



Machbarkeitsstudie für BIM-basierte Planungshilfen für Arbeitsstätten

baua: Bericht

**Forschung
Projekt F 2471**

J. Otto
P. Maiwald
M. Schmauder

**Machbarkeitsstudie für BIM basierte
Planungshilfen für Arbeitsstätten**

1. Auflage 2021
Dortmund/Berlin/Dresden

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht zum Projekt F 2471 „Machbarkeitsstudie für BIM-basierte Planungshilfen für Arbeitsstätten – Erschließen der Planungsmethode Building Information Modeling (BIM) für den Arbeitsschutz in der Wertschöpfungskette des Bauens“ im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Autoren: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jens Otto
GWT-TUD GmbH,
Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden
Dipl.-Ing. Patrick Maiwald
Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden
Prof. Dr.-Ing. Martin Schmauder
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, TU Dresden

Projektleitung: Stephan Gabriel
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Titelbild: gorodenkoff/iStock.com

Umschlaggestaltung: Milena Marano
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1 – 25, 44149 Dortmund
Postanschrift: Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund
Telefon 0231 9071-2071
Telefax 0231 9071-2070
E-Mail info-zentrum@buaa.bund.de
Internet www.buaa.de

Berlin: Nöldnerstraße 40 – 42, 10317 Berlin
Telefon 030 51548-0
Telefax 030 51548-4170

Dresden: Fabricestraße 8, 01099 Dresden
Telefon 0351 5639-50
Telefax 0351 5639-5210

Die Inhalte der Publikation wurden mit größter Sorgfalt erstellt und entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die BAuA jedoch keine Gewähr.

Nachdruck und sonstige Wiedergabe sowie Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

doi:10.21934/buaa:bericht20210202 (online)

www.buaa.de/dok/8855390



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzreferat	4
Abstract	5
1 Einführung, Zielstellung und Abgrenzung	6
1.1 Einordnung der Machbarkeitsstudie	6
1.2 Aufgabenstellung und Ziele	6
1.3 Methodik und Vorgehensweise	7
1.4 Abgrenzung	7
2 Planung von Arbeitsstätten und zugehörige Regelwerke	8
2.1 Relevanz und Einordnung des Themengebietes	8
2.2 Begriff „Arbeitsstätte“	9
2.3 Prozess der Planung von Arbeitsstätten	10
2.4 Einordnung des Arbeitsstättenrechts	13
2.5 Inhaltliche Aufarbeitung des Arbeitsstättenrechts	15
2.5.1 Zusammenstellung aller zugehörigen Vorschriften und Regeln für Arbeitsstätten	16
2.5.2 Zusammenstellung aller zugehörigen Vorschriften und Regeln je Element	20
2.5.3 Zusammenstellung der Vorgaben je Element	25
2.5.4 Zusammenstellung der Vorgaben je Prüfungsinhalt	27
2.5.5 Zusammenstellung der Vorgaben je Nutzungsart	32
2.6 Potenziale von optimierten Vorgaben	35
2.7 Fazit	36
3 Building Information Modeling	37
3.1 Grundlagen	37
3.2 Begrifflichkeiten	40
3.3 BIM-Level	45
3.4 BIM-Rollen	47
3.5 Status quo – BIM in Deutschland	48
3.5.1 Nutzung in der Baubranche	48
3.5.2 Politische Perspektive	52
3.5.3 Forschung	53
3.5.4 BIM-spezifische Gremien und Vorschriften	55
3.6 Überblick über BIM-basierte Planungshilfen	56
3.7 Ausblick	58
4 Erwartungen und Anforderungen der Anwender und Akteure	59
4.1 Allgemeines Vorgehen, Interessengruppen und Auswahl ihrer Vertreter	59
4.2 Untersuchungsmethodik	62
4.3 Durchführung der Experteninterviews	64
4.4 Ergebnisse der Experteninterviews	64
4.4.1 Planungsrechtliche Grundlagen	65

4.4.2	Wissensstand über das Arbeitsstättenrecht	68
4.4.3	Umsetzung des Arbeitsstättenrechts in der Planungsphase	70
4.4.4	Technische, fachliche und organisatorische Voraussetzungen (BIM)	72
5	Umsetzungsvoraussetzungen BIM-basierter Planungshilfen	75
5.1	Ausgangssituation und Ausrichtung BIM-basierter Planungshilfen	75
5.2	Normative Umsetzungsvoraussetzungen	77
5.3	Organisatorische Umsetzungsvoraussetzungen	78
5.4	Technische Umsetzungsvoraussetzungen	80
5.5	Bewertung der Umsetzbarkeit	81
5.6	Ableitung von Entscheidungsgrundlagen	85
6	Beispielhafte Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen (Demonstratoren)	87
6.1	Einleitung	87
6.2	Informationssystem	88
6.2.1	Hintergrund und Ziele	88
6.2.2	Funktionsweise	88
6.2.3	Fazit	93
6.3	Assistenzsystem	93
6.3.1	Hintergrund und Ziele	93
6.3.2	Funktionsweise	94
6.3.3	Fazit	98
6.4	Kontrollsystem	98
6.4.1	Hintergrund und Ziele	98
6.4.2	Funktionsweise	98
6.4.3	Fazit	102
7	Zusammenfassung und Handlungsempfehlung	103
7.1	Zusammenfassung und Ergebnis der Machbarkeitsstudie	103
7.2	Handlungsempfehlung für die BAuA	105
	Literaturverzeichnis	108
	Abbildungsverzeichnis	111
	Tabellenverzeichnis	113
	Anhang	114

Machbarkeitsstudie für BIM-basierte Planungshilfen für Arbeitsstätten

Kurzreferat

Der Planung von gut gestalteten, sicheren und gesunderhaltenden Arbeitsstätten kommt unter Beachtung des Arbeitsstättenrechts eine wichtige Rolle zu. Nicht selten ist dabei jedoch festzustellen, dass Vorgaben des Arbeitsstättenrechts unbeachtet bleiben. Ursachen dafür sind häufig unkonkrete oder sich ändernde Planungsziele, Unkenntnis, fehlende Informationen bei Planern, unkoordinierte Planungsänderungen, mangelhaft umgesetzte Planprüfprozesse und fehlende Abnahmeprozedere. An dieser Stelle setzt die Idee von BIM-basierten Planungshilfen für Arbeitsstätten an.

Die fortschreitende Digitalisierung der Planung und Ausführung von Bauleistungen schafft die Grundlage für ein digitales Abbild von Zuständen baulicher Anlagen und Prozessen („digitaler Zwilling“). Mit Hilfe dieser Daten wird es zunehmend besser möglich sein, durch deren computergestützte Auswertung neues Wissen zu generieren. Die damit verbundenen Potenziale können für neue Dienstleistungen und unterstützende Assistenzsysteme, z. B. im Kontext der hier gegenständlichen BIM-basierten Planungshilfen für Arbeitsstätten, genutzt werden.

Im Rahmen der Untersuchungen konnte einerseits der grundsätzliche Bedarf an unterstützenden Assistenzsystemen bestätigt und inhaltlich konkretisiert werden. Andererseits konnten in diesem Zusammenhang weiterer, über die hier gegenständliche Fragestellung hinausgehender Handlungsbedarf sowie nennenswerte Wirkungsbereiche zur Verbesserung der vorgenannten Defizite eruiert werden. Konkret wurden unter Beachtung unterschiedlicher Anwenderperspektiven drei hauptsächliche Einsatzgebiete identifiziert:

- Information, Aufklärung und praxisnahe Bereitstellung von Wissen,
- (teil-)automatisierte Unterstützung durch beratende und prüfende Assistenzsysteme während der Planungsphase und
- (teil-)automatisierte Prüfung digitaler Planunterlagen (BIM-Modell) auf arbeitsstättenrechtliche Belange.

Spezifische Insellösungen methodisch vergleichbarer Planungshilfen zeigen die grundsätzliche Machbarkeit dieser Idee. Voraussetzung für die Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen ist vor allem die möglichst vollständige Übersetzung der Vorgaben des Arbeitsstättenrechts in numerisch verarbeitbare Datenstrukturen. In der Machbarkeitsstudie werden dazu konkrete Anforderungen und Handlungsempfehlungen gegeben, die zur Umsetzung vorgenannter Planungshilfen führen. Weiterführend werden mögliche Anwendungsszenarien beispielhaft demonstriert.

Schlagwörter:

Machbarkeitsstudie, BIM, BIM-basierte Planungshilfen, Assistenzsysteme, Arbeitsstätten, Arbeitsstättenrecht, Digitalisierung, IFC, Planungsprozess, digitaler Zwilling

Feasibility study for BIM-based planning supports for working places

Abstract

The planning of well-designed, safe and healthy working places plays an important role in compliance with workplace law. It is not uncommon to find out that the requirements of workplace law are disregarded. The reasons for this are often vague or changing planning objectives, ignorance, missing information among planners, uncoordinated planning changes, poorly implemented plan review processes and a lack of acceptance procedures. This is where the idea of BIM-based planning supports for working places comes in.

The progressive digitization of the planning and execution of construction works creates the basis for a digital twin of the states of structural systems and processes. With the help of this data, it will be increasingly possible to generate new knowledge through this computer-aided evaluation. The associated potential can be used for new services and supporting assistance systems, e.g. in the context of the BIM-based planning supports for working places as issued here.

As part of the investigations, the basic need for supporting assistance systems could be confirmed and substantiated. Furthermore, it was possible to identify further need for action, as well as significant fields of action to improve the aforementioned deficits. Specifically, taking into account different user perspectives, three main areas of application were identified:

- information, education and practical supply of knowledge,
- (partially) automated support through advisory and testing assistance systems during the planning phase and
- (partially) automated proofing of digital planning documents (BIM-model) for workplace law issues.

Specific isolated solutions of methodically comparable planning supports show the basic feasibility of this idea. The requirement for the implementation of BIM-based planning supports is the most complete possible translation of the workplace law requirements into numerically processible data structures. In the feasibility study, specific requirements and recommended actions are given, which lead to the implementation of the aforementioned planning supports. Finally possible application scenarios are demonstrated in the feasibility study.

Key words:

feasibility study, BIM, BIM-based planning supports, assistance systems, workplaces, workplace law, digitization, IFC, planning process, digital twin

1 Einführung, Zielstellung und Abgrenzung

1.1 Einordnung der Machbarkeitsstudie

Arbeitsstätten sind insbesondere Arbeitsräume, die mit Arbeitsplätzen ausgestattet sind. Zur Arbeitsstätte gehören u. a. auch Verkehrswege, Fluchtwege, Notausgänge, Lagerräume, Pausen- und Bereitschaftsräume, Erste-Hilfe-Räume sowie Einrichtungen, die dem Betreiben der Arbeitsstätte dienen, wie z. B. Türen und Tore. Deutschlandweit gibt es mehrere 100.000 Arbeitsstätten und bei ca. 40 Mio. Beschäftigten mindestens so viele Arbeitsplätze. Arbeit von Beschäftigten findet überwiegend in Arbeitsstätten statt, weshalb der sicheren und gesundheitsgerechten Gestaltung – insbesondere vor dem Hintergrund der langen Nutzungszeit – eine hohe Bedeutung zukommt. Anforderungen zu Sicherheit und Gesundheitsschutz sind im Arbeitsstättenrecht enthalten. Ausgehend von der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) werden diese in einzelnen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) konkretisiert. Die ArbStättV selbst gilt für das Einrichten und Betreiben, d. h., die Anforderungen müssen bereits bei der Planung (= Einrichten) berücksichtigt werden.

Der Planung von gut gestalteten, sicheren und gesunderhaltenden Arbeitsstätten kommt unter Beachtung des Arbeitsstättenrechts eine außerordentlich wichtige Rolle zu. Diese Planung erfolgt in der Regel im Zusammenhang mit der Planung von Büro-, Gewerbe- und Industriegebäuden. Nicht selten ist dabei jedoch festzustellen, dass diese Planung nicht fehlerfrei ist und bei neu erstellten Arbeitsstätten Vorgaben des Arbeitsstättenrechts unbeachtet bleiben. Ursache dafür sind häufig unkonkrete oder sich ändernde Planungsziele, Unkenntnis, fehlende Informationen bei Planern, unkoordinierte Planungsänderungen, mangelhaft umgesetzte Planprüfprozesse und fehlende Abnahmeprozedere. Diese Fehler lassen sich häufig ohne großen Aufwand während der Planungsphase, jedoch nur mit erheblichem Aufwand oder alternativen Kompromisslösungen nach der Herstellungsphase baulicher Anlagen beheben. An dieser Stelle setzt die Idee von Planungshilfen, welche auf der Methode des Building Information Modeling basieren, auch BIM-basierte Planungshilfen genannt, für Arbeitsstätten an.

1.2 Aufgabenstellung und Ziele

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie soll untersucht werden, inwieweit auf Grundlage des Building Information Modeling (BIM) Planungshilfen erstellt werden können, welche die Planung von Arbeitsstätten im Sinne des Arbeitsstättenrechts sinnvoll und wirksam unterstützen, die Planungsergebnisse vervollständigen und möglichst fehlerfrei machen können. Im Einzelnen werden insbesondere folgende Punkte betrachtet:

- aktueller Stand und Inhalt des Arbeitsstättenrechts,
- aktueller Stand Building Information Modeling (BIM),
- wichtige Anwendungszusammenhänge, spezifische Interessen und anwenderbezogene Anforderungen an BIM-basierte Planungshilfen,
- Beschreibung BIM-basierter Planungshilfen und Anforderungen an die Produktgestaltung,
- technische, inhaltliche und transferspezifische Anforderungen an die Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen,
- Entwicklung beispielhafter Demonstratoren zur Umsetzung und Produktgestaltung und

- Handlungsempfehlung zum weiteren Vorgehen.

Weiterhin sollen die Potenziale und Umsetzungsmöglichkeiten konkretisiert und beispielhaft für die Objektkategorie „Tür“ dargestellt werden.

1.3 Methodik und Vorgehensweise

Der Machbarkeitsstudie liegt folgende Vorgehensweise zugrunde:

Kapitel 2 („Planung von Arbeitsstätten und zugehörige Regelwerke“) fasst die Grundlagen der Planung von Arbeitsstätten sowie die spezifisch zu beachtenden Regelwerke zusammen. Es arbeitet insbesondere das Arbeitsstättenrecht inhaltlich auf und stellt Zusammenhänge, aber auch Unterschiede zu weiteren Rechtsgebieten dar.

Parallel dazu beschreibt das Kapitel 3 („Building Information Modeling“) im Kontext der Aufgabenstellung die wichtigsten Grundlagen und den aktuellen Stand der Entwicklung des BIM. Eine Übersicht bereits existierender Planungshilfen gibt erste Einblicke über das grundsätzliche Nutzungspotenzial BIM-basierter Datenstrukturen.

Das Kapitel 4 („Erwartungen und Anforderungen der Anwender und Akteure“) beschreibt Vorgehen und Ergebnisse einer durchgeführten Umfeldanalyse, durch die die Erwartungen und Anforderungen unterschiedlicher Anwender sowie deren Anwendungszusammenhänge erläutert werden.

Kapitel 5 („Umsetzungsvoraussetzungen BIM-basierter Planungshilfen“) zeigt Möglichkeiten der konkreten Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen, deren technische, normative und fachinhaltliche Voraussetzungen und bewertet die Umsetzbarkeit. Abschließend werden konkrete Entscheidungsgrundlagen abgeleitet.

Im Kapitel 6 („Beispielhafte Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen (Demonstratoren)“) werden an beispielhaften Anwendungsszenarien (Demonstratoren) mögliche Varianten einer zukünftigen inhaltlichen und visuellen Umsetzung von konkreten BIM-basierten Planungshilfen aufgezeigt und ansatzweise inhaltlich aufgearbeitet. Grundlage hierfür ist die Objektkategorie „Tür“.

Das Kapitel 7 („Zusammenfassung und Handlungsempfehlung“) fasst die Studie sowie ihre Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftigen Entwicklungsbedarf. Weiterhin gibt es eine Handlungsempfehlung als Grundlage für Entscheidungen im Zusammenhang mit dem weiteren Vorgehen der BAuA.

1.4 Abgrenzung

Gemäß der Aufgabenstellung beschreibt diese Machbarkeitsstudie ausschließlich grundsätzliche Möglichkeiten BIM-basierter Planungshilfen und deren Potenziale, erarbeitet einen Überblick über wichtige inhaltliche Grundlagen und leitet darauf aufbauend mögliche Handlungsalternativen und Umsetzungsschritte für eine mögliche Realisierung ab. Weiterhin wird exemplarisch am Bauteil „Tür“ die Zusammenwirkung der Anforderungen aus verschiedenen Rechtsgebieten dargestellt.

2 Planung von Arbeitsstätten und zugehörige Regelwerke

2.1 Relevanz und Einordnung des Themengebietes

Der gewerbliche und öffentliche Hochbau hat einen signifikanten Anteil am gesamten Bauvolumen in Deutschland. Im Jahr 2018 haben diese beiden Baubereiche circa 30 % der deutschen Bauleistung ausgemacht (vgl. Abbildung 2-1; (Breitkopf, 2019)).

Anteil am Bauvolumen [Angaben in Prozent]

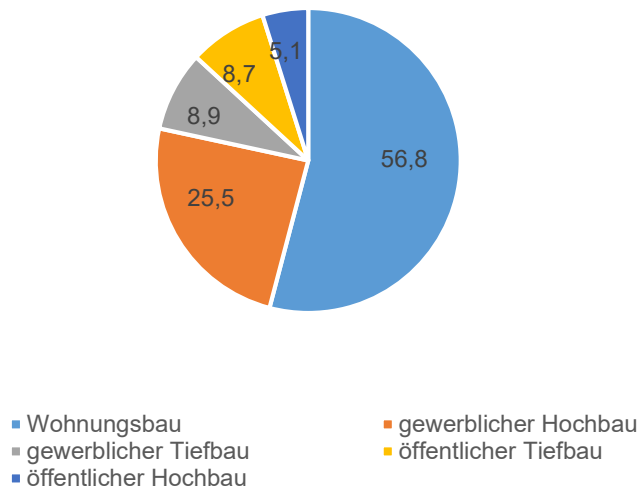


Abbildung 2-1 Struktur des Bauvolumens nach Baubereichen in Deutschland 2018

Es ist davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren der Anteil dieser beiden Bereiche weiter steigen wird. Nach aktuellen Prognosen werden diese im Jahr 2021 ein Gesamtvolumen von etwa 121 Mrd. € annehmen. Dieses Volumen verteilt sich auf Bauleistungen an bestehenden Gebäuden mit circa 70 Mrd. € (circa 60 %) und auf Neubaumaßnahmen mit circa 50 Mrd. € (circa 40 %) (Gornig, Michelsen, & Pagenhardt, 2020). Da gewerbliche und öffentliche Hochbauten (z. B. Produktionshallen, Bürogebäude, Laborgebäude, Schulen, Verwaltungsgebäude usw.) nahezu ausschließlich Arbeitsstätten beinhalten, kommt auch zukünftig der Planung dieser Gebäude sowie der Arbeitsstätten in diesen Gebäuden eine außerordentlich hohe Bedeutung zu. Nach Angaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) werden pro Jahr circa 20.000 bis 30.000 Gebäude für die Nutzung als Arbeitsstätte errichtet (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2020). Grundsätzlich sind diese Gebäude durch lange Nutzungsdauern (50 bis 80 Jahre) sowie eine Vielzahl an einzuhaltenden Vorgaben beim Planen, Herstellen, Einrichten und Betreiben geprägt. Die Praxis zeigt dabei, dass es Umsetzungsschwierigkeiten bei der Beachtung, Interpretation und Zusammenführung der Vorgaben einschlägiger Regelwerke des Arbeitsstättenrechts gibt. Dies führt teilweise zur fehlerhaften Planung und Bauausführung, was aus Sicht des Arbeitsstättenrechts als Mangel zu bewerten ist. Dadurch kann die Inbetriebnahme baulicher Anlagen oder die Umsetzung spezifischer Nutzungskonzepte verzögert werden. Zugrunde liegende Planungsfehler lassen sich mit zunehmendem Baufortschritt oft nur bedingt und mit teils hohem finanziellen und zeitlichen Aufwand kompensieren. Ist eine Behebung der Fehler aus wirtschaftlicher

Sicht nicht mehr tragbar oder technisch nicht umsetzbar, können nur noch Kompromisslösungen für die Nutzung gefunden werden. Als Beispiel solcher Kompromisslösungen sind organisatorische Maßnahmen, wie die Begrenzung der Personenanzahl in Räumlichkeiten, zu nennen. Dies führt meist zu unerwünschten Einschränkungen in der Nutzung und damit zu einer nutzerspezifischen Wertminderung der baulichen Anlage.

Im Zuge der hier gegenständlichen Machbarkeitsstudie soll daher untersucht werden, inwieweit die Planungsmethode Building Information Modeling (BIM) Potenzial bietet, dieser Problematik entgegenzuwirken.

2.2 Begriff „Arbeitsstätte“

Zur Abgrenzung der Ergebnisse dieser Machbarkeitsstudie, vor allem aber auch der zu berücksichtigenden Normen und Regelwerke, ist es erforderlich, den Begriff der Arbeitsstätte zu definieren. Dabei wird grundsätzlich Bezug auf die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) genommen, welche Mindestvorschriften für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten beim Betreiben von Arbeitsstätten, als Teilgebiet des Arbeitsrechts, enthält. Nach § 2 ArbStättV sind Arbeitsstätten¹

1. Arbeitsräume oder andere Orte in Gebäuden auf dem Gelände eines Betriebes,
2. Orte im Freien auf dem Gelände eines Betriebes oder
3. Orte auf Baustellen,

sofern sie zur Nutzung für Arbeitsplätze vorgesehen sind. Die Machbarkeitsstudie befasst sich inhaltlich mit den die Arbeitsstätte umgebenden baulichen Anlagen als solches. Auf dieser Grundlage sind daher die unter Punkt 1 genannten Arbeitsräume und anderen Orte innerhalb eines Gebäudes für die weitere Untersuchung relevant. Orte im Freien oder Orte auf Baustellen werden nicht betrachtet. Weiterhin zählen nach der Arbeitsstättenverordnung folgende Orte zu Arbeitsstätten:²

4. Orte auf dem Gelände eines Betriebes oder einer Baustelle, zu denen Beschäftigte im Rahmen ihrer Arbeit Zugang haben,
5. Verkehrswege, Fluchtwege, Notausgänge, Lager-, Maschinen- und Nebenräume, Sanitärräume, Kantinen, Pausen- und Bereitschaftsräume, Erste-Hilfe-Räume, Unterkünfte sowie
6. Einrichtungen, die dem Betreiben der Arbeitsstätte dienen, insbesondere Sicherheitsbeleuchtungen, Feuerlöscheinrichtungen, Versorgungseinrichtungen, Beleuchtungsanlagen, raumlufttechnische Anlagen, Signalanlagen, Energieverteilungsanlagen, Türen und Tore, Fahrsteige, Fahrtreppen, Laderampen und Steigleitern.

Aufgrund ihrer Auswirkungen auf die Konstruktion der baulichen Anlagen sind die unter Punkt 5 und 6 genannten Flächen und Einrichtungen auch zu betrachten. Im Sinne der Machbarkeitsstudie werden daher folgende Räume, Flächen, Einrichtungen und Bauteile als Arbeitsstätten definiert:

- alle Räumlichkeiten innerhalb eines Gebäudes, die als Arbeitsplatz dienen,
- alle Verkehrsflächen, Fluchtwege usw.³ innerhalb eines Gebäudes,

¹ vgl. § 2 Abs. 1 ArbStättV

² vgl. § 2 Abs. 2 ArbStättV

³ Vgl. für weiterführende Orte innerhalb von Gebäuden die Aufzählung im vorgenannten Punkt 5.

- alle Einrichtungen und Bauteile, die für die Nutzung der Arbeitsstätte notwendig sind.

In Abhängigkeit der Nutzungsszenarien von Arbeitsstätten ergeben sich insbesondere folgende häufige Nutzungsarten:

- Büro,
- Produktion,
- Großhandel,
- Einzelhandel, Gewerbe und Verkaufsstätten,
- Dienstleistungen (Frisör, Arzt usw.),
- Versammlungsstätten,
- Schulen, Kindergärten und Kinderkrippen.

Basierend auf dieser Definition lassen sich unter Beachtung der jeweiligen Nutzungsart die einschlägigen Regelwerke und Normen sowie die sich daraus ableitbaren baulichen Anforderungen an Arbeitsstätten konkretisieren. Bevor diese weiterführend analysiert und ausgewertet werden, soll in einem nächsten Schritt kurz der grundsätzliche Planungsprozess für Arbeitsstätten beschrieben werden.

2.3 Prozess der Planung von Arbeitsstätten

Der Prozessablauf für die Planung von Gebäuden und damit Arbeitsstätten gliedert sich in der Regel nach den neun Leistungsphasen des Leistungsbildes „Gebäude und Innenräume“ gemäß § 34 HOAI (2013) (vgl. Abbildung 2-2).

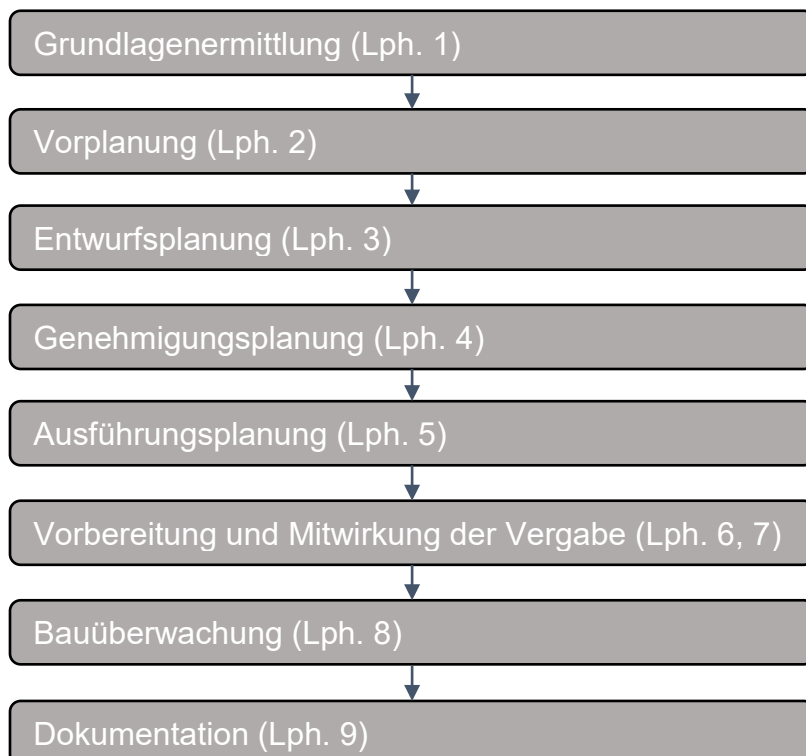


Abbildung 2-2 Prozessablauf der Planung nach den Leistungsphasen gemäß § 34 HOAI

Für die detaillierte Planung von Arbeitsstätten sind dabei insbesondere die Leistungsphasen 2, 3, 4 und 5 von Bedeutung. Weiterführend wird in der Leistungsphase 8 überwacht, inwieweit die geplanten Maßnahmen auch in die Realität umgesetzt wurden. Der Prozessablauf bei der Planung von Arbeitsstätten unterscheidet sich dabei

kaum von Detailplanungen bei anderen Hochbaumaßnahmen, wie beispielsweise der Planung von Wohngebäuden.

In nachfolgender Tabelle 2-1 werden alle bei der Planung von Arbeitsstätten Beteiligten und ihre Hauptaufgaben zusammengefasst.

Tabelle 2-1 Beteiligte bei der Planung von Arbeitsstätten

Beteiligte	Hauptaufgabe
Bauherr ⁴	Definition der Planungsziele, Funktion und Nutzungsanforderung der baulichen Anlage bzw. Arbeitsstätte, Abnahme
Nutzer	Definition der Funktionen und Nutzungsanforderung
Betreiber	Definition der Funktionen und Nutzungsanforderung
Objektplaner (Architekt)	Objektplanung, Bauüberwachung, Planungs Koordination, Abnahme
Fachplaner (Tragwerksplanung, Technische Ausrüstung)	Fachplanung, Bauüberwachung, Planungs Koordination
weitere Fachplaner	Fachplanung (z. B. Produktionsplanung), Bauüberwachung usw.
prüfende und baufrei gebende Behörde	Prüfung des Bau-Solls unter Beachtung des öffentlichen Baurechts und der einschlägigen Rechtsvorschriften, Bauüberwachung, Abnahme

Die eigentliche Planung der Arbeitsstätten erfolgt in der Regel durch einen Architekten im Rahmen der Objektplanung (Teil 3, Abschnitt 1 HOAI 2013). Dabei werden, unter Beachtung der Besonderheiten des Grundstückes, der spezifischen Nutzeranforderungen und der einschlägigen Regelwerke die Geometrie des Gebäudes sowie die Materialien, Einrichtungen und spezifischen Bauteile detailliert geplant. Vertraglich geschuldeter Werkerfolg ist dabei die Erfüllung der vereinbarten Planungsziele⁵, aus denen sich vor allem auch die zukünftige Funktionalität des Gebäudes und die Anforderungen an die Arbeitsstätten ableiten. Das Leistungsbild der Objektplanung des Architekten wird ergänzt durch die verschiedenen Fachplanungen von Ingenieuren, die beispielsweise auf die Planung der Technischen Ausrüstung (vgl. Teil 4, Abschnitt 1 HOAI, 2013) oder die Planung von Produktionsstätten (z. B. Fabrikplanung) abzielen. In der Regel koordiniert der Architekt die Objekt- und einzelnen Fachplanungen und ist verantwortlich für die Erstellung der koordinierten Gesamtplanung. Im Rahmen der Baugenehmigung (Lph. 4 HOAI) erfolgt durch die Bauaufsichtsbehörde die Planprüfung und -genehmigung. In dieser Phase werden neben den Belangen der Standsicherheit vor allem auch die Belange des öffentlichen Baurechts geprüft. Dem Grunde nach sollten an dieser Stelle auch die Belange des Arbeitsstättenrechts, also die korrekte Umsetzung der spezifischen Vorgaben in Vorschriften und Regeln, geprüft werden. Bei mangelhafter Planung erfolgt die Erteilung von Auflagen durch die Genehmigungsbehörde. Diese Auflagen sind bei der weiterführenden Planung (Lph. 5 HOAI) zu berücksichtigen und werden im Rahmen der Bauausführung und Abnahme der

⁴ Bauherren entscheiden häufig unter Mitwirkung von Fachkräften für Arbeitssicherheit und Betriebsärzten gemäß § 6 und § 3 Arbeitssicherheitsgesetz sowie unter Beteiligung von Betriebs- und Personalräten gemäß §§ 9 ff. ASiG sowie dem Betriebsverfassungsgesetz.

⁵ § 650p Abs. 1 f. BGB

Bauleistung auf Umsetzung hin geprüft. Formell wird hier zwischen der privatrechtlichen Abnahme (nach Werkvertragsrecht § 631 ff. BGB) und der öffentlich-rechtlichen Abnahme nach Bauordnungsrecht unterschieden.

Die Qualität der erstellten Planung aus Sicht des Arbeitsstättenrechts ist dabei maßgeblich von der Konstellation zwischen Bauherr, Eigentümer und Nutzer abhängig. Begründet wird dies mit den jeweiligen Interessenslagen und verfügbaren Kenntnissen über Art und Umfang der späteren Nutzung baulicher Anlagen. Je genauer und zeitiger die Planungsgrundlagen feststehen, desto höher wird in der Regel die Qualität der Planung ausfallen. Dazu sind Kenntnisse über die Art der zukünftigen Nutzung erforderlich. Diese sind jedoch nicht immer zu dem erforderlichen Zeitpunkt verfügbar. Folgende vier Eigentümer-/Nutzungsszenarien sind üblich:

- Selbstnutzung (Bauherr ist nach Fertigstellung des Gebäudes Eigentümer und Nutzer, die nutzerspezifischen Anforderungen an Arbeitsstätten sind bekannt),
- Fremdvermietung (Bauherr ist nach Fertigstellung des Gebäudes Eigentümer und vermietet Gebäude an während der Planungsphase bereits bekannten Nutzer, die nutzerspezifischen Anforderungen an Arbeitsstätten sind bekannt),
- Fremdvermietung (Bauherr ist nach Fertigstellung des Gebäudes Eigentümer und vermietet Gebäude an während der Planungsphase unbekanntem Nutzer, die nutzerspezifischen Anforderungen an Arbeitsstätten sind häufig unbekannt) und
- Verkauf (Bauherr verkauft nach Fertigstellung das Gebäude an neuen Eigentümer und Nutzung durch während der Planungsphase unbekanntem Nutzer, die nutzerspezifischen Anforderungen an Arbeitsstätten sind häufig unbekannt).

Die in die Planung einzubindenden Beteiligten können sich bei jedem Bauprojekt unterscheiden. Dies ist davon abhängig, ob der Bauherr der spätere Nutzer der Arbeitsstätte und somit der spätere Arbeitgeber ist. In diesem Fall ist er nach § 6 Abs. 1 und § 3 Abs. 1 des Arbeitssicherheitsgesetzes (ASiG) verpflichtet, im Zuge der Planung Fachkräfte für Arbeitssicherheit (in der Praxis auch als „Sifa“ bezeichnet) und Betriebsärzte einzubinden. Diese "haben insbesondere [...] den Arbeitgeber und die sonst für den Arbeitsschutz und die Unfallverhütung verantwortlichen Personen zu beraten, insbesondere bei [...] der Planung, Ausführung und Unterhaltung von Betriebsanlagen und von sozialen und sanitären Einrichtungen". Die Fachkraft für Arbeitssicherheit soll somit in der Planung und Ausführung der späteren Arbeitsstätte mitwirken, sodass alle unternehmensspezifischen Belange des Arbeitsschutzes berücksichtigt werden. Hierbei wird jedoch schon eine Problematik deutlich: Sollte der Bauherr eben nicht der spätere Nutzer sein, ist gemäß § 6 ASiG die Fachkraft für Arbeitssicherheit des potenziellen Nutzers in die Planung einzubeziehen. Oftmals ist während der Planung von Arbeitsstätten (z. B. von Bürogebäuden) der spätere Nutzer noch nicht bekannt. Damit können spezifische Belange der Arbeitsstätten nicht berücksichtigt werden. Die Folgen für die Praxis werden in Kapitel 4 "Erwartungen und Anforderungen der Anwender und Akteure" anhand von Experteninterviews näher erläutert.

Eine weitere Unterscheidung bei den Beteiligten im Planungsprozess, hier konkret bei der prüfenden Instanz, basiert auf dem föderal gestalteten Bauordnungsrecht in Deutschland. Basierend auf den Artikeln 30 und 70 des Grundgesetzes sind die Bundesländer für "die Ausübung der staatlichen Befugnisse und die Erfüllung der staatlichen Aufgaben"⁶ zuständig. Eine dieser staatlichen Aufgaben ist es, zu gewährleisten,

⁶ Art. 30 GG

dass bauliche Anlagen "so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten [sind], dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung [...] nicht gefährdet werden".⁷ Für die Erfüllung dieser Aufgabe haben die jeweiligen Bundesländer Landesbauordnungen erlassen. In diesen werden sowohl die allgemeinen Anforderungen von baulichen Anlagen als auch zum Beispiel die Baugenehmigungsverfahren geregelt.⁸ Diese werden zwar auf Grundlage der Musterbauordnung verfasst, unterscheiden sich jedoch je Bundesland signifikant in einzelnen Festlegungen. Insbesondere auch die unterschiedlichen Vorgaben in Bezug auf die Einbindung der Arbeitsschutzbehörde im Genehmigungsprozess können für die Planung von Arbeitsstätten unterschiedlich geregelt sein. Beispielsweise soll die Landesbauordnung von Brandenburg (BbgBO) genannt werden: Gemäß § 64 BbgBO wird vorgegeben, dass die Bauaufsichtsbehörde bei genehmigungspflichtigen Anlagen die Zulässigkeit nach anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, soweit diese für das Vorhaben beachtlich sind, prüft.⁹ Weiterhin ist nach § 69 BbgBO das unverzügliche Einholen der Stellungnahmen der Behörden und Stellen notwendig, deren Zustimmung für die Baugenehmigung erforderlich ist oder deren Aufgabenbereich durch das Vorhaben berührt wird.¹⁰ Demnach lässt sich eine Beteiligung der Arbeitsschutzbehörde im Zuge der Baugenehmigung ableiten (Kohte, Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit, 2018). Im Gegensatz dazu werden beispielsweise in Nordrhein-Westfalen entsprechend § 65 BauO NRW ausdrücklich keine Anforderungen des baulichen Arbeitsschutzes im Baugenehmigungsverfahren geprüft. Diese länderspezifischen Unterschiede in der Rechtslage führen in der Praxis oftmals zu Unsicherheiten, inwiefern das Arbeitsschutzrecht in einem Genehmigungsverfahren einbezogen ist (Kohte, Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit, 2018). Daneben können Fachbehörden so nicht frühzeitig bei mangelhaften Planungen Einfluss nehmen. Die Folgen werden ebenfalls im Kapitel 4 näher betrachtet.

2.4 Einordnung des Arbeitsstättenrechts

In Abschnitt 2.2 wurde erläutert, was unter einer Arbeitsstätte im Sinne der hier gegenständlichen Machbarkeitsstudie zu verstehen ist. Auf Grundlage dieser Definition sollen in den folgenden Abschnitten die gesetzlichen Anforderungen an Arbeitsstätten zusammengefasst werden. Dabei gelten die Vorgaben des Bauordnungsrechts ebenso wie die Vorgaben des Arbeitsstättenrechts. Das Ziel der Ausarbeitung ist die Identifikation der anzuwendenden Vorschriften und Regeln beider Rechtsgebiete sowie die Konkretisierung der daraus folgenden Anforderungen an Arbeitsstätten. Um die Zusammenhänge zwischen den beiden Rechtsgebieten nachvollziehen zu können, muss in einem ersten Schritt die Stellung des Arbeitsstättenrechts in der gesamten Rechtsordnung Deutschlands betrachtet werden.

Die Regelungen des Arbeitsschutzes in Deutschland beruhen grundlegend auf EU-Recht. Hierbei werden die relevanten Regelungsbereiche in den entsprechenden EU-Verordnungen und EU-Richtlinien (RL) erlassen. Wichtige Grundsätze für den Arbeitsschutz sind in den folgenden EU-Richtlinien enthalten (Brauweiler, 2018, S. 1f.) (Kohte, Rechtsgutachten zum Zusammenwirken von Arbeitsstättenrecht und Bauordnungsrecht, 2018):

⁷ § 3 Abs. 1 MBO

⁸ bspw. SächsBO

⁹ § 64 BbgBO

¹⁰ § 69 BbgBO

- RL 2001/95 Allgemeine Produktsicherheit,
- RL 89/391 Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz und
- RL 89/654 Arbeitsstättenrichtlinie.

Diese Verordnungen und Richtlinien werden in Deutschland durch das nationale Arbeitsschutzrecht umgesetzt. Das deutsche Arbeitsschutzrecht beruht wiederum auf einem dualen System: Neben den staatlichen Vorgaben in Gesetzen und Verordnungen ist ebenfalls das autonome Arbeitsschutzrecht der gesetzlichen Unfallversicherungen zu berücksichtigen. Die Unfallversicherungsträger können auf Grundlage von § 15 Sozialgesetzbuch VII (SGB 7) „[...] Unfallverhütungsvorschriften über Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren oder für wirksame Erste Hilfe erlassen [...]“.¹¹ Abbildung 2-3 zeigt dazu den prinzipiellen Aufbau des dualen Arbeitsschutzrechts in Deutschland.

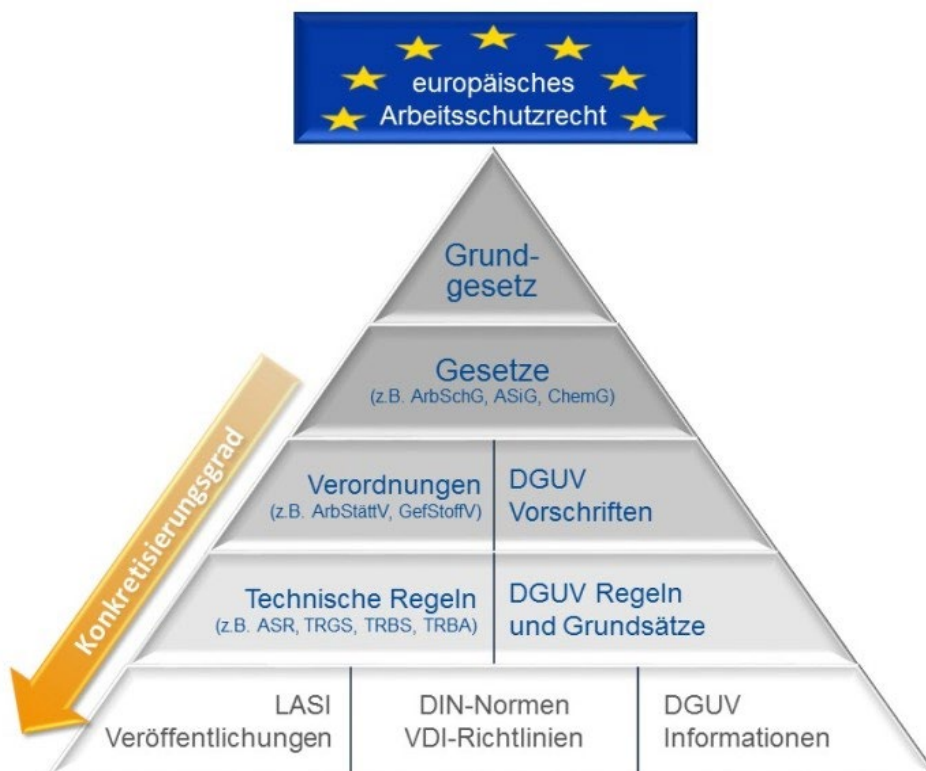


Abbildung 2-3 Pyramide des deutschen Arbeitsschutzrechts (IFA, 2020)

Abbildung 2-3 zeigt weiterhin, dass im deutschen Rechtssystem in der Regel die Gesetze durch Verordnungen sowie Verordnungen weiterführend durch Regeln konkretisiert werden. Bezogen auf das Arbeitsstättenrecht gibt es folgende grundlegende Abhängigkeit: Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)/DGUV-Informationen. An dieser Stelle muss jedoch betont werden, dass die Technischen Regeln und Vorschriften der DGUV keine Normen im rechtlichen Sinne sind. Sie gelten vielmehr als gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse (Kohte, Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit, 2018). Für den Bauherrn bedeutet dies, dass die Anwendung beim Bau einer Arbeitsstätte nicht rechtsverbindlich ist. Jedoch ist davon auszugehen, dass

¹¹ § 15 Abs. 1 SGB 7

bei Einhaltung dieser Regeln die zugrunde liegenden Gesetze und Verordnungen erfüllt sind. Es tritt demnach die sogenannte Vermutungswirkung ein. Diese bedeutet, dass ohne weiteren Nachweis die Erfüllung der Vorgaben der Verordnung gegeben ist. Auf die diesbezüglichen Probleme in der praktischen Anwendung wird im Kapitel 4 näher eingegangen.

Bei der Planung und dem Bau einer Arbeitsstätte sind aufgrund ihrer Rechtsgeltung sowohl die Vorgaben des Bauordnungsrechts, insbesondere die jeweiligen Bauordnungen des jeweiligen Bundeslandes, als auch des Arbeitsstättenrechts zu beachten. Das "Rechtsgutachten zum Zusammenwirken von Arbeitsstättenrecht und Bauordnungsrecht" aus dem Jahr 2018 zeigt dabei, dass sich die beiden Rechtsgebiete grundsätzlich ergänzen und nicht widersprechen (Kohte, Rechtsgutachten zum Zusammenwirken von Arbeitsstättenrecht und Bauordnungsrecht, 2018).

Das Urteil 9 K 1985/15 des Verwaltungsgerichts Münster aus dem Jahr 2016 zeigt weiterführend, dass sich im spezifischen Einzelfall jedoch auch Widersprüche aus diesen unterschiedlichen Rechtsgebieten ergeben können. In dem benannten Fall klagte ein Unternehmen gegen eine Ordnungsverfügung einer Arbeitsschutzbehörde, die im Rahmen der Planung einer Arbeitsstätte die Änderung der Aufschlagsrichtung einer Tür vorsah. Bis zur Beseitigung des Mangels war eine Nutzung der angrenzenden Büroräume untersagt. Obwohl für die Aufschlagsrichtung der Tür eine baurechtliche Genehmigung vorlag, entschied das VG Münster auf eine Abweisung der Klage (9 K 1985/15, 2016), da Bundesrecht zum Arbeitsschutz weitergehende Anforderungen als die jeweilige Landesbauordnung stellen könne.

Der benannte Fall soll dabei nur beispielhaft die möglichen Schwierigkeiten bei der Umsetzung des Arbeitsstättenrechts aufzeigen. Solche Sachverhalte stellen Ausnahmen bei Baumaßnahmen dar, zeigen jedoch auch, dass es noch deutliches Verbesserungspotenzial bei der Planung von Arbeitsstätten gibt.

2.5 Inhaltliche Aufarbeitung des Arbeitsstättenrechts

Mit der Machbarkeitsstudie soll untersucht werden, ob und wie durch die Potenziale der Planungsmethode BIM die Anforderungen des Arbeitsstättenrechts besser in die Planungsphasen eingebunden werden können. Grundlage dazu ist die Aufstellung aller relevanten Fachinhalte aus dem Arbeitsstättenrecht, bezogen auf eine planungsspezifische Fragestellung. Dazu müssen

- die Vorgaben der verschiedenen Regelwerke extrahiert,
- in einer Datenbasis auswertbar zusammengefasst und
- als Grundlage für BIM-basierte Planungshilfen nutzbar gemacht werden können.

Das dafür erforderliche Vorgehen und der damit verbundene Aufwand sollen nachfolgend exemplarisch aufgezeigt werden.

Aufgrund der Vielzahl von Vorgaben im Arbeitsstättenrecht erfolgt die Aufarbeitung der technischen und transferspezifischen Fachinhalte stufenweise. Der grundlegende Aufbau gliedert sich wie folgt:

1. Zusammenstellung aller zugehörigen Vorschriften und Regeln für Arbeitsstätten,
2. Zusammenstellung aller zugehörigen Vorschriften und Regeln je Element,
3. Zusammenstellung der Vorgaben je Element,

4. Zusammenstellung der Vorgaben je Prüfungsinhalt und
5. Zusammenstellung der Vorgaben je Nutzungsart.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist keine Ausarbeitung einer derartigen zusammenfassenden Datenbasis mit Fachinhalten speziell für Arbeitsstätten vorhanden. Auf Basis der Machbarkeitsstudie sollen daher Rückschlüsse gezogen werden können, wie eine zukünftige Zusammenstellung dieser Fachinhalte sinnvoll ist. Daher wurden für die jeweiligen Aspekte exemplarisch vertiefende Untersuchungen vorgenommen. Die Auswahl der Vorschriften und Regelwerke erfolgte anhand der einschlägigen Literatur sowie auf Basis von Erfahrungen. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Aufstellungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

2.5.1 Zusammenstellung aller zugehörigen Vorschriften und Regeln für Arbeitsstätten

In einem ersten Schritt wurden die einschlägigen Regelwerke identifiziert, die inhaltlich Vorgaben zur konstruktiven Planung von Arbeitsstätten machen (vgl. Tabelle 2-2). Die Analyse orientierte sich prinzipiell an dem Aufbau des Arbeitsschutzrechts in Deutschland (vgl. Abbildung 2-3, Abschnitt 2.2). Demnach wurden zuerst die Vorschriften der Europäischen Union zusammengefasst, die im engeren oder weiteren Sinne Auswirkungen auf Arbeitsstätten haben können. Die Einteilung erfolgte dabei entsprechend der jeweiligen Rechtsakte. Aufbauend auf den Vorgaben des EU-Rechts wurden im nächsten Schritt die deutschen Gesetze, Verordnungen und technischen Regeln sowie die Vorgaben aus dem autonomen Recht der Unfallversicherungsträger aufgenommen. Die jeweilige föderale Konkretisierung der einzelnen Bundesländer, z. B. bei Bauordnungen, wurde nur informativ genannt. Es wird an dieser Stelle darauf verwiesen, dass die jeweiligen Mustervorschriften wie beispielsweise die Musterbauordnung nicht rechtsverbindlich sind. Die letzte Ebene stellt die Vorgaben aus den technischen Normen, herausgegeben beispielsweise durch das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN) oder den Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI), dar. Diese sollen den aktuell anerkannten Stand der Technik wiedergeben.

Tabelle 2-2 Übersicht der zugehörigen Vorschriften und Regeln für Arbeitsstätten

Ebene	zugehörige Vorschriften und Regeln
Europa	<p>EU-Verordnungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - VO 305/2011/EU - Bauproduktordnung - VO 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe - VO 2016/1005 zur Änderung des Anhangs XVII der VO 1907/2006 hinsichtlich Asbestfasern - EG-VO 2037/2000/EG über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen, konsolidierte Fassung vom 01.01.2008 <p>EU-Richtlinien</p> <ul style="list-style-type: none"> - RL 89/391/EWG - des Rates über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (12.06.1989) - RL 89/654/EWG - Arbeitsstätten-Richtlinie - RL 89/392/EWG - Maschinen-Richtlinie - RL 89/336/EWG - Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit - RL 89/655/EWG - Benutzung von Arbeitsmitteln

Ebene	zugehörige Vorschriften und Regeln
	<ul style="list-style-type: none"> - RL 89/656/EWG - Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen - RL 90/269/EWG - Manuelle Handhabung von Lasten - RL 92/57/EWG - Mindestvorschrift für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf zeitlich begrenzten oder ortsveränderlichen Baustellen - RL 92/85/EWG - Schutz von Schwangeren, Wöchnerinnen und stillenden Arbeitnehmerinnen - RL 2000/54/EG über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit - RL 2001/95/EG über allgemeine Produktsicherheit - RL 2002/44/EG - Mindestvorschrift zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkung (Vibrationen) - RL 2004/108/EG - Angleichung der Rechtsvorschrift der Mitgliederstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit - RL 2006/25/EG - Mindestvorschrift zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit vor Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) - RL 2006/42/EG über Maschinen und zur Änderung der RL 95/16/EG (Maschinenrichtlinie) - RL 210*32*EU zur Änderung der RL 76/769/EWG zur Durchführung der von HOSPEEM¹² und EGÖD¹³ geschlossenen Rahmenvereinbarung zur Vermeidung von Verletzungen durch scharfe/spitze Instrumente im Krankenhaus- und Gesundheitssektor - RL 2001/65/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten - RL 2012/19/EU über Elektro- und Elektronik-Altgeräte - RL 2012/7/EU zur Änderung Anhang II Abschnitt III der RL 2009/48/EG über die Sicherheit von Spielzeug zwecks Anpassung an den technischen Fortschritt - RL 2013/35/EU - Mindestvorschrift zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) - RL 201/33/EU zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aufzüge und Sicherheitsbauteile - RL 2014/35/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt (Neufassung) - RL 95/16/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aufzüge - RL 98/37/EG zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für Maschinen - RL 98/24/EG zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit <p>EU-Leitfäden</p> <ul style="list-style-type: none"> - ECHA¹⁴ Mixture classification - ECHA Leitlinien zur Kennzeichnung und Verpackung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 - ECHA Leitlinie zur Erstellung von Sicherheitsdatenblättern - ECHA CLP-Rechtsvorschriften

¹² The European Hospital and Healthcare Employers Association

¹³ Europäischer Gewerkschaftsverband für den öffentlichen Dienst

¹⁴ Europäische Chemikalienagentur

Ebene	zugehörige Vorschriften und Regeln
Deutschland	<p>Gesetze</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) - Handelsgesetzbuch (HGB) - Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) - Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) - Sozialgesetzbuch (SGB) - Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) - Mutterschutzgesetz (MuSchG) - Behindertengleichstellungsgesetz (BGG) - Gewerbeordnung (GewO) - Elektromagnetische-Verträglichkeit-Gesetz (EMVG) - Chemikaliengesetz (ChemG) <p>Verordnungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) - Baustellenverordnung (BaustellV) - Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) - Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) - Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) - Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) - Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) - Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) - Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (EMFV) - Baunutzungsverordnung (BauNVO) - Verordnungen nach dem ProdSG (ProdSV) - Biostoffverordnung (BioStoffV) <p>Technische und arbeitsmedizinische Regeln</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsmedizinische Regeln (AMR) - Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) - Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen (RAB) - Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) - Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) - Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) - Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) - Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS) - Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern (TREM-F) <p>Autonomes Recht der Unfallversicherungsträger</p> <p>DGUV-Vorschriften</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nr. 17/18 - Veranstaltungs- und Produktionsstätten für szenische Darstellung - Nr. 25/26 - Kassen - Nr. 81 - Schulen - Nr. 82 - Kindertageseinrichtungen <p>DGUV-Grundsätze</p>

Ebene	zugehörige Vorschriften und Regeln
	<ul style="list-style-type: none"> - 315-201 - Anforderungen an die Ausbildung von fachkundigen Personen für die Überprüfung und Beurteilung der Beleuchtung von Arbeitsstätten DGUV-Regeln - 110-001 - Arbeiten in Gaststätten - 108-005 - Arbeiten in Verkaufsstellen - 109-002 - Arbeitsplatzlüftung – lufttechnische Maßnahmen - 115-401 - Branche Bürobetriebe - 108-601 - Branche Einzelhandel - 102-601 - Branche Schule - 102-002 - Kindertageseinrichtungen DGUV-Informationen - 205-001 - Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz - 208-032 - Auswahl und Benutzung von Steigleitern - 208-044 - Automatische Tore im Fluchtweg - 215-112/113 - Barrierefreie Arbeitsgestaltung, Teil I und II - 215-410 - Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - 215-441 - Büroraumplanung – Hilfen für das systematische Planen und Gestalten von Büros - 209-023 - Lärm am Arbeitsplatz - 213-850 - Sicheres Arbeiten in Laboratorien - 211-041 - Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung - 208-002 - Sitz-Kassenarbeitsplätze - 208-003 - Steh-Kassenarbeitsplätze - 215-444 - Sonnenschutz im Büro - 215-211 - Tageslicht am Arbeitsplatz - 208-005 - Treppen - 208-022 - Türen und Tore Mustervorschriften und Musterrichtlinien (rechtswirksam nur bei Überführung in Landesrecht) - Musterbauordnung (MBO) - Schulbau-Richtlinie (MSchulBauR) - Verkaufsstättenverordnung (MVKVO) - Industriebaurichtlinie (MIndBauRL) - Versammlungsstättenverordnung (MVStättVO) - Hochhaus-Richtlinie (MHHR) - Krankenhausbauverordnung (MKhBauVO) - Beherbergungsstättenverordnung (MBeVO) - Garagenverordnung (MGarVO) - Feuerungsverordnung (MFeuV) - Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (Elt-BauVO) - Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR) - Lüftungsanlagen-Richtlinie (M-LüAR) - Muster-Richtlinie über automatische Schiebetüren in Rettungswegen (MAutSchR) - Richtlinie über elektrische Verriegelungssysteme von Türen in Rettungswegen (M-EltVTR) - Richtlinie über automatische Schiebetüren in Rettungswegen (AutSchR) - Richtlinie über elektrische Verriegelungssysteme von Türen in Rettungswegen (EltVTR)

Ebene	zugehörige Vorschriften und Regeln
Bundesländer	Landesbauordnungen Feuerwehr-/Brandschutzgesetze der Länder Technische Baubestimmungen der Länder (ETB)
technische Normen	<ul style="list-style-type: none"> - VDI 6000 - Sanitärtechnik; Ausstattung von und mit Sanitarräumen - VDI 3810 - Betreiben und Instandhalten von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen - VDI 2050 - Anforderungen an Technikzentralen - VDI 6011 - Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung - VDI 6022 - Raumlufttechnik, Raumluftqualität - VDI 6023 - Hygiene- und Trinkwasser-Installationen - VdS 2010-12 - Brandschutz im Betrieb - VdS 2226 - Krankenhäuser, Pflegeheime und ähnliche Einrichtungen zur Unterbringung oder Behandlung von Personen - DIN 18040-1 - Barrierefreies Bauen - DIN 5034 - Tageslicht in Innenräumen - DIN 5034-1 - Tageslichtöffnungen – Tageslicht in Innenräumen - DIN 5035 - Beleuchtung mit künstlichem Licht - DIN 14096 - Brandschutzordnung - DIN 51130 - Prüfung von Bodenbelägen für Arbeitsräume mit Rutschgefahr - DIN EN 12464 - Beleuchtung von Arbeitsstätten - DIN EN 12665 - Licht und Beleuchtung - DIN EN 1838 - Notbeleuchtung - DIN EN 179 - Notausgangs-Verschlüsse - DIN EN 1125 - Antipanik-Türverschlüsse

Die Tabelle 2-2 verdeutlicht, dass grundsätzlich eine Vielzahl von Vorschriften und Regeln Auswirkungen auf die Planung von Arbeitsstätten haben kann. Im nächsten Schritt wird daher aufgearbeitet, welche konkreten Vorschriften und Regeln für einzelne Elemente beachtet werden müssen.

2.5.2 Zusammenstellung aller zugehörigen Vorschriften und Regeln je Element

Voraussetzung für eine BIM-basierte Planungshilfe zum Arbeitsstättenrecht ist eine bauteilorientierte Aufbereitung der Vorschriften und Anforderungen des Arbeitsstättenrechts. Nur auf dieser Grundlage kann erfasst/geprüft werden, ob das Bauteil alle relevanten Informationen enthält. Aufbauend auf der Tabelle 2-2 werden daher im nächsten Schritt die Vorschriften und Regeln den jeweiligen konstruktiven Elementen zugeordnet (vgl. Tabelle 2-3). Die Einteilung und Auswahl der Elemente basiert auf den Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR). Daher ergeben sich folgende Elemente (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2020):

- Abmessungen Räume,
- Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung,
- Fußböden,
- Fenster,
- Türen und Tore,
- Verkehrswege,

- Fluchtwege und Notausgänge,
- Beleuchtung,
- Sicherheitsbeleuchtung,
- Barrierefreiheit,
- Sanitärräume,
- Pausen- und Bereitschaftsräume,
- Erste-Hilfe-Räume und
- Unterkünfte.

„Elemente“ beinhalten dabei neben konstruktiven Bauelementen (z. B. Türen, Fußböden) auch „funktionsorientierte Elemente“ wie z. B. Barrierefreiheit oder Verkehrswege. Diese werden im Kontext der Planung von Arbeitsstätten häufig einer eigenständigen Betrachtung unterliegen.

In der hier gegenständlichen Machbarkeitsstudie wird eine vertiefende exemplarische Untersuchung anhand des Elementes „Tür“ erfolgen. Aus diesem Grund wurde sich bei der Analyse auf diesbezügliche Sachinhalte konzentriert. Es stellte sich jedoch heraus, dass eine Vielzahl der nachfolgend aufgeführten Vorschriften und Regeln ebenfalls Auswirkungen auf andere Elemente hat. Diese Wechselwirkung ist in der nachfolgenden Tabelle auszugsweise dargestellt.

Tabelle 2-3 Übersicht Vorschriften und Regeln zum Arbeitsstättenrecht je Element

Element	zugehörige Vorschriften und Regeln
Abmessungen Räume	<ul style="list-style-type: none"> - MBO - Musterbauordnung - ASR 1.2 - Raumabmessungen und Bewegungsfläche - ASR 1.8 - Verkehrswege - ASR V3.2a - Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten - DIN 18040-1 - Barrierefreies Bauen - VDI 6000 Blatt 1 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen; Grundlagen - VDI 6000 Blatt 2 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen; Arbeitsstätten und Arbeitsplätze - VDI 6000 Blatt 3 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen; Versammlungsstätten und Versammlungsräume (neu: Arbeitsstätten 2021-05) - VDI 6000 Blatt 4 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen; Hotelzimmer (neu: Öffentlicher und halböffentlicher Bereich 2021-05) - VDI 6000 Blatt 5 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen - Seniorenwohnungen, Seniorenheime, Seniorenpflegeheime (neu: Gesundheits- und Pflegebereiche 2021-05) - VDI 6000 Blatt 6 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen; Kindergärten, Kindertagesstätten, Schulen (neu: 2021-05) - DGUV Information 215-441
Sicherheits- und Gesundheits-schutzkennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> - MVKVO - Muster-Verkaufsstättenverordnung - ASR 1.3 - Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung - ASR 2.3 - Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan - ASR 3.4/7 - Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme - ASR V3.2a - Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten - DIN 18040-1 - Barrierefreies Bauen - DIN 18095 - Rauchschutztür - DGUV Information 211-041
Türen und Tore	<ul style="list-style-type: none"> - RL 89/654 EWG - Arbeitsstättenrichtlinie - MBO - Musterbauordnung - MBeVO - Muster-Beherbergungsstättenverordnung

Element	zugehörige Vorschriften und Regeln
	<ul style="list-style-type: none"> - M-FIBauR - Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb Fliegender Bauten - MGarVO - Muster-Garagenverordnung - MHHR - Muster-Hochhaus-Richtlinie - MIndBauRL - Muster-Industriebau-Richtlinie - MKhBauVO - Krankenhausbauverordnung - MSchulBauR - Muster-Schulbau-Richtlinie - MVKVO - Muster-Verkaufsstättenverordnung - MVStättVO - Muster-Versammlungsstättenverordnung - MVVTB - Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen - ASR 1.2 - Raumabmessung und Bewegungsflächen - ASR 1.3 - Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung - ASR 1.6 - Fenster, Oberlichter, lichtdurchlässige Wände - ASR 1.7 - Türen und Tore - ASR 1.8 - Verkehrswege - ASR 2.3 - Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan - ASR 3.4 - Beleuchtung - ASR 3.4/7 - Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme - ASR 3.7 - Lärm - ASR 4.1 - Sanitärräume - ASR 4.2 - Pausen- und Bereitschaftsräume - ASR 4.3 - Erste-Hilfe-Räume, Mittel und Einrichtungen zur Ersten Hilfe - ASR 4.4 - Unterkünfte - ASR V3 - Gefährdungsbeurteilung - ASR V3.2a - Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten - DIN 4102-5 - Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - DIN 4172 - Maßordnung im Hochbau - DIN 18040-1 - Barrierefreies Bauen - DIN 18095 - Rauchschutztür - DIN 18100 - Wandöffnungen für Türen - DIN 18101 - Türen – Türen für den Wohnungsbau – Türblattgrößen, Bandsitz und Schlosssitz – Gegenseitige Abhängigkeit der Maße - DIN 68706-1 - Innentüren aus Holz und Holzwerkstoffen – Türblätter, Begriffe, Maße, Anforderungen - DIN EN 179 - Notausgangs-Verschlüsse - DIN EN 1125 - Antipanik-Türverschlüsse - DIN EN 1154 - Schlösser und Baubeschläge - Türschließmittel mit kontrolliertem Schließablauf - Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN 1155 - Feststellvorrichtungen für Drehflügeltüren - DIN EN 1627 - Einbruchhemmende Bauteile - DIN EN 1634-1 - Feuerwiderstandsprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse und Fenster - DIN EN 1634-3 - Prüfungen zur Rauchdichte für Rauchschutzabschlüsse - DIN EN 12217 - Türen - Bedienungskräfte - Anforderungen und Klassifizierung - DIN EN 14351-1 - Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften - DIN EN 16005 - Kraftbetätigte Türen – Nutzungssicherheit –Anforderungen und Prüfverfahren; - DIN EN 16034 - Türen, Tore und Fenster - Produktnorm, Leistungseigenschaften - Feuer- und/oder Rauchschutzeigenschaften - DIN SPEC 1104 - Schlösser und Baubeschläge - Türbeschläge zur Nutzung durch Kinder, ältere und behinderte Personen in privaten und öffentlichen Gebäuden - Ein Leitfaden für Planer

Element	zugehörige Vorschriften und Regeln
	<ul style="list-style-type: none"> - VDI 6008 Blatt 5 - Barrierefreie Lebensräume - Möglichkeiten der Ausführung von Türen und Toren - TRGS 509 - Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter - TRGS 510 - Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern - TRGS 520 - Errichtung und Betrieb von Sammelstellen und Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle - TRGS 526 - Laboratorien - TRBA 100 - Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien - TRBA 120 - Versuchstierhaltung - TRBA 250 - Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege - DGUV Regel 102-602 - Branche Kindertageseinrichtung - DGUV Info 208-044 - Türen und Tore - GUV-V S1 / DGUV Vorschrift 81 - Schulen
Verkehrswege	<ul style="list-style-type: none"> - MBO - Musterbauordnung - MVStättVO - Muster-Versammlungsstättenverordnung - ASR 1.5 - Fußböden - ASR 1.8 - Verkehrswege - ASR 2.3 - Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan - ASR 4.1 - Sanitärräume - ASR V3.2a - Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten - DIN 18040-1 - Barrierefreies Bauen - DIN 18065 - Gebäudetreppen - Begriffe, Messregeln, Hauptmaße - DIN 32984 - Bodenindikatoren im öffentlichen Raum - DIN 51097 - Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft - Nassbelastete Barfußbereiche - Begehungsverfahren - Schiefe Ebene - DIN 51130 - Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft - Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr - Begehungsverfahren - Schiefe Ebene
Fluchtwege und Notausgänge	<ul style="list-style-type: none"> - MBO - Musterbauordnung - MSchulbauR - Muster-Schulbau-Richtlinie - MVKVVO - Muster-Verkaufsstättenverordnung - MVStättVO - Muster-Versammlungsstättenverordnung - ASR 1.8 - Verkehrswege - ASR 2.3 - Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan - ASR 3.4 - Beleuchtung - ASR 3.4/7 - Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme - ASR V3 - Gefährdungsbeurteilung - DIN 18065 - Gebäudetreppen – Begriffe, Messregeln, Hauptmaße - DIN EN 179 - Notausgangs-Verschlüsse - DIN EN 1125 - Antipanik-Türverschlüsse - DIN CEN/TS 81-76 - Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge - Teil 76: Personenaufzüge für die Evakuierung von Personen mit Behinderungen - VDI 4062 - Evakuierung von Personen im Gefahrenfall
Anordnung von Arbeitsplätzen in Räumen	<ul style="list-style-type: none"> - ASR 1.8 - Verkehrswege - DIN 18040-1 - Barrierefreies Bauen

Element	zugehörige Vorschriften und Regeln
	<ul style="list-style-type: none"> - DIN 18041 - Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung - DIN 51130 - Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft - Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr - Begehungsverfahren - Schiefe Ebene - DIN EN 12464-1 - Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen - DIN SPEC 1104 - Schlösser und Baubeschläge - Türbeschläge zur Nutzung durch Kinder, ältere und behinderte Personen in privaten und öffentlichen Gebäuden - Ein Leitfaden für Planer - VDI 6000 - Blatt 2 - Ausstattung von und mit Sanitarräumen - Arbeitsstätten und Arbeitsplätze (neu: Wohnungen und Hotelzimmer 2021-05)
Sicherheitsbeleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> - MBO - Musterbauordnung - MBeVO - Muster-Beherbergungsstättenverordnung - M-FIBauR - Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb Fliegender Bauten - MGarVO - Muster-Garagenverordnung - MHHR - Muster-Hochhaus-Richtlinie - MKhBauVO - Muster-Krankenhausbauverordnung - MSchulbauR - Muster-Schulbau-Richtlinie - MVStättVO - Muster-Versammlungsstättenverordnung - MVkVO - Muster-Verkaufsstättenverordnung - ASchG - ArbeitnehmerInnenschutzgesetz - ASR 1.3 - Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung - ASR 2.3 - Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan - ASR 3.4/7 - Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme - DIN EN 12464-1 Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
Barrierefreiheit	<ul style="list-style-type: none"> - MBO - Musterbauordnung - MBeVO - Muster-Beherbergungsstättenverordnung - ASR 3.4/7 - Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme - ASR V3.2a - Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten - DIN 1450 - Schriften - Leserlichkeit - DIN 18040-1 - Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude - DIN 18040-3 - Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum - DIN 32975 - Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung - DIN 32976 - Blindenschrift - Anforderungen und Maße - DIN 32977-1 - Behinderungsgerechtes Gestalten; Begriffe und allgemeine Leitsätze - DIN 32984 - Bodenindikatoren im öffentlichen Raum - DIN 32986 - Taktile Schriften und Beschriftungen - Anforderungen an die Darstellung und Anbringung von Braille- und erhabener Profilschrift - DIN 51130 - Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft - Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr - Begehungsverfahren - Schiefe Ebene - DIN EN 81-70 - Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge - Teil 70: Zugänglichkeit von Aufzügen für Personen einschließlich Personen mit Behinderungen - DIN EN 81-40 - Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Spezielle Aufzüge für den Personen- und Gütertransport - Teil 40:

Element	zugehörige Vorschriften und Regeln
	<p>Treppenschrägaufzüge und Plattformaufzüge mit geeigneter Fahrbahn für Personen mit Behinderungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN EN 81-41 - Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Spezielle Aufzüge für den Personen- und Gütertransport - Teil 41: Vertikale Plattformaufzüge für Personen mit eingeschränkter Beweglichkeit - DIN EN 81-82 - Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Bestehende Aufzüge - Teil 82: Regeln für die Erhöhung der Zugänglichkeit von bestehenden Aufzügen für Personen einschließlich Personen mit Behinderungen - DIN EN 12217 - Türen - Bedienungskräfte - Anforderungen und Klassifizierung - DIN EN 12464-1 - Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen - DIN CEN/TS 81-76 - Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge - Teil 76: Personenaufzüge für die Evakuierung von Personen mit Behinderungen - DIN SPEC 1104 - Schlösser und Baubeschläge - Türbeschläge zur Nutzung durch Kinder, ältere und behinderte Personen in privaten und öffentlichen Gebäuden - Ein Leitfaden für Planer - DIN-Fachbericht 124 Gestaltung barrierefreier Produkte - VDI 6008 Blatt 1 - Barrierefreie Lebensräume - Allgemeine Anforderungen und Planungsgrundlagen - VDI 6008 Blatt 2 - Barrierefreie Lebensräume - Möglichkeiten der Sanitärtechnik - VDI 6008 Blatt 3 - Barrierefreie Lebensräume - Möglichkeiten der Elektrotechnik und Gebäudeautomation - VDI 6008 Blatt 4 - Barrierefreie Lebensräume - Möglichkeiten der Aufzugs- und Hebetchnik - VDI 6008 Blatt 5 - Barrierefreie Lebensräume - Möglichkeiten der Ausführung von Türen und Toren - VDI 6008 Blatt 6 - Barrierefreie Lebensräume - Bildzeichen und bildhaft verwendete Schriftzeichen - VDI 6008 Blatt 7 (<i>in Bearbeitung</i>) - Barrierefreie Lebensräume - Brandschutz (mögliches Erscheinungsdatum 2020-10)

Die Tabelle 2-3 stellt die einschlägigen Vorschriften und Regeln auszugsweise und bezogen auf einzelne Elemente dar. Auf dieser Grundlage können im nächsten Schritt die konkret einzuhaltenden Vorgaben je Element ausgearbeitet werden. Exemplarisch erfolgt dies am Element „Tür“ (vgl. Tabelle 2-4).

2.5.3 Zusammenstellung der Vorgaben je Element

Für die vertiefende Untersuchung werden in nachfolgender Tabelle 2-4 die planungsrelevanten Parameter am Beispiel des Elementes „Tür“ definiert. Diese Definition erfolgt zum einen auf Basis der konstruktiven Vorgaben der Vorschriften und Regeln, aber auch aus häufig in der Praxis genannten Problemstellungen. Weiterhin wurden bei der Betrachtung spezielle Türen, wie beispielsweise Aufzugstüren, abgegrenzt.

Im Ergebnis wurden folgende planungsrelevanten Merkmale für das Element „Tür“ definiert:

- Mindestbreite,
- Mindesthöhe,
- Bewegungsart der Tür,
- Schutzmaßnahmen (z. B. Feuer, Rauch, Lärm, Einbruch),
- Besonderheiten Flucht- und Rettungswege,
- Kennzeichnung,
- anschließender Bewegungsraum und
- Öffnungssystem.

Die Vorgaben an die Merkmale sind teilweise an bestimmte Kriterien geknüpft. Hierbei wurde sich entweder an messbaren Randbedingungen (z. B. Anzahl der Personen) oder Bezugspunkten in den Regelwerken (z. B. notwendige Flure) orientiert.

Die berücksichtigten Vorschriften wurden drei Bereichen zugeordnet:

- allgemeingültige Vorgaben für alle Arbeitsstätten (ASR, MBO, DIN),
- spezielle Vorgaben an die Barrierefreiheit sowie
- spezielle Vorgaben an bestimmte Arbeitsstätten (Industriebauten, Verkaufsstätten, Verwenden und Lagern von Gefahrstoffen usw.).

Damit soll weiterführend eine Überprüfung ermöglicht werden, welche konstruktiven Vorgaben sich aus dem gesamten Vorschriften- und Regelwerk ergeben, bezogen auf allgemeine und barrierefreie Arbeitsstätten sowie auf Arbeitsstätten spezifischer Nutzungsarten (industrielle Nutzung, Versammlungsstätten, Verkaufsstätten, Hochhäuser und Schulen usw.).

Es wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgende Tabelle 2-4 vollinhaltlich zu betrachten ist. Eine Dopplung von Merkmalen wurde versucht zu vermeiden. Demnach wurde beispielsweise bei der Bewegungsart der Tür vermerkt, dass manuelle Schiebetüren in Fluchtwegen unzulässig sind. Bei den Besonderheiten der Flucht- und Rettungswege wurde dies nicht nochmalig vermerkt. Somit soll eine Dopplung von Informationen vermieden werden. Dies stellt einen wichtigen Aspekt bei der Anwendung von Building Information Modeling dar. Die nachfolgende Tabelle 2-4 stellt dabei nur einen Auszug dar. Die gesamte Tabelle ist im Anhang 1 enthalten.

Tabelle 2-4 Elementbezogene Vorgaben des Arbeitsstättenrechts am Beispiel des Elementes Tür

Mindestbreite von Türen (Angaben in m)									
Anzahl Personen im Einzugsgebiet	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
	ASR	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie (Hauptgänge)	Versammlungs- stätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
bis 5	0,80		0,818	0,90 / 1,50 ¹	1,85	0,90	1,00 ²	0,90	0,90
bis 20	0,85		0,943	0,90 / 1,50 ¹	1,85	0,90	1,00 ²	0,90	0,90
bis 60	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ¹	1,85	0,90	2,00	1,20	0,90
bis 100	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ¹	1,85	0,90	2,00	1,20	0,90
bis 200	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ¹	1,85	0,90	2,00	1,20	2,00
bis 300	1,65		1,693 ³	1,65	1,85	1,20	2,00	1,20	2,00
bis 400	2,25			2,25	2,25	2,40	2,40 ⁴	1,20	2,00
Nebenträume	0,50		0,568		0,50	0,80			

¹ Ist eine Begegnung mit anderen Personen in Fluchrichtung möglich, ist eine Mindestbreite von 1,50 m notwendig.

² Gilt, sofern die Verkaufsfläche kleiner 500 m² ist, ansonsten ist eine Mindestbreite von 2,00 m notwendig.

³ Ausbildung als zweiflügelige Tür

⁴ Die Breite der Ausgänge ist abhängig von der Größe der Verkaufsfläche (30 cm Türbreite je 100 m² Verkaufsfläche); Beispiel: für Verkaufsfläche 800 m² ergibt sich eine Türbreite von (800 : 0,30 =) 2,40 m.]

2.5.4 Zusammenstellung der Vorgaben je Prüfungsinhalt

Als mögliche Lösungsansätze für BIM-basierte Planungshilfen werden nachfolgend grundsätzlich drei verschiedene Strategien verfolgt:

- Planungshilfen vor der Planung (Informationssystem),
- Planungshilfen während der Planung (Assistenzsystem) und
- Planungshilfen nach der Planung (Kontrollsystem).

Die verschiedenen Ansätze werden im Kapitel 6 "Beispielhafte Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen (Demonstratoren)" näher vorgestellt. Grundsätzlich beruhen die notwendigen Informationen für die Planungshilfen auf den Vorschriften und Regeln des Arbeitsstättenrechts und dessen konstruktiven Vorgaben. Insbesondere für die nachträgliche Prüfung der Planung müssen neben der elementorientierten Aufbereitung ebenfalls Zusammenstellungen für bestimmte Prüfungsinhalte erfolgen. Innerhalb der Prüfungsinhalte sind verschiedene Prüfbereiche und Merkmale zu beachten.

Solche Prüfungsinhalte können je Arbeitsstätte beispielsweise sein:

- Beleuchtung,
- Belüftung,
- Lärmschutz,
- Barrierefreiheit,
- Brandschutz sowie
- Flucht- und Rettungswege.

Für den Prüfungsinhalt "Barrierefreiheit" sind beispielhaft in der nachfolgenden Tabelle 2-5 spezielle konstruktive Vorgaben des Arbeitsstättenrechts nach Prüfbereichen, Merkmalen und Eigenschaften zusammengefasst (vgl. ASR V3a.2 – Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten). Letztgenannte Eigenschaften sind Grundlage für die konkrete Planung und Planprüfung.

Tabelle 2-5 Prüfungsinhalte nach bestimmten Kriterien (Beispiel: Barrierefreiheit)

Prüfbereich	Merkmal	Eigenschaft
Bewegungsflächen und Verkehrsflächen	- Kreuzung/Begrenzungen/Ausgleichsstufen visuell kontrastreich und taktil erfassbar gestalten	
	- bei Begegnungsfläche zwei Rollstuhlfahrer	- (L x B =) mind. 1,80 m x 1,80 m
	- bei Begegnung Rollstuhlfahrer mit anderer Person	- (L x B =) mind. 1,50 m x 1,50 m
	- für Richtungswechsel und Rangiervorgänge	- (L x B =) mind. 1,50 m x 1,50 m
	- an Türöffnungen und Durchgängen	- mind. 0,90 m Breite
	- für geringe Länge und ohne Richtungsänderung/Begegnung	- mind. 1,20 m Breite
Gehwege, Verkehrsflächen	- Breite	- mind. 1,50 m und nach max. 15 m Länge eine Begegnungsfläche von 1,80 m
	- Längsneigung	- max. 3 % (bis zu 6 %, wenn nach max. 10 m ein Zwischenpodest vorhanden ist)
	- Querneigung	- max. 2,5 %
Eingangsreich	- leichte Auffindbarkeit	- visuell kontrastreiche Gestaltung - taktil erfassbare unterschiedliche Bodenstruktur und/oder akustische bzw. elektronische Informationen - ggf. Bodenindikatoren (DIN 32984)
	- barrierefreie Erreichbarkeit	- stufen- und schwellenlos erreichbar - Erschließungsflächen max. 3 % Längsneigung, andernfalls Rampen oder Aufzüge vorsehen
Rollstuhlabbstellplätze	- Wechsel von Rollstuhl erforderlich	- Umsetzungsfläche mind. 1,80 m x 1,50 m
Flure	- Breite	- mind. 0,90 m
	- Längsneigung	- max. 3 % (Länge des Flures < 10 m max. 4 %)
	- Querneigung	- max. 2,5 %
	- stufen- und schwellenlos ausbilden	
Bodenbeläge	- rutschhemmend und fest verlegt	- mind. R 9 nach BGR 181
	- kontrastreiche Gestaltung von anderen Bauteilen	
	- Reinigung entsprechend den hygienischen Erfordernissen	
Tür	- Karussell- und Pendeltüren sind keine barrierefreien Zugänge	- Anordnung zusätzlicher Drehflügel-/Schiebetür notwendig

Prüfbereich	Merkmal	Eigenschaft
	- Durchgangsmaße	- (B x H =) mind. 0,90 m x 2,05 m
	- Schwellen	- max. 20 mm
	- Bewegungsfläche vor Türen	- frontale Anfahrt 1,50 m x 1,50 m
		- seitliche Anfahrt 1,50 m x 1,20 m
		Drehflügeltüren - 1,50 m (Tiefe) x 1,50 m (Breite)
		Schiebetüren - beidseitige Richtung 1,20 m
		- Tiefe gegenüberliegende Wand mind. 1,50 m
	- Bedienelemente	- visuell kontrastreiche Gestaltung
		- Türdrücker 0,85 m über OFF
		- Kraftaufwand max. 25,0 N bzw. 2,5 Nm
	- automatische Türsysteme	- Tasterhöhe 0,85 m
		- Abstand Taster zur Hauptschließkante bei seitlicher Anfahrt mind. 0,50 m
		Drehflügeltüren - Abstand Taster Öffnungsrichtung 2,50 m - Abstand Taster Schließrichtung 1,50 m
Schiebetüren - Abstand beidseitig 1,50 m		
- akustisches Warnsignal bei automatischen Türen, die in den Verkehrsweg aufschlagen		
- durchsichtiger Werkstoff/Glastüren	- Sicherheitsmarkierung aus 8 cm breiten Streifen in Höhe von 0,40 m bis 0,70 m und 1,20 m bis 1,60 m	
Fenster	- Bedienelemente	- 0,85 m bis 1,05 m über OFF
		- visuell kontrastreich und taktil wahrnehmbar
	- Bewegungsfläche vor Fenster	- seitliche Anfahrbarkeit über einen mind. 90 cm breiten Gang
	- Kraftaufwand	- max. 30 N bzw. 3 Nm
	- Signale beim Öffnen/Schließen von kraftbetätigten Fenstern nach Zwei-Sinn-Prinzip wahrnehmbar	
Treppen	- geschlossene Stufen ohne Unterscheidung	

Prüfbereich	Merkmal	Eigenschaft
	- Handläufe	- Oberkante Handlauf bei 0,85 m bis 0,90 m
		- zusätzlicher Handlauf bei 0,65 m für Kleinwüchsige
	- Treppenläufe	- gerade Treppenlauflinie rechtwinklig zur Stufenkante
		- gebogene Treppenläufe ab Innendurchmesser von 2,00 m möglich
	- Orientierungshilfen	- Stufenmarkierungen mind. auf der ersten und letzten Stufe
- Stufenmarkierungen aus durchgehenden Streifen		
- Trittstufe 4 bis 5 cm Breite		
- Setzstufe 1 bis 2 cm Breite		
	- taktile Information an den Handläufen über Stockwerk und Wegebeziehung	
	- oberste Stufe des Treppenlaufes über die gesamte Treppenbreite taktil wahrnehmbar	
	- alternative Maßnahmen für mobilitätseingeschränkte Personen (z. B. Treppenlift, Aufzüge) vorsehen	
Fahrtreppen und Fahrsteige	- Geschwindigkeit	- max. 0,5 m/s
	- Vorlauf bei Fahrtrepp	- mind. 3 Stufen
	- Steigungswinkel	- Fahrtreppen max. 30° (57,7 %)
- Fahrsteige max. 7° (12,3 %)		
Rampen und Schrägrampen	- Breite	- mind. 1,20 m
	- Länge	- einzeln max. 6,00 m
	- Längsneigung	- max. 6,0 %
	- Querneigung	- unzulässig
	- Anschlussflächen an Rampen	- keine abwärtsführenden Treppen in Verlängerung der Rampe
		- Bewegungsfläche mind. 1,50 m x 1,50 m
	- Radabweiser	- beidseitig, Höhe mind. 10 cm
	- Handläufe	- Höhe 85 cm bis 90 cm über OFF Rampenläufe
- runder/ovaler Querschnitt mit 3 cm bis 4,5 cm Durchmesser		
- seitlicher Abstand von Wand/Bauteilen mind. 5 cm		

Prüfbereich	Merkmal	Eigenschaft
Aufzüge	- Bewegungsflächen vor Aufzug	- Vermeidung von abwärtsführenden Treppen gegenüber von Aufzügen - alternativ mind. Abstand von 3 m
		- (B x H =) mind. 1,50 m x 1,50 m
	- Aufzugtyp	- mind. Typ 2 nach DIN EN 81-70
		- Zugangsbreite mind. 90 cm
	- Befehlsgeber	- Mindesthöhe unterster Taste 85 cm
		- größte Höhe oberster Taster 110 cm
		- Anordnung Taster vertikal - seitlicher Mindestabstand zwischen Mittellinie Taster und angrenzenden Wänden 0,50 cm
Kommunikationsanlagen	- Hörbereitschaft ist visuell auf der Gegenseite anzuzeigen	
	- bei elektrischer Türfreigabe ist die Freigabe visuell anzuzeigen	
Rettungsmöglichkeiten	- Fluchtweg	- Mindestbreite von 1,00 m
		- Reduzierung der Breite an Türen/Einbauten max. bis 20 Personen auf mind. 0,90 m möglich
	- Zwischenaufenthaltsflächen	- Bereitstellung sicherer Bereiche für nicht zur Eigenrettung fähige Personen
		- keine Einengung der Fluchtbreiten gestattet
	- Kennzeichnung	- visuelle Wahrnehmbarkeit akustischer Alarm- und Warnsignale, in denen sich Hörgeschädigte allein aufhalten können (z. B. WC)
- Rettungsweg mit optischen Rettungszeichen (DIN 4844-1) sowie akustisch weisende Systeme		
Sanitäre Einrichtungen	- Allgemein	- Drehflügeltüren dürfen nicht in Sanitärräume schlagen
		- Türen müssen nach außen entriegelt werden können
		- Wasserauslauftemperatur max. 45° C
		- Armaturen als Einhebel- oder berührungslose Armaturen
	- Bewegungsflächen	- vor Sanitärobjekt mind. 1,50 m x 1,50 m

Prüfbereich	Merkmal	Eigenschaft
		- WC-Becken beidseitig anfahrbar - mind. 0,70 m (Tiefe) x 0,90 m (Breite)
	- Toiletten	- mind. eine barrierefreie Toilette - Höhe WC-Becken einschl. Sitz zwischen 46 cm bis 48 cm - beidseitige hochklappbare Stützgriffe mit Federn, Überstand zum WC-Sitz 15 cm
	- Waschplätze	- Sicherstellung Unterfahrbarkeit - Höhe mind. 65 cm bis 80 cm - Breite mind. 90 cm - Tiefe mind. 55 cm - Spiegel mind. 1,00 m hoch
	- Duschplätze	- Bodenbelag rutschhemmend (nach GUV-I 8527 mind. Bewertungsgruppe B) - Haltegriffe waagrecht 85 cm über OFF - mind. 45 cm tiefer Duschsitzplatz - beidseitig hochklappbare Stützgriffe - Überstand zum Sitz 15 cm - Oberkante 28 cm über Sitz - Klarsicht-Trennwände und Duschtüren sind zu markieren (analog Glastüren)
	- Liegen	- Länge 1,80 m - Breite 0,90 m - Höhe 0,46 m bis 0,48 m
	- Notrufanlage	- in der Nähe von WC-Becken - eindeutig gekennzeichnet, visuell kontrastreich, taktil erfassbar, auffindbar - Auslösung aus sitzender und liegender Position möglich

2.5.5 Zusammenstellung der Vorgaben je Nutzungsart

Spezifische Vorgaben des Arbeitsstättenrechts können nicht nur aus bestimmten Themenbereichen der einzelnen Prüfinhalte, wie Barrierefreiheit oder Brandschutz, resultieren. Auch die Art der späteren Nutzung der Arbeitsstätte führt zu einer Vielzahl an zu beachtenden konstruktiven Vorgaben. Neben Arbeitsstätten in Büro- und Industriebauwerken führen beispielsweise auch folgende Nutzungsarten zu spezifischen konstruktiven Eigenschaften von Elementen:

- Verkaufsstätten,
- Versammlungsstätten (z. B. Theater, Kino),
- Kindertagesstätten,
- Schulen und
- Kantinen.

Bei dieser Aufzählung müssen neben den zuvor ausgearbeiteten allgemeinen konstruktiven Vorgaben weitere nutzungsspezifische Vorgaben beachtet werden. Um im Nachgang einer Planung die wichtigsten Bereiche prüfen zu können, wurden diese anhand der entsprechenden Regelwerke analysiert und zusammengefasst. Aufgrund der durchgeführten Befragungen der Akteure für Arbeitsstätten (vgl. Kapitel 4) wurde die exemplarische Ausarbeitung nachfolgend anhand der Nutzungsart „Kindertagesstätte“ durchgeführt. Diese spezifische Arbeitsstätte zeichnet sich durch eine Vielzahl an Besonderheiten aus, die in nachfolgender Tabelle 2-6 zusammengefasst ist.

Tabelle 2-6 Prüfinhalte nach bestimmten Nutzungsarten (Beispiel: Kindertagesstätte)

Prüfbereich	Merkmal	Eigenschaft
Eingangsbe- reich	- Abgrenzung zu Gefahrstellen, wie Stra- ßenbereich, durch z. B. Geländer	
	- Türen und Tore zu öffentlichen Ver- kehrsräumen	- Sicherung gegen unerlaubtes Verlas- sen der Kinder gewährleisten
	- Schuhabstreifmatten	- rutschsicher, großflächig und bündig mit der Fußbodenkante - Mindestbreite 150 cm
Bodenbeläge	- innerhalb des Gebäudes	- mind. Bewertungsgruppe R 9
	- außerhalb des Gebäudes	- mind. Bewertungsgruppe R 10 V4
Türen	- allgemeine Merkmale	- keine Pendeltüren (erhöhte Unfallgefahr)
		- leichte Öffnung und Schließung
		- Scherstellen an Nebenschließkanten vermeiden
	- Bedienelemente	- Mindestabstand von Hebeln oder Griff- en zur Gegenkante 2,5 cm
		- abgerundete Griffe zur Vermeidung von Verletzungen
	- Aufschlagrichtung	- in Raum- und Fluchtrichtung aufschla- gen
		- in Endstellung dürfen nach außen aufschlagende Türen max. 20 cm in Fluchtweg hineinragen
		- Türen in Räumen für Bewegungser- ziehung sollen nach außen aufschla- gen
	- Breite	- mind. 90 cm
	- Höhe	- mind. 200 cm - Reduzierung um max. 5 cm
- Schiebetüren	- nicht in Fluchtweg	
	- dürfen sich nicht aus Führungs- schiene drücken lassen - Führungsschiene muss im Boden ver- senkt sein	
	- Ausstattung mit Stoppmechanismus	
Fenster	- Verglasung	- kein Drahtglas
		- Verglasungen in genutzten Verkehrs- und Aufenthaltsräumen bis 200 cm über OFF mit Sicherheitsglas verse- hen
	- Wahrnehmbarkeit	- visuell stark kontrastierende Sicher- heitsmarkierungen durch farbige Tö- nungen, Aufkleber, etc.

Prüfbereich	Merkmal	Eigenschaft
		- auffallende Griffe oder Handleisten zur besseren Wahrnehmung
Treppen	- Rutschhemmung	- ausreichend große und rutschhemmende Trittflächen (mind. R 9)
	- Treppenstufe	- Steigung max. 17 cm
		- Auftritt mind. 29 cm
		- Öffnungsweite (ohne Setzstufe) max. 11 cm - bei Kindern unter 3 Jahren max. 8,9 cm
		- Stufenkante mit Abrundungsradius von mind. 2 mm
	- Abstand Treppen zu Türen	- mind. 100 cm
		- Aufschlag in Treppenrichtung mind. 150 cm
	- Treppenlänge	- max. 18 Stufen, danach Anordnung von Zwischenpodest
- Handläufe	- beidseitig	
	- Höhe 80 cm - bei Betreuung von Kindern unter 3 Jahren 60 cm - alternativ 70 cm und 90 cm	
	- Handlaufdurchmesser 25 mm	
	- waagerechte Weiterführung am Anfang/Ende der Treppe mind. 30 cm	
- Krippen	- Gitterschutztüren mit Mindesthöhe von 65 cm und Öffnungsweite zwischen 4,5 cm bis 6,5 cm	

2.6 Potenziale von optimierten Vorgaben

Die bisher aufbereiteten und dargestellten Vorgaben aus den verschiedenen Vorschriften und Regeln geben jeweils als singulären Wert die Mindestanforderungen für Arbeitsstätten wieder. Diese müssen bei der Planung und Erstellung von Arbeitsstätten zwingend beachtet werden. Bei der planungsunterstützenden Vorgabe von spezifischen Daten können jedoch neben den Mindestwerten auch Lösungsvorschläge für andere Vorgaben gemacht werden, die zu einem optimierten Ergebnis führen. Hierbei können im Sinne des Optimums neben dem Schutzbedürfnis der Arbeitnehmer weitere Faktoren Berücksichtigung finden, wie die Adaptivität der Nutzung von Geschossflächen, verbesserte Raumeigenschaften und -funktionalitäten (Luftqualität, Umfang der natürlichen Beleuchtung, Raumempfinden usw.), ein höheres Maß an Sicherheit im Brandfall oder ein verbessertes Umfeld für gut gestaltete Arbeit. Insbesondere unter Beachtung der hohen Anzahl an psychischen Erkrankungen von Arbeitnehmern als zweithäufigste Krankheitsursache (Stettner, 2019), können Standards von Arbeitsstätten über dem Minimum als langfristig positive, nachhaltige Investition bewertet werden. Oft kann mit einem geringen Mehraufwand bei der konstruktiven Durchbildung eines

Gebäudes im Vergleich zum Mindeststandard eine signifikant höhere Nutzungsqualität und -variabilität geschaffen werden. Dadurch wird der Wert einer Immobilie letztendlich positiv beeinflusst (Eisele, et al., 2020). Als Beispiel kann wieder das Element der „Tür“ dienen. Insbesondere die Technischen Regeln für Arbeitsstätten geben, in Abhängigkeit der Anzahl an Personen in einer Arbeitsstätte, die notwendige Breite einer Tür vor. Durch den Einbau von im Vergleich zum Mindestmaß breiteren Türen können jedoch neben der verbesserten Fluchtmöglichkeit im Alarmfall auch positive Auswirkungen auf das Raumklima und den Nutzerkomfort erzielt werden. Dies kann gegebenenfalls zu einem besseren Wohlbefinden der Arbeitnehmer und damit zu einer höheren Produktivität führen. Weiterhin wird beispielsweise die Türbreite als oftmals restriktives Merkmal bei einer Erhöhung der Mitarbeiteranzahl in Räumen weitestgehend ausgeschlossen. Sicherlich liegen die Kosten für den Ersatz einer zu schmalen Tür deutlich über den Kosten einer bereits beim Neubau eingebauten breiteren Tür. Es bietet sich daher die sinnvolle Überlegung an, in planungsunterstützenden Hilfen neben den Mindestwerten auch optimierte Vorgaben aufzunehmen. Ein exemplarisches Beispiel dazu findet sich in Abschnitt 6.3.2. Der in diesem Abschnitt beschriebene Ansatz sollte bei allen nachfolgend aufgeführten Vorschlägen für BIM-basierte Planungshilfen berücksichtigt werden.

2.7 Fazit

Die elementbezogene Aufarbeitung der konstruktiven Vorgaben aller Vorschriften und Regeln des Arbeitsstättenrechts ist mit erheblichem Aufwand verbunden. Eine darauf aufbauende Zusammenstellung der Inhalte aus weiteren Rechtsgebieten, insbesondere aus dem Bauordnungsrecht, stellt sich als umfangreich dar und erfordert Interpretationen von Texten. Ursache hierfür ist ein jeweils spezifischer fachlicher und rechtlicher Kontext und eine daraus resultierende fehlende Vereinheitlichung von Vorschriften und Regeln. Im Zuge des Kapitels 2 wurde dies exemplarisch anhand einer Vielzahl an Beispielen aufgezeigt. Grundsätzlich ist die Zusammenstellung und Aufbereitung jedoch für eine Nutzung von BIM-basierten Planungshilfen unabdingbar und machbar. Die exemplarische Vertiefung anhand des Bauteils Tür kann als Grundlage für weitere Untersuchungen zu anderen Bauteilen angesehen werden. Inwieweit diese mit aktuellen Planungshilfen genutzt werden kann, wird im Kapitel 6 exemplarisch dargestellt.

3 Building Information Modeling

Das Ziel der Machbarkeitsstudie ist die Untersuchung und Bewertung, inwiefern die Potenziale der Planungsmethode „Building Information Modeling“ (BIM) grundsätzlich geeignet sind, um die Anforderungen des Arbeitsstättenrechts besser in der Planung von Arbeitsstätten zu berücksichtigen und Mängel in der Ausführungsplanung zu reduzieren. Hierzu wurden im vorangegangenen Kapitel am Beispiel des Elementes „Tür“ die zu berücksichtigenden arbeitsstättenrechtlichen Grundlagen zusammengestellt und so exemplarisch die Komplexität der verschiedenen Anforderungen aufgezeigt. Darauf aufbauend soll untersucht werden, inwieweit BIM die datenspezifischen Voraussetzungen liefert, um diese Informationen numerisch zu erfassen und sinnvoll zu verarbeiten. Hierzu ist es jedoch essentiell zu definieren, was im Zuge der Machbarkeitsstudie unter dem Begriff „BIM“ verstanden wird. Grundlegend gibt es dazu in Abhängigkeit der Kenntnis- und Nutzungsintensität einzelner Personen in der Fachliteratur und Praxisanwendung deutlich abweichende Auffassungen. Dieser Umstand hat sich im Zeitraum der hier gegenständlichen Untersuchung und auch bei der Befragung der Experten (vgl. hierzu Kapitel 4) bestätigt. Insbesondere die unterschiedlich stark ausgeprägten Erfahrungswerte im Umgang mit BIM-Anwendungen führen zu verschiedenen Sichtweisen, Interpretationen und Erwartungshorizonten.

Nachfolgend soll daher ein kurzer Überblick über die wichtigsten Begrifflichkeiten und Zusammenhänge des BIM gegeben werden. Die Auswahl der Themen stellt dabei nur einen Auszug dar. Diese Auswahl soll jedoch auch fachfremden Nutzern die Möglichkeit geben, nachzuvollziehen, was grundlegend unter der Planungsmethode Building Information Modeling im Kontext dieser Studie zu verstehen ist. Weiterhin wird ein kurzer Überblick über politisch motivierte und forschungsbezogene Ansätze sowie den aktuellen Stand der Technik und praxisbezogenen Einführung von BIM gegeben. Aufbauend auf diesen Erläuterungen wird gewertet, inwieweit BIM im aktuellen Entwicklungsstand als Grundlage von Planungshilfen genutzt werden kann. Diese stellen den Ausgangspunkt der erarbeiteten Lösungsansätze der Machbarkeitsstudie dar.

3.1 Grundlagen

Die Digitalisierung gehört zu den bedeutendsten Megatrends unserer Zeit und gewinnt für die Bauwirtschaft zunehmend an Bedeutung (Stange, 2019, S. V). Dabei wird die Planungsmethode Building Information Modeling als eines der Synonyme für Digitalisierung in der Bauwirtschaft genannt. Eine allgemeingültige Definition, was unter dem Begriff verstanden wird, ist jedoch nicht vorhanden (Spengler & Peter, 2020, S. 4). Es existieren daher verschiedene Auffassungen, was unter BIM zu verstehen ist. Die Machbarkeitsstudie orientiert sich hierbei prinzipiell an der Definition des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Dieses hat im „Stufenplan Digitales Planen und Bauen“ aus dem Jahr 2015 den Begriff Building Information Modeling wie folgt definiert:

„Building Information Modeling bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.“ (Infrastruktur, 2015, S. 4)

Ein wichtiger Grundgedanke ist hierbei, dass die Nutzung der digitalen Modelle baulicher Anlagen über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes als Wissenspeicher

erfolgt – also von der Planung über die Ausführung bis zur Bewirtschaftung und schließlich zum Rückbau (Borrmann, A. et al., 2015, S. V) (vgl. Abbildung 3-1).



Abbildung 3-1 Durchgängige Nutzung des BIM-Gebäudemodells (CADsys Blog, 2020)

Entgegen der immer noch weit verbreiteten Auffassung stellt BIM keine Software, kein Programm und keine Planung eines Bauwerkes in 3-D dar. Vielmehr sollen mittels der Methode BIM digitale, gemeinschaftlich erstellte und genutzte Informationsmodelle der vergegenständlichten und funktionellen Eigenschaften einer baulichen Anlage erzeugt werden. Diese erzeugten Modelle dienen als elementbasierte Informationsdatenbank über den gesamten Lebenszyklus und werden als verlässliche Quelle für bauwerkspezifische Entscheidungen genutzt (National Institute of Building Sciences, 2012). Der wichtigste Unterschied zu bestehenden Planungen in 2-D oder auch 3-D ist demnach, dass in den Modellen die jeweiligen Bauteile (= Elemente) nicht nur geometrisch dargestellt sind, sondern mit einer Vielzahl weiterer Informationen (sogenannter Attribute), beispielsweise das Datum der Herstellung, verknüpft werden (vgl. Abbildung 3-2).

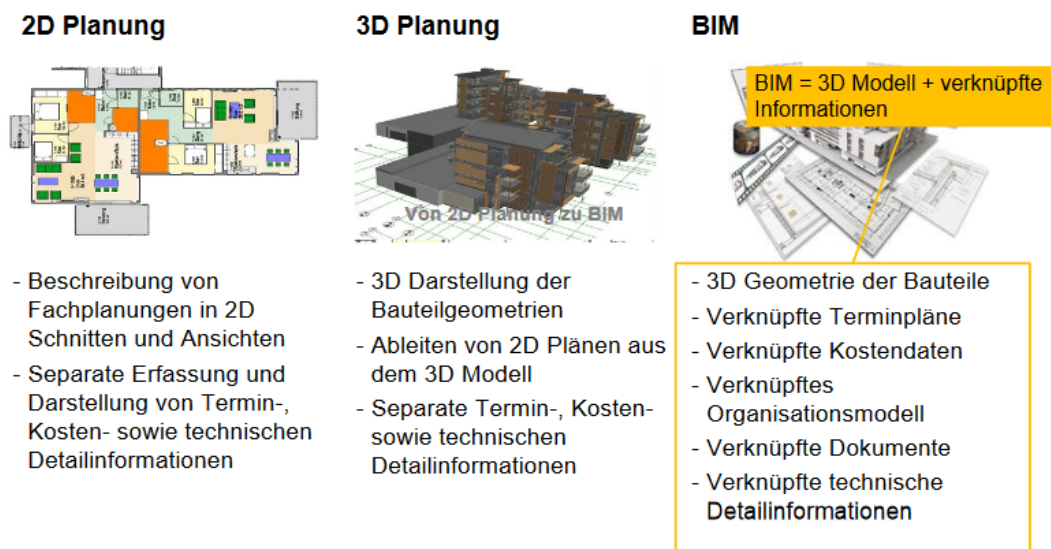


Abbildung 3-2 Entwicklungsstufen von BIM (von Heyl, 2015, S. 2)

Neben der datenspezifischen Interpretation ist unter BIM ein kollaboratives Zusammenwirken aller Projektbeteiligten zu verstehen. „Eine grundlegende Voraussetzung von BIM ist die Zusammenarbeit der am Bau Beteiligten über die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus einer baulichen Anlage, um die gemeinsam zur Verfügung stehenden Bauwerksinformationen, aus Sicht des jeweiligen Beteiligten, zu erstellen, auszuwerten, zu ändern oder zu aktualisieren.“ (National Institute of Building Sciences, 2012) (Hausknecht & Liebich, 2016, S. 49)

An der Herstellung von baulichen Anlagen auf Basis von BIM-Modellen und der Verknüpfung der Bauteile mit Informationen wird schon seit mehreren Jahrzehnten gearbeitet. Ein kurzer Überblick über wichtige Punkte in der Entwicklung und Forschung ist in Abbildung 3-3 dargestellt.

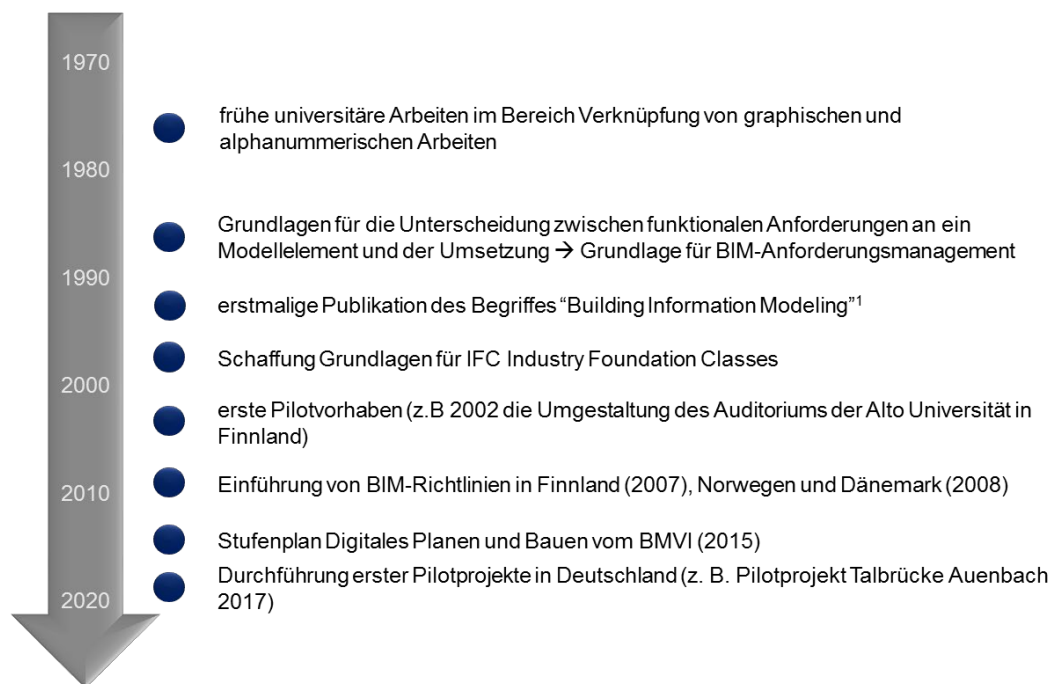


Abbildung 3-3 Entwicklung Building Information Modeling¹⁵ (Hausknecht & Liebich, 2016, S. 40 ff.)

Aus dem zeitlichen Ablauf ist erkennbar, dass Deutschland in Bezug auf die Einführung von Building Information Modeling im internationalen Vergleich sehr spät begonnen hat. Dennoch wurden in den letzten Jahren nennenswerte Fortschritte erreicht. Die Potenziale von BIM wurden insbesondere von den großen Bauunternehmen und einzelnen Auftraggebern erkannt und von der Politik gefördert (z. B. Stufenplan des BMVI). Daher wird die Anzahl der nach der BIM-Methodik abgewickelten Projekte in Zukunft weiter steigen.

¹⁵ Van Nederveen, G.; Tolman, F.: Modelling Multiple Views on Building, Automation in Construction, Dezember 1992

3.2 Begrifflichkeiten

Die Einführung von Building Information Modeling hat ebenfalls zur Folge, dass die Nutzer mit zahlreichen neuen Begrifflichkeiten konfrontiert werden. In diesem Zusammenhang versucht die VDI-Richtlinie 2552, Building Information Modeling (BIM) eine einheitliche Nomenklatur vorzugeben. Die nachfolgende Auswahl an Begriffen stellt nur einen Auszug über die für die Machbarkeitsstudie wichtigsten Begriffe dar.

Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA)

Die VDI-Richtlinie 2552 definiert die Auftraggeber-Informationsanforderungen wie folgt: „Dokument in dem der Auftraggeber die für ihn relevanten Ziele und Anwendungen und vom Auftragnehmer geforderten Leistungen und Daten beschreibt.“ (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018, S. 3)

In den AIA werden demnach aus Sicht des Auftraggebers die Ziele festgelegt, die mit der Anwendung und Umsetzung des BIM erreicht werden sollen. Diese detaillierten Festlegungen reichen von der Anforderung eines allgemeinen Verständnisses für BIM bis zu genauen Vorgaben über den Datenaustausch und die Zusammenarbeit der einzelnen Projektbeteiligten (Niedermeier & Bäck, 2018, S. 35). Beispielsweise können in den AIA enthalten sein (Silbe & Díaz, 2017, S. 61):

- Art der Daten und Informationen, die benötigt werden,
- Art, Umfang und Struktur der zu erfassenden Geometriedaten,
- Festlegung, von wem die Daten wann und in welcher Qualität benötigt werden,
- Benennung des Detaillierungsgrades (engl.: Level of Detail – LoD) oder
- Benennung des Informationsgrades (engl.: Level of Information – Lol).

Die AIA bilden die Grundlage für den sogenannten BIM-Abwicklungsplan.

BIM-Abwicklungsplan (BAP)

Ein BAP wird nach der VDI-Richtlinie 2552 als ein „Dokument [definiert], das die Grundlage einer BIM-basierten Zusammenarbeit im Projekt beschreibt.“ Er bildet dabei die Festlegungen der AIA schematisch ab. Für die erfolgreiche Umsetzung der baulichen Anlage mittels BIM definiert er Rollen, zeigt die Schnittstellen zwischen den Planungsbeteiligten und legt die Verantwortlichkeiten fest. Im BAP sind alle Funktionen, Abläufe und notwendigen Interaktionen enthalten. Darüber hinaus werden organisatorische Randbedingungen für den Planungsprozess, wie beispielsweise das Abhalten von regelmäßigen BIM-Planungsbesprechungen, aber auch Termine für die Übergaben von Modellen, geregelt (Silbe & Díaz, 2017, S. 63 f.). Weitere Festlegungen können sein:

- erforderliche Projektvorbereitungen,
- Projektbeteiligte sowie deren Rechte und Pflichten,
- Bearbeitungszeiträume oder
- verfügbare Datenräume.

Die Erstellung der AIA und des BAP als grundlegende Vorbereitung für die Umsetzung der Planungsprozesse mittels BIM müssen in den übergeordneten zeitlichen Projektlauf integriert werden. Abbildung 3-4 zeigt dazu die üblichen Projektphasen sowie die Einordnung der AIA und des BAP.

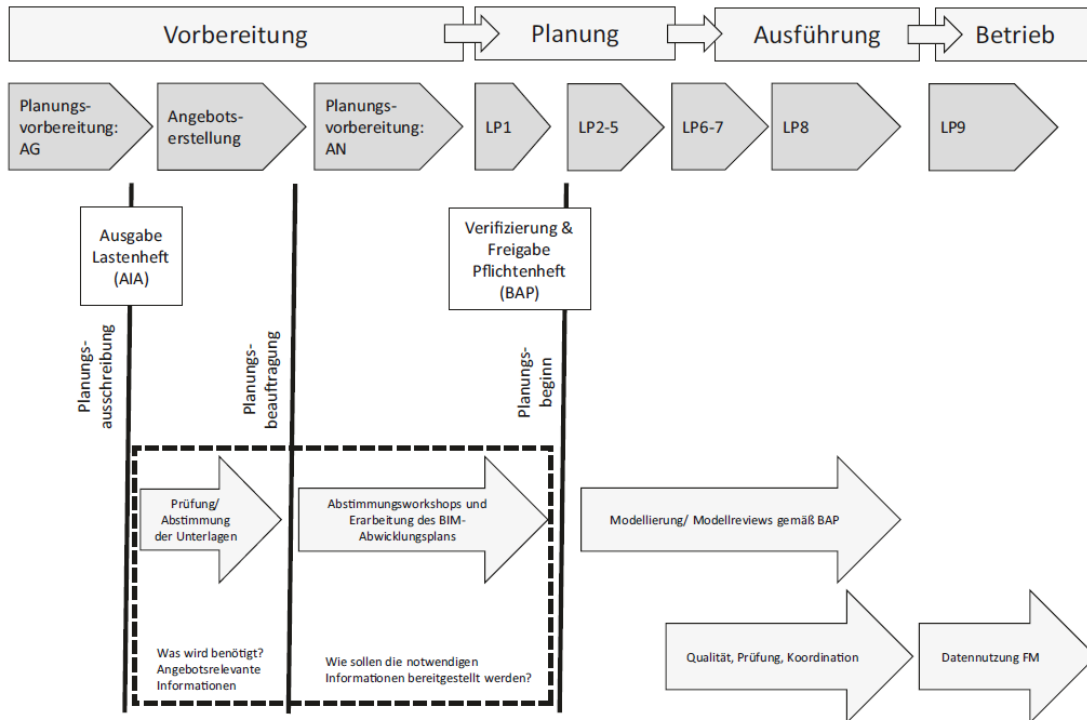


Abbildung 3-4 Projektphasen mit Einordnung AIA und BAP (Spengler & Peter, 2020, S. 7)

Industry Foundation Classes (IFC)

Neben der Einführung neuer Planungsprozesse werden im Zuge von BIM ebenfalls neue Datenformate erforderlich, um die Vielzahl an spezifischen Informationen zu speichern, darzustellen, vor allem aber zwischen den Beteiligten auszutauschen. Dabei gibt es proprietäre und offene Datenformate. Bei dem sogenannten Industry Foundation Classes handelt es sich um ein offenes Datenformat, mit dem modellbasierte Daten und Informationen in allen Planungs-, Ausführungs- und Bewirtschaftungsphasen auf Basis bekannter Schnittstellen ausgetauscht werden können (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018, S. 5). Dieses neutrale und herstellerunabhängige Datenformat soll gewährleisten, dass der beim Datenaustausch und der aktuellen Konvertierung in andere Datenformate (z. B. .dwg in .dxf) üblicherweise entstehende Datenverlust auf ein Minimum reduziert wird und unabhängig von dem jeweils genutzten Software-Programm ist (Niedermeier & Bäck, 2018, S. 14). IFC wurden bis zum Jahr 2008 von der „Industrieallianz für Interoperabilität“ (IAI) aufgestellt und danach von der buildingSMART International (bSI) weiterentwickelt. IFC sind unter DIN EN ISO 16739-1:2018 als internationaler Standard registriert und unterliegen einer permanenten Weiterentwicklung und Anpassung an den Bedarf aller BIM-Akteure. Im April 2020 wurde die IFC-Version 4.3.rc.1 vorgestellt, offiziell eingeführt ist derzeit die Version 4.1.0.0. In Fachkreisen wird IFC allein die Möglichkeit zugesprochen, auch zukünftig als offenes Datenformat für BIM bestehen zu können („OpenBIM“).

Detaillierungsgrade in BIM

Das sogenannte Level of Detail (LoD), oder auch Level of Geometry genannt, beschreibt den geometrischen Detaillierungsgrad der Modellelemente in fachspezifischen Bauwerksmodellen (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018, S. 6). Demnach wird durch den LoD angegeben, wie detailliert die Geometrie und die darauf aufbauende Spezifikation eines Bauteils (z. B. eine Stütze) in welcher Leistungs- oder Projektphase sein muss (Silbe & Díaz, 2017, S. 25). Je höher der LoD ist, umso höher

ist ebenfalls der Detailierungsgrad. Zur Verdeutlichung sind am Beispiel „Tür“ die verschiedenen Ausprägungen des LoD in Abbildung 3-5 dargestellt.

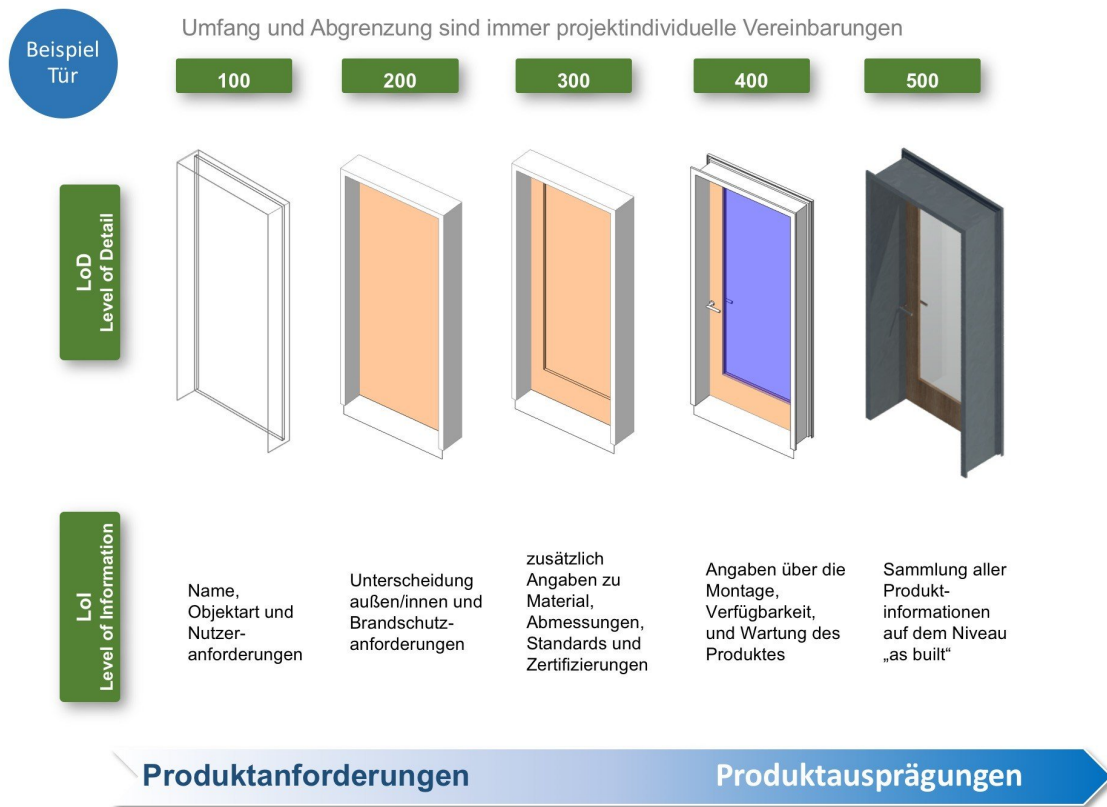


Abbildung 3-5 Darstellung Level of Detail (Schatz, 2020)

In engem Zusammenhang mit dem Detailierungsgrad der Bauteile steht deren Informationsgehalt oder auch Level of Information genannt (LoI) (Niedermeier & Bäck, 2018, S. 31). Der LoI erweitert das Modell um alphanumerische, also nicht geometrische Informationen (Spengler & Peter, 2020, S. 11).

Der Level of Information beschreibt den inhaltlichen (alphanumerischen) Informationsgrad eines Modells. Diese Informationsdichte entwickelt sich dabei aus den Attributen der zu verwendenden Objekte in der jeweiligen Stufe. LoI 100 beschreibt dabei die unterste Stufe, LoI 500 die höchste Stufe (Bauen digital Schweiz, 2018, S. 54).

Klassifizierung der Methode BIM

Die Umsetzung und Anwendungstiefe der BIM-Methode innerhalb eines konkreten Projektes kann je nach Umfang der Anwendung unterschiedlich sein. Die Unterschiede können sowohl in zeitlicher als auch inhaltlicher Hinsicht bestehen (vgl. Abbildung 3-6). Erfolgt die Anwendung nur in bestimmten Phasen des Projekts oder nur bei einzelnen Fachdisziplinen (z. B. nur bei der Gebäudetechnischen Ausrüstung) spricht man vom sogenannten LittleBIM. Im Gegensatz dazu erfolgt bei BigBIM die Anwendung der Methode über die gesamte Projektlaufzeit, vor allem aber gewerkeübergreifend über alle Disziplinen der Fachplaner (Niedermeier & Bäck, 2018, S. 11).

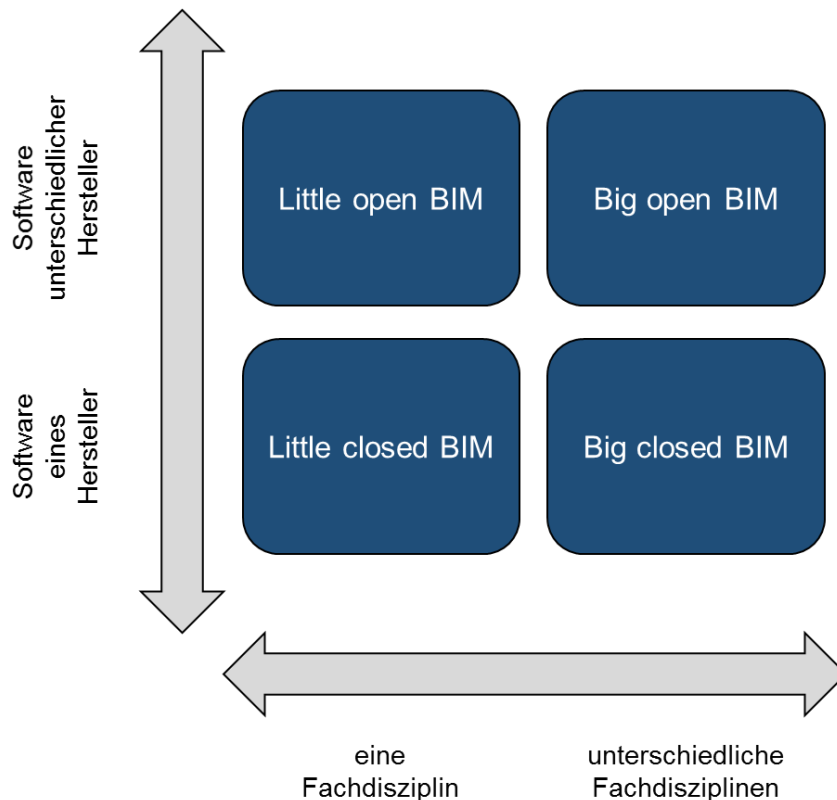


Abbildung 3-6 Darstellung Klassifizierung des Einsatzes der BIM-Methodik, eigene Darstellung in Anlehnung an (Silbe & Díaz, 2017)

Weiterführend werden diese beiden Ansätze in Abhängigkeit der Kompatibilität des Datenaustausches unterschiedlicher Softwareprogramme in ClosedBIM und OpenBIM unterteilt. Grundlegend gibt es die Möglichkeit, bei der Planung eines Bauprojektes auf die Produkte und Datenaustauschformate eines Softwareherstellers zurückzugreifen (ClosedBIM). Dies hat den Vorteil, dass zum einen Datenkonvertierungen üblicherweise verlustfrei verlaufen und zum anderen sich der Koordinationsaufwand geringer darstellt. Der Nachteil ist jedoch, dass die mögliche Auswahl an Planungspartnern deutlich reduziert wird, wenn diese andere Softwareprogramme nutzen. Man spricht von OpenBIM, wenn der Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Software-Programmen über herstellernerneutrale, „offene“ Formate, wie beispielsweise das IFC-Format, erfolgt. Dies bietet den Vorteil, dass jeder Planungspartner die für seine Belange am besten geeignete Software verwenden kann (Niedermeier & Bäck, 2018, S. 12) und die Planungsdaten kompatibel zu denen anderer Planer sind. Abbildung 3-7 veranschaulicht die vorher beschriebenen Ansätze.

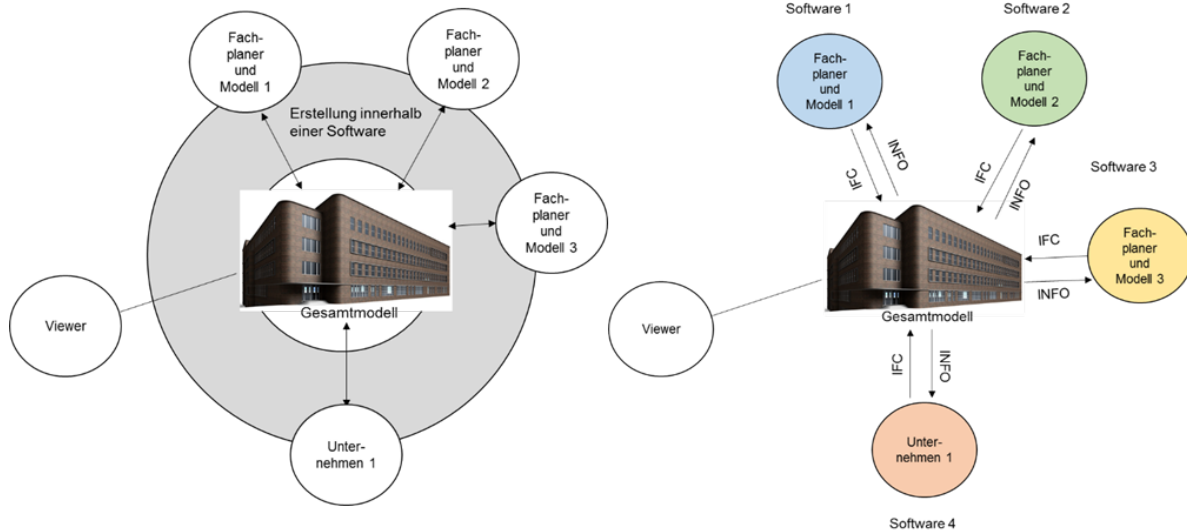


Abbildung 3-7 Schematische Darstellung ClosedBIM (li.) und OpenBIM (re.), eigene Darstellung in Anlehnung an (Fröch, Gächter, Tautschnig, & Specht, 2019)

Grundsätzlich können mit beiden Ansätzen BIM-Projekte umgesetzt werden. Da OpenBIM aber den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Software- und Datenbanksystemen ermöglicht und ein offener Standard ist, sollte eine großflächige BIM-Einführung mit OpenBIM umgesetzt werden (Hausknecht & Liebich, 2016, S. 45). Der Ansatz einer herstellerunabhängigen Nutzung von BIM ist auch die in der Machbarkeitsstudie präferierte Lösung.

BIM-Modellarten

Bei der Durchführung von BIM ist man mit einer Vielzahl inhaltlich verschiedener Ausprägungen der Bauwerksmodelle konfrontiert. Tabelle 3-1 fasst typische bei BIM verwendete Arten von Bauwerksmodellen sowie ihre Merkmale zusammen.

Tabelle 3-1 Modellarten (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018)

Modell	Merkmale
As-Planned-Modell	- stellt den Soll-Zustand eines herzustellenden Bauwerkes dar - Ergebnis der Ausführungsplanung
As-Built-Modell	- stellt den Ist-Zustand eines hergestellten Bauwerkes dar - während der Bauausführung im Vergleich zum As-Planned-Modell vorgenommene bauliche Änderungen werden im Datenmodell übernommen - Grundlage für Bestandsmodell der Nutzungsphase
Grundlagenmodell	- Modell, das als Basis für Fachplanungen dient - Erstellung auf Grundlage der Objektplanung bzw. von Bestandsdaten
Bauwerksmodell	- objektbasierte digitale Abbildung der physischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks - zentraler BIM-Bestandteil
Fachmodell	- gewerkespezifisches Modell einzelner Fachplaner/ Beteiligter an einem Bauwerk
Teilmodell	- definierter Ausschnitt eines Fachmodells
Koordinationsmodell	- digitales Modell, das aus mehreren Fach- und/oder Teilmodellen zum Zweck der Abstimmung zusammengefügt wird

Referenzmodell	- nicht bearbeitbares (Teil-, Fach- oder Multi-) Modell, das als räumlicher Bezug bei der Erstellung eines weiteren Teil- oder Fachmodells dient
Bestandsmodell	- Bauwerksmodell, das den Istzustand eines Bauwerkes bis zum gewählten Fertigstellungsgrad abbildet - As-Built-Modell ist eine spezielle Form des Bestandsmodells
3-D-Modell	- dreidimensionales digitales Modell eines Bauwerks - in der Regel objektbasiert und ein zentraler Bestandteil von BIM
4-D-Modell	- erweitertes 3-D-Modell, bei dem als 4. Dimension Modellelemente den Vorgängen eines Terminplanes zugeordnet werden
5-D-Modell	- erweitertes 4-D-Modell, bei dem als 5. Dimension Modellelemente den Kostenansätzen der Kostenermittlung zugeordnet werden

Gemeinsame Datenumgebung – Common Data Environment (CDE)

Die VDI-Richtlinie definiert die Common Data Environment wie folgt: „Vereinbarte Umgebung für Informationen für ein bestimmtes Projekt oder Asset, um jeden Informationscontainer über einen verwalteten Prozess zu sammeln, zu verwalten und zu verbreiten.“ (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018, S. 5)

Diese von allen Projektbeteiligten genutzte gemeinsame Datenumgebung dient als Plattform für den offenen Austausch, den Bezug und die Ablage projektbezogener Informationen sowie das Management von Prozessen über den gesamten Lebenszyklus. Dadurch kann jeder Projektbeteiligte zu jeder Zeit die aktuellen und relevanten Informationen abrufen. Dabei ist zu beachten, dass der Austausch der Informationen über strukturierte Schnittstellen erfolgt. (Spengler & Peter, 2020, S. 14)

3.3 BIM-Level

Bei der Planungsmethode Building Information Modeling unterscheidet man je nach Ausprägung der Nutzung verschiedene BIM-Level, auch Reifegrade genannt. Die Einteilung geht auf ein von Mark Bew und Mervyn Richards im Jahr 2008 veröffentlichtes Modell zurück (Heinze GmbH | NL Berlin | BauNetz, o. D.). Das jeweilige BIM-Level gibt demnach an, welche Arbeitsweisen und Planungsinhalte mittels BIM umgesetzt werden (vgl. Abbildung 3-8).

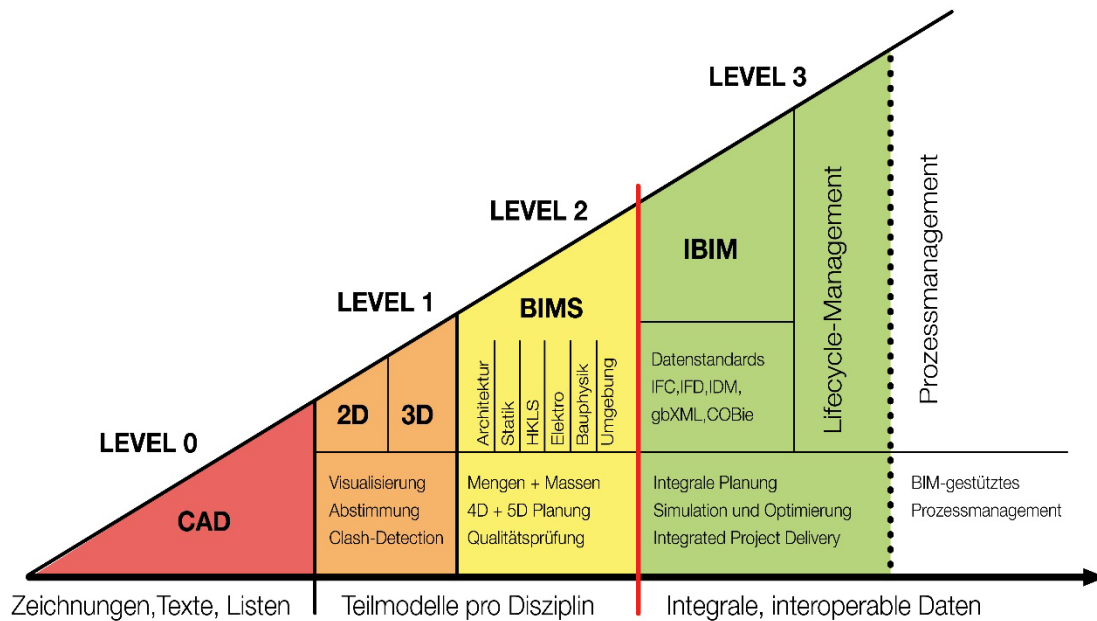


Abbildung 3-8 BIM-Level 0 bis 3 (Plandata GmbH, 2020)

Weiterführend sind in Tabelle 3-2 die verschiedenen BIM-Level mit ihren Merkmalen näher erläutert.

Tabelle 3-2 BIM-Level und ihre Merkmale (Plandata GmbH, 2020) (Heinze GmbH | NL Berlin | BauNetz, o. D.)

BIM-Level	Merkmale
Level 0	<ul style="list-style-type: none"> - keine digitale, kollaborative Zusammenarbeit - Austausch von nicht miteinander verknüpften 2-D-Plänen, Texten, Zeichnungen oder Listen in Papier oder digital als PDF-Dateien
Level 1	<ul style="list-style-type: none"> - teilweise kollaboratives Arbeiten - Entwurf als 3-D-Modell - kein Modellaustausch zwischen den Beteiligten - Genehmigungs- und Ausführungsplanung als 2-D-CAD-Zeichnung
Level 2	<ul style="list-style-type: none"> - kollaboratives Arbeiten - alle Projektbeteiligten arbeiten an objektbasierten, datenreichen Informationsmodellen (kein gemeinsames Modell) - zu festgelegten Zeitpunkten werden Fachmodelle zu Koordinationsmodellen zusammengefügt, um etwaige Kollisionen zu lösen
Level 3	<ul style="list-style-type: none"> - vollständiges kollaboratives Arbeiten - alle Projektbeteiligten arbeiten an einem zentralen Modell - Zugriff auf Modell über CDE - Bearbeitung nach vorher vereinbarten Regeln - unterschiedliche Lese- und Schreibberechtigungen der einzelnen Planungsbeteiligten

3.4 BIM-Rollen

Die Etablierung von neuen Prozessabläufen im Umgang mit BIM hat ebenfalls die Einführung neuer Arbeitsfelder und Tätigkeitsbereiche zur Folge. Neben der Sicherstellung des strukturierten Umgangs mit den Daten während der Planung und des Betriebs baulicher Anlagen muss der gemeinsame Workflow aller an der „Modellierung“ Beteiligten koordiniert werden. Den unterschiedlichen Beteiligten wird dabei eine spezielle Rolle mit konkreten Verantwortlichkeiten sowie Rechten und Pflichten zugeordnet. Diese sind in Abbildung 3-9 dargestellt und werden nachfolgend kurz vorgestellt.

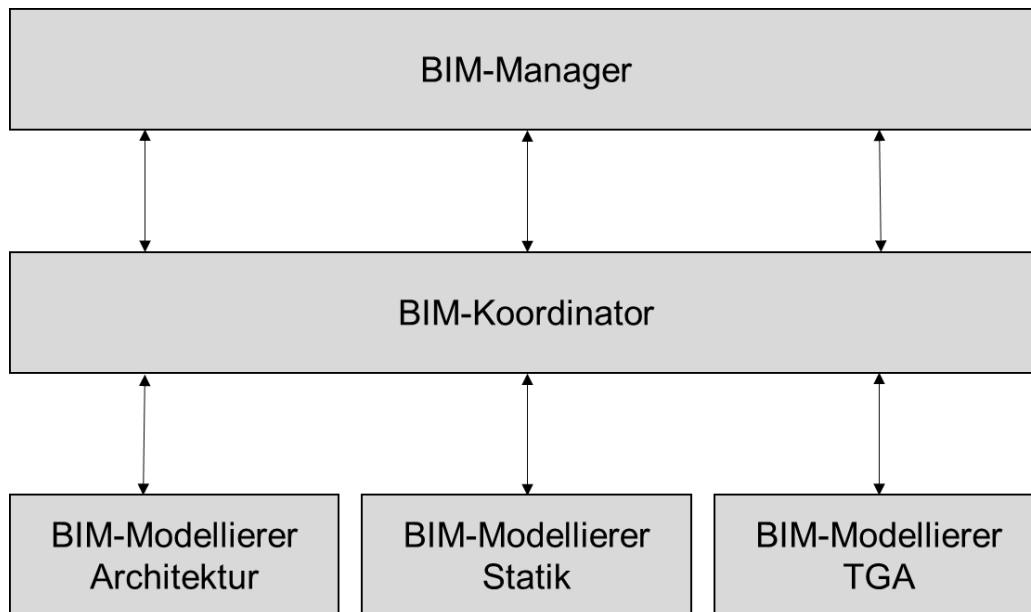


Abbildung 3-9 BIM-Rollen, eigene Darstellung in Anlehnung an (Silbe & Díaz, 2017)

BIM-Modellierer (Informationsautor)

Der BIM-Modellierer oder auch Modellautor genannt, erstellt je nach Aufgabenfeld das Grundlagenmodell oder die jeweiligen Fachmodelle. Neben der Erstellung der Modelle pflegt er ebenso die Informationen und Attribute der jeweiligen Bauteile. Grundsätzlich ist der Modellierer mit den „Planern“ (Architekten und Ingenieure (Statik, TGA) der Objekt- und Fachplanung) zu vergleichen. Jedoch muss beachtet werden, dass bei der Modellierung weitreichende Kenntnisse im Umgang mit dem BIM-Modell, konkret über Bauteileigenschaften, Modellierung von Baukonstruktionen und weitere modellspezifische Besonderheiten vorhanden sein müssen. Diese Kenntnisse müssen im Modell selbstständig angewandt werden, da nur der Urheber/Ersteller eines Modells seine eigenen Planungen ändern kann. Eine Änderung in Modellierungen anderer Planungsbeteiligter ist nicht möglich. Daher wird der BIM-Modellierer als neuer Berufszweig angesehen. (Silbe & Díaz, 2017, S. 51)

BIM-Koordinator (Informationskoordinator)

Die hauptsächliche Aufgabe des BIM-Koordinators ist die Sicherstellung der Qualität des zu erstellenden BIM-Modells. Daher ist er zuständig für den Informationsaustausch zwischen den einzelnen Projektbeteiligten (vgl. Abbildung 3-9), aber auch für die Koordination dieser. Die VDI-Richtlinie 2552 definiert den Koordinator wie folgt:

„Der BIM-Koordinator ist ein Projektmitglied, das im Rahmen des Wertschöpfungsprozesses für die operative Umsetzung der BIM-Ziele über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks verantwortlich ist.“ (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018)

Auf Grundlage der durch die AIA festgelegten BIM-Ziele definiert er somit die Aufgaben und Zuständigkeiten der einzelnen Planungspartner. Weiterhin ist er für die Zusammenführung der einzelnen Fachmodelle in einem Koordinationsmodell verantwortlich. Dies ermöglicht ihm, die gewerkeübergreifende Prüfung der einzelnen Modelle auf Kollisionen, aber auch inhaltliche Fehler hin, zu koordinieren. Nach erfolgter Prüfung und gegebenenfalls notwendiger Korrektur leitet er die Freigabe des Modells durch den BIM-Manager ein. Die Intervalle der jeweiligen Freigaben sind dabei projektspezifisch und richten sich wiederum nach den AIA sowie dem BAP. (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018)

BIM-Manager (Informationsmanager)

Der BIM-Manager ist der Ansprechpartner des Auftraggebers für digitale Belange und wird als Projektmitglied definiert, das im Rahmen des Projektmanagementprozesses die Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) verfasst sowie BIM-Ziele und -Anwendungen definiert. (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018)

Dabei legt er die jeweiligen Zugriffsrollen für das Modell fest, klärt die Verantwortlichkeiten unter den verschiedenen Projektbeteiligten, gibt aber auch Handlungsanweisungen für die Informationserstellung im Modell vor. Darüber hinaus ist er für die Koordination des Informationsaustausches zwischen den Fachplanern, die Sicherung der Einhaltung der Projektstrukturen sowie den Schutz der Modellinformationen zuständig (Silbe & Díaz, 2017, S. 53). Weiterhin liegt die Kontrolle der geplanten Modelle auf Qualität und Informationstiefe in seiner Verantwortung. Entsprechen diese Modelle den festgelegten Standards und Inhalten, werden diese durch den BIM-Manager genehmigt und freigegeben. Anschließend führt er die einzelnen Modelle in einem Gesamtbauwerksmodell zusammen und dokumentiert den Projektfortschritt. (Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2018, S. 4)

3.5 Status quo – BIM in Deutschland

3.5.1 Nutzung in der Baubranche

Nach der grundsätzlichen Vorstellung von wichtigen Begrifflichkeiten und Prinzipien des BIM sollen die nachfolgenden Ausführungen einen kurzen Überblick geben, in welchem Umfang BIM in der Praxis angewendet wird. Dabei muss beachtet werden, dass aktuell keine wissenschaftlich fundierten Untersuchungen zu dieser Thematik vorhanden sind.

Grundlegend ist festzustellen, dass zum derzeitigen Stand noch keine signifikante Verbreitung von BIM bei den auftraggebenden Stellen vorhanden ist. In vielen Projekten erfolgt daher die Bearbeitung von Projekten mittels „traditioneller“ Planungsmethoden. Dies trifft insbesondere auf einen Großteil der öffentlichen, institutionellen und privaten Auftraggeber zu. Gleiches gilt für genehmigende Behörden. Einzig gewerbliche Auftraggeber großer Industrieunternehmen haben den Mehrwert des BIM erkannt und fordern die Projektabwicklung unter Beachtung dieser Methodik ein.

Im Vergleich zu der auftraggebenden Seite besitzen viele große Planungs- und Architektenbüros sowie größere Bauunternehmen deutlich umfangreichere Erfahrungen im Umgang mit Building Information Modeling. Hintergrund ist der Nutzen der Planer und

Bauunternehmen, der durch die Anwendung von BIM für das eigene operative Projektgeschäft generiert wird. Zu nennen ist hierbei z. B. die Mengenermittlung, Filter-/Researchfunktionen (BigData), Planungskoordination („Kollisionsprüfung“), schnellere Interaktion mehrerer Planer in einem Modell, 3-D-Visualisierungsmöglichkeiten, 5-D-Planung, Marketing. Diese Tatsache deckt sich mit den Erkenntnissen aus den im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie durchgeführten Experteninterviews (vgl. Kapitel 4) und ist mit den vorgenannten Vorteilen zu begründen. Weiterhin sind Gründe genannt, die mit dem generellen wirtschaftlichen Druck und möglicherweise zukünftigen Anforderungen an Referenzen im Umgang mit BIM zusammenhängen. Verschiedene Studien zeigen aber auch, dass es in diesen Gruppen der Planer und Bauunternehmen auch nennenswerte Unterschiede in der Verbreitung und Nutzung von BIM gibt. Besonders Planer und Bauunternehmen mittlerer und kleiner Unternehmensgröße sowie Handwerker sind sehr selten mit BIM vertraut. Unterschiedliche Studien belegen diesen teilweise ambivalenten Zustand.

Eine bundesweite Befragung der Mitglieder der Architektenkammern der Länder weist dabei aus, dass bei 15.206 Befragten lediglich 12 Prozent die Methode BIM kennen und diese ebenfalls nutzen. Weitere 66 Prozent der Teilnehmer gaben an, dass sie zwar die Methode kennen, diese jedoch (noch) nicht nutzen. Für die verbleibenden 22 Prozent der Teilnehmer war BIM demnach kein Begriff (Reiß & Hommerich GmbH, 2017). Grundlegend wurde von den Befragten aber ebenfalls angeführt, dass sich BIM in den nächsten Jahren durchsetzen wird (vgl. Abbildung 3-10). Als zeitlicher Horizont wurden dabei circa 5 bis 10 Jahre genannt.

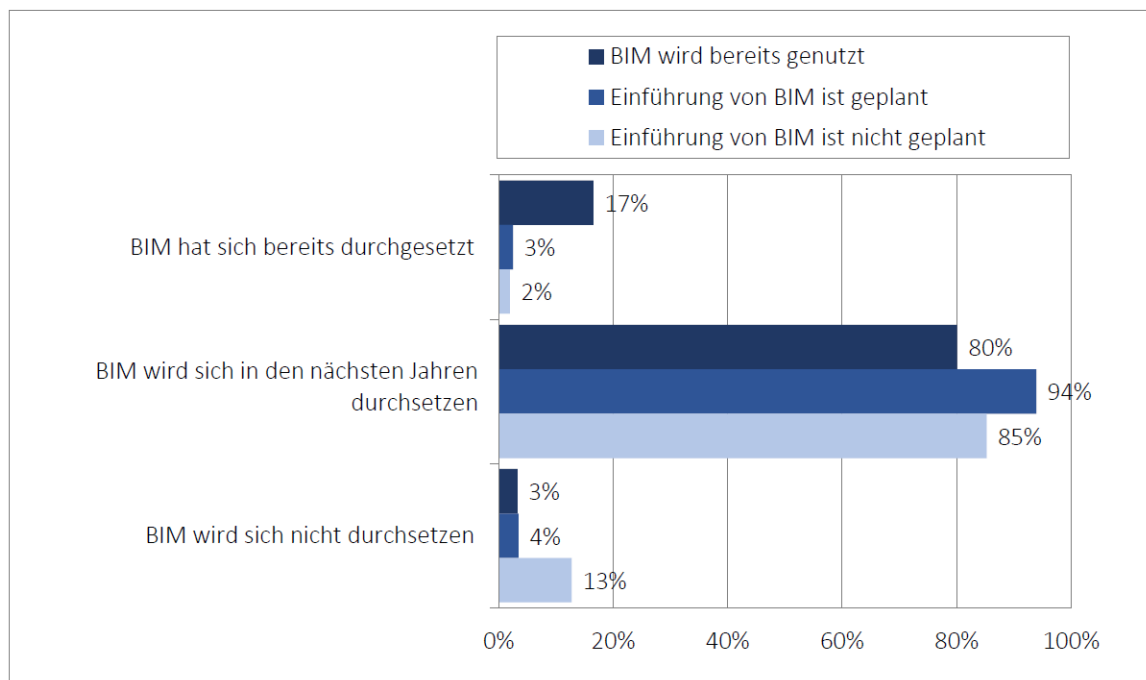


Abbildung 3-10 Erwartete Etablierung von BIM bei Architekten

Eine andere Studie zeigt hingegen, dass in Planungsbüros die Verbreitung von Building Information Modeling deutlich stärker ausgeprägt ist (Bialas, Wapelhorst, Brokbals, & Čadež, 2019). Demnach nutzen schon circa 37 Prozent der Befragten zum Zeitpunkt der Befragung (2019) BIM (vgl. Abbildung 3-11).

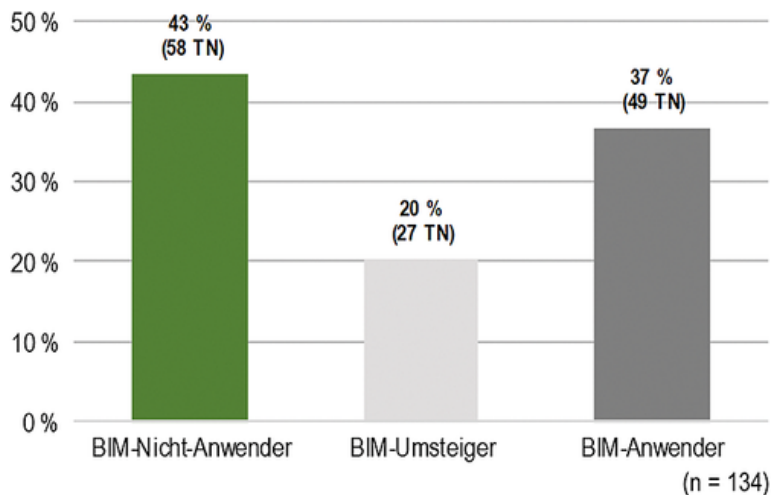


Abbildung 3-11 Zuordnung der Studienteilnehmer zu den BIM-Anwendungsgruppen (Bialas, Wapelhorst, Brokbals, & Čadež, 2019)

Weiterführend zeigt die letztgenannte Studie, dass die Nutzung von BIM in Abhängigkeit zur Größe des jeweiligen Planungsbüros steht (vgl. Abbildung 3-12): Je größer ein Unternehmen ist, desto wahrscheinlicher ist eine Nutzung von BIM.

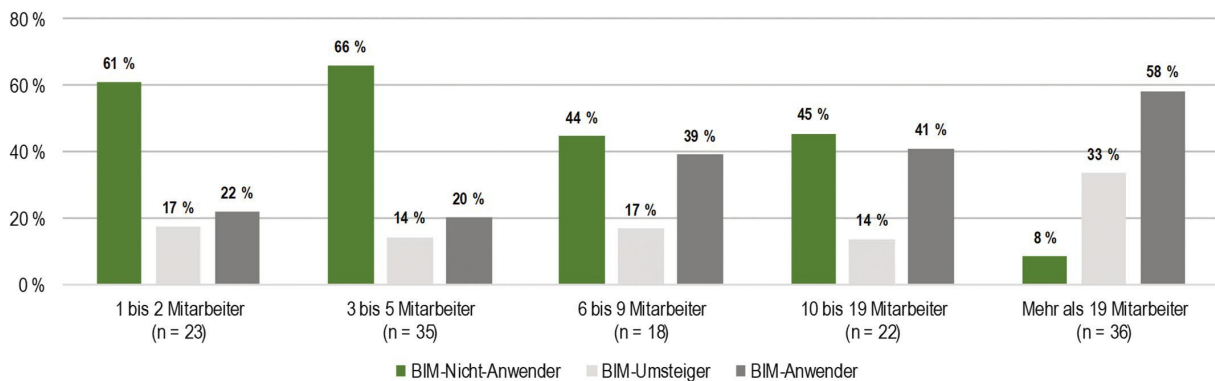


Abbildung 3-12 BIM-Implementierung in Abhängigkeit von der Anzahl der Mitarbeiter im Unternehmen (Bialas, Wapelhorst, Brokbals, & Čadež, 2019)

Eine Ursache für diese Tatsache liegt insbesondere bei kleinen Büros in den fehlenden Kapazitäten, um von den gewohnten Planungsprozessen und Arbeitsabläufen abzuweichen und neue Arbeitsmethoden sowie Software integrieren zu können. Darüber hinaus können solche Unternehmen den wirtschaftlichen Mehrwert durch die Anwendung von BIM nicht ausreichend einschätzen und für ihre eigene Arbeit nutzbar machen. Ebenso spielen die nicht unerheblichen Kosten für BIM-spezifische Hard- und Software eine große Rolle. Weitere signifikante Hemmnisse bei der Implementierung von BIM sind in Abbildung 3-13 aufgeführt.

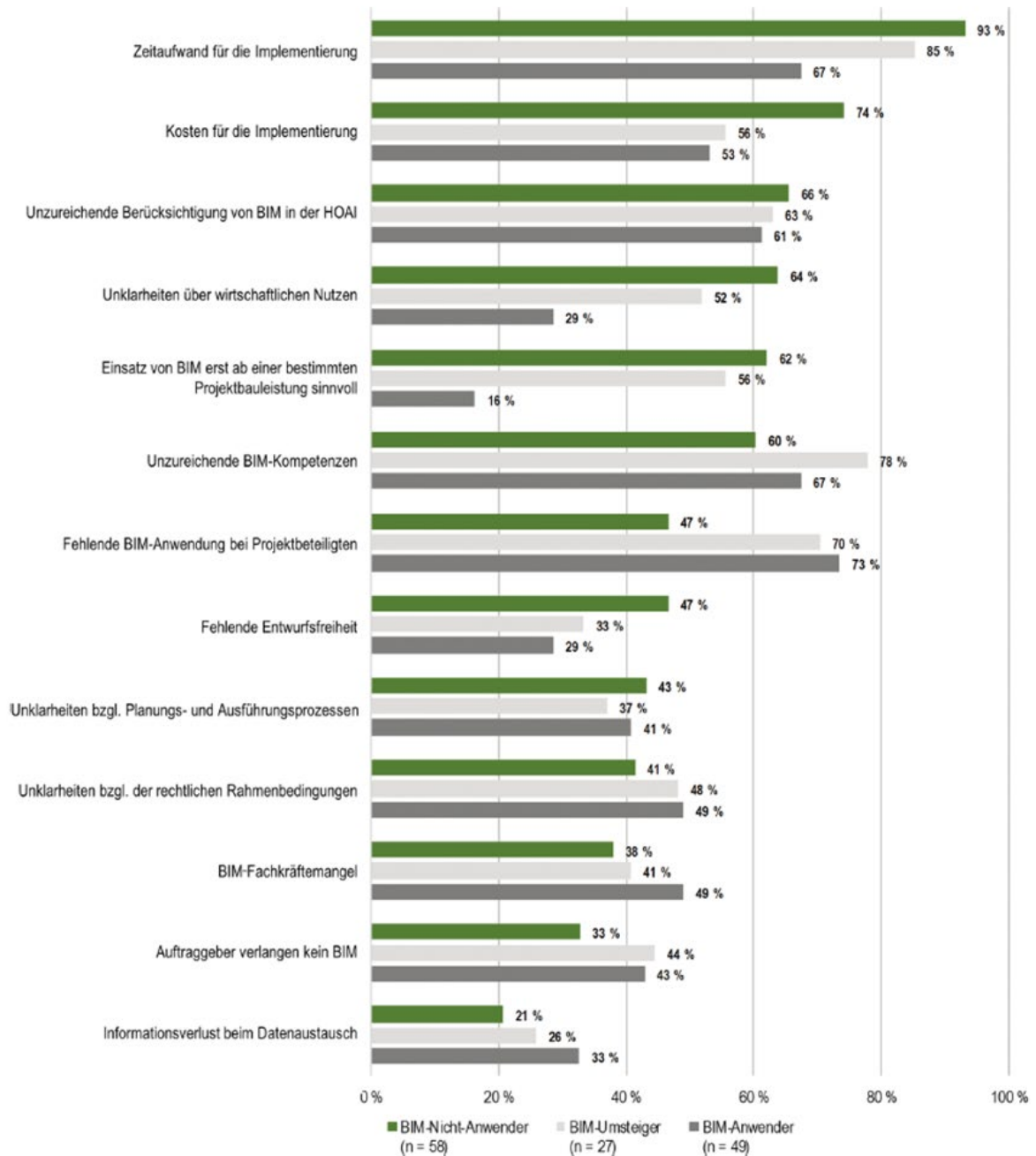


Abbildung 3-13 Hemmnisse bei der Implementierung von BIM (Bialas, Wapelhorst, Brokbals, & Čadež, 2019)

Zusammenfassend lässt sich demnach feststellen, dass noch keine flächendeckende Verbreitung und Anwendung von BIM vorhanden ist. Momentan zeigt sich, dass die Erfahrungen mit der neuen Methode sich meist auf umsatzstarke Vertreter der Planung und Bauausführung beschränken. Die Seite der Auftraggeber und auch Behörden weist hingegen noch Defizite in der Anwendung von BIM auf. Dies bestätigte sich auch in der durchgeführten Befragung der Experten. Es wurde aber auch die grundlegende Meinung geteilt, dass in Zukunft eine flächendeckende Abwicklung von Projekten mittels BIM Standard werden wird. In Vorbereitung dessen wurden insbesondere auch im politischen Umfeld, der Wissenschaft und Normung wichtige Schritte unternommen, die nachfolgend kurz aufgezeigt werden.

3.5.2 Politische Perspektive

Der wohl wichtigste Vorstoß der Politik in Deutschland bei der Etablierung von BIM wurde durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Jahr 2015 gelegt. Mit dem vorgestellten „Stufenplan Digitales Planen und Bauen“ werden Grundlagen für das digitale Bauen definiert. Darüber hinaus sieht der Stufenplan in verschiedenen Etappen vor, dass alle öffentlichen Infrastrukturprojekte über einem bestimmten Bauvolumen ab 2020 mit der Methode BIM geplant und gebaut werden (vgl. Abbildung 3-14).

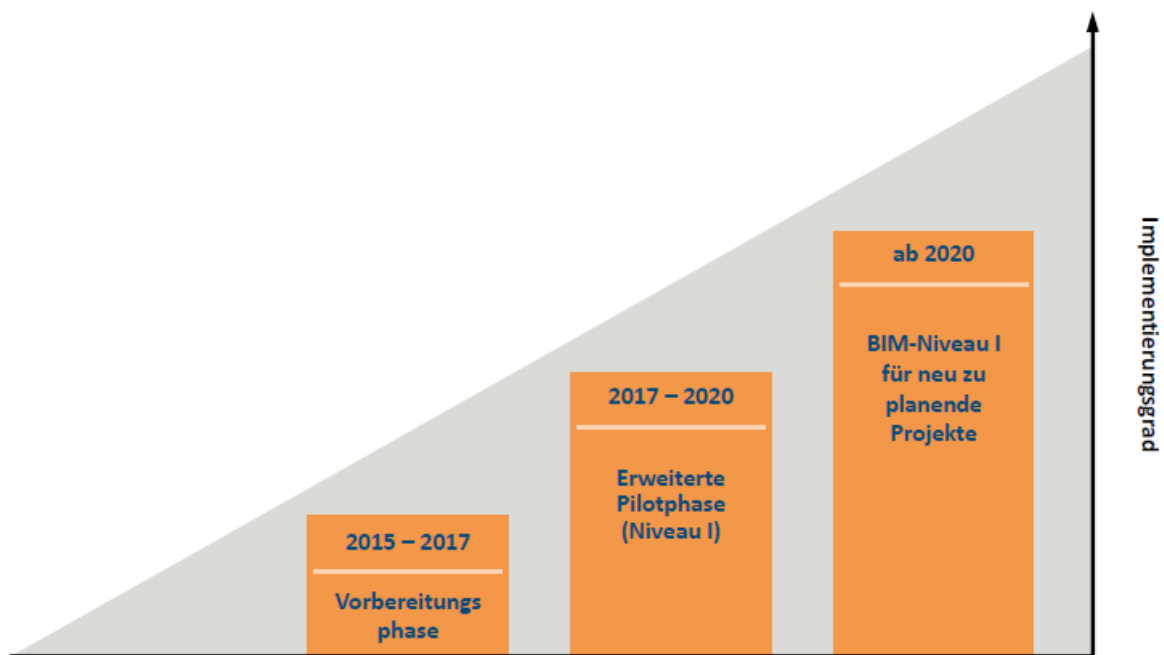


Abbildung 3-14 Darstellung des Stufenplans zur Implementierung von BIM (Infrastruktur, 2015)

Wie aus der Abbildung 3-14 zu entnehmen ist, teilt sich die Implementierung in drei Stufen. In der Vorbereitungsphase sollten in vier Pilotprojekten verschiedene BIM-Ziele für die Anwendung festgelegt und im Vergleich zu bestehenden Prozessen untersucht werden. Diese vier Pilotprojekte waren:

1. Brücke Auenbachtal,
2. Brücke Petersdorfer See,
3. Brücke Filstal und
4. Tunnel Rastatt.

Dabei wurden je nach Bauvorhaben verschiedene Schwerpunkte und Ziele festgelegt und in verschiedene Leistungsphasen verortet.

Beispielsweise wurden als Ziele festgelegt:

- Verbesserung der Leistungsmeldung durch Verknüpfung der Informationen der Baustelle mit dem 4-D-Modell (Borrmann, A. et al., 2017),

- Verbesserung der Organisation, Kommunikation und Schnittstellenkoordination durch einheitliche, interdisziplinäre, modellorientierte Bearbeitung (Borrmann, A. et al., 2017) und
- Verbesserung der Kommunikation und Vernetzung aller Projektbeteiligten (Borrmann, A. et al., 2017; Reiß & Hommerich GmbH, 2017).

Grundlegend wurden bei diesen Pilotprojekten die Visualisierung, die 3-D-Modellierung mit anfänglichen Kollisionsprüfungen, die modellbasierte Mengenermittlung, 4-D-Simulation des Bauablaufs sowie die Baufortschrittskontrolle und Bauabrechnung in den Vordergrund gerückt (Borrmann, A. et al., 2016). Die Untersuchungen sollen somit als Grundlage dienen, wie zukünftig Bauvorhaben digital geplant und gebaut werden können. Momentan befindet man sich zeitverzögert in der zweiten Stufe, der „erweiterten Pilotierungsphase“. Bei dieser sollen weitere Erkenntnisse gesammelt werden, wie eine flächendeckende Implementierung von BIM in Zukunft umgesetzt werden kann. Ein Endbericht lag zum Zeitpunkt der Erstellung der Machbarkeitsstudie noch nicht vor.

Der Stufenplan des BMVI hat grundlegend gezeigt, dass auch im politischen Raum die Wichtigkeit von BIM für die Zukunft erkannt wurde. Die Bundesregierung versucht daher, die Digitalisierung im Bauwesen voranzutreiben. Aus diesem Grund wurde auf Initiative des BMVI und in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) das Nationale BIM-Kompetenzzentrum auf den Weg gebracht. Dieses soll die Digitalisierungsentwicklungen im Bauwesen, insbesondere im mittelständischen Umfeld, unterstützen (Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen, 2020). Dabei unterstützt das Kompetenzzentrum den Bund bei allen Fragen zu (Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen, 2020):

- Entwicklung und Umsetzung einer einheitlichen Normungs- und Open-BIM-Strategie,
- Erarbeitung von Anforderungen und Maßstäben,
- Aufstellung von Aus- und Fortbildungskonzepten,
- Einrichtung und inhaltliche Pflege eines BIM-Portals mit Datenbank, Prüfwerkzeugen und BIM-Objekten,
- Entwicklung einer Strategie für BIM im Betrieb von Bundesliegenschaften und
- Entwicklung einer Strategie für die nächsten Schritte nach 2020.

Zusammenfassend ist demnach festzustellen, dass aus der Politik in der Zukunft weitere signifikante Bestrebungen erfolgen werden, die die Entwicklung der Digitalisierung im Bauwesen, vor allem die Einführung des BIM, vorantreiben werden.

3.5.3 Forschung

BIM ist seit circa 20 Jahren im nationalen und internationalen Kontext zentraler Gegenstand von Forschungsaktivitäten. Dabei wird vor allem an den Grundlagen des Datenmanagements, an der Prozessdefinition Planen/Bauen/Betreiben und der Automatisierung der Planung gearbeitet. Abbildung 3-15 gibt dazu exemplarisch einen Überblick über relevante Arbeiten zu ausgewählten Themengruppen. Nicht zuletzt wird dadurch auch erkennbar, dass weltweit der Mehrwert von BIM in der Planung und Bauausführung erkannt wurde.

	2004 - 2007	2008 - 2009	2010 - 2011	2012 - 2013	2014 - 2015	2016 - 2017	2018 - 2019
Implementierung und Anwendung von BIM	Latiffi, Mohd & Kasim (2007); Hartmann & Fischer (2007)	Kiviniemi et al. (2008); Eastman et al. (2008); Maunula, Smeds & Hirvensalo (2008); Bew, Underwood & Wix (2008); Succar (2009); Wong, Wong & Nadeem (2009); Arayici, Coates & Koskela (2009); Aranda-Mena et al. (2009)	Coates et al. (2010); Wong & Nadeem (2010); Kreider, Messner & Dubler (2010); Gu & London (2010); Jung & Joo (2011); Arayici et al. (2011); Eastman et al. (2011)	Azhar et al. (2012); Ju & Seo (2012); Gledson, Henry & Bleanch (2012); Khosrowshahi & Arayici (2012); Ahmad, Demian & Price (2012); Ilozor & Kelly (2012); Eadie et al. (2013); Kiani & Ghomi (2013); Giel & Issa (2013); Zahrizan et al. (2013); Kassem, Iqbal & Dawood (2013)	Eschenbruch et al. (2014); Miettinen & Paavola (2014); Navendren et al. (2014); Smith (2014); Talebi (2014); Yamazaki (2014); Masood, Kharal & Nasir (2014); Abdirad (2014); Jin et al. (2015); Cao et al. (2015); Cheng & Lu (2015); Jung & Lee (2015); Kassem, Succar & Dawood (2015); Shou et al. (2015); Azhar, Khalfan & Maqsood (2015)	Abdirad (2016); Cao et al. (2016); Kim et al. (2016); Gledson & Greenwood (2016); Hosseini et al. (2016); Latiffi et al. (2016); Succar & Kassem (2016); Silva et al. (2016); Miettinen & Pavoola (2016); Gerges et al. (2017); Cao et al. (2017); Kassem & Succar (2017); Abdirad (2017); Cao, Li & Wang (2017); Kassim et al. (2017); Rowlinson (2017); Ismail, Chiozzi & Drogemuller (2017)	Liao et al. (2018); Zou et al. (2018); Nadeem et al. (2018); Hosseini, Pärn & Edwards (2018); Zhao, Pienaar & Gao (2018); Govender et al. (2018); Kalfa (2018); Tang et al. (2018); Ferron & Turkan (2018); Liao & Teo (2018); Yang & Chou (2018); Loyola & Lopez (2018); Shah et al. (2018); Telaga (2018); Wong (2018)
BIM-Reifegrad	NBIMS (2007); Bazjanac (2007)	Bew & Richards (2008); McCuen (2008); Succar (2009); IU (2009)	Sebastian & van Berlo (2010); Succar (2010); Jung & Joo (2010); Haron, Marshall-Ponting & Aouad (2010); Gao (2011); McCuen & Suermann (2011)	Chen, Dib & Cox (2012); Succar, Sher & Williams (2012); van Berlo et al. (2012); CIC (2012); Kassem, Succar & Dawood (2013); Kam et al. (2013); Succar, Sher & Williams (2013); Giel & Issa (2013)	Dakhil & Alshawi (2014); Chen, Dib & Cox (2014); Du, Liu & Issa (2014); Abdirad & Bozorgi (2014); Giel & Issa (2015); Kelly (2015); Azzouze et al. (2015); Adamu, Emmitt, Soetanto (2015)	Bougroum (2016); Dakhil, Underwood & Al Shawi (2016); Wu et al. (2017); Borrmann et al. (2017); Smits, van Buiten & Hartmann (2017); Bradley, Lamb & Li (2017); Azzouz & Hill (2017); Guerriero et al. (2017); Dakhil (2017)	Siebelink, Voordijk & Adriaanse (2018); Hosseini et al. (2018); Ahankoob et al. (2018); Azzouz, Lu et al. (2018); Hill & Papadonikolaki (2018); Mollasalehi et al. (2018); Rezahoseini et al. (2019)

	2004 - 2007	2008 - 2009	2010 - 2011	2012 - 2013	2014 - 2015	2016 - 2017	2018 - 2019
BIM in der Planungsphase	Fischer & Kunz (2004); Braunes & Donath (2006); Scherer, Weise & Katranuschkov (2007); Sullivan (2007)	Penttilä (2008); Schinler & Nelson (2008); Ham et al. (2008); von Both (2009); Koch (2008); Larson (2009)	Knight, Roth & Rosen (2010); Owen et al. (2010); Sacks et al. (2010); Pihlak et al. (2011); Baumgärtel et al. (2011); Shourangiz et al. (2011)	Kanters & Horvat (2012); Cho, Chen & Woo (2012); Fuchs et al. (2013); Oberwinter & Kovacic (2013); Wang et al. (2013); Clevenger & Khan (2013); Koch (2013); Borrmann (2013)	Czmoch & Pekala (2014); Albrecht (2014); Wang et al. (2014); Borrmann (2015); Yarmohammadi & Ashuri (2015); Rokooui (2015); von Liebchen (2015); Petzold et al. (2015)	Abdirad & Dossick (2016); Sommer (2016); Lin et al. (2016); Bütz & Ergün (2016); Hjelseth (2016); Hausknecht & Liebich (2016); Ciribini, Ventura & Paneroni (2016); Cao, Li & Wang (2017); Huber (2017); Liu, van Nederveen & Hertogh (2017); Scherer (2017)	Pärn, Edwards & Sing (2018); Huber (2018); Schober (2018); Kröger (2018); Arayici et al. (2018); Mattern & König (2018); Paavola & Miettinen (2018); van Treeck et al. (2019); Kovacic, Honic & Rechberger (2019); Gunay, Shen & Newsham (2019)
BIM in der Bauphase	Love & Edwards (2004); Aouad et al. (2005); Thompson (2006); Khemlani (2006); Olofson et al. (2007)	Suermann (2009); Arayici et al. (2009); Vozzola, Cangialosi & Lo Turco (2009); Hardin & McCool (2009); Meadati (2009); Zuppa, Issa & Suermann (2009); Suermann & Issa (2009)	Arayici & Aouad (2010); Sulankivi et al. (2010); Kamardeen (2010); Rowlinson et al. (2010); Chelson (2010); Hallberg & Tarandi (2011); Liu et al. (2011); Günthner & Borrmann (2011); Xu & Lu (2011); Ku & Taiebat (2011)	Ahankoob et al. (2012); Chavada, Dawood & Kassem (2012); Arayici, Egbu & Coates (2012); Liu, Gao & Wang (2012); Wang, Love & Davis (2012); Liu & Li (2013); Lee, Yu & Jeong (2013); Mohd & Latiffi (2013); Zhang et al. (2013); Park et al. (2013)	Chen & Luo (2014); Ma & Liu (2014); Trani et al. (2014); Tsai, Hsieh & Kang (2014); Zhao & Wang (2014); Sun, Man & Wang (2015); Liu et al. (2015); Bräthen & Moum (2015); Zhang et al. (2015); Wang & Chong (2015); van Berlo & Natrop (2015); Shen & Marks (2015); Matthews et al. (2015)	Getuli et al. (2016); Ma, Dawood & Kassem (2016); Lu, Won & Cheng (2016); Zhang et al. (2016); Leite (2016); Bockstael & Issa (2016); Lee, Chong & Wang (2017); Chou & Yang (2017); Gledson (2017); Ling (2017); Matthews et al. (2017); Nalawade (2017); Svalstuen et al. (2017)	Malacarne (2018); Li et al. (2018); Pan (2018); Kröger (2018); Marzouk et al. (2018); Milyutina (2018); Lau et al. (2018); Ayinde & Damilare (2018); Martinez-Aires et al. (2018); Miettinen & Paavola (2018); Teizer et al. (2018); Borhani et al. (2019); Oliveira, Júnior & Correa (2019); Bademosi & Issa (2019)

	2004 - 2007	2008 - 2009	2010 - 2011	2012 - 2013	2014 - 2015	2016 - 2017	2018 - 2019
Potentiale und Nutzen von BIM	Sullivan (2007); Laine, Hänninen & Karola (2007); Autodesk (2007)	Guillermo et al. (2008); Clayton (2008); McCuen (2008); Aranda-Mena et al. (2008); McGraw Hill (2009); Zuppa, Issa & Suermann (2009); Glick & Guggemos (2009); Aranda-Mena et al. (2009); Suermann (2009)	Becerik-Gerber & Rice (2010); McGraw Hill (2010); Lu & Korman (2010); Cerda & Marin (2010); Won & Lee (2010); Chelson (2010); Azhar (2011); Love et al. (2011); Giel & Issa (2011); Eastman et al. (2011)	Barlish & Sullivan (2012); McGraw Hill (2012); Lu et al. (2012); Parvan (2012); Bryde, Broquetas & Volm (2013); Giel, Issa & Olbina (2013); Wong et al. (2013); von Both, Koch & Kindsvater (2013); Albrecht (2013)	Gyarteng (2014); Li et al. (2014); McGraw Hill (2014); Lu et al. (2014); Stowe et al. (2014); Ketzler (2014); McGraw Hill (2015); Kiviniemi et al. (2015); Lavy & Saxena (2015); Zhang & Azhar (2015); Johansen (2015); Farnsworth et al. (2015); Huang & Hsieh (2015)	Azhar, Hein & Sketo (2016); Doumbouya, Gao & Guan (2016); Kelly & Ilozor (2016); Butz & Ergün (2016); Sanchez. Hampson & Vaux (2016); Chou & Chen (2017); Kim et al. (2017); Vass (2017); Chin et al. (2017); Ferrandiz, Banawi & Pena (2017); Gerrish et al. (2017)	Antwi-Afari, Pärn & Edwards (2018); Wong et al. (2018); Enshassi, Hamra & Alkilani (2018); Hosseini & Yeoh (2018); Ismail et al. (2018); Shin, Lee & Kim (2018); Tahir et al. (2018); Chin et al. (2018); Garcia (2018); Neukirchen (2018); Ghannadpour et al. (2019); Röck et al. (2019); Jalilzadehazhari & Johansson (2019)
Treiber und Hindernisse von BIM	Aouad et al. (2005); Wakefield, Aranda- Mena, et al. (2007); Fraser et al. (2007)	Yan & Damian (2008); Aranda- Mena et al. (2008); Gu et al. (2008); Wakefield & Froese (2009)	Lu & Korman (2010); Watson (2010); Martins & Abrantes (2010); Ikerd (2010); Morrison (2010); Olatunji (2011); Kiviniemi (2011)	Kassem, Brogden & Dawood (2012); von Both (2012); He et al. (2012); Liu et al. (2012); Eadie et al. (2013); von Both, Koch & Kindsvater (2013); Migilinskas et al. (2013); Kiviniemi (2013)	Chien, Wu & Huang (2014); Eadie et al. (2014); Stanley & Thurnell (2014); Chan (2014); Elmualim & Gilder (2014); Rodgers et al. (2015); Hardi & Pittard (2015); Succar & Kassem (2015)	Cheng et al. (2016); Kassem & Brogden (2016); Chen et al. (2017); Ahmed, Kawalek & Kassem (2017); Li et al. (2017); Bosch- Sijtsema et al. (2017); Hatem, Abd & Abbas (2017); Ahmed, Kawalek & Kassem (2017); Hongyang et al. (2017); Ghaffarianhoseini et al. (2017)	Ahmed (2018); Ahuja et al. (2018); Malacarne et al. (2018); Hatem, Abd & Abbas (2018); Bühlmeier (2018); Ahuja et al. (2018); John (2018); Ahmed & Kassem (2018); Sardroud, Ranjbardar & Tavasani (2018); Agyekum-Kwatiah (2018); Gunay, Shen & Newsham (2019); Bosch-Sijtsema, Gluch & Sezer (2019)

Abbildung 3-15 Übersicht Forschungsprojekte zu BIM (Stange, 2019)

3.5.4 BIM-spezifische Gremien und Vorschriften

Aufbauend auf den erzielten Forschungsergebnissen und den politischen Bestrebungen wurden in den letzten Jahren zahlreiche nationale und internationale Normen und Vorschriften eingeführt. Darüber hinaus wurden ebenfalls neue Gremien und Kommissionen gebildet, die sich mit der Einführung von Richtlinien und Vorschriften für die Umsetzung von BIM befassen und Prozesse standardisieren sollen. Die nachfolgende Aufzählung soll dabei einen Überblick über die wichtigsten Gremien und Vorschriften geben:

- CEN/TC 442 „Building Information Modeling (BIM)“ des Comité Européen de Normalisation (CEN),
- NA 005-01-39 AA „BIM - Building Information Modeling“ des Normenausschuss Bauwesen (NABau),
- buildingSMART Deutschland e. V.,
- VDI Richtlinien 2552, Blätter 1-8 „Building Information Modeling“ des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und
- ISO/TC 59/SC13 „Buildings and civil engineering works“ der International Organization for Standardization (ISO).

3.6 Überblick über BIM-basierte Planungshilfen

Grundlegend wird in der Machbarkeitsstudie der Ansatz des OpenBIM als zielführend angesehen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass jeder Beteiligte die für ihn optimale Software nutzen kann und er sich für die Umsetzung eines einzelnen Bauvorhabens keine zusätzliche Software anschaffen muss. Außerdem werden Auftraggeber sowie prüfende Instanzen in die Lage versetzt, herstellerunabhängig die Methode BIM umzusetzen, Datenstrukturen zu lesen, zu bearbeiten und lesbar zu teilen. Die nachfolgende Tabelle 3-3 gibt einen Überblick über momentan verwendbarer BIM-spezifische Softwarelösungen und deren Anbieter. Die Tabelle gibt nur einen Auszug der verwendbaren Softwarelösungen an. Die Auswahl beruht dabei auf einer Umfrage unter den Mitgliedern der Architektenkammern der Länder aus dem Jahr 2017. Hierbei wurden die Anwender der Methode BIM nach der Wahl der von ihnen eingesetzten Modellierungssoftware befragt (vgl. Abbildung 3-16).

Tabelle 3-3 Übersicht BIM-basierte Softwarelösungen (Software und Entwickler)

BIM-basierte Planungshilfen (zeichnerische Darstellung und Modellierung)	
Software	Entwickler
Revit	Autodesk
Allplan	Nemetschek SE
Solibri Office	Solibri Inc
ArchiCAD	Graphisoft SE
Vektorworks	Vektorworks
AutoCAD	Autodesk
microstation	Bentley Systems
Tekla Structures	Tekla
Rhino/Rhinoceros	Robert McNeel & Associates
SPIRIT	Softtech GmbH
SketchUP	Trimble Navigation Ltd.
BIM-basierte Kalkulations- und AVA-Software	
Software	Entwickler
RIB iTWO	RIB Software SE
Vico Office	Exigo A/S
SORBA	SORBA EDV AG
BIM4YOU	BIB GmbH

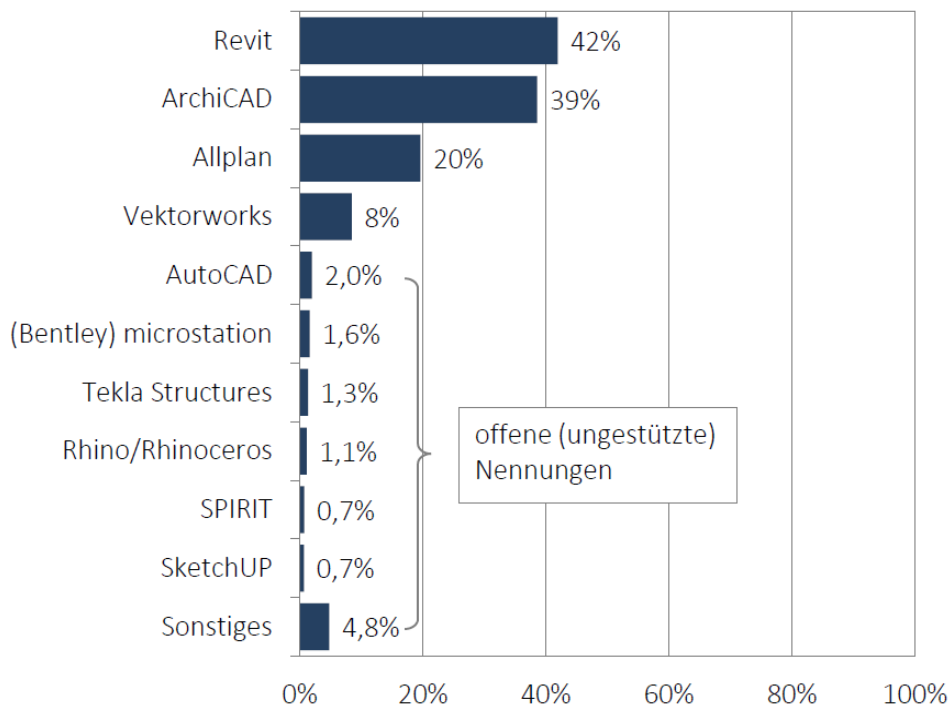


Abbildung 3-16 Verbreitung üblicher Modellierungssoftwareprogramme (Reiß & Hommerich GmbH, 2017)

Neben der Modellierung von 3-D-Modellen und der Verknüpfung von Informationen mit Bauelementen werden vorgenannte Softwareprogramme für die Visualisierung der Planung benutzt. Planungen in 2-D benötigen spezifische Kenntnisse und Erfahrungen des Lesers, um diese vollinhaltlich zu erfassen. Die dreidimensionale Darstellung eines Gebäudes erleichtert dieses Verständnis und kann schon frühzeitig Grundlage für eine Optimierung der Planung sein. Weiterhin können Kollisionen zwischen verschiedenen Fachbereichen, beispielsweise der TGA und des Rohbaus, erkannt werden. Darüber hinaus wird als wichtiger Punkt zukünftiger Planungshilfen nicht nur die Verknüpfung, sondern ebenfalls die Bereitstellung von spezifischen Informationen der baulichen Anlage gesehen. Detailliertere Ausführungen zu den BIM-basierten Planungshilfen im Sinne der Machbarkeitsstudie folgen im Kapitel 5 und 6.

Neben den vorgenannten Programmen gibt es weitere Softwareapplikationen, die unter dem Begriff „Planungshilfen“ laufen. Diese Softwareapplikationen sind meist individuelle Einzelprogrammierungen für Softwareangeboten kleiner (Start-up-) Unternehmen, die automatisiert auf die Daten des BIM-Modells einer baulichen Anlage zugreifen, diese filtern, anreichern, aufbereiten, analysieren und daraus geeignete neue Informationen und Wissen ableiten. Grundlage bildet der Zugang zum BIM-Modell und der darin gespeicherten Datenmenge über die IFC-Schnittstelle und OpenBIM. Dabei werden oft Dienstleistungs-/Assistenzfunktionen entwickelt, die nicht im Produktportfolio der „großen“ Softwarehäuser vorhanden sind. Meist stehen diese Funktionen mit darauf aufbauenden konkreten Dienstleistungsangeboten oder Planungshilfen im Zusammenhang. In diesem Kontext sind auch die hier gegenständlichen „BIM-basierten Planungshilfen zum Arbeitsstättenrecht“ einzuordnen. Diese können demnach Ergänzungen von Softwareangeboten großer Softwarehäuser sein, gleichermaßen auch Produkte kleiner, individueller Einzelanbieter.

3.7 Ausblick

Die vollständige Digitalisierung der Planung und das Building Information Modeling werden sich zukünftig zum Stand der Technik entwickeln und im Bauwesen in nahezu allen Anwendungsbereichen etabliert sein. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass sich eine flächendeckende Nutzung in allen Bereichen der Bau- und Gebäudewirtschaft einstellen wird, um die Abläufe effizienter zu gestalten und auch den aktuellen Trend der Digitalisierung und Informationsbereitstellung zu unterstützen. Katalysator dieser Entwicklung ist das Potenzial an Wissen und damit zusammenhängende Vorteile, die sich aus den gespeicherten Daten in Verbindung mit deren gezielter Auswertung ableiten lassen. Eine grundlegende Voraussetzung dafür ist, dass sich bestehende Prozessabläufe der Planung und Herstellung an die neuen Randbedingungen anpassen und in vielen Bereichen auch ändern müssen. Darüber hinaus ist ebenfalls davon auszugehen, dass sich aktuelle Softwarelösungen als OpenBIM weiter etablieren werden. Diese bieten nach aktueller Meinung auch das Potenzial, die Regelungen und Anforderungen aus dem Arbeitsstättenrecht besser in die Planung zu integrieren. Hierfür müssen jedoch noch die notwendigen Voraussetzungen geschaffen werden.

4 Erwartungen und Anforderungen der Anwender und Akteure

Gegenstand der Machbarkeitsstudie ist die Analyse der Erwartungen und Anforderungen der Anwender und Akteure an BIM-basierte Planungshilfen, die bezogen auf das Arbeitsstättenrecht planungsunterstützend angewendet werden können. Diese Analyse wurde mit Hilfe von Experteninterviews signifikanter Zielgruppen durchgeführt. Im Ergebnis konnte ein sehr praxisnahes Meinungsbild eingeholt werden, aus dem Handlungsempfehlungen für die weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten abgeleitet werden können.

4.1 Allgemeines Vorgehen, Interessengruppen und Auswahl ihrer Vertreter

Eingangs sei erwähnt, dass sich die Machbarkeitsstudie an praktischen Ansätzen und Strukturen operativer Planungsabläufe orientiert und sich die gewonnenen Erkenntnisse für praxisnahe Empfehlungen eignen sollen. Ziel der Untersuchung war es daher, dass auf Grundlage der Machbarkeitsstudie Handlungsfelder identifiziert und beschrieben werden, bei denen die aktuellen Planungsprozesse unter den gegebenen Randbedingungen unterstützt werden können und somit eine bessere Umsetzung des Arbeitsstättenrechts ermöglichen. Eine weitere und entscheidende Zielstellung war es, konkrete Problemstellen in den Planungsprozessschritten aufzudecken, die zu Defiziten im Ergebnis der Planung aus Sicht des Arbeitsstättenrechts führen.

Um diese Ziele umsetzen zu können war es notwendig, neben der Recherche der einschlägigen Fachliteratur und Regelwerke die an den Prozessen beteiligten Stakeholder einzubeziehen. Dabei war es von entscheidender Bedeutung, dass eine ganzheitliche Betrachtung der Interessengruppen in die Machbarkeitsstudie einfließt. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass die aufgezeigten Problemfelder objektiv sind und die darauf aufbauenden verschiedenen Ansatzpunkte zur Lösungsfindung keine Interessengruppe bevorteilt. Die aus den Interviews abgeleiteten Empfehlungen können demnach als ausgewogen betrachtet werden.

Nachfolgend sollen das allgemeine Vorgehen und die Zielstellung der einzelnen Schritte zur Informationsrecherche erläutert werden:

In einem ersten Schritt wurden die relevanten Interessengruppen, also Anwender und Akteure, im Planungsprozess definiert (vgl. dazu auch Abschnitt 2.3). Dies erfolgt im Kontext der Planung von Arbeitsstätten sowie der Planungsmethode BIM. Im nächsten Schritt wurde analysiert, welche Aufgaben diesen Interessengruppen übertragen werden und welche Interaktionen im Planungsprozess üblicherweise vorhanden sind. Der aktuelle Entwicklungs- und Kenntnisstand sowohl zu Arbeitsstättenrecht als auch zu BIM ist bezogen auf die Planung, Beantragung, Genehmigung, Ausführung und den Betrieb von baulichen Anlagen als sehr heterogen zu bewerten. Jede Interessengruppe hat in der gesamten Prozesskette unterschiedliche Aufgaben und weist in den beiden Gebieten (Arbeitsstättenrecht und BIM) einen sehr voneinander differierenden Entwicklungs- und Interessensstand auf. Dieser ist verursacht durch unterschiedliche

- technische, vertragliche, fachinhaltliche und wirtschaftliche Randbedingungen,
- technische Voraussetzungen (Hardware, Software),
- Ausbildungsniveaus sowie
- Kenntnisstände und Praxiserfahrungen.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden folgende Interessengruppen betrachtet.

Bauherren (Auftraggeber)

Der Bauherr verantwortet nicht nur die Idee für die bauliche Anlage und die darin gegebenenfalls integrierten Arbeitsstätten, sondern auch die Einholung der entsprechenden öffentlich-rechtlichen Bau- und Nutzungsgenehmigungen. Der Bauherr oder seine benannten Vertreter sind somit über den gesamten Planungs- und Herstellungsprozess, beginnend vom Bauentwurf bis zur Abnahme und Inbetriebnahme, in die Prozesskette eingebunden. Durch ihn wird weiterhin vorgegeben, um welche konkrete Art der Nutzung und damit Arbeitsstätte es sich handelt. Der Bauherr gibt mit seinem Entwurf und der dabei zugrunde liegenden Art der späteren Nutzung die Randbedingungen für die Prozesskette vor und ist generell für die bauliche Umsetzung verantwortlich.

Bauherren können die zu erstellende bauliche Anlage für ihren eigenen Geschäftsbetrieb nutzen (z. B. neue Produktionshalle), an andere Unternehmen oder Personen vermieten (z. B. Wohn- und Geschäftshaus) oder das gesamte Gebäude vor bzw. nach Fertigstellung an einen Dritten veräußern (z. B. Projektentwickler oder Bauträger). Im erstgenannten Fall ist der Bauherr oft gleich dem Eigentümer des Gebäudes. Bei beiden letztgenannten Fällen weicht häufig die Art der tatsächlichen Nutzung von der Art der ursprünglich geplanten Nutzung ab, damit einhergehend auch die zu beachtenden baukonstruktiven Vorschriften und Regeln zum Arbeitsstättenrecht. Die Einhaltung aller nutzungsspezifischen Forderungen des Arbeitsstättenrechts wird dadurch teilweise erschwert und unübersichtlich. Weiterführende Informationen enthält Abschnitt 2.3.

Planer und Bauunternehmen (Auftragnehmer)

Unter dem Auftragnehmer sind zum einen die jeweiligen Planer des Bauherrn (Architekten, Tragwerksplaner, Fachplaner TGA usw.), als auch die von ihm für die Ausführung beauftragten Bauunternehmen zu verstehen. Diese beiden Interessengruppen müssen aufbauend auf den Vorgaben des Bauherrn eine mangelfreie sowie dem Stand der Technik entsprechende Leistung abliefern. Weiterhin sind sie dazu verpflichtet, den Bauherrn auf Widersprüche und Problemstellen in der Umsetzung hinzuweisen. Unter den gegebenen Randbedingungen der Normen und Richtlinien, als auch gemäß den vertraglichen Vorgaben des Bauherrn sind sie für die Abwicklung der Prozesskette mitverantwortlich.

Prüfende und baufreisgebende Behörden (Aufsichtsbehörden)

Die prüfenden und überwachenden Instanzen (Behörden) sind für die Erteilung der entsprechenden Baugenehmigungen als auch für die Abnahmen der baulichen Anlage und die damit verbundene Feststellung der Einhaltung von Auflagen der Baugenehmigung und der einschlägigen Vorschriften und Regeln verantwortlich. Sie haben damit einen kontrollierenden Charakter in der Prozesskette. Grundlage ihrer Arbeit ist das öffentliche Baurecht auf der Ebene des Bundes sowie der Länder und Kommunen.

(Gewerbliche) Nutzer baulicher Anlagen

Die Interessengruppe bezieht nach Fertigstellung der baulichen Anlage die darin integrierte Arbeitsstätte und ist primär für die Einhaltung des Arbeitsstättenrechts (z. B. ASR) bezogen auf die gewählte Nutzungsart unter Beachtung der baulichen und organisatorischen Randbedingungen verantwortlich. Da die Nutzer als Mieter häufig nicht in den Prozess der baulichen Erstellung der Arbeitsstätte eingebunden sind, kann

in der Regel durch diese kaum Einfluss auf baukonstruktive Eigenschaften der baulichen Anlage genommen werden.

Betreiber baulicher Anlagen

Betreiber arbeiten im Auftrag des Eigentümers der baulichen Anlage bzw. deren Nutzer. Typische Arbeiten liegen im technischen, kaufmännischen und infrastrukturellen Gebäudemanagement (Instandhaltung, Reinigung, Verwaltung usw.). Damit unterstützen sie die Gruppe der „Nutzer“ und „Eigentümer“ mit Servicedienstleistungen, verantworten aber auch eigene Arbeitsstätten im Zusammenhang mit der Erbringung der Serviceleistung. Auch für diese Arbeitsstätten (z. B. Wartungsarbeiten Aufzug) sind die baukonstruktiven Vorgaben des Arbeitsstättenrechts einzuhalten.

Softwarehersteller

Softwareherstellern kommt in der Prozesskette der Errichtung baulicher Anlagen nur eine indirekte Rolle zu, da sie in der Regel ausschließlich branchenspezifische Software zur digitalen Datenverarbeitung der bauspezifischen Prozesse bereitstellen. Mit der eigentlichen Leistungserbringung sowie der Umsetzung des Arbeitsstättenrechts stehen sie im operativen Sinne nicht in Verbindung. Da die Software, insbesondere die BIM-Software, zunehmend durch ihre Komplexität und digitale Vernetzung mit anderen technischen/kaufmännischen Systemen maßgeblichen Einfluss auf Art und Weise der einzelnen Prozessschritte hat, wird zunehmend die Entwicklung dieser Software ausschlaggebend für Inhalt und Qualität der Prozesse sein. Dies trifft auch auf die Einhaltung der Vorschriften und Regeln des Arbeitsstättenrechts in der Planung baulicher Anlagen zu.

Auf Grundlage der identifizierten Interessengruppen wurden im nächsten Schritt verschiedene repräsentative Vertreter mit Kompetenzen im Bereich Grundlagen und Anwendung des Arbeitsstättenrechts gesucht und angefragt (vgl. Abschnitt 4.2). Dabei wurde versucht, Vertreter aus verschiedenen Bundesländern und Anwendungsbezügen in der Betrachtung zu berücksichtigen, um die Auswirkungen aus dem deutschlandweit nicht einheitlichen Regelwerk des Bauordnungsrechts ermitteln und eine standort- und anwendungsunabhängige Informationsbasis schaffen zu können. Nach der Informationsrecherche wurden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst, konkret erkannte Defizite benannt und im Anschluss grundlegende und allgemeingültige Handlungsempfehlungen ausgearbeitet.

Die Defizite und Handlungsempfehlungen waren nachfolgend wiederum Grundlage für Gespräche mit einschlägigen Experten aus dem Bereich BIM und BIM-spezifischer Software, um Möglichkeiten der Umsetzbarkeit BIM-basierter Planungshilfen zu eruieren.

Die Experteninterviews wurden deutschlandweit im Zeitraum Januar bis März 2020 mit insgesamt 13 Vertretern von Institutionen als Präsenzinterview durchgeführt. Zu den Institutionen gehörten unter anderem Vertreter von namhaften Großbanken, Universitätsbauverwaltungen, Softwareherstellern, Baukonzernen und Bauaufsichtsbehörden. Aufgrund der Corona-Pandemie 2020 konnten leider keine weiteren Interviews durchgeführt werden. Das durch die Expertenbefragung vorgenannter Branchen erarbeitete Meinungsbild zum Arbeitsstättenrecht ist aber als ausreichend fundiert anzusehen. Die genaue Aufteilung nach Interessengruppen sowie die Anzahl der je Interessengruppe geführten Gespräche kann der Tabelle 4-1 entnommen werden. Zum Teil waren mehrere Gesprächspartner an einem Interview beteiligt.

Tabelle 4-1 Übersicht über die Verteilung der Experten je Interessengruppe

Interessengruppe/Stakeholder	Anzahl der geführten Interviews
Aufsichtsbehörden	3
Bauherrenvertreter	2
Nutzer	1
Fachkräfte für Arbeitssicherheit (Eigentümer, Nutzer)	2
Planer (Architekten, Ingenieure)	2
Bauunternehmen	1
Softwarehersteller	2

4.2 Untersuchungsmethodik

Neben der Festlegung der Interessengruppen und deren Vertreter war die Festlegung der Untersuchungsmethodik für die Durchführung der Interviews von Bedeutung. Die Zielstellung der Befragung war, anhand der Erfahrungen aus der Praxis, die Problemstellen bei der Übertragung der Anforderungen des Arbeitsstättenrechts in die Planung zu identifizieren. Weiterhin sollte eruiert werden, welche Merkmale künftige Lösungsansätze aufweisen müssen, um in der Praxis Anwendung zu finden. Um diese Ergebnisse zu erzielen, mussten aufbauend auf den theoretischen Grundlagen die Meinungsbilder und Hinweise der Interviewpartner dezidiert erfasst werden. Hierbei sollte insbesondere auf das explizite und implizite Erfahrungswissen der verschiedenen Zielgruppen zurückgegriffen werden, um daraus möglichst allgemeingültige, praktikable Lösungsansätze zu generieren.

Als Instrument der praktischen Umsetzung der Erhebungsmethodik wurde das Experteninterview als besondere Form des Leitfadeninterviews gewählt. Diese Art des Interviews zählt zu den qualitativen Methoden der Sozialforschung und bietet den großen Vorteil, dass sich die Gesprächspartner im Vorfeld der eigentlichen Befragung fachinhaltlich vorbereiten können. Dadurch kann die Zielstellung sowie die Themenauswahl der Interviews schon vorab klar umrissen und je nach Kompetenz des Befragten die Datenerhebung inhaltlich spontan erweitert werden. Umfang und inhaltliche Tiefe der durch die Interviews gewonnenen Erkenntnisse haben die richtige Wahl dieses Instrumentes bestätigt.

Die Gruppe der Experten wurde in zwei Themenschwerpunkte mit unterschiedlich inhaltlich ausgerichteten Leitfäden gegliedert: (1) Umsetzung des Arbeitsstättenrechts und (2) Building Information Modeling. Obwohl die Thematiken der beiden Leitfäden größtenteils getrennt betrachtet werden können, war die Herangehensweise für die Erstellung identisch.

Zu Beginn der Interviews sollte der aktuelle Status quo eruiert werden. Dazu sollten die Experten ihre aktuelle Sichtweise zum aktuellen und zukünftig absehbaren Stand der Entwicklung darlegen. Weiterhin wurden die Experten des Arbeitsstättenrechts nach konkreten Problemstellungen bei der Umsetzung und den Ursachen dieser befragt. Im Gegensatz dazu wurden die Experten im Umgang mit BIM nach der aktuellen Anwendung in der Wirtschaft und potenziellen Entwicklungsmöglichkeiten befragt. Aufbauend auf dem aktuellen Status quo wurde in den folgenden Fragen beider Gruppen versucht, Ursachen zu den benannten Problemen und grundsätzlichen Anpassungsbedarf aus Sicht der Experten zu benennen. Zum Abschluss wurde jedem Interviewpartner die Möglichkeit eingeräumt, die aus seiner Sicht notwendigen Anforderungen und Erwartungen zu äußern, wie in Zukunft mit dem Sachstand umzugehen sei, um damit möglichen Problemfeldern entgegenzuwirken und die jeweiligen Prozessabläufe zu verbessern.

Die grundsätzlichen Themenschwerpunkte der beiden Leitfäden können den beiden nachfolgenden Tabelle 4-2 und Tabelle 4-3 entnommen werden.

Tabelle 4-2 Leitfaden für die Expertenbefragung – Arbeitsstättenrecht

1	Erfahrungen aus der Praxis
1.1	Sind Probleme im Umgang mit dem Arbeitsstättenrecht aufgetreten?
1.2	Zu welchem Zeitpunkt bei der Ausführung sind diese erkannt wurden?
1.3	Was war die Ursache für die ggf. auftretenden Mängel?
1.4	Sind Probleme beim Zusammenwirken mit anderen Beteiligten/Planern aufgetreten?
2	Arbeitsstättenrecht
2.1	Welche Regelwerke sind bekannt/kommen zur Anwendung?
2.2	Inwieweit werden diese im Zuge der Planung/Entwurf berücksichtigt?
2.3	Wie erfolgt die Prüfung auf Einhaltung der Arbeitsstättenrichtlinien?
2.4	Sind Problemfelder mit anderen Regelwerken (z. B. Landesbauordnungen) bekannt?
3	Building Information Modeling (BIM)
3.1	Ist Ihnen die Methode bekannt/Haben Sie Erfahrungen mit BIM?
3.2	Welche Wunschvorstellung oder Anforderungen haben Sie an BIM-basierte Planungshilfen?

Tabelle 4-3 Leitfaden für die Expertenbefragung – Building Information Modeling

1	BIM – Status quo
1.1	Wie sehen Sie die Verbreitung der Methode in der Praxis?
1.2	Wie sind Ihre bisherigen Erfahrungen?
1.3	Welche Probleme sind bisher aufgetaucht?
2	Prozessabläufe beim Bau von Arbeitsstätten/Hochbau
2.1	Wo sehen Sie Optimierungspotenzial?
2.2	Wie geschehen Abstimmungen mit anderen Beteiligten/Planern?
2.3	Wie erfolgt die Prüfung durch Behörden/Prüfinstanzen?
3	Planungshilfen

3.1	Welche Planungshilfen nutzen Sie aktuell? Aktueller Stand?
3.2	Welche Wunschvorstellung oder Anforderungen haben Sie an BIM-basierte Planungshilfen? Welche Herausforderungen sehen Sie für die Etablierung zukünftiger Planungshilfen?

Der Kontaktaufbau zu den Experten sowie die Durchführung der Interviews erfolgten jeweils nach einem zuvor definierten Schema. Dieses wird im nachfolgenden Abschnitt näher beschrieben.

4.3 Durchführung der Experteninterviews

Der prinzipielle Ablauf der Experteninterviews orientierte sich an dem im Abschnitt 4.2 beschriebenen Vorgehen und war bei beiden Expertengruppen (Arbeitsstättenrecht und Building Information Modeling) identisch. Nach der Bestimmung der Expertengruppen (vgl. Abschnitt 4.2) wurde eine Vielzahl an Vertretern als mögliche Interviewpartner kontaktiert. In einer ersten E-Mail wurden dazu die grundlegende Thematik der Machbarkeitsstudie sowie die Zielstellung der Interviews vorgestellt. Die Quote der Rückmeldungen lag bei mehr als 70 %. Daran zeigt sich, dass ein sehr großes Interesse in der Praxis für die hier gegenständlichen Inhalte besteht. Nach erfolgter Rückmeldung der Experten wurde im nächsten Schritt mit diesen ein circa halbstündiges Telefonat geführt. Dabei wurde die Thematik weiterführend erläutert und es wurden erste Erfahrungswerte zu den einzelnen Themenschwerpunkten ausgetauscht.

Die Erkenntnisse der Telefonate sowie die Analysen zum Arbeitsstättenrecht (vgl. Kapitel 2) und zu BIM-Anwendungen (vgl. Kapitel 3) bildeten die Grundlage für die Erstellung der Leitfäden. In einem Pretest wurden beide Leitfäden geprüft und nach geringfügigen Anpassungen im Vorfeld der persönlichen Gespräche den einzelnen Experten zur gedanklichen Vorbereitung zugeschickt. Somit konnte eine bessere inhaltliche Vorbereitung des Gespräches erfolgen. Weiterhin war es den Experten dadurch möglich, zusätzliche erfahrene Kollegen als weitere Interviewpartner zu gewinnen. Die Durchführung der Interviews erfolgte dann bei den Experten vor Ort in Präsenzgesehrächen. Die Gespräche dauerten durchschnittlich 1,5 bis 2 Stunden. Die Gesprächsinhalte wurden vollumfänglich protokolliert. Im Nachgang wurden die Mitschriften zusammengefasst und ausgewertet. Bei der Auswertung wurde sich an den Grundsätzen der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING orientiert (Mey & Mruck, 2020, S. 495 - 511). Die Zusammenfassungen der Gesprächsinhalte wurden abschließend an die jeweils Befragten geschickt, um eine Kontrollmöglichkeit einzuräumen und ggf. zusätzliche Ergänzungen vorzunehmen.

Die aus den Experteninterviews abgeleiteten Ergebnisse werden im nächsten Abschnitt zusammengefasst und erläutert.

4.4 Ergebnisse der Experteninterviews

Im Zuge der Machbarkeitsstudie sollte untersucht werden, inwieweit BIM-basierte Planungshilfen in Zukunft dabei helfen können, Mängel, die auf Nichtbeachtung des einschlägigen Arbeitsstättenrechts basieren, in der Planung und späteren Bauausführung von Arbeitsstätten zu vermeiden oder zumindest zu verringern. Dazu sollten weiterhin die Erwartungen und Anforderungen der Anwender und Akteure an derartige Planungshilfen benannt und die Möglichkeiten der Umsetzbarkeit abgeschätzt werden. Dabei wurde sich auf Beteiligte und Stakeholder der Planung und Ausführung von Arbeitsstätten konzentriert (vgl. Abschnitt 4.2). Die Wahl der Befragungsmethodik und

der Experten sowie die Durchführung der Interviews wurden in Abschnitt 4.3 erläutert. In diesem Abschnitt werden die Kernaussagen der befragten Experten zusammengefasst und ausgewertet. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt dabei auf Grundlage einer objektiven Betrachtung. Dies soll sicherstellen, dass durch die Machbarkeitsstudie allgemeingültige Aussagen abgeleitet werden können.

Bei den benannten Punkten wird darauf hingewiesen, dass diese die Meinung der befragten Experten abbilden und keinen Anspruch auf Richtigkeit in Bezug auf die jeweiligen rechtlichen Anforderungen erheben.

Bei der Auswertung der während der Interviews erhaltenen Aussagen wurden eine Vielzahl an Hindernissen und Problemen identifiziert, die zum einen mögliche Ursachen für aktuelle Mängel im Umgang mit dem Arbeitsstättenrecht darstellen und zum anderen einen deutlichen Handlungsbedarf im Zusammenhang mit neuen Planungs-, Prüf- und Umsetzungsstandards aufzeigen. Die Ursachen für die Probleme waren dabei vielseitig und bezogen sich auf mehrere Themenbereiche. Um im Anschluss an die Untersuchungen zielführende Handlungsfelder und -empfehlungen aufzeigen zu können, wurden die Aussagen und Erkenntnisse vier Kategorien zugeordnet:

1. Planungsrechtliche Grundlagen,
2. Wissensstand über das Arbeitsstättenrecht,
3. Umsetzung des Arbeitsstättenrechts in der Planungsphase,
4. Technische, fachliche und organisatorische Voraussetzungen (BIM).

In der folgenden Ergebniszusammenstellung sollen die genannten Kategorien vorgestellt werden sowie eine Analyse der hauptsächlichen, von den Experten genannten Argumente und Hinweise erfolgen. Im Anschluss werden diese dahingehend überprüft, ob BIM-basierte Planungshilfen bei der Lösung der genannten Problemfelder unterstützen können. Bei dieser Überprüfung soll ebenfalls ein generelles Fazit gezogen werden, inwieweit unter den aktuellen Randbedingungen eine Einführung der Planungshilfen überhaupt machbar ist und welche möglichen Änderungen oder Anpassungen vorgenommen werden müssen.

4.4.1 Planungsrechtliche Grundlagen

a) Einheitliche Vorschriftenlage und Zuständigkeiten

Bei der Planung und Ausführung von Arbeitsstätten muss eine Vielzahl an verschiedenen Normen und Regelwerken beachtet werden. Eine entsprechende Übersicht wurde im Kapitel 2 „Planung von Arbeitsstätten und zugehörige Regelwerke“ ausgearbeitet. Hierbei hat sich gezeigt, dass es durch das deutsche föderale Rechtssystem keine deutschlandweit einheitlichen Regelwerke und Anforderungen gibt. Jedes Bundesland hat beispielsweise durch die dort geltenden Landesbauordnungen zum Teil zu anderen Bundesländern abweichende Vorgaben zum öffentlichen Baurecht. Eine fehlende bundesweite Vereinheitlichung der Rechtsgrundlagen wurde als eine der großen Hindernisse der aktuellen Prozesse durch die befragten Experten bestätigt. Somit treten insbesondere dann Probleme auf, wenn Prozessbeteiligte aus anderen Bundesländern für die Planung und Bauausführung der Arbeitsstätten zuständig sind. Die Abwicklung der baulichen Aufgabe wird dabei nach den jeweiligen, durch Erfahrung geprägten Wissensständen der Beteiligten vorgenommen. Dies bedeutet eben auch, dass oftmals nur die bekannten Regelwerke und Prozessabläufe umgesetzt werden.

Neben den zum Teil abweichenden Vorschriften je Bundesland sind weiterhin die Prozessabläufe und einzubindenden Beteiligten regional unterschiedlich. Speziell die Art

und der Umfang der Beteiligung von prüfenden behördlichen Instanzen für das Arbeitsstättenrecht weist deutschlandweit große Unterschiede auf. Nach Aussage der Befragten ist eine solche Einbindung in weniger als der Hälfte der Bundesländer vorgeschrieben. Demnach ist in Deutschland eine obligatorische, zur Bauausführung freigebende Überprüfung der Planung in Bezug auf das Arbeitsstättenrecht kein einheitlicher Standard (vgl. Kapitel 2). Spezifische Planungsmängel werden infolge meist sporadisch und erst in nachträglichen Vor-Ort-Kontrollen nach Bauausführung und Inbetriebnahme erkannt. Dies führt zu aufwendigen Auseinandersetzungen, einer sehr kostenintensiven Beseitigung der Mängel bzw. nicht zufriedenstellenden technischen oder organisatorischen Kompromisslösungen.

Darüber hinaus hat sich im Verlauf der Interviews gezeigt, dass neben der abweichenden zeitlichen und inhaltlichen Einbindung der Behörden in den Planungsprozess ebenfalls die Bezeichnungen und Zuordnungen zu den Fachbereichen der Aufsichtsbehörden unterschiedlich sind. Besonders neue, unerfahrene Akteure im Planungsprozess stehen somit vor der Herausforderung, dass sie vor der eigentlichen Informationsbeschaffung die behördlichen Zuständigkeiten aufklären müssen. In Einzelfällen wurde sogar angeführt, dass diese behördlichen Zuständigkeiten nur bedingt aufklärbar waren.

Im Ergebnis lässt sich als eine mögliche Ursache der mangelhaften Berücksichtigung arbeitsstättenrechtlicher Belange feststellen, dass aufgrund einer fehlenden Vereinheitlichung der föderalen Vorschriftenlage und behördlichen Zuständigkeiten in Deutschland eine Vielzahl der hier gegenständlichen Probleme entsteht. Die jeweiligen Akteure sind zum Teil damit konfrontiert, dass sich Prozessabläufe je nach Standort signifikant unterscheiden. Die Befragung zeigte, dass der Bedarf und auch die Forderung nach einheitlichen Regularien für die Erstellung von Arbeitsstätten bei allen Interessengruppen vorhanden sind.

b) Einheitlichkeit und Verständlichkeit der Vorschriften und Regeln

Ein weiteres Ergebnis der Befragung hat gezeigt, dass die allgemeingültigen, oft unscharf formulierten Regelwerke in der jetzigen Form zu Problemen in der Anwendung führen. In nahezu allen Interessengruppen wurde Kritik geäußert, dass die existierenden Vorschriften und Regeln zum Teil nicht praxisnah und zweifelsfrei formuliert sind. Als Beispiel wurde hierfür § 1 Abs. 1 ArbStättV genannt. Die Arbeitsstättenverordnung soll der Sicherstellung des Schutzes der Beschäftigten beim „Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten“ dienen. Auf Grundlage dieser Formulierung wird gemäß den Aussagen der Befragten häufig jedoch fälschlicherweise der Rückschluss gezogen, dass eine Anwendung dieser Norm im Zuge der Planung und Herstellung der Bauwerke nicht zwingend ist. Vielmehr sei die ArbStättV erst beim Einrichten (also „Einräumen“) und späteren Betreiben zu beachten.

Die Kritik bezog sich dabei auf zwei hauptsächliche Punkte. Auf der einen Seite wurde angemerkt, dass verschiedene Vorschriften und Regeln unterschiedliche Begrifflich-

keiten für gleiche Sachverhalte verwenden. Beispielsweise wird in den Landesbauordnungen der Begriff „Rettungsweg“¹⁶ verwendet, wohingegen in den ASR von „Fluchtwegen“¹⁷ die Rede ist¹⁸. Doch nicht nur die Begrifflichkeiten unterscheiden sich teilweise, sondern auch die dafür geltenden Vorgaben. Exemplarisch wurde hierbei genannt, dass nach der Musterbauordnung Umwehungen bis zu einer Absturzhöhe von 12 m eine Mindesthöhe von 0,90 m haben müssen¹⁹. In den Technischen Regeln für Arbeitsstätten wird jedoch eine Mindesthöhe von 1,00 m gefordert. Als Resultat kann demnach für eine Arbeitsstätte eine Planung vorliegen, die auf Grundlage einer gültigen Bauordnung erstellt und genehmigt wurde, jedoch nach den Regularien des Arbeitsstättenrechts nicht mangelfrei ist.

c) Qualitative Formulierung von Vorschriften und Regeln

Ein weiterer, durchaus stärker gewichteter Kritikpunkt wurde in der generellen Art und Weise der Formulierung der Vorgaben gesehen. Demnach lassen sich aus den Vorschriften und Regeln teilweise keine konkreten, quantifizierbaren Anforderungen ableiten. Hintergrund ist, dass die Formulierungen oftmals qualitativ und im Konjunktiv formuliert sind und sich konkrete Anforderungen erst auf Basis einer für die jeweilige Arbeitsstätte erstellten Gefährdungsbeurteilung ergeben. Die Interpretation einer Gefährdungsbeurteilung ist oftmals subjektiv und kann je nach Beteiligten anders ausfallen. An dieser Stelle wurde von den befragten Akteuren angemerkt, dass insbesondere die Interpretationen des Arbeitsstättenrechts hinsichtlich der Anforderungen an die Arbeitsstätte von den beteiligten, fachlich unterschiedlichen Personen auch unterschiedlich bewertet werden.

Die Befragung machte deutlich, dass alle Akteure es für unumgänglich halten, dass es einheitliche und eindeutige Vorgaben geben sollte. Somit können zum einen die ungenügende inhaltliche Berücksichtigung von Vorschriften und Regeln und zum anderen die unterschiedliche Interpretation der Inhalte verhindert werden. Dazu wurde von einem Großteil der Befragten empfohlen, dass sich ein gesamtheitliches Vorschriftenwerk an den jetzigen Regularien der ASR orientieren sollte. Allerdings wurde auf die Einschränkung verwiesen, dass die momentan vorliegenden ASR mehrheitlich nur für den Neubau von Arbeitsstätten ausgelegt sind.

d) Arbeitsstättenrecht für Bestandsgebäude

Bei der Anwendung des Arbeitsstättenrechts auf Bestandsgebäude führen die zu beachtenden Vorgaben (für Neubauten) vermehrt zu Diskrepanzen mit den Vorschriften des Bestands- oder Denkmalschutzes. Beispielsweise sind geometrische Abweichungen von den Vorgaben bei bestehenden Treppen und Geländern nur durch Einzelfallentscheidungen möglich. Da solche Lösungsfindungen teilweise mit hohem zeitlichem und organisatorischem Aufwand verbunden sind, wird von den Anwendern eine Ergänzung der bestehenden Vorschriften und Regeln als notwendig angesehen.

¹⁶ vgl. § 33 MBO

¹⁷ vgl. ASR 2.3

¹⁸ Tatsächlich handelt es sich aber um unterschiedliche rechtliche Zielstellungen und Anforderungen, auch wenn häufig gleiche Wege und Ausgänge genutzt werden können; Fluchtwege zielen auf eine „Selbstrettung“ der Beschäftigten in einer Arbeitsstätte; vgl. Kohte, 2018, S. 44 f.

¹⁹ vgl. § 38 MBO Abs. 4 Nr. 1

e) Zusammenwirkung von öffentlichem Baurecht und Arbeitsstättenrecht

Ein weiteres Problemfeld wird in den unterschiedlichen Vorgaben des öffentlichen Baurechts im Vergleich zum Arbeitsstättenrecht gesehen. Häufig wirkt sich dies bei einer Änderung der Nutzungsart bzw. -intensität aus. Es wurde von den Befragten angemerkt, dass insbesondere die Anzahl der Personen je Arbeitsstätte im Baurecht nur eine sehr untergeordnete Rolle auf die Ausgestaltung der Arbeitsstätte hat. Im Gegensatz dazu können Änderungen der Personenanzahl im Arbeitsstättenrecht große Auswirkungen zur Folge haben. Beispielhaft seien die Mindestbreiten von Türen genannt. Eine generelle Vereinheitlichung der Anforderungen wird auch hier als zielführender Ansatz angesehen.

f) Fazit

Für die weitere Untersuchung lassen sich somit als Ergebnis der Befragung folgende zwei Grundaussagen ableiten:

1. Aktuell sind nur bedingt einheitliche und eindeutige Vorgaben in Bezug auf die Errichtung von Arbeitsstätten vorhanden. Auf dieser Grundlage wird eine Umsetzung in digitale (binäre) Prüfkriterien als schwierig angesehen (vgl. Abschnitt 5.2).
2. Die normativen Vorgaben in den verschiedenen Rechtsgebieten, Vorschriften und Regelwerken müssten zusammengefasst und unter Beachtung konkreter Nutzungsszenarien für den entsprechenden Nutzer und Planer zugänglich gemacht und interpretierbarer werden.

In Bezug auf die Machbarkeitsstudie für BIM-basierte Planungshilfen muss an dieser Stelle festgestellt werden, dass es kaum generell einheitliche und quantifizierbare Vorgaben bei der Planung von Arbeitsstätten gibt. Aus diesem Grund wird nach aktuellem Stand der normativen Voraussetzungen ein gewisser Aufwand verbunden sein, fachliche Anforderungen aus den Vorschriften und Regeln für eine Integration in Softwareanwendungen zu extrahieren und zu „vereindeutlichen“ bzw. Entscheidungsspielräume für Anwender darzustellen.

4.4.2 Wissensstand über das Arbeitsstättenrecht

a) Wissensstand Arbeitsstättenrecht

Neben den in Abschnitt 4.4.1 aufgeführten Punkten ergab die Expertenbefragung weiteren deutlichen Handlungsbedarf: Bei vielen Akteuren der Planung, Ausführung und Nutzung baulicher Anlagen sind die Anforderungen aus dem Arbeitsstättenrecht sowie die dazugehörigen ASR oftmals nicht bzw. nur unzureichend bekannt.

Als Resultat wird ein Großteil der Planungen ausschließlich auf Basis der entsprechenden Landesbauordnungen und Eurocode-/DIN-Vorschriften erstellt. Da die Bekanntheit der konkreten Regelungen des Arbeitsstättenrechts schlicht zu gering ist, werden die sich daraus ergebenden planerischen Anforderungen an die Arbeitsstätten nicht berücksichtigt. Nach Meinung der befragten Experten ist hierin eine der hauptsächlichen Ursachen für Planungsfehler in Bezug auf das Arbeitsstättenrecht zu sehen. Oftmals werden die daraus abgeleiteten Mängel erst in der Nutzungsphase festgestellt. Aufgrund der zergliederten Wertschöpfungsketten, unterschiedlichen Projektstrukturen und hoher Arbeitsteilung werden die für die Planung und Ausführung zuständigen Unternehmen in dieser Phase nicht mehr in den Gesamtprozess eingebunden. Daher

erlangen insbesondere die Planer kaum Kenntnisse über die Planungsfehler bzw. unbeachteten Planungsgrundlagen. Der erforderliche Erkenntnisgewinn und die Übernahme dieser Erkenntnisse in die Planungsprozesse bei späteren Baumaßnahmen bleiben aus.

Der Grund für den unzureichenden Bekanntheitsgrad hat nach Aussage der Experten mehrere Ursachen. Zum einen resultiert dieser aus der nicht einheitlichen Beachtung des Arbeitsstättenrechts im Baugenehmigungsprozess. Folglich wird bei Bauherren, Architekten, Fachplanern, Bauunternehmen und späteren Nutzern dieses Fachgebiet nicht ausreichend gewürdigt. In der heutigen Zeit, in der Bauwerke immer schneller und günstiger bei baubegleitender Planung fertiggestellt werden sollen, sehen die Beteiligten häufig keinen Grund, zusätzlich zu dem mindestens geforderten Leistungsumfang Maßnahmen umzusetzen. Die Mindestanforderungen der im Baugenehmigungsverfahren vorzulegenden Unterlagen spielen hier als Maßstab eine wichtige Rolle. Zum anderen wurde von den Befragten kritisch angemerkt, dass die Qualifikationen der Planer und Architekten in Bezug auf die Regularien des Arbeitsstättenrechts zum Teil unzureichend seien. Demnach wurde angeführt, dass im Zuge des Studiums sowie der beruflichen Weiterbildung kaum auf diese Anforderungen eingegangen würde.

Doch auch wenn die Anforderungen des Arbeitsstättenrechts den ausführenden Akteuren bekannt sind, treten nach Aussagen der Befragten Mängel in der Bauausführung auf. Als eine mögliche Ursache wurde hierbei benannt, dass die Erstellung der jeweiligen Planungen auf Basis von älteren Fassungen einschlägiger Rechtsvorschriften und ASR erfolgte. Die Information, dass eine Anpassung oder Aktualisierung der technischen Regel stattgefunden hat, ist demnach nicht bis zu den Akteuren gelangt oder wurde nicht ausreichend berücksichtigt. Dieser Sachverhalt wurde vermehrt auf Seiten der ausführenden Akteure festgestellt, weshalb der deutliche Bedarf nach einer besseren Informationsbereitstellung vorhanden ist.

b) Wissensstand „BIM“

Im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand der Machbarkeitsstudie wurden die Experten neben dem Bekanntheitsgrad des Arbeitsstättenrechts auch über die generelle Bekanntheit zum Thema Building Information Modeling (BIM) befragt. Im Ergebnis der Befragung lässt sich feststellen, dass aktuell nur Fachplaner, Architekten und größere Bauunternehmen hierzu fundierte, anwendungsorientierte Erfahrungen haben. Auf behördlicher Seite sowie bei den Fachkräften für Arbeitssicherheit der Gebäudenutzer ist diese Thematik teilweise nahezu unbekannt. Die Befragten waren sich darüber hinaus einig, dass sich dieser Nutzungsgrad in den nächsten Jahren deutlich erhöhen wird. Demnach wird eine zeitnahe Einbindung dieser Interessensgruppe in BIM-kompatible Planungsprozesse als kritisch angesehen, da noch eine Vielzahl von Voraussetzungen geschaffen werden muss. Eine nähere Betrachtung erfolgt in dem nachfolgenden Abschnitt 4.4.4.

c) Fazit

Generell lässt sich auf Basis der Befragung als Ergebnis festhalten, dass eine Vielzahl von Problemen und Mängeln auf dem Umstand beruht, dass ein Informationsdefizit vorliegt. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass eine geeignete Bereitstellung von aktuellen Information für alle Akteure ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Verbesserung der

aktuellen Situation darstellt. Die Befragten machten hierbei deutlich, dass ein grundsätzlicher Bedarf sowohl auf behördlicher, als auch auf der operativen Seite bei den Bauherren, Planern, Bauunternehmen und Nutzern vorhanden ist.

Die Zurverfügungstellung der notwendigen Informationen könnte beispielsweise über eine einschlägige „Wissens-Datenbank“ erfolgen. Hierzu müssen im ersten Schritt jedoch die Regelwerke zusammengestellt und nutzerspezifisch aufbereitet werden. Weiterhin muss gewährleistet werden, dass die in der Datenbank enthaltenen Informationen dem aktuellen Stand der Technik und der aktuellen Vorschriftenlage entsprechen. Es ist daher eine Klärung der Zuständigkeit für eine solche „Wissens-Datenbank“ sowie der Art und Weise des Informationstransfers zu den zu Informierenden notwendig. Eine Umsetzung wird nach Zusammenstellung und Klärung der Zuständigkeit mit den Möglichkeiten der digitalen Medien und Softwarelösungen als zeitnah machbar eingeschätzt.

4.4.3 Umsetzung des Arbeitsstättenrechts in der Planungsphase

In den beiden vorherigen Abschnitten wurden die Qualität der planungsrechtlich zu beachtenden Vorschriften und Regeln sowie der fachspezifische Informationsstand der Akteure zum Arbeitsstättenrecht und zu BIM betrachtet. Im nächsten Schritt wurde untersucht, wie sich der prinzipielle Prozessablauf bei der Planung einer Arbeitsstätte darstellt und welche strukturellen Ursachen sich für gegebenenfalls auftretende Fehler ableiten lassen.

a) Unterschiedliche Präferenzen zwischen Investoren und Nutzern

Gemäß den Aussagen der Befragung kommt es besonders häufig zur Nichtbeachtung des Arbeitsstättenrechts, wenn der Bauherr oder Investor nicht der spätere Nutzer oder Betreiber der Arbeitsstätte ist. Hierzu sind mehrere Gründe zu nennen: In der vorgenannten Konstellation der Beteiligten haben die jeweiligen Akteure unterschiedliche Interessen an einem Gebäude. Der Investor versucht, dieses mit geringen Kosten herzustellen und mit maximalen Erlösen zu veräußern. Der spätere Nutzer oder Betreiber hingegen will das Gebäude in der Regel maximal auslasten und dafür möglichst geringe Betriebskosten verursachen. Dies führt beispielsweise häufig zu signifikanten Unterschieden zwischen der ursprünglich geplanten und der tatsächlichen Anzahl von Arbeitsplätzen je Raum/Gebäude. Die Vorgaben des Arbeitsstättenrechts werden dabei nicht immer mit der notwendigen Sorgfalt beachtet. Nach Aussage der Experten zeigt die Praxis, dass dies eine immer wiederkehrende Problematik ist.

b) Fehlende/falsche Planungsgrundlagen

Weiterhin sind Art und Umfang der genauen Nutzung eines Gebäudes häufig während der Planungsphase und der Bauausführung unbekannt. Die Investoren oder Bauherren legen sich im Entwurf in der Regel auf übergeordnete Nutzungsgruppen, wie zum Beispiel die „Büronutzung“, fest. Hintergrund dieser Vorgehensweise ist es, bis zur Vermietung bzw. zum Verkauf einer größeren Anzahl von Interessenten das Gebäude anzubieten. Somit werden die Anforderungen und Vorgaben an das Gebäude so allgemein wie möglich gehalten, eine individuelle Planung von Arbeitsstätten erfolgt zu diesem Zeitpunkt nur sehr unzureichend oder gar nicht. Es kann auf Grund dessen bei Inbetriebnahme zu Diskrepanzen zwischen der geplanten Nutzung und der tatsächlichen Nutzung kommen. Das Arbeitsstättenrecht kann dadurch nur bedingt umgesetzt werden, eine systematische behördliche Überwachung erfolgt in dieser Phase kaum (vgl. Abschnitt 4.4.3 c).

Ebenso wurde durch die Befragten ausgeführt, dass es teilweise auch zu kompletten Nutzungsänderungen kommen kann. Beispielsweise wurde genannt, dass eine geplante Büroimmobilie nach Fertigstellung als Kindertageseinrichtung genutzt wurde. Dieser Fall tritt ein, wenn für die eigentlich angedachte Nutzung keine Interessenten gefunden werden. Um einen daraus resultierenden Leerstand zu vermeiden, wird anhand der geänderten Nachfrage eine Nutzungsänderung des Gebäudes und damit der potenziellen Arbeitsstätten erforderlich. Die Praxis zeigt, dass den Beteiligten die erheblichen Änderungen in Bezug auf die Anforderungen aus dem Arbeitsstättenrecht nicht vollständig bewusst sind und aufgrund dessen konstruktive Abweichungen von den normativen Forderungen auftreten können.

Ein ähnlicher Sachverhalt liegt vor, wenn nach der Erstnutzung einer baulichen Anlage eine Folgenutzung geplant ist. Die Arbeitsstätten der Folgenutzung sind gleichermaßen der Erstnutzung zu planen und mit den konstruktiven Gegebenheiten abzugleichen. Nicht selten rufen Nutzungsänderungen und damit zusammenhängende geänderte Forderungen des Arbeitsstättenrechts auch Änderungen an der Baukonstruktion hervor. Jedoch sieht das Arbeitsstättenrecht in der Regel keinen Bestandsschutz vor, insbesondere nicht bei grundlegenden Umbaumaßnahmen. Daher werden in der Praxis diese Zusammenhänge nicht immer beachtet.

Ein weiterer Punkt beruht auf § 6 ASiG. Demnach haben Fachkräfte für Arbeitssicherheit die Aufgabe, den Arbeitgeber bei der Planung, Ausführung und Unterhaltung von Betriebsanlagen zu allen Fragen der Arbeitssicherheit zu beraten.²⁰ Damit soll gewährleistet werden, dass die für die jeweilige Arbeitsstätte notwendigen Anforderungen eingehalten werden. Da jedoch der Arbeitgeber der potenziellen Arbeitsstätten zum Zeitpunkt der Bauausführung häufig unbekannt ist, kann die Fachkraft für Arbeitssicherheit nicht in die Planungsphase der Arbeitsstätten eingebunden werden. Eine Beratung im Planungs- und Erstellungsprozess durch den Nutzer kann daher nicht erfolgen. Dies führt wiederum im Nachgang zu Mängeln aus Nichtbeachtung des Arbeitsstättenrechts, wenn diese Anforderungen nicht allgemein durch die Planungsbeteiligten berücksichtigt werden.

c) Unzureichende Prüfung der Planunterlagen

Art, Anzahl und Qualifikation aller Beteiligten im Planungsprozess spielen generell eine entscheidende Rolle für die Qualität der Umsetzung des Arbeitsstättenrechts. Eine besondere Rolle nimmt die prüfende und genehmigende Behörde ein. Daher wurden die Experten explizit über die Einbindung von Prüfinstanzen in Bezug auf das Arbeitsstättenrecht befragt. Grundsätzlich ist festzustellen, dass es in Deutschland keinen einheitlichen Planungsprozessablauf gibt, der die Einbindung von Prüfinstanzen in die Planung von Arbeitsstätten vorsieht. Von den Befragten wurde darauf hingewiesen, dass die Abhängigkeiten der einzubindenden Beteiligten sowie die Anforderungen an die Planung je nach Bundesland unterschiedlich sind. Eine Einbindung von Aufsichtsbehörden erfolgt daher nur im Einzelfall nach Entscheidung der Baugenehmigungsbehörde. Doch selbst wenn die Einbindung einer Prüfinstanz für Arbeitsstättenrecht vorgesehen ist, geschieht dies meist nur im Zuge der Genehmigungsplanung (§ 34 Lph. 4 HOAI). Es tritt dabei nicht selten der Fall ein, dass es im Verlauf der Ausführungsplanung (§ 34 Lph. 5 HOAI) zu nicht unerheblichen Änderungen kommt. Diese Änderungen werden nach Aussage der Experten hinsichtlich des Arbeitsstättenrechts häufig keinem erneuten behördlichen Prüfprozess unterzogen. Im Ergebnis liegt

²⁰ § 6 Abs. 1 ASiG

zwar eine geprüfte Planung vor, diese entspricht jedoch im Detail der einzelnen Arbeitsstätten nicht der Bauausführung und bei abweichender Konstruktion oder Nutzung auch nicht den Anforderungen des Arbeitsstättenrechts. Im Zuge der Experteninterviews wurde nochmals von den Befragten betont, dass eine unterschiedliche Auslegung der Vorgaben des Arbeitsstättenrechts zwischen den Beteiligten ebenso nachteilige Wirkungen auf die Prozesse hat (vgl. Abschnitt 4.4.1).

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden die Experten weiterführend befragt, ob die aktuell vorhandenen Ressourcen bei den Prüfbehörden eine verstärkte Einbindung in die Planungsprozesse überhaupt ermöglichen würden. Hierbei musste festgestellt werden, dass dies mit den aktuellen Personalressourcen schwierig umzusetzen sei. Begründet wurde dies vor allem mit dem hohen Aufwand der Prüfung von Planunterlagen. Diese erfolgt in vielen Bereichen derzeit händisch anhand von 2-D-Planunterlagen in Papier. Diese Art der Prüfung zeigt zum einen ein Fehlerpotenzial und zum anderen eine sehr geringe Effizienz. Unter Nutzung von digitalen, möglicherweise automatisierten Werkzeugen, die eine Überprüfung von Planunterlagen auf Einhaltung der Vorgaben des Arbeitsstättenrechts effizienter gestalten würden, könnten demnach die Qualität und die Quantität der Planprüfungen bei gleichem Personalstamm erhöht werden.

d) Fazit

Im Ergebnis der Untersuchung zur Umsetzung des Arbeitsstättenrechts im Planungsprozess lassen sich auf Grundlage der Befragung folgende Punkte ableiten. Aktuell werden die Prüfinstanzen des Arbeitsschutzrechts nicht ausreichend in die Planungs- und Ausführungsprozesse eingebunden. Aus diesem Grund wäre es zielführend, wenn eine generelle Einbindung des Prüfprozesses nach Arbeitsstättenrecht in der Prozesskette „Planung“ und „Ausführung“ erfolgt. So könnten auch im Vorfeld der Bauausführung Investoren und Bauherren dahingehend beraten werden, wie eine spätere Nutzung der Arbeitsstätte unter Beachtung der geltenden Anforderungen gewährleistet werden kann. Die einzuhaltenden Randbedingungen müssen dafür jedoch zu Beginn auslegungsfrei definiert werden, um im Zuge des Planungsprozesses Störstellen zu vermeiden (vgl. Abschnitt 4.4.1). Weiterhin müssen automatisierte Prüfroutinen etabliert werden, um behördliche Prüfprozesse zu vereinfachen und somit die Anzahl an möglichen Prüfungen zu erhöhen.

Grundsätzlich wird die Möglichkeit gesehen, dass über die Nutzung einer gemeinsamen Datenbank und die Definition von Prozessketten mit digitalem Einbezug aller Beteiligten in einem definierten Ablaufschema Lösungsansätze über BIM-basierte Planungshilfen nutzbar sind. Solche Definitionen von Prozessketten sind für praktisch alle Bereiche in der Wertschöpfungskette des Bauens erforderlich und erfolgen schon an verschiedenen Stellen.

4.4.4 Technische, fachliche und organisatorische Voraussetzungen (BIM)

Als abschließenden Punkt der Befragung wurde der aktuelle Status quo in Bezug auf das Thema BIM erörtert. Hierbei sollte analysiert werden, inwieweit die Akteure aus technischer, fachlicher und organisatorischer Sicht für die Einführung einer neuen Prozessabwicklung auf digitaler Basis bereit sind oder welche Bereiche noch größeren Nachholbedarf aufweisen.

a) Status quo

Grundsätzlich lässt sich zusammenfassen, dass die Planer, Architekten und ausführenden Bauunternehmen hinsichtlich der Hardware, also Computertechnik, und der Software sowie des fachlichen und organisatorischen Verständnisses weitestgehend darauf eingestellt sind, Projekte zukünftig unter Beachtung der Methode Building Information Modeling umzusetzen. Ein Grund hierfür ist natürlich der wirtschaftliche Druck der verschiedenen Unternehmen, sich am Markt zu behaupten und konkurrenzfähig zu bleiben. Kleinere Unternehmen haben sich dieser Herausforderung nur teilweise gestellt. Bereits während der Expertenbefragung war erkennbar, dass sowohl die Meinungen zur grundlegenden Definition des BIM als auch zum Zeitpunkt der großflächigen Etablierung in der Baubranche vom jeweiligen Experten unterschiedlich bewertet wurden.

Im Gegensatz dazu lässt sich aufbauend auf den Befragungen erkennen, dass ein großer Nachholbedarf sowohl bei der Hard- und Software als auch bei den Schulungen des Personals, auf Bauherren-, als auch Behördenseite, zu verzeichnen ist. In vielen Bereichen der aktuellen Prozesskette ist das Thema Building Information Modeling in der Praxisanwendung noch unbekannt. Um eine generelle Nutzung von Lösungsansätzen des Building Information Modeling zu gewährleisten, müssen demnach grundlegende Schulungen erfolgen, Hard- und Software nachgerüstet, vor allem aber der Nutzen bei allen Beteiligten bekannt und quantifizierbar gemacht werden.

b) Fehlende digitalisierbare Datengrundlage zum Arbeitsstättenrecht

Neben den technischen, fachlichen und organisatorischen Grundlagen bei den verschiedenen BIM-Anwendungen müssen für eine Etablierung von einheitlichen Standards die dafür notwendigen fachinhaltlichen Voraussetzungen geschaffen werden. Auch die Expertenbefragung hat ergeben, dass derzeit keine digital nutzbaren Inhalte in Bezug auf das Arbeitsstättenrecht vorhanden sind. Es wurde von den Experten angemerkt, dass die Grundlage für eine BIM-basierte Planungshilfe die digitale Beschreibung von Bauwerksstrukturen sowie arbeitsstätten-spezifischen Konstruktionsvorschriften ist. Nur auf einer solchen Grundlage lassen sich BIM-basierte Planungshilfen zukünftig umsetzen. Hierfür müssten daher vorerst die gesetzlichen Vorgaben vereinheitlicht und inhaltlich aufgewertet werden (vgl. Abschnitt 4.4.2). Im Anschluss könnten diese in digitale Strukturen überführt werden (Überführung des verschriftlichten Vorschriften- und Regelwerkes des Arbeitsstättenrechts in automatisiert verarbeitbare Datenstrukturen gleichen Inhaltes). Hierbei wurde darauf verwiesen, dass es bisher nur vereinzelte Ansätze in einschlägigen Forschungsprojekten gibt, eine zeitnahe Umsetzung in der Praxis auf Basis des derzeitigen Arbeitsstandes jedoch nur bedingt möglich ist. Demnach müssen noch Inhalte mehrerer Handlungsfelder bearbeitet werden, bevor eine vereinheitlichte Nutzung dieser Inhalte in BIM-basierten Planungshilfen als Stand der Technik etabliert werden kann.

c) Vorteile nutzen

Auch durch die Experten konnte der bekannte Grundsatz bestätigt werden, dass die Anwendung objektorientierter 3-D-Planungen mit BIM zur Vermeidung von Planungsmängeln führt: Einerseits führt die dreidimensionale Planung zu einer Planungstiefe, die im zweidimensionalen Raum kaum erreichbar wurde. Komplexe Inhalte der Modelle und Details konnten daher nicht immer vollends erschlossen werden. Nach Aussage der Befragten wurden Mängel daher zum Teil erst bei bzw. nach Bauausführung

erkannt. In der Nutzung der Visualisierung über 3-D-Planung wird daher in allen Interessengruppen eine geeignete Herangehensweise zur Vermeidung von Mängeln gesehen, da somit ein besseres Verständnis aller Beteiligten gewährleistet werden kann.

Andererseits bietet die vollständige, gewerbeübergreifende Digitalisierung von Gebäudemodellen im dreidimensionalen Raum in Verbindung mit qualifizierter BIM-Software die Möglichkeit, automatisiert Planungsfehler zu erkennen. In diesem Zusammenhang wird beispielsweise die Kollisionsprüfung unterschiedlicher Gewerke (z. B. Rohbau und TGA) genannt. Mit derzeitiger Computertechnik ist man in der Lage, individuell programmierte Prüfkriterien in automatisierte Prüfroutinen zu integrieren, um damit Planungen bezogen auf unterschiedliche Inhalte hin zu prüfen. Diese Entwicklung kann aus Sicht des Arbeitsstättenrechts auch auf die Prüfung der einschlägigen konstruktiven Rechtsvorschriften angewendet werden.

d) Fazit

Generell kann festgestellt werden, dass die technischen und organisatorischen Voraussetzungen in Bezug auf BIM je nach Interessensgruppe unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Dies führt zu der Erkenntnis, dass eine aktuelle Umsetzung von neuen Planungsprozessen mit allen Beteiligten momentan nur bedingt darstellbar ist. Darüber hinaus sind die digitalen Standards noch unzureichend definiert, um BIM-basierte Planungshilfen in Bezug auf das Arbeitsstättenrecht nutzen zu können. Jedoch bietet die Visualisierung und Prüfung über die 3-D-Modelle eine gut nutzbare Möglichkeit, Mängel und kritische Planungsinhalte schon im Stadium der 3-D-Planung zu identifizieren. Solche vollumfänglichen Modellierungen von Bauobjekten werden bisher jedoch nicht flächendeckend genutzt. Infolge der rasant fortschreitenden Entwicklung der einschlägigen Hard- und Software sowie deren qualifizierter Anwendung kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in absehbarer Zukunft die Grundlagen für die flächendeckende Anwendung der BIM-Methode gegeben sind. Eine Etablierung BIM-basierter Planungshilfen wird daher als machbar und zielführend angesehen. Die etablierte Methodik der Kollisionsprüfung („Model-Checker“) kann genutzt werden, um automatisiert zu prüfen, ob die Belange des Arbeitsstättenrechts in konkreten BIM-Modellen baulicher Anlagen berücksichtigt wurden.

5 Umsetzungs Voraussetzungen BIM-basierter Planungshilfen

5.1 Ausgangssituation und Ausrichtung BIM-basierter Planungshilfen

Die Zielstellung der Machbarkeitsstudie war die Bewertung der verschiedenen Teilaspekte von BIM-basierten Planungshilfen, insbesondere auch deren Umsetzungs Voraussetzungen. Hierzu sollte untersucht werden, wie die themenspezifischen Fachinhalte des Arbeitsstättenrechts und zugehöriger Vorschriften und Regeln bauteilorientiert aufbereitet werden können, um diese in die Methode BIM zu integrieren. Weiterhin war es Aufgabe zu untersuchen, wie diese im Planungsprozess baulicher Anlagen besser integriert werden können. Dabei sollten insbesondere die Erwartungen und Anforderungen der späteren Nutzer Berücksichtigung finden. Diese Ausarbeitungen bilden die Grundlagen für konkrete Handlungsempfehlungen für die BAuA (vgl. Kapitel 7).

Prinzipiell kann festgestellt werden, dass die aktuelle Rechtslage sowie die Verbindlichkeit des Arbeitsstättenrechts grundsätzlich ausreichend gestaltet ist, um im Zuge der Planung von Arbeitsstätten berücksichtigt werden zu können. Jedoch hat sowohl die Aufarbeitung der rechtlichen Anforderungen an die baulichen Anlagen (vgl. Kapitel 2) als auch die Befragung der Experten (vgl. Kapitel 4) gezeigt, dass die Anwendung der Normen und Vorschriften teilweise nur schwer in der Praxis umsetzbar ist. Insbesondere die wechselseitige Wirkung der Normen aus verschiedenen Rechtsgebieten (u. a. Bauordnungsrecht, Arbeitsstättenrecht) sowie deren zum Teil nicht auslegungsfreie Formulierung stellen die Anwender vor Probleme in der Umsetzung. Selbst wenn die Anwender die Wechselwirkung kennen, ist schlicht die Vielzahl an zu beachtenden Vorschriften und Regeln kaum zu überblicken. Darüber hinaus ist die Planung und Ausführung von Arbeitsstätten abhängig von der jeweiligen, auf ein konkretes Nutzungsszenario abgestellten Gefährdungsbeurteilung. Diese wird nicht von dem Ausführungsplaner erstellt, sondern von einem weiteren Beteiligten und teilweise erst nach Herstellung baulicher Anlagen. Da dieser die Anforderungen an die Arbeitsstätte zum Teil anders auslegen kann, ist eine generelle Lösung zur Vermeidung mangelhafter Planung für Arbeitsstätten schwierig umzusetzen.

Mit Hinblick auf die Überführung in die Methode BIM hat sich eine weitere Problematik herauskristallisiert. Neben der personenabhängigen Interpretation der Vorschriften sind diese oft nur qualitativ und nicht quantitativ beschrieben. Dies bedeutet, dass die konstruktiven Vorgaben nur bedingt uneindeutig quantitativ aus dem Vorschriftenwerk entnommen werden können. Daher gestaltet sich eine Übertragung in eine EDV-gestützte Software schwierig. Demnach müsste eine Aufarbeitung der verschiedenen Vorschriften und Regeln für die jeweiligen Arbeitsstätten erfolgen, um diese in einer Software zu implementieren. Dies stellt eine zwingende Voraussetzung für die Etablierung von BIM-basierten Planungshilfen bei der Erstellung von Arbeitsstätten dar. Nach derzeitigem Stand sind solche Datenaufbereitungen für die Belange des Arbeitsstättenrechts nicht vorhanden, aber umsetzbar. Grundsätzlich gibt es in Forschung und Praxis Bestrebungen, dazu nutzbare Standards zu definieren und darauf aufbauend die Vorgaben aus Vorschriften (z. B. DIN-Normen) aufzuarbeiten. Für andere Bereiche (z. B. Öffentliches Baurecht, Planungscoordination) existieren dazu bereits ansatzweise vergleichbare praxistaugliche Einzellösungen (z. B. Prüfung von Abstandsflächen bei Gebäuden, geometrische Überschneidung von baulichen Elementen).

Neben der „numerischen“ Aufbereitung des Vorschriften- und Regelwerkes müssen ebenfalls Anpassungen von Prozessabläufen bei der Planung und Plangenehmigung erfolgen. Der aktuelle Prozess bei der Erstellung von baulichen Anlagen und demnach auch Arbeitsstätten ist nicht bundeseinheitlich standardisiert und zum Teil als wenig effizient einzustufen. Je nach Zusammensetzung der Prozessbeteiligten und nach Standort des Bauobjektes (Bundesland) können die Vorgaben und Abläufe an den Prozessablauf unterschiedlich sein. Die Vorteile einer standardisierten Bearbeitung können somit nicht genutzt werden. Vielmehr müssen die Beteiligten sich bei jedem Bauvorhaben neu abstimmen und auf die Abläufe einstellen. Darüber hinaus hat sich im Zuge der Bearbeitung gezeigt, dass die rechtlichen Vorgaben ebenfalls abhängig vom jeweiligen Standort des Bauvorhabens sind. Daher müssen neben unterschiedlichen Prozessabläufen ebenfalls unterschiedliche Vorschriften beachtet (je nach Bundesland) sowie weitere Beteiligte (z. B. Prüfbehörden) in unterschiedlicher Art und Weise eingebunden werden. Die Methode BIM kann mit den zugrunde liegenden Abläufen und Prinzipien dafür Lösungsmöglichkeit anbieten. Somit könnten die Effizienz und Qualität in der Erstellung, Prüfung und Genehmigung von Planunterlagen zu Arbeitsstätten und damit auch zur Herstellung dieser erhöht werden. Jedoch sind die aktuell vorhandenen Erfahrungswerte und Voraussetzungen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Eine zeitnahe Anpassung der Vorgänge und Definition von neuen Prozessabläufen bedarf daher einer weitreichenden Vorbereitung. Dazu müssen die Methode BIM grundlegend vorgestellt, die Änderungen in den Abläufen klar thematisiert, aber auch die Zielstellung und Optimierung für die Beteiligten kommuniziert werden. Nur wenn alle am Prozess Beteiligten eine vergleichsweise ähnliche Anwendungsaffinität zu BIM haben, ist eine Implementierung von BIM-basierten Planungshilfen möglich.

Die Methode BIM kann ihr volles Potenzial nur entfalten, wenn alle Beteiligten diese auch dementsprechend nutzen. Dass ein grundsätzliches Interesse in der Praxis vorhanden ist, geht aus der Befragung der Experten hervor (vgl. Kapitel 4). Doch hat die Befragung auch gezeigt, dass die Methode BIM bisher nur in einzelnen Bauvorhaben genutzt wird. Dies deckt sich mit den Angaben in der aktuellen Fachliteratur. Auch wenn in den letzten Jahren zahlreiche neue Softwarelösungen entwickelt, die Standardisierung vorangetrieben und auch politische Entscheidungen für die zukünftige Nutzung getroffen wurden (vgl. Abschnitt 3.5.2), ist eine großflächige Umsetzung BIM-basierter Planung noch nicht erfolgt. Dieser Stand trifft nicht nur für den Bau von Gebäuden (Arbeitsstätten) zu, sondern auch für andere Bereiche der Bauwirtschaft (z. B. Verkehrswegebau, Tiefbau). Dieser Sachverhalt kann jedoch auch als Chance gesehen werden, da die Belange des Arbeitsstättenrechts bei der Entwicklung zukünftiger Planungshilfen frühzeitig bedacht und implementiert werden können. Dies dürfte zielführender sein, als die Anforderungen in schon bestehende und etablierte Systeme integrieren zu müssen. Jedoch ist an dieser Stelle noch eine Vielzahl von Umsetzungsvoraussetzungen notwendig. Dazu sollen entsprechend der bisherigen Aufarbeitung der Thematik die verschiedenen Themengebiete von BIM-basierten Planungshilfen nachfolgend näher betrachtet sowie notwendige Aspekte benannt werden. Die Themengebiete beziehen sich dabei auf:

- Normative Umsetzungsvoraussetzungen,
- Organisatorische Umsetzungsvoraussetzungen (Prozesskette der Planung und Ausführung) und
- Technische Umsetzungsvoraussetzungen.

Nach der Vorstellung der verschiedenen Umsetzungsvoraussetzungen sollen diese auf die prinzipielle Umsetzbarkeit hin bewertet sowie, wenn möglich, ein zugehöriger

zeitlicher Horizont benannt werden. Dieser stellt eine Einschätzung der Verfasser der Machbarkeitsstudie dar und beruht auf den eigenen sowie den von Experten vorgetragenen Erfahrungen.

5.2 Normative Umsetzungsvoraussetzungen

Einleitend wurde festgestellt, dass die aktuelle Vorschriftenlage bei eingehender Betrachtung grundlegend ausreichend gestaltet ist, um die Anforderungen des Arbeitsstättenrechts in der Planung von Arbeitsstätten zu beachten. Diese Erkenntnis wird durch das Rechtsgutachten von Herrn Prof. Dr. Wolfhard Kohte aus dem Jahr 2018 bestätigt (Kohte, W., 2018). Jedoch hat sich ebenso gezeigt, dass die Anwendung und Zusammenwirkung der verschiedenen Rechtsgebiete nur bedingt praxistauglich ausgestaltet ist. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen der Expertenbefragung (vgl. Kapitel 4) auch oft erwähnt, dass das Arbeitsstättenrecht in zu vielen verschiedenen Vorschriften und Regeln dokumentiert, oft zu unkonkret, teilweise für Planer nur schwer anwendbar und im Detail zu wenig bekannt ist. Dabei können folgende Gründe genannt werden:

- unterschiedliche baukonstruktive Anforderungen in den verschiedenen Vorschriften und Regeln (z. B. erforderliche Mindesttürbreiten),
- unterschiedliche zu beachtende Vorschriften und Regeln in Abhängigkeit der Art der Arbeitsstätte (z. B. Büro, Produktion, Bildung),
- unterschiedliche baukonstruktive oder planungsprozessabhängige Anforderungen in Abhängigkeit zum Standort (Bundesland).

Es wird ausdrücklich darauf verwiesen, dass es nicht grundlegend zu unterschiedlichen Anforderungen kommen muss. Jedoch sollte mit Hinblick auf die Nutzung der Methode BIM eine eindeutige quantitative Aufbereitung der rechtlichen Anforderungen erfolgen.

Ziel muss es daher sein, eine einheitliche Informationsbasis auf Grundlage der Vorschriftenlage zu schaffen. Um das Ziel der Implementierung der Anforderungen des Arbeitsstättenrechts in BIM-basierte Planungshilfen erreichen zu können, muss eine der beiden Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Änderung/Anpassung der Vorschriftenlage oder
2. Zusammenführung, Zusammenfassung und Aufbereitung der Anforderungen in einer a) informierenden und b) numerisch verwertbaren Struktur.

zu 1.: Eine von mehreren Experten geäußerte Lösungsmöglichkeit (vgl. Kapitel 4) ist, die verschiedenen Rechtsgebiete in einem zusammenführenden Vorschriften- und Regelwerk zu vereinen und dabei insbesondere Konflikte zwischen den Rechtsbereichen oder erhebliche Missverständnisse auf Anwenderseite auszuschließen. Dies würde es den Beteiligten am Planungsprozess erleichtern, die Anforderungen vollumfänglich zu berücksichtigen. Hintergrund dieser Aussage ist, dass somit nur ein Vorschriftenwerk beachtet werden müsste. Gleichzeitig könnten somit alle notwendigen Informationen in einem übergeordneten Werk aufgenommen werden und die Grundlage für die Überführung in BIM-basierte Planungshilfen bilden. Eine Änderung der Vorschriften- und Regelwerke stellt aber einen sehr komplexen Prozess dar. Zum einen würde eine solche Umsetzung einen großen zeitlichen Rahmen benötigen und zum anderen ist dadurch nicht gewährleistet, dass alle notwendigen Belange der verschiedenen Rechtsgebiete in ausreichender Form gewürdigt werden. Ebenso sind die Bundesländer für die Umsetzung der Normen zuständig. Daher wäre es nicht auszuschließen,

dass wiederum unterschiedliche Anforderungen bei der Überführung von Bundesrecht in Landesrecht resultieren. Ein vergleichbares Beispiel ist hier die Umsetzung der Musterbauordnung in die verschiedenen Landesbauordnungen (vgl. Kapitel 2).

zu 2.: Ein wichtiger vorbereitender Ansatz wird weiterhin in der aufgearbeiteten Bereitstellung von informierenden und numerisch verwertbaren Vorgaben des Arbeitsstättenrechts gesehen. Wie diese aussehen kann, ist exemplarisch im Kapitel 2 am Beispiel der Bauteilkategorie „Tür“ dargestellt (vgl. z. B. Tabelle 2-4). Somit könnten alle Vorgaben der verschiedenen Vorschriften und Regeln in einer für die Anwender einfach erfassbaren Struktur zusammengeführt werden, ohne die Gesetzeslage ändern zu müssen. Diese Zusammenführung könnte darüber hinaus als Grundlage für die numerische Umsetzung in BIM-basierten Planungshilfen verwendet werden. Hierbei muss beachtet werden, dass dies zu einer bauteilorientierten Darstellung führt (bauteilorientierte Interpretation von Vorschriften und Regeln z. B. für Treppen, Fluchtwege, Aufzüge, Fenster, Räume, Rauchmelder). Nach der Zusammenführung in einer nutzbaren Struktur schließen sich verschiedene weitere Handlungsfelder an. Es muss geklärt werden, in welcher Form eine bestmögliche Übertragung der Informationen an die Anwender (z. B. Planer, Auftraggeber, Bauunternehmen, Nutzer, Prüfbehörden) erfolgen kann. Weiterhin ist es notwendig, zu klären, wie die fortlaufende Aktualisierung erfolgt. Eine Möglichkeit zur Eruiierung der sinnvollsten Umsetzung wird in einer spezifischen Produktrecherche bei den verschiedenen Beteiligten gesehen. Inhalt dieser Recherche sollte es sein, aufzuklären, welche Medien (z. B. Internetseite freizugänglich/passwortgeschützt, CD, Papier, Kompetenzzentrum), Formate (z. B. bearbeitbarer Text, IFC-fähige Datenstruktur) und Bezugsstellen (z. B. Bundesebene über BAuA oder Länderebene über die Gewerbeaufsicht) für die Beteiligten am sinnvollsten sind. Auf dieser Grundlage müssten im Anschluss die Informationen in geeigneter Weise zusammengestellt und zugänglich gemacht werden. Ein mögliches Beispiel einer solchen Lösung wird im Kapitel 6 vorgestellt.

Zusammenfassend lässt sich für die notwendigen normativen Umsetzungsvoraussetzungen festhalten, dass vorrangig eine Aufarbeitung der aktuellen Vorschriftenlage erfolgen muss. Hierbei liegt das Augenmerk jedoch nicht auf der Änderung der Vorschriftenlage, sondern auf der Zusammenführung und Aufbereitung der notwendigen Informationen in einer übergeordneten, einfach verwertbaren Struktur. Demnach müsste für alle Bauelemente und Bauteilgruppen eine inhaltliche Aufarbeitung der arbeitsstättenrechtlichen Anforderungen erfolgen. Eine so bereitgestellte Informationsbasis wird als eine wichtige Grundlage angesehen, die Anforderungen des Arbeitsstättenrechts den für Planung und Bauausführung von Arbeitsstätten Verantwortlichen einfacher zugänglich und weiterführend als Grundlage für BIM-basierte Planungshilfen in digital verwertbarer Form nutzbar zu machen.

5.3 Organisatorische Umsetzungsvoraussetzungen

Eine übergeordnete allgemeingültige Prozessstruktur der Planung, Prüfung, Ausführung und Überwachung von Arbeitsstätten ist auch unter Beachtung der Vorgaben der Leistungsphasen der HOAI nach aktuellen Erkenntnissen nicht in dem erforderlichen Umfang vorhanden. Die Ergebnisse der Expertenbefragung (vgl. Kapitel 4) haben dabei gezeigt, dass der Fokus im Planungsprozess mehr auf der baukonstruktiven Durchbildung baulicher Anlagen liegt, weniger auf der Planung der eigentlichen Arbeitsstätten unter Beachtung des räumlichen und organisatorischen Bezuges. Detaillierte behördliche Planprüfungen und die Überwachung der Bauausführung auf plankorrekte Umsetzung erfolgen häufig nicht ausreichend. Personelle Kapazitäten sind

stark begrenzt. Digitale Planungshilfen zur Unterstützung des Prüfprozesses sind nicht vorhanden.

Im Ergebnis führt dies dazu, dass jedes Bauvorhaben mit einem unterschiedlichen Prozessablauf geplant und erstellt wird. Insbesondere wenn neue Beteiligte in den Planungsprozess eingebunden werden, sind diese häufig nicht mit den erforderlichen Abläufen vertraut. Dadurch können notwendige Informationen nicht rechtzeitig generiert, geprüft oder übergeben werden. Insbesondere beim derzeit etablierten Geschäftsgebaren, bei denen selten die gleichen Beteiligten mehrere Bauvorhaben unter sich permanent ändernden Randbedingungen durchführen, besteht ein großes Optimierungspotenzial. Häufig sind die in dieser Machbarkeitsstudie gegenständlichen Planungsmängel die Folge. Beispielsweise kann die Information über die endgültige Nutzung sowie die Anzahl der Personen einer Arbeitsstätte bei zu später Bekanntgabe zu Umpfanungen/-bauten führen. Wenn die Beteiligten jedoch durch übergeordnete Strukturen auf frühzeitige Festlegungen gedrängt werden, kann im Umkehrschluss eine Einsparung von Ressourcen erfolgen. Vergleichbar ist dieses Prozedere mit den Prozessabläufen des Nachweises und der Prüfung der Standsicherheit baulicher Anlagen.

Demnach wird es als zielführend angesehen, einen übergeordneten Prozessablauf für die Erstellung von Arbeitsstätten (Planung, Prüfung, Herstellung, Überwachung) zu definieren. Aufbauend auf dieser definierten Abfolge von Prozessen und Verantwortungen der verschiedenen Beteiligten könnten somit die notwendigen Informationsflüsse sowie Planungs-, Prüf- und Überwachungshandlungen dargestellt werden.

Weiterführend kann dieser Prozess sehr gut durch die Planungsmethode BIM sowie BIM-basierte Planungshilfen unterstützt werden. Im Umkehrschluss ist eine eindeutige Prozessstruktur Voraussetzung, um BIM-basierte Planungshilfen effizient einsetzen zu können. Neben den Effizienzvorteilen einer gemeinsamen digitalen Planung und Planprüfung ist hier als Vorteil insbesondere die automatisierte Planprüfung auf Umsetzung arbeitsstättenrechtlicher Vorgaben zu nennen. Voraussetzung wären hierfür arbeitsstättenrechtlich bezogene Mustervorgaben für die AIA und den BAP (vgl. Kapitel 3), weiterhin auch die Aufbereitung des Arbeitsstättenrechts in einer numerisch verwertbaren Struktur (vgl. Abschnitte 5.2 und 5.4) sowie Entwicklungen im Bereich der BIM-Software.

Eine weitere Voraussetzung für die Schaffung optimierter, EDV-gestützter Abläufe ist, dass alle Beteiligten mit der prinzipiellen Methodik BIM vertraut sind. Aktuell sind die Erfahrungswerte in Bezug auf BIM bei den verschiedenen Beteiligten noch stark unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Kapitel 4). Demnach ist es unablässig, das entsprechende Personal zu schulen und zu informieren. Insbesondere die prüfenden Instanzen und die Auftraggeber sowie Bauherrenvertreter zeigen einen großen Nachholbedarf.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Definition einer übergeordneten Prozessstruktur des Planungs-, Prüf- und Überwachungsablaufes die Möglichkeit bietet, die Planung und Erstellung von Arbeitsstätten zu optimieren. Neben der zeitlichen Ersparnis können digitale Prüfalgorithmen (BIM-basierte Planungshilfen) in den Prozess integriert werden. Planungsmängel können dadurch reduziert und qualitativ hochwertige Arbeitsstätten geschaffen werden. BIM-basierte Planungshilfen können diesen Prozess daher sehr effektiv unterstützen. Voraussetzung ist die Verfügbarkeit entsprechender Software-Werkzeuge sowie die Akzeptanz zu deren Anwendung bei den Prozessbeteiligten.

5.4 Technische Umsetzungsvoraussetzungen

Die technischen Umsetzungsvoraussetzungen fokussieren sich auf die beiden nachfolgenden Punkte:

1. Standardisierte Schnittstellen, IFC und OpenBIM sowie
2. erforderliche Hardware.

zu 1.: Für die Umsetzung von BIM bei der Erstellung von Arbeitsstätten wird der Ansatz des OpenBIM favorisiert und sich zukünftig mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit durchsetzen. Insbesondere die Vielzahl der unterschiedlichen Beteiligten im Planungsprozess erfordert eine softwareunabhängige Planung. Nur so kann gewährleistet werden, dass es keine Beschränkungen im Wettbewerb gibt und alle Beteiligten die gleichen Zugangsvoraussetzungen für den Planungsprozess haben. Darüber hinaus müssen auch staatliche Institutionen, wie die Prüfungsbehörden, produktneutral agieren können. Eine grundlegende Festlegung auf eine Software oder einen Hersteller von Planungsprogrammen bietet keinen zukunftsfähigen Ansatz.

Für die Umsetzung von OpenBIM-Lösungen sind nicht proprietäre Datenaustauschformate und Planungsinhalte, teilweise auch Angaben zur Planungsweise, erforderlich. Nur wenn einheitliche Attribute und Informationsstrukturen in der Planung, beispielsweise des Bauelementes „Tür“, vorhanden sind, ist eine vollumfängliche, softwareunabhängige Übertragung der Informationen zwischen den Beteiligten möglich. Die Generierung einheitlicher Standards in den Industry Foundation Classes (vgl. Abschnitt 3.2) wird in vielen Bereichen der Baubranche vorangetrieben und hat sich als das aussichtsreichste Format einer Standardisierung etabliert. Verantwortlich hierfür ist der buildingSMART Deutschland e. V. Das Ziel des Vereins ist die Weiterentwicklung und Standardisierung des offenen, das heißt herstellernerneutralen Informationsaustausches in BIM-Projekten und die Definitionen und Standardisierung von entsprechenden Arbeitsprozessen (buildingSMART Deutschland e.V., 2020). Hierbei haben im Zuge der Machbarkeitsstudie erste Kontakte stattgefunden. Diese haben gezeigt, dass Belange des Arbeitsstättenrechts derzeit kaum im IFC-Standard berücksichtigt sind, es aber durchaus möglich ist, diese detailliert zu implementieren. Zwingende Voraussetzung ist dafür, dass die konkreten Interessen in den jeweiligen Arbeitskreisen vertreten und entsprechende Informationen gemäß der Ausarbeitung aus Kapitel 2 für die jeweiligen Bauteile numerisch verwertbar zur Verfügung gestellt werden. Konkrete Untersuchungen zum Bauelement „Tür“ haben ergeben, dass ein Teil der erforderlichen Daten bereits im IFC-Standard implementiert ist (z. B. Durchgangsbreite einer Tür [Merkmal: Door_PassgeWidth_Usable], Status „Nutzung als Fluchtweg“ [Merkmal: Door_EscapeRoute]); nicht enthalten sind beispielsweise Angaben zur Kennzeichnung von Türen. Derzeit beschäftigt sich eine Projektgruppe bei buildingSMART mit der Überarbeitung der PropertySets u. a. zu Türen („PG Türen“). Im Entwurfsstatus liegt derzeit dazu ein Katalog von PropertySets (Merkmalen) in einem Umfang von circa 200 Datenpunkten vor. In Rücksprache mit buildingSMART können weitere Datenpunkte, beispielsweise im Kontext des Arbeitsstättenrechts, ergänzt werden.

zu 2.: Neben der Schaffung der Grundlagen für den Datenaustausch ist weiterhin eine ausreichende Ausstattung der Akteure mit Hard- und Software für die Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen erforderlich. Die Umsetzung der Methode BIM erfordert deutlich höhere Anforderungen an die Rechen- und Speicherleistung als die konventionellen Prozessabläufe der Planung. Die Erfahrungen und auch die Experteninterviews haben gezeigt, dass die Akteure auf der Auftragnehmerseite, also insbesondere die

Bauunternehmen und Planer, einen deutlich höheren Ausstattungsgrad an IT-Technik aufweisen als die Akteure auf der Auftraggeberseite und der Prüfungsinstanzen. Weiterhin ist festzustellen, dass auch innerhalb einer Gruppe von Akteuren (z. B. Bauunternehmen oder Planern) sehr unterschiedliche Ausstattungen vorhanden sind. Die Bandbreite reicht von sehr schlecht ausgestatteten Unternehmen ohne BIM-fähiger Software bis zum „Power-User“ mit einer sehr umfangreichen, hochwertigen IT-Umgebung. Grundsätzlich ist ein Trend zu erkennen, dass BIM-Softwarelösungen und damit einhergehend eine umfangreiche IT-Technik zukünftig bei deutlich mehr Akteuren zum Einsatz kommen werden. Ein homogener Ausstattungsgrad wird nie erreicht werden.

Es wird unabhängig von der späteren Nutzung ein Umdenken in der Bearbeitung unumgänglich sein. Um die Optimierungspotenziale der Methode BIM vollumfänglich in der Planung von Arbeitsstätten zu nutzen, müssen alle Beteiligten auch die entsprechenden Kenntnisse diesbezüglich aufweisen. Wie dabei schon in Abschnitt 3.5 aufgezeigt, variieren diese aktuell zum Teil erheblich. Insbesondere die durchgehende Nutzung digitaler Medien wird zukünftig immer entscheidender werden. Es ist daher zwingend anzuraten, die späteren Akteure frühzeitig über die neuen Möglichkeiten zu informieren. Hierbei ist es notwendig, nicht nur die Funktionen der neuen Softwarelösungen und deren Umgang zu zeigen. Vielmehr müssen über Jahrzehnte geprägte Abläufe in der Verarbeitung aufgebrochen und modifiziert werden. Veränderungen werden immer dann schnell angenommen, wenn diese Verbesserungen zeitlicher, monetärer oder qualitativer Art mit sich bringen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass BIM-basierte Planungshilfen auf Basis von OpenBIM und standardisierten Schnittstellen programmiert sein müssen. Aktuell erfüllt ausschließlich das IFC-Format diese Anforderungen. Arbeitsstättenrechtliche Belange sind indirekt in einzelnen Datenpunkten des IFC berücksichtigt, erfordern jedoch eine deutlich detailliertere Ergänzung der PropertySets. Weiterhin erfordert BIM-fähige Software derzeit die Installation komplexer Programme, diese wiederum eine sehr leistungsfähige Hardware.

5.5 Bewertung der Umsetzbarkeit

In den vorangegangenen Abschnitten wurden verschiedene Voraussetzungen beschrieben, die nach aktuellem Stand notwendig sind, um BIM-basierte Planungshilfen bei der Planung und Erstellung von Arbeitsstätten zu implementieren und auch zu etablieren. Dabei wurden verschiedene Aspekte zu den Kernthematiken Vorschriften, dem Planungsprozess sowie den notwendigen technischen Randbedingungen aufgeführt. Nunmehr sollen auf Grundlage der durchgeführten Ausarbeitungen Bewertungen zu den einzelnen Punkten vorgenommen werden. Hierbei handelt es sich um die grundlegende Betrachtung, ob die Voraussetzungen grundsätzlich vorhanden sind oder geschaffen werden können. Darüber hinaus soll aufbauend auf den Entwicklungen der letzten Jahre versucht werden, den dazu erforderlichen zeitlichen Rahmen abzuschätzen. Die Annahmen müssen dabei kritisch betrachtet werden. Sie stellen somit nur grobe Richtwerte dar und können sich aufgrund der dynamischen Entwicklung anders darstellen.

Bei den **normativen Umsetzungsvoraussetzungen** sind zwei Punkte relevant:

1. Änderung/Anpassung der Vorschriftenlage und
2. Zusammenführung, Zusammenfassung und Aufbereitung der Anforderungen in einer a) informierenden und b) numerisch verwertbaren Struktur.

zu 1.: Der auch von den Experten eingebrachte Vorschlag zur Änderung der Vorschriftenlage wird grundsätzlich als sehr schwierig umsetzbar eingestuft. Eine Anpassung von Gesetzen, Vorschriften, Regeln und Normen stellt einen sehr langwierigen Prozess dar. Dieser kann zum Teil Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Weiterhin ist nicht ausgeschlossen, dass eine neue Gesetzeslage die Anforderungen nicht in der notwendigen inhaltlichen Detaillierung wiedergibt. BIM-basierte Planungshilfen erfordern vorrangig quantitative Soll-Werte. Eine grundsätzliche Änderung der arbeitsstätten-spezifischen Vorschriften und Regeln auf diese Forderung hin scheint nur schwer realisierbar. Bei der künftigen Normenarbeit sollte dieser Punkt aber besondere Beachtung finden.

zu 2.: Die Bereitstellung der planungsrelevanten Grundlagen zum Arbeitsstättenrecht stellt eine Grundvoraussetzung für die BIM-basierten Planungshilfen dar und ist im Gegensatz zu vorher genanntem Punkt deutlich einfacher realisierbar. Aus diesem Grund wird dieser Punkt priorisiert. Dieser sieht vor, die Informationen der verschiedenen Vorschriften und Regeln zum Arbeitsstättenrecht zusammenzufassen und so aufzubereiten, dass diese zeitnah als „analoge“ Hilfe den Planern und Prüfenden als Unterstützung dienen („Informationsplattform“) und weiterhin, soweit derzeit möglich, in numerisch bearbeitbarer Form Grundlage für BIM-basierte Planungshilfen sind („Informationsdatenbank“). Exemplarisch ist dies für das Bauelement „Tür“ in Kapitel 2 erfolgt. Der notwendige Aufwand richtet sich hierbei nach der Aufgliederung der einzelnen Bauteile. Es ist dabei unabdingbar, dass jedes Bauteil oder jede Bauteilgruppe für sich eine eigene Ausarbeitung erfahren. Es empfiehlt sich hierbei, die Ausarbeitung auch unter Beachtung der Struktur des offenen Datenformates IFC durchzuführen. Unter diesem Aspekt ist es anzuraten, eine Zusammenarbeit mit buildingSMART zu forcieren, da eine Erweiterung der IFC-PropertySets um Daten zum Arbeitsstättenrecht möglich und sinnvoll ist. Somit können für BIM-basierte Planungshilfen fehlende arbeitsstätten-spezifische weitere PropertySets zu Bauelementen ergänzt werden.

Die Ausarbeitungen zum Bauelement „Tür“ (vgl. Abschnitt 2.5.3) haben gezeigt, dass eine numerisch bearbeitbare Zusammenfassung von Vorschriften und Regeln des Arbeitsstättenrechts umsetzbar ist. Grundlegend wurden hierbei nur die baukonstruktiven Anforderungen betrachtet. Die Verarbeitbarkeit der Daten durch eine Software hat nur eine nachgelagerte Rolle gespielt, auch wenn die Grundsätze von BIM bei der Zusammenstellung der Daten berücksichtigt wurden.

Aus Sicht der BAuA wird es als nicht sinnvoll angesehen, darauf aufbauend eigenständig BIM-basierte Planungshilfen zur Umsetzung des Arbeitsstättenrechts zu programmieren. Einerseits fehlt dazu das Know-how, andererseits bedürfen derartige Planungshilfen einer permanenten Anpassung und Weiterentwicklung. Diese Leistungen können in vielfältiger Art und Weise privat organisierte Wirtschaftsunternehmen besser in Form von „neuer“ Software oder als Ergänzung bereits vorhandener Softwareapplikationen anbieten. Was diese Wirtschaftsunternehmen aber nicht können, ist die formell richtige Interpretation der Vorschriften und Regeln des Arbeitsstättenrechts in numerisch verwertbare Datenstrukturen. Hier ist Bedarf der öffentlichen Unterstützung (z. B. durch die BAuA) vorhanden. Die erzielten Ergebnisse können dann einerseits für die vorgenannte „Informationsplattform“ der an Planung und Ausführung Beteiligten genutzt werden (z. B. auf einer spezifischen Internetseite zum Arbeitsstättenrecht). Andererseits sind diese in Form einer von extern beigestellten IFC-gängigen Datenbank („Informationsdatenbank“) Grundlage für die Programmierung und Einführung von BIM-basierten Planungshilfen zum Arbeitsstättenrecht privat organisierter Wirtschaftsunternehmen.

Diese Art des Vorgehens im weiteren Sinne wurde ausdrücklich auch von mehreren der befragten Experten als zielführend betrachtet. Eine Lösungsmöglichkeit für die Umsetzung der „Informationsplattform“ ist im Abschnitt 6.2 dargestellt. Je nach Detaillierungsgrad der Bauteile und eingebrachtem Zeitaufwand bei der Ausarbeitung der Informationen wird eine Umsetzung in zwei Jahren als möglich betrachtet. Es ist an dieser Stelle zu beachten, dass diese Ausarbeitung die Unterschiede in den einzelnen Bundesländern berücksichtigen muss. Ebenso ist zu klären, welches Datenbanksystem zur Speicherung der Informationen genutzt und in welcher Form diese als „Informationsplattform“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden soll. Darüber hinaus ist in gleicher Art zu klären, in welcher Form die Daten für BIM-basierte Planungshilfen zur Verfügung gestellt werden („Informationsdatenbank“). Dazu existieren umsetzbare Lösungsvarianten. Aufgrund der derzeit starken Entwicklungsaktivitäten in diesem Bereich sind hierzu jedoch weiterführende Betrachtungen erforderlich. Anhand der aktuellen Ansätze und Meinungen aus der Forschung und Praxis könnte eine Einführung und Nutzung als Planungshilfe in der Praxis in zwei bis fünf Jahren möglich sein.

Die **organisatorischen Umsetzungsvoraussetzungen** sind im Vergleich zu vorgenanntem Punkt schwieriger zu schaffen. Im Abschnitt 5.3 wurden folgende Punkte herausgearbeitet:

1. Definition einer übergeordneten Planungsprozessstruktur (Ablauf, Verantwortlichkeiten, Einheitlichkeit),
2. Schaffung von Grundlagen von Software-Werkzeugen zur unterstützenden Planprüfung und
3. Erhöhung der Akzeptanz von BIM.

zu 1.: Die Änderung der in Deutschland etablierten Planungsprozessstruktur bezüglich der Planungsinhalte des Arbeitsstättenrechts ist nur sehr schwer umsetzbar, da dies einerseits eine Vielzahl an Ergänzungen in öffentlich-rechtlichen Vorschriften zur Folge hat (Musterbauordnung, Landesbauordnungen, HOAI usw.). Andererseits ist, analog beispielsweise zum Prozedere der Planprüfung aus Sicht der Standsicherheit (Prüfstatik, Einbindung Prüffingenieur, Abnahmen auf Baustelle, Nutzungsfreigabe usw.), ein komplett neuer Prüfprozess zum Arbeitsstättenrecht erforderlich. Dies ist mit einem sehr hohen personellen und damit monetären Aufwand für die Implementierung und Durchführung verbunden.

Alternativ dazu kann dem derzeit etablierten Prüfprozess (öffentlich-rechtliche Baugenehmigung und Abnahme) bezogen auf die Belange des Arbeitsstättenrechts deutlich mehr Gewicht gegeben werden. Dazu sind neben der Informationsbereitstellung Schulungsmaßnahmen erforderlich. Seitens der Prüfbehörden (z. B. Bauordnungsämter) ist dies mit erhöhten Personalkapazitäten verbunden. Falls die Erhöhung der personellen Kapazitäten nicht möglich ist, stellt allein die Informationsbereitstellung und Schulung ein probates Mittel dar, welches mit relativ geringem Ressourceneinsatz umsetzbar ist und Wirkung zeigen wird.

zu 2.: Die Etablierung von digitalen, automatisiert unterstützenden Prüfprozessen der Planung auf Basis von digitalen Gebäudemodellen (BIM) stellt eine zukunftsfähige Variante dar, um einerseits Prüfroutinen umfassender durchzuführen, andererseits den dafür erforderlichen Aufwand unter Beachtung der vorhandenen Personalkapazitäten einzugrenzen. Die softwareseitige Umsetzung ist realisierbar, jedoch noch nicht erfolgt. Dieser Prozess sollte am besten durch privatwirtschaftlich organisierte Unternehmen erfolgen. Voraussetzung für diesen Prozess ist jedoch die Bereitstellung der dazu erforderlichen Informationen zum Arbeitsstättenrecht in numerisch nutzbarer Form

(vgl. vorgenannte normative Umsetzungsvoraussetzungen Pkt. 2b zur „Informationsdatenbank“).

zu 3.: Die Erhöhung der Akzeptanz der Planungsmethode BIM kann nur bedingt durch aktive Handlungen einer Institution beeinflusst werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Entwicklungs- und Akzeptanzsprünge der letzten Jahre in gleicher Geschwindigkeit fortsetzen. Vor allem die Affinität der jüngeren Generation zur Digitalisierung wird diesen Prozess in den nächsten Jahren nochmals beschleunigen. Im Zusammenhang mit dieser Studie ist davon auszugehen, dass bis zum Jahr 2030 BIM die etablierte Grundlage für alle Planungsprozesse ist.

Die **technischen Umsetzungsvoraussetzungen** beziehen sich auf die

1. Standardisierung von Schnittstellen, IFC und OpenBIM sowie
2. erforderliche Hardware für Anwendung von BIM.

zu 1.: Die Beeinflussung standardisierter offener Schnittstellen (OpenBIM) seitens einer Institution ist kaum umsetzbar. Insofern können die technischen Voraussetzungen dazu nicht direkt beeinflusst werden. Vielmehr werden die einflussreichen Produktentwickler und die Qualität der Marktnachfrage die weitere Entwicklung beeinflussen. In diesem Zusammenhang wird auf die vorgenannten Anmerkungen zur rasanten Entwicklung von BIM, OpenBIM und deren Anwendungshäufigkeit hingewiesen. Die BAuA wird keinen direkten Einfluss auf diese Entwicklung nehmen können, sollte die spezifischen Entwicklungen des Marktes aber genau verfolgen.

Die Berücksichtigung arbeitsstättenpezifischer Belange des Arbeitsstättenrechts beim IFC-Format in Form von PropertySets wird als gut umsetzbar eingestuft. Hierfür empfiehlt sich eine Mitarbeit in verschiedenen Arbeitskreisen bei buildingSMART, um die spezifischen Interessen des Arbeitsstättenrechts geeignet zu vertreten. Da dieser Prozess sehr langwierig ist, kann hier keine Umsetzungsdauer angegeben werden.

Darüber hinaus kann die BAuA die technischen Umsetzungsvoraussetzungen fördern, indem sie auf die Thematik und die Vorteile BIM-basierter Planungshilfen für die Planung von Arbeitsstätten geeignet hinweist und die fachspezifische Informationsbasis bereitstellt. Mit geringem Aufwand ist es so möglich, dem Markt Lücken im Angebotsportfolio von BIM-Software sowie die vorgenannten Potenziale BIM-basierter Planungshilfen aufzuzeigen. Hierbei lassen sich mehrere Handlungsfelder ableiten. Zum einen muss die grundlegende Frage geklärt werden, wie die ausgearbeiteten Informationen in die Planung implementiert werden können. Erste Rücksprachen mit Softwareanbietern haben ergeben, dass eine grundsätzliche Vernetzung von Planungssoftware mit Datenbanksystemen (= Informationsdatenbank) eine mögliche Lösung darstellt. Damit könnten die Anforderungen aus dem Arbeitsstättenrecht direkt integriert werden. Daraus lassen sich folgende Handlungsfelder ableiten:

1. Klärung, welches Datenbanksystem zur Informationsbereitstellung genutzt werden soll,
2. Vernetzung des Datenbanksystems mit den verschiedenen Planungssoftwares und
3. Verwaltung und Pflege des Datenbanksystems.

Auf Grundlage der ersten Kontaktaufnahmen wird hierbei empfohlen, mit den entsprechenden Interessengruppen die sinnvollsten Lösungsvorschläge auszuarbeiten und diese in gegebenenfalls nachfolgenden Forschungsprojekten zu entwickeln. Weiterhin

ist neben der Nutzung von BIM die Klärung der jeweiligen Rechte je Beteiligten erforderlich. Diese können großen Einfluss auf die genutzte Hard- sowie Software haben. Insbesondere die Unterschiede, ob die BIM-Modelle nur begutachtet werden (Viewer-Funktion) oder ob auch Veränderungen am Modell vorgenommen werden sollen (Autoren-Funktion), haben großen Einfluss auf die spätere Nutzung.

zu 2.: Art und Umfang der Hardware von Beteiligten am Planungsprozess kann nur bedingt durch aktive Handlungen einer Institution beeinflusst werden. Geht man von einer Fortsetzung des allgemeinen Trends aus, dass permanent leistungsstärkere Gerätetechnik zur Anwendung kommt, wird der Faktor „Hardware“ zukünftig kein begrenzender Faktor sein. Weiterhin werden die Anforderungen an Hardware für BIM-spezifische Planungshilfen nicht über den Anforderungen üblicher BIM-Anwendungen liegen. Teilweise bestehen Defizite bei sehr kleinen Unternehmen, Prüfbehörden und öffentlichen Auftraggebern hinsichtlich der nutzbaren Gerätetechnik.

5.6 Ableitung von Entscheidungsgrundlagen

Entsprechend den vorangegangenen Ausführungen lassen sich mehrere Handlungsfelder ableiten, die sich zukünftig für die Etablierung von BIM-basierten Planungshilfen ergeben. Aus Sicht der BAuA sind insbesondere der Planungsprozess von Arbeitsstätten sowie die Anforderungen aus den Normen und Richtlinien zwei zu fokussierende Kernpunkte. Die Ausstattung mit der entsprechenden Hardware bei den einzelnen Beteiligten lässt sich schwer beeinflussen. Jedoch sollte in der Kommunikation zur Praxis und Politik deutlich gemacht werden, dass insbesondere die Beteiligten im Planungsprozess hier teilweise Nachholbedarf sowohl in der Technik als auch in dem richtigen Umgang aufzeigen und ggf. mit Hilfsprogrammen unterstützt werden.

Bei den Punkten des Planungsprozesses sowie der Schaffung einer Informationsbasis für die Umsetzung in Planungshilfen müssen die zwingenden Voraussetzungen geschaffen werden. Hierbei wird besonders eine vertiefende Zusammenarbeit mit buildingSMART als wichtige Grundlage für die Aufbereitung des Arbeitsstättenrechts notwendig sein. Somit können die relevanten Informationen in die Definition des herstellerunabhängigen IFC-Datenformats berücksichtigt werden. Darüber hinaus können in Abhängigkeit IFC-spezifischer Gliederungen Rückschlüsse gezogen werden, für welche Bauteile oder Bauteilgruppen die inhaltliche Aufbereitung erfolgen muss. Aufbauend auf dieser Einteilung müssen, entsprechend den Ansätzen in der Machbarkeitsstudie, die verschiedenen Vorschriften und Regeln inhaltlich ausgewertet und in numerisch lesbare Datenstrukturen überführt werden. Hierbei ist zu prüfen, ob die BAuA diese eigenständig vornimmt oder diese über Dritte durchführen lässt. Weiterhin ist zu entscheiden, inwiefern die erzielten Ergebnisse weiterverarbeitet werden können. Dabei müssen zwei grundsätzliche Entscheidungen getroffen werden:

Die befragten Experten wünschen eine vereinfachte Verarbeitbarkeit der Informationen, die aus den Anforderungen aus dem Arbeitsstättenrecht an die baulichen Anlagen resultieren. Insbesondere sind hier sich widersprechende Vorgaben in unterschiedlichen Vorschriften und Regeln sowie nur qualitativ beschriebene Vorschriften und Regeln genannt. Daher ist eine unabhängige, uneindeutige Informationsbasis für die Beteiligten ein zielführender Lösungsansatz. Dies kann über die Möglichkeit einer freien Datenbank ermöglicht werden. Hierbei ist zu entscheiden, wer diese zur Verfügung stellt und wie die Pflege und Betreuung geklärt ist. Sinnvollerweise sollte diese durch

eine unabhängige Institution angeboten werden, um einen inhaltssicheren und permanenten Zugriff zu gewährleisten. Somit muss entschieden werden, ob beispielsweise die BAuA selbst oder eine andere Institution hierfür infrage kommt.

Neben der Bereitstellung der baulichen Informationen sollte darüber hinaus der Planungsprozess bezogen auf die Berücksichtigung des Arbeitsstättenrechts während der Planung sowie die Prüfung der Planung und Überwachung der Bauausführung angepasst werden. Somit hätten öffentliche und private Auftraggeber mehr Sicherheit in Art und Umfang des Planungsprozesses und der Einbindung von Prüfinstanzen. Darüber hinaus kann dieser als Anhaltspunkt für die Erstellung von Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) oder der BIM-Abwicklungspläne (BAP) genutzt werden. Die Entwicklung eines idealisierten Ablaufes muss dabei zwingend interessenunabhängig erfolgen. Dies bedeutet, dass die Belange aller am Bau einer Arbeitsstätte Beteiligten gleichermaßen in die Betrachtung einfließen. Dass ein generelles Interesse in der Praxis vorhanden ist, wurde durch die Machbarkeitsstudie nachgewiesen.

Eine weitere zu treffende Entscheidung bezieht sich auf die Bearbeitung von konkreten Planungshilfen. Durch die Machbarkeitsstudie werden drei prinzipiell umsetzbare Ansätze von konkreten Planungshilfen aufgezeigt:

1. Information der Beteiligten vor der Planung (Informationsplattform),
2. Assistenzsysteme während der Planung und
3. Kontrolle der Planung.

Die Informationsdatenbank bildet dabei die zentrale Grundlage für die beiden weiteren Planungshilfen. Im Zuge der Bearbeitung wurde festgestellt, dass es grundlegend möglich ist, unterstützende Softwareprogramme im Sinne von Planungshilfen zu entwickeln. Diese haben das Ziel, dem Planer direkt bei der Erstellung der Planung zu „helfen“ (vgl. Abschnitte 6.3 und 6.4). Um diese jedoch umsetzen zu können, müssen die Vorgaben des Arbeitsstättenrechts in numerisch bearbeitbare Daten umgewandelt und in die Planungssoftware integriert werden. Dieser Schritt sollte in Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen und Softwareentwicklern erfolgen. Ziel sollte die Entwicklung eigenständiger Softwareapplikationen sein, die es den verschiedenen Anwendern ermöglichen, die Planung auf die Belange des Arbeitsstättenrechts zu prüfen oder Assistenzsysteme anzubieten. Das grundlegende Interesse aus der Praxis für solche Anwendungen ist sowohl auf Seiten der Anwender (Planer, Architekten etc.) als auch auf Seiten der Anbieter (Softwarehersteller etc.) vorhanden. Jedoch muss die Initiative für die Bereitstellung der erforderlichen Daten und die Entwicklung der erforderlichen Datenbank von staatlicher Seite erfolgen. Es wird dringend empfohlen, die dabei gewonnene Informationsbasis auch in allgemein zugänglicher Form (z. B. Internetportal) in geeigneter Art und Weise der breiten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen.

6 Beispielhafte Umsetzung BIM-basierter Planungshilfen (Demonstratoren)

6.1 Einleitung

Aufbauend auf den erzielten Erkenntnissen der Studie, hier insbesondere der durchgeführten Experteninterviews (vgl. Kapitel 4) werden in diesem Kapitel beispielhafte Lösungsansätze entwickelt, wie zukünftige Planungshilfen aufgebaut und gestaltet sein können. Ein besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Anforderungen und Erwartungen der verschiedenen Anwender gelegt. Das übergeordnete Ziel ist daher die Praktikabilität und Nutzbarkeit der Planungshilfen. Nur so kann ein entsprechender Mehrwert in der Planung von Arbeitsstätten und damit die Anwendung der Planungshilfen sichergestellt werden. Die Machbarkeitsstudie hat aufgezeigt, dass eine Planungshilfe aus Sicht der Anwender nicht nur eine reine Applikation losgelöst zu den bestehenden Planungssoftwares darstellt. Vielmehr sollen möglichst ergänzend die grundlegenden Inhalte aus dem Arbeitsstättenrecht und damit einhergehenden Vorschriften und Regeln den Anwendern einfacher nutzbar gemacht werden. Auf dieser Grundlage wurden drei geeignete Anwendungsbereiche von Planungshilfen verifiziert und dafür Lösungsansätze in verschiedenen Demonstratoren entwickelt. Diese Planungshilfen verfolgen unterschiedliche Strategien zur Unterstützung der Planung:

1. die Information der Anwender vor der Planung (Informationsstrategie),
2. die direkte Unterstützung während der Planung (Assistenzstrategie) und
3. die Kontrolle bzw. Prüfung nach der Planung (Prüfungsstrategie).

Die drei Gruppen möglicher Planungshilfen werden an unterschiedlichen Demonstratoren im Zusammenhang mit der Objektkategorie „Tür“ vertiefend dargestellt. Dazu werden in den folgenden Abschnitten neben gestalterischen Lösungsansätzen auch fachinhaltliche und technische Aspekte solcher Softwarelösungen beleuchtet. Zur Verdeutlichung der Intension werden diese bewusst an einem einfachen Beispiel, bestehend aus einem Raum mit zwei unterschiedlich breiten Türen, gezeigt. Erstellt wurden diese Demonstratoren hauptsächlich auf Basis der Planungssoftware Revit. Grundlegend wurde bei der Entwicklung der Planungshilfen darauf geachtet, sich an bestehenden Softwareprogrammen, wie beispielsweise Revit oder dem Solibri Model Checker, zu orientieren. Hintergrund dieses Ansatzes ist, dass schon bestehende Nutzungsoberflächen dem späteren Anwender einen leichteren Einstieg gewähren könnten und BIM-basierte Planungshilfen mit hoher Wahrscheinlichkeit auch derart als Assistenzsysteme programmiert und von den Anwendern akzeptiert werden. Darüber hinaus wird die Möglichkeit gesehen, dass somit Applikationen zum Arbeitsstättenrecht leichter und in größerer Anzahl in etablierte Programme implementiert werden können. In den folgenden Abschnitten werden weiterhin die jeweiligen Ziele der entsprechenden Planungshilfen erläutert sowie die prinzipiellen Funktionsweisen dargestellt. Diese können als Grundlage für die eigentliche Entwicklung BIM-basierter Planungshilfen für das Arbeitsstättenrecht genutzt werden.

Grundlage für alle arbeitsstätten-spezifischen Planungshilfen ist die Bereitstellung numerisch verarbeitbarer Daten zu Vorgaben des Arbeitsstättenrechts (vgl. Abschnitte 2.5, 5.2 und 7.2). Auf diesen Sachverhalt wurde mehrfach in der hier gegenständlichen Machbarkeitsstudie eingegangen.

6.2 Informationssystem

6.2.1 Hintergrund und Ziele

Die Planungshilfe dient der grundsätzlichen Information der Anwender über Inhalte des Arbeitsstättenrechts. Zielstellung ist es demnach, dem Anwender aus Sicht des Arbeitsstättenrechts die für die Planung der Arbeitsstätte notwendigen Informationen in allgemeiner und möglichst konkreter Weise zur Verfügung zu stellen. Mit dieser Planungshilfe soll die eigenständige Einholung von Informationen durch den Planer zeitlich und inhaltlich erleichtert werden. Dabei sollen nicht nur die einzuhaltenden Vorschriften und Regeln genannt, sondern ebenfalls die daraus folgenden baulichen und baukonstruktiven Anforderungen anwenderfreundlich aufbereitet werden. Die Grundlage hierfür stellt die bauteilorientierte Aufbereitung der Informationen in Kapitel 2 dar.

6.2.2 Funktionsweise

Variante 1 (eigenständiges Informationssystem)

Nach erfolgter Aufbereitung des Arbeitsstättenrechts können die Informationen in einer frei zugänglichen Datenbank bereitgestellt werden („Informationsplattform“). Als ein sinnvoller Ansatz wird hierbei die Möglichkeit des Aufbaus einer internetgestützten Enzyklopädie, analog zu gängigen Praxisbeispielen wie beispielsweise „Wikipedia“ (www.wikipedia.de), „Bauprofessor“ (www.bauprofessor.de) oder „Sichere Schule“ (www.sichere-schule.de), gesehen. Somit wird dem Anwender ein Hilfsmittel an die Hand gegeben, um Informationen unabhängig von Standort, Zeit und BIM-Programm auf jedem internetfähigen PC oder als App auf Smartphones aufzurufen.

Der strukturelle Aufbau sowie die Detaillierung der einer solchen Internetseite (denkbar z. B. www.asr-digital.de) zugrunde liegenden Datenbank ist dabei abhängig von der Anwendung selbst, aber auch von den aufbereiteten Daten. Für das entwickelte Lösungsbeispiel werden zwei prinzipielle Ansätze für den praxisnahen Gebrauch vorgeschlagen: Gliederung nach Nutzungsarten und Gliederung nach Bauelementen.

Demnach sollte es den Anwendern möglich sein, die notwendigen Informationen in Abhängigkeit der Nutzungsart gesammelt angezeigt zu bekommen. Eine mögliche Gliederung ist in Abbildung 6-1 dargestellt. Diese gibt nicht alle verschiedenen Nutzungsarten von Arbeitsstätten wieder, soll aber den grundlegenden Aufbau einer solchen Seite verdeutlichen. Die fachlichen Grundlagen finden sich dazu exemplarisch aufbereitet in Abschnitt 2.5.1, vor allem Tabelle 2-2, sowie in Abschnitt 2.5.5 und Tabelle 2-6. Eine andere Art der Informationsdarstellung ist möglich (vgl. dazu Möglichkeiten im Abschnitt 2.5).

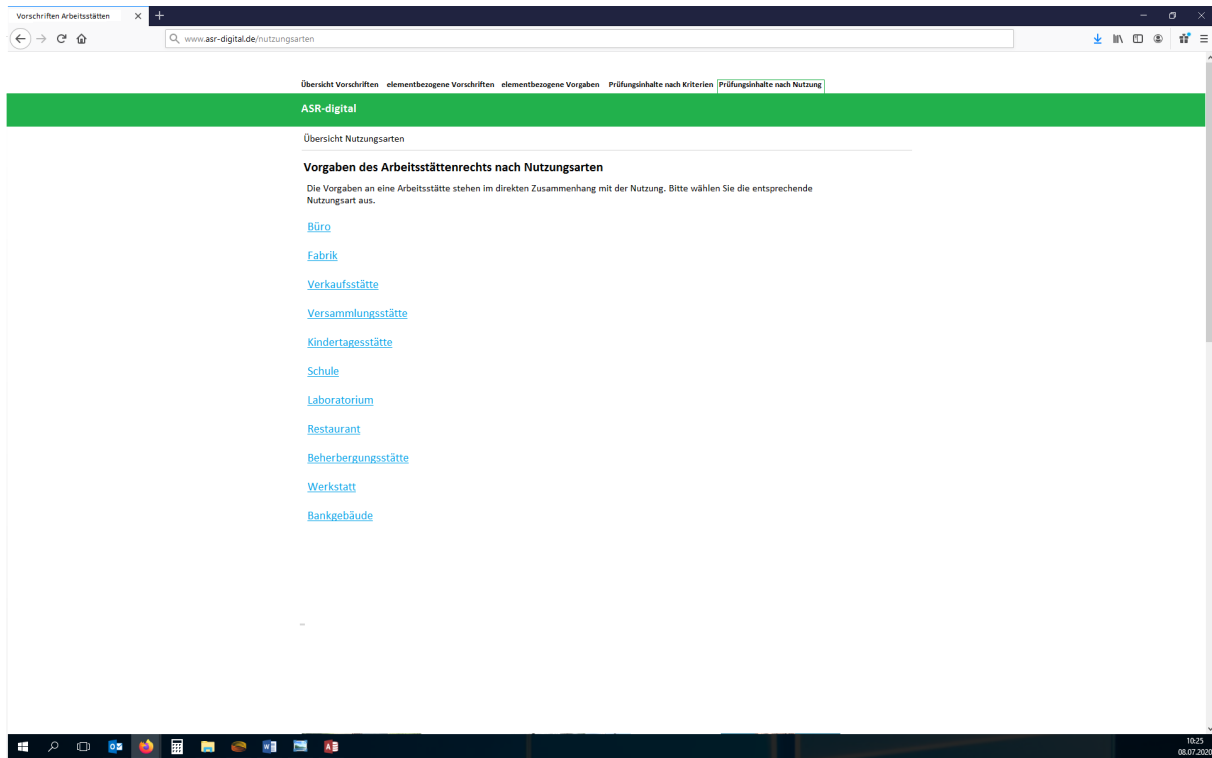


Abbildung 6-1 Beispielhafte Darstellung Informationsplattform – Nutzungsarten gemäß Arbeitsstättenrecht

In einer solchen Darstellungsform können die Anwender über eine einfache Auswahl die für ihren konkreten Anwendungsfall notwendigen Vorschriften und Informationen finden, aufrufen und die resultierenden baulichen Anforderungen recherchieren. Um hierbei zu gewährleisten, dass die aktuellsten Versionen der Vorschriften und Regeln hinterlegt sind, sollten diese mit entsprechenden Verlinkungen versehen werden bzw. einer regelmäßigen Aktualisierung unterliegen. Beispielsweise könnten zu den jeweiligen ASR die Seite der BAuA hinterlegt sein, um die entsprechende Historie nachvollziehen zu können. Dies bietet im Gegensatz zur direkten Ablage von Vorschriften den Vorteil, dass der Anbieter der Datenbank neben der generellen Verwaltung nicht zusätzlich die jeweiligen Vorschriftentexte aktualisieren muss.

Neben der Benennung von Vorschriften und Regeln sollten diese weiterführend bauelementbezogen inhaltlich aufbereitet sein. Hierbei sollte es für die Anwender möglich sein, über eine entsprechende Suchfunktion, aber auch über eine Auswahl analog zu den Nutzungsarten, die verschiedenen Bauteile sowie deren baukonstruktive Anforderungen gemäß Arbeitsstättenrecht zu finden. Abbildung 6-2 zeigt dazu eine exemplarische Darstellung der Informationsplattform zu den Mindesttürbreiten in Arbeitsstätten. Um den Anwendern nachvollziehbar die rechtlichen Grundlagen aufzuzeigen, sollten diese ebenfalls mit aufgeführt werden. Die fachlichen Grundlagen finden sich dazu exemplarisch aufbereitet in Abschnitt 2.5.3, vor allem Tabelle 2-4.

Übersicht der Türbreiten

Türbreiten von Arbeitsstätten

Die Mindestbreite einer Tür ist abhängig von der jeweiligen **Nutzungsart** der Arbeitsstätte sowie der Anzahl der Personen im Einzugsgebiet der Tür. Weiterhin muss beachtet werden, ob eine **Barrierefreiheit** gewährleistet werden muss. Eine Übersicht der einzuhaltenden Mindestbreiten ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt

elementbezogene Vorgaben des Arbeitsstättenrecht am Beispiel des Elementes Tür

Anzahl Personen im Einzugsgebiet	Mindestbreite von Türen (Angaben in m)								
	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
	ASR	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie (Hauptgänge)	Versammlungsstätten	Verkaufsstellen	Hochhäuser	Schulen
bis 5	0,80		0,818	0,90 / 1,50 ¹	1,85	0,90	1,00 ²	0,90	0,90
bis 20	0,85		0,943	0,90 / 1,50 ¹	1,85	0,90	1,00 ²	0,90	0,90
bis 60	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ¹	1,85	0,90	2,00	1,20	0,90
bis 100	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ¹	1,85	0,90	2,00	1,20	0,90
bis 200	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ¹	1,85	0,90	2,00	1,20	2,00
bis 300	1,65		1,693 ³	1,65	1,85	1,20	2,00	1,20	2,00
bis 400	2,25			2,25	2,25	2,40	2,40 ⁴	1,20	2,00
Nebenräume	0,50		0,568		0,50	0,80			

¹ Ist eine Begegnung mit anderen Personen in Fluchtrichtung möglich, ist eine Mindestbreite von 1,50 m notwendig.
² Gilt sofern die Verkaufsfläche kleiner 500 m² ist, ansonsten ist eine Mindestbreite von 2,00 m notwendig.
³ Ausbildung als zweiflügelige Tür.
⁴ Die Breite der Ausgänge ist abhängig von der Größe der Verkaufsfläche (30 cm Türbreite je 100 m² Verkaufsfläche). Beispiel: für Verkaufsfläche 800 m² ergibt sich eine Türbreite von (800 : 0,30 =) 2,40 m.

Vorschriften zum Nachlesen:
[ASR 1.7 Türen und Tore](#)
[ASR V3.2 a Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten](#)
[DIN 18040-1 Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen](#)
[Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau \(Muster-Industriebau-Richtlinie - MindBauRI\)](#)

Abbildung 6-2 Beispielhafte Darstellung Informationsplattform – Mindesttürbreiten gemäß Arbeitsstättenrecht

Variante 2 (Informationssystem, eingebunden in bestehende Softwareprogramme)

Neben der Möglichkeit des Zugriffes über einen Internetbrowser bietet es sich weiterführend an, die Informationen über eine direkte Verknüpfung in den Planungssoftwares zu implementieren („Hilfefunktion zum Arbeitsstättenrecht“). Ein möglicher Ansatz wird beispielsweise in der Implementierung einer zusätzlichen Registerkarte „ArbStätt“ im Menüband der Software gesehen (vgl. Abbildung 6-3), in dem weiterführend Hilfe bzw. Informationen angeboten werden. Hier könnte eine direkte Weiterleitung zu der Datenbank hinterlegt sein, sodass der Service unabhängig vom Anbieter der originären Software ist. Es bietet sich aber ebenfalls an, darüber hinaus weitere Funktionen einzubinden.

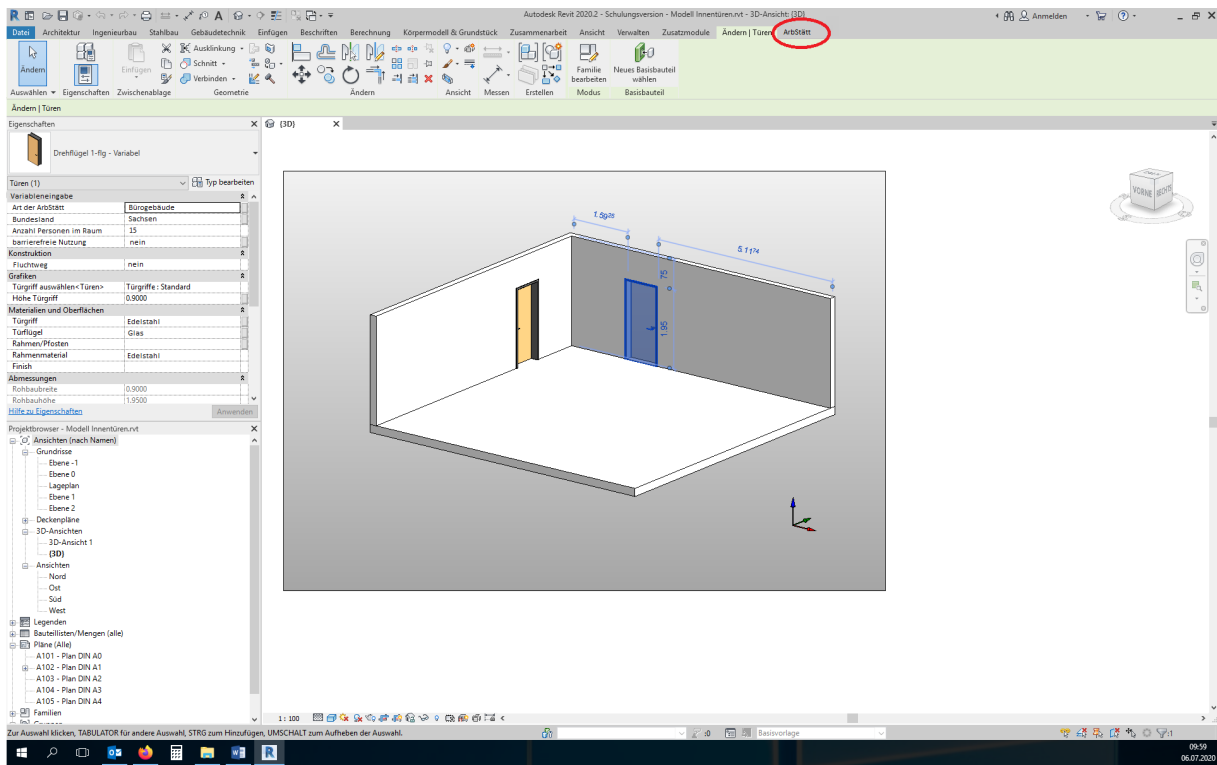


Abbildung 6-3 Beispielhafte Darstellung einer Registerkarte zum Arbeitsstättenrecht im Menüband einer Planungssoftware

Beispielsweise könnten dem Anwender weiterführend über die Eingabe von Variablen, wie die Nutzungsart der Arbeitsstätte, die Anzahl der Personen im Raum oder ob eine barrierefreie Nutzung der Räumlichkeit notwendig ist, verschiedene bauteilbezogene Vorgaben des Arbeitsstättenrechts aufbereitet angezeigt werden (vgl. Abbildung 6-4). Diese Informationen können manuell eingegeben oder automatisiert aus dem hinterlegten BIM-Modell des konkreten Planungsprojektes entnommen werden. In dem abgebildeten Beispiel wurde aus dem BIM-Modell automatisiert abgeleitet, dass es sich um ein Bürogebäude in Sachsen handelt und sich maximal 15 Personen in dem Raum aufhalten werden. Auf Grundlage dieser Eingabe wird im rechten Bereich eine ausklappbare Informationsleiste eingeblendet, die exemplarisch aufzeigt, dass die Mindestbreite einer Tür 0,85 m betragen muss.

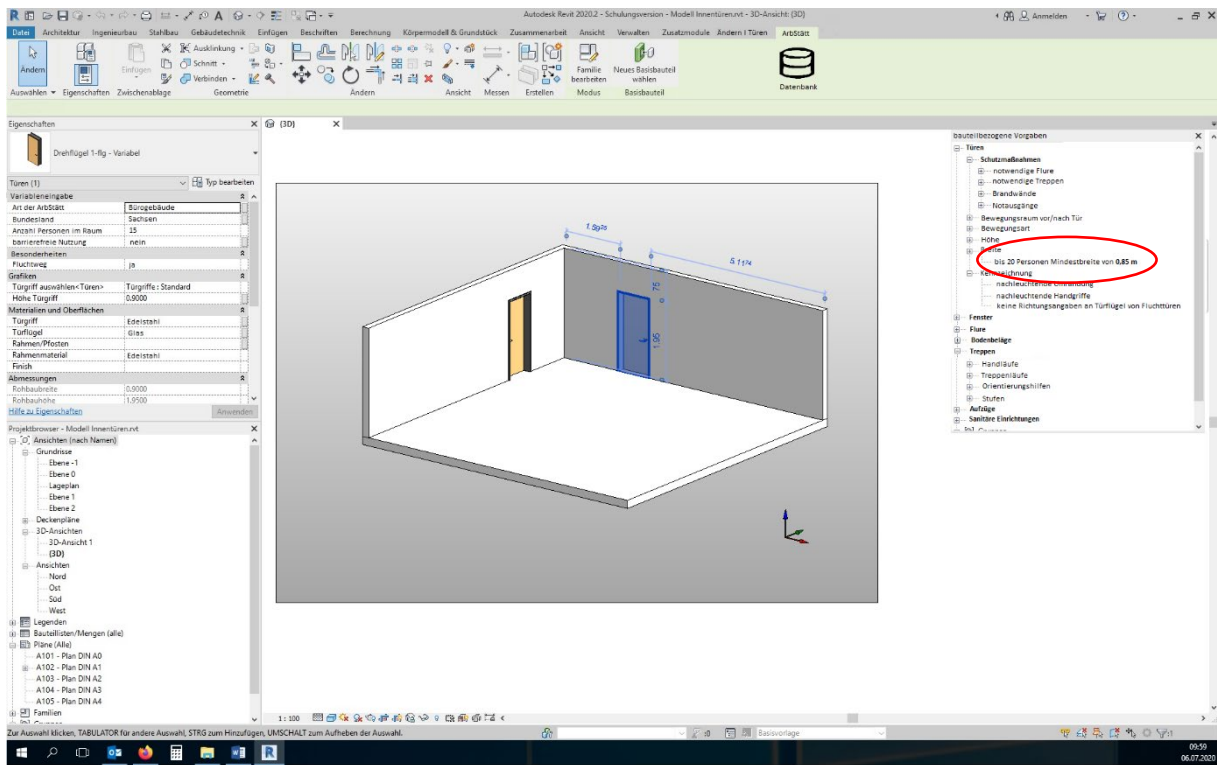


Abbildung 6-4 Beispielhafte Darstellung zu konkreten Vorgaben des Arbeitsstättenrechts im Planungsprozess

Weiterhin könnte in der Planungssoftware eine Funktion eingefügt werden, welche automatisch ein bereits geplantes Element, z. B. eine bereits geplante Tür, erkennt. Nach Erkennung des Bauteils „Tür“ wird dieses mit einer Weiterleitung auf die entsprechenden Vorgaben in der Datenbank hinterlegt (vgl. Abbildung 6-5). Wenn demnach das Bauteil unter der Registerkarte „ArbStätt“ angeklickt wird, erfolgte eine automatische Weiterleitung auf die entsprechenden Seiten der Informationsplattform. Ein ähnliches Informationstool wird in der Praxis schon genutzt. Auf der Internetseite www.sicherschule.de der DGUV können wichtige Informationen zu bestimmten Bauteilen von Schulen nachvollzogen werden.

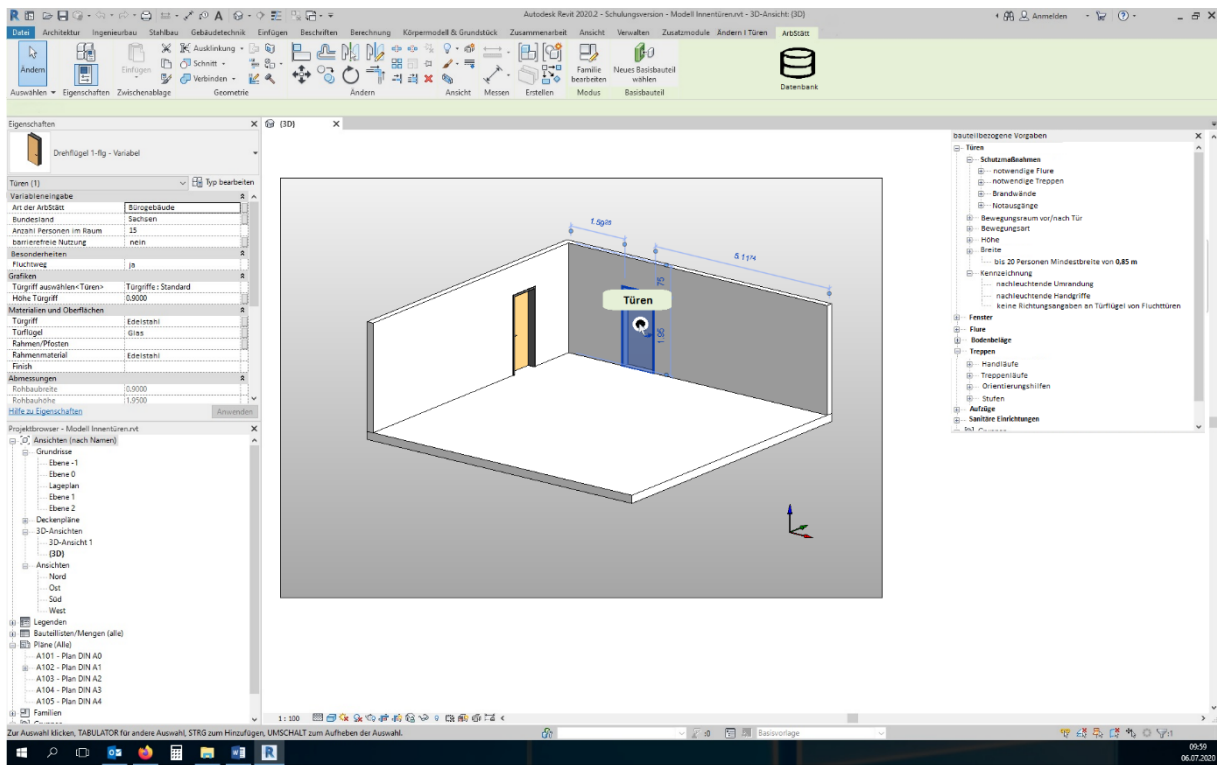


Abbildung 6-5 Beispielhafte Darstellung zum bauelementbezogenen Informationsangebot zum Element „Tür“

6.2.3 Fazit

Grundlegend soll mit den verschiedenen Ansätzen erreicht werden, dass der Ersteller eines BIM-Modells aus Sicht des Arbeitsstättenrechts einfachen und schnellen Zugriff auf die bauelementrelevanten Informationen hat. Somit soll ein Lernprozess erfolgen, der Planungsprozess beschleunigt und die Qualität der Planungsinhalte verbessert werden. Aber auch die einfache Kontrolle, ob die angenommenen Planungsansätze den aktuell geltenden Vorschriften und Regeln entsprechen, ist somit möglich. Das grundsätzliche Interesse in der Praxis für ein solches Informationssystem ist ausreichend vorhanden, wie besonders die Befragung der Experten gezeigt hat (vgl. Abschnitt 4.4.2). Darüber hinaus kann nach Aussage der Softwareanbieter eine zeitnahe Umsetzung erfolgen, wenn die notwendigen Informationen aufbereitet sind. Aus diesem Grund wird diese Planungshilfe nach aktuellen Erkenntnissen als favorisierte Lösung betrachtet, um den Beteiligten zeitnah eine Planungshilfe zur Verfügung zu stellen. Die Informationen sollten zentral erstellt und dauerhaft aktualisiert werden. Externe Angebote (Webseiten und Softwareprogramme) greifen auf diese Informationen zu und binden diese als Planungshilfe in ihre Programme ein.

6.3 Assistenzsystem

6.3.1 Hintergrund und Ziele

Die zweite Planungshilfe verfolgt das Ziel, den Planer im Sinne eines Assistenzsystems direkt bei der Erstellung der BIM-Modelle, also bei der 3-D-Modellierung der baulichen Anlage sowie der Anreicherung dieses Modells mit weiteren Informationen, zu unterstützen. Grundlage bildet die bereits mehrfach erwähnte Informationsdatenbank zum Arbeitsstättenrecht. Dabei sollen im BIM-Modell modellierte Bauteile oder Bau-

teilgruppen, deren Eigenschaften nicht den Vorschriften und Regeln des Arbeitsstättenrechts entsprechen (Soll-Daten), direkt aufgezeigt werden. Hierzu müssen zu Beginn der Planung jedoch alle notwendigen Informationen vorliegen sowie im BIM-Modell hinterlegt werden (Ist-Daten). Dafür wird es notwendig sein, für die Planung relevante Parameter der Arbeitsstätte einzugeben und zu definieren. Auf dieser Grundlage soll die Planungssoftware eigenständig Fehler erkennen. Die Eingabe kann sich beispielsweise auf die Art der Arbeitsstätte sowie die Anzahl der Personen im Raum beziehen, da diese direkten Einfluss auf die baulichen Vorgaben und die baukonstruktive Durchbildung von Bauelementen haben. Grundlegend sollte jedoch bei der Einführung eines solchen Assistenzsystems darauf geachtet werden, dass keine automatische Anpassung der Planung erfolgt. Der Hintergrund dieser Überlegung ist, dass Planungen auch bei Bestandsgebäuden erfolgen, bei denen bestimmte Parameter auf Grundlage der baulichen Substanz nicht eingehalten werden können. Bei solchen Planungen müssen andere organisatorische Lösungsansätze gefunden werden.

Grundlage der Assistenzfunktion ist der Vergleich von Planungsparametern des BIM-Modells (Ist-Werte) mit Soll-Werten, die sich aus den Vorgaben des Arbeitsstättenrechts ergeben. Über separat zu entwickelnde Prüfroutinen kann durch Vergleich der Soll- und Ist-Werte die Planung partiell geprüft werden. Das Ergebnis der Prüfung entscheidet weiterführend über den daraufhin angebotenen Informationsumfang des Planers.

6.3.2 Funktionsweise

Die Funktionsweise dieser Planungshilfe bezieht sich auf sämtliche Objektkategorien einer baulichen Anlage, deren geometrische Durchbildung von den Vorgaben des Arbeitsstättenrechts beeinflusst wird. Beispielhaft wird sich nachfolgend auf die Objektkategorie „Tür“ bezogen.

In dem in Abbildung 6-6 dargestellten Beispiel ist zu erkennen, dass die geplante Türbreite des Elementes „Tür“ vom „Assistenzsystem“ als zu gering identifiziert wurde.

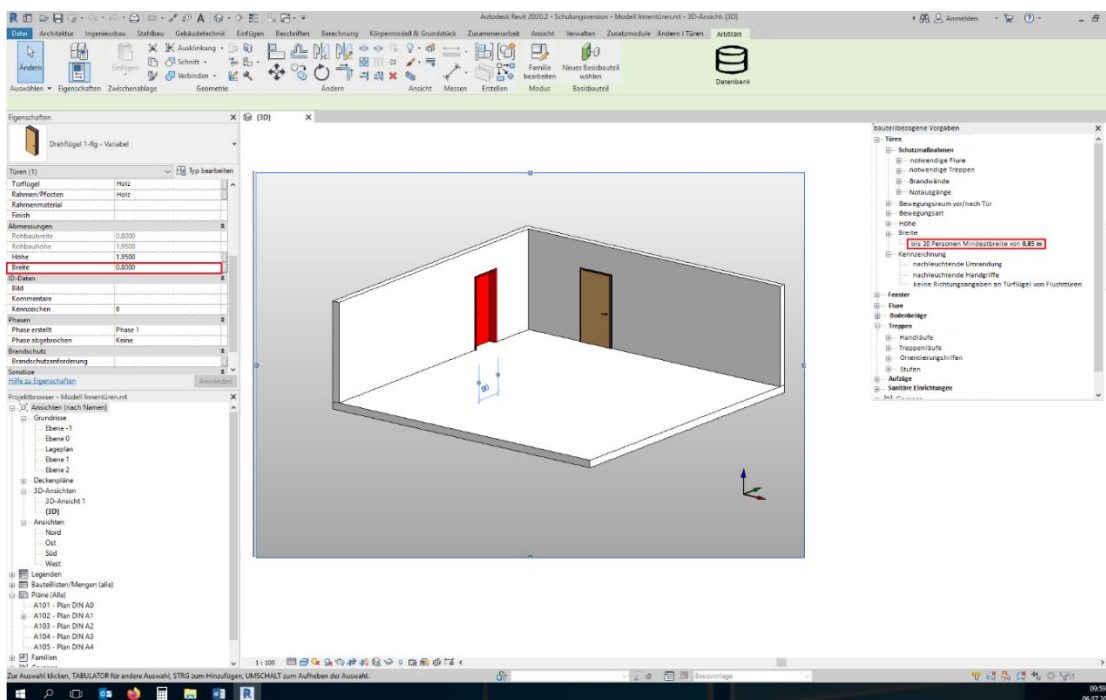


Abbildung 6-6 Beispielhafte Darstellung zur Kennzeichnung einer fehlerhaft geplanten Tür

Nach Erkennen des Widerspruches wird das entsprechende Bauteil rot markiert. Darüber hinaus erfolgt die Einblendung eines Hinweisfensters über den vermeintlichen Fehler. In dem abgebildeten Beispiel zeigt die Warnung, dass die geplante Türbreite nicht den Vorgaben der ASR 2.3 entspricht (vgl. Abbildung 6-7).

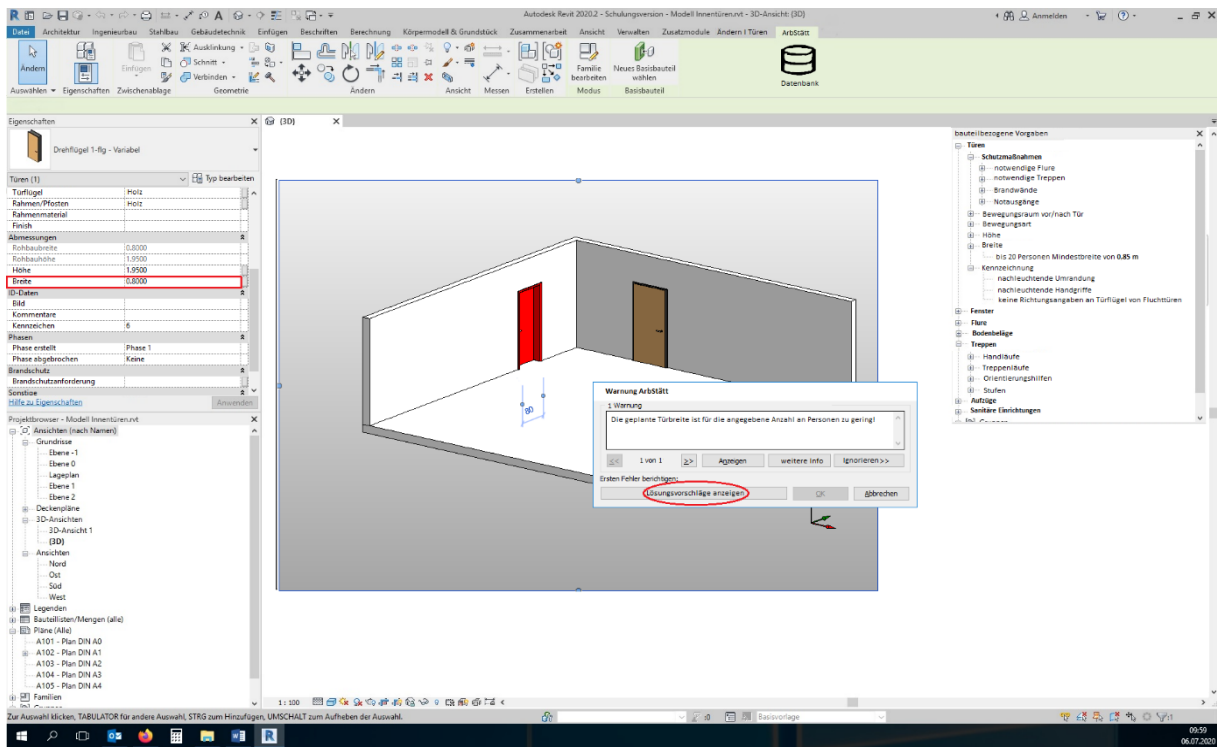


Abbildung 6-7 Beispielhafte Darstellung einer Planungshilfe für eine fehlerhaft geplante Tür

Der Ersteller hat nunmehr mehrere Handlungsmöglichkeiten. Er kann sich über die Funktion „weitere Informationen“ die entsprechenden Vorgaben in der hinterlegten Informationsplattform zum Arbeitsstättenrecht, konkret zum Element „Tür“, anschauen. Weiterhin wird die Möglichkeit eingeräumt, konkrete, raumspezifische Lösungsvorschläge angezeigt zu bekommen. Beispielsweise kann er über eine entsprechende Schaltfläche („Lösungsvorschläge anzeigen“) auf konkret notwendige Anpassungen weitergeleitet werden. Wie dabei aus Abbildung 6-8 hervorgeht, sollten hierbei nicht nur die Mindestanforderungen, sondern auch darüber hinausgehende Möglichkeiten (z. B. Optimum) aufgeführt werden (vgl. dazu auch Abschnitt 2.6).

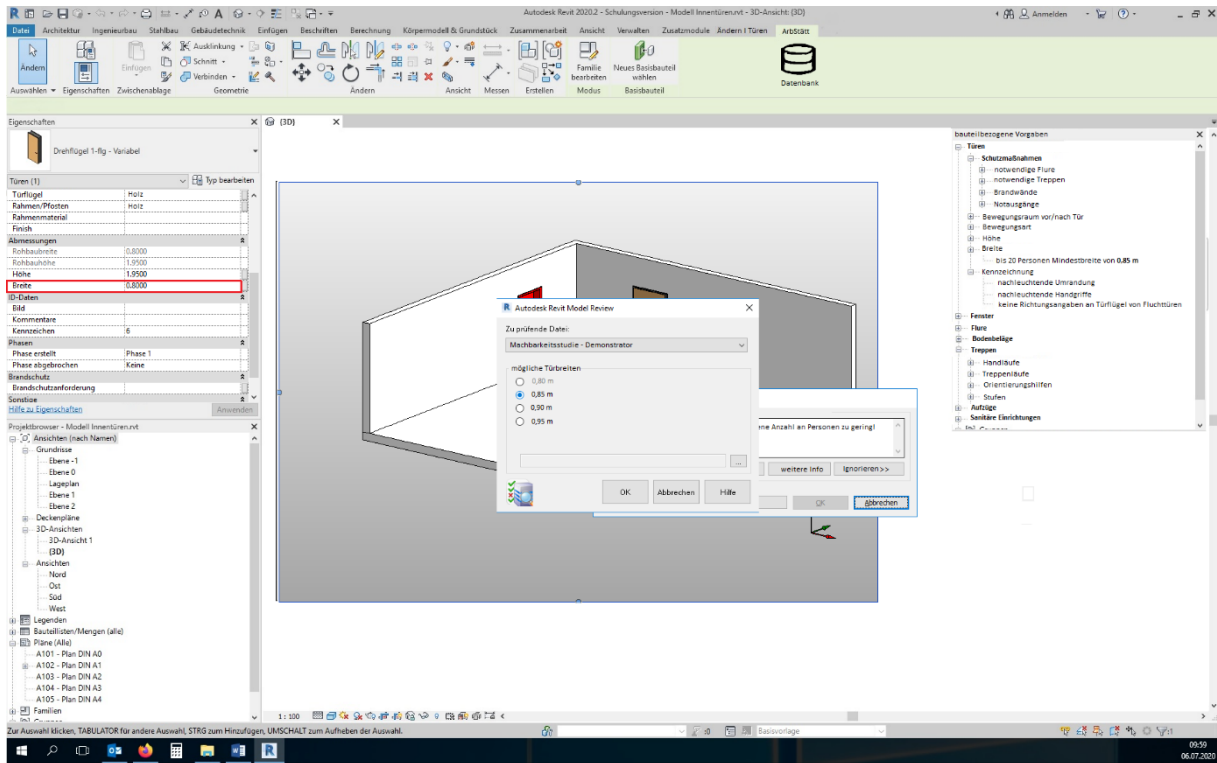


Abbildung 6-8 Beispielhafte Darstellung zur Planungshilfe für die Korrektur einer fehlerhaft geplanten Tür

Erst nach Auswahl der entsprechenden Option kann die Planungshilfe eine Korrektur vornehmen. Neben der dann den Vorschriften entsprechenden Planung findet somit ebenfalls eine Sensibilisierung des Planenden statt, welche notwendigen Vorgaben zu beachten sind. Darin wird eine Chance gesehen, grundlegend den Planungsprozess zu optimieren und alle hinsichtlich des Arbeitsstättenrechts erforderlichen Planungsinhalte bereits während der Planung im Detail festzulegen (z. B. Nutzungsart von Räumen, Raumbelegungen, Fluchtwege in Räumen, Öffnungsrichtung von Türen usw.). Damit entsteht auch aus Sicht des Arbeits- und Gesundheitsschutzes für die Einrichtung und Nutzung der Arbeitsstätten gemäß Arbeitsstättenrecht eine Datenbasis, die während des späteren Betriebes der baulichen Anlage weitere Anwendung finden kann. Unabhängig davon muss es jedoch auch möglich sein, dass die Planung unter Beachtung der zuerst (falsch) festgelegten Abmessungen erstellt werden kann. Besonders Bestandsanlagen, bei denen eine entsprechende Gefährdungsbeurteilung vorliegt, weichen teilweise von der Vorschriftenlage des Arbeitsstättenrechts ab. Daher sollte die Funktion „Ignorieren“ dem Ersteller zur Verfügung stehen (vgl. Abbildung 6-9).

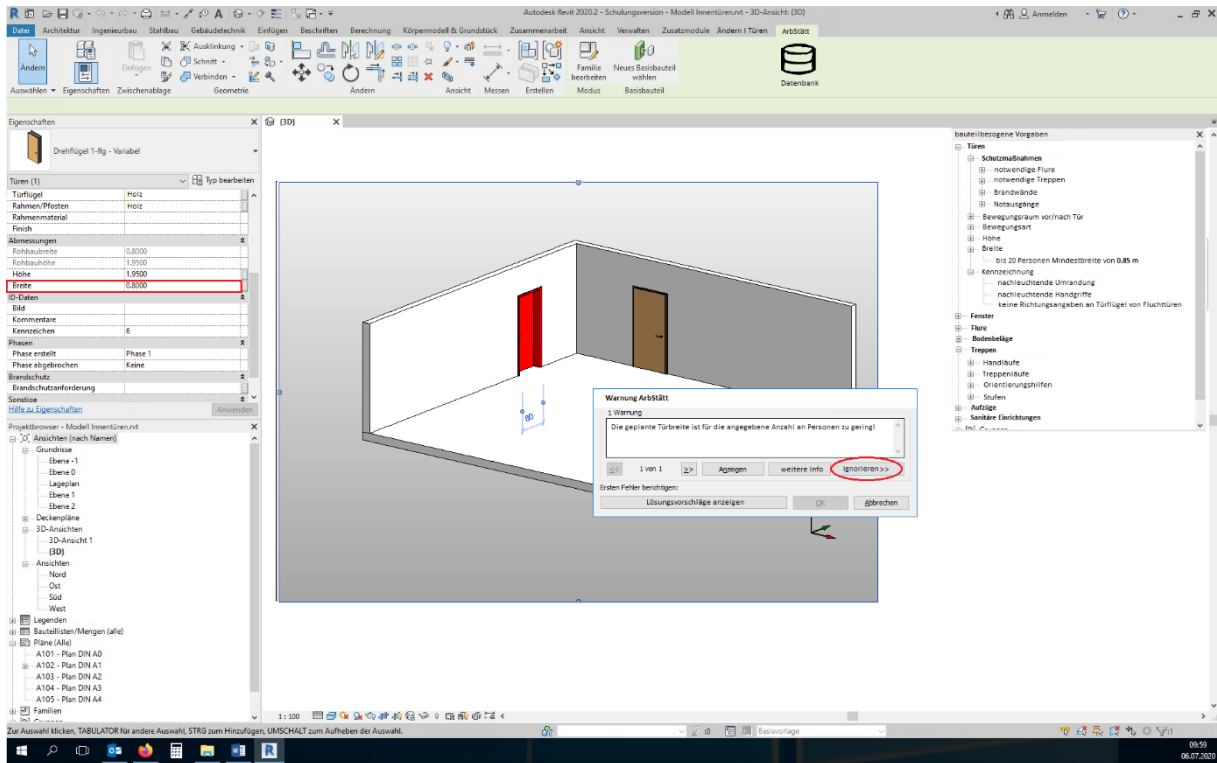


Abbildung 6-9 Beispielhafte Darstellung zur Planungshilfe mit interaktiven Eingabemöglichkeiten

Wenn diese Funktion gewählt wird, sollte jedoch eine nochmalige Rückfrage eingeblendet werden, um eine versehentlich falsche Bedienung der Software auszuschließen. Darüber hinaus empfiehlt es sich, einen entsprechenden Vermerk zur Historie des Planungsverlaufes im BIM-Modell zu hinterlegen. Hintergrund ist, dass somit auch weitere Beteiligte im Planungsprozess zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen können, weshalb die Planung von den Vorschriften und Regeln abweicht (vgl. Abbildung 6-10).

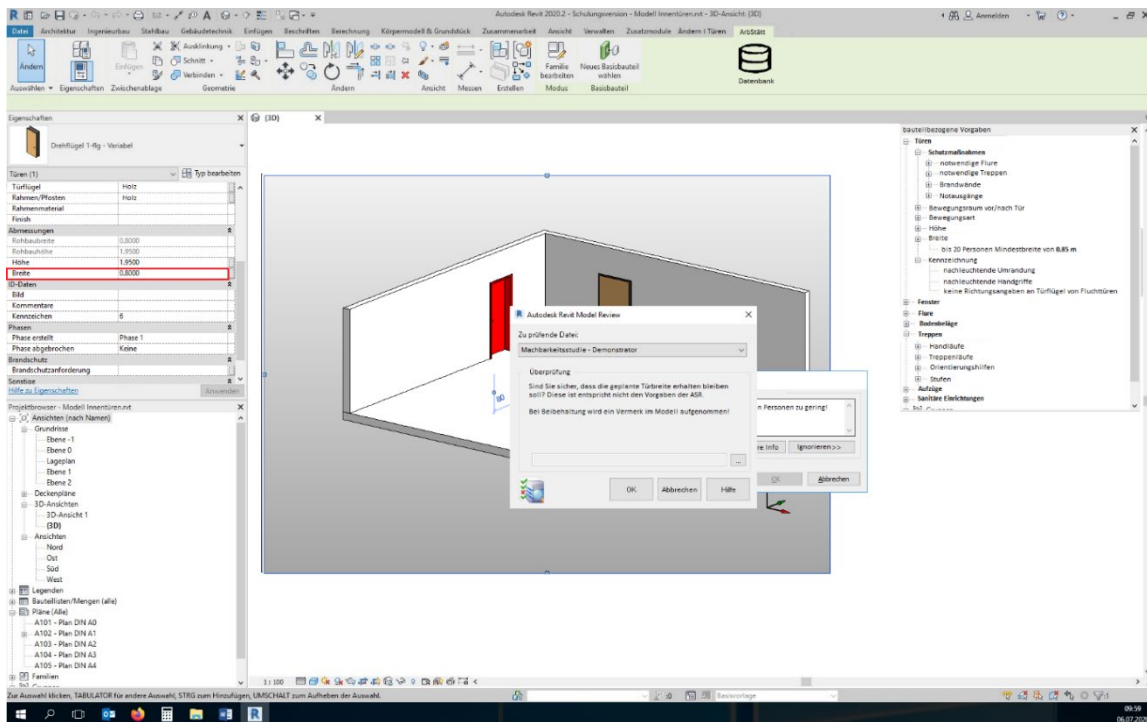


Abbildung 6-10 Beispielhafte Darstellung zur Planungshilfe zur Dokumentation von Planungsentscheidungen

Die vorgenannten Beispiele des Assistenzsystems sollen nur exemplarisch sein. Darüber hinaus sind weitere unterstützende Anwendungsszenarien möglich.

6.3.3 Fazit

Grundlegend ist es das Ziel des vorgestellten Assistenzsystems, eine fehlerhafte Planung im Zuge der Erstellung zu korrigieren. Somit sollen nachträgliche Mängel in der Ausführung frühzeitig erkannt und eliminiert werden. Grundlage dazu ist die Aufbereitung des Arbeitsstättenrechts in einer Datenbank. Die Planungssoftware greift auf diese Daten zu, verarbeitet diese in einem programminternen Prozess (Kollisionsprüfung mit Vorgaben des Arbeitsstättenrechts) und bietet die Ergebnisse einschließlich möglicher Verbesserungsvorschläge als Planungshilfe dem Anwender der Software an. Neben der Informationsbereitstellungs- und Assistenzfunktion kann auch eine Dokumentation von Planungsentscheidungen erfolgen.

Derzeitige Softwareprogramme können solche komplexen, themenspezifischen Angebote noch nicht umsetzen. Eine zeitnahe Realisierung derartiger Assistenzsysteme wird daher als schwierig angesehen, da man hier von umfangreichen Entwicklungsarbeiten der Softwareanbieter abhängig ist. Von den Softwareanbietern wurde jedoch im Rahmen der Expertenbefragung Interesse bekundet, bei entsprechendem Nachfragepotenzial derartige Programmerweiterungen anzubieten.

6.4 Kontrollsystem

6.4.1 Hintergrund und Ziele

Während die beiden vorgenannten Planungshilfen sich auf die Information des Planers und die Assistenz während des Planungsprozesses beziehen, greift der dritte vorgestellte Lösungsansatz die Kontrolle bzw. Prüfung einer abgeschlossenen Planung auf. Das Ziel hierbei ist die Überprüfung der Planung in einem BIM-Modell auf die Belange des Arbeitsstättenrechts. Anwendungsmöglichkeiten liegen im Bereich der Planer selbst (Eigenkontrolle der Planung des Planers im Rahmen des internen Qualitätsmanagements) oder bei Prüfbehörden zur Unterstützung des behördlichen Prüfprozesses. Hierfür ist es grundsätzlich notwendig, dass die anzuwendenden Prüfregeln aufgestellt und in der Software hinterlegt werden. Auch dafür wird auf die bereits mehrfach erwähnte Informationsdatenbank zum Arbeitsstättenrecht zur Definition der Soll-Werte zugegriffen. Die Ist-Werte ergeben sich aus dem BIM-Modell. Die Prüfregeln sind identisch mit denen, die bei den Assistenzsystemen (vgl. Abschnitt 6.3) Anwendung finden.

6.4.2 Funktionsweise

Eine beispielhafte Darstellung der Funktionsweise einer Planungshilfe mit Kontrollfunktion ist der Abbildung 6-11 zu entnehmen. Konkret wird dabei auf die Definition von unterschiedlichen Prüfregeln für arbeitsstättenrechtlich bezogene Belange abgestellt. Bei dem Aufbau wurde sich an dem Model-Checker (= „Kollisionsprüfer“) der Firma Solibri orientiert.

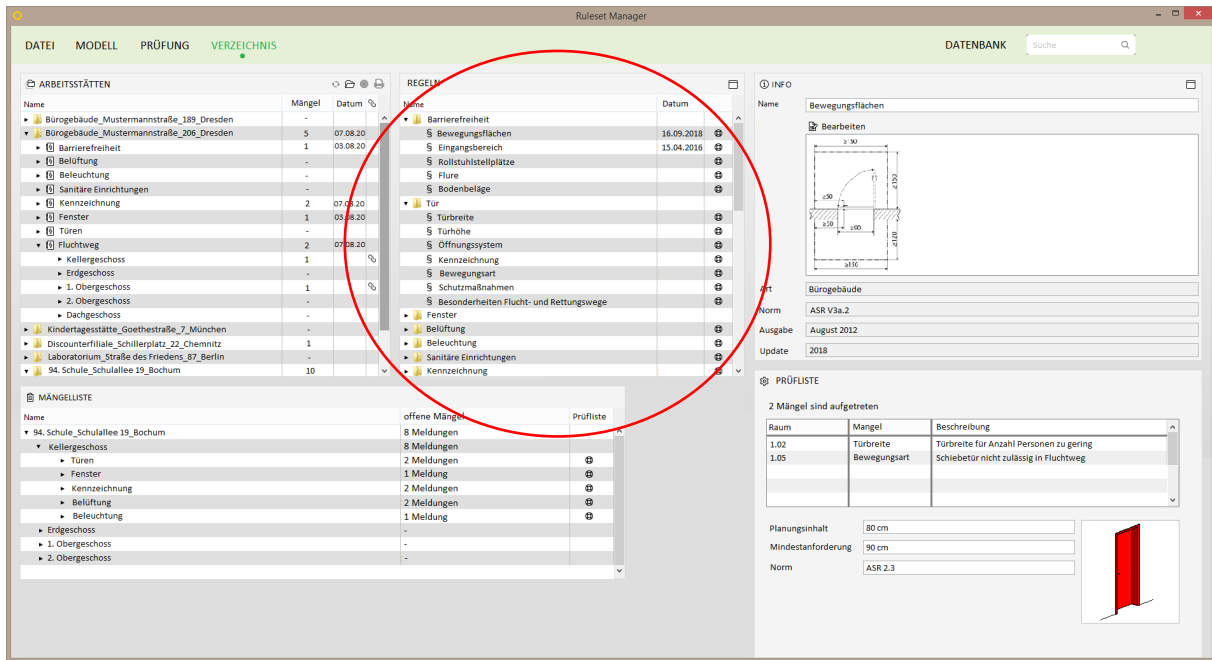


Abbildung 6-11 Beispielhafte Darstellung zur individuellen Definition von PrüfregeIn

Wie dabei zu erkennen ist, können die PrüfregeIn für jedes einzelne Bauvorhaben individuell hinterlegt werden. Dies bietet die Möglichkeit, neben vordefinierten Regelsätzen, wie zum Beispiel die Türbreite in Abhängigkeit der Personenzahl, auch spezielle bauvorhabenbezogene PrüfregeIn zu hinterlegen. Solche speziellen Anforderungen können beispielsweise auf den Ergebnissen einer objektspezifischen Gefährdungsbeurteilung beruhen. Es sollte jedoch für sich wiederholende Prüfungen feste Regelsätze geben. Diese könnten ebenfalls in der Informationsdatenbank hinterlegt sein.

Nach erfolgter Hinterlegung der PrüfregeIn erfolgt die Kontrolle des BIM-Modells. Hierzu könnte es, wie in Abbildung 6-12 dargestellt, im Menüband eine Registerkarte für die Prüfung des Modells geben. Mit der Betätigung der entsprechenden Schaltfläche wird das BIM-Modell auf die zuvor hinterlegten PrüfregeIn hin geprüft. Dabei werden je Prüfregele die Soll-Werte gemäß Arbeitsstättenrecht den Ist-Werten gemäß BIM-Modell gegenübergestellt. Die konkrete Prüfregele definiert die Prüfinhalte. Im Ergebnis wird dargestellt, welche Elemente den Vorgaben entsprechen oder bei welchen es zu Widersprüchen kommt. In der Darstellung hat man sich für eine Dreigliederung der Ergebnisdarstellung entschieden. Somit soll kenntlich gemacht werden, ob es Widersprüche zu gesetzlichen Anforderungen (rote Sperrscheibe) oder zu Ergebnisse von Gefährdungsbeurteilungen (gelbes Ausrufezeichen) gibt. Grüne Symbole zeigen Übereinstimmung mit den Vorgaben des Arbeitsstättenrechts. Die Ergebnisdarstellung kann weiterführend detailliert und bis auf konkrete Einzelwerte von Elementen heruntergebrochen werden.

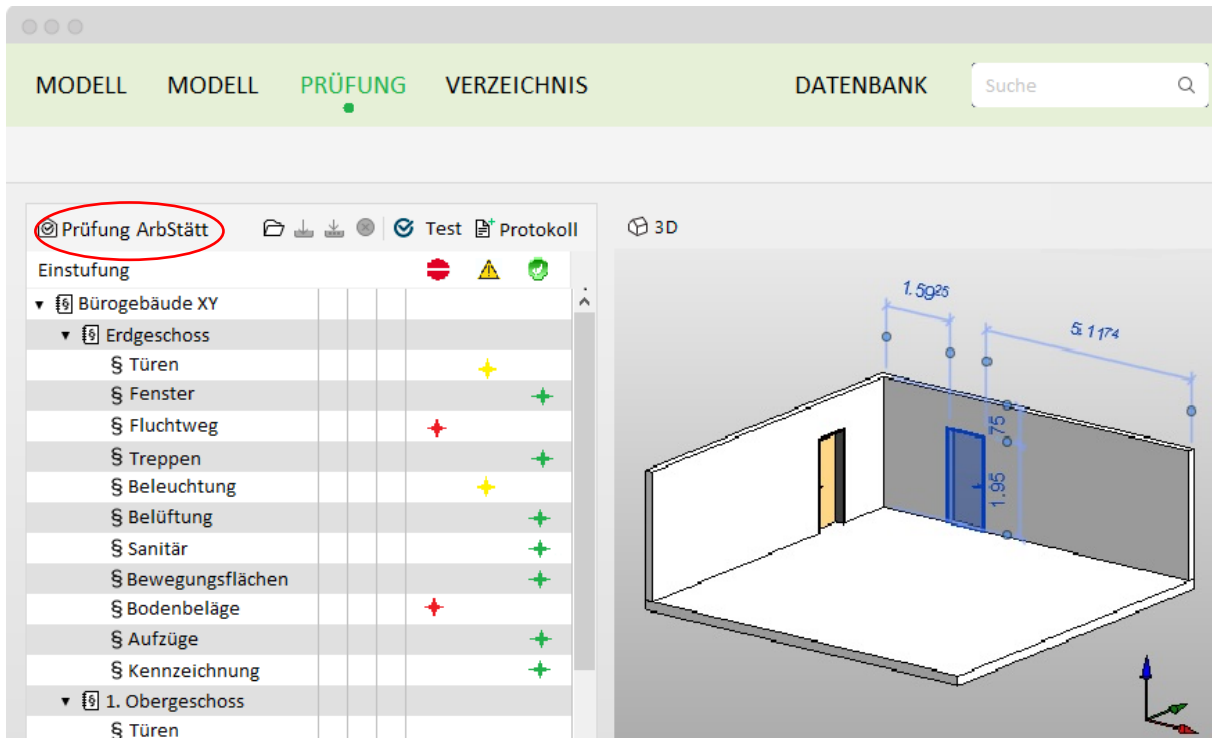


Abbildung 6-12 Beispielhafte Darstellung eines Prüfergebnisses zum Arbeitsstättenrecht

Das Prüfergebnis kann im Nachgang weiterführend in ein Prüfprotokoll überführt werden (vgl. Abbildung 6-13). Die konkreten Inhalte des Protokolls sind individuell anpassbar. Das Protokoll kann digital abgelegt werden und dokumentiert somit den Bearbeitungsstand bzw. die Prüfung. Darüber hinaus lassen sich mit Hilfe dieser Prüfprotokolle Workflows für die jeweiligen Planer bestimmen (z. B. im Rahmen der Verfolgung von Planungsmängeln unterschiedlicher Planer). Dieser Prozess kann dem Workflow typischer baubetrieblicher Prozessabläufe, anderer gängiger Softwareapplikationen oder der bereits etablierten Kollisionsprüfung (Clash-Detection) bei BIM-Software entsprechen. Die Anzahl der Prüfungen sowie der jeweilige Zeitpunkt können beispielsweise im BIM-Abwicklungsplan (BAP) hinterlegt sein.

Bauherr:	Prüfung:	M. Mustermann	Modell:	ArbStättV01
Firma Mustermann	Baujahr:	2020	ArbStätt:	Büro
	Objekt:	Bürogebäude XY	Standort:	Sachsen
Prüfbericht Arbeitsstättenrecht			Prüfsoftware: ArbStättdigital_1.02	
Etage: Erdgeschoss ▼				
	Prüfdatum			
	10.08.2020			
Prüfinhalte	Aktion erfdl.			
Türen				
Fenster				
Fluchtwege	ja			
Treppen				
Beleuchtung				
Belüftung				
Sanitäre Einrichtungen				
Bewegungsflächen				
Bodenbeläge	ja			
Aufzüge				
Kennzeichnung				
Prüfung abgeschlossen	nein			
Datum nächste Prüfung	31.08.2020			
Bemerkungen:				

Abbildung 6-13 Beispielhafte Darstellung eines Prüfprotokolls zum Arbeitsstättenrecht

Als weitere Funktion eines Kontrollsystems bietet sich die Sammlung der jeweiligen Prüfungen in einem Verzeichnis an. Darüber können die Anwender die verschiedenen bearbeiteten Modelle und erfolgten Prüfungen zu unterschiedlichen Bauvorhaben speichern und abrufen. Somit ist die Möglichkeit vorhanden, die gegebenenfalls aufgetretenen Mängel schnell und einfach in einer Historie nachvollziehen zu können (vgl. Abbildung 6-14).

The screenshot shows the 'Ruleset Manager' software interface. The main window is divided into several sections:

- DATEI**: A tree view of projects. The 'ARBEITSSTÄTTEN' section is highlighted with a red circle. It lists projects like 'Bürogebäude_Mustermannstraße_189_Dresden' and '94_Schule_Schulallee_19_Bochum' with columns for 'Mängel' and 'Datum'.
- REGELN**: A list of rules such as 'Barrierefreiheit', 'Eingangsbereich', 'Flure', 'Bodenbeläge', 'Tur', 'Türbreite', 'Türhöhe', 'Offnungssystem', 'Kennzeichnung', 'Bewegungsart', 'Schutzmaßnahmen', 'Besonderheiten Flucht- und Rettungswege', 'Fenster', 'Belüftung', 'Beleuchtung', 'Sanitäre Einrichtungen', and 'Kennzeichnung'.
- INFO**: A detailed view of a rule named 'Bewegungsflächen'. It includes a technical drawing of a door opening with dimensions (e.g., 2.30, 0.50, 0.10, 0.30, 0.10, 2.10) and a table of deficiencies. The table is also highlighted with a red circle.

Raum	Mangel	Beschreibung
1.02	Türbreite	Türbreite für Anzahl Personen zu gering
1.05	Bewegungsart	Schiebetür nicht zulässig in Fluchtweg
- MÄNGELLISTE**: A table showing a list of deficiencies for the project '94_Schule_Schulallee_19_Bochum', categorized by floor ('Kellergeschoss', 'Erdgeschoss', '1. Obergeschoss', '2. Obergeschoss') and type ('Türen', 'Fenster', 'Kennzeichnung', 'Belüftung', 'Beleuchtung').

Abbildung 6-14 Beispielhafte Darstellung der Datenverwaltung zu arbeitsstätten-spezifischen Planungsmängeln

6.4.3 Fazit

Grundlegend ist es das Ziel des vorgestellten Kontrollsystems, die Planung nach der Erstellung auf die Belange des Arbeitsstättenrechts hin zu prüfen. Somit sollen eventuell aufgetretene Mängel erkannt und somit vor Ausführung abgestellt werden. Jedoch sind die aktuellen Planungshilfen von Softwareherstellern analog zu den Assistenzsystemen noch nicht ausreichend dazu in der Lage, die komplexen Thematiken der Prüfung auf das Arbeitsstättenrecht auszuführen. Eine zeitnahe Umsetzung wird daher als schwierig angesehen. Das grundlegende Vorgehen für die Entwicklung derartiger Planungshilfen ist aber aus ähnlichen Programmen der „geometrischen Kollisionsprüfung“ bekannt.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich zukünftig derartige Prüfsysteme mit diesen und anderen Prüfinhalten etablieren und die Hard- und Softwaresysteme ausreichende Speicher- und Rechenkapazitäten für die Umsetzung dieser Programme anbieten. Aus Sicht der erkannten Defizite im Zusammenhang mit der Prüfung von Planunterlagen im Rahmen der Erteilung von Baugenehmigungen (vgl. Abschnitt 4.4) bieten derartige Kontrollsysteme eine sehr effiziente Möglichkeit, den Prüfprozess von Gebäudeentwürfen aus Sicht des Arbeitsstättenrechts automatisiert zu prüfen und diesen Prüfprozess auch geeignet inhaltlich und formell zu dokumentieren. Eine weiterführende Entwicklung derartiger Planungshilfen hat daher großes Potenzial. In diesem Zusammenhang wird auf die Handlungsempfehlungen in Abschnitt 7.2 hingewiesen.

7 Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

7.1 Zusammenfassung und Ergebnis der Machbarkeitsstudie

Der Planung von gut gestalteten, sicheren und gesunderhaltenden Arbeitsstätten kommt unter Beachtung des Arbeitsstättenrechts eine außerordentlich wichtige Rolle zu. Nicht selten ist dabei jedoch festzustellen, dass diese Planung nicht fehlerfrei ist und bei neu erstellten Arbeitsstätten Vorgaben des Arbeitsstättenrechts unbeachtet bleiben. Ursache dafür sind häufig unkonkrete oder sich ändernde Planungsziele, Unkenntnis, fehlende Informationen bei Planern, unkoordinierte Planungsänderungen, mangelhaft umgesetzte Planprüfprozesse und fehlende Abnahmeprozedere. Diese Fehler lassen sich häufig ohne großen Aufwand während der Planungsphase, jedoch nur mit erheblichem Aufwand oder alternativen Kompromisslösungen nach der Herstellungsphase baulicher Anlagen beheben. An dieser Stelle setzt die Idee von BIM-basierte Planungshilfen für Arbeitsstätten an.

Die fortschreitende Digitalisierung der Planung und Ausführung von Bauleistungen schafft die Grundlage für ein digitales Abbild von Zuständen baulicher Anlagen und Prozesse („digitaler Zwilling“). Mit Hilfe dieser Daten wird es zunehmend immer besser möglich sein, durch deren computergestützte Auswertung, ohne zusätzlichen personellen Aufwand neues Wissen zu generieren. Die damit verbundenen Potenziale können für neue Dienstleistungen und unterstützende Assistenzsysteme genutzt werden. In diesem Zusammenhang können die hier gegenständlichen BIM-basierten Planungshilfen für Arbeitsstätten eingeordnet werden.

Im Rahmen der Untersuchungen, insbesondere durch das eingeholte Meinungsbild verschiedener Experten der Planung, Herstellung und des Betriebs von Arbeitsstätten sowie bei Auftraggebern und Prüfbehörden von Arbeitsstätten, konnte einerseits der grundsätzliche Bedarf an unterstützenden Assistenzsystemen bestätigt und inhaltlich konkretisiert werden. Andererseits konnte in diesem Zusammenhang weiterer, über die hier gegenständliche Fragestellung hinausgehender Handlungsbedarf eruiert werden:

- Informationsbedarf bei Auftraggebern, Planern, Bauunternehmen und Nutzern zum Arbeitsstättenrecht (Vorschriften- und Regelwerk oft zu unübersichtlich und nicht ausreichend bekannt),
- Verbesserung der Planungsprozessstruktur, insbesondere der hoheitlichen Planprüfung und Nutzungsfreigabe, hinsichtlich arbeitsstättenrechtlicher Belange (derzeit oft nicht erkennbar, regional sehr unterschiedlich, Prüfbehörden teilweise personell und technisch nicht ausreichend genug ausgestattet).

Die Marktrecherche hat weiterhin ergeben, dass es derzeit keine Planungshilfen mit nennenswertem Marktanteil und arbeitsstättenspezifischen Inhalten gibt. Das diesbezügliche Interesse war bei den befragten Personen aber groß. Insofern kann bestätigt werden, dass BIM-basierte Planungshilfen für Arbeitsstätten eine sinnvolle Ergänzung des bestehenden Softwareangebotes sind. Konkret konnten unter Beachtung unterschiedlicher Anwenderperspektiven drei hauptsächliche Einsatzbereiche identifiziert werden:

- Information, Aufklärung und praxisnahe Bereitstellung von Wissen zum Arbeitsstättenrecht (siehe vergleichend www.sichere-schule.de, www.bauprofessor.de oder www.wikipedia.de),

- (teil-)automatisierte Unterstützung des digitalen Planungsprozesses durch beratende und prüfende Assistenzsysteme während der Planungsphase,
- (teil-)automatisierte Prüfung digitaler Planunterlagen (BIM-Modell) auf arbeitsstättenrechtliche Belange, ggf. erweitert durch formell anerkannte Dokumentation der Ergebnisse durch Prüfbehörden.

Durch diese Planungshilfen können die vorgenannten Defizite im Planungsprozess in einem signifikanten Umfang beseitigt werden. Weiterführende Informationen dazu finden sich in den Kapitel 4, 5 und 6 dieser Studie.

Voraussetzung all dieser Einsatzbereiche und weiterer BIM-basierter Planungshilfen zum Arbeitsstättenrecht ist dessen digitale Abbildung. Dazu müssen der Vorschriften-text sowie die technischen Regeln, die den Stand der Technik abbilden, in numerisch verarbeitbare Strukturen (z. B. Datenbank) überführt werden. An dieser Stelle besteht dringender Handlungsbedarf, wohlwollentlich, dass dies einen gewissen Aufwand mit sich bringt und sich nicht alle Vorschriften und Regeln direkt dafür eignen. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn Vorschriften nur qualitative Vorgaben machen (z. B. wenn Vorschriften keine quantitativen Soll-Werte vorgeben, sondern diese wiederum durch eine nachgelagerte Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden müssen). Der Anteil dieser Vorschriften ist in Abhängigkeit des Betrachtungsinhaltes unterschiedlich hoch einzuschätzen. Im Übrigen versuchen derzeit auch andere Institutionen (z. B. DIN), in Vorschriften genormte Prozesse und Zustände in digital lesbare und damit für Softwaresysteme nutzbare Datenstrukturen zu überführen. Dieser Fakt sollte insbesondere auch bei der Neuauflage von Vorschriften und Regeln zum Arbeitsstättenrecht berücksichtigt werden.

Die Umsetzung vorgenannter Planungshilfen ist grundsätzlich möglich, wurde insbesondere auch durch die in die Studie einbezogenen Softwarehersteller bestätigt und beruht hauptsächlich auf dem computergestützten Abgleich eines Soll-Zustandes aus Sicht des Arbeitsstättenrechts (= Informationsdatenbank zum Arbeitsstättenrecht) mit einem Ist-Zustand (= konkretes BIM-Modell der baulichen Anlage). Wichtige Voraussetzungen sind

- BIM-Modell der baulichen Anlage (vollständig, lesbar (OpenBIM, IFC)),
- numerisch verarbeitbare Daten zu Vorgaben des Arbeitsstättenrechts (Informationsdatenbank Arbeitsstättenrecht),
- Softwareprogramme („Planungshilfen“) als
 - o Erweiterung vorhandener BIM-Software oder
 - o als eigenständige Software-/App-Lösung und
- ausreichende Hard- und Softwareausstattung bei den Anwendern.

Die Umsetzungsvoraussetzungen sind für alle vier Fälle derzeit als solitäre Lösungsansätze mit Einzelfallcharakter als erfüllbar oder erfüllt anzusehen. Damit kann die grundsätzliche Machbarkeit BIM-basierter Planungshilfen nachgewiesen werden. Inwieweit allgemeingültig diese Voraussetzungen sichergestellt werden können, ist abhängig von den weiteren Entwicklungen der Branche. Geht man jedoch von einer Fortsetzung der bisherigen Entwicklung aus (Einsatzhäufigkeit BIM, Ausstattungsgrad Hard-/Software bei Unternehmen, Entwicklung BIM-Software, Entwicklung IFC/OpenBIM), werden sich zukünftig die Umsetzungsvoraussetzungen für die Programmierung und Anwendung BIM-basierter Planungshilfen weiter verbessern. Voraussetzung für eine breite Anwendung solcher Planungshilfen ist die Akzeptanz bei den Nutzern. Diese wird beeinflusst von der Anwenderfreundlichkeit der Programme (Usability), dem inhaltlichen Mehrwert für die Nutzer, dem Grad der generellen Nutzbarkeit bei

unterschiedlich modellierten BIM-Modellen, der Vollständigkeit der Programminhalte, der Richtigkeit und Übersichtlichkeit der Ergebnisse sowie der Verfügbarkeit (Preis, Support, Aktualität usw.). Es ist davon auszugehen, dass Unternehmen der privaten Wirtschaft die Idee „BIM-basierte Planungshilfen zum Arbeitsstättenrecht“ mit dem Fokus der Planungsassistenz und Planprüfung aufnehmen und umsetzen werden. Ausreichend Marktpotenzial ist dazu vorhanden. Eine Eigenentwicklung derartiger Software der BAuA wird aufgrund der Volatilität bei Softwareprodukten und des IFC-Standards sowie des hohen Aufwandes nach der Einführung (Aktualisierung, Support) nicht empfohlen. Vielmehr sollten von der BAuA die fachinhaltlichen Grundlagen geschaffen werden, um vorgenannte Entwicklungsarbeit privater Softwareunternehmen zu forcieren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass BIM-basierte Planungshilfen zum Arbeitsstättenrecht eine sehr nützliche und zukünftig mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit umsetzbare Ergänzung der vorhandenen Softwareangebote sind, für die ein hohes Nachfragepotenzial besteht. Voraussetzung für die Umsetzung ist vor allem die möglichst vollständige Übersetzung der Vorgaben des Arbeitsstättenrechts in numerisch verarbeitbare Datenstrukturen. Dazu müssen diese quantitativer Art sein. Spezifische Insellösungen inhaltlich ähnlicher bzw. anders ausgerichteter Planungshilfen zeigen die grundsätzliche Machbarkeit dieser Idee. Die erforderlichen Voraussetzungen für eine allgemeine Anwendung werden mit hoher Wahrscheinlichkeit zukünftig gegeben sein. Von besonderer Bedeutung ist die zusätzliche Weiterverwendung vorgenannter Aufbereitung des Arbeitsstättenrechts (incl. der Aktualisierung) in numerischer Form als interaktive Informationsbasis zur weiterführenden Information, Aufklärung und Schulung von planenden, ausführenden und prüfenden Personen. Die vorgenannten Ergebnisse und Anwendungsszenarien wurden weiterführend beispielhaft sehr detailliert für das Bauelement „Tür“ konkretisiert, anhand mehrerer Demonstratoren veranschaulicht und inhaltlich ergänzt.

7.2 Handlungsempfehlung für die BAuA

Im Ergebnis der Machbarkeitsstudie kann der BAuA folgende Handlungsempfehlung gegeben werden, wobei die einzelnen Punkte in Abhängigkeit der strategischen Ausrichtung und Ziele der BAuA, der verfügbaren Ressourcen und Möglichkeiten zu werten und zu wichten sind.

1) Weiterentwicklung des Vorschriften- und Regelwerkes

Die zukünftige Weiterentwicklung des einschlägigen Vorschriften- und Regelwerkes zum Arbeitsstättenrecht sollte mit Fokus auf folgende Punkte geschehen:

- Reduzierung der Anzahl an arbeitsstätten-spezifischen Regelwerken (vgl. Tabelle 2-2) und Fokussierung auf in der Praxis einfach umsetzbare Vorgaben,
- Ersatz von sich widersprechenden und mehrdeutigen Formulierungen,
- Vereinheitlichung föderal unterschiedlicher Regelungen zum Arbeitsstättenrecht,
- „Digitalisierung“ des Arbeitsstättenrechts durch Aufbereitung der Vorschriften und Regeln in digital verarbeitbare Datenstrukturen (vgl. nachfolgenden Pkt. 3).

2) Ausweitung des Informationsangebotes zum Arbeitsstättenrecht

Die Information der Anwender des Arbeitsstättenrechts in der Praxis, insbesondere unter Nutzung der digitalen Möglichkeiten, sollte weiter forciert werden. Konkret sind interaktiv und qualitativ hochwertig informierende Internetseiten (vgl. Abschnitt 6.2) und in BIM-Software integrierte Beratungsangebote/Planungshilfen (vgl. Abschnitte 6.2, 6.3 und 6.4) zu erstellen. Dazu ist das Vorschriften- und Regelwerk entsprechend inhaltlich aufzuarbeiten (vgl. Abschnitt 5.2), in eine digitale Form zu überführen (vgl. Abbildungen 6-1 und 6-2), fortlaufend zu aktualisieren und in bestehenden bzw. neuen Softwareangeboten zu implementieren. Die so verfügbaren Informationen können darüber hinaus für weitere Publikationen (Monografien, Artikel in Fachzeitschriften, Apps für Smartphones/PC oder Schulungen) verwendet werden.

3) Bereitstellung numerisch verarbeitbarer Daten zu Vorgaben des Arbeitsstättenrechts

Diesem Punkt kommt eine besondere Bedeutung zu, da dieser Voraussetzung für alle BIM-basierten Planungshilfen (vgl. Pkt. 4) sowie ein weiterführendes Informationsangebot zum Arbeitsstättenrecht (vgl. Pkt. 2) ist. Das Vorgehen beinhaltet die numerische Konzentration der Inhalte der Vorschriften bzw. Regeln und Speicherung dieser in einer Datenbank, sodass proprietäre Softwareprogramme auf diese zugreifen können. Exemplarisch ist dies am Element „Tür“ in Abschnitt 2.5.3 sowie Kapitel 6 detailliert aufgezeigt. Auf den entsprechenden Aufwand und die notwendige Fachkenntnis bei der Aufbereitung der Daten infolge der vielen unterschiedlichen Nutzungsformen und Arten von Arbeitsstätten wurde im Kapitel 2.6 hingewiesen.

4) Information/Aufklärung über das Nachfragepotenzial „BIM-basierter Planungshilfen zum Arbeitsstättenrecht“ bei Softwareherstellern

Auf Grundlage der numerisch verarbeitbaren Daten zum Arbeitsstättenrecht (vgl. Pkt. 3) können nunmehr BIM-basierte Planungshilfen programmiert und in die Praxis eingeführt werden. Da dies eines sehr ausgeprägten Know-how im Bereich BIM, Softwareentwicklung, Marketing sowie eines guten Marktzugangs bedarf, sollte dieser Punkt privatwirtschaftlich organisierten Unternehmen überlassen werden. Infrage kommen hier die „Global Player“ der BIM-Software-Branche, aber auch mittelgroße und kleine (Start-up-)Unternehmen, die mit ergänzenden Software-Applikationen („Apps“) planungsunterstützende Assistenzsysteme anbieten können. Um den Anbietermarkt BIM-basierter Planungshilfen zu vergrößern, sollte das Potenzial derartiger Assistenzsysteme bei Softwareanbietern (Nutzen, anwendungsorientierter Aufbau usw.) weiterführend aufgezeigt und auf die dafür bereitgestellte Datenbank (vgl. Pkt. 3) hingewiesen werden. Voraussetzung hierfür sind im Kontext von OpenBIM frei zugängliche Datensätze aus den BIM-Modellen und ein ausreichend mit Informationen gesättigtes BIM-Modell (vgl. Pkt. 5).

5) Zusammenarbeit mit buildingSMART zur Ergänzung der IFC-Schnittstelle

Um zukünftig die Belange des Arbeitsstättenrechts im Kontext von OpenBIM ausreichend verankern zu können (vgl. Pkt. 4), sollte darauf hingewirkt werden, dass im IFC-Datenmodell die im Zusammenhang mit dem Arbeitsstättenrecht numerisch relevanten Inhalte berücksichtigt sind. Dies erfordert eine Zusammenarbeit mit buildingSMART (www.buildingsmart.de), konkret mit den Arbeitskreisen, die sich mit der Weiterentwicklung der Schnittstelle und Datenpunkte konkreter Bauelemente auseinandersetzen.

Unabhängig von BIM-basierten Planungshilfen

6) Planungsrechtliche Abläufe

Unabhängig von BIM-basierten Planungshilfen hat sich durch die Expertenbefragung gezeigt, dass besonders der Planungsprozess von Arbeitsstätten (z. B. Planprüfung, Überwachung Bauausführung, Festlegung von Nutzungskonzepten in frühen Planungsphasen) kritisch zu bewerten ist. Ein bundeseinheitliches Prozedere mit konkreten Abläufen, Zuständigkeiten und Sanktionsmöglichkeiten in Verbindung mit einer zuständigen Prüfbehörde würde der Planungsqualität im Zusammenhang mit dem Arbeitsstättenrecht sehr dienlich sein. Zugehörig ist die personell und technisch ausreichende Ausstattung der Prüfbehörde mit Ressourcen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass auch BIM-basierte Planungshilfen in Form einer automatisierten Prüfung des BIM-Modelles auf arbeitsstättenrechtliche Belange hin diesen Prozess unterstützen können.

In dieser Machbarkeitsstudie konnte gezeigt werden, dass BIM-basierte Planungshilfen ein durchaus geeignetes Instrument sind, um die Qualität der Planung bezüglich des Arbeitsstättenrechts zu erhöhen. Die Umsetzbarkeit solcher Planungshilfen ist grundsätzlich in unterschiedlicher Art und Weise möglich, setzt aber aktive Handlungen, vor allem eine digitale Aufbereitung der Inhalte der Vorschriften- und Regelwerke des Arbeitsstättenrechts, voraus.

Literaturverzeichnis

9 K 1985/15, Fluchttür im Bürogebäude muss nach außen aufschlagen (Verwaltungsgericht Münster 22. Juni 2016).

Bauen digital Schweiz. (2018). *Bauen digital Schweiz. Swiss BIM LOIN-Definition (LOD): Informationsanforderung und deren Umsetzung in den unterschiedlichen Detaillierungsstufen*. Bauen digital Schweiz.

Bialas, F., Wapelhorst, V., Brokbals, S., & Čadež, I. (2019). Quantitative Querschnittsstudie zur BIM-Anwendung Planungsbüros. *Bautechnik 96 (2019) Heft 3*.

Borrmann, A. et al. (2017). *Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Pilotprojekt Tunnel Rastatt*.

Borrmann, A. et al. (2015). *Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Borrmann, A. et al. (2016). *Zwischenbericht Wissenschaftliche Begleitung*.

Borrmann, A. et al. (2017). *Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Pilotprojekt EÜ Filstal*.

Borrmann, A. et al. (2017). *Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Pilotprojekt Talbrücke Auenbach*.

Brauweiler, J. e. (2018). *Arbeitsschutzrecht - Ein Einstieg in die Materie*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Breitkopf, A. (18. 12 2019). *Statista GmbH*. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/202210/umfrage/struktur-des-bauvolumens-nach-nachfragebereichen-in-deutschland/>, abgerufen

buildingSMART Deutschland e.V. (29. 07 2020). Von <https://www.buildingsmart.de/buildingsmart> abgerufen

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). (17. 07 2020). Von <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Forschung/Forschungsprojekte/f2471.html> abgerufen

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (17. Juli 2020). Von <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR>. abgerufen

CADsys Blog. (24. 06 2020). Von <https://blog.cadsys.de/was-ist-building-information-modeling/> abgerufen

Eisele, J., Otto, J., Harzdorf, A., Hüttig, L., Stroetmann, R., Trautmann, B., & Weller, C. (2020). *Multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser*. Springer Vieweg.

Fröch, G., Gächter, W., Tautschnig, A., & Specht, G. (2019). Merkmalsserver im Open-BIM-Prozess. *Bautechnik 96*, S. 338 - 347. Von <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bate.201800092> abgerufen

Gornig, M., Michelsen, C., & Pagenhardt, L. (08. Januar 2020). Bauwirtschaft wichtige Stütze der Konjunktur - Investitionsförderung beginnt zu wirken. *DIW Wochenbericht*, S. 4 - 13.

Hausknecht, K., & Liebich, T. (2016). *BIM-Kompendium - Building Information Modeling als neue Planungsmethode*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

Heinze GmbH | NL Berlin | BauNetz. (o. D.). Von <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/grundlagen/was-ist-ein-bim-reifegradmodell-5300141> abgerufen

IFA. (17. Juli 2020). *Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)*. Von <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/regeln-und-vorschriften/erlaeuterungen-zum-regelwerk/index.jsp> abgerufen

Infrastruktur, B. f. (2015). *Stufenplan Digitales Planen*. Berlin.

Kohte, W. (5. Dezember 2018). *Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit*. Von <https://lavg.brandenburg.de/sixcms/detail.php/892248> abgerufen

Kohte, W. (2018). *Rechtsgutachten zum Zusammenwirken von Arbeitsstättenrecht und Bauordnungsrecht*. Dortmund/Berlin/Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Mey, G., & Mruck, K. (2020). *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen. (09. 07 2020). Von <https://www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital/kos/WNetz?art=News.show&id=465> abgerufen

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen. (09. 07 2020). Von <https://www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital/kos/WNetz?art=News.show&id=465> abgerufen

National Institute of Building Sciences. (2012). Von <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> abgerufen

Niedermeier, A., & Bäck, R. (2018). *ALLPLAN BIM-Kompendium - Theorie und Praxis*. München: ALLPLAN GmbH.

Plandata GmbH. (26. 06 2020). Von https://www.bimpedia.eu/-/1003-bim-level-_-entwicklungsstufen-der-bim-methode abgerufen

Reiß & Hommerich GmbH. (2017). *Bericht zum Thema Building Information Modeling (BIM)*. Bergisch Gladbach.

Schatz, K. (15. 08 2020). *Heinze GmbH | NL Berlin | BauNetz*. Von <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/modellinhalte/was-bedeutet-lod-loi-5285890/gallery-1/1> abgerufen

Silbe, K., & Díaz, J. (2017). *BIM-Ratgeber für Bauunternehmer*. Köln: Rudolf Müller GmbH.

Spengler, A., & Peter, J. (2020). *Die Methode Building Information Modeling*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Stange, M. (2019). *Building Information Modelling im Planungs- und Bauprozess*. Hamburg: Springer Vieweg.

Stettner, A. (19. 02 2019). *Münchener Zeitungs-Verlag GmbH & Co.KG*. Von <https://www.merkur.de/leben/karriere/studie-sind-drei-haeufigsten-krankheiten-arbeitnehmern-zr-11742274.html> abgerufen

Syben, G. (2016). *Zu den Folgen des Building Information Modeling für die Arbeit in Bauunternehmen*. Bremen: BAQ Forschungsinstitut für Beschäftigung Arbeit Qualifikation.

Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI). (06 2018). *Building Information Modeling - Begriffe. VDI 2552 - Blatt 2 Entwurf*. Düsseldorf.

von Heyl, J. (2015). *Building Information Modeling aus Bauherrensicht*. 26. *BBB-Assistententreffen - Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauverfahrenstechnik*, (S. 265-280). Stuttgart.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Struktur des Bauvolumens nach Baubereichen in Deutschland 2018	8
Abbildung 2-2	Prozessablauf der Planung nach den Leistungsphasen gemäß § 34 HOAI	10
Abbildung 2-3	Pyramide des deutschen Arbeitsschutzrechts.....	14
Abbildung 3-1	Durchgängige Nutzung des BIM-Gebäudemodells	38
Abbildung 3-2	Entwicklungsstufen von BIM	38
Abbildung 3-3	Entwicklung Building Information Modeling	39
Abbildung 3-4	Projektphasen mit Einordnung AIA und BAP	41
Abbildung 3-5	Darstellung Level of Detail	42
Abbildung 3-6	Darstellung Klassifizierung des Einsatzes der BIM-Methodik, eigene Darstellung in Anlehnung an	43
Abbildung 3-7	Schematische Darstellung ClosedBIM (li.) und OpenBIM (re.), eigene Darstellung in Anlehnung an	44
Abbildung 3-8	BIM-Level 0 bis 3	46
Abbildung 3-9	BIM-Rollen, eigene Darstellung in Anlehnung an.....	47
Abbildung 3-10	Erwartete Etablierung von BIM bei Architekten	49
Abbildung 3-11	Zuordnung der Studienteilnehmer zu den BIM-Anwendungsgruppen.....	50
Abbildung 3-12	BIM-Implementierung in Abhängigkeit von der Anzahl der Mitarbeiter im Unternehmen.....	50
Abbildung 3-13	Hemmnisse bei der Implementierung von BIM.....	51
Abbildung 3-14	Darstellung des Stufenplans zur Implementierung von BIM.....	52
Abbildung 3-15	Übersicht Forschungsprojekte zu BIM	55
Abbildung 3-16	Verbreitung üblicher Modellierungssoftwareprogramme	57
Abbildung 6-1	Beispielhafte Darstellung Informationsplattform – Nutzungsarten gemäß Arbeitsstättenrecht.....	89
Abbildung 6-2	Beispielhafte Darstellung Informationsplattform – Mindesttürbreiten gemäß Arbeitsstättenrecht.....	90
Abbildung 6-3	Beispielhafte Darstellung einer Registerkarte zum Arbeitsstättenrecht im Menüband einer Planungssoftware	91
Abbildung 6-4	Beispielhafte Darstellung zu konkreten Vorgaben des Arbeitsstättenrechts im Planungsprozess	92
Abbildung 6-5	Beispielhafte Darstellung zum bauelementbezogenen Informationsangebot zum Element „Tür“	93
Abbildung 6-6	Beispielhafte Darstellung zur Kennzeichnung einer fehlerhaft geplanten Tür	94
Abbildung 6-7	Beispielhafte Darstellung einer Planungshilfe für eine fehlerhaft geplante Tür	95
Abbildung 6-8	Beispielhafte Darstellung zur Planungshilfe für die Korrektur einer fehlerhaft geplanten Tür	96
Abbildung 6-9	Beispielhafte Darstellung zur Planungshilfe mit interaktiven Eingabemöglichkeiten	97
Abbildung 6-10	Beispielhafte Darstellung zur Planungshilfe zur Dokumentation von Planungsentscheidungen	97

Abbildung 6-11	Beispielhafte Darstellung zur individuellen Definition von Prüfregeln.....	99
Abbildung 6-12	Beispielhafte Darstellung eines Prüfergebnisses zum Arbeitsstättenrechts	100
Abbildung 6-13	Beispielhafte Darstellung eines Prüfprotokolls zum Arbeitsstättenrecht	101
Abbildung 6-14	Beispielhafte Darstellung des Datenverwaltung zu arbeitsstättenspezifischen Planungsmängel	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1	Beteiligte bei der Planung von Arbeitsstätten.....	11
Tabelle 2-2	Übersicht der zugehörigen Vorschriften für Arbeitsstätten	16
Tabelle 2-3	Übersicht Vorschriften zum Arbeitsstättenrecht je Element	21
Tabelle 2-4	elementbezogene Vorgaben des Arbeitsstättenrecht am Beispiel des Elementes Tür.....	27
Tabelle 2-5	Prüfungsinhalte nach bestimmten Kriterien (Beispiel: Barrierefreiheit).....	28
Tabelle 2-6	Prüfinhalte nach bestimmten Nutzungsarten (Beispiel: Kindertagesstätte)	34
Tabelle 3-1	Modellarten	44
Tabelle 3-2	BIM-Level und ihre Merkmale	46
Tabelle 3-3	Übersicht BIM-basierte Softwarelösungen (Software und Entwickler)	56
Tabelle 4-1	Übersicht über die Verteilung der Experten je Interessengruppe	62
Tabelle 4-2	Leitfaden für die Expertenbefragung – Arbeitsstättenrecht	63
Tabelle 4-3	Leitfaden für die Expertenbefragung – Building Information Modeling	63

Anhang

Anhang 1

Anhang 1 beinhaltet die vollständige Darstellung der in Tabelle 2-4 (Seite 27) dargestellten Übersicht zu den elementbezogenen Vorgaben des Arbeitsstättenrechts am Beispiel des Elementes Tür.

Tabelle 2-4 elementbezogene Vorgaben des Arbeitsstättenrecht am Beispiel des Elementes Tür

Mindestbreite von Türen (Angaben in m)									
Anzahl Personen im Einzugsgebiet	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
	ASR, TRGS	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie (Hauptgänge)	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
bis 5	0,80		0,818	0,90 / 1,50 ²¹	1,85	0,90	1,00 ²²	0,90	0,90
bis 20	0,85		0,943	0,90 / 1,50 ²¹	1,85	0,90	1,00 ²²	0,90	0,90
bis 60	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ²¹	1,85	0,90	2,00	1,20	0,90
bis 100	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ²¹	1,85	0,90	2,00	1,20	0,90
bis 200	1,05		1,068	1,05 / 1,50 ²¹	1,85	0,90	2,00	1,20	2,00
bis 300	1,65		1,693 ²³	1,65	1,85	1,20	2,00	1,20	2,00
bis 400	2,25			2,25	2,25	2,40	2,40 ²⁴	1,20	2,00
Nebenräume	0,50		0,568		0,50	0,80			

²¹ Ist eine Begegnung mit anderen Personen in Fluchtrichtung möglich, ist eine Mindestbreite von 1,50 m notwendig.

²² Gilt, sofern die Verkaufsfläche kleiner 500 m² ist, ansonsten ist eine Mindestbreite von 2,00 m notwendig.

²³ Ausbildung als zweiflügelige Tür

²⁴ Die Breite der Ausgänge ist abhängig von der Größe der Verkaufsfläche (30 cm Türbreite je 100 m² Verkaufsfläche); Beispiel: für Verkaufsfläche 800 m² ergibt sich eine Türbreite von (800 · 0,30 =) 2,40 m.

Mindesthöhe von Türen (Angaben in m)									
	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
	ASR, TRGS	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
Fluchtwege	1,95		1,975	2,05	1,95				
Verkehrswege	1,95		1,975	2,05	1,95				
Wartungsgänge	1,80		1,975		1,80				
Toilettenzellen	1,90				1,90				

Bewegungsart von Türen										
		Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
		ASR; TRGS	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
Drehflügeltür	manuell	g			g	g				g
	kraftbetätigt									
Schiebetür	manuell	N ; S ; F			g	S ; F	F	F	F	
	kraftbetätigt	N					S	S	S	
Karusselltür	manuell	N ; S ; F			S	S ; F	S	F		
	kraftbetätigt	N ; S			S	S	S	S		
Pendeltür							S	S	S	

"g" = geeignet, "N" = nicht zulässig in Notausgängen, "F" = nicht zulässig in Fluchtwegen, "S" = mit Sonderregelungen

Schutzmaßnahmen bei Türen (Feuer, Rauch, Einbruch)									
	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
	ASR; TRGS	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
notwendige Flure		rd; se; na; (fh; ds; se) ²⁵ ;		FA			fh; rd; se; FA (rd; se) ²⁶	fh; rd; se; (rd; se) ²⁷	fh; rd; se; FA
notwendige Treppen		fh ²⁸ ; rd; se		FA			fh; rd; se; FA (rd; se) ²⁶	fh; rd; se	fh; rd; se; FA
Brandwände		fb; dt; se		FA		fh; rd; se, FA	fb; dt; se; FA		fh; rd; se; FA
Außenwände	dt; se; fb ²⁹			FA	nb/fh				
raumabschließende Trennwände	nb; fh; sf ³⁰ ; se	fh; dt; se		FA		fh; rd; se; FA; (rd; se) ³¹		rd; se; fb/fe/hfh ³²	
	öffentlich		NV						

²⁵ nur zu Lagerbereichen in Kellergeschossen

²⁶ bei Verkaufsflächen mit Sprinkleranlage

²⁷ bei Türen zu offenen Gängen

²⁸ nicht bei Durchgängen zu sonstigen Räumen/Nutzungseinheiten

²⁹ dichtschließend bei Unterkünften; fb bei Räumen mit Füllstellen entsprechend TRGS 510, wenn sich oberhalb Aufenthaltsräume befinden

³⁰ für Räume mit Füllstellen

³¹ bei feuerhemmenden Innenwänden

³² abhängig von Feuerwiderstandsklasse der raumabschließenden Wand

Notaus- gänge	nicht öffentlich			PV						
------------------	---------------------	--	--	----	--	--	--	--	--	--

Legende:

fb = feuerbeständig; fh = feuerhemmend; hfh = hochfeuerhemmend; nb = nicht brennbar; sf = schwer entflammbar; nf = normal entflammbar; rd = rauchdicht; dt = dichtschießend; se = selbstschließend; eb = einbruchhemmend; na = nicht abschließbar; FA = Feststellanlage; NV = Notausgangsverschluss nach DIN EN 179; PV = Panikverschluss nach DIN EN 1125

Besonderheiten von Türen in Flucht- und Rettungswege										
		Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
		ASR, TRGS	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
Anzahl Türen im Raum		abhängig von Gefährdungsbeurteilung ³³				2 bei Raum > 200 m ²		2 bei Raum > 100 m ²		
Aufschlagsrichtung	Notausgang	in Fluchtrichtung								
	sonstige Türen	abhängig von Gefährdungsbeurteilung ³⁴					in Fluchtrichtung			in Richtung erster Rettungsweg
Schwellen				Rauchschtüren ohne Schwellen ³⁵			keine Schwellen erlaubt			
Öffnung										über volle Breite zu öffnen

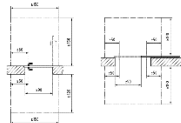
³³ bei Sammelstellen und Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle mindestens zwei Ausgänge, außer bei Fluchtweglänge < 3 m (TRGS 520)

³⁴ immer nach außen öffnend (TRGS 520)

³⁵ zulässig sind lediglich Flachrundschwelle mit kreissegmentförmigem Querschnitt bis 5 mm Höhe

Kennzeichnung von Türen									
	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
	ASR	MBO	DIN / VDI / DGUV	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
Fluchtweg	- langnachleuchtende Umrandung - nachleuchtende Handgriffe - keine Richtungsangaben an Türflügel von Fluchttür						Sicherheitszeichen für Hinweis auf Ausgänge		
Rauchschutztür			Kennzeichnung entsprechend DIN 18095						
Glastür	- Markierung (Breite 8 cm, 40 bis 70 cm und 120 bis 160 cm über OFF)	Kennzeichnung der Türen bei allgemein zugänglichen		Markierung (Breite 8 cm, 40 bis 70 cm und 120 bis 160 cm über OFF)					

	- Haupt-schließkante rahmenloser Glastüren markieren	Verkehrsflächen							
Stromversorgung	Notversorgung gewährleisten								
Einschränkung Hör- und Sehvermögen	Kennzeichnung anpassen								
Notausgang	Verbotsschild P023 an Außenseite								
Barrierefreiheit	taktil wahrnehmbar und visuell kontrastierend								

Bewegungsraum vor/nach Türen										
	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart					
	ASR	MBO	DIN	ASR V3.2 a DIN 18040-1 VDI 6008-5	Industrie	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen	
allgemein				 (L x B =) ≥ 1,50 m x 1,50 m						
Treppen, Absätze	- Mindestabstand Trep- penstufe zu geschlosse- ner Tür ≥ 1 m - Podesttiefe bei aufge- schlagener Tür ≥ 0,50 m	zwischen Treppe und Tür ist ein ausreichen- der Treppen- absatz anzuordnen								
Fluchtweg				freie Bewe- gungsflächen sowie seitliche Anfahrbarkeit der Tür				Abstand Si- cherheits- treppenraum ≥ 3 m		

Verkehrswege	keine Einnengung der Mindestbreite durch Öffnen der Tür								
Quetschgefährdung	Mindestabstand 50 mm von Nebenschließkante			Mindestabstand 90 mm von Nebenschließkante					
Gebäudeeingänge				ausreichende ebene Bewegungsfläche abhängig von Art der Tür					
Fahrzeugverkehr	Mindestabstand 1 m								
Arbeitsplatz				Bewegungsfläche für Rollstuhltausch $\geq 1,50 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$ vor Arbeitsplatz					
Karusselltüren				an jeder Stelle der Durchfahrt 1,30 m Länge x 1,00 m Breite					

Öffnungssysteme bei Türen									
	Allgemeingültige Vorschriften			Barrierefreiheit	Nutzungsart				
	ASR	MBO	DIN	Barrierefreiheit ASR V3.2 a DIN 18040-1	Industrie	Versammlungsstätten	Verkaufsstätten	Hochhäuser	Schulen
mechanisch				mechanisch und zusätzlich elektromechanisch ³⁶					
kraftbetätigt	wirksame Sicherung vor mechanischen Gefährdungen bis zu einer Türhöhe von 2,50 m		Schiebetüren ohne Break-Out ³⁷ -Funktion in Fluchtwegen muss die Mindestöffnungstiefe 1,50 m betragen						
elektromechanisch	Netztrenneinrichtung notwendig								

³⁶ Zum Ausgleich nicht ausreichend vorhandener motorischer Fähigkeiten sind barrierefrei gestaltete alternative Maßnahmen vorzusehen.

³⁷ System, durch das Türflügel und Seitenteile manuell in Fluchrichtung aufgedrückt werden können