantwortlicher
Mängel und Schäden beheben; Nachprüfung durchführen	Zeitpunkt
-	Hilfsmittel

Ermittlung von Verantwortlichkeiten

Die Verantwortlichkeiten sind ebenso wie die inhaltlichen Anforderungen als Objekte angelegt. Sie entsprechen den Randbedingungen aus den gemeinsamen Grundlagen des LuFG BB zu den Sphären und Rollen.⁵¹ Die Verantwortlichkeiten sind Prozessen zugeordnet. Aufgrund der Definition, dass jeder Prozess exakt einen Output hat⁵², lassen sich auf diese Weise die Verantwortlichkeiten zur Informationserzeugung über Abfragen für jede im Prozessmodell fließende Information auswerten.

Nach Auswertung einer Prozessübersicht der arbeitsschutzrelevanten Prozesse (Tabelle 5) aus dem Prozessmodell, kann z.B. das ausführende Unternehmen als Verantwortlichkeit für den Prozess *Gefährdungsbeurteilung erstellen*; AV identifiziert werden.

Tabelle 5: Auswertungsbeispiel: Arbeitsschutzrelevante Prozesse mit Verantwortlichkeiten

⁵¹ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1

⁵² Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.4

	Ausführendes Unternehmen	Bauherr(-envertretung)	Koordination	Planung
Baustellenordnung erstellen		X		
SiGe-Plan erstellen			X	
Unterlage für spätere Arbeiten zusammenstellen			X	
Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen aufstellen				X
Stellungnahme zur Leistungsbeschreibung erarbeiten			X	
Gefährdungsbeurteilung erstellen; Angebot	X			
Angebote prüfen und werten				X
Verhandlungen mit Bietern durchführen				X
Auftragserteilung		X		
Vorankündigung erstellen		X		
Arbeitsverfahren vorbereiten	X			
Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV	X			
Unterweisung durchführen	X			
Projektsicherheitsplan erstellen	X			
Bei der Vorbereitung des Baustellenbetriebs beraten			X	
SiGePlan fortschreiben und bekanntmachen			X	
Gefährdungsbeurteilung fortschreiben	X			
Arbeitsschutz-Maßnahmen durchführen	X			
Wirksamkeit der Arbeitsschutz-Maßnahmen prüfen	X			
Arbeitsschutz-Dokumentation erstellen	X			
Überwachung der Anwendung der Arbeitsverfahren koordinieren			X	

Ein relevanter Informationsinput für den Prozess *Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV* (Arbeitsvorbereitung) ist die *Objektspezifische Information für die GB; AV* aus dem Informationsprozess *Arbeitsverfahren vorbereiten*, den das ausführende Unternehmen selbst durchzuführen hat (Tabelle 6).

Tabelle 6: Auswertungsbeispiel: Informationsinput zur Gefährdungsbeurteilung

Kommt von	Informationsersteller	liefert...	Informationsprozess
	Ausführendes Unternehmen	LV Hauptleistungen	Hauptleistungen ermitteln
	Ausführendes Unternehmen	Protokoll Baufeldbegehung	Baufeld besichtigen
	Koordination	SiGePlan	SiGe-Plan erstellen
	Planung	Ausschreibungsunterlagen	Ausschreibungsunterlagen zusammenstellen
	Bauherr(-envertretung)	Baustellenordnung	Baustellenordnung erstellen
	Koordination	Gewerkespezifische Gefährdungsfaktoren	Gewerkespezifische Gefährdungsfaktoren ermitteln
	Planung	Baustelleneinrichtungsplan	Baustelleneinrichtung planen
	Ausführendes Unternehmen	Geplante Arbeitsmittel/Arbeitsverfahren/Arbeitsstoffe	Geplante Arbeitsmittel/Arbeitsverfahren/Arbeitsstoffe aufstellen
	Ausführendes Unternehmen	BE-Konzept Angebot	BE-Konzept aufstellen
	Ausführendes Unternehmen	Terminplan	Grobtermine planen
	Ausführendes Unternehmen	Baustelleneinrichtungsplan	Baustelleneinrichtungsplan erstellen
	Ausführendes Unternehmen	Arbeitsschutzmanagementsystem	Arbeitsschutzmanagementsystem pflegen
	Ausführendes Unternehmen	Projektspezifische Information für die GB; AV	Arbeitsverfahren vorbereiten
	Ausführendes Unternehmen	Gefährdungsbeurteilung	Gefährdungsbeurteilung erstellen; Angebot
	Koordination	SiGePlan	SiGePlan fortschreiben und bekanntmachen
	Ausführendes Unternehmen	Sicherheits und Gesundheitsschutzplan AV	Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV
	Ausführendes Unternehmen	Kick-Off Protokoll Fertigung	Kick-Off Besprechung durchführen
	Ausführendes Unternehmen	Terminplan Fertigung	Termincontrolling fortführen
	Ausführendes Unternehmen	Protokoll Baustellenbegehung AVOR	Baustelle besichtigen
	Ausführendes Unternehmen	Arbeitsschutzmanagementsystem	Arbeitsschutzmanagementsystem pflegen
	Ausführendes Unternehmen	Objektspezifische Information für die GB; AV	Arbeitsverfahren vorbereiten
	Eigentümer(-vertretung)	Unterlage für spätere Arbeiten	Unterlage für spätere Arbeiten überprüfen und fortschreiben
	Ausführendes Unternehmen	Wirksamkeitsüberprüfung	Wirksamkeit der Maßnahmen prüfen
	Ausführendes Unternehmen	Gefährdungsbeurteilung	Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV

Ermittlung von Zeitpunkten

Die Zeitpunkte lassen sich in einem allgemeingültigen Prozessmodell lediglich auf den oberen Ebenen in Form von Meilensteinen des strategischen Prozessmodells einpflegen. Eine konkrete Benennung wird erst durch die Anpassung der Modellinhalte an ein reales Projekt sinnvoll. Eine direkte Verknüpfung mit Terminplänen ist in dem Zusammenhang denkbar.

Im allgemeingültigen Prozessmodell lassen sich jedoch bereits die Abhängigkeiten der Informationen liefernden Prozesse darstellen. Auf diese Weise lassen sich bereits Aussagen darüber treffen, welche Informationen bedingt durch die logische Abfolge der erzeugenden Prozesse zuletzt für eine konkrete Anwendung bereitstehen. Dieser Informationsfluss symbolisiert somit den kritischen Pfad.

Der beispielhafte Informationsinput für den Prozess *Arbeitsverfahren vorbereiten* (siehe Abbildung 14) zur Erstellung des benötigten Informationsoutputs *Objektspezifische Information für die GB*; AV stammt aus einem Prozess des Auftraggebers (siehe Abbildung 13). Für eine zielgerichtete Bereitstellung von Informationen durch den Auftraggeber, als Informationsoutput *Vertragsspezifische Zusammenstellung*, bedarf es einer auftrags-, bzw. gewerkespezifischen Aufstellung von Anforderungen. Ohne diesen Informationsinput kann der Folgeprozess nicht beginnen und steht somit in absoluter Abhängigkeit. Diese Anforderungen müssen projektspezifisch definiert werden (Kapitel 6.3).

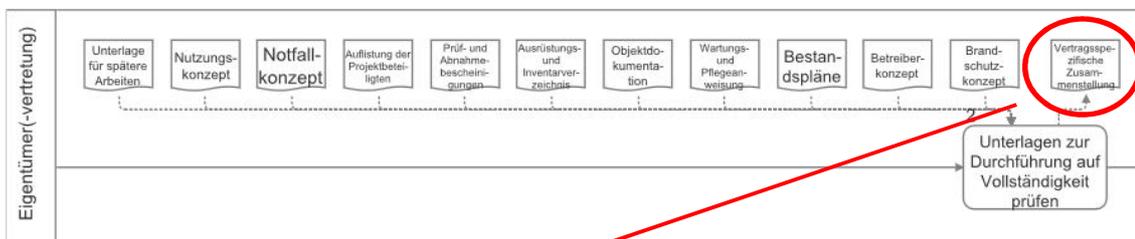


Abbildung 13: Generierung Informationsoutput „Vertragsspezifische Zusammenstellung“

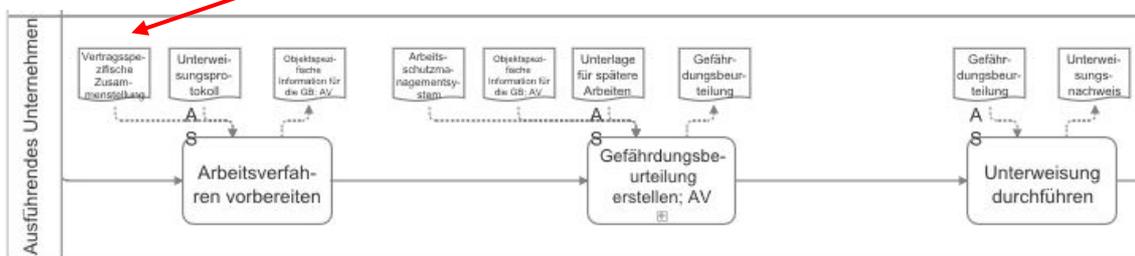


Abbildung 14: Nutzung des Informationsinputs „Vertragsspezifische Zusammenstellung“

Generierung eines Anforderungskatalogs

Die folgende Auswertungsvariante am Beispiel des Dokuments SiGePlan (Tabelle 7), zeigt eine Übersicht auf Prozessbasis und dient als Grundlage für eine anschließende Generierung des Anforderungskatalogs.

Tabelle 7: Auswertungsbeispiel nach Dokument „SiGePlan“

Mit Status...	Kommt von	Informationsersteller	liefert...	Informationsprozess
1. Bearbeitung	Bauherr(-envertretung)		Allgemeine Baubeschreibung	Allgemeine Baubeschreibung erstellen
	Planung		Baustelleneinrichtungsplan	Baustelleneinrichtung planen
	Planung		Grober Bauablaufplan	Groben Bauablaufplan erstellen
	Bauherr(-envertretung)		Chancen-Risiken-Konzept	Chancen und Risiken prüfen
	TGA-Planer		Ausführungsplanung TGA	TGA-Ausführungsplanung teilen
	Tragwerksplaner		Ausführungsplanung TWP	Tragwerksausführungsplanung versenden
	sonstige Fachplaner		Ausführungsplanung SF	Sonstige Fachplanung Ausführungsplanung versenden
	Objektplaner		Ausführungsplanung OP	Architektonische Ausführungsplanung teilen
	2. Bearbeitung	Bauherr(-envertretung)		Baustellenordnung
Planung			Planprüfung	Pläne von Dritten überprüfen
Koordination			SiGePlan	SiGePlan erstellen; Entwurf
Koordination			Protokoll zur Planprüfung	Bei der Planprüfung beraten
Bauherr/Eigentümer			Ausführungsplanung	Ausführungsplanung prüfen und freigeben
Bauherr/Eigentümer			Terminplan Ausführungsplanung Steuerungsterminplan - Ausführungsplanung	Terminplan Ausführungsplanung prüfen und freigeben
Bauherr/Eigentümer			Projekthandbuch Ausführungsplanung	Projekthandbuch Ausführungsplanung freigeben
3. Bearbeitung	Ausführendes Unternehmen		Projektsicherheitsplan	Projektsicherheitsplan erstellen
	Bauherr(-envertretung)		Abstimmungsprotokoll	Objekt- und Bauablaufüberwachung abstimmen
	Koordination		Beratungsprotokoll	Bei der Vorbereitung des Baustellenbetriebs beraten
	Bauherr/Eigentümer		Projekthandbuch Vergabe	Projekthandbuch abstimmen und teilen

Die zuvor mit ihrer Umsetzung im Prozessmodell beschriebenen Anforderungstypen ergeben zusammengefasst zu jedem Prozess bzw. jeder BIM-Anwendung die zugehörigen BIM-Anforderungen. Die Zusammenführung erfolgt durch eine Reihe entsprechender Abfragen und Auswertungen aus der Datenbank und wird unter den Prozesssichten in vier, jeweils zu den Anforderungstypen zugehörigen Tabellen ausgegeben (Abbildung 15). Die darin aufgeführten Spalten bzw. Informationen sind beispielhaft und lassen sich nach Bedarf anpassen.

Strukturelle Anforderungen

Anforderung	Beschreibung	resultiert aus Prozess
...

Inputs

Input	Anmerkung	resultiert aus Prozess	von Rolle
...

Mitgeltende Informationen

Vorschrift	Beschreibung	Stand
...

Verantwortlichkeiten

Rolle	erzeugt in Prozess	benötigten Input	mit Status
...

Zeitpunkte

Zeitpunkt	zu dem Input	von Rolle	aus Prozess kommt
...

Abbildung 15: Schema der Anforderungstabellen pro Prozess

Übergeordnet lassen sich BIM-Anforderungen einzelner BIM-Anwendungen zu einem Anforderungskatalog zusammenstellen. Dafür werden zunächst die durchzuführenden BIM-Anwendungen festgelegt. Mittels Filterfunktionen können diverse Einschränkungen der Betrachtung auf Teile des Prozessmodells erfolgen, wie z.B.:

- Beschränkung auf ausgewählten Verantwortlichkeiten
- Eingrenzung auf definierte Bereiche des Lebenszyklus'
- Gezielte Auswahl von einzelnen BIM-Anwendungen
- Aufstellung zu BIM-Anwendungen mit gewissem Input, wie ein Bauwerksinformationsmodell
- etc.

Im Anschluss werden die Informationen zu den Anforderungstypen mittels Abfragen und Auswertungen der Datenbank zusammengetragen. Dies erfolgt wie zuvor bei den einzelnen Prozesssichten beschrieben. Die Besonderheit hierbei liegt jedoch darin, dass Dubletten herausgefiltert werden. Sie können durch gleiche Informationsanforderungen bei mehreren BIM-Anwendungen auftreten.

Somit ist das aufgestellte Schema zur Herleitung eines prozessbasierten Anforderungskataloges aus Sicht des Arbeitsschutzes flexibel erweiterbar und könnte zukünftig als Grundlage zur Erstellung von AIA und BAP genutzt werden.

Anmerkung: Eine Auswertung der Datenbank wie der Prozesskatalog stellt immer nur einen Auszug mit einem vordefinierten Blickwinkel auf ausgesuchte Inhalte der gesamten Datenbank dar. Die ausgegebenen Informationen im Katalog sind lediglich ein Beispiel und lassen sich in Rücksprache mit den Verantwortlichen durch diese nach Bedarf anpassen.

6.4 BIM-Rollen

Wie bereits im Grundlagenteil⁵³ erwähnt, sind neue Rollenzuweisungen notwendig. Folgende Grafik soll einen Überblick verschaffen.

BIM-Manager	<ul style="list-style-type: none">• Erfasst AIA inkl. BIM-Ziele u. -Anwendungen• Verantworten organisatorische Aufgaben zur Definition, Umsetzung, Einhaltung und Dokumentation von BIM-Prozessen über den gesamten Lebenszyklus• Ansprechpartner des AG in digitalen Belangen• Verantwortlich für die Common Data Environment• Wechsel des BIM-Managers zwischen Lebenszyklusphasen in Abhängigkeit der Fachdisziplin
BIM-Koordinator	<ul style="list-style-type: none">• Verantworten die operative Umsetzung der BIM-Ziele• Definieren und Koordinieren Aufgaben und Zuständigkeiten auf Grundlage der BIM-Prozesse und BIM-Anwendungen• Sichern die vertraglich vereinbarte Qualität des Datenmodells und den fehlerfreien Datenaustausch• Koordinieren BIM-Autoren und leiten Freigaben durch den BIM-Manager ein
BIM-Autor / Konstrukteur	<ul style="list-style-type: none">• Bearbeiten das Datenmodell in Abstimmung mit dem BIM-Koordinator• Ergänzen Informationen in dem Datenmodell entsprechend der vertraglich vereinbarten Qualitäten

Abbildung 16: Übersicht der BIM-Rollen

Zur Anwendung der Methode BIM sind ebenfalls den Auftragnehmern BIM-Rollen zuzuweisen. Mit dessen Hilfe soll ein definierter Prozessablauf sichergestellt werden. Als Ausgangspunkt wird

⁵³ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1

die Existenz des BIM-Managers auf Auftraggeberseite und ein BIM-Koordinator als projektübergreifende Instanz vorausgesetzt.⁵⁴ In Abhängigkeit des Vergabemodells ergeben sich somit verschiedene arbeitsschutzrelevante Zuweisungsformen für die Rollen des

- BIM-Autors und
- BIM-Nutzers.

Die BIM-Rollen können sowohl von fachlichen bestehenden Rollen in Personalunion als auch durch Dritte (Externe) übernommen werden. Eine Beschreibung der Rollen enthält der Grundlagenbericht⁵⁵. In Abhängigkeit des Vergabemodells resultieren verschiedene mögliche Szenarien, die nachstehend exemplarisch dargestellt werden und grundsätzlich auf Sphären übertragen werden können. Aufgrund der Rollen des Arbeitsschutzes können weitere Konstellationen durchgeführt werden.

Arbeitsschutz-Fachleute als BIM-Autoren

In diesem Fall könnte z.B. der Koordinator nach BaustellV die Rolle des übergreifenden BIM-Autors (projektspezifisch) für den Arbeitsschutz übernehmen. Diese Rolle könnte auch der Koordinator nach DGUV, eine Fachkraft für Arbeitssicherheit, ein Sicherheitsbeauftragte oder geschulte Fachkräfte übernehmen. Die Arbeitnehmer würden folglich als zuarbeitende BIM-Autoren agieren.

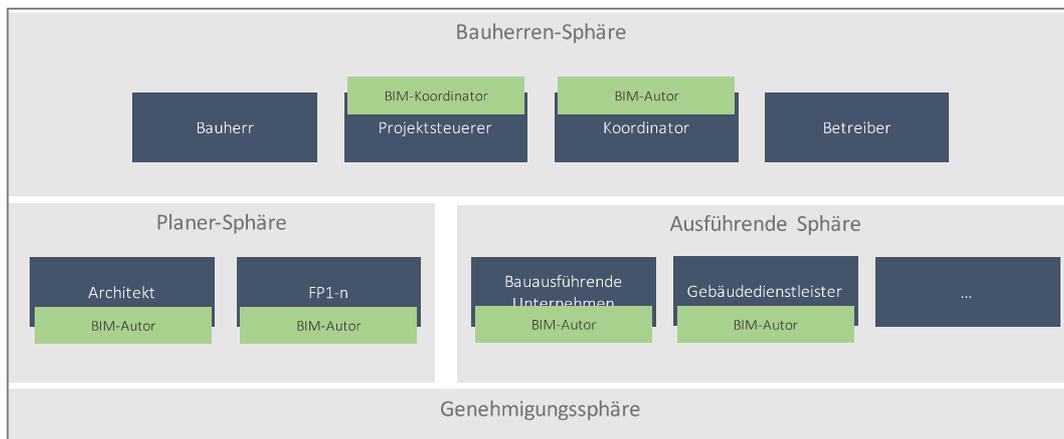


Abbildung 17: Koordinator nach BaustellV als BIM-Autor

⁵⁴ Vgl. Endbericht: Entwicklung einer idealtypischen Soll-Prozesskette zur Anwendung der BIM-Methode im Lebenszyklus von Bauwerken, BBSR, Helmus, Meins-Becker, Kelm, 2017, Kapitel 3.1.1.1

⁵⁵ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1.2

Projektmitglieder als BIM-Nutzer

BIM-Nutzer können sämtliche Projektmitglieder sein, die Zugriffsrechte auf das Datenmodell respektive die gemeinsame Datenumgebung haben und diese zur Informationsgewinnung nutzen ohne Daten oder Informationen hinzuzufügen.

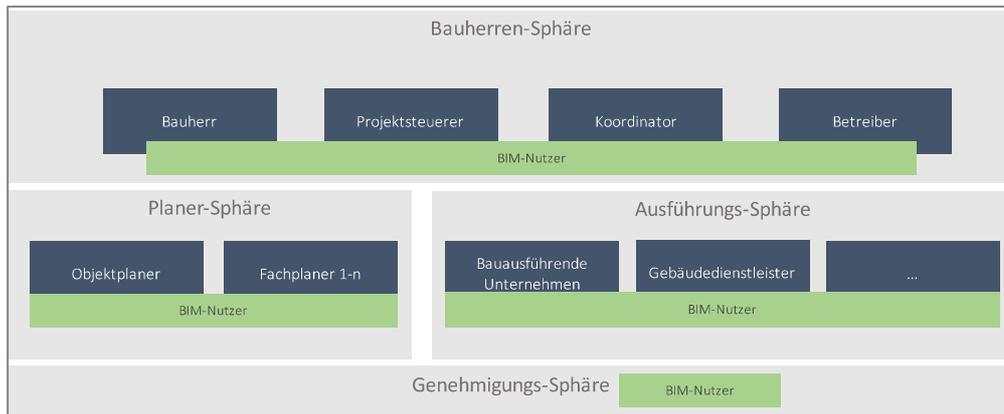


Abbildung 18: BIM-Nutzer

6.5 BIM-Prozess

Dieses Kapitel soll als Orientierungshilfe dienen, um die arbeitsschutzrelevanten Anforderungen organisiert in eine projektspezifische Umsetzung der Methode BIM zu implementieren.

Auf Basis dieser Erkenntnisse und dem Ergebnis der forschungsprojektübergreifenden Betrachtung der Methode BIM ist insbesondere ein digitales Informationsmanagement nötig, um arbeitsschutzrelevante Informationen strukturiert bereitstellen und nutzen zu können.



Abbildung 19: Übersicht Informationsmanagementprozess

Informationsprozess

Als Basis für den BIM-Prozess wurde ein arbeitsschutzbezogener Informationsprozess⁵⁶ erstellt. Dieser soll als Grundlage dienen und einen standardisierten Ansatz verfolgen. Ein konkreter Informationsprozess ist dennoch projektspezifisch zu erstellen und strukturiert die Beantwortung der Grundsatzfrage „*Wer braucht welche Informationen von wem wann wofür*“.

Damit wird der Weg vom Ziel, hin zur eigentlichen Informationserzeugung in Abhängigkeit der jeweiligen Vertragspartner und Anwendungen definiert. Die Vertragspartner variieren wiederum je Projekt und der gewählten Vergabemodelle.⁵⁷

Auf Basis des Grundlagenberichts⁵⁸ und der Ergänzung in Kapitel 4 in diesem Endbericht aufgeführten Rollen wurde ein Informationsprozess modelliert. Dieser Informationsprozess wurde primär auf der Ebene 3 und teilweise auf Ebene 4 modelliert

Die aufgeführten Abbildungen zeigen beispielhafte Informationsflüsse mit relevanten Verantwortlichen auf. Die umfassenden Prozessabbildungen befinden sich im Anhang.

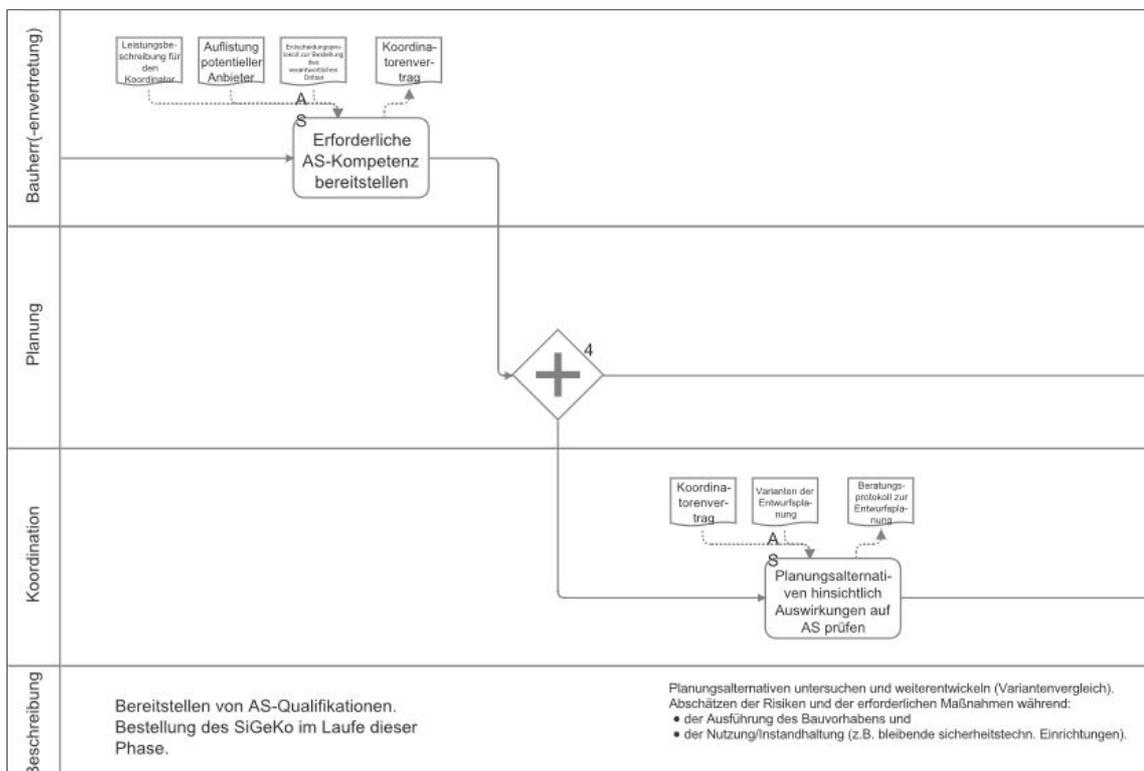


Abbildung 20: Beispielhafter Informationsprozess der Vor-/Entwurfsplanung (Ebene 3)

⁵⁶ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.1.1

⁵⁷ Im Sinne der Einzelvergabe, Generalplaner-, -unternehmervergabe.

⁵⁸ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1

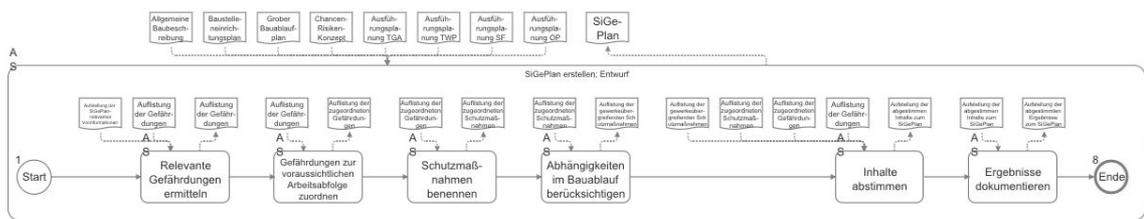


Abbildung 21: Beispielhafter Informationsprozess „SiGePlan“ des Koordinators (Ebene 4)

Integration der arbeitsschutzrelevanten Prozesse in die Gesamtprozesslandkarte

Über die Aufstellung der Prozesse aus Sicht des Arbeitsschutzes hinaus ist die Anbindung an die übergreifende Gesamtprozesslandkarte von Bedeutung (siehe Kapitel 4). Ziel ist es, durch enge Zusammenarbeit die in den Projekten vorhandenen, zum Teil losgelösten Prozesse unmittelbar in die gesamte Landschaft einzubinden. Die folgende Grafik zeigt dies beispielhaft (Abbildung 22):

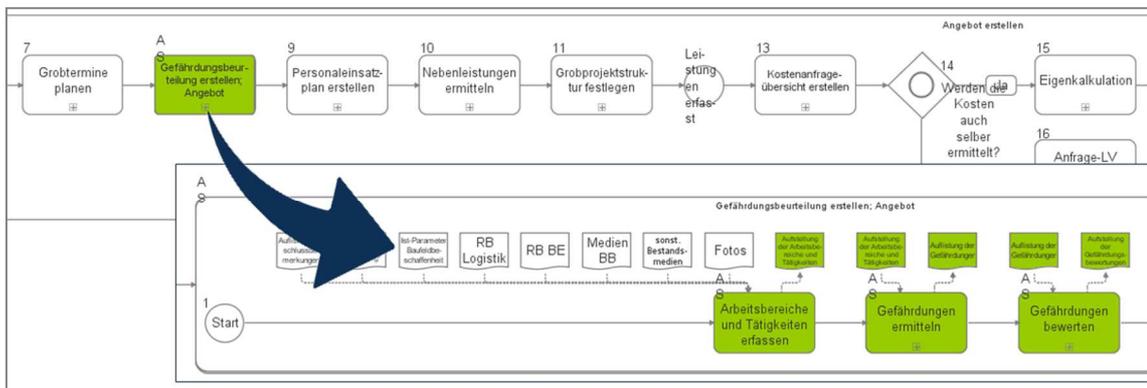


Abbildung 22: Einbindung Prozesse Arbeitsschutz in die Gesamtprozesslandkarte

Während der Angebotsbearbeitung muss in dem Fall der Hauptunternehmer die Gefährdungen auf der Baustelle ermitteln, bewerten und Maßnahmen festlegen (Prozesse hier grün hervorgehoben). Dies ist allein für die Abgabe eines korrekten Angebotes erforderlich, da er diese Maßnahmen kostenseitig berücksichtigen muss.

Beispielhafte Erstellung eines fachlichen Prozesses

Der Informationsprozess bildet in diesem Zusammenhang die Grundlage der Erstellung eines fachlichen Prozesses⁵⁹. Das Vorgehen wird nachfolgend beispielhaft für den Hauptprozess der Projektentwicklung im engeren Sinne der Bauherrensphäre aufgezeigt.

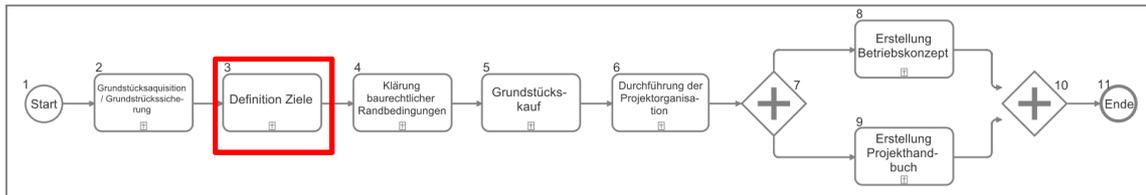


Abbildung 23: Informationsprozess des Bauherrn

Anhand dieser Ansicht wird der Informationsprozess der 2. Ebene für die *Projektentwicklung im engeren Sinne* der Bauherrensphäre von Anfang bis Ende dargestellt. Die Verknüpfung von Informationsprozess und Informationsmanagementprozess⁶⁰ erfolgt auf operativer 3. Ebene. Im Rahmen des markierten Prozesses *Definition Ziele* der 2. Ebene (Abbildung 23) finden sich nachstehende verknüpfte Prozesse auf 3. Ebene wieder (Abbildung 24), deren oberer Bereich die den Informationsprozess ausweisen mit den Prozessen des Informationsmanagementprozesses verknüpft sind.

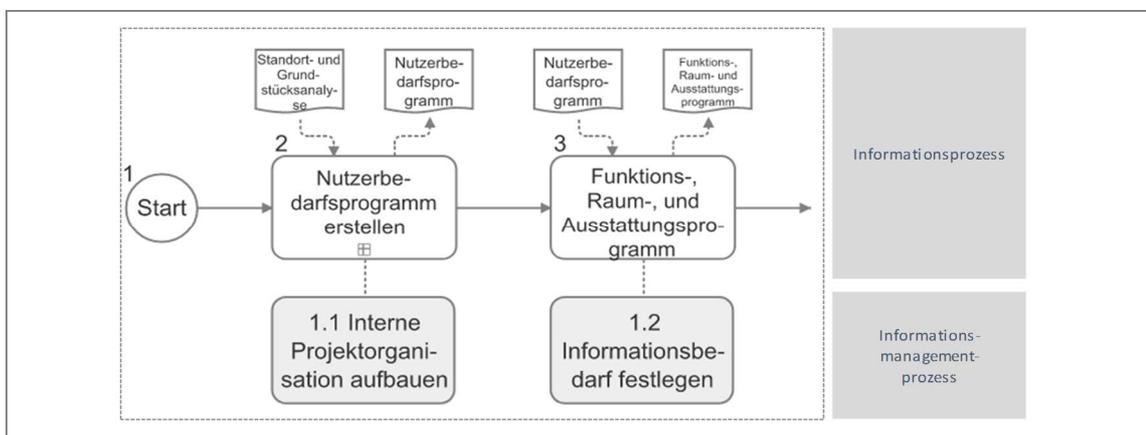


Abbildung 24: Fachlicher Prozess des Bauherrn

Erstellung des fachlichen Prozesses „Arbeitsschutz“

Die Abbildung 25 zeigt die Notwendigkeit einer frühen Festlegung der Informationsliefermeilensteine und des Informationsinhalts durch den Auftraggeber.

⁵⁹ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6

⁶⁰ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.1.2

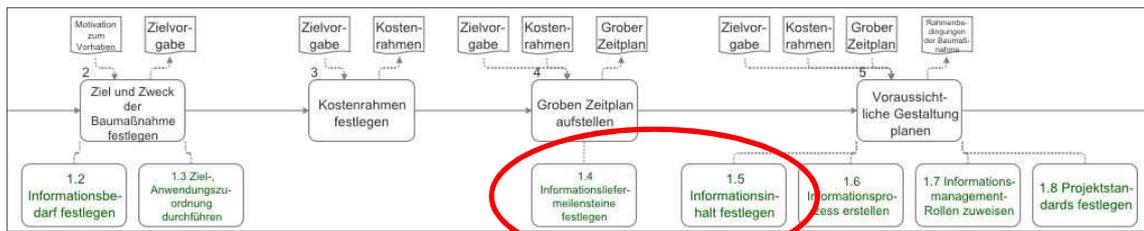


Abbildung 25: Festlegung der Rahmenbedingungen durch den Auftraggeber

Dadurch können Informationslieferungen zu einem festgelegten Zeitpunkt verwendet und in diesem Beispiel in einer *Vertragsspezifischen Zusammenstellung* (Abbildung 26) konkretisiert werden.

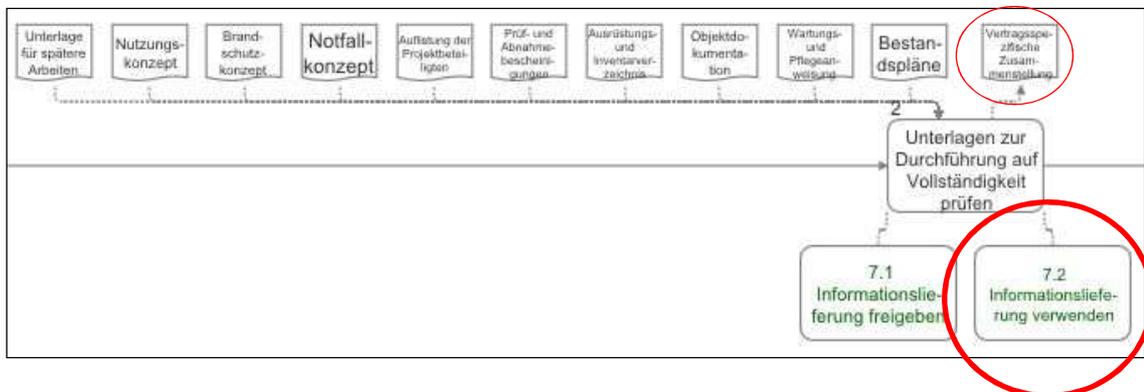


Abbildung 26: Überprüfung und Verarbeitung der Informationen durch den Auftraggeber

Die Abbildung 27 zeigt einen fachlichen Prozess aus Sicht des Auftragnehmers. Hierbei wird auf Basis der *Vertragsspezifischen Zusammenstellung* der Prozess *Arbeitsverfahren vorbereiten* durchgeführt. Anschließend können entsprechende Outputs, z.B. *Objektspezifische Informationen für die GB; AV* generiert werden, die in diesem Fall für die Gefährdungsbeurteilung genutzt werden. Die erneute Erstellung und Bereitstellung eines Outputs, *Gefährdungsbeurteilung*, kann dann im Anschluss projektübergreifend genutzt werden.

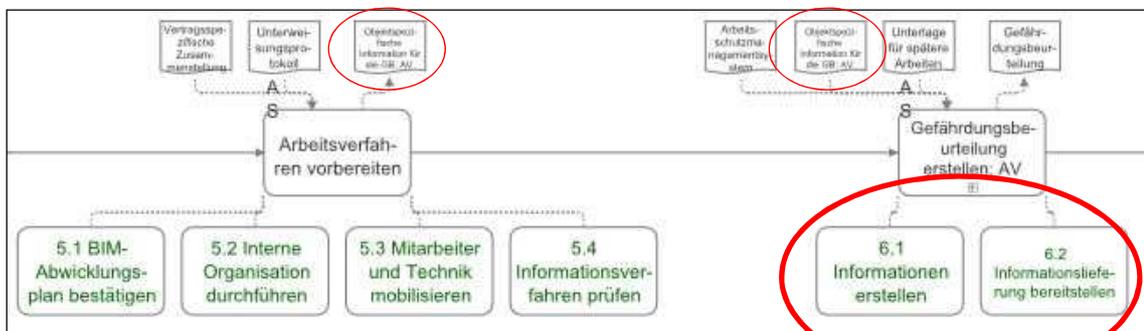


Abbildung 27: Verwendung der verarbeiteten Informationen durch den Auftragnehmer

Die Abbildung 28 zeigt auf, dass mit solch einem organisiertem Informationsmanagement in letzter Instanz die Aktualität und Qualität der arbeitsschutzrelevanten Dokumentation fortgeschrieben werden kann.

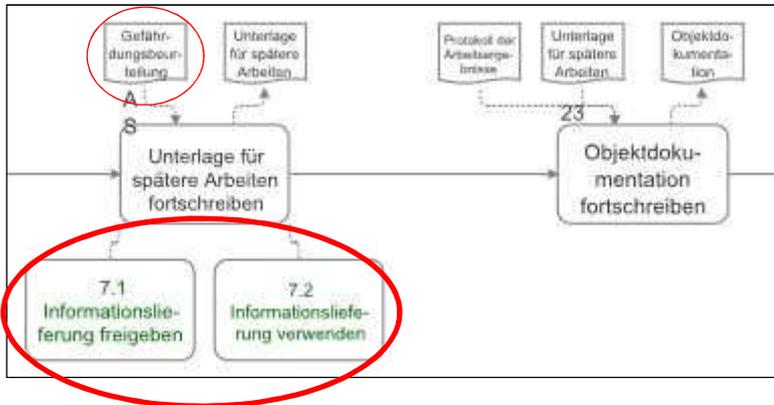


Abbildung 28: Verwendung der spezifischen Informationen durch den Auftraggeber

Zusammengefasst definiert der Bauherr als Auftraggeber (AG) zunächst seine arbeitsschutzspezifischen Informationsanforderungen und schreibt diese gegenüber den jeweiligen an der Planung, Realisierung und dem Betrieb beteiligten Auftragnehmern (AN) in Form der Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)⁶¹ aus. Somit entsprechen die AIA den Ausschreibungsunterlagen des AG. Die AN-Seite beantwortet daraufhin die vom AG ausgeschriebenen Informationslieferungen der AIA durch den BIM-Abwicklungsplan (BAP)⁶², der somit ein Angebot darstellt. Auf Grundlage dieses BAP erfolgt die anschließende Auftragsvergabe. In den anschließenden Punkten erfolgt die Vorbereitung (z.B. Zuordnung der BIM-Rollen), die eigentliche Projektumsetzung mit dessen Informationslieferung sowie der Projektabschluss.

⁶¹ Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.3

⁶² Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.4

7 Entwicklung eines Demonstrators

Aufbauend auf den vorangegangenen Kapiteln, sowie dem Bedarf an einer Integration des Arbeitsschutzes in den BIM-Prozess und dem Bedarf an einem BIM-fähigen Arbeitsschutz-Softwareprodukt auf Ebene der ausführenden Unternehmen (Gewerke), wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein Demonstrator entwickelt, der die technischen Möglichkeiten zur gezielten Informationsbereitstellung aufzeigt. Hierbei soll aufgezeigt werden, dass wenn die organisatorischen Grundlagen geschaffen sind (siehe Kapitel 6), eine technische Umsetzung durchaus möglich ist. Denn erst bei einem funktionierenden Informationsmanagementprozess können auch digitale Werkzeuge sinnvoll eingesetzt werden.

Um Möglichkeiten im Sinne des Arbeitsschutzes aufzeigen zu können, wurde ein Demonstrationsprozess ausgewählt. Die gewählte Anwendung soll die Gefahrenabschätzung während der Arbeitsvorbereitung unterstützen, den Ad-hoc-Austausch mit Verantwortlichen vereinfachen sowie die Aktualisierung der Informationen fördern.

Demonstrationsprozess

- Lebenszyklusphase: Gebäudebetrieb
- Informationsgrundlage: Objektdokumentation und Unterlage für spätere Arbeiten
- Haupttätigkeit: Auszuführende Wartungstätigkeit an einer Lüftungsanlage
- Parallele Tätigkeit: Arbeitssicherheit sicherstellen
- BIM-Ziele:
 - Unterstützung der Arbeitsvorbereitung durch Visualisierung
 - Unterstützung der Gefahrenermittlung durch Informationstransparenz
 - Pflege der Unterlage für spätere Arbeiten durch aktualisierte Gefährdungen
- BIM-Anwendung:
 - Auftragspezifische Informationen bereitstellen
 - Arbeitsvorbereitung durchführen
 - Gefahrenermittlung durchführen
 - Unterlage für spätere Arbeiten fortschreiben
- BIM-Anforderungen:
 - Bereitstellung des 3D-Modells durch den Auftraggeber vor Beginn der Tätigkeit
 - Abrufbarkeit sicherheitsrelevanter Informationen durch den Auftragnehmer vor Durchführung der Tätigkeit
 - Pflege relevanter Informationen durch den Auftragnehmer nach durchgeführter Tätigkeit
 - Regelmäßige Qualitätssicherung der relevanten Informationen durch den Auftraggeber

- BIM-Rollen: jeweils BIM-Autor und BIM-Nutzer
 - Objektleiter (OL) (Eigentümerversretung/Auftraggeber)
 - Dienstleister (DL) (ausführendes Unternehmen/Auftragnehmer)

Die nachfolgenden Unterpunkte/Abbildungen beschreiben die Möglichkeiten des Demonstrators. Hierbei soll die Interaktion zwischen BIM-Autor und BIM-Nutzer aufgezeigt werden. Die entsprechenden Berechtigungen müssen projektspezifisch geklärt werden.

Technische Ausgangssituation

Ein grundlegendes Gebäudemodell kann auf verschiedenen mobilen Plattformen dargestellt werden. Es wurden exemplarisch eine Anwendung für die AR-Brille von Microsoft und ein handelsübliches Android Tablet entwickelt.

Das Gebäudemodell, Neubau des Campus Haspel der Bergischen Universität Wuppertal, wurde in Autodesk Revit erstellt und als IFC-Datei exportiert. Da IFC ein offenes Format ist, kann dank der frei verfügbaren IfcOpenShell-Bibliothek neben dem reinen 3D-Modell auch auf Gebäudeinformationen zugegriffen werden. Diese können genutzt werden, um das Modell für den Demonstrator aufzubereiten und zu erweitern, um es auf mobilen Endgeräten zu visualisieren und die Informationen bereitzustellen.

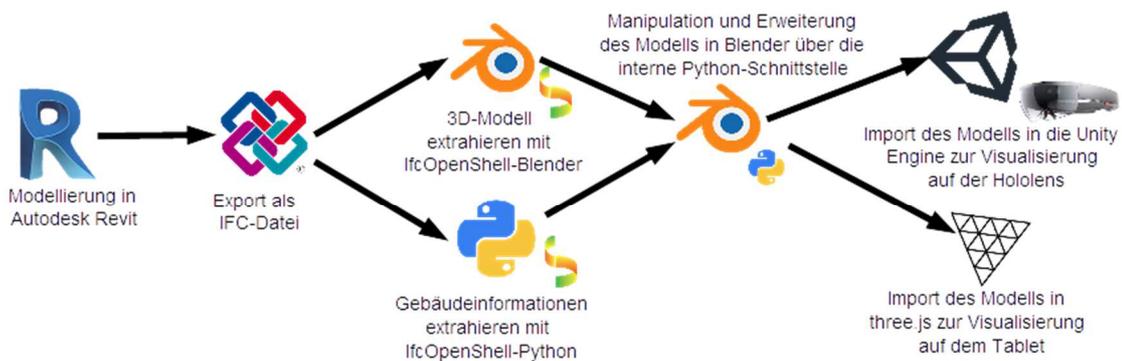


Abbildung 29: Export und Aufbereitung der Daten von Revit zum Import in mobile Endgeräte

7.1 Visualisierung zur Arbeitsvorbereitung

Bezug zur Gefährdungsbeurteilung



Abbildung 30: Prozess Gefährdungsbeurteilung (1)

Die ausgelesenen Daten beinhalten unter anderem die Information über die Position der Räume, was es ermöglicht, dem Dienstleister genau anzuzeigen, wo im Gebäude sich sein Arbeitsgegenstand befindet.

Des Weiteren ermöglichen es diese Daten, gezielt Objekte auszublenden. Durch das automatisierte Ausblenden von Bauteilgruppen wie Decken oder Wandplatten kann man einen Blick in beliebige Gebäudemodelle realisieren und die einzelnen Ebenen getrennt darstellen.



Abbildung 31: Gebäudemodell als interaktive 3D-Visualisierung auf einem Tablet

Die geringe 3D-Grafikleistung mobiler Geräte erschwert die Darstellung komplexer Objekte. Die in IFC vorliegenden Gebäudemodelle sind zum Teil sehr detailliert mit vielen Objekten in hoher Auflösung, was hohe Rechenkapazitäten von den Endgeräten erfordert. Da wir mit den IFC-Daten auch die Typen der Objekte vorliegen haben, können wir dies nutzen, um für uns unwichtige Gegenstände wie Deckenlampen oder Stühle aus dem Modell zu entfernen oder durch andere Darstellungen in niedrigerer Auflösung auszutauschen. So kann eine einfachere Darstellung des Gebäudes auf allen mobilen Geräten angezeigt werden.

Neben dem Abfragen der Daten aus der IFC-Datei kann das Gebäudemodell um weitere Informationen ergänzt werden, die auch für den Arbeitsschutz von Bedeutung sind, wie beispielsweise die Kontaktdaten des Ersthelfers oder die Öffnungszeiten. Auch das 3D-Modell kann mit weiteren Daten für den Arbeitsschutz angereichert werden wie der Darstellung des Fluchtplans, der im Rahmen des Forschungsvorhabens manuell in das bestehende 3D-Modell integriert wurde.

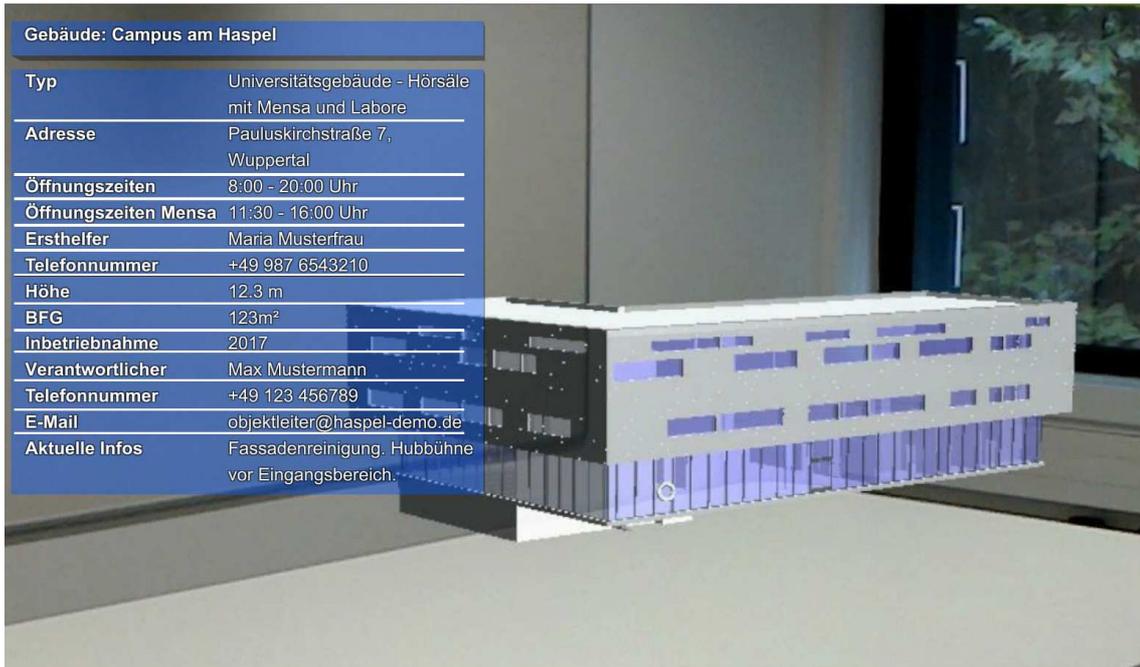


Abbildung 32: 3D-Modell in AR mit Gebäudeinformationen



Abbildung 33: 3D-Visualisierung des Fluchtweges in AR

7.2 Lokalisierung durch Bluetooth-Beacons

Bezug zur Gefährdungsbeurteilung



Abbildung 34: Prozess Gefährdungsbeurteilung (2)

Damit der Dienstleister zum richtigen Zeitpunkt die für ihn wichtigen Informationen angezeigt bekommt, wird sein genauer Standort benötigt. Hierdurch können dann auf den Raum oder Arbeitsgegenstand zugeschnittene Informationen (siehe 7.3 Informationsverfügbarkeit) oder Notizen, die mit diesem Ort verbunden sind (siehe 7.5 Kommunikation), angezeigt werden.

Zur Lokalisierung werden Bluetooth-Beacons genutzt, die in konfigurierbaren Intervallen eine eindeutige ID aussenden. Die Beacons sind so konfiguriert, dass sie nur von Geräten in kurzer Reichweite empfangen werden. So können sie an einer Eingangstür oder an einem Arbeitsgegenstand angebracht werden, um eindeutig einem Ort zugeordnet zu werden, ohne dass die Signale von zwei Beacons sich überlagern. Die Beacons verfügen über eine lange Akkulaufzeit (bis zu etwa 3 Jahren bei einem 10-Sekunden Intervall) und sind nur etwas größer als eine Knopfzelle. Sie können daher gut unauffällig im Gebäude angebracht werden. Um dies mit den Gebäudedaten zu verknüpfen, wurde eine Datenbank aufgebaut, die die IDs der Beacons Räumen und Gegenständen aus dem IFC-Modell zuordnet. Die Kommunikation zwischen den Geräten und dieser Datenbank erfolgt über einen Server in der Cloud. Für den Demonstrator wurde vernachlässigt, dass die Daten von überall aus abrufbar sind, eine Produktentwicklung müssten Datenschutz und -sparsamkeit genauer betrachten. Gerade das genaue Abfragen der Position der Nutzer stellt ohne weitere Absicherung eine Verletzung des in Deutschland gültigen Arbeits- und Persönlichkeitsrechts des Nutzers dar.

Neben dem Abfragen der Daten aus der IFC-Datei kann das Gebäudemodell auch um weitere Informationen ergänzt werden. Empfängt die Anwendung einen Bluetooth-Beacon, kann über eine Anfrage an die Datenbank herausgefunden werden, wo sich der Benutzer im Gebäude befindet, und ihm können standortspezifische Informationen aus dieser Datenbank angezeigt werden (Abbildung 35/36).



Abbildung 35: Anzeige der aktuellen Position (Raumnummer) auf dem Tablet

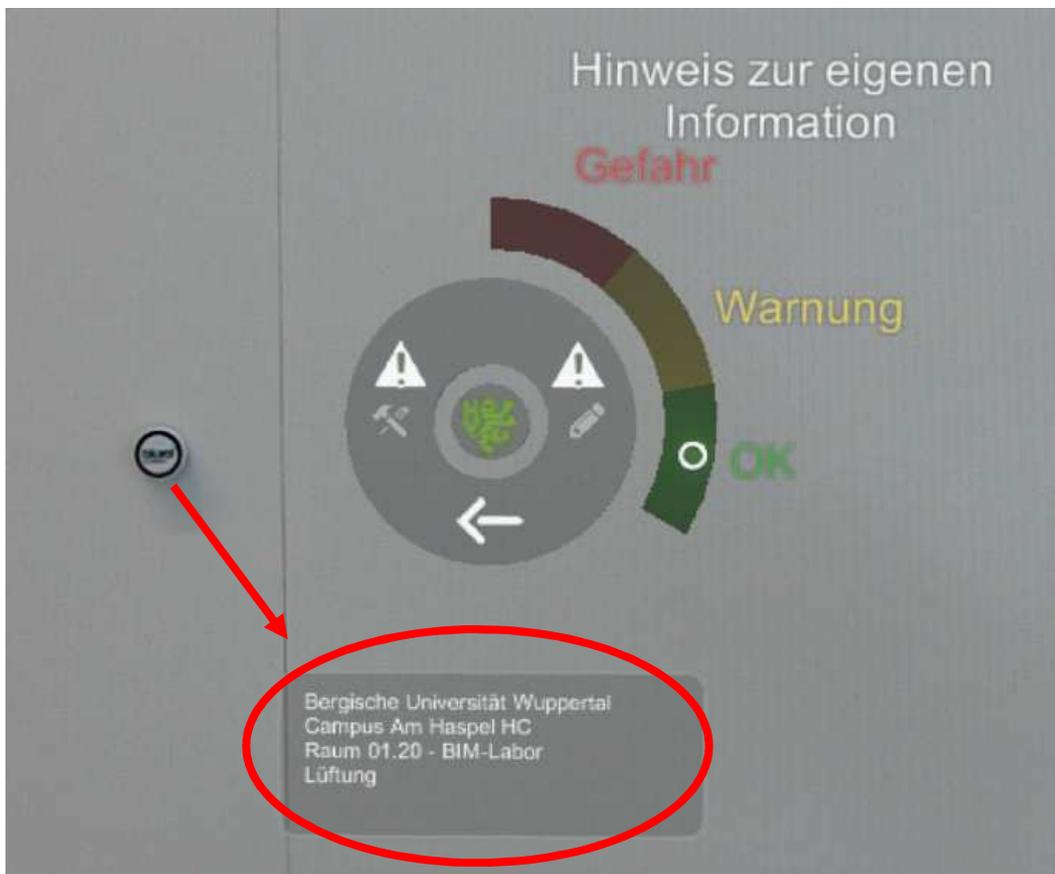


Abbildung 36: Positionsbestimmung durch Bluetooth-Beacon (links)

Während der Praxistests und Validierung wurde festgestellt, dass die eingesetzten Bluetooth-Beacons nicht zuverlässig empfangen werden können. Selbst wenn die Beacons so konfiguriert werden, dass sie mehrmals pro Sekunde und ohne Reichweitenbegrenzung ihre ID senden sollen, wurde dieses Signal oft minutenlang nicht empfangen. Für reale Anwendungsfälle müssten weitere Bluetooth-Beacons anderer Hersteller sowie andere Technologien zur Ortung im Gebäude evaluiert werden. WLAN-Accesspoints verfügen zum Beispiel ebenfalls über eine eindeutige Adresse und können in Gebäuden mit guter WLAN-Infrastruktur, wie etwa einer Universität, zur Positionierung genutzt werden. Zudem wäre in Zukunft eine Kombination verschiedener Technologien zur zentimetergenauen Ortung im Gebäude möglich. [Dies umfasst idealerweise die Triangulation von WLAN und Bluetooth-Basisstationen, GPS, GeoIP und optischen Verfahren wie ARCore und dem Spatial Mapping der Microsoft Hololens].

7.3 Informationsverfügbarkeit mittels Web-App und Augmented Reality (AR)

Bezug zur Gefährdungsbeurteilung



Abbildung 37: Prozess Gefährdungsbeurteilung (3)

Dem Nutzer können alle für ihn wichtigen Informationen mobil angezeigt werden. Wie in (7.2 Lokalisierung) beschrieben, können Orte im Gebäude mit Informationen verknüpft werden. Dadurch, dass sich der Nutzer im Gebäude bewegt, können automatisch Daten auf seine Position zugeschnitten werden.

Die Informationen kommen direkt aus der geteilten Datenbank, sodass sowohl über das Tablet als auch die AR-Brille Zugriff gewährt wird. Während auf dem Tablet eine Übersicht der Daten mit Beschreibungstext zum Auftrag sowie den Buttons für neue Nachrichten angezeigt werden, schweben in der AR-Anwendung die Informationen direkt am Arbeitsgegenstand, und die Funktionen zum Auftrag und zur Kommunikation sind in einem eigenen Menü hinterlegt.

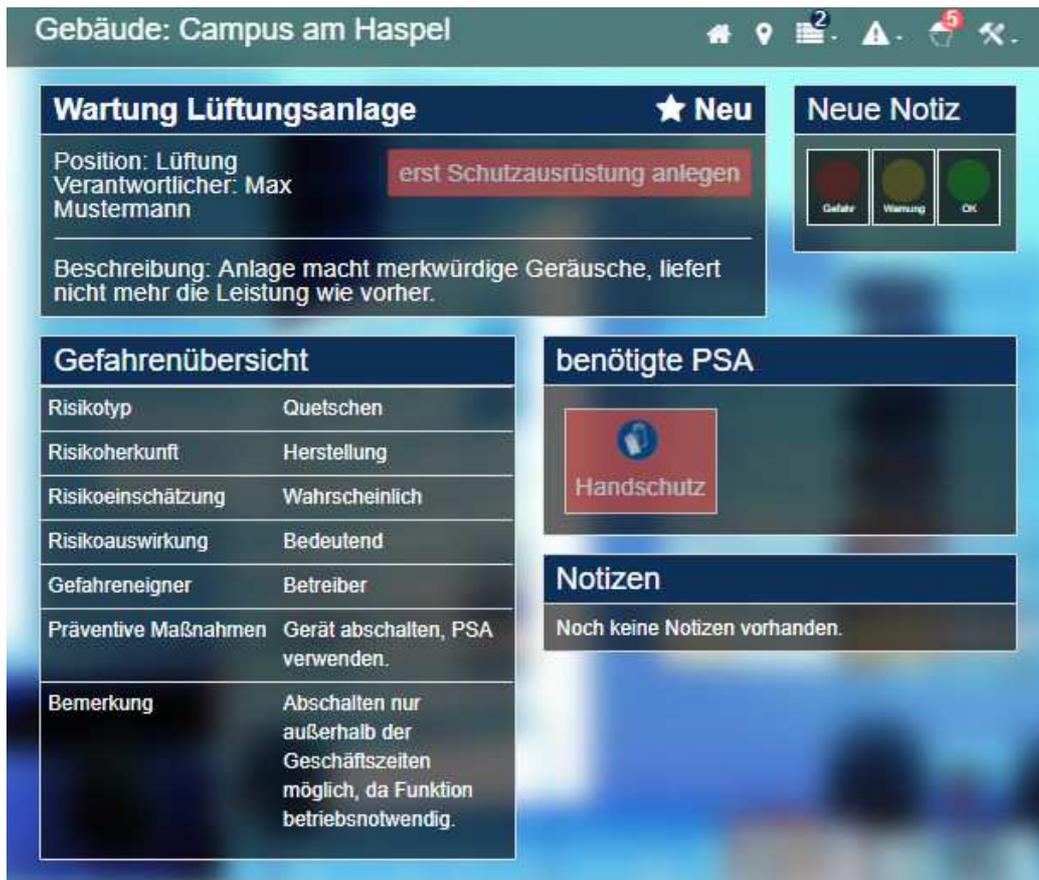


Abbildung 38: Informationsverfügbarkeit über Tablet-App

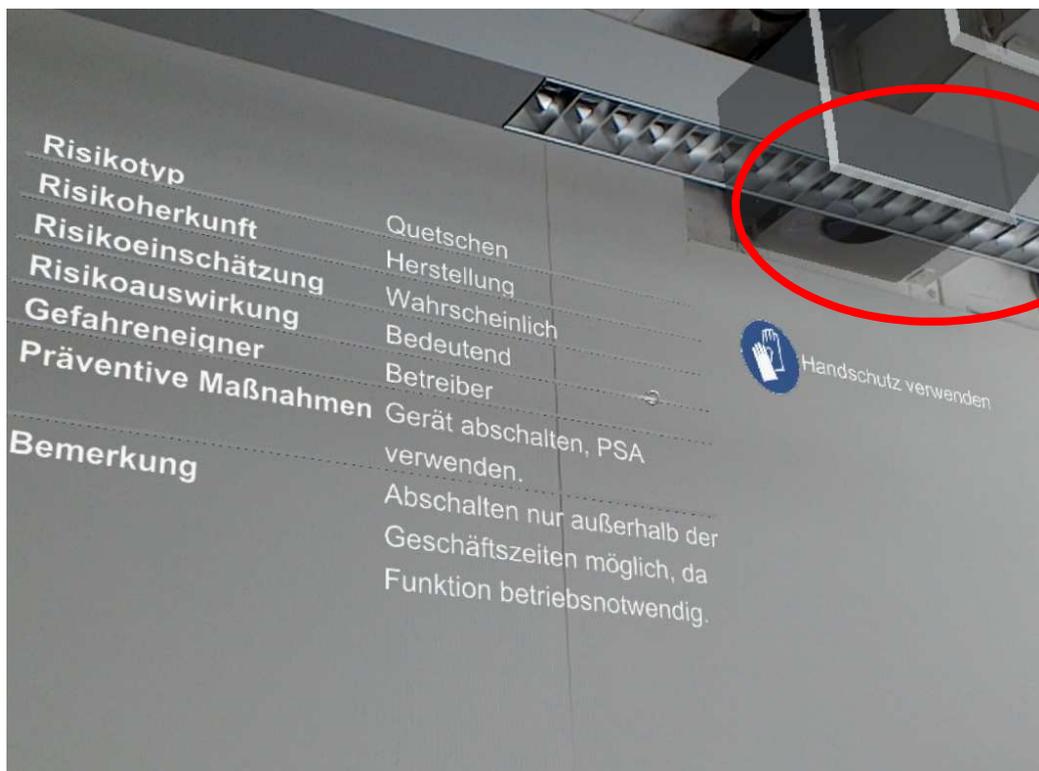


Abbildung 39: Visualisierung in AR am Arbeitsgegenstand (Lüftung)

7.4 Informationsverarbeitung mittels Web-App und RFID

Bezug zur Gefährdungsbeurteilung



Abbildung 40: Prozess Gefährdungsbeurteilung (4)

Für den Arbeitsschutz wichtige Daten wie etwa aktuelle Informationen über das Gebäude können vom Objektleiter über das Tablet eingetragen werden. Diese werden in der Datenbank hinterlegt und direkt an alle eingeloggtten Benutzer weitergeleitet.

Gebäudeinformationen	
Typ	Universitätsgebäude - Hörsäle mit Mensa und Labore
Adresse	Pauluskirchstraße 7, Wuppertal
Öffnungszeiten	8:00 - 20:00 Uhr
Öffnungszeiten Mensa	11:30 - 16:00 Uhr
Ersthelfer	Maria Musterfrau
Telefonnummer	+49 987 6543210
Höhe	12.3 m
BFG	123m ²
Inbetriebnahme	2017
Aktuelle Infos	Fassadenreinigung. Hubbühne vor Eingangsbereich.

Abbildung 41: Eingabe von zusätzlichen Gebäudeinformationen durch den Objektleiter

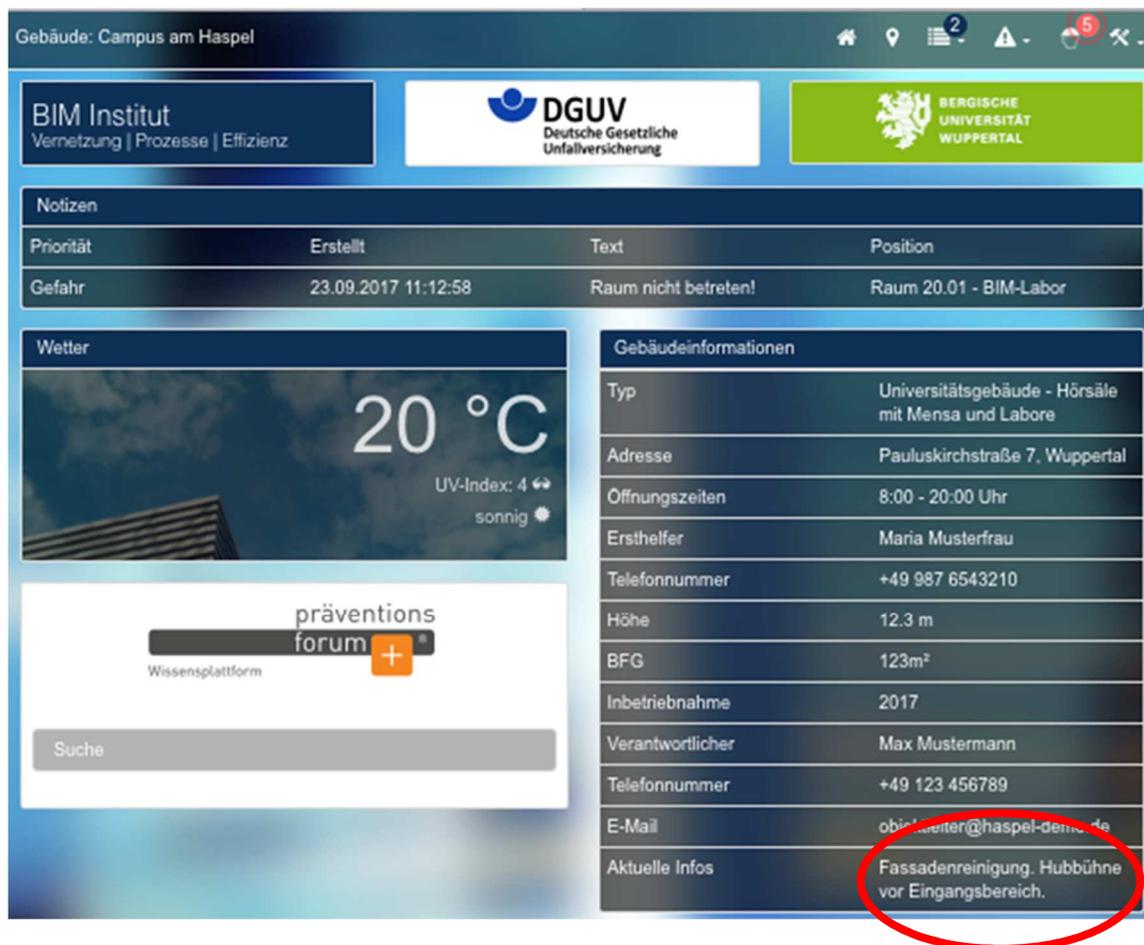


Abbildung 42: Zusätzliche Gebäudeinformationen für den Dienstleister

Zusätzlich wird RFID genutzt, um die PSA des Nutzers zu überprüfen. Der Dienstleister kann einen Auftrag erst starten, wenn er die dafür nötige PSA ausgewählt hat. Jeder Benutzer hat ein eigenes Profil, in dem neben seinen persönlichen Daten auch die von ihm benutzbare PSA hinterlegt ist. Benötigt ein Auftrag eine bestimmte PSA, die dem Nutzer nicht zugewiesen ist, kann er diesen Auftrag nicht starten.

Um dem System mitzuteilen, dass er eine PSA benötigt, muss der Dienstleister mit dem Scanner den RFID-Tag der entsprechenden PSA scannen. Die dafür vorgesehenen RFID-Tags können sowohl in Textilien eingebügelt werden (z.B. für Handschuhe oder Auffangurte) oder als Sticker verklebt werden (z.B. für Kopfschutz).

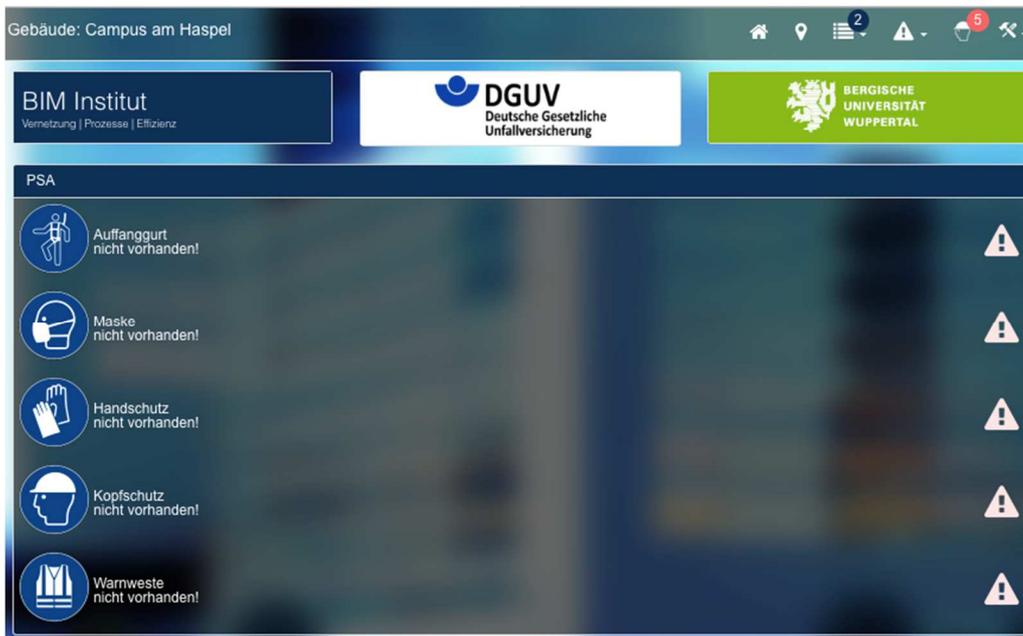


Abbildung 43: Informationsverarbeitung mit RFID (1)



Abbildung 44: Informationsverarbeitung mit RFID (2)



Abbildung 45: Informationsverarbeitung mit RFID (3)

7.5 Geräteübergreifende Kommunikation

Bezug zur Gefährdungsbeurteilung



Abbildung 46: Prozess Gefährdungsbeurteilung (5)

Die Nutzer sind in der Lage, Notizen zu erstellen, die mit dem Ort, an dem sie sich befinden, verknüpft werden. Es ist möglich, auf die Nachrichten anderer Teilnehmer zu antworten, sodass ein Dialog zwischen Objektleiter und Dienstleister entsteht. Da die Texteingabe über das Tablet und in AR nicht sehr komfortabel ist, können den Nutzern fertige Textbausteine zur Verfügung gestellt werden, aus denen dann Notizen zusammengestellt werden (Abbildung 48). Für individuelle Nachrichten besteht zudem auf dem Tablet die Möglichkeit, eine Nachricht mithilfe der On-Screen-Tastatur zu tippen, und in AR kann eine Sprachnotiz aufgenommen werden. Die Notizen sind in 3 verschiedene Typen eingeteilt: Gefahr, Warnung und OK, die mit den Signalfarben Rot, Gelb und Grün gekennzeichnet werden. Der Typ bestimmt zudem, welche Nachrichten für die

Notiz ausgewählt werden können. Unabhängig vom gewählten Typ können die Nachrichten bestimmen, ob der individuelle Text ausgefüllt werden muss oder ob der Empfänger über die Nachricht direkt hingewiesen wird. Alle Nachrichten vom Typ "Gefahr" sind beispielsweise so konfiguriert, dass sie direkt dem Empfänger angezeigt werden.

Die Kommunikation erfolgt über das moderne Distributed-Data-Protocol (DDP), das im Rahmen dieses Projektes auch für die Microsoft HoloLens implementiert wurde.



Abbildung 47: Gefahrenmeldung über Bluetooth-Beacon

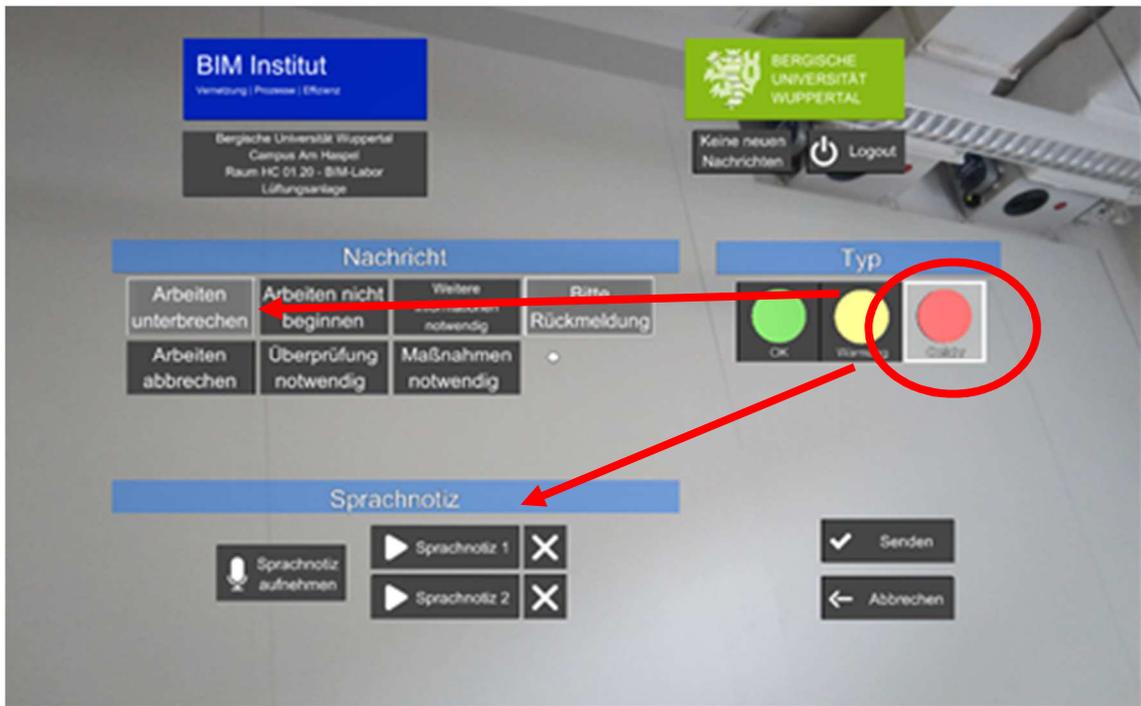


Abbildung 48: Nutzung der AR-Brille Sprachnachricht und Textbaustein erstellt



Abbildung 49: Nutzung des Tablets zur Informationsverarbeitung

8 Öffentlichkeitsarbeit und Veröffentlichungen

- agbau (Artikel): 02.2016, Arbeitsschutz digitalisiert, Arbeitsschutz und Building Information Modeling, S. 22f., Helmus, Bodtländer, et al. (2016)
- agbau (Artikel): 04.2016, Arbeitsschutz digitalisiert, Prozessidentifikation, S. 48f. V.S.G.K. (2016)
- BIM-Institut (Website): <http://www.biminstitut.de/start>
- Bundeskoordinatorentag 2017 (Vortrag): 09.11.2017, Berlin, Manfred Helmus
- Detail (Artikel): BIM: Entwicklungsstufen und Prozesse, <https://www.detail.de/artikel/bim-entwicklungsstufen-und-prozesse-29460/>, Helmus, Bodtländer et al. (2017)
- Detail (Artikel): Status quo BIM Standardisierungsprozess, <https://www.detail.de/artikel/status-quo-bim-standardisierungsprozess-29461/>, Helmus, Bodtländer et al. (2017)
- Dienstleisterin BG BAU (Flyer): 04.10.17-13.12.17, an verschiedenen Standorten der BGBAU
- ISEC-9 (Paper): BIM-Processes – Health & Safety, https://www.isec-society.org/ISEC_PRESS/ISEC_09/html/AAE-12.xml, Helmus, Bodtländer et al. (2017)
- Prävention 4.0 (Vorführung des Demonstrators): 16.11.2017, Essen, Dr. Anica Meins-Becker & Agnes Kelm
- Alpines Kolloquium (Vortrag): 05.10.2017, Hohenkammer, Kelm
- Messe AplusA (Vortrag): 19.10.2017, Düsseldorf, Kelm
- Messe Dach und Holz 2018 (Mediendialog), München

9 Bewertung der Ergebnisse

Primäres Ziel des Forschungsvorhabens war es, arbeitsschutzrelevante Informationen zu identifizieren, zu definieren, zu standardisieren und für Präventionsmaßnahmen mittels der Methode BIM zur Verfügung zu stellen. Als wesentliche Grundlage diente die Analyse relevanter Prozesse während der Immobilienlebenszyklusphasen Planung, Realisierung und Betrieb.

Im Verlauf des Projektes und mit zunehmender Konkretisierung der Prozesse hat sich jedoch herausgestellt, dass es in der Praxis an konkretem und zugleich allgemeingültigem Verständnis von geforderten Prozessen und benötigten Informationen fehlt. Durch die Erstellung eines Informationsprozesses mittels Prozessmodellierungssoftware wurde eine Grundlage im Ansatz einer Standardisierung geschaffen. Benötigte Informationen wurden mit relevanten Prozessen verknüpft und folglich Wechselwirkungen/Informationsabhängigkeiten aufgezeigt. Hierdurch wurde eine Möglichkeit geschaffen, benötigte Informationen (Dokumente) nach Verantwortlichkeiten, Phasen etc. auszuwerten. Die während des Forschungsprojektes erarbeitete Prozesslandkarte (siehe Druckbericht im Anhang) hat sich als grundlegende Orientierungshilfe herausgestellt und unterstützt Arbeitsschutzbeteiligte bei der Identifizierung von Informationsabhängigkeiten über die betrachteten Lebenszyklusphasen. Zusätzlich dient sie als Referenz und kann projekt- bzw. organisationsspezifisch angepasst werden.

Darauf aufbauend wurde ein Demonstrator entwickelt, um für ausgewählte Anwendungsfälle die Methode BIM greifbar zu machen. Der Nutzen und die Anwendbarkeit für ausführende Unternehmen konnte demonstrativ aufgezeigt werden. Die technische Umsetzung des Demonstrators erfolgte mittels Augmented-Reality-Anwendung und einem handelsüblichen Tablet. Hierzu wurde zusätzlich eine Web-App entwickelt, um die Anwendung unabhängig der Endgeräte nutzen zu können. Die anfänglich angestrebte Nutzung der RFID-Technik wurde durch die Bluetooth-Beacon-Technik ergänzt.

Neben der aufgeführten Anwendbarkeit auf Demonstrationsbasis hat sich herausgestellt, dass ein wesentlicher Fokus auf der Methode/Procedere des Auftraggebers liegen soll. Abläufe, (Informations-)Verantwortliche, gewerkespezifischer Informationsbedarf und (digitale) Lieferzeitpunkte spielen im Arbeitsschutz der Bau- und Immobilienwirtschaft eine größere Rolle als ein dreidimensionales Gebäudemodell, das meist in den Vordergrund gestellt wird. Diese organisatorische Umsetzung sollte allerdings projekt-/objektspezifisch definiert werden. Ein wesentlicher Schritt ist die Benennung des übergreifenden Arbeitsschutz-Informationsverantwortlichen, und zwar von Beginn an. Somit kann erst die Voraussetzung für ein kooperatives Arbeiten gelegt werden. Digitale Werkzeuge sollen an dieser Stelle lediglich unterstützen und nicht Zentrum des Geschehens sein. Ein entsprechend (fachlich als auch digital) ausgebildeter Informationsverantwortlicher/-steuerer kann somit als Kommunikator und Datenpfleger agieren.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Methode BIM in Bezug zum Arbeitsschutz der Bau- und Immobilienwirtschaft noch am Anfang eines zukunftsfähigen Themas steht. Herausforderungen sollten angenommen werden, um Potenziale einer schnelllebigen Entwicklung zu nutzen.

10 Umsetzungs- und Verwertungsplan

Die langfristige Intention des Lehr- und Forschungsgebietes Baubetrieb und Bauwirtschaft ist, eine immobilienlebenszyklusübergreifende Prozesslandkarte zu erstellen. Somit können Informationsprozesse abgebildet und themenspezifische Auswertungen generiert werden. Die Ergebnisse dieses Projektes sind in diese Prozesslandkarte eingeflossen und sollen mit Folgeprojekten aktualisiert werden. Die Ergebnisse fließen zusätzlich in das Forschungsprojekt BIM und Arbeitsplanung ein, sodass der Demonstrator weiterentwickelt werden kann. Der Demonstrator wird im BIM-Labor des BIM-Instituts des LuFG ausgestellt und in die Lehre der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen integriert.

11 Literaturverzeichnis

- Acces im Unternehmen.* (o.J.). Abgerufen am 25. Juli 2017 von <http://www.access-im-unternehmen.de/index1.php?BeitragID=472&id=300>
- Aschermann, T. (18. Juni 2015). *CHIP*. Abgerufen am 25. Juli 2017 von http://praxistipps.chip.de/was-ist-access-verstaendlich-erklaert_41629
- ASTA Development GmbH.* (o.J.). Von <http://www.astadev.de/schulung/bim> abgerufen
- BG BAU.* (18. Juli 2013). Abgerufen am 12. September 2017 von <http://www.bgbau.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen-2013/weniger-arbeitsunfaelle-am-bau>
- BG BAU.* (o.J.). Abgerufen am 24. Juli 2017 von http://www.bgbau-medien.de/struktur/inh_baus.htm
- BIM4sme.* (o.J.). Abgerufen am 26. Januar 2017 von <http://www.bim4sme.org/> und <http://www.bim4smeawards.com/>
- Borrmann, A. (2015). *Building Information Modelling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Cayir, M. (2017). *Bachelorarbeit: Analyse arbeitsschutzrelevanter Softwareprodukte im Sinne der Datendurchgängigkeit*.
- CHIP.* (o.J.). Abgerufen am 25. Juli 2017 von http://www.chip.de/downloads/MySQL_13000125.html
- DATENBANKEN VERSTEHEN.* (o.J.). Abgerufen am 25. Juli 2017 von <http://www.datenbanken-verstehen.de/sql-tutorial/sql-einfuehrung/>,
- Guthardt, S. (25. November 2015). *Deutsche Handwerks Zeitung*. Abgerufen am 26. Januar 2017 von <http://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/bauen-mit-bim-ein-trend-fuers-handwerk/150/3101/293687>
- handwerk.magazin.* (o.J.). Abgerufen am 26. Januar 2017 von <http://www.handwerk-magazin.de/denkwerkstatt-2017/158/24946>
- Handwerkskammer Düsseldorf.* (28. November 2016). Abgerufen am 26. Januar 2017 von <https://www.hwk-duesseldorf.de/artikel/28-11-2016-nachhaltiges-bauen-mehr-effizienz-durch-bim-und-die-digitale-bauakte-31,0,3691.html>
- Hannewald, T. (8. März 2017). *N+P Informationssysteme*. Abgerufen am 12. Juni 2017 von <http://blog.nupis.de/einstieg-open-bim-closed-biom/>
- Helmus, M., & et. al. (2017). *Grundlagenbericht: Building Information Modeling und Prozesse*. BBSR, DBU, DGUV.
- Helmus, M., Kesting, H., & Zibell, M. (2017). *Endbericht: Digital Bauen mit BIM in Deutschland: Fokus Bauausführung, Entwicklung eines Anforderungskatalogs an Bauwerksinformationsmodelle in Bezug auf die Standardisierung der Detailinhalte und Detailtiefe aus Sicht der Bauausführung*. BBSR.
- Helmus, M., Khorrami, N., & Kaufhold, M. (2017). *Endbericht: Entwicklung einer idealtypischen Soll-Prozesskette zur Anwendung der BIM-Methode im Lebenszyklus von Bauwerken*. BBSR.
- Justus-Liebig-Universität Giessen.* (o.J.). Abgerufen am 25. Juli 2017 von <https://www.uni-giessen.de/ub/rnavi/a-z/az-d/ag2-Datenbank>
- Mordue, S., & Finch, R. (2014). *BIM FOR CONSTRUCTION HEALTH AND SAFETY*. Newcastle upon Tyne: RIBA Publishing.
- National BIM-Standards United States.* (o.J.). Abgerufen am 12. September 2017 von <http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1>
- RFIDBASIS.* (o.J.). Abgerufen am 25. Juli 2017 von <http://www.rfid-basis.de/rfid-technik.html>
- Teizer, J., & et. al. (2013). *Objektorientierte sicherheitstechnische Planung von Hochbauprojekten mit Hilfe von Bauwerksinformationsmodellen*.

Literatur

Watermaier, S. (2017). *Bachelorarbeit: Potenziale von arbeitsschutzrelevanten Informationen in BIM-Systemen für mittelständische Dachdeckerfirmen.*

Wikipedia. (o.J.). Abgerufen am 31. Juli 2017 von <https://de.wikipedia.org/wiki/SAP>

Wikipedia. (o.J.). Abgerufen am 25. Juli 2017 von https://de.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Jet_Engine

12 Anhänge

12.1 Beispielhafte Auswertungen aus dem Prozessmodell

Tabelle 8: Prozesse und Verantwortlichkeiten (1)

	Bauherr(-envertretung)	Eigentümer(-vertretung)	Koordination	Planung	Unternehmen
Chancen und Risiken prüfen	X				
Planer suchen und auswählen	X				
Über die Präventionsinstrumente der BaustellV informieren und beraten				X	
Entscheidung bzgl. Bestellung eines verantwortlichen Dritten	X				
Bedarf an Vorankündigung, SiGeKo, SiGe-Plan und Unterlage für spätere Arbeiten ermitteln				X	
Planungsleistungen bzgl. AS definieren				X	
Erforderliche AS-Kompetenz bereitstellen	X				
Planungsalternativen hinsichtlich Auswirkungen auf AS prüfen			X		
Sicherheitstechnische Einrichtungen planen				X	
Planungskonzept unter Berücksichtigung von AS-Kriterien festlegen	X				
Prüfen, ob weitere Fachplaner im Sinne des AS erforderlich sind				X	
Kostenplanung durchführen				X	
AS-Maßnahmen in Planungsleistungen integrieren	X				
Entwurf der Unterlage für spätere Arbeiten erstellen			X		
Bei der Terminplanung beraten			X		
Bei der Planung der Baustelleneinrichtung beraten			X		
SiGePlan erstellen; Entwurf			X		
Baustellenordnung erstellen	X				
SiGe-Plan erstellen			X		
Unterlage für spätere Arbeiten zusammenstellen			X		
Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen aufstellen				X	
Stellungnahme zur Leistungsbeschreibung erarbeiten			X		
Gefährdungsbeurteilung erstellen; Angebot					X
Angebote prüfen und werten				X	
Verhandlungen mit Bietern durchführen				X	
Auftragserteilung	X				
Vorankündigung erstellen	X				
Arbeitsverfahren vorbereiten					X
Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV					X
Unterweisung durchführen					X

Tabelle 9: Prozesse und Verantwortlichkeiten (Z)

	Bauherr(-envertretung)	Eigentümer(-vertretung)	Koordination	Planung	Unternehmen
Projektsicherheitsplan erstellen					X
Bei der Vorbereitung des Baustellenbetriebs beraten			X		
SiGePlan fortschreiben und bekanntmachen			X		
Gefährdungsbeurteilung fortschreiben					X
Arbeitsschutz-Maßnahmen durchführen					X
Wirksamkeit der Arbeitsschutz-Maßnahmen prüfen					X
Dokumentation erstellen					X
Überwachung der Anwendung der Arbeitsverfahren koordinieren			X		
Sicherheitsbesprechungen organisieren und durchführen			X		
Sicherheitsbegehungen organisieren und durchführen			X		
Sicherheitseinrichtungen überprüfen			X		
Dokumentation auswerten			X		
Bauleitung durchführen	X				
Unterlage für spätere Arbeiten übergeben	X				
Unterlage für spätere Arbeiten überprüfen und fortschreiben		X			
Weitere Objektdokumentation übergeben	X				
Arbeitsverfahren vorbereiten					X
Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV					X
Unterweisung durchführen					X
Projektsicherheitsplan erstellen					X
Unterweisung		X			
Maßnahmen anpassen					X
Maßnahmen durchführen					X
Wirksamkeit der Maßnahmen prüfen					X
Dokumentation erstellen					X
Überwachung der Anwendung der Arbeitsverfahren koordinieren		X			
Sicherheitsbesprechungen organisieren und durchführen		X			
Sicherheitsbegehungen organisieren und durchführen		X			
Kontrollen (Soll/Ist-Vergleiche) durchführen		X			
Dokumentation auswerten		X			
Unterlage für spätere Arbeiten fortschreiben		X			

Tabelle 10: Auswertungsbeispiel nach Dokument „Unterlage für spätere Arbeiten“

Bezeichnung	Mit Status...	Kommt von	
		Informationsprozess	Informationsersteller
Unterlage für spätere Arbeiten	1. Bearbeitung	Entwurf der Unterlage für spätere Arbeiten zusammenstellen	Koordination
Unterlage für spätere Arbeiten	2. Bearbeitung	Unterlage für spätere Arbeiten zusammenstellen	Koordination
Unterlage für spätere Arbeiten	Freigegeben	Unterlage für spätere Arbeiten übergeben	Bauherr(-envertretung)
Unterlage für spätere Arbeiten	3. Bearbeitung	Unterlage für spätere Arbeiten überprüfen und fortschreiben	Eigentümer(-vertretung)
Unterlage für spätere Arbeiten, gewerkespezifisch	Freigegeben	Gewerkespezifische Unterlage für spätere Arbeiten erstellen	Eigentümer(-vertretung)
Unterlage für spätere Arbeiten	4. Bearbeitung	Unterlage für spätere Arbeiten fortschreiben	Eigentümer(-vertretung)

Tabelle 11: Auswertungsbeispiel nach Informationen für „Unterlage für spätere Arbeiten“

Informationsersteller	liefert...	aus Informationsprozess
Bauherr/Eigentümer	Nutzerbedarfsprogramm	Nutzerbedarfsprogramm erstellen
Bauherr/Eigentümer	Funktions-, Raum- und Ausstattungsprogramm	Funktions-, Raum-, und Ausstattungsprogramm erstellen
Bauherr/Eigentümer	Betriebskonzept	Betriebskonzept zusammenstellen
Bauherr(-envertretung)	Entwurfplanung	AS-Maßnahmen in Planungsleistungen integrieren
Planung	Anforderungs-/Maßnahmenkatalog	Anforderungs-/Maßnahmenkatalog erstellen
Planung	Planprüfung	Pläne von Dritten überprüfen
Koordination	Unterlage für spätere Arbeiten	Entwurf der Unterlage für spätere Arbeiten zusammenstellen
Koordination	Protokoll zur Planprüfung	Bei der Planprüfung beraten
Bauherr/Eigentümer	Ausführungsplanung	Ausführungsplanung prüfen und freigeben
Koordination	Unterlage für spätere Arbeiten	Unterlage für spätere Arbeiten zusammenstellen
Bauherr(-envertretung)	Objektdokumentation	Objektdokumentation übergeben
Bauherr(-envertretung)	Unterlage für spätere Arbeiten	Unterlage für spätere Arbeiten übergeben
Bauherr(-envertretung)	Objektdokumentation	Objektdokumentation übergeben
Unternehmen	Gefährdungsbeurteilung	Maßnahmen anpassen

Tabelle 12: Auswertungsbeispiel nach Dokument „Gefährdungsbeurteilung“

Mit Status...	Kommt von		Informationsprozess
	Informationsersteller	liefert...	
1. Bearbeitung	Ausführendes Unternehmen	LV Hauptleistungen	Hauptleistungen ermitteln
	Ausführendes Unternehmen	Protokoll Baufeldbegehung	Baufeld besichtigen
	Koordination	SiGePlan	SiGe-Plan erstellen
	Planung	Ausschreibungsunterlagen	Ausschreibungsunterlagen zusammenstellen
	Bauherr(-envertretung)	Baustellenordnung	Baustellenordnung erstellen
	Koordination	Gewerkespezifische Gefährdungsfaktoren	Gewerkespezifische Gefährdungsfaktoren ermitteln
	Planung	Baustelleneinrichtungsplan	Baustelleneinrichtung planen
	Ausführendes Unternehmen	Geplante Arbeitsmittel/Arbeitsverfahren/Arbeitsstoffe	Geplante Arbeitsmittel/Arbeitsverfahren/Arbeitsstoffe aufstellen
	Ausführendes Unternehmen	BE-Konzept Angebot	BE-Konzept aufstellen
	Ausführendes Unternehmen	Terminplan	Grobtermine planen
2. Bearbeitung	Ausführendes Unternehmen	Baustelleneinrichtungsplan	Baustelleneinrichtungsplan erstellen
	Ausführendes Unternehmen	Arbeitsschutzmanagementsystem	Arbeitsschutzmanagementsystem pflegen
	Ausführendes Unternehmen	Projektspezifische Information für die GB; AV	Arbeitsverfahren vorbereiten
3. Bearbeitung	Ausführendes Unternehmen	Gefährdungsbeurteilung	Gefährdungsbeurteilung erstellen; Angebot
	Koordination	SiGePlan	SiGePlan erstellen
	Koordination	Sicherheits und Gesundheitsschutzplan AV	SiGePlan fortschreiben und bekanntmachen
	Ausführendes Unternehmen	Gefährdungsbeurteilung	Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV
	Ausführendes Unternehmen	Kick-Off Protokoll Fertigung	Kick-Off Besprechung durchführen
	Ausführendes Unternehmen	Terminplan Fertigung	Termincontrolling fortführen
	Ausführendes Unternehmen	Protokoll Baustellenbegehung AVOR	Baustelle besichtigen
1. Bearbeitung	Ausführendes Unternehmen	Arbeitsschutzmanagementsystem	Arbeitsschutzmanagementsystem pflegen
	Ausführendes Unternehmen	Objektspezifische Information für die GB; AV	Arbeitsverfahren vorbereiten
2. Bearbeitung	Eigentümer(-vertretung)	Unterlage für spätere Arbeiten	Unterlage für spätere Arbeiten überprüfen und fortschreiben
	Ausführendes Unternehmen	Wirksamkeitsüberprüfung	Wirksamkeit der Maßnahmen prüfen
	Ausführendes Unternehmen	Gefährdungsbeurteilung	Gefährdungsbeurteilung erstellen; AV

12.2 Druckbericht aus dem Prozessmodell