

## Anhang 1: Diskussion der Syntheseform

### Diskussion der Syntheseform, Forschungsteilbereich A

Die Metaanalyse erscheint zunächst aufgrund ihrer Beschaffenheit im Sinne der Forschungssynthese als geeignet. Die Methodik einer Metaanalyse basiert darauf, dass deren Untersuchungseinheiten keine einzelnen Analyseobjekte, sondern verschiedene vollständige Primärstudien sind, die einer gleichartigen Fragestellung folgend erstellt worden und voneinander unabhängig sind. Das Primärziel dieser Form besteht in der systematischen Erarbeitung des aktuellen Forschungsstandes unter Einbeziehung einer hohen Stichprobenanzahl im Verhältnis zur Grundgesamtheit. Die quantitative Metaanalyse stellt eine rein rechnerische Zusammenfassung dar (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 894). Es lassen sich klar abgegrenzte statistische Effekte mathematisch darstellen [u.a. Mittelwertdifferenzen untersuchter Items, Korrelationseffekte, Effektstärkemessungen]. Die Zielstellungen bilden einerseits die Evaluierung von mathematischen Moderatorvariablen, um abzuschätzen unter welchen Umständen Effekte größer oder kleiner ausgeprägt sind und andererseits die numerische Schätzung des Gesamteffektes.<sup>113</sup> Metaanalysen sind in der Lage ein rechnerisches Gesamtergebnis im Kontext aller zugrunde liegenden Studien zu präsentieren, indem sie evaluiert, ob eine Effektstärke tatsächlich auf einer konsistenten numerischen Datenbasis generiert worden ist (vgl. Borenstein et al. 2010, S. 9). Tab. 21 fasst die Hauptkritikpunkte einer metaanalytischen Betrachtung im Kontext zur Ermittlung der Digitalisierungsrealität zusammen, die für die die Forschungssynthese A.1 - A.3 [Kapitel 2] gelten.

Kritikpunkt	Inhalt
Uniformitätsproblem	Einbezogene Studien unterscheiden sich in ihrer Art der Operationalisierung und haben somit keine identische Replikation <sup>225</sup>
quantitative Beschränkung	Aufgrund der Ermittlung von Moderatorvariablen und dem Hauptbestandteil der Effektstärkemessung als zentrale Inhalte metaanalytischer Vorgehensweisen, können qualitative Konzeptspezifikationen nicht erfasst werden, da deren Skalenniveau nicht durchgängig im notwendigen metrischen Bereich liegt

*Tabelle 21: Kritikpunkte einer Metaanalyse*  
(eigene Darstellung, in Anlehnung an: Eisend 2014, 70–82)

Bezogen auf das in dieser Arbeit thematisierte Forschungsgebiet zur Digitalisierungsrealität erweist sich eine rein quantitative Betrachtung nachteilig. Die Merkmalsausprägungen, die innerhalb des Teilschwerpunktes dieser Arbeit zur Feststellung der Digitalisierungsrealität zu

<sup>113</sup> Gesamteffekt: Der Gesamteffekt ist der Mittelwert, der sich aus allen Effektgrößenmaßen der einbezogenen Studien berechnet. Somit soll der Gesamteffekt, der für die gesamte Population gilt, betrachtet werden. Die Durchführung erfolgt über eine Signifikanztestberechnung, die den Effekt der Gesamtpopulation auf Verlässlichkeit des Wertes hin überprüft. Da die Stichprobenanzahl in Metaanalysen so hoch ist, weist sie eine erhöhte statistische Validität auf (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 896).

Das Problem der tatsächlichen Vergleichbarkeit ist: trotz gleichartiger statistischer Erfassung, perfekte Replikationen verlangen gleichartig standardisierte Beobachtungen.

untersuchen sind, sind vordergründig von qualitativer Beschaffenheit. Zwar werden sich im Zuge der Operationalisierung zusätzlich messbare Indizes zuordnen lassen, aber in ihrer inhaltlichen Aussage sind qualitative erfassbare Informationen notwendigerweise zu erhalten. Den völligen Gegensatz zur Metaanalyse bildet das narrative Review. Diese Form des Übersichtsartikels interpretiert einen Forschungsstand zwar in strukturierter Form, aber gewichtet theoretische und empirische Herangehensweisen rein subjektiv und somit selektiv. Weiterhin bleibt die detaillierte Dokumentation der Studienexzerpte aus. Eine verlässliche Konklusion eines Gesamtergebnisses scheint auf diese theoretische Weise nicht möglich zu sein. Allerdings ist der Betrachtungshorizont narrativer Reviews inhaltlich deutlich vielfältiger, als der einer Metaanalyse, die nur eng definierte statistische Indikatoren betrachtet. Narrative Reviews konzentrieren sich weniger auf die Konsolidierung von Ergebnissen, sondern betrachten Befunde auf Basis theoretischer Gegebenheiten (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 899). Als Ergänzungsverhältnis dieser beiden methodischen Ansätze erscheint das systematische Review, welches die Vorteile metaanalytischer und narrativer Charakteristika verbindet. Um Kriterien in ihren Inhalten erfassen zu können, bedarf es eines Vorgehens zur verbalen Verdichtung der vorliegenden Studienergebnisse und einer rechnerischen Aggregation an sinnvoll darstellbaren Stellen. Das Vorgehen einer Forschungssynthese [mixed methods research synthesis] stellt bereits im begrifflichen Sinn eine Verknüpfung qualitativer und quantitativer Forschungsinhalte dar und arbeitet mit gemischten Methoden, die die Forschungsrealität strategisch anhand vorab definierter Fragestellungen und gebildeten Kriterienkategorien erfassen (vgl. Heyvaert et al. 2017, S. 51). Eine konkrete Form ist das systematische Review.

Hierbei lassen sich Einzelstudien zu Gesamtaussagen bündeln, indem ein definiertes Regelset [konzeptioneller Bezugsrahmen] zu bilden ist, wonach die Studien aggregiert werden. Studien werden entsprechend der zu schaffenden Codierung des Regelsets ein- oder ausgeschlossen (vgl. Borenstein et al. 2010, xviii). Eine vermeintliche Subjektivität, die der Form des systematischen Reviews zuzuschreiben wäre, begründet sich in erster Instanz in der Bildung der Auswahlkriterien für oder gegen Studien. Es wird jedoch in der Abhandlung deutlich, dass sich die Bildung dieses Kriterienkataloges klar auf die zuvor spezifizierten forschungsbezogenen Fragestellungen bezieht. Es werden somit keine Kriterien vorausgewählt und in das Regelset eingebunden, sondern formale Aspekte zum Untersuchungsdesign und Schlagworte zum Oberbegriff der digitalen Transformation in der Suche nach Studien verwendet. Die inhaltlichen Kriterien ergeben sich nachgelagert aus den einbezogenen Studien. Dieses deduktive Vorgehen bewahrt vor Subjektivität und ermöglicht eine Konsolidierung repräsentativer Ergebnisse aus Primärstudien. Dieser Studientyp bietet den Vorteil der erhöhten externen Validität, durch die Einbindung mehrerer Studien und somit einer deutlich größeren Stichprobe mit der Möglichkeit repräsentative Aussagen zur

Digitalisierungssituation treffen zu können (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 95). Es existieren zahlreiche Unterformen des reinen systematischen Reviews mit verschiedenartigen Schwerpunkten zur Einbeziehung von Daten und Graden der Systematisierung. Für den Teilbereich A zur Forschungssynthese wird das Rapid Review verfolgt, welches Studien innerhalb eines nur kurz zurückliegenden Zeitraumes erfasst und die Komponenten des systematischen Reviews vereinfacht, um Informationen zeitnah zu konsolidieren. Aufgrund der Aktualität und der stetigen Fortentwicklung erscheint dieses Vorgehen hinsichtlich des Schwerpunktes dieser Arbeit sinnvoll. Einerseits ist diese Anwendung zweckmäßig aufgrund des Status einer Teilanalyse innerhalb der vorliegenden Arbeit, weiterhin erscheint es nicht zielführend die nicht erfassbare Vielzahl der publizierten Studien zur gesamt- und bauwirtschaftlichen als absolute Anzahl einzubeziehen. Stichprobenwahlen könnten sich überschneiden und eine Ergebnisaggregation verzerren. Weitreichendere Ergebnisse sind zu erwarten, wenn die Auswahlkriterien nach systematischer Herangehensweise festgesetzt werden und auf Basis dieses Outcomes die verbleibenden supplementären Studien zusammengetragen werden (vgl. Booth et al. 2016, 36 ff.; vgl. Schneider und Albert 2019, S. 8; Bayer et al. 2019, S. 3).

## Anhang 2: Bedrohungen der externen Validität

Im systematischen Review:

Mögliche Beeinträchtigungen der externen Validität im Systematischen und Rapid Review. Folgende Risiken wurden ausgewählt, weil sie mit dem methodischen Vorgehen im Studienteilbereich A.1 bis A.3 [Kapitel 2] in Verbindung stünden.

- **Signifikanzfischen:** Ein erhöhtes Vorkommen bestimmter Faktoren und Variablenzusammenhängen kann falsch erfasst werden, wenn die Basis nicht aus transparenten, eindeutigen und abgegrenzten Forschungshypothesen besteht. Die Folge wäre, dass alle möglichen Ausprägungen und Variablen in Beziehung gesetzt und ggf. weiterführend in statistischen Zusammenhangsmaßen verarbeitet würden, die dann ohne signifikante Aussage blieben. In diesem Fall ist auf metrische Signifikanztests zu verzichten.
- **Verletzung der Voraussetzung von Signifikanztests und Effektstärkemaße:** Die Voraussetzungen der Datensituation [Skalenniveau] bilden die Grundlage für die Möglichkeit rein statistische Signifikanztests durchzuführen oder im Sinne der Aussagesicherheit darauf zu verzichten. Wenn die Datenlage heterogen ist [wie im Studienteilbereich A.1 bis A.3, Kapitel 2] und somit nicht durchgängig intervallskalierte und metrisch skalierte Daten zur gleichsamem Fragestellung in den einbezogenen Studien vorliegen, ist auf rein statistische Analysen zu verzichten, wie es das Rapid Review als qualitative Form mit der Option Variablen über die Operationalisierung in ihren Häufigkeitsausprägungen zu quantifizieren, darstellt (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 105).

Für Inhaltsanalysen:

- **Heterogenität der Untersuchungsgruppen:** um Faktoren aus Bauprojekten evaluieren und valide darstellen zu können, müssen die betrachteten Untersuchungseinheiten vergleichbar sein [möglichst homogen], deshalb werden nur Modellprojekte betrachtet, die unter möglichst ähnlichen Zielstellungen arbeiten und eine ähnliche Gruppenzusammensetzung bieten [KMU-Beteiligung, Herausforderungsdarstellung, Fokus auf BIM-Anwendungsfälle, Kapitel 7].
- **Zu geringe Teststärke für Hypothesentests:** statistische Signifikanztests erscheinen als nicht verlässlich hypothesenprüfend, wenn die Teststärke nicht

ausreichend groß ist. Nicht immer kann eine Studie derart vorab geplant werden, dass sie über eine große Anzahl heterogener Gruppen verfügt, die innerhalb eines gleichen Vorgehens gearbeitet haben. Speziell in Bezug auf die Evaluierung von BIM-Anwendungsfällen in Bauplanung und –ausführung auf Modellprojektebene ist die Anzahl vergleichbarer Gruppen sowie ein vergleichbarer Zugang zu einer konsistenten Datenlandschaft nicht gegeben. Aus forschungsökonomischen Gründen muss sich daher auf eine Auswahl quantifizierbarer Variablen bezogen werden, die eine inferenzstatistische Auswertung [Teststärkenprüfung und Effektstärkemaß] nicht bemühen, um weder falsch positive oder falsch negative Zusammenhangseffekte zu propagieren (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 105).

## Anhang 3: Datenbankrecherche Digitalisierungsrealität

Datenbank	Schlagwortsuche im Titel und in der Zusammenfassung der Studien				
	unternehmerische Digitalisierung	digitale Transformation	Digitalisierungsindex	digitale Wertschöpfung	Innovative Technologien
Statista [Bereiche Statistiken, Studien & Reporte]	1	507	3	17	48
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung [DIW (Publikationsdatenbank)]	0	2	0	0	20
Institut für Wirtschaftsforschung [IFO Forschungsberichte München]	6	17	0	27	24
Institut für Weltwirtschaft Kiel [IFW Kiel]	2	16	0	5	12
Institut für Wirtschaftsforschung Halle [IWH Halle]	0	0	0	0	5
Institut für Wirtschaftsforschung [RWI Essen]	59	40	0	39	88
Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut [HWWI: Teilbereich Research]	0	0	0	0	0
Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung [IAB]	0	1	0	0	0
Institut der deutschen Wirtschaft Köln [IW: Teilbereich Studien]	8	35	3	15	27
Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung [IMK]	0	2	0	0	0
Summe	76	620	6	103	224

Tabelle 22: Datenbankrecherche gesamtwirtschaftliche Digitalisierungsrealität

**Anhang 4: Einbezogene Studien: Digitalisierungsrealität**

Einbezogene Studien: gesamtwirtschaftliche Digitalisierungsrealität

<b>Nr .</b>	<b>Studie</b>	<b>Forschungsdesignkriterien</b>
<b>1</b>	Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/21 (vgl. techconsult GmbH 2020)	2.000 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: Dezember 2020, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>2</b>	Digitalisierung der Wirtschaft, bitkom 2019 (vgl. bitkom research 2019)	953 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: April 2019, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>3</b>	IW-Report 2019 (vgl. Seyda 2019)	1.076 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: April 2019, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>4</b>	Digitale Transformation 2018- Hemmnisse, Fortschritte, Perspektiven (vgl. van Alphen, Christian/Bärtle, Doris 2018)	2.000 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: Februar 2018, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>5</b>	Digitalisierungsindex Mittelstand 2018 (vgl. techconsult GmbH 2018)	2.500 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: November 2017, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>6</b>	KfW Digitalisierungsbericht Mittelstand 2018 (vgl. Zimmermann 2018)	9.666 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: April 2019, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>7</b>	Monitoringreport Wirtschaft DIGITAL 2018 (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2018)	1.061 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: April 2018, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>8</b>	DIHK Unternehmensbarometer 2017 (vgl. Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) 2017)	1.806 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: November 2017, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung

<b>9</b>	Ifm Digitalisierungsprozesse von KMU (vgl. Icks et al. 2017)	1.400 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: Oktober 2016, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>10</b>	Digitalisierung (vgl. Demary et al. 2016)	54.712 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: 2013 – 2015 [nur ab 2015 einbezogen] , Metaanalyse von [46 Studien], Branchenvielfältige Betrachtung
<b>11</b>	DIHK Unternehmensbarometer 2016 (vgl. Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) 2016)	1.620 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: März 2016, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung
<b>12</b>	Monitoringreport Wirtschaft DIGITAL 2015 (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015)	770 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: Oktober 2015, Einzelstudie, branchenvielfältige Betrachtung

*Tabelle 23: Studien: gesamtwirtschaftliche Digitalisierungsrealität in Deutschland*

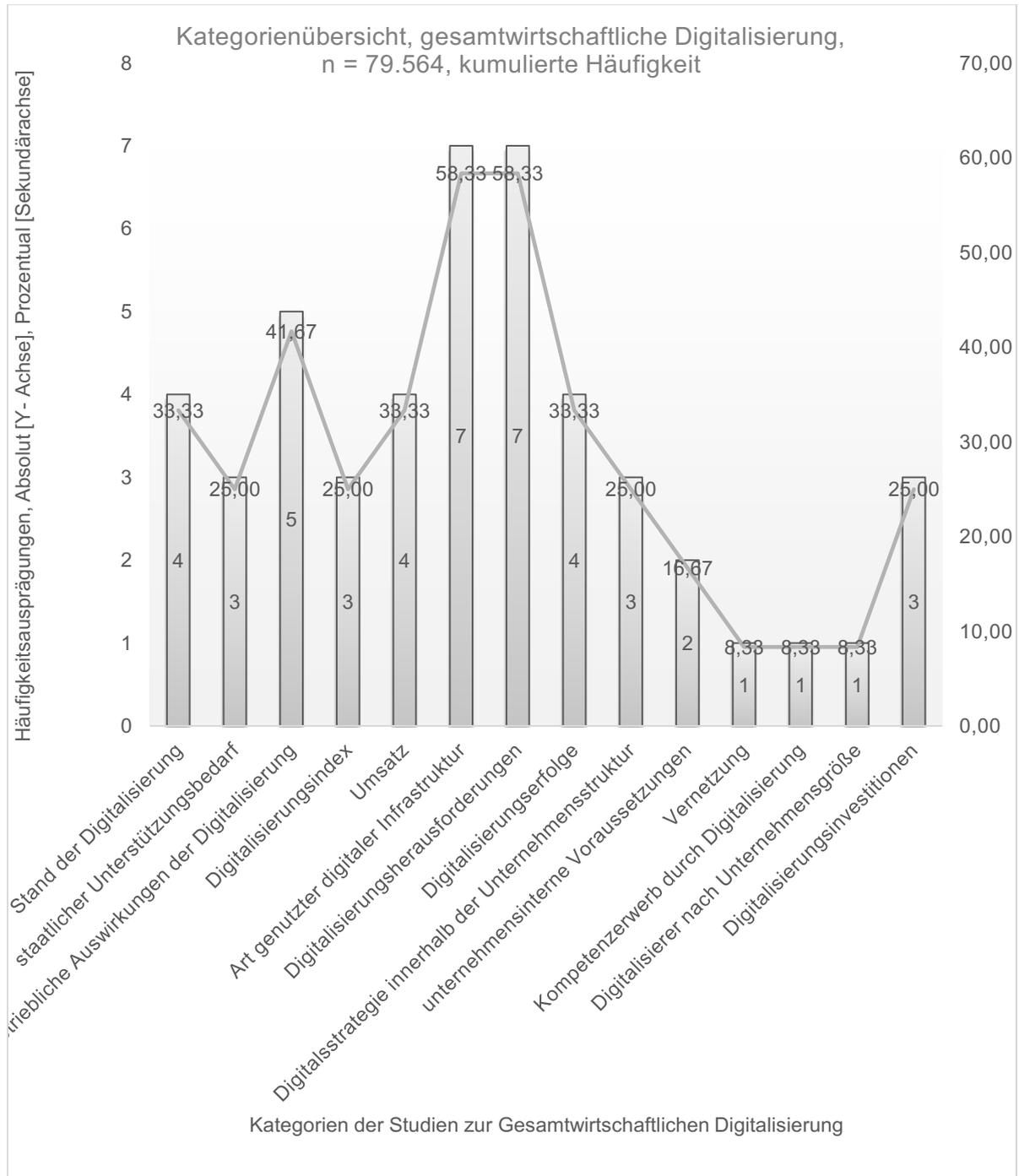


Abbildung 74: Kategorienermittlung der Digitalisierungsstudien

(eigene Darstellung, in Anlehnung an: (vgl. bitkom research 2019; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015, 2018; Demary et al. 2016; Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) 2016, 2017; Icks et al. 2017; Seyda 2019; techconsult GmbH 2018, 2020; van Alphen, Christian/Bärtle, Doris 2018; Zimmermann 2018)

Rohdaten	absolute Häufigkeit, von 12 Studien	prozentualer Anteil
Stand der Digitalisierung	4	33,33
staatlicher Unterstützungsbedarf	3	25,00
innerbetriebliche Auswirkungen der Digitalisierung	5	41,67
Digitalisierungsindex	3	25,00
Umsatz	4	33,33
Art genutzter digitaler Infrastruktur	7	58,33
Digitalisierungsherausforderungen	7	58,33
Digitalisierungserfolge	4	33,33
Digitalstrategie innerhalb der Unternehmensstruktur	3	25,00
unternehmensinterne Voraussetzungen	2	16,67
Vernetzung	1	8,33
Kompetenzerwerb durch Digitalisierung	1	8,33
Digitalisierer nach Unternehmensgröße	1	8,33
Digitalisierungsinvestitionen	3	25,00

Tabelle 24: Rohdatenblatt zu den Kategorien der Digitalisierungsstudien

## Anhang 5: Rohdatenblatt: digitale Instrumente und Herausforderungen

## Rohdaten Arten digitaler Instrumente und Digitalisierungsherausforderungen

Anzahl beteiligter Unternehmen	1061	953	2000	2500	1076	9666	1806	Summe 19062	Anzahl U absol	%-Anteil
in %	Monitoring	WD 20bit	komale Transformation	Großunternehmen	lekom Mittelstand	Indf-Weiterbildung	WDigitalisierungsber	DIHK 2016	Unterpunkt	
Big Data	9	59	k.A.	21	10	k.A.	56	7396	2302	31,126555
Cloud Computing	43	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	68	2867	1684	58,748169
Internet of Things	39	44	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2014	833	41,365938
SMART Services	29	k.A.	k.A.	26	9	k.A.	k.A.	4637	1055	22,741643
3D-Druck	k.A.	43	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30	2759	952	34,490395
VR/AR	k.A.	32	k.A.	12	k.A.	k.A.	k.A.	3453	605	17,519838
Künstliche Intelligenz	k.A.	12	k.A.	9	6	k.A.	k.A.	4529	404	8,9185251
Blockchain	k.A.	6	k.A.	10	k.A.	k.A.	k.A.	3453	307	8,8960324
digital Twin	k.A.	k.A.	k.A.	9	k.A.	k.A.	k.A.	2500	225	9
Arbeitsplatz der Zukunft	k.A.	k.A.	12	22	k.A.	k.A.	k.A.	4500	790	17,555556
Prozessdigitalisierung	k.A.	k.A.	k.A.	11	k.A.	25	61	13972	3793	27,148297
digitale Weiterbildung	k.A.	k.A.	55	k.A.	k.A.	38	k.A.	11666	4773	40,914452
Optimierung IT-System: Vereinheitlichung der abzustimmenden Systeme	k.A.	k.A.	5	k.A.	k.A.	53	k.A.	11666	5223	44,770958
<b>BigData: Anzahl U absolut entsprechdn %-</b>	<b>95,49</b>	<b>562</b>	<b>0</b>	<b>525</b>	<b>108</b>	<b>0</b>	<b>1011,36</b>	<b>2302</b>		
Cloud Computing	456,23	0	0	0	0	0	1228,08	1684		
IoT	413,79	419	0	0	0	0	0	833		
SMART Services	307,69	0	0	650	96,84	0	0	1055		
3d-Druck	0	410	0	0	0	0	541,8	952		
VR/AR	0	305	0	300	0	0	0	605		
KI	0	114	0	225	64,56	0	0	404		
Blockchain	0	57,2	0	250	0	0	0	307		
digital TWIN	0	0	0	225	0	0	0	225		
Arbeitsplatz der Zukunft	0	0	240	550	0	0	0	790		
Prozessdigitalisierung	0	0	0	275	0	2416,5	1101,66	3793		
digitale Weiterbildung	0	0	1100	0	0	3673,08	0	4773		
Optimierung IT-System: Vereinheitlichung	0	0	100	0	0	5122,98	0	5223		

Tabelle 25: Rohdatenblatt: digitaler Instrumente und Herausforderungen

**Anhang 6: Rohdatenblatt: Stand der Digitalisierung**

							Summe 59199			
absolute Anzahl Unternehmen							am Unterpru nkt	absolut Anteil	%-Anteil	
<b>4. Stand der Digitalisierung</b>		1806	1061	54712		1620				
		DIHK 2017	Monitoring Wirtschaft DIGITAL 2018	Metastudie IW-Analysen(nur aus Teilbereich EY 2016: 3000 Unternehmen)		DIHK 2016				
	Digitalisierungsnive au in wertschöpfenden Prozessen (Anwendung digitaler	38	67	54		63				
								31962,23	53,991165	
absolue Anzahl Unternehmen entsprechend des %- Anteils	Digitalisierungsnive au in wertschöpfenden Prozessen (Anwendung digitaler	686,28	710,87	29544,48		1020,6				

Tabelle 26: Rohdatenblatt: Stand der Digitalisierung

## Anhang 7: Digitalisierungsherausforderungen

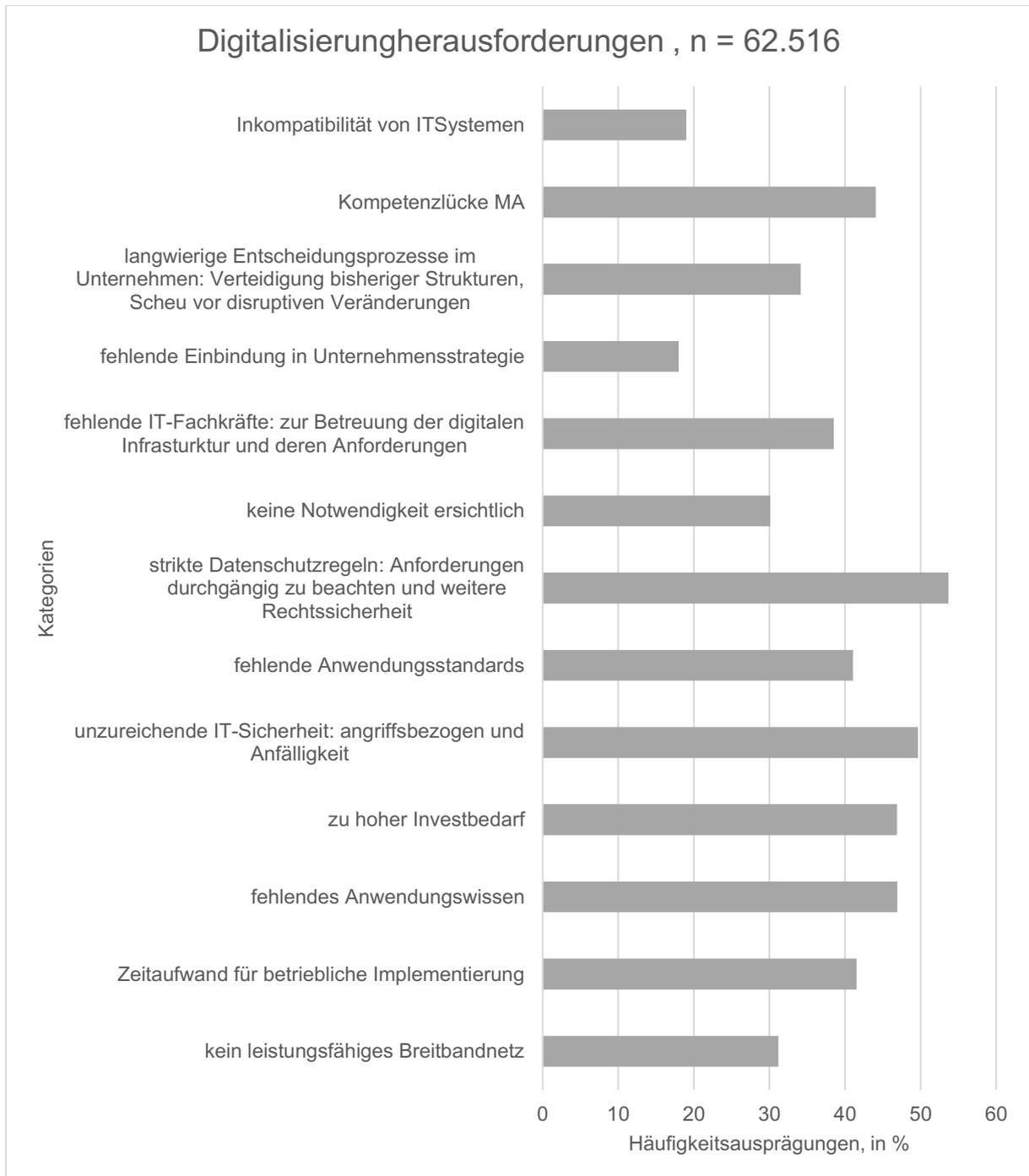


Abbildung 75: Digitalisierungsherausforderungen in der Organisationsstruktur (vgl. bitkom research 2019; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015, 2018; Demary et al. 2016; Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) 2016, 2017; Icks et al. 2017; Seyda 2019; techconsult GmbH 2018, 2020; van Alphen, Christian/Bärtle, Doris 2018; Zimmermann 2018).

**Anhang 8: Rohdatenblatt: Digitalisierungsherausforderungen**

Anzahl Unternehmen absolut	1061	953	2000	1400	54712	1620	770										
	Monitoring WD 2018	2018	bitkom 2019	digitale Transformation Großunternehmen	2018	ifmMaterialien: econstor	2017	Metastudie (Median wegen vieler Ausreißer, kein Mittel)	DIHK Unternehmensbarometer 2016	2016	Monitoring Wirtschaft Digital 2015	2015	62516	absolut	%-Anteil		
kein leistungsfähiges Breitbandnetz	43	0	0	0	11	32	13	0	58793	18328,67	31,17432						
Zeitaufwand für betriebliche Implementierung	40	37	44	36	0	0	53	6184	2569,11	41,54447							
fehlendes Anwendungswissen	36	0	51	0	47	0	0	57773	27116,6	46,93646							
zu hoher Investbedarf	36	20	0	11	49	28	51	60516	28381,74	46,89956							
unzureichende IT-Sicherheit: angriffsbezogen und Anfälligkeit	33	57	48	36	51	24	0	61746	30649,26	49,63764							
fehlende Anwendungsstandards	30	0	0	4	43	15	0	58793	24143,46	41,06519							
strikte Datenschutzregeln: Anforderungen durchgängig zu beachten und weitere Rechtssicherheit	34	74	0	15	56	10	0	59746	32076,68	53,68841							
keine Notwendigkeit	25	0	0	34	0	0	0	2461	741,25	30,11987							
fehlende IT-Fachkräfte: zur Betreuung der digitalen Infrastruktur und deren Anforderungen	30	48	0	0	0	0	0	2014	775,74	38,51738							
fehlende Einbindung in Unternehmensstrategie	18	0	0	0	0	0	0	1061	190,98	18							
Engstirnige Entscheidungsprozesse im Unternehmen: Verteidigung bisheriger Strukturen, Scheu vor disruptiven	0	21	58	9	0	0	0	4353									
Kompetenzlücke MA	0	0	62	0	0	22	0	3620	1486,13	34,14036							
Inkompatibilität von IT-Systemen	0	0	0	19	0	0	0	1400	266	19							

	Unternehmenszahlen absolut, entsprechend des arith. Mittels																
kein leistungsfähiges Breitbandnetz	456,23	0	0	154	17507,84	210,6	0	18328,67									
Zeitaufwand für betriebliche Implementierung	424,4	353	880	504	0	0	408,1	2569,11									
fehlendes Anwendungswissen	381,96	0	1020	0	25714,64	0	0	27116,6									
zu hoher Investbedarf	381,96	191	0	154	26808,88	453,6	392,7	28381,74									
unzureichende IT-Sicherheit: angriffsbezogen und Anfälligkeit	350,13	543	960	504	27903,12	388,8	0	30649,26									
fehlende Anwendungsstandards	318,3	0	0	56	23526,16	243	0	24143,46									
strikte Datenschutzregeln: Anforderungen durchgängig zu beachten und weitere Rechtssicherheit	360,74	705	0	210	30638,72	162	0	32076,68									
keine Notwendigkeit	265,25	0	0	476	0	0	0	741,25									
fehlende IT-Fachkräfte: zur Betreuung der digitalen Infrastruktur und deren Anforderungen	318,3	457	0	0	0	0	0	775,74									
fehlende Einbindung in Unternehmensstrategie	190,98	0	0	0	0	0	0	190,98									
Engstirnige Entscheidungsprozesse im Unternehmen: Verteidigung bisheriger Strukturen, Scheu vor disruptiven	0	200	1160	126	0	0	0	1486,13									
Kompetenzlücke MA	0	0	1240	0	0	356,4	0	1536,4									
Inkompatibilität von IT-Systemen	0	0	0	266	0	0	0	266									

Tabelle 27: Rohdatenblatt: Digitalisierungsherausforderungen, gesamtwirtschaftlich

**Anhang 9: Rohdatenblatt: innerbetriebliche Digitalisierungsauswirkungen**

		1806	2500	1400	1076	1620	Summe								
absolute Anzahl Unternehmen		1806	2500	1400	1076	1620	8402								
		DIHK U-Barometer 2017	2017	Telekom Mittelstandsindex	2018	ifm materialien (Mittelwert wg. U-Größen)	2017	IW Weiterbildungserhebung 2017	2017	DIHK 2016	2016	am Unterpunkt	absolut Anteil	%-Anteil	
Innerbetriebliche Auswirkungen der Digitalisierung, in %	Workflowerneuerungen zwingend: Ablauforganisatorische und Aufbauorganisatorische Probleme	60		52		80		0		85			7326	4881	66,62
nur bezogen auf U-Struktur und Umsatz	mögliche Umsatzerhöhung	44		0		0		0		41			3426	1459	42,58
keine Vertriebspositionen und Geschäftsmodelle, keine MA-Anzahl	Arbeitsflexibilisierung	72		0		0		0		0			1806	1300	72,00
	Weiterbildungsbedarf	87		0		88		25		0			4282	3072	71,75
	Investbedarf IT	87		66		91		0		83			7326	5840	79,71
	automatisierte Datenstrukturierung	0		0		20		0		0			1400	280	20,00
absolute Zahl der Unternehmen entsprechend %-Anteil	Workflowerneuerungen zwingend: Ablauforganisatorische und Aufbauorganisatorische Probleme	1083,6		1300		1120		0		1377			4881		
	mögliche Umsatzerhöhung	794,64		0		0		0		664,2			1459		
	Arbeitsflexibilisierung	1300,32		0		0		0		0			1300		
	Weiterbildungsbedarf	1571,22		0		1232		269		0			3072		
	Investbedarf IT	1571,22		1650		1274		0		1344,6			5840		
	automatisierte Datenstrukturierung	0		0		280		0		0			280		

Tabelle 28: Rohdatenblatt: innerbetriebliche Herausforderungen, gesamtwirtschaftlich

## Anhang 10: Bauvolumina nach Produzentengruppen

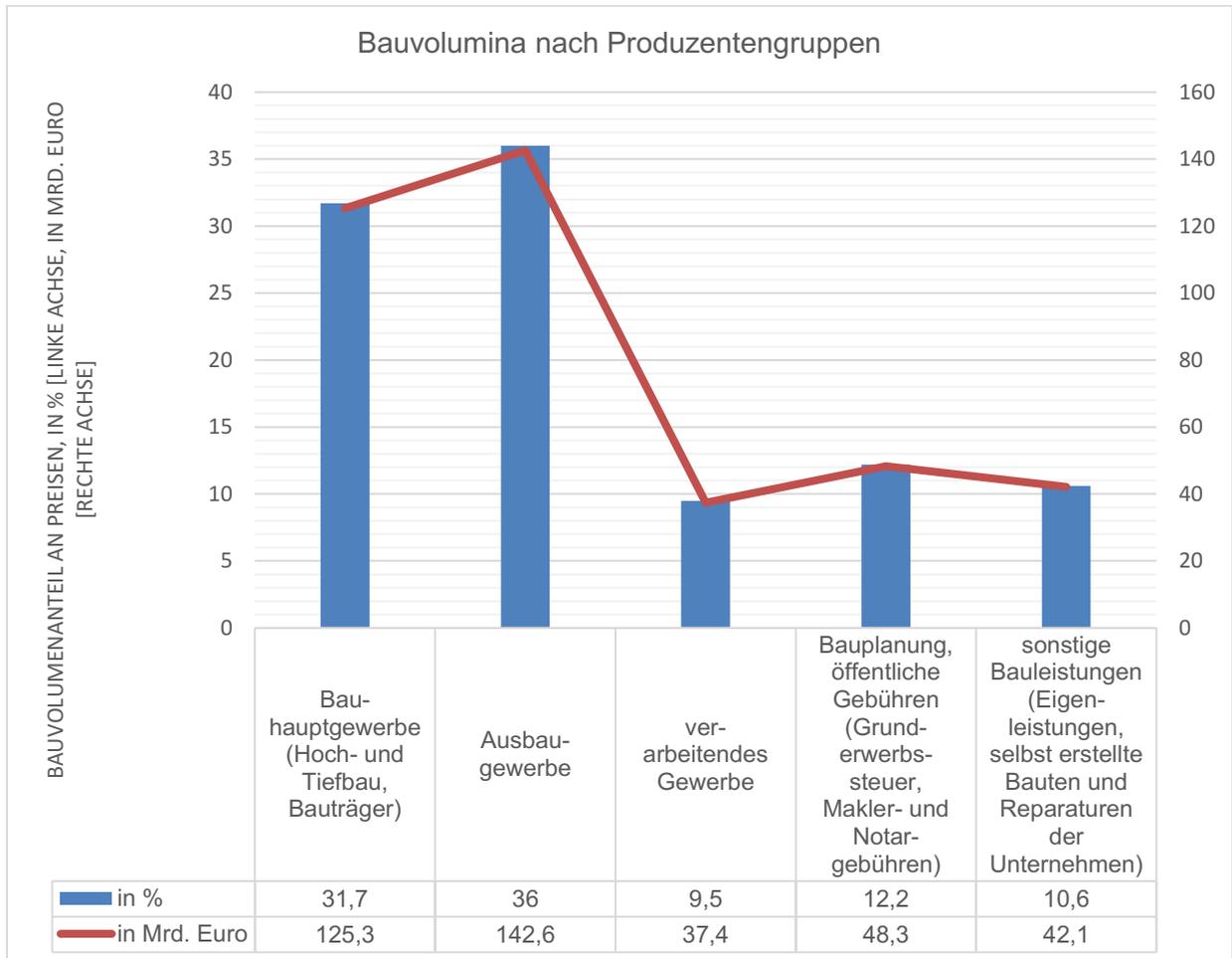


Abbildung 76: Bauvolumen nach Produzentengruppen 2018  
(eigene Darstellung, in Anlehnung an: Rein 2020, S. 4)

## Anhang 11: Größenklassen im Bauhauptgewerbe 2012 bis 2020

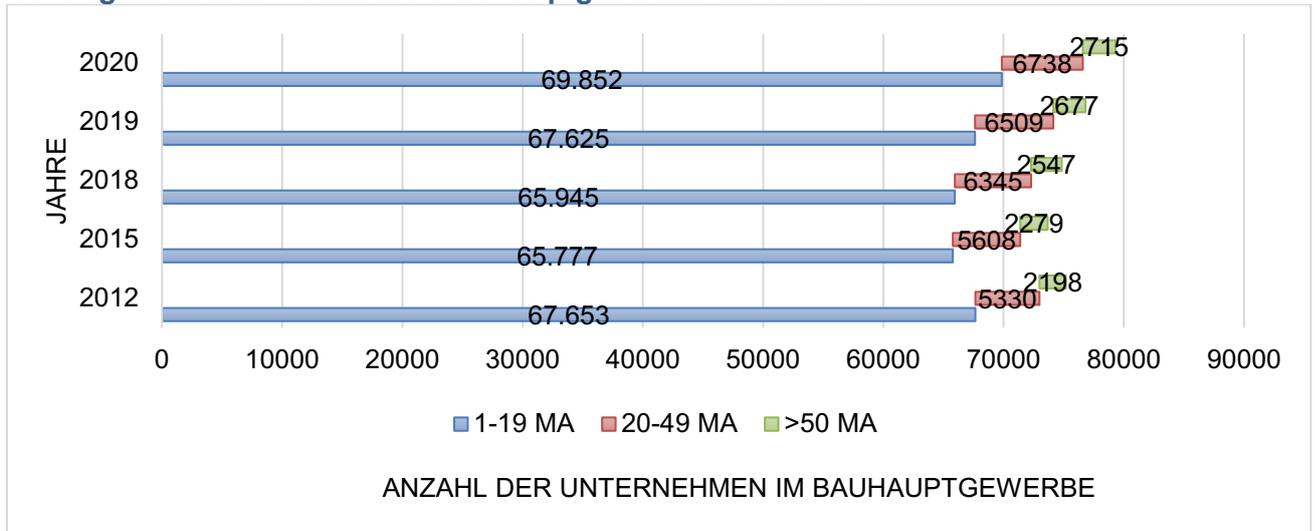


Abbildung 77: Größenklassen im Bauhauptgewerbe 2012 bis 2019

(eigene Darstellung, in Anlehnung an: Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. 2020, S. 33; 2021, S. 39.)

## Anhang 12: Recherche nach TREAD: Digitalisierung deutsche Bauwirtschaft

Datenbanken	Schlagworte im Titel und der Zusammenfassung der Studien			
	Unternehmerische Digitalisierung Bau	Digitale Transformation Bau	Digitalisierungsindex Bau	Digitale Wertschöpfung Bau
Statista [Bereich Statistiken und Studien & Reporte]	230	12	0	1
Institut für Bauforschung e.V.	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>230</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Tabelle 29: Datenbankrecherche: Digitalisierung der deutschen Bauwirtschaft

**Anhang 13: Einbezogene Studien: Digitalisierung deutsche Bauwirtschaft**

Nr.	Studie	Inhalt
1	Digitalisierung im Handwerk (vgl. Handwerkskammer Erfurt 2018)	428 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign: Januar 2018, Einzelstudie, Bauhauptgewerbe: Ausbau
2	Digitalisierungsindex Mittelstand 2018 (vgl. techconsult GmbH 2018)	2.500 teilnehmende Unternehmen deskriptives Forschungsdesign, November 2017, Einzelstudie Bauhauptgewerbe, Bauplanung
3	Digitalisierungsindex 2019/2020 Bau (vgl. techconsult GmbH 2019)	250 teilnehmende Unternehmen deskriptives Forschungsdesign, November 2019, Einzelstudie Bauhauptgewerbe, Bauplanung
4	Digitalisierungsindex Mittelstand 2020 (vgl. techconsult GmbH 2020)	2.000 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign, Dezember 2020, Einzelstudie, Bauhauptgewerbe, Bauplanung
5	Digitalisierung der Bauindustrie 2020 (vgl. PricewaterhouseCoopers GmbH 2020)	100 teilnehmende Unternehmen, deskriptives Forschungsdesign, Dezember 2020, Einzelstudie, Bauhauptgewerbe, Bauplanung

Tabelle 30: Einbezogene Studien zur Digitalisierung der deutschen Bauwirtschaft

Anhang 14: Rohdatenblatt: digitale Fähigkeiten

	n	HWK 2018: Ausbaugewerbe		Digitalisierungsindex Mittelstand Telekom Bau 2018		Digitalisierungsindex Mittelstand Telekom Bau 2019/2020		PWC Digitalisierung Bauwesen 2020		Digitalisierungsindex Telekom 2020		Summe gesamt: 3278	Quelle für Diagramme
		absolute Anzahl Unternehmen	Prozentanteil	absolute Anzahl Unternehmen	Prozentanteil	absolute Anzahl Unternehmen	Prozentanteil	absolute Anzahl Unternehmen	Prozentanteil	absolute Anzahl Unternehmen	Prozentanteil		
<b>Ausbaugewerbe</b>	428	2500		250		70		30		2000			
<b>Prozentanteil</b>													
Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen (bspw. Durch mobile Endgeräte, digitale Bearbeitung: automatisierte Strukturierung, Entscheidungsunterstützung durch Daten) <b>gesamt</b>	28,5	121,98	0	0	0	0	0	0	0	0	121,98	428	28,5
digitale Instrumente in Wertschöpfungsprozessen <b>gesamt:</b>	6	25,68	0	0	0	0	0	0	0	0	25,68	428	6
Laserscan: digitales Aufmaß	13	55,64	0	0	0	0	0	0	0	0	55,64	428	13
BIM	7	25,68	0	0	0	0	0	0	0	0	25,68	428	7
digitale Bautagebücher	6	25,68	0	0	0	0	0	0	0	0	25,68	428	6
3D-Zeichnung	3	12,84	0	0	0	0	0	0	0	0	12,84	428	3
Virtual Reality/Augmented Reality	3	12,84	0	0	0	0	0	0	0	0	12,84	428	3
Drohnenfotografie	3	12,84	0	0	0	0	0	0	0	0	12,84	428	3
<b>Bauhauptgewerbe</b>				<b>Bauhaupt</b>		<b>Bauhaupt (70)</b>		<b>Planung (30)</b>					
Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen <b>gesamt</b>	30	128,4	0	0	0	0	0	0	0	0	128,4	428	30
digitale Instrumente in Wertschöpfungsprozessen <b>gesamt:</b> die wirklich schon anwendungsfähig sind: digital Reife des U	1	4,28	0	46	115	0	0	0	0	0	119,28	678	17,59292035
Laserscan: digitales Aufmaß	21	89,88	0	0	0	0	40	12	0	101,88	458	22,24454148	
Laserscan: digitale Erfassung des gesamten Bestandes	0	0	0	0	33	23,1	40	12	0	35,1	100	35,1	
CAD/3D-Zeichnung	20	85,6	0	0	0	0	0	0	0	85,6	428	20	
Building Information Modeling	5	21,4	0	13	32,5	16	11,2	27	8,1	73,2	778	9,40874036	
Echtzeitanalysen	0	0	0	0	32	22,4	47	14,1	0	36,5	100	36,5	
digitale Bautagebücher	7	29,96	0	24	60	0	0	0	0	89,96	678	13,26843658	
AR/VR	1	4,28	0	0	21	14,7	27	8,1	0	27,08	528	5,128787879	
Drohnen: Überwachung und Fotografie	8	34,24	0	11	27,5	0	0	0	0	61,74	678	9,10619469	
Digitalisierung als Unternehmensstrategie verankert: Projekte digital umsetzen durchgängig	0	0	33	825	0	0	0	0	0	825	2500	33	
IoT auf der Baustelle	0	0	0	0	27	18,9	0	0	0	18,9	70	27	
3D-Druck	0	0	0	12	30	0	0	0	0	30	250	12	
KI-Anwendungen im BIM-Zusammenhang (Simulationen mit BIM im Veränderungsmanagement, Schadenidentifizierung an Bestandsbauten)	0	0	0	6	15	0	0	0	0	15	250	6	

Tabelle 31: Rohdatenblatt zu digitalen Fähigkeiten der deutschen Bauwirtschaft

### Anhang 15: BIM – Anwendungsrealität: Datenbankrecherche

	Schlagworte im Titel und der Zusammenfassung der Studien
<b>Datenbanken</b>	<b>Building Information Modeling</b>
Fraunhofer IRB (RSWB) (Forschungsberichte)	23
Statista [Bereich Statistiken und Studien & Reporte]	6
Open Source	
BIM-Institut Bergische Universität Wuppertal	1
Summe	30

Tabelle 32: Datenbankrecherche BIM-Anwendungsrealität

### Anhang 16: Einbezogene Studien zur BIM-Anwendungsrealität

Studien	Struktur
Digitalisierung der Bauindustrie 2020 (vgl. PricewaterhouseCoopers GmbH 2020)	100 teilnehmende Unternehmen [Objektplaner, Projektsteuerer, bauausführende Bauunternehmen] deskriptives Forschungsdesign: Dezember 2020, Einzelstudie
BIM – are you ready? (vgl. Cacciatore und Kaiser 2018)	215 teilnehmende Unternehmen [Objektplaner, Fachplaner TGA, Hersteller, bauausführende Bauunternehmen] deskriptives Forschungsdesign: August 2018, Einzelstudie
Digitalisierung der deutschen Bauindustrie 2019 (vgl. PricewaterhouseCoopers GmbH 2019)	100 teilnehmende Unternehmen [Objektplaner, Projektsteuerer, bauausführende Bauunternehmen] deskriptives Forschungsdesign: Juni 2019, Einzelstudie
BIM-gestützte Arbeitsplanung in KMU (vgl. Helmus et al. 2017)	366 teilnehmende Unternehmen [Ausbaugewerbe] deskriptives Forschungsdesign: Oktober 2017 Einzelstudie

Tabelle 33: Einbezogene Studien zur BIM-Anwendungsrealität

## Anhang 17: Aufgabenanalyse und Aufgabensynthese

Die weiterführenden Aufgaben der Aufbauorganisation bestehen in der Aufgabenanalyse zur Zerteilung der unternehmerischen Gesamtaufgabe in alle Einzelaufgaben zur sinnhaften, arbeitsteiligen Strukturierung der betrieblichen Prozesse. Die sich anschließende Aufgabensynthese, betreibt die Aufgabenkonsolidierung zu Stellen und deren Beziehungen zueinander (vgl. Jung 2010, S. 266; Kosiol 1962, S. 41–62). Verdeutlicht ist dieses Vorgehen in Abb. 78.

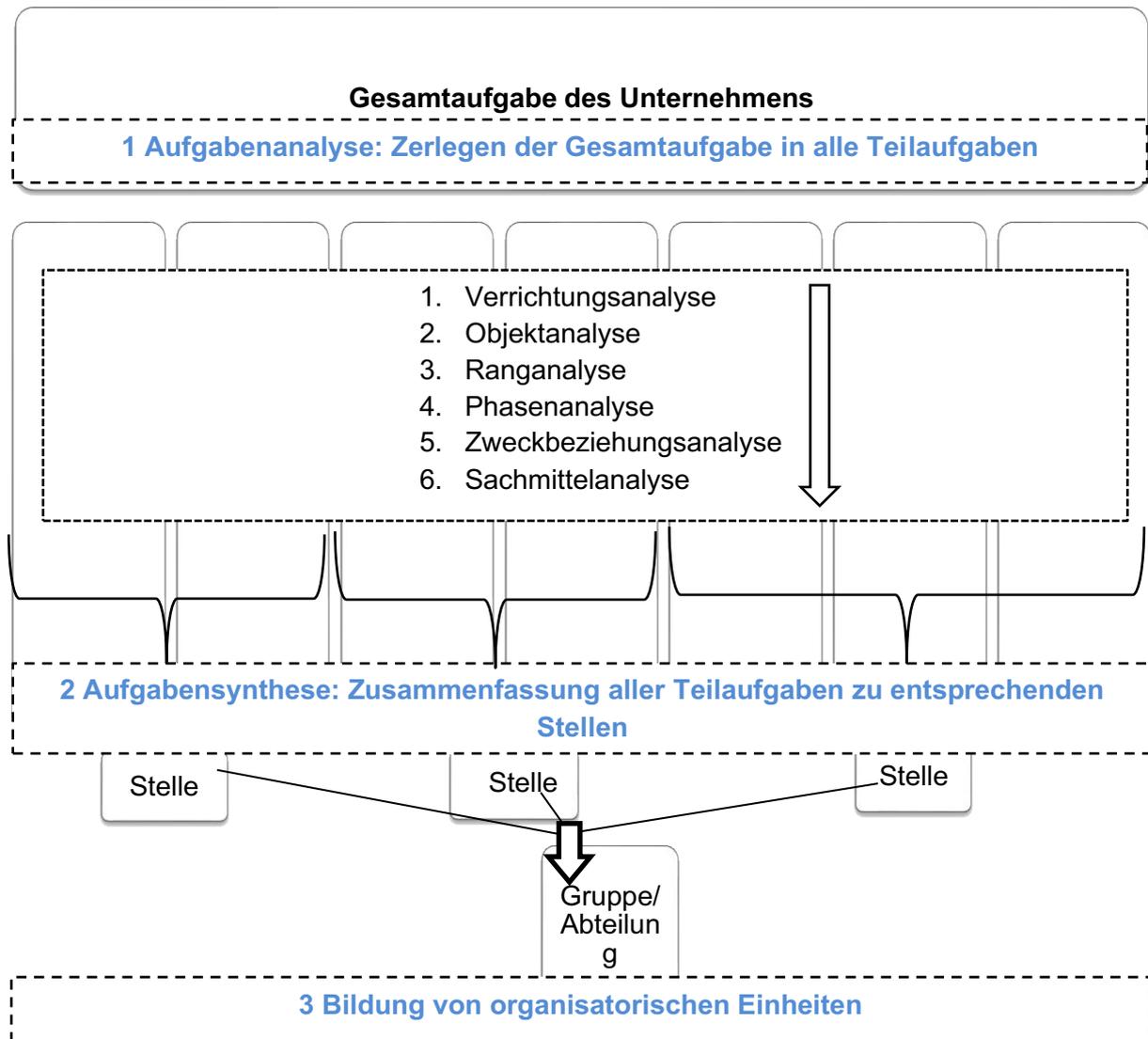


Abbildung 78: Aufgabenanalyse und -synthese in der Aufbauorganisation (eigene Darstellung, in Anlehnung an: Jung 2010, S. 263–265; Wöhe 1986, S. 157; Wöhe und Döring 2008, S. 117)

Um die Aufgabensynthese vornehmen zu können, bedarf es innerhalb der Zerlegung der Gesamtaufgabe der Beachtung verschiedener Analyseformen, die aufeinander folgen. Dazu zeigt Tab. 34 die Bestimmungselemente einer Aufgabe.

<b>Bestimmungselemente einer Aufgabe</b>	
Verrichtung	Durch welche Art von Tätigkeit wird Aufgabe gelöst [WIE]
Objekt	An welchem Gegenstand wird Verrichtung vollzogen [WORAN]
Aufgabenträger	Durch wen wird Aufgabe ausgeführt
Hilfsmittel	Mit welchen Sach- und Arbeitsmitteln wird Aufgabe erledigt [WOMIT]
Raum	An welchem Ort findet Aufgabenerledigung statt [WO]
Zeit	Zu welcher Zeit wird gestellte Aufgabe erfüllt [WANN]

*Tabelle 34: Bestimmungselemente einer Aufgabe*

(eigene Darstellung, in Anlehnung an: Jung 2010, S. 263–265; Kosiol 1962, S. 41–62)



## Legende Referenzen

A	DIN EN ISO 12006-2:2020-07
B	DIN EN ISO 29481-1:2018-01
C	VDI-Richtlinie 2552 Blatt 1:2020-07
D	VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08
E	VDI-Richtlinie 2552 Blatt 5:2018-12
F	VDI-Richtlinie 2552 Blatt 7:2020-06
G	VDI-Richtlinie 2552 Blatt 9:2020-08
H	VDI-Richtlinie 2552 Blatt 10:2020-01
I	VDI/bS-Richtlinien Blatt 11.1:2020-09
J	DIN EN ISO 19650-1:2019-08
K	DIN EN ISO 19650-2:2019-08
L	DIN EN ISO 19650-3:2019-10
M	DIN EN ISO 19650-5:2019-08
N	DIN SPEC 91391-1:2019-04
O	DIN SPEC 91391-2:2019-04
P	DIN EN ISO 16739-1:2019-09
Q	Borrmann und Berkhahn 2015d, S. 25–55
R	Koch 2015, S. 43–55
S	Borrmann und Berkhahn 2015d, S. 25–42

Tabelle 36: Referenzen des Strukturmodells

## Anhang 19: BIM – Bauprojektorganisation in den Modellprojekten

Organisationsformen orientieren sich an der BIM-Rollenverteilung (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 7:2020-06). Die Modellprojekte Wertschöpfungskette Bau Projekt 1 und Projekt 2, BIMid Projekt 1, BMVI-Pilotprojekte, BIM4Infra-Projekte sind geteilt nach Einzelplanern und Einzelunternehmern organisiert [Abb. 79]. Die Rolle des BIM-Managements übernimmt auf Modellebene die wissenschaftliche Begleitung [entspr. Kapitel 7.3, Tab. 17]. Der Auftraggeber bleibt unbeachtet.

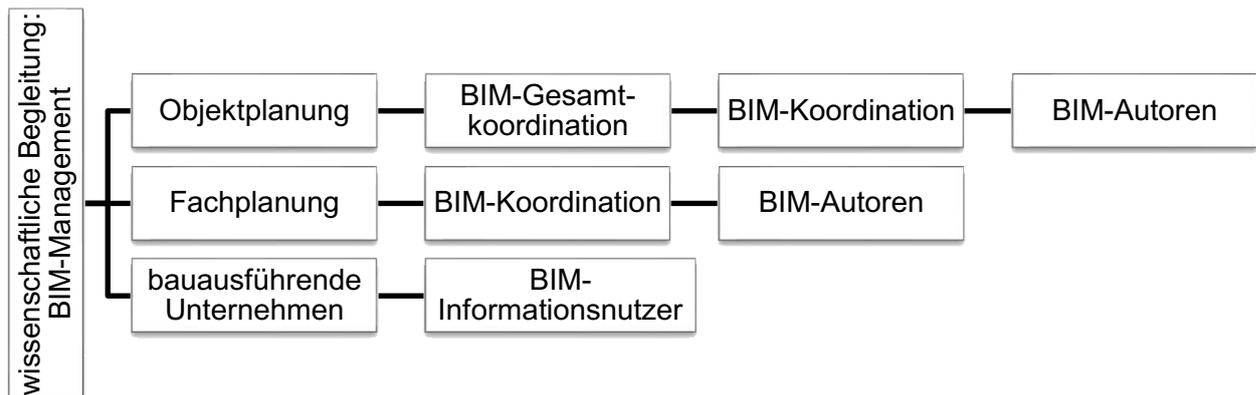


Abbildung 79: BIM-Organisation: Einzelplaner und Einzelunternehmer

Die Leistung der Objektplanung ist definiert nach Leistungsbild Teil 3 HOAI, die der Fachplanung nach Leistungsbild Teil 4 HOAI. Die Leistungen der bauausführenden Unternehmen basieren auf der Werkvertragsebene nach § 1 Ausführung VOB/B].

Die Modellprojekte BIM-Mittelstandsleitfaden: Fachmarktzentrum Leinefelde und BIMid Projekt 2 sind nach Generalplanung und Generalunternehmung in der Ausführung organisiert [Abb. 80]. Die Rolle des BIM-Managements übernimmt auf Modellebene die wissenschaftliche Begleitung [entspr. Kapitel 7.3, Tab. 17]. Der Auftraggeber bleibt unbeachtet.

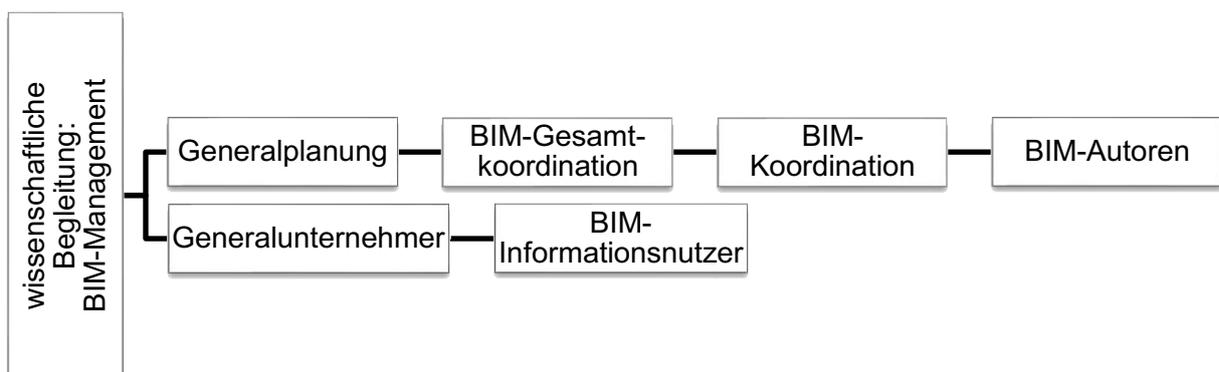


Abbildung 80: BIM-Organisation: Generalplaner und Generalunternehmer

Die Generalplanung vereint die Objektplanung nach Teil 3 HOAI und die Fachplanung nach Teil 4 HOAI. Die Generalunternehmung hat eine vertragliche Beziehung auf Werkevertragsebene mit allen beteiligten bauausführenden Unternehmen nach § 1 Ausführung VOB/B].

## Anhang 20: Modellprojekte und mitwirkende Institutionen

### Modellprojekte Kapitel 7

Nr.	Bezeichnung	Mitwirkende Institutionen zur Modellprojekt- und Dokumentenerstellung
1	BIM Mittelstandsleitfaden: Fachmarktzentrum Leinefelde	Bergische Universität Wuppertal, DEUBIM GmbH, POS4 Architekten Generalplaner GmbH, Generalunternehmer MBN GmbH, Runkel Fertigteilbau GmbH, Brendebach Ingenieure GmbH, Berling Ingenieurgesellschaft mbH, RMA Management GmbH
2	Digitalisierung der Wertschöpfungskette Bau in Thüringen	Bauhaus-Universität Weimar, Fachhochschule Erfurt, Bauer Bauunternehmen GmbH, HAu.S GmbH, SGHG Ingenieurgruppe Bautechnik, Ingenieurbüro Baustatik Sando, WG Carl Zeiss eG, Karl Trübner Tief- und Landschaftsbau GmbH, Heinrich Wassermann GmbH und Co. KG
3	BIMid – Referenzobjekt in Deutschland	Institut für Mittelstandsforschung der Universität Mannheim (ifm), Jade Hochschule, AEC3 Deutschland GmbH, Johann Bunte Bauunternehmung GmbH, Johannes Oetken & Söhne GmbH, buildingSMART e. V., Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
4	BMVI Pilotprojekte BIM	Technische Universität München, Ruhr-Universität Bochum, AEC3 Deutschland GmbH, Kapellmann und Partner Rechtsanwälte, OBERMEYER Planen + Beraten GmbH, DEGES GmbH
5	BIM4INFRA 2020	Ruhr-Universität Bochum, planen-bauen 4.0, WTM Engineers Berlin GmbH, HOCHTIEF ViCon GmbH, Max Bögl GmbH & Co.KG, Obermeyer Planen + Beraten GmbH

Tabelle 37: Modellprojekte und mitwirkende Institutionen

## Anhang 21: Rohdatenblatt: Anwendungsfallvorkommen: Modellprojekte

[1 = vorhanden; kein Wert = nicht vorhanden]

Nr.	vorhandene Anwendungsfälle [AWF] in den Modellprojekten												Summe	
	FMZ Leinefelde	DigiWertBau		BIM4Infra			BMVIPiloten			BIMid				
		P1 (Hoch)	P2 (Tief)	P1	P2	P3	P5	P1	P3	P4	P1	P2		
<b>Planung</b>														
AWF 1				1		1			1			1		4
AWF 2	1			1	1									3
AWF 3				1	1									2
AWF 4	1	1		1	1		1		1		1	1		8
AWF 5	1	1								1				3
AWF 6	1	1	1											3
AWF 7				1	1									2
AWF 8	1			1	1	1	1		1	1				7
AWF 9	1							1		1				3
AWF 10		1									1			2
AWF 11	1													1
AWF 12	1													1
AWF 13								1						1
AWF 14	1			1	1	1			1	1				6
Summe	9	4	1	7	6	3	2	3	3	4	3	1		46
<b>Arbeitsvorbereitung</b>														
AWF 15	1		1											2
AWF 16	1	1												2
AWF 17	1	1	1								1			4
AWF 18		1												1
AWF 19	1	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Summe	4	4	3	1	1	1	1	1	0	0	1	0		17
<b>Ausführung</b>														
AWF 20	1													1
AWF 21				1	1	1	1							4
AWF 22				1	1	1	1				1			5
AWF 23		1		1	1	1			1					5
AWF 24				1	1	1								3
AWF 25									1					1
AWF 26				1	1	1			1					4
AWF 27			1											1
AWF 28				1	1	1	1							4
Summe	1	1	1	6	6	6	3	0	3	0	1	0		28
<b>Projektabschluss</b>														
AWF 29	1	1									1			3
AWF 30	1	1									1	1		4
Summe	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1		7
Summe	16	11	5	14	13	10	6	4	6	4	7	2		98

Legende 1 = AWF vorhanden

Tabelle 38: Darstellung der evaluierten Anwendungsfälle aus den Modellprojekten

## Anhang 22: BIM – AWF in Zuordnung zur Objekt- und Fachplanung nach HOAI

### erfasste Grundleistungen und besondere Leistungen nach HOAI in den Modellprojekten:

Teil 3 Objektplanung: konkrete Objektart, [gemäß Objektlisten Anlagen 10, 12, 13 HOAI]

- Abschnitt 1 Gebäude und Innenräume § 34 (1), (3) Leistungsbild Gebäude und Innenräume HOAI, Anlage 10 Grundleistungen im Leistungsbild Gebäude und Innenräume
- Abschnitt 3 Ingenieurbauwerke §§ 41, 43 HOAI, Anlage 12 Grundleistungen im Leistungsbild Ingenieurbauwerke
- Abschnitt 4 Verkehrsanlagen §§ 45, 47 HOAI, Anlage 13 Grundleistungen im Leistungsbild Verkehrsanlagen

Teil 4 Fachplanung: konkrete Fachbereichsart [gemäß Objektlisten Anlagen 14, 15 HOAI]

- Abschnitt 1 Tragwerksplanung §§ 49, 51 HOAI, Anlage 14 Grundleistungen im Leistungsbild Tragwerksplanung, Fachbereichsarten: Verbundkonstruktionen, Rahmenbauten, Spannbeton [Ingenieurbauwerke], Gründung, Mauerwerk, Deckenkonstruktionen/Flächentragwerk [Hochbau]
- Abschnitt 2 technische Ausrüstung. §§ 53, 55 HOAI, Anlage 15 Grundleistungen im Leistungsbild technische Ausrüstung, Fachbereichsarten: Wasser- und Abwasseranlagen, Wärmeversorgungsanlagen [Hochbau], lufttechnische Anlagen, Stromanlagen, informationstechnische Anlagen [Ingenieurbauwerke]

		Zuordnung zur Objekt- und Fachplanung [nach HOAI], entsprechend des Vorkommens in den Modellprojekten je Anwendungsfall										
Zeitliche Phasenzuordnung (vgl. Eschenbruch et al. 2020, S. 14)		Leistungsphasen: §§ 34 (3), 47 (1), 43 (1) HOAI [Teil 3 Objektplanung]; §§ 51 (1), 55 (1) [Teil 4 Fachplanung]									Kurzbeschreibung der evaluierten Anwendungsfälle [Vorkommen in den einbezogenen Modellprojekte]	
Nr.	BIM-Anwendungsfall	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>Bauplanung</b>												
AWF 1	Planungsvariantenuntersuchung			✓							<p>LPH 3: Gebäude/Innenräume: a) Erarbeitung der Entwurfsplanung unter Beachtung gestalterischer und wirtschaftlicher Bedingungen; Analyse der Varianten; <u>Ingenieurbauwerke</u>: a) Erarbeitungen des Entwurfs auf Grundlage der Vorplanung durch zeichnerische Darstellungen und Kosten-Nutzen-Untersuchungen, <u>Tragwerksplanung</u>: a) Erarbeitung der Tragwerkslösungen mit zeichnerischer Darstellung, <u>technische Ausrüstung</u>: a) Lösungserarbeitung: mit Varianten der Betriebskostenberechnung</p>	<p><b>modellbasierte Planungsvariantenuntersuchung:</b> Planungsvarianten zur Analyse und Bewertung von Baukosten, baulich-konstruktiver Gestaltung und Qualitäten, Variantenvergleich anhand BIM-basierter Planerstellung</p>
AWF 2	Visualisierungen			✓							<p><u>Gebäude/Innenräume</u>: a) Erarbeitung der Entwurfsplanung unter Beachtung gestalterischer Bedingungen; <u>Ingenieurbauwerke</u>: a) Erarbeitungen des Entwurfs auf Grundlage der Vorplanung durch zeichnerische Darstellungen</p>	<p><b>Visualisierungen:</b> Ableitung aus BIM-Modellen: Bilder, Filme, Animationen, aus Planungsmodell abgeleitet</p>
AWF 3	Bemessung und Nachweisführung			✓							<p><u>Ingenieurbauwerke</u>: c) fachspezifische Berechnungen, <u>Tragwerksplanung</u>: b) überschlägige statische Berechnung und Bemessung</p>	<p><b>Bemessung und Nachweisführung:</b> inkl. Baustatik, Ableitung eines Berechnungsmodells aus dem Planungsmodell, zur Weiterleitung der Ergebnisse mit</p>

					zugehörigen Planunterlagen zur Prüfung
<b>AWF 4</b>	Koordination der Fachgewerke [i.S.d. Informationsmanagements]	✓		<p><u>Gebäude/Innenräume:</u> b) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für andere an der Planung fachlich Beteiligten, Koordination und Integration von deren Leistung; <u>Ingenieurbauwerke:</u> a) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten: Integration und Koordination der Fachplanungen, <u>Anlage 13 Verkehrsanlagen:</u> a) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten: Integration und Koordination der Fachplanungen; <u>Tragwerksplanung:</u> a) Erarbeitung der schlussendlichen Tragwerkslösung als konstruktiver Entwurf mit zeichnerischer Darstellung unter Beachtung weiterer integrierter Fachplanungen, c) Festlegungen der konstruktiven Details und Hauptabmessungen des Tragwerks; <u>technische Ausrüstung:</u> b) Festlegung aller Systeme und Anlagenteile, c) Platzbedarf Anlagen: zeichnerische Darstellung für Objektplanung mit abgestimmtem Ausgabemaßstab</p>	<p><b>Koordination der Fachgewerke:</b> Bereitstellung des Objektplanungsmodells und Prüfung der Anforderungen in den Fachmodelle der Fachplaner [Vorstufe Kollisionsprüfung], parallele Detailplanung der verschiedenen Fachplaner</p>
<b>AWF 5</b>	Leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	✓		<p><u>Gebäude/Innenräume:</u> b) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für andere an der Planung fachlich Beteiligten, <u>Ingenieurbauwerke:</u> a) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten: Integration und Koordination der Fachplanungen, <u>Tragwerksplanung:</u> a) Erarbeitung der schlussendlichen Tragwerkslösung als konstruktiver Entwurf mit zeichnerischer Darstellung unter Beachtung weiterer integrierter Fachplanungen; <u>technische Ausrüstung:</u> b) Festlegung aller Systeme und Anlagenteile</p>	<p><b>leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle:</b> automatisierte Kollisionsprüfung nach BCF-Schema [Überprüfungsvorgang endet mit gesammelten und beschriebenen Fehlern], systematische Konfliktbehebung der Konstruktion und Anwendung weiterer Regeln zum Brandschutz und notwendigen Abständen</p>

AWF 6	Koordinationsmodell- verwendung	✓	<p><u>Gebäude/Innenräume</u>: b) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für andere an der Planung fachlich Beteiligten, Koordination und Integration von deren Leistung; <u>Ingenieurbauwerke</u>: a) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten: Integration und Koordination der Fachplanungen, <u>Anlage 13 Verkehrsanlagen</u>: a) Bereitstellung der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten: Integration und Koordination der Fachplanungen; <u>Tragwerksplanung</u>: a) Erarbeitung der schlussendlichen Tragwerkslösung als konstruktiver Entwurf mit zeichnerischer Darstellung unter Beachtung weiterer integrierter Fachplanungen; c) Festlegungen der konstruktiven Details und Hauptabmessungen des Tragwerks; <u>technische Ausrüstung</u>: b) Festlegung aller Systeme und Anlagenteile, c) Platzbedarf Anlagen: zeichnerische Darstellung für Objektplanung mit abgestimmtem Ausgabemaßstab</p>	<p><b>Koordinationsmodell:</b> Zusammenführung der Fachmodelle in einem einheitlichen geodätischen Bezugssystem, Festlegung zur gemeinsamen Datenumgebung und Steuerung des Koordinationsprozesses, Anforderungsdefinition für Modellinhalte</p>
AWF 7	Fortschrittkontrolle der Planung	✓	<p><u>Ingenieurbauwerke</u>: h) Ermittlung der wesentlichen Bauphasen; <u>Tragwerksplanung</u>: c) Festlegung konstruktiver Details</p>	<p><b>Fortschrittskontrolle der Planung:</b> Erstellung der einzelnen Fach- und Teilmodelle nach Planungsterminplan auf Basis gemeinsamer Projektanforderungen: Durchführung der Prüfläufe zur Planungsfreigabe, Prüfung von Planunterlagen und 3D-Modell auf Konformität [mit AIA /nach Richtlinien]</p>
AWF 8	modellbasierte Erstellung von Entwurfplänen	✓	<p><u>Gebäude/Innenräume</u>: g) Zusammenfassung und Dokumentation der Entwurfsergebnisse; <u>Ingenieurbauwerke</u>: e) und j) Erläuterung des Entwurfs und Ergebnisdokumentation, <u>Verkehrsanlagen e) und i)</u>: Erläuterung des Entwurfs und Ergebnisdokumentation, <u>Tragwerksplanung</u>: e) und i) Erläuterungsbericht und <u>Ergebnisdokumentation</u>, <u>technische</u></p>	<p><b>Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen:</b> Ableitung relevanter Teile der Entwurfs- und Genehmigungspläne aus BIM-Modell, Maßstab und Planinhalte entsprechen hierbei den Projektvorgaben [vgl. zu AWF14: haben 2D-Pläne geringeren Ausarbeitungsgrad: Erstellung von</p>

			<u>Ausrüstung</u> : e) Erläuterung und Ergebnisdokumentation	2D-Ansichten für Grundrisse, Schnitte, Ansichten] modellbasiert, Ergänzung 2D-Ansichten um Maßketten, Beschreibungen
<b>AWF 9</b>	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	✓	<u>Gebäude/Innenräume</u> : e) Vorbereitung Kostenberechnung nach DIN 276; <u>Ingenieurbauwerke</u> : g) <u>Mengenermittlung als Vorbereitung der Kostenberechnung</u> , <u>Tragwerksplanung</u> : d) Mengenermittlung, <u>technische Ausrüstung</u> : f) Vorbereitung der Kostenberechnung nach DIN 276 [3. Ebene]	<b>Mengen- und Massenermittlung:</b> auf Basis der Verknüpfung des Planungsmodells und eines Attributfilters zur Ableitung der Mengen und Massen aus den Objekten
<b>AWF 10</b>	Attribuierung im TGA-Fachmodell	✓	<u>technische Ausrüstung</u> : c) Anlagen mit technischen Daten und Energiebilanzierungen versehen	<b>Attribuierung im TGA-Fachmodell:</b> Verwendung spezifischer Formteile und deren technischen Daten aus Bauteilbibliotheken
<b>AWF 11</b>	CDE-Kollaboration Planung	✓	-	<b>CDE-Kollaboration Planung:</b> Nutzung einer BIM-konformen Kollaborationsplattform im Sinne des Common Data Environment [containerbasiert; nach DIN SPEC 9139-1, 9139-2:2019-04]
<b>AWF 12</b>	Attribuierung Kosten	✓	<u>Gebäude/Innenräume</u> e) Vorbereitung Kostenberechnung nach DIN 276, <u>Tragwerksplanung</u> : g) Mitwirkung Kostenberechnung, <u>technische Ausrüstung</u> : f) Vorbereitung der Kostenberechnung nach DIN 276 [3. Ebene]	<b>Attribuierung Kosten:</b> Vorzeitige Attribuierung einzelner Bauteile der Fachmodelle/des Objektplanungsmodells mit Kosten in der nativen Modellierungssoftware für spätere Verlinkung mit 4D und 5D Software
<b>AWF 13</b>	modellbasierte Kostenschätzung und Kostenberechnung	✓	<u>Ingenieurbauwerke</u> : g) Kostenberechnung, <u>Tragwerksplanung</u> : Mitwirkung bei der Kostenberechnung	<b>Kostenschätzung und Kostenberechnung:</b> Ermittlung Bauteilbezogener Mengen [Volumen, Flächen, Längen, Stückzahlen], Modell als Basis für übliche Kostengliederungen [nach DIN 276], Gruppierung von Bauelementen und Einzelelementen im Modell und

				Zuordnung zu Kostengruppen, Mengenermittlung von Elementgruppen durch im Modell enthaltene geometrische und semantische Informationen
<b>AWF 14</b>	modellbasierte Terminplanung der Ausführung	✓	<u>Gebäude/Innenräume</u> f) Fortschreiben des Terminplans, <u>Ingenieurbauwerke</u> : i) Bauzeiten- und Kostenplanerstellung, <u>Tragwerksplanung</u> : g) Mitwirkung Terminplanung, <u>technische Ausrüstung</u> : f) Terminplanung	<b>Terminplanung der Ausführung:</b> Verknüpfung der Terminplanung mit zugehörigen Modellelementen [4D] zur Darstellung und Überprüfung des Bauablaufs, Erstellung und Fortschreibung verknüpfter Terminpläne mit phasengerechter Konkretisierung auf Grundlage des bauzeiten- bzw. Vertragsterminplans
<b>Ausführungsvorbereitung</b>				
<b>AWF 15</b>	Kollisionskontrolle in der Ausführungsplanung	✓	<u>Gebäude/Innenräume</u> : b), c), e): Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen, Bereitstellung an andere an der Planung fachlich Beteiligte, Fortschreibung Ausführungsplanung; <u>Verkehrsanlagen</u> : c) Integration erneuerter Ausführungsplanungen bis zu ausführungsfähigen Lösung <u>Tragwerksplanung</u> : b), c), e): Schalpläne anfertigen, zeichnerische Konstruktionsdarstellung mit Einbauanweisungen, Fortführung der Projektanbahnung, <u>technische Ausrüstung</u> : b), c), e): Fortschreibung Berechnung und Bemessung, Detaillierung der Ausführungszeichnungen, Schlitz- und Durchbruchplanung, Fortführung der Projektanbahnung	<b>Kollisionskontrolle in der Ausführungsplanung:</b> Sonderfall: zusätzliche Kollisionsprüfung für Bauteile mit Erdreichberührung [Winkelstützelemente oder Torpfähle mit Erdreichberührung] und bei Erdschichten mit Gefälle
<b>AWF 16</b>	periodisches Pflegen der Fachmodelle	✓	<u>Gebäude/Innenräume</u> : b) Erhöhung Detaillierungsgrad: Fortschreibung Raumbücher, Prüfung der Übereinstimmung von Entwurfsplänen und Ausführungsplänen der Bauunternehmen; <u>Tragwerksplanung</u> b), c): Schalpläne anfertigen, zeichnerische Konstruktionsdarstellung mit Einbauanweisungen; <u>technische Ausrüstung</u> : b)	<b>periodisches Pflegen der Fachmodelle:</b> Nachbearbeitung von Bauteilen nach der Kollisionskontrolle [Planung] in der Attribuierung und Parametrisierung, fehlende Attribute sind ergänzt worden

			Anpassung und Detaillierung: Funktionslisten, Bauteile, Pläne für Anschlüsse	
<b>AWF 17</b>	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung [in der Ausführungsplanung]	✓	<u>Gebäude/Innenräume:</u> e) Fortschreiben der Ausführungsplanung: Bildung Grundlage der Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm, Prüfung des Leistungsprogramms des bauausführenden Unternehmens; <u>Verkehrsanlagen:</u> b) Erläuterung zur Objektplanung gehörende Berechnungen mit für die Ausführung notwendigen Einzelangaben; <u>Tragwerksplanung:</u> d) Mengen- und Stückliste, <u>technische Ausrüstung:</u> e) Fortschreibung der Ausführungsplanung	<b>modellbasierte Mengen- und Massenermittlung:</b> mit Leistungsverzeichnis-Verknüpfung [attributorientiert, objektorientiert: bauausführende Unternehmen]
<b>AWF 18</b>	modellbasierte Arbeitskalkulation	✓	<u>Gebäude/Innenräume:</u> e) Fortschreiben der Ausführungsplanung: Bildung Grundlage der Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm, Prüfung des Leistungsprogramms des bauausführenden Unternehmens; <u>Tragwerksplanung:</u> d) Mengen- und Stückliste, <u>technische Ausrüstung:</u> e) Fortschreibung der Ausführungsplanung	<b>modellbasierte Arbeitskalkulation:</b> Erstellung des Kostenkatalogs und der Kalkulationssätze [bauausführende Unternehmen]
<b>AWF 19</b>	Erstellung Produktionsmodell [modellbasierte Ableitung von Ausführungsplänen]	✓	<u>Gebäude/Innenräume:</u> e), f): Fortschreibung Ausführungsplanung, Überprüfung erforderlicher Montagepläne auf Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung, Prüfung des Leistungsprogramms des bauausführenden Unternehmens, Ablauf- und Netzpläne; <u>Verkehrsanlagen:</u> c), d): ausführungsfähige Lösung abgestimmt, Vervollständigung der Ausführungsplanung, Ablauf- und Netzpläne; <u>Ingenieurbauwerke:</u> c), d) ausführungsfähige Lösung, Vervollständigung Ausführungsplanung, Ablauf- und Netzpläne, <u>Tragwerksplanung:</u> e) Fortführung der Abstimmung mit Prüfsingenieuren, Rohbauzeichnungen Baustelle; <u>technische Ausrüstung:</u> e), f): prüfen und anerkennen der	<b>Erstellung Produktionsmodell:</b> das Produktionsmodell ist das Planungsmodell, erweitert um die terminlichen Ausführungsplanungen der Fachgewerke, Erstellung von 2D-Ansichten aus BIM-Modell Ableitung der Ausführungspläne [vgl. zu AWF 8: Pläne haben hier einen höheren Informationsgehalt, weil erhöhter Ausarbeitungsgrad des Modells vorliegt]

			Montage- und Werkstattpläne der ausführenden Unternehmen, Übergeben der fortgeschriebenen Ausführungsplanung an die ausführenden Unternehmen	
<b>Bauausführung</b>				
<b>AWF 20</b>	Bereitstellung Planungsmodell [an Bauleitung/ Projektleitung]	✓	Gebäude/Innenräume: a) Überwachen auf Übereinstimmung mit Verträgen ausführender Unternehmen	<b>Bereitstellung Planungsmodell an den Generalunternehmer:</b> Sonderfall [Vorfertigung] für Betonfertigteile und Leimholzbinder: Datendurchgängige Planung mittels IFC für die Vorfertigung: Einlesen von der Abbundanlage: automatisierte Produktion
<b>AWF 21</b>	Baufortschrittskontrolle	✓	<u>Verkehrsanlagen:</u> b) Aufstellung und Überwachung Terminplan, <u>Ingenieurbauwerke:</u> b) Aufstellung und Überwachung Terminplan <u>technische Ausrüstung:</u> c), d) Überwachung Terminplan, Fortschreibung Ausführungspläne	<b>Baufortschrittskontrolle:</b> Modellnutzung für terminliche Baufortschrittskontrolle als Grundlage des Projekt-Controlling: Eintragung der Ist-Termine der Fertigstellung in Bezug auf terminlichen Soll-Zustand, farbliche Darstellung von Abweichungen
<b>AWF 22</b>	Änderungsmanagement	✓	Gebäude/Innenräume: e) Dokumentation Bauablauf; <u>Verkehrsanlagen:</u> a) Dokumentation des Bauablaufs; <u>Ingenieurbauwerke:</u> a) Dokumentation des Bauablaufs, <u>technische Ausrüstung:</u> d) Dokumentation des Bauablaufs	<b>Änderungsmanagement bei Planungsänderungen:</b> Nutzung des Modells zur Dokumentation, Nachverfolgung und Freigabe von Planungsänderungen während der Bauausführung: Dokumentation der Planungsänderungen hinsichtlich Umfang und Veranlasser, Aufbau eines Informationsmanagements für Änderungen [Teil der CDE]

AWF 23	Abrechnung von Bauleistungen	✓	Gebäude/Innenräume: g) Rechnungsprüfung, Aufmaßprüfung, <u>Ingenieurbauwerke</u> : besondere Leistung: Rechnungsprüfung, Abschlags- und Schlussrechnung; <u>technische Ausrüstung</u> : g) Rechnungsprüfung	<b>Abrechnung von Bauleistungen:</b> modellbasierte Abrechnung von Zwischenständen oder dem Endzustand: Plausibilisierung der in Rechnung gestellten Bauleistungen anhand des hinterlegten Baufortschritts
AWF 24	Werkstatt- und Montagepläne	✓	<u>Ingenieurbauwerke</u> : a) Prüfung von Plänen auf Übereinstimmung mit dem auszuführenden Objekt, <u>technische Ausrüstung</u> : a) Überwachung der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit den Montage- und Werkstattplänen	<b>Werkstatt- und Montagepläne:</b> 2D-Ableitung aus modellbasierter Darstellung zur Montage, Ableitung von Bauteillisten
AWF 25	Kostencontrolling	✓	<u>Ingenieurbauwerke</u> : d) Kostenfeststellung, Vgl. mit Auftragssumme, <u>technische Ausrüstung</u> : i) Kostenfeststellung	<b>Kostencontrolling:</b> Budgetüberwachung entsprechend der Kostenberechnung der Planung, Überwachung anhand von modellbasierten Bauzuständen und Kostensimulationen
AWF 26	Mängelmanagement	✓	<u>Ingenieurbauwerke</u> : e) Feststellung von Mängeln, Überwachung der Mängelbeseitigung [bei Abnahme festgestellt], i) Auflistung der Verjährungsfristen der Mängelansprüche; <u>technische Ausrüstung</u> : k) fachtechnische Abnahme und Feststellen von Mängeln, o) Überwachen der Mängelbeseitigung, n) Auflistung der Verjährungsfristen der Ansprüche auf Mängelbeseitigung	<b>Mängelmanagement:</b> Nutzung des Modells zur Verortung und Dokumentation von Ausführungsmängeln und deren Nachverfolgung und Behebung: Erfassung und Dokumentation auf Grundlage der Elemente im BIM-Modell auf geeigneter Plattform, Mängelerfassung und Einspeisung in Modell: vor Ort mit Endgeräten, Speicherung mit zugehörigen Fotografien und Angabe von Verortung und relevanter Vorgangsinformationen, Zuteilung der Verantwortlichkeiten zur Mängelbeseitigung
AWF 27	CDE-Kollaboration Ausführung	✓	-	<b>CDE-Kollaboration Ausführung:</b> Nutzung einer BIM-konformen Kollaborationsplattform im Sinne des Common Data Environment

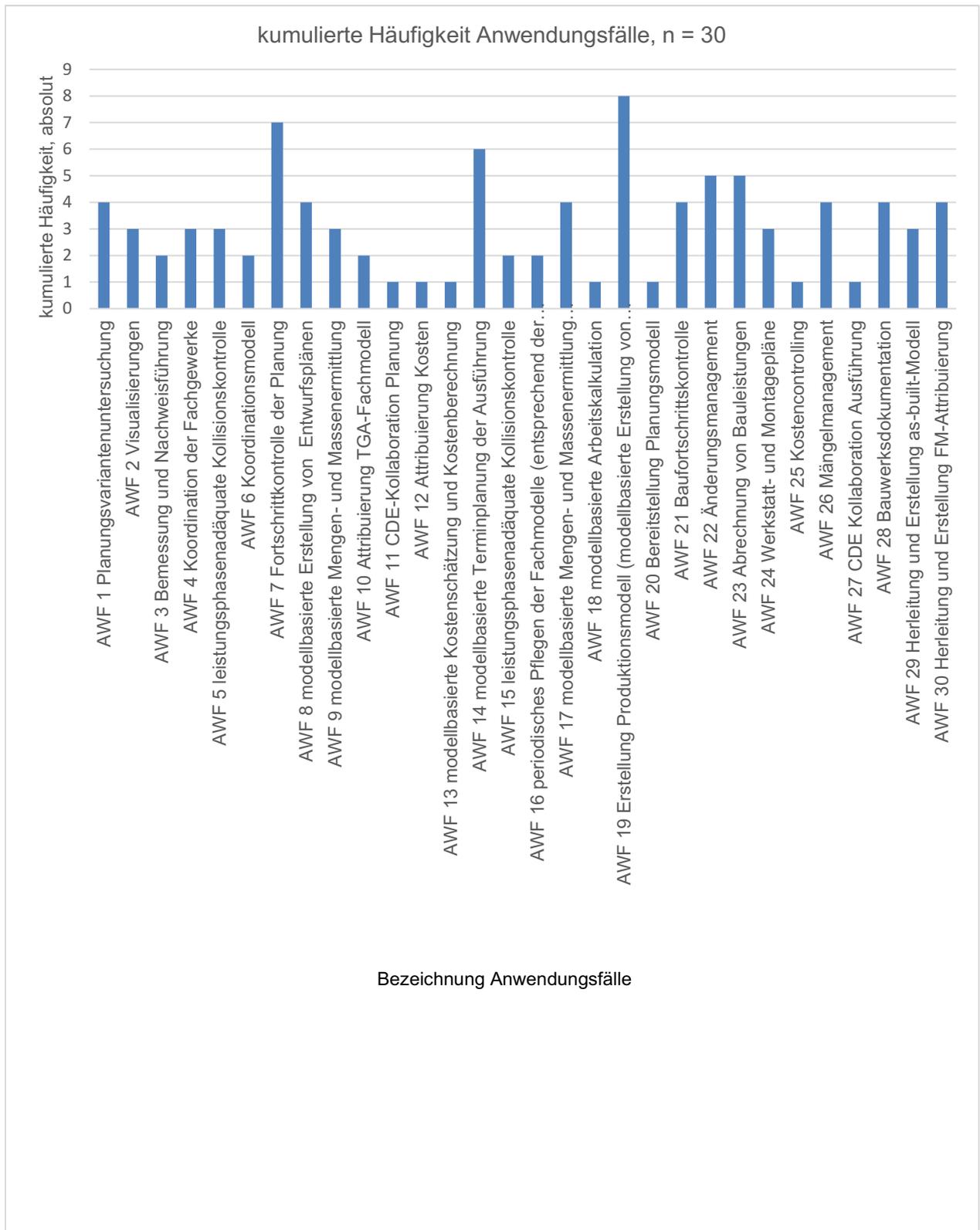
				[containerbasiert; nach DIN SPEC 9139-1, 9139-2:2019-04]
<b>AWF 28</b>	Bauwerksdokumentation	✓	<p><u>Verkehrsanlagen:</u> j) Zusammenstellung und Vorbereitung der Übergabe der Dokumentation des Bauablaufs, der Bestandsunterlagen und Wartungsvorschriften, <u>Ingenieurbauwerke:</u> j) Zusammenstellen und Übergeben der Dokumentation des Bauablaufs, der Bestandsunterlagen und der Wartungsvorschriften, <u>technische Ausrüstung:</u> p) systematische Zusammenstellung der Dokumentation, zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse in Vorbereitung auf die Übergabe, Betriebshandbücher, CAFM-Konzept</p>	<p><b>Bauwerksdokumentation:</b> Erstellung einer digitalen Bauwerksakte in Form des As-built-Modells, enthält detaillierte Informationen zur Ausführung, z.B. verwendete Materialien und Produkte sowie ggf. Verweise auf Prüfprotokolle und weitere Dokumente, As-built Modell wird auf Grundlage des Modells der Ausführungsplanung erstellt [Projektinformationsmodell]</p>
<b>Projektabschluss</b>				
<b>AWF 29</b>	Herleitung und Erstellung As-built-Modell	✓	<p><u>Gebäude/Innenräume:</u> m) systematische Zusammenstellung der Dokumentation, Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts, n) Übergabe des Objekts</p>	<p><b>Herleitung und Erstellung As-built Modell:</b> konventionsentsprechende Nachmodellierung [AIA], Schaffung zusätzlicher Zustandsbeschreibungen [über Ebenen: zukünftiger Abbruch oder Anbau], Erfassung des Baufortschritts im As-built-Modell des AN-seitig erstellten Planungsmodell, Dokumentation der Ausführung im As-built-Modell als digitale Bauwerksakte, Verknüpfung wesentlicher betriebsrelevanter Dokumente</p>
<b>AWF 30</b>	Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung	✓		<p><b>Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung:</b> konventionsentsprechende nachträgliche Attribuierung: Gewährleistungsdaten zur Verwaltung der Gewährleistungsansprüche technische Anlagen, Dokumentenverknüpfung mit Bauteilen für Wartungsintervalle,</p>

				Dokumente sollen in der Betriebsphase mit FM-Datenbank verknüpft sein, Vorbereitung des Modells zur Übergabe als ifcxml an ein CAFM-System [Asset-Informationsmodell]
--	--	--	--	---

Tabelle 39: Zuordnung der AWF zu den Leistungsbeschreibungen (HOAI)

Diese Einordnung ermöglicht im Bauprojekt die Übertragung der Grundleistungen und besonderen Leistungen in konkrete BIM-Leistungen. Derzeit sind die Übertragungen in BIM-Leistungen in der Standardisierung für folgende Anlagen nach HOAI erarbeitet: Objektplanung Anlage 10 Gebäude und Innenräume, Anlage 12 Ingenieurbauwerke, Fachplanung Anlage 14 Tragwerksplanung, Anlage 15 Technische Ausrüstung (vgl. Oltmanns et al. 2019, S. 29–66).

Anhang 23: Anwendungsfälle: kumulierte Häufigkeiten



AWF	Projektphase
AWF 1 – 14	Planung
AWF 15 – 19	Ausführungsvorbereitung
AWF 20 – 28	Ausführung
AWF 29 – 30	Projektabschluss

Abbildung 81: Häufigkeiten der BIM-Anwendungsfälle in Projektmanagementphasen

## Anhang 24: ekF – Kodierung und Häufigkeiten in AWF

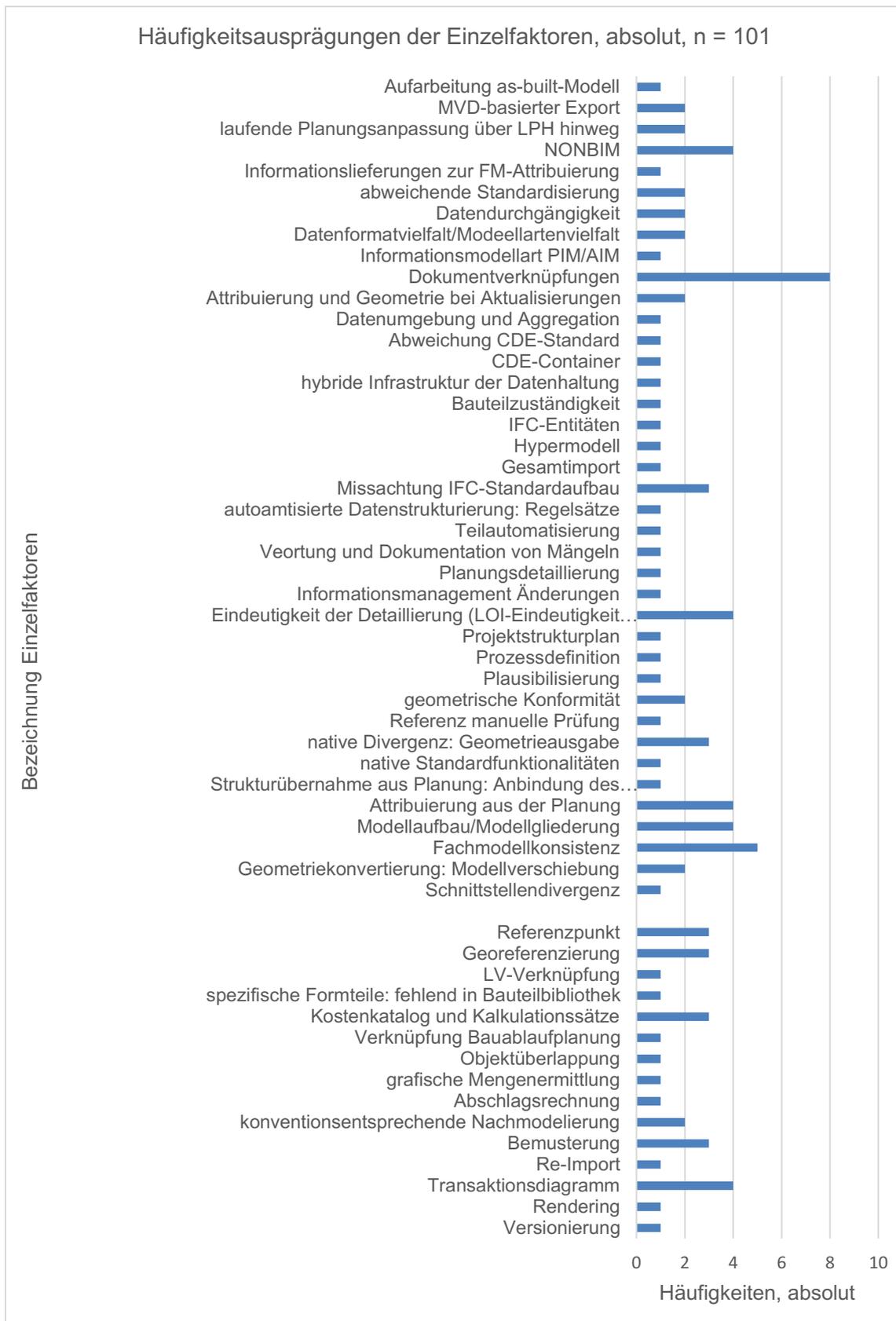


Abbildung 82: Häufigkeitsausprägungen der Einzelfaktoren

## **Auflistung und Kurzbeschreibung erfolgskritischer Faktoren [mit Kurzcodierung, Kapitel 8; 9]**

### **1. fehlerhafte Versionierung [ekF1.Vers]**

Aktualisierung aller Daten der Objekt- und Fachplaner [Vernachlässigung Datei- und Namenskonventionen aus dem BAP inkl. Versionierung: wöchentliche Koordination]

### **2. Ungenügendes Rendering [ekF2.Rend]**

Zweck: Rendering zur einfachen Visualisierung

Unzweckmäßige Kamerapfade: 3D, 2D und Pfade [werden innerhalb einer Datei gesammelt]

### **3. Verwendung Transaktionsdiagramm [ekF3.Transak]**

keine Transaktionsdiagramme vorhanden (lediglich Datadroppoints): via IFC-Template mit vordefiniertem Einfügewürfel

Cloud-Ablage

### **4. Re-Import [ekF4.Import]**

Terminplanverknüpfung: Prüfvorgang für Bauablaufvorgänge [LPH 8]; Importprotokoll listet Fehler nach Erstverknüpfung [Bauteile mit Vorgängen im Detailterminplan]: mehrfach verknüpfte Vorgänge, fehlende Vorgänge, falsch zugeordnete Vorgänge

Prüfung des entstandenen Terminplans [Zeiten, Stunden je LV-Position, Kosten je LV-Position, Dauer]

### **5. Bemusterung [ekF5.Bemust]**

Vorstufe zur modellbasierten Mengenermittlung und Leistungsverzeichnisverknüpfung [Bauteil an LV-Position] [mittels QTO-Variante und CPI-Filter]: Modellqualitätsprüfung: mangelhafte Modellqualität

### **6. Konventionsentsprechende Nachmodellierung [ekF6.Konv]**

Unsachgemäße Veränderung des Level of Information: für Abbruch und Neubau

- fehlerhafte Zustandsdarstellung von Fassadenbauteilen und Anlageobjekten

- Zweck: Gewährleistungserfassung im Anlagenmanagement und Objektmanagement sowie Datenerfassung Anlagenmanagement [Modeldaten, Hersteller, Brandschutz]

### **7. Abschlagsrechnung [ekF7.Abschrech]**

ungenauere Ermittlung fertiggestellter Bauabschnitte [Folge: nicht einbezogene Kosten in der Schlussrechnung]

### **8. Grafische Mengenermittlung [ekF8.grafMeng]**

grafische Mengenermittlung nach geometrischen Objekten wird bei geometrisch beeinträchtigten Objekten fehlerhaft

### **9. Objektüberlappung [ekF9.Objektüb]**

Entstehung: bei erdreichberührenden Bauteilen [Winkelstützelemente oder Torpfähle] und Erdschichten mit Gefälle [Verbesserung: Modellierung mit Abzugskörpern, um Clash-Anzeigen zu vermeiden]

### **10. Verknüpfung Bauablaufplanung [ekF10.VerknBauabl]**

- Bauablaufmodell wird erstellt [4D]: Verknüpfung von konstruktiven und technischen Bauteilen mit dem Terminplan und LV-Positionen

- Ende-Anfang-Verknüpfungen sollen automatisierte Aktualisierungen zeigen aktualisieren automatisch die Termine in ITWO und ermöglichen eine [Zweck: Änderung der Menge und Kolonnenstärken sowie Stundenmengen]

- unstimmgiger Balkenplan in der Bauablaufplanung

### **11. Kostenkatalog und Kalkulationssätze [ekF11.KostenkatKalk]**

Vorbereitung Angebotsphase nach Leistungsverzeichnisverknüpfung

unvollständige Übernahme von notwendigen Bauteilinformationen in den Kostenkatalog [Lohn, Baustoffe, Schal-, Rüst-, und Verbaumaterial, Geräte, Ausstattung, Fremdarbeit und Nachunternehmer]

### **12. Spezifische Formteile: fehlend in Bauteilbibliothek [ekF12.spezFormt]**

Konkrete benötigte Formteile [TGA] existieren nicht in Bauteilbibliotheken nativer Modellierungssoftware

- Formteile [herstellerunabhängig] nicht konsistent vorhanden [kein geeignetes Verbindungsstück für Formteil mit zwei Abgängen]

- Modellierung herstellerabhängiger Formteile [phasenuntypisch: für Fachplanung in LPH 3 nicht vorzusehen]

### **13. LV-Verknüpfung [ekF13.LVVerkn]**

- Anwendung eines Attributfilters im Modell für LV-Verknüpfung
- Fehlermanagement im LV-Verknüpfungsprotokoll und Bemerkungen zum Import auf (LV-Verknüpfungsprüfung auf Konsistenz)
- inkonsistente Anwahl [fehlende Auswahlmöglichkeiten an Bauteilen der Objektplanung] in der Objektstruktur für die Verknüpfung

### **14. Georeferenzierung [ekF14.Georef]**

- fehlerhafte Zusammenführung verschiedener Koordinatensysteme in der Fachmodellzusammenführung [Gauß-Krüger-Variante; UTM]
- Notwendigkeit der Koordinatenumrechnung

### **15. Referenzpunkt [ekF15.Refpunkt]**

fehlende Markierung des Koordinatenursprungs [für die Vorbereitung eines IFC-Fachmodelltemplates (durch den Objektplaner) in Vorbereitung auf die Zusammenführung im Koordinationsmodell]

### **16. Schnittstellendivergenz [ekF16.Schnittdiv]**

- Liegenschaftsdaten aus etask werden exportiert
- Export von Liegenschaftsdaten als ifcXML: strukturierte Bauteildarstellung nach Kostenkatalog DIN 276 werden in ein Basisprofil [enthält Katalog mit Raumnutzungsarten; Gliederung der Grundflächen (vgl. DIN 277-1:2016-01, S. 6–14) eingelesen und Katalog mit notwendigen Dokumentenarten im Assetmanagement
- nicht-modellbasiertes Datengerüst [ifcXML] kann nicht vollständig in eine CAFM-Struktur [eine Form des MVD für das Facility Management] importiert werden [Prüfbericht dokumentiert Abweichungen]

### **17. Geometriekonvertierung: Modellverschiebung [ekF17.Geokonv]**

- In der Modellzusammenführung [getrennt erstellte Fachmodellteile; Koordinationsmodell] bedarf es der Geometriekonvertierung durch die Umstellung auf einen konventionell festgelegten Projektursprung [Modellverschiebungen treten auf]

### **18. Fachmodellkonsistenz [ekF18.FachmoKons]**

- Attribuierungsfehler [fehlende Attribute und/oder konventionsunentsprechendes LOI],
- Dateiformatfehler [Abweichung Konvention],
- Modellartenfehler in der Dateiübergabe,
- fehlerhafte Volumenkörper für Durchbruchplanung [als Abzugskörper modelliert]

### **19. Modellaufbau/-gliederung [ekF19.Modellauf]**

- fehlende Bauteilverortung über Konstruktionsebenen [Lagezuordnung]
- fehlerhafte Modellierung mehrschichtiger Bauteile [getrennte Modellierung]
- Konventionsmissachtung [Bauteilzuständigkeiten im Modell]

### **20. Attribuierung aus der Planung [ekF20.AttrPlan]**

- nachträgliche Attribuierung [Abzugskörper, Schichtaufbau] in der Ausführungsvorbereitung und Ausführung aufgrund fehlender Planungsdaten
- Basislinienverschiebung [Außenwand]
- fehlerhafte Zuordnung zu Konstruktionsebenen
- unvollständige Parameterdarstellung [thermische Werte]

### **21. Strukturübernahme aus der Planung [ekF21.StrukPlan]**

Strukturübernahme aus der Planung: Anbindung des Produktionsmodells [Verknüpfung Entwurfsmodell mit Ausführungsterminplan] an Strukturen des Entwurfsmodells der Planung: Elementfehler [Vorgänge nicht direkt mit Bauteilelementen verknüpft werden]

### **22. Native Standardfunktionalitäten [ekF22.natStand]**

- Mengenermittlung [native Funktionalität] nur in nativer Software erfasst, keine durchgängige Übertragung im Bauprojekt möglich

### **23. Native Divergenz: Geometrieausgabe [ekF23.natDiv]**

- abweichende Geometrieausgabe zwischen verschiedenen nativen Softwarearten [Überlagerung von Geometriepunkten]
- abweichende Parametrik der Bauteile nach Import, Volumenkörper werden verschoben

**24. Referenz manuelle Prüfung [ekF24.RefManPrüf]**

- manuelle Prüfung [Fluchtwege, Türbreiten, Mindestabstände]: organisatorische Einbindung der 3D-Modelle bei der Prüfung von Planunterlagen 2D, Schulung BIM-gestützte Kommentierung, automatisierte Prüfmechanismen [entsprechend der Anforderungen an Modellinhalte müssen Prüfgeln der Kollisionskontrolle und Fortschrittskontrolle der Planung definiert sein definiert sein]
- BIM-Modelle als abgeleitete 2D-Referenz für manuelle Prüfung [Einbindung der 3D-Modelle Objekt- und Fachplanung]

**25. Geometrische Konformität [ekF25.geomKonf]**

- Modellierungsdopplung verschiedene Disziplinen [Objekt- und Fachplanung]
- verschobene Raumgeometrien, Baukörpergeometrien [Fassade]
- Überschneidungen Bodenplatte und Außenwände

**26. Plausibilisierung [ekF26.Plaus]**

- Anwendung in den Abschlags- und Schlussrechnungen: Nutzung des Modells zur regelmäßigen Dokumentation von Bauleistungen und Abschlagsrechnungen, Erfassung des Baufortschritts: Plausibilisierung der in Rechnung gestellten Bauleistungen anhand des hinterlegten Baufortschritts
- Missachtung ifcPropertySet und ifcQuantity

**27. Prozessdefinition [ekF27.Prozdef]**

- fehlende Prozessdefinition und Festschreibung [Interaktionsdiagramm als Projektcontrollinginstrument] für modellgestützte Baufortschrittskontrolle,
- kein modellbasierter SOLL-IST-Terminabgleich der Baufortschrittskontrolle [farbliche Abweichungsmarkierung und Bearbeitung instabiler Prozesse durch die Aufdeckung im Projektcontrolling]

**28. Projektstrukturplan [ekF28.Projektstrkplan]**

- nicht vollzogene modellbezogene Dokumentation von Planungsständen nach BAP-Vorgabe und entsprechend des Projektstrukturplans
- Bewertung des Planungsfortschritts nicht modellbasiert [Objekt- und Fachplanung]

**29. Eindeutigkeit der Detaillierung [LOI] [ekF29.EindDetail]**

- fehlerhafte LOD

**30. Informationsmanagement der Änderungen [ekF30.InfoManÄnd]**

- Festlegung und Darstellung der Prozessschritte für das Änderungsmanagement nicht nachvollzogen [betrifft Freigabe von Planungsänderungen, Bearbeitungen von Planungsänderungen durch den zuständigen Beteiligten, modellbasierte Dokumentation der Planungsänderungen durch Versionierung und Zustandsbeschreibung]

**31. Planungsdetaillierung [ekF31.Plandetail]**

- Planungsdetaillierung [Einhaltung des geforderten LOD]: zur Ermöglichung der phasengerechten Analyse der Fachmodelle [Prozesse im Kollisionsschema und Bearbeitungsstand gemäß LPH]
- fehlende Anforderungsdefinitionen für die Detaillierung der Modellinhalte [Objekt- und Fachplanung]

**32. Verortung und Dokumentation von Mängeln [ekF32.VerorDokMäng]**

- Mängelmanagement: fehlende BAP-Ergänzung zur Zuteilung der Verantwortung und Detailverzeichnung der Mängel und Zusatzdokumente im Modell [Erfassung und Nachverfolgung der Behebung]

**33. Teilautomatisierung [ekF33.Teilaut]**

- Ableitung und Erstellung der Berechnungsmodelle [Statik, Lärm- und Schadstoffausbreitung, Energie] nur teilautomatisiert erfolgt, keine durchgängige Modellinformationsverwendung in direkter Berechnungssoftwareverknüpfung

**34. Automatisierte Datenstrukturierung [ekF34.autDatenstruk]**

- Regelsätze zur Kollisionsprüfung anwenden und standardisieren: keine durchgängig konventionsabhängige Standardisierung wurde praktiziert [Abstandsfehler Sanitäreinbau, Konstruktionsfehler Durchbruchsplanung]

**35. Missachtung IFC-Standardaufbau [ekF35.MissIFCAufb]**

- fehlerhafte Bauwerksstruktur im Export
- fehlender Attributexport einzelner Bauteile

**36. Gesamtimport [ekF36.GesImp]**

Zentralmodell im Projektabschluss [Abschluss LPH 8], Übertragung des Projektmodells ins Asset-Modell [Gesamtimport inkl. Werk- und Montageplänen, Freigabeplänen zur Erhaltung im Asset-Modell] stellte sich als nicht zielführend dar [unstrukturierte Informationen: Modellteilung im Asset-Bereich ist zu erhalten]

**37. Hypermodell [ekF37.Hypermod]**

3D-Modelldarstellung mit Vielzahl an Kameraperspektiven und -pfaden [Navigation und Ansichtsmöglichkeiten] sowie 2D-Ableitungen, unstrukturiert in einer Datei abgelegt, fehlende Versionierung

**38. IFC-Entitäten [ekF38.IFC\_Ent]**

IFC-Entitäten: fehlende Klassifizierung und Beachtung der korrekten IFC-Entitätsinhalte je Bauteil und deren Export

**39. Bauteilzuständigkeit [ekF39.Bauteilzust]**

Kein Zuständigkeitsmanagement für Bauteile, die Objekt- und Fachplanung bedingen [Bauteildopplungen]

**40. Hybride Infrastruktur der Datenhaltung [ekF40.hybrInfraDat]**

Entstandene Datenformatvielfalt und Modellartenvielfalt, fehlendes projektdurchgängiges CDE-Management [nach DIN SPEC 91391-1:2019-04; 91391-2:2019-04] und fehlende zentrale Dateiablageorte

**41. CDE-Container [ekF41.CDECon]**

- fehlende Festlegung des Kommunikationsprozesse via CDE-Umgebung und Containerspeicherung [trotz Vorgabe der CDE-konformen Verwendung nach DIN SPEC 91391-1:2019-04; 91391-2:2019-04]

- entstandene Informationsdefizite bei nicht involvierten Projektbeteiligten [Fachplanung TRGW: statische Fachplaner: veränderte Auflagergrößen für Vorfertigung]

**42. Abweichung CDE-Standard [ekF42.AbwCDEStand]**

- lokal gespeicherte Modelle ohne Einhaltung der Vorgaben zur Versionierung [konventionelle BAP-Vorgabe] verursachten hohe Fehlerquoten in der Informationsübertragung

- keine Informationsversorgung der Projektbeteiligten in den CDE-Containern

**43. Datenumgebung und Aggregation [ekF43.DatenumgAggr]**

CDE-Containerhinterlegung:

Konventionsabweichung Objekt- und Tragwerksplaner im CDE-Container: modellbasierte 2D-Pläne [Koordinierungsmodell Objektplanung und Tragwerk für Vorfertigung: Leimholzbinder mit Auflagergrößen unter Herstellereinbeziehung] waren nicht über Verknüpfungslink im CDE-Container für Hersteller abrufbar; IFC der Tragwerksplanung wurde für Hersteller nicht nutzbar

**44. Attribuierung und Geometrie bei Aktualisierungen [ekF44.AttrGeomAktual]**

Zusätzliche Hinterlegung nicht-geometrischer Informationen [Materialgüte und Bewehrungsgehalt als Bauteileigenschaft in nativer Software für Modifikationserleichterung in den Variantenprüfungen] nicht durchgängig für den Anwendungsfall angewandt

**45. Dokumentenverknüpfung [ekF45.Dokverknpf]**

- Datenverknüpfung für den Projektabschluss [Abschluss LPH 8] als Zuordnung von Bildern und Dokumenten zu konstruktiven Bauteilen und Anlagen

- Verknüpfungsarten: Terminverknüpfungen [Wartungsintervalle]

- Fehler: Projektabschlussvorbereitung: Übergabe nicht an ein CAFM-System [zur Verknüpfung mit einer FM-Datenbank], sondern in nativer Software mit Viewer-Unterstützung [Darstellungsmöglichkeiten von Verknüpfungen stark eingeschränkt: nur als Dateispeicherpfad via Hyperlink zu externen Informationen via URL oder zu lokalem, gleichbleibendem Speicherort]

- Hyperlinkdichte zu hoch, keine Listung und Kategorisierung in nativer Software möglich [fehlendes Hyperlinkmanagement]

Resultiert in lokal abgelegter Dateivielfalt [Anlagenmanagement: Funktionskennzeichnung, Anlagenart, Hersteller, Modell, Verortung im Gebäude, Abb. 83]

## Aufbereitung des Modells für die Übergabe an das FM

Funktionskennzeichnung	Bezeichnung	Hersteller	Typ / Modell	Standort	Ort	Gebäude	Etage
=TKU200.BU01	Energiezähler	Allmess	MCCF 80V	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG
=TKU200.BU02	Energiezähler	Allmess	CF-E 13,5-260 TH	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG
=TKU200.EP01	Wärmetauscher	SWEP	B10Tx20	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG
=TKU200.EQ01	Wärmetauscher	SWEP	B28x46	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG
=TKU200.GP01	Pumpe	Wilo	Stratos 25/1-8 PN10	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG
=TKU200.GP02	Pumpe	Wilo	Stratos 40/1-16 PN 6/10	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG
=TKU200.GP03	Pumpe	Wilo	Stratos 25/1-8	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG

Funktionskennzeichnung	Bezeichnung	Hersteller	Typ/Modell	Standort	Ort	Gebäude	Etage	Nenndurchmesse
=TKU200	Kälteversorgung Kühldecke							
=TKU200.BT01	VL-Temperaturfühler							
=TKU200.BT02	RL-Temperaturfühler							
=TKU200.BU01	Energiezähler	Allmess	MCCF 80V	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG	DN50
=TKU200.EP01	Wärmetauscher	SWEP	B10Tx20	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG	
=TKU200.EQ01	Wärmetauscher	SWEP	B28x46	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG	
=TKU200.GP01	Pumpe	Wilo	Stratos 25/1-8 PN 10	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG	
=TKU200.GP02	Pumpe	Wilo	Stratos 40/1-16 PN 6/10	++276.BS.B11.U01	BS	B11	1.UG	
=TKU200.EP01	Wärmetauscher	SWEP	B10Tx20	++276.BS.B11.U01	BS	B11		U1_UG
=TKU200.EQ01	Wärmetauscher	SWEP	B28x46	++276.BS.B11.U01	BS	B11		U1_UG
=TKU200.GP01	Pumpe	Wilo	Stratos 25/1-8 PN10	++276.BS.B11.U01	BS	B11		U1_UG
=TKU201.EZ01	Raumklimatruhe	Carrier	42NZ-S26CBG-A.133	++276.BS.B11.E02	BS	B11		02_OG

Abbildung 83: Modellaufbereitung; Projektabschluss LPH 8 (ARGE BIM4INFRA 2019a)

### 46. Informationsmodellart Projekt-Informationsmodell/Asset-Informationsmodell PIM/AIM [ekF46.PIM\_AIM]

Modellarten [PIM; AIM] sind nicht entsprechend der Richtlinie verwendet worden [Aufgabe PIM: Verwendung in der Ausführungsphase, Langzeitspeicher des Bauprojektes, zu Revisionszwecken; Aufgabe AIM: aus PIM resultierend; vordefinierte Informationen [MVD oder manuell strukturiert] aus PIM transportieren und in einem FM-System strukturiert zugänglich machen]

### 47. Datendurchgängigkeit [ekF47.Datdurchg]

-IFC-Planungsdaten für externes Einlesen [u.a. BTL-Format für Abbundanlage: Holzzuschnitt durch den Hersteller, Listengenerierung für Lieferungen]

- kritische Datendurchgängigkeit durch verschiedenartige digitalen Stati der produzierenden und bauausführenden Unternehmen [direkte Modelldatenverwendung war nur eingeschränkt möglich]

### 48. Abweichende Standardisierung [ekF48.AbwStand]

abweichende Standardisierung [von BAP-Konventionen] Definition und Überprüfung vorgesehener notwendiger Parameter zur FM-Vorbereitung [Projektabschluss nach LPH 8] erfolgte nicht oder ungenügend [Ergänzung Raumnamen entsprechend Raumnutzungskonzept, Tür- und Fensternummern mit Verortung im Gebäude]

### 49. NONBIM [ekF49.NONBIM]

Aktivitäten in der Planung, Ausführungsvorbereitung und Ausführung, die von der Definition der Arbeitsmethodik BIM und den BAP-Konventionen des Projektes abweichen und lokale Speicherung begünstigen sowie die Verwendung nicht-BIM-fähiger Software [Einschränkung der Koordinierungsprozesses]

### 50. Informationslieferung FM-Attribuierung [ekF50.InfoliefFMAttr]

Datenbedarf für die CAFM-Schnittstelle [betriebsrelevante Daten] ist nicht klar vereinbart [Datadroppoint, Zuständigkeit der Datensammlung, Zusatzdokumente für Anlagen, Informationstiefe entsprach nicht den BAP-Konventionen]

### 51. Laufende Planungsanpassung [ekF51.laufPlananpass]

laufende Planungsanpassungen über LPH: Aufbereitung der Fachmodelle [dauerhafte Plananpassungen über die LPH], nicht des PIM

### 52. MVD-basierter Export [ekF52.MVDbasExp]

fehlerhafter MVD-basierter Export [im IFCEXPRESS-Format]: zu geringe Informationen [durch falsch verwendete standardisierte MVD und deren Beschränkungen für Datenexporte]

**53. Aufarbeitung As-built Modell [ekF53.Aufarb\_as\_built\_Mod]**

- fehlende Beauftragung eines As-built-Modells
- nachträgliche Verbindung des Planungsmodells mit Laserscandaten [Punktwolke als Ergänzung im Planungsmodell umfasst nicht die Attribuierung und Dokumentenverknüpfung, das bedarf einer manuellen Nachtragung]

**54. Modellartendichte/Dateiformatdichte [ekF54.Modartdichte]**

- hoher Anteil an einzelnen Teilmodellen [Gründung Baugrube, Fassadenplanung, Balkone, Rohbau, Fenster und Türen], der einen erschwerten Koordinierungsaufwand innerhalb von Fachdisziplinen und unter den BIM-Koordinatoren hervorruft

Anhang 25: ekF – Kollektion

Faktorenkollektion		Anwendungsfälle 1 - 30																																		
Legende																																				
x = aufgetreten																																				
AWF ohne ekF																																				
Anwendungsfälle		AWF1	AWF2	AWF3	AWF4	AWF5	AWF6	AWF7	AWF8	AWF9	AWF10	AWF11	AWF12	AWF13	AWF14	AWF15	AWF16	AWF17	AWF18	AWF19	AWF20	AWF21	AWF22	AWF23	AWF24	AWF25	AWF26	AWF27	AWF28	AWF29	AWF30					
Nr.	ekF Codes	Planungs- untersuchung	Visuali- sierungen	Bemessung und Nachweis- führung	Koordination der Fachwerke	leistungs- phasen- adäquate Kollisions- kontrolle	Koordinations- modell. verwendung	Fortschritt- kontrolle der Planung	modell. basierte Erstellung von Entwurfs- plänen	modell. basierte Mengen- und Massen- ermittlung	Attribuierung im IGA- Fachmodell	CDE- Kollaboration Planung	Attribuierung Kosten	modell. basierte Kosten- schätzung und Kosten- berechnung	modell. basierte Termin- planung der Ausführung	Kollisions- kontrolle in der Ausführungs- planung	periodisches Pflegen der Fachmodelle	Mengen- und Massen- ermittlung in der Ausführungs- planung	modell. basierte Arbeits- kalkulation	Erstellung Produktions- modell	Bereitstellung Planungs- modell (an Bauleitung/ Projektleitung)	Baufortschritt- kontrolle	Änderungs- management	Abrechnung von Bauleistungen	Werkstatt- und Montagepläne	Kosten- controlling	Mangel- management	CDE- Kollaboration Ausführung	Bauwerks- dokumentation	Herleitung und Erstellung als built Modell	Herleitung und Erstellung FM					
1	ekF1.Vers																																			
2	ekF2.Rend		x																																	
3	ekF3.Transsk				x		x	x																												
4	ekF4.Import																																			
5	ekF5.Bemust																																			
6	ekF6.Konv																		x			x														
7	ekF7.Abschrech																																			
8	ekF8.grafMeng																																			
9	ekF9.Objektüb																																			
10	ekF10.VerknBauabl																																			
11	ekF11.KostenkatKalk																																			
12	ekF12.spezFormt																																			
13	ekF13.LVVerkn																																			
14	ekF14.Georef																																			
15	ekF15.Refpunkt																																			
16	ekF16.Schnittdiv																																			
17	ekF17.Geokonv																																			
18	ekF18.FachmoKons																																			
19	ekF19.Modelllauf																																			
20	ekF20.AtrPlan																																			
21	ekF21.StrukPlan																																			
22	ekF22.natStand																																			
23	ekF23.natDiv																																			
24	ekF24.RefManPrüf																																			
25	ekF25.geomKonf																																			
26	ekF26.Plaus																																			
27	ekF27.Prozdef																																			
28	ekF28.Projektstrkplan																																			
29	ekF29.EindDetail																																			
30	ekF30.InfoManÄnd																																			
31	ekF31.Plandetail																																			
32	ekF32.VerorDokMäng																																			
33	ekF33.Teilauf																																			
34	ekF34.aufDatenstruk																																			
35	ekF35.MisIIFCAufb																																			
36	ekF36.GestImp																																			
37	ekF37.Hypermod																																			
38	ekF38.IFC_Ent																																			
39	ekF39.Bauteilzust																																			
40	ekF40.hybrinfraDat																																			
41	ekF41.CDECon																																			
42	ekF42.AbwcDEStand																																			
43	ekF43.DatenumAggr																																			
44	ekF44.AtrGeomAktual																																			
45	ekF45.Dokverknpf																																			
46	ekF46.PIM_AIM																																			
47	ekF47.Datdurchg																																			
48	ekF48.AbwStand																																			
49	ekF49.NONBIM																																			
50	ekF50.InfoliefPMAtr																																			
51	ekF51.LaufPlanpass																																			
52	ekF52.MVDbasExp																																			
53	ekF53.Aufarb_as_built_Mod																																			
54	ekF54.Modartdichte																																			

Tabelle 40: ekF-Kollektion

**Anhang 26: Rohdatenblatt: ekF-Vorkommen in AWF**

Die grau hinterlegten Zeilen verweisen auf die AWF [11; 12; 20; 25], die in der Überprüfung auf externe Validität [Kapitel 8.3] entfallen.

		ekF-Häufigkeitstabelle											
Nr.	BIM-Anwendungsfall	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Versionierung	Rendering	Transaktionsdiagramm	Re-Import	Bemusterung	konventionsentsprechende Nachmodellierung	Abschlagsrechnung	grafische Mengenermittlung	Objekt-Überlappung	Verknüpfung Bauablaufplanung	Kostenkatalog und Kalkulationsätze	spezifische Formteile: fehlend in Bauteilbibliothek
<b>Planung</b>													
AWF 1	Planungsvariantenuntersuchung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 2	Visualisierungen	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 3	Bemessung und Nachweisführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 4	(nach Infomanagementprozessen)Koordination der Fachgewerke	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 5	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 6	Koordinationsmodell	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 7	Fortschrittkontrolle der Planung	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 8	modellbasierte Erstellung von Entwurfsplänen	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 9	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 10	Attribuierung TGA-Modell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AWF 11	CDE-Kollaboration Planung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 12	Attribuierung Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 13	modellbasierte Kostenschätzung und Kostenberechnung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 14	modellbasierte Terminplanung der Ausführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Arbeitsvorbereitung</b>													
AWF 15	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
AWF 16	periodisches Pflegen der Fachmodelle (entsprechend der Kollisionsprüfungsergebnisse)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 17	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0
AWF 18	modellbasierte Arbeitskalkulation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
AWF 19	Erstellung Produktionsmodell (modellbasierte Erstellung von Ausführungsplänen)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Ausführung</b>													
AWF 20	Bereitstellung Planungsmodell an GU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 21	Baufortschrittkontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 22	Änderungsmanagement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 23	Abrechnung von Bauleistungen	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AWF 24	Werkstatt- und Montagepläne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 25	Kostencontrolling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 26	Mängelmanagement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 27	CDE Kollaboration Ausführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 28	Bauwerksdokumentation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Übergabe in den Betrieb</b>													
AWF 29	Herleitung und Erstellung as-built-Modell	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
AWF 30	Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Nr.	BIM-Anwendungsfall	ekF-Häufigkeitstabelle											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		LV-Verknüpfung	Geo-referenzierung	Referenzpunkt	Schnittstellen-divergenz	Geometrie-konvertierung: Modellverschiebung	Fachmodell-konsistenz	Modellaufbau/Modell-gliederung	Attribuierung aus der Planung	Strukturübernahme aus Planung: Anbindung des Produktionsmodells an Strukturen des Entwurfsmodells der Planung:	native Standardfunktionalitäten	native Divergenz: Geometrieausgabe	Referenz manuelle Prüfung
<b>Planung</b>													
AWF 1	Planungsvariantenuntersuchung	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AWF 2	Visualisierungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 3	Bemessung und Nachweisführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 4	(nach Infomanagementprozessen)Koordination der Fachgewerke	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AWF 5	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 6	Koordinationsmodell	0	2	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0
AWF 7	Fortschrittkontrolle der Planung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AWF 8	modellbasierte Erstellung von Entwurfsplänen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 9	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AWF 10	Attribuierung TGA-Modell	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AWF 11	CDE-Kollaboration Planung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 12	Attribuierung Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 13	modellbasierte Kostenschätzung und Kostenberechnung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
AWF 14	modellbasierte Terminplanung der Ausführung	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Arbeitsvorbereitung</b>													
AWF 15	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 16	periodisches Pflegen der Fachmodelle (entsprechend der Kollisionsprüfungsergebnisse)	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0
AWF 17	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
AWF 18	modellbasierte Arbeitskalkulation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
AWF 19	Erstellung Produktionsmodell (modellbasierte Erstellung von Ausführungsplänen)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<b>Summe</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Ausführung</b>													
AWF 20	Bereitstellung Planungsmodell an GU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 21	Baufortschrittkontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 22	Änderungsmanagement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 23	Abrechnung von Bauleistungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 24	Werkstatt- und Montagepläne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 25	Kostencontrolling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 26	Mängelmanagement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 27	CDE Kollaboration Ausführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 28	Bauwerksdokumentation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Übergabe in den Betrieb</b>													
AWF 29	Herleitung und Erstellung as-built-Modell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 30	Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

		ekF-Häufigkeitstabelle											
Nr.	BIM-Anwendungsfall	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	Planung	geometrische Konformität	Plausibilisierung	Prozessdefinition	Projektstrukturplan	Eindeutigkeit der Detaillierung (LOI-Eindeutigkeit fehlt in definierten LOD)	Informationsmanagement Änderungen	Planungsdetaillierung	Veortung und Dokumentation von Mängeln	Tellautomatisierung	autoamtierte Datenstrukturierung: Regelsätze	Missachtung IFC-Standardaufbau	Gesamtimport
AWF 1	Planungsvariantenuntersuchung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 2	Visualisierungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 3	Bemessung und Nachweisführung	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
AWF 4	(nach Infomanagementprozessen)Koordination der Fachgewerke	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
AWF 5	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
AWF 6	Koordinationsmodell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 7	Fortschrittkontrolle der Planung	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 8	modellbasierte Erstellung von Entwurfsplänen	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 9	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 10	Attribuierung TGA-Modell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
AWF 11	CDE-Kollaboration Planung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 12	Attribuierung Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 13	modellbasierte Kostenschätzung und Kostenberechnung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 14	modellbasierte Terminplanung der Ausführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Summe</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Arbeitsvorbereitung</b>													
AWF 15	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 16	periodisches Pflegen der Fachmodelle (entsprechend der Kollisionsprüfungsergebnisse)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 17	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 18	modellbasierte Arbeitskalkulation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 19	Erstellung Produktionsmodell (modellbasierte Erstellung von Ausführungsplänen)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Summe</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Ausführung</b>													
AWF 20	Bereitstellung Planungsmodell an GU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 21	Baufortschrittskontrolle	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AWF 22	Änderungsmanagement	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
AWF 23	Abrechnung von Bauleistungen	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 24	Werkstatt- und Montagepläne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 25	Kostencontrolling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 26	Mängelmanagement	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AWF 27	CDE Kollaboration Ausführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 28	Bauwerksdokumentation	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Übergabe in den Betrieb</b>													
AWF 29	Herleitung und Erstellung as-built-Modell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 30	Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

		ekF-Häufigkeitstabelle											
Nr.		BIM-Anwendungsfall											
		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
		Hypermodell	IFC-Entitäten	Bauteil-zuständigkeit	hybride Infrastruktur der Datenhaltung	CDE-Container	Abweichung CDE-Standard	Datenumgebung und Aggregation	Attribuierung und Geometrie bei Aktualisierungen	Dokumentverknüpfungen	Informationsmodelliert PIM/AIM	Datenformatvielfalt/ Modeellartenvielfalt	Datendurchgängigkeit
<b>Planung</b>													
AWF 1	Planungsvariantenuntersuchung	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AWF 2	Visualisierungen	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 3	Bemessung und Nachweisführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 4	(nach Infomanagementprozessen)Koordination der Fachgewerke	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
AWF 5	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 6	Koordinationsmodell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
AWF 7	Fortschrittkontrolle der Planung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 8	modellbasierte Erstellung von Entwurfsplänen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 9	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 10	Attribuierung TGA-Modell	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
AWF 11	CDE-Kollaboration Planung	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 12	Attribuierung Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 13	modellbasierte Kostenschätzung und Kostenberechnung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 14	modellbasierte Terminplanung der Ausführung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Arbeitsvorbereitung</b>													
AWF 15	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 16	periodisches Pflegen der Fachmodelle (entsprechend der Kollisionsprüfungsergebnisse)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 17	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
AWF 18	modellbasierte Arbeitskalkulation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 19	Erstellung Produktionsmodell (modellbasierte Erstellung von Ausführungsplänen)	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Ausführung</b>													
AWF 20	Bereitstellung Planungsmodell an GU	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
AWF 21	Baufortschrittkontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 22	Änderungsmanagement	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
AWF 23	Abrechnung von Bauleistungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 24	Werkstatt- und Montagepläne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 25	Kostencontrolling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 26	Mängelmanagement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 27	CDE Kollaboration Ausführung	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
AWF 28	Bauwerksdokumentation	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Übergabe in den Betrieb</b>													
AWF 29	Herleitung und Erstellung as-built-Modell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AWF 30	Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

		ekF-Häufigkeitstabelle					
Nr.	BIM-Anwendungsfall	49	50	51	52	53	54
Planung		abweichende Standardisierung	Informationslieferungen zur FM-Attribuierung	NONBIM	laufende Planungsanpassung über LPH hinweg	MVD-basierter Export	Aufarbeitung as-built Modell
AWF 1	Planungsvariantenuntersuchung	0	0	0	0	1	0
AWF 2	Visualisierungen	0	0	1	0	0	0
AWF 3	Bemessung und Nachweisführung	0	0	0	0	0	0
AWF 4	(nach Infomanagementprozessen) Koordination der Fachgewerke	0	0	1	0	0	0
AWF 5	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0
AWF 6	Koordinationsmodell	0	0	0	0	0	0
AWF 7	Fortschrittkontrolle der Planung	0	0	0	0	0	0
AWF 8	modellbasierte Erstellung von Entwurfsplänen	0	0	0	0	0	0
AWF 9	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	0	0	0	0
AWF 10	Attribuierung TGA-Modell	0	0	0	0	0	0
AWF 11	CDE-Kollaboration Planung	0	0	0	0	0	0
AWF 12	Attribuierung Kosten	0	0	0	0	0	0
AWF 13	modellbasierte Kostenschätzung und Kostenberechnung	0	0	0	0	0	0
AWF 14	modellbasierte Terminplanung der Ausführung	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Arbeitsvorbereitung							
AWF 15	leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	0	0	0	0	0	0
AWF 16	periodisches Pflegen der Fachmodelle (entsprechend der Kollisionsprüfungsergebnisse)	0	0	0	0	0	0
AWF 17	modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	0	0	1	0	0	0
AWF 18	modellbasierte Arbeitskalkulation	0	0	0	0	0	0
AWF 19	Erstellung Produktionsmodell (modellbasierte Erstellung von Ausführungsplänen)	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Ausführung							
AWF 20	Bereitstellung Planungsmodell an GU	1	0	0	0	0	0
AWF 21	Baufortschrittkontrolle	0	0	0	0	0	0
AWF 22	Änderungsmanagement	0	0	0	0	0	0
AWF 23	Abrechnung von Bauleistungen	0	0	0	0	0	0
AWF 24	Werkstatt- und Montagepläne	0	0	0	0	0	0
AWF 25	Kostencontrolling	0	0	0	0	0	0
AWF 26	Mängelmanagement	0	0	0	0	0	0
AWF 27	CDE Kollaboration Ausführung	0	0	0	0	0	0
AWF 28	Bauwerksdokumentation	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Übergabe in den Betrieb							
AWF 29	Herleitung und Erstellung as-built-Modell	0	0	0	1	0	1
AWF 30	Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung	1	1	1	1	1	0
<b>Summe</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Tabelle 41: ekF-Vorkommen in AWF

## Anhang 27: ekF – Vorkommen in den Strukturbereichen

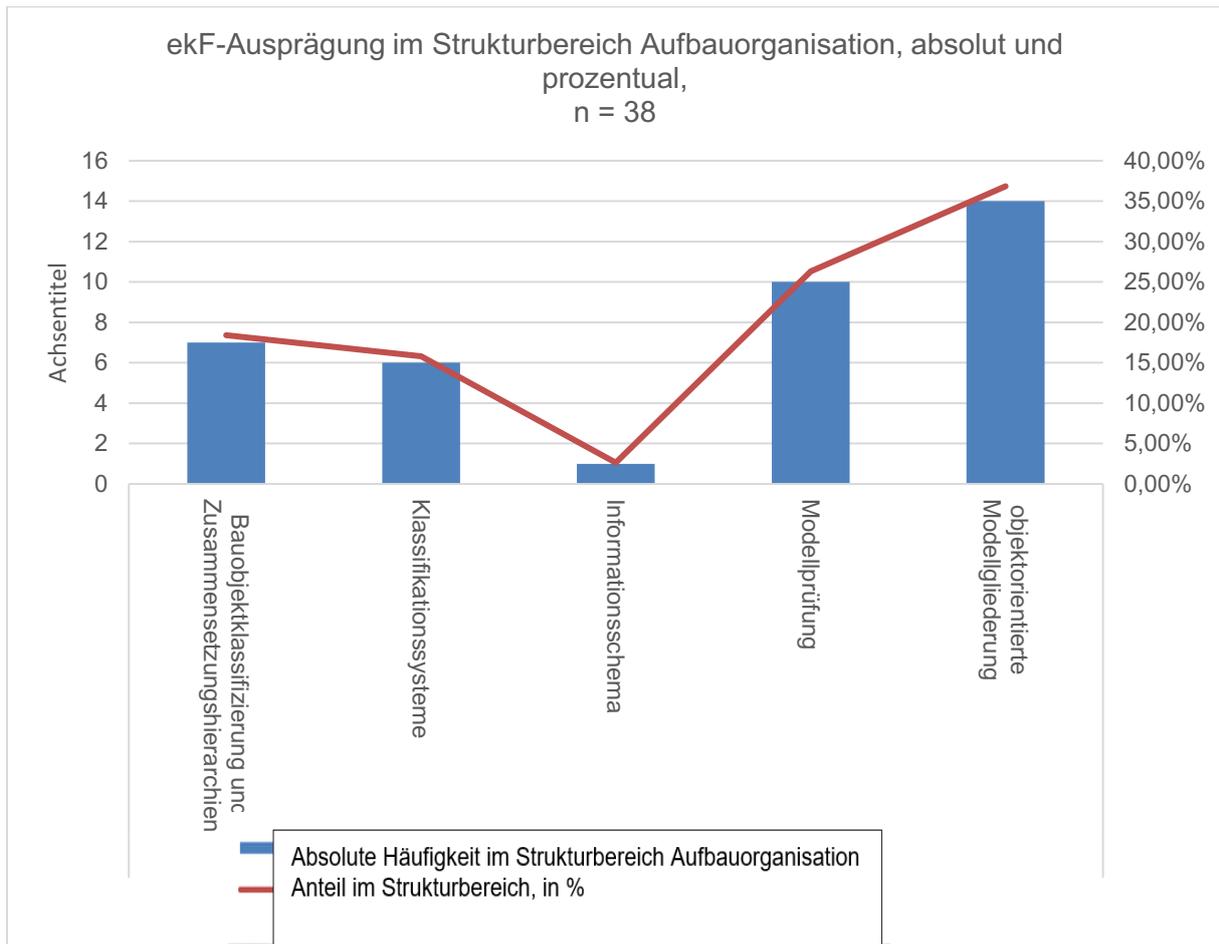


Abbildung 84: Häufigkeitsvorkommen der ekF im Strukturbereich Aufbauorganisation

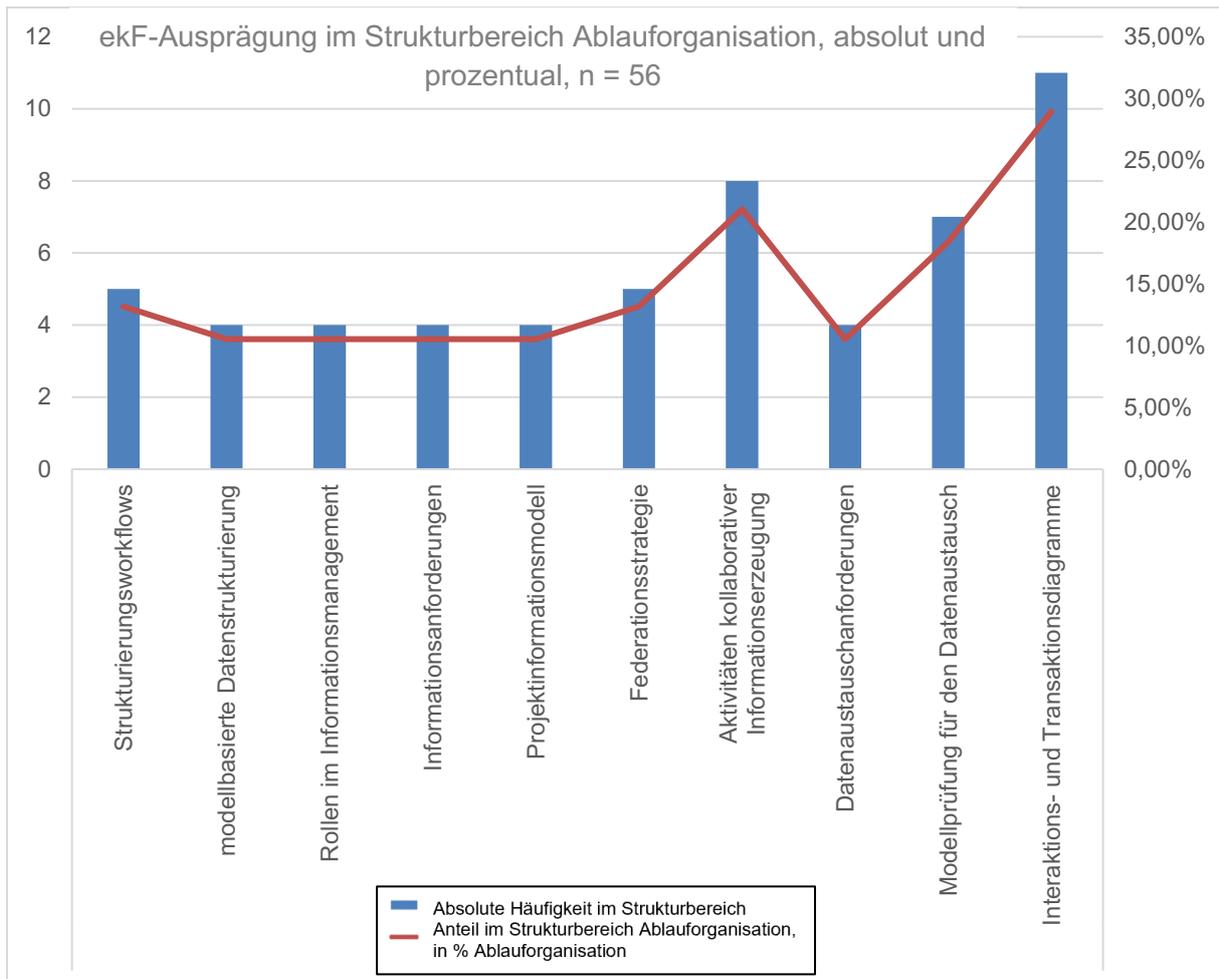


Abbildung 85: Häufigkeitsvorkommen der ekF im Strukturbereich Ablauforganisation

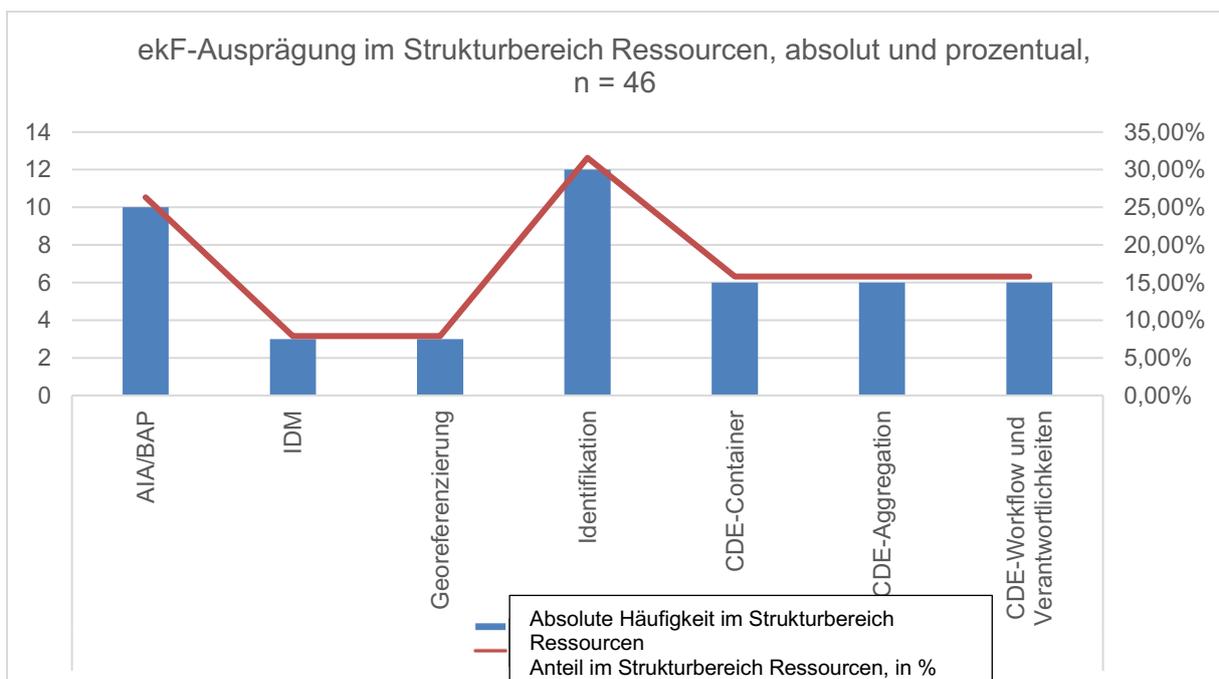


Abbildung 86: Häufigkeitsvorkommen der ekF im Strukturbereich Ressourcen

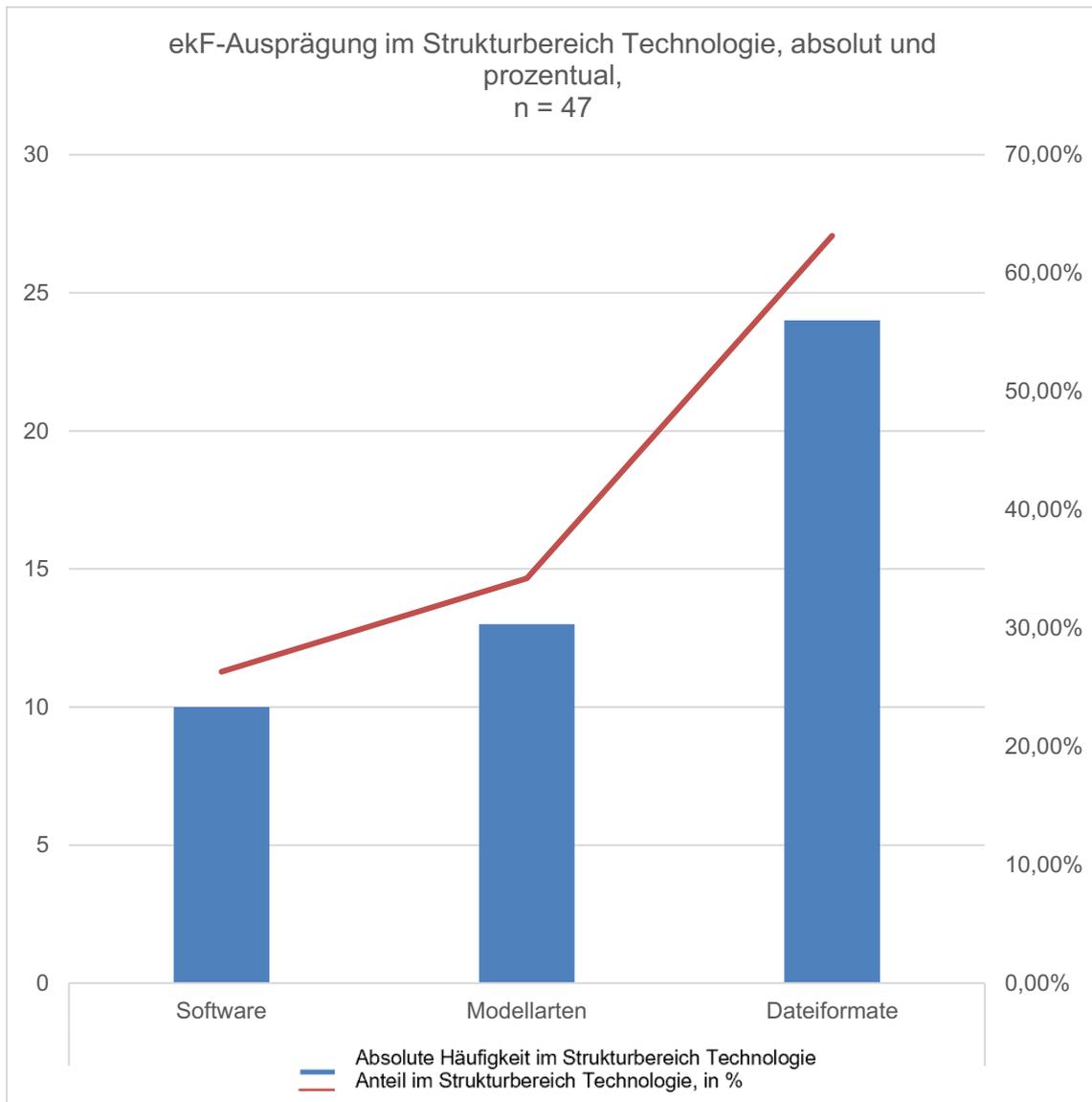


Abbildung 87: Häufigkeitsausprägungen der ekF im Strukturbereich Technologie

## Anhang 28: Detaillierergebnisse Strukturbereich Aufbauorganisation

Hier sind die übrigen Evaluationen im Strukturbereich Aufbauorganisation beschrieben [grau hinterlegte Felder, Abb. 88].

### ekF-Zuordnung im BIM-Strukturmodell

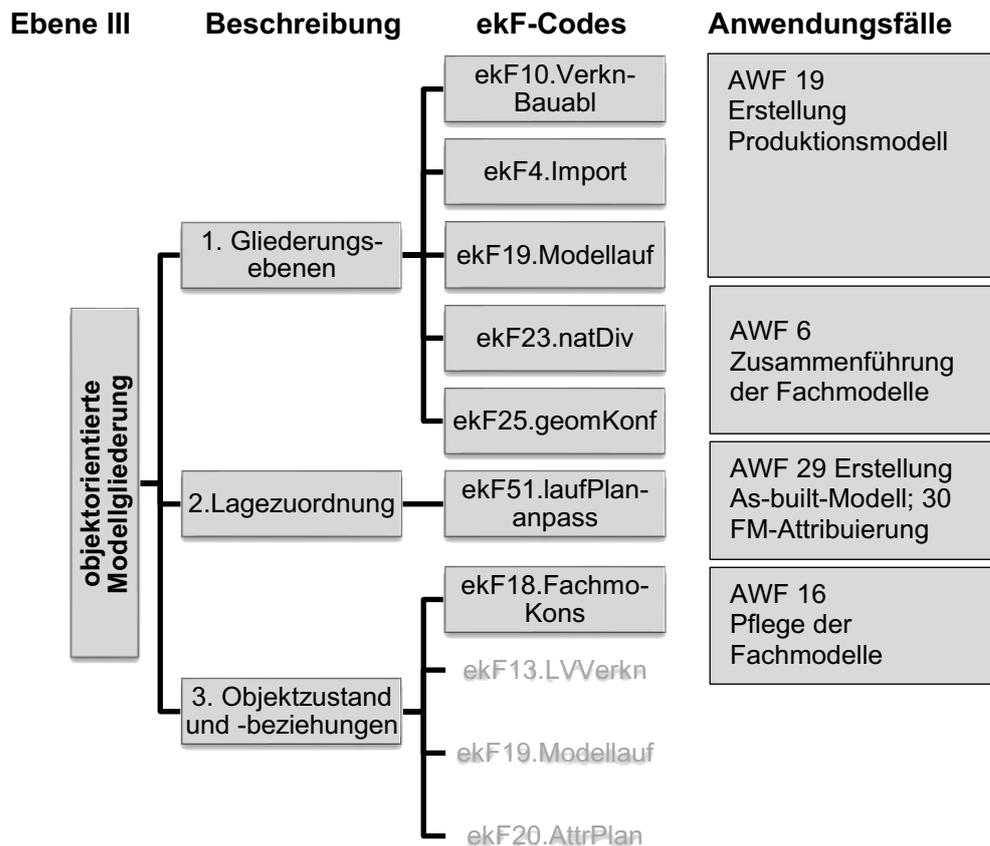


Abbildung 88: Aufbauorganisatorische ekF-Erfassung

### 1. Gliederungsebenen

Im Bereich Gliederungsebenen wird am Beispiel des AWF 19<sup>114</sup> das Überprüfungsschema zur Ermittlung der Auswirkungen von erfolgskritischen Faktoren dargestellt. Dieses Überprüfungsschema wurde für alle Strukturbereiche verfolgt [Abb. 89].<sup>115</sup> Die methodische Erläuterung dieses Schemas erfolgte in Kapitel 2.4, Abb. 10. Das Schema kann außerdem zu

<sup>114</sup> **AWF 19 Erstellung Produktionsmodell:** das Produktionsmodell ist das Planungsmodell, erweitert um die terminlichen Ausführungsplanungen der Fachgewerke, Erstellung von 2D-Ansichten aus BIM-Modell Ableitung der Ausführungspläne.

<sup>115</sup> Aufbauorganisation, Ablauforganisation, Informationsressourcen, Technologie.

BIM-Implementierungszwecken eingesetzt werden, weil die notwendigen BIM-Strukturbereiche auf Erfüllung oder Herausforderungen hin überprüft werden.

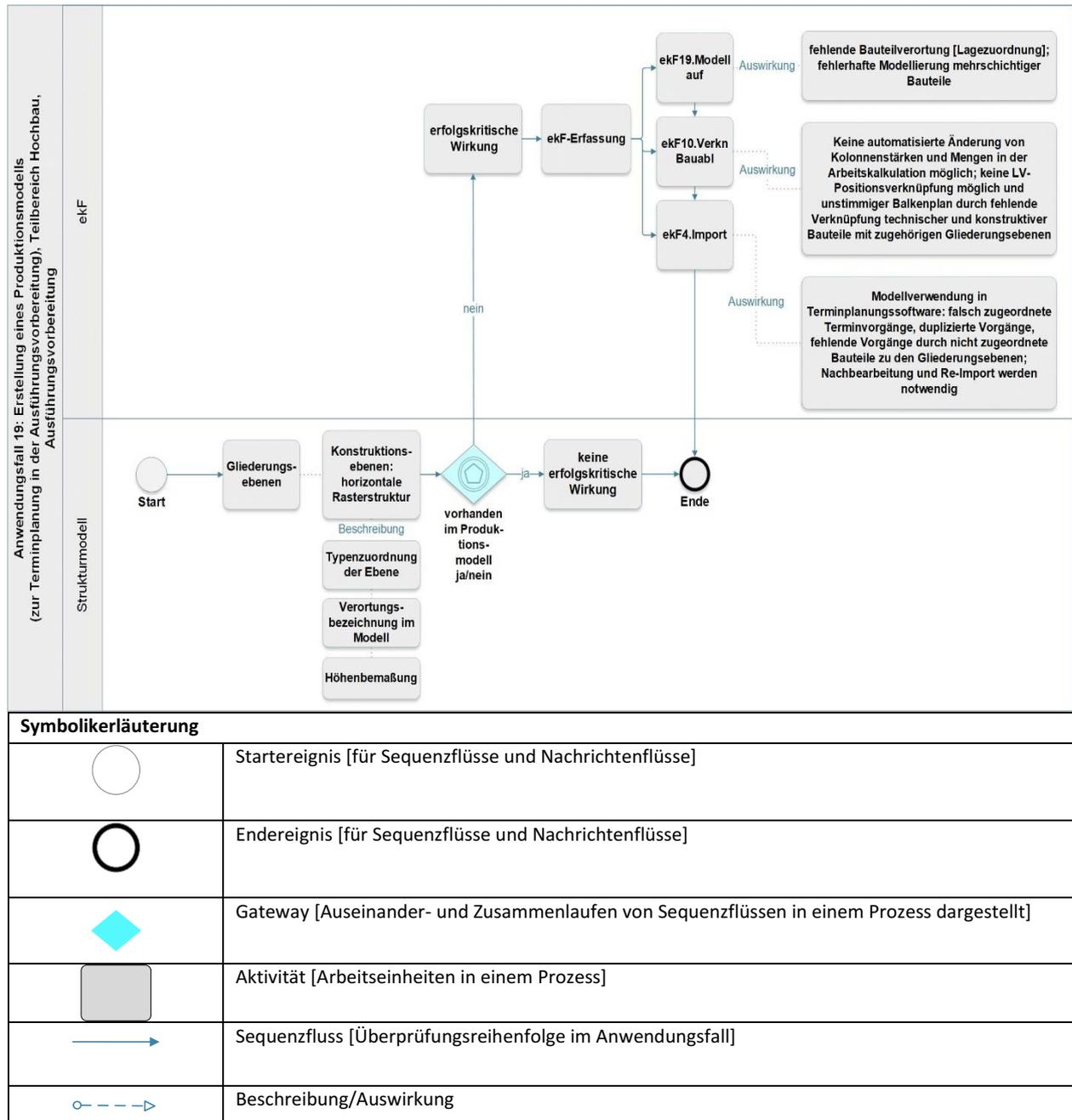


Abbildung 89: Überprüfungsschema Aufbauorganisation: ekF-Erfassung: AWF 19

Für den AWF 19 [Ausführungsvorbereitung] im Teilbereich Hochbau konnten drei ekF [ekF19 Modellaufbau; ekF10 Verknüpfung Bauablaufplanung; ekF4 Re-Import] ermittelt werden.

In den vorgeschalteten Planungsphasen ist durch sämtliche BIM-Autoren [Objektplaner, Fachplaner TGA] eine einheitliche Modellteilung in Konstruktionsebenen vorzunehmen.<sup>116</sup> Es entstehen vereinheitlichte Haupt- und Zwischenkonstruktionsebenen für alle Disziplinen. Diese enthalten eine Typenzuordnung [bspw. Installationsebene], eine

<sup>116</sup> horizontale Rasterstruktur.

Verortungsbezeichnung im Modell [bspw. Geschossebene] und eine Höhenbemaßung. Projektbezogen und unter Einbeziehung aller Planungsbeteiligten ist festzulegen, an welcher Position die Raumhöhenmodellierung verortet ist [Unterkante Geschossdecke/Oberkante Geschossdecke]. Alle Bauteile und im Modell verwendete Elemente sind einer Konstruktionsebene zuzuordnen und in dieser zu modellieren. Es soll keine über die Konstruktionsebenen übergreifende Modellierung stattfinden [bspw. im Falle von mehrgeschossigen Stützen sind Teilstützen ebenenweise im Architekturmodell anzulegen; analog wäre eine Fassadenmodellierung in Teilen vorzunehmen] (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 24). Im AWF 19 ergab sich eine mangelhafte Modelldatenqualität in der Datenüberprüfung bezüglich des Modellaufbaus [Abb. 90].

Status	Name	Bezeichnung	Größe	Quelle	Datum	Version	Erstellt
<input checked="" type="checkbox"/>	Geladen	Bauvorhaben_default	2405 KB	rvt	15.12.2017 09:16:10 UTC+1	1.6	15.12.2017 09:09:57 UTC+1
<input checked="" type="checkbox"/>	Geladen	Bauvorhaben_Ebene -1	8 KB	rvt	15.12.2017 09:16:18 UTC+1	1.6	15.12.2017 09:09:57 UTC+1
<input checked="" type="checkbox"/>	Geladen	Bauvorhaben_Ebene -3	36 KB	rvt	15.12.2017 09:16:28 UTC+1	1.6	15.12.2017 09:09:57 UTC+1
<input checked="" type="checkbox"/>	Geladen	Bauvorhaben_Ebene 0	882 KB	rvt	15.12.2017 09:16:11 UTC+1	1.6	15.12.2017 09:09:57 UTC+1
<input checked="" type="checkbox"/>	Geladen	Bauvorhaben_Ebene 1	606 KB	rvt	15.12.2017 09:16:18 UTC+1	1.6	15.12.2017 09:09:57 UTC+1
<input checked="" type="checkbox"/>	Geladen	Bauvorhaben_Ebene 2	458 KB	rvt	15.12.2017 09:16:22 UTC+1	1.6	15.12.2017 09:09:57 UTC+1
<input checked="" type="checkbox"/>	Geladen	Bauvorhaben_Ebene 3	73 KB	rvt	15.12.2017 09:16:22 UTC+1	1.6	15.12.2017 09:09:57 UTC+1

Abbildung 90: Vorbereitende Bauablaufplanung: Datenprüfung (Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

Im Falle nicht geschaffener Rasterstrukturen für Haupt- und Zwischenkonstruktionsebenen kann keine konsistente Gebäudestruktur aus der nativen Software in ein Programm zur Datenqualifizierung auf 4D- und 5D-Ebene importiert werden [ekF19 Modellaufbau]. Daraus folgt eine nicht-automatisierte Erstellung für Leistungsverzeichnispositionen nach DIN 276. Dies bedingt einen erhöhten manuellen Aufwand innerhalb der Software für den 4D- und 5D-Bereich. Eine Ersteinschätzung zur Datenqualität [Qualifizierung – CPI Analyser, Abb. 45] ist für die Erstellung eines Bauablauf-Leistungsverzeichnisses [Projektorganisation] zur Verknüpfung mit einem Terminplanungsprogramm vorgesehen. Die fehlerbehaftete Datenqualität ist auf fehlende Gliederungsebenen und Attribuierungsfehler zurückzuführen.<sup>117</sup>

<sup>117</sup> Dazu sind die Abb. 49 – 51 zu beachten, die die fehlerhafte Attribuierung zeigen und auf die Nachbesserung in der Gebäudestruktur verweisen.

Im vorliegenden Fall soll aufbauend auf einem bereits ermittelten Leistungsverzeichnis innerhalb der Kostengruppe 300 eine exemplarische Bauablaufplanung ermittelt werden.<sup>118</sup> Die manuell zugeordnete Gebäudestruktur lässt aus den zuvor erstellten Leistungsverzeichnispositionen einen exportierbaren Balkenplan mit zeitlichen Verknüpfungen entstehen [Abb. 91].<sup>119</sup> Hier wird der terminierte Ablauf für die Perimeterdämmung der Bodenplatte dargestellt.

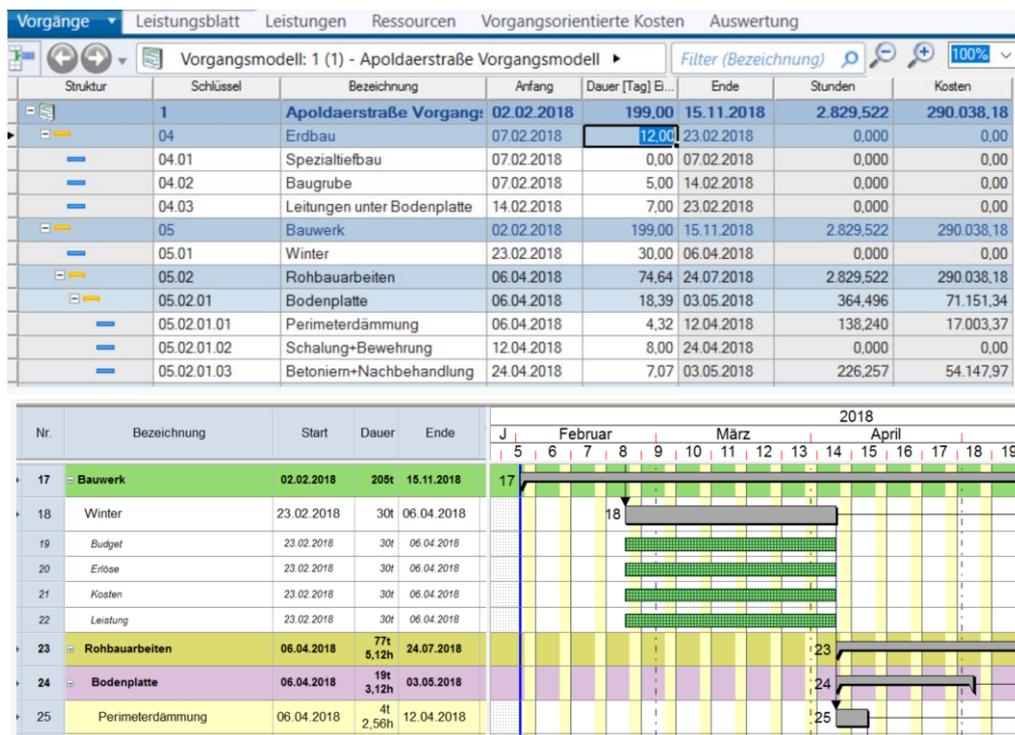


Abbildung 91: Vorbereitende Bauablaufplanung (Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

Wenn alle Einzelvorgänge im Bauzeitenplan verknüpft worden sind, wird der Terminplan wieder überführt und begründet das Produktionsmodell. Sich ergebende Bauablaufstörungen verlangen einen Re-Import [ekF4 Re-Import]. Sie müssen als neue Vorgänge zusätzlich manuell nachgepflegt werden, um die Bauablaufplanung zu aktualisieren und die Termine wieder aufeinanderfolgend abrufen zu können [ekF10 Verknüpfung Bauablaufplanung].

Im AWF 6<sup>120</sup> sind ekFekF23 native Divergenz und ekF25 geometrische Konformität aufgetreten [vgl. Abb. 88]. Kommt es innerhalb der frühen Planungsphasen 1 – 2 zum Einsatz verschiedener nativer Modellierungssoftware für die Erstellung verschiedener Teile [Objektplanung und Fassadenplanung] des Architekturmodells [Objektplanungsmodell], kann beim Export nach IFC-Schema und der nachträglichen Zusammenführung von Fachmodellen

<sup>118</sup> Kostengruppen: 322 Bodenplatte, 331 tragende Außenwände, 332 nichttragende Außenwände, 334 Außenwandöffnungen, 341 tragende, 342 nichttragende Innenwände, 344 Innenwandöffnungen.

<sup>119</sup> Es betrifft die Objekte: Bodenplatte, Wände EG, Decke EG, Wände 1. OG, Decke 1. OG, Wände 2. OG und Dach.

<sup>120</sup> AWF 6: Erstellung eines Koordinationsmodells im Teilbereich Hochbau in der Planungsphase.

im Koordinationsmodell eine Divergenz entstehen. Es entsteht eine abweichende Geometrieausgabe durch die Überlagerung von Geometriepunkten. Das ist auf divergierende Konstruktionsebenen durch verschiedene Informationsautoren im nativen Bereich zurückzuführen. In Abb. 92 ist exemplarisch eine Wand-Wand-Überschneidung in der Prüfung zur Koordinationsmodellerstellung zu sehen.

Wand-Wand-Überschneidungen

Verfolgungs-ID: 128

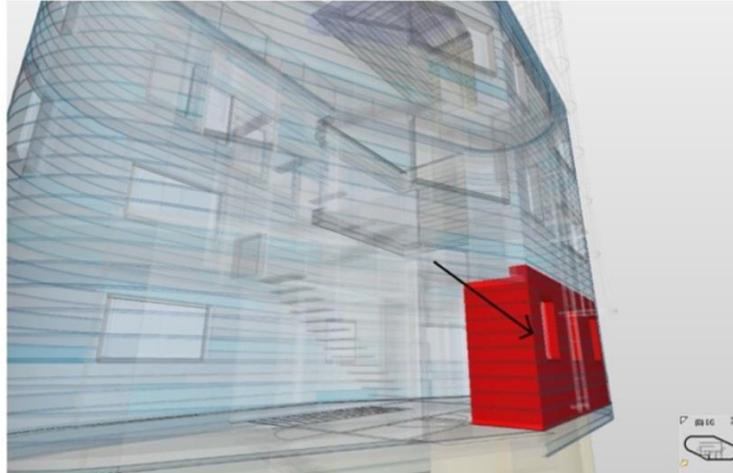


Abbildung 92: Beispiel für Geometriedivergenz (vgl. Bauhaus-Universität Weimar und Bargstädt 2018)

Abb. 93 zeigt abschließend eine Schnittdarstellung für horizontal angelegte Konstruktionsebenen für Geschosse, Bodenplatte mit Dämmung und Geschossdecken im Teilbereich Hochbau mit Höhenbemaßung. Die Darstellung befindet sich innerhalb der nativen Modellierungssoftware für die Erstellung des Architekturmodells.

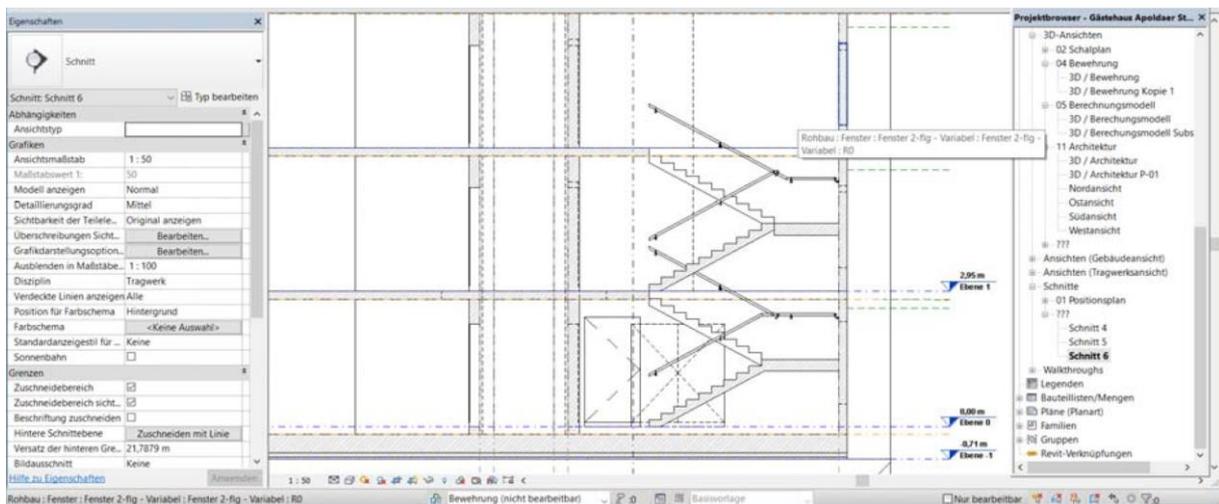


Abbildung 93: Konstruktionsebenen im Architekturmodell, native Modellierungssoftware (vgl. Bauhaus-Universität Weimar und Bargstädt 2018)

## 2. Lagezuordnung Modellelemente

In den AWF 29 und 30<sup>121</sup> ist der ekF51 laufende Planungsanpassungem aufgetreten. Alle Bauteile sind im baulichen Gefüge realistisch darzustellen. Im Besonderen bezieht sich das auf Modellelemente, die sowohl Außen- als auch Innenbezüge aufweisen [bspw. Plattengründung: Überstand einer Sohlplatte über die Außenwände der Kellerwände]. Solcherlei Bauteile sind als durchlaufend zu modellieren und ggf. auf eine gesonderte Gliederungsebene zu setzen, die mit der hierarchisch übergeordneten Ebene verbunden ist (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 25).

Innerhalb der späten Projektphasen zur Modellübergabe in den Betrieb [Phase 9] sind fehlerhafte Lagezuordnungen [Außen- und Innenbezüge] einzelner Bauteilelemente aufgetreten und zu korrigieren. Im vorliegenden Beispiel ist dies erst in den verzeichneten Anwendungsfällen 29 und 30 zur Aufarbeitung des As-built-Modells geschehen. Dabei wurde das Koordinationsmodell genutzt, um eine nachträgliche As-built-Darstellung zu erzeugen. Eine Form der Darstellungsmöglichkeit ist die Zustandsmodellierung in der nativen Software. Über die vergebenen Zustände kann farblich unterschieden werden, welche Bauteile bereits ihre entsprechende Lagezuordnung erhalten haben. Zustandsmodellierungen können auch in der Ausführung vollzogen werden, um Bauzustände einzelner Elemente nachzuvollziehen. Die Abb. 94 zeigt die Zustandsmodellierung exemplarisch anhand der Zuordnung von Außenwänden zu Referenzebenen.

---

<sup>121</sup> **AWF 29: Herleitung und Erstellung As-built-Modell:** konventionsentsprechende Nachmodellierung [AIA], Schaffung zusätzlicher Zustandsbeschreibungen [über Ebenen: zukünftiger Abbruch oder Anbau], Erfassung des Baufortschritts im As-built-Modell des AN-seitig erstellten Planungsmodell, Dokumentation der Ausführung im As-built-Modell als digitale Bauwerksakte, Verknüpfung wesentlicher betriebsrelevanter Dokumente; **AWF 30: Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung im Teilbereich Hochbau,** Projektabschluss: konventionsentsprechende nachträgliche Attribuierung: Gewährleistungsdaten zur Verwaltung der Gewährleistungsansprüche technische Anlagen, Dokumentenverknüpfung mit Bauteilen für Wartungsintervalle, Dokumente sollen in der Betriebsphase mit FM-Datenbank verknüpft sein, Vorbereitung des Modells zur Übergabe als ifcxml an ein CAFM-System [Asset-Informationsmodell].

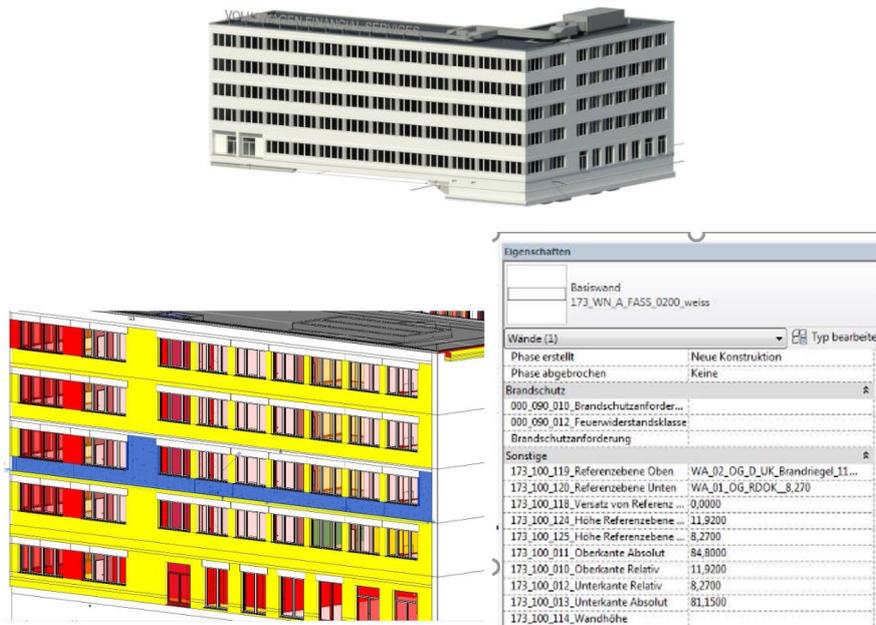


Abbildung 94: Zustandsmodellierung für nachträgliche Planungsanpassungen (Mittelstand 4.0: Kompetenzzentrum Planen und Bauen 2017)

Abb. 95 zeigt in der Ebenenansicht ein Beispiel für einen modellierten Außenbezug, der fehlerhaft ist. Eine Innenwand [24 cm Stärke; Abhängigkeit Ebene 1] hat fälschlich einen Außenbezug.

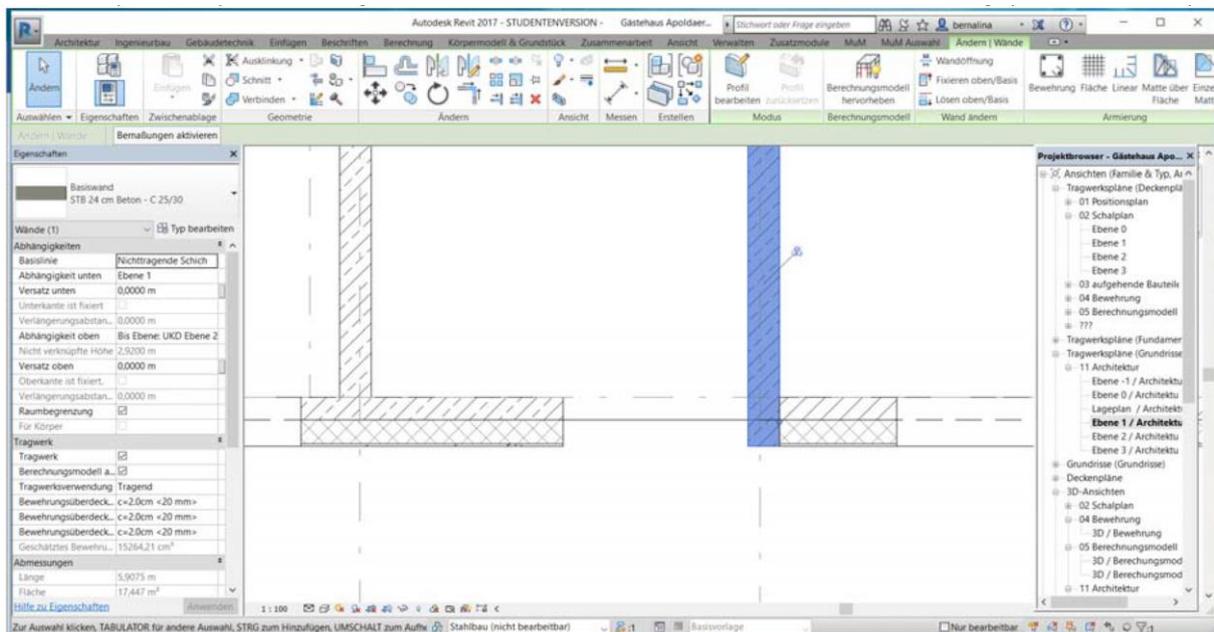


Abbildung 95: Außenbezug für innenliegende Wand (Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

### 3. Objektzustand und -beziehungen: Assoziationen:

Im AWF 16 ist der ekF18 Fachmodellkonsistenz aufgetreten.<sup>122</sup> Im Hinblick auf Funktionsabhängigkeiten sind Assoziationen zwischen Objekten zu erkennen. Unidirektional oder bidirektional können sich Objekte erkennen. Assoziationen sind als Attribute dargestellt. Dabei wird eine Beziehung zwischen Objekten als zusätzliches Objekt modelliert. Assoziationen teilen sich in verschiedene Assoziationsklassen, um einer Beziehung weitere semantische Möglichkeiten zu geben. Hierbei handelt es sich um Beziehungen unter gleichrangigen Objektklassen. Abb. 96 stellt diese Assoziationen als binäre Assoziationen dar [Wert 0..\*: beliebig viele; Wert 1: besitzt genau eine] (vgl. Koch 2015, S. 52–53).<sup>123</sup>

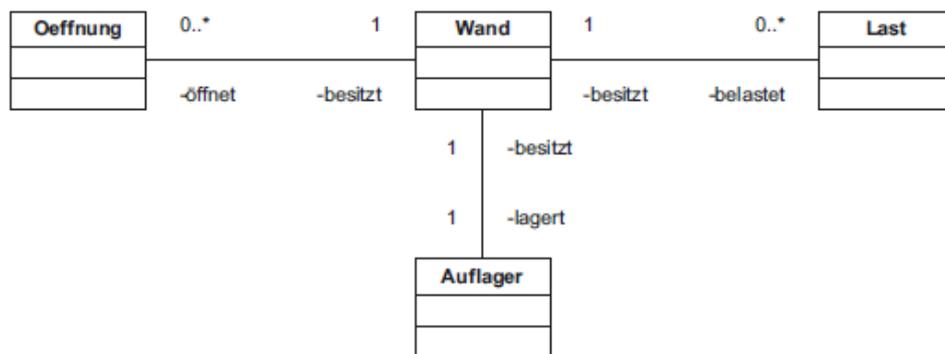


Abbildung 96: Assoziationen im Modell  
(Koch 2015, S. 53)

Das ermöglicht die genaue Zuordnung von Assoziationsklassen zwischen Objekten. Im exemplarischen Anwendungsfall werden die Fachmodelle nachträglich innerhalb der Ausführungsvorbereitung überarbeitet, um folgende Probleme nach der Kollisionsprüfung aus den vorangegangenen Leistungsphasen 2 und 3 zu entfernen [Abb. 97].

<sup>122</sup> **AWF 16: periodisches Pflegen der Fachmodelle**, Teilbereich Hochbau, Ausführungsplanung: Nachbearbeitung von Bauteilen nach der Kollisionskontrolle [Planung] in der Attribuierung und Parametrisierung, fehlende Attribute sind ergänzt worden.

<sup>123</sup> Erläuterung: Eine Wand besitzt genau eine Öffnung. Keine oder mehrere Öffnungen öffnen genau eine spezifische Wand [Öffnung kann nur spezifisch assoziiert sein].

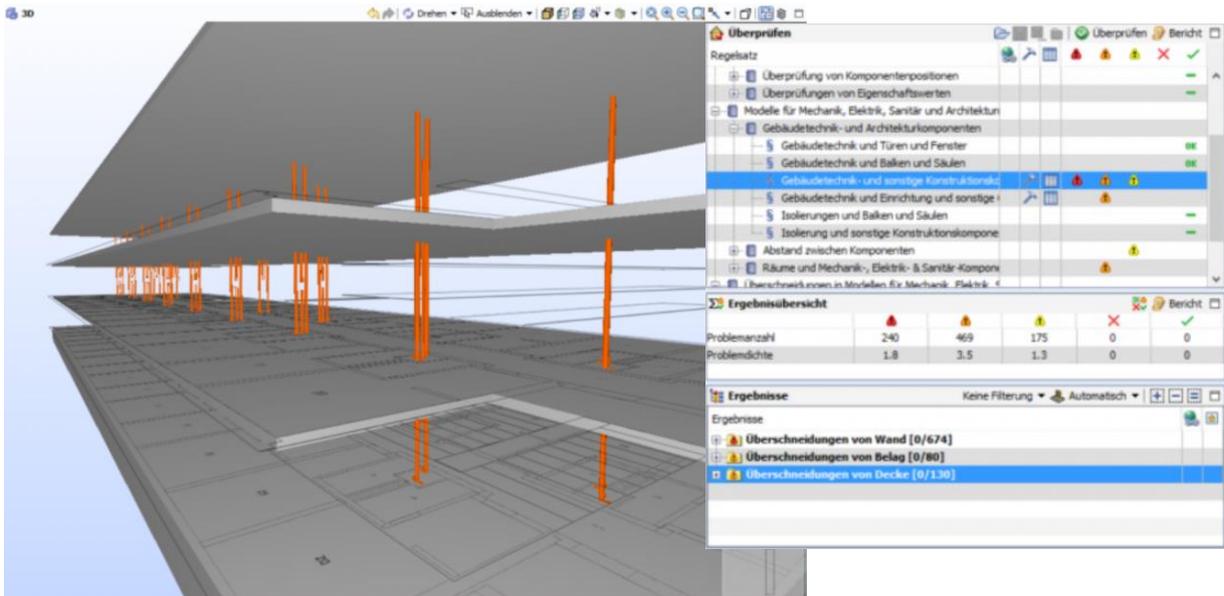


Abbildung 97: Kollisionsprüfung Objektplanungsmodell und Fachmodell TGA (Projektauswertung: Modellierungstagebuch; Projektroutine)

Die in dieser Prüfung als Kollisionen angezeigten fehlenden Durchbrüche werden innerhalb der Überarbeitung eingefügt. Die Informationsautoren der technischen Fachplanung modellieren dafür Assoziationen in Form von Abzugskörpern, die als Volumenkörper für die ausführenden Beteiligten zur Verfügung gestellt werden.<sup>124</sup> Im Sinne der Extrusionsgeometrie<sup>125</sup> entstehen Volumenkörper, die als ifcOpeningElement innerhalb der Ausführungsvorbereitung in das Architekturmodell übertragen werden. Diese Abzugskörper sind durch die Informationsautoren den Geschosdecken eindeutig als Öffnungen [Assoziationen] zuzuordnen.

<sup>124</sup> Schwerpunkt: Anlagegruppe Wasser- und Abwasseranlagen [entspr. Abbildung 45].

<sup>125</sup> Extrusionsgeometrie ist: „[...] ein 3D-Körper [entsteht] durch das Entlangziehen einer 2D-Geometrie [...] entlang einer vom Nutzer vorgegebenen 3D-Kurve (Pfad) [...]. Bei einem geraden Pfad spricht man von einer Extrusion [...].“ (Bormann und Berkahn 2015d, S. 32).

## Anhang 29: Beispiel für ein Information Delivery Manual [IDM]

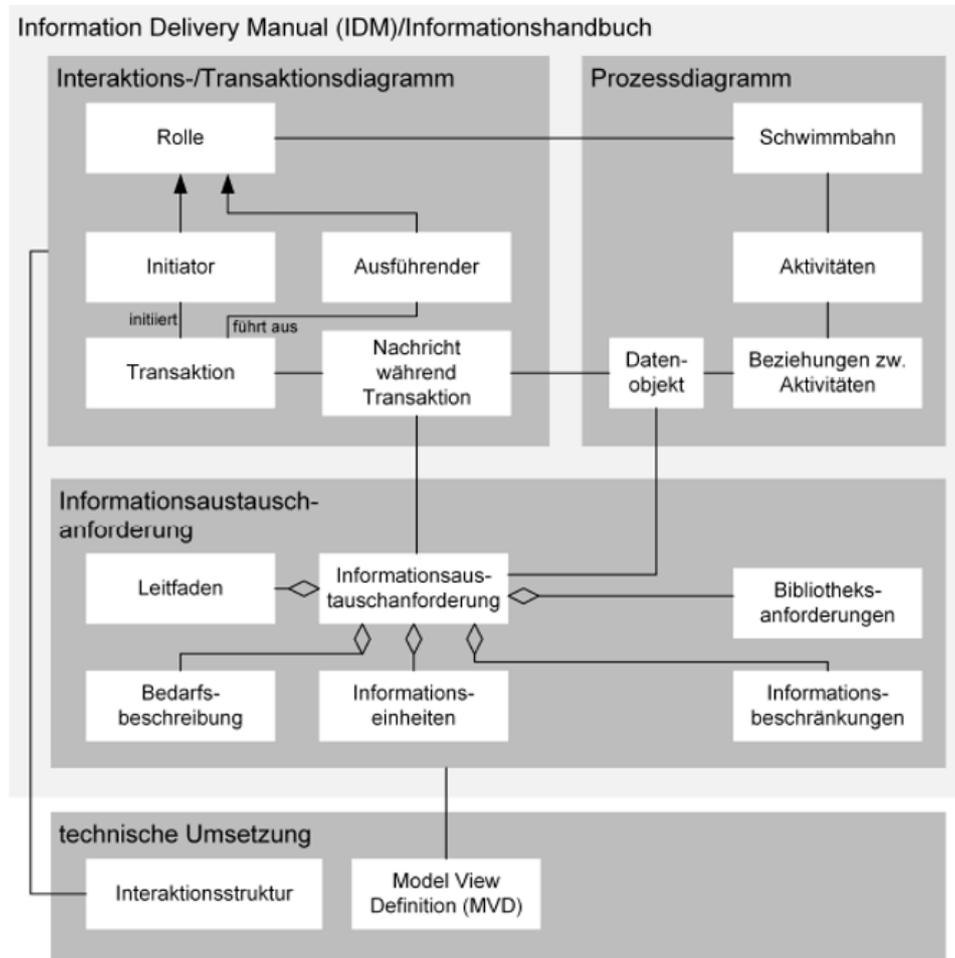


Abbildung 98: Information Delivery Manual (VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 7)

Das Informationshandbuch enthält Interaktionsdiagramme mit Prozessabbildungen, Austauschforderungen und technische Konventionen zur Austauschumsetzung [Abb. 98]. Informationen, die zu festgelegten Datadropoints ausgetauscht werden, sind klar definiert nach (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 9–12):

- Zuordnung zum BIM-Anwendungsfall,
- Ausarbeitungsgrad: LOD bestehend aus LOI [alphanumerischer Detaillierungsgrad] und LOG [geometrischer Detaillierungsgrad] und der Zuordnung zum Planmaßstab [Tab. 42],
- Leistungsphase nach HOAI,
- Projektphase nach Eschenbruch et al. 2020
- Anforderungen der Grundleistungen und besonderen Leistungen nach HOAI und deren Übertragung nach Oltmanns et al. 2019.

Ausarbeitungsgrad LOD	Beschreibung	Planmaß- stab
100	Modellelemente sind vereinfacht als Symbole dargestellt.	1:500 bis 1:200
200	Modellelemente werden mit ungefährender Position und Geometrie angegeben.	1:200 bis 1:100
300	Modellelemente werden mit genauer Position und genauer Geometrie für die Ausführungsplanung angegeben. Dieser Ausarbeitungsgrad muss auch die Massen- und Mengenermittlung in Anlehnung an die Kostengruppen nach DIN 276 ermöglichen.	1:50 bis 1:20
400	Modellelemente enthalten alle Informationen, die für die Erstellung oder einen späteren Umbau des Elementes benötigt werden, inkl. Montageanweisungen.	1:20
500	Modellelemente repräsentieren den As-built-Zustand hinsichtlich Geometrie und Position. Zusatzinformationen zur Bauüberwachung LPH 8 und Dokumentationen sind gespeichert.	1:20
600	Modellelemente repräsentieren Informationen, die für das Facility-Management relevant sind: bspw. Instandhaltung und Wartungszyklen, Dokumentenverknüpfungen an Bauteilen zu Montagen.	1:20

Tabelle 42: Modellausarbeitungsgrade und Planmaßstäblichkeit  
(eigene Darstellung, in Anlehnung an: VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 35)

Zusätzlich zu rein baukonstruktiven Modellelementen im entsprechenden LOD je Leistungsphase sind folgende weitere Elemente im Modell zu verzeichnen (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 35):

- LPH 1-2/LOD100, DIN 276 min. 2. Ebene: Räume/Raumstempel, Flächen, grafische Elemente [Farbe/Schraffur baukonstruktiver Objekte],
- LPH 3-5/LOD 200 – 350, DIN 276 min. 3. Ebene: Räume/Raumstempel, Flächen, grafische Elemente, Körperobjekte [benachbarte Bestandsgebäude, städtebauliches Modell].

## Anhang 30: Detaillierergebnisse Strukturbereich Ablauforganisation

Der Strukturbereich Ablauforganisation beinhaltet die Bereiche:

1. Datenaustauschanforderungen,
2. Modellprüfung für den Datenaustausch

in der Ebene III (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 6–15). Am Beispiel der Anwendungsfälle 21, 26 und 28 im Teilbereich Straßenbau sind ekF29 Eindeutigkeit der Detaillierung und ekF32 Verortung und Dokumentation von Mängeln mit ihren Auswirkungen erfasst worden [Abb. 99].<sup>126</sup>

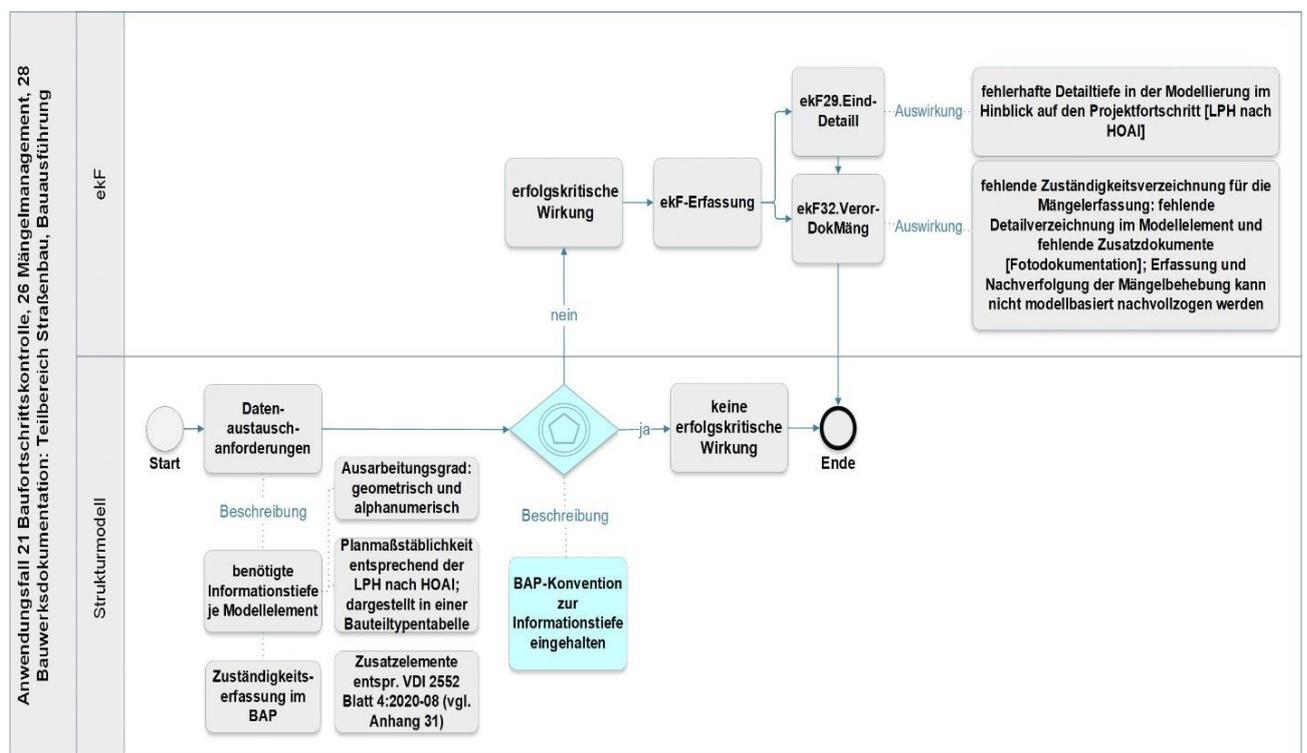


Abbildung 99: Überprüfungsschema Ablauforganisation: ekF-Erfassung: AWF 21;26;28

**1. BIM-bezogene Datenaustauschanforderungen** regeln die Interaktion zwischen den Bauprojektbeteiligten und sollten folgende Bausteine enthalten:

<sup>126</sup> **AWF 21 Baufortschrittskontrolle:** Modellnutzung für terminliche Baufortschrittskontrolle als Grundlage des Projekt-Controllings: Eintragung der Ist-Termine der Fertigstellung in Bezug auf terminlichen Soll-Zustand, farbliche Darstellung von Abweichungen;

**AWF 26 Mängelmanagement:** Nutzung des Modells zur Verortung und Dokumentation von Ausführungsmängeln und deren Nachverfolgung und Behebung: Erfassung und Dokumentation auf Grundlage der Elemente im BIM-Modell auf geeigneter Plattform, Mängelerfassung und Einspeisung in Modell: vor Ort mit Endgeräten, Speicherung mit zugehörigen Fotografien und Angabe von Verortung und relevanter Vorgangsinformationen, Zuteilung der Verantwortlichkeiten zur Mängelbeseitigung;

**AWF 28 Bauwerksdokumentation:** Erstellung einer digitalen Bauwerksakte in Form des As-built-Modells, enthält detaillierte Informationen zur Ausführung, z.B. verwendete Materialien und Produkte sowie ggf. Verweise auf Prüfprotokolle und weitere Dokumente, As-built Modell wird auf Grundlage des Modells der Ausführungsplanung erstellt [Projektinformationsmodell].

- Rollendefinition und zugehörige Aufgaben im Modell,
- Wertschöpfende Prozesslinien für jeden BIM-Anwendungsfall individuell,
- Festschreibung benötigter Informationen der Bauelemente mit entsprechender Detailtiefe in Zuordnung zur Projektphase sowie
- Festlegung und Abbildung der auszutauschenden Informationen (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 9–12).

Gesammelt sind diese Inhalte, die auch für die hier vorliegenden AWF bedeutsam sind, im Informationshandbuch [Information Delivery Manual] als Datenaustauschanforderungen zusammengefasst [vgl. Anhang 29].

Die Ordnung nach Bauteiltypen in der Bauteiltypentabelle ist eine Darstellungsform der Austauschforderungen in den Modellprojekten (vgl. ARGE BIM4INFRA 2019a). Die Verankerung sollte auf Projektebene innerhalb der Konventionen [AIA; BAP] erfolgen (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 14). Im AWF 21 Baufortschrittskontrolle werden verschiedene Zustandsdarstellungen der Elemente im Modell genutzt, um den Fertigstellungsgrad einzelner Elemente und Anlagen darzustellen. AWF Nr. 28 Bauwerksdokumentation orientiert sich an Dokumentenverknüpfungen [Wartung; Erneuerung, realistische Fotodokumentation] mit Bauteilen in Vorbereitung auf die Erstellung eines As-built-Modells. Die erläuterten Datenaustauschanforderungen sind jedoch in den exemplarischen Anwendungsfällen in den Modellprojekten nicht konsistent verfolgt worden [ekF29 Eindeutigkeit der Detaillierung] [Abb. 100: unvollständige Bauteiltypentabelle].<sup>127</sup>

Level of Information	Element	Attribut	Kommentar (entspr. DIN 4052)	Lol					
				100	200	300	400	500	
Level of Information	Straßenablauf	Aufsatzform	rechteckig/quadratisch Muldenform						
		verschließbar							
		Einbauort	Rinne/Bordstein						
		Material (Unterteil)	Beton/Kunststoff						
		Höhe	OK Aufsatz bis UK Unterteil						
		Eimer (DIN 4052)	A4, B1, C3, D1						
		Bodenteil	1a, 2a						
		Schaft	5b, 5c, 5d						
		Muffenteil	3a						
		Zwischenteil	6a, 6b						
		Schaftkonus	11						
		Lage	Koordinaten						
		Muffenteil	KG-Muffe, Steckmuffe						
		<b>Modell</b>	<b>Planunterlagen</b>						
Level of Detail	LOD 200	Maßstab 1:1000, Darstellungsgenauigkeit 10 cm	Lageplan 1:1000 Mengen überschlägige Kosten						
	LOD 300	Maßstab 1:100, Darstellungsgenauigkeit 1 cm	Lageplan 1:500 Höhenplan 1:500/50 Mengen Kosten Straßenquerschnitte 1:100						

Abbildung 100: Ausschnitt der Bauteiltypentabelle als Datenaustauschanforderungen (ARGE BIM4INFRA 2019a)

<sup>127</sup> Ausschnitt einer Bauteiltypentabelle als unvollständigen Bestandteil innerhalb eines Modellprojekts zum Teilbereich Straßenbau mit dem Beispiелеlement Straßenablauf.

Für die ekF-Vermeidung innerhalb des AWF 21 Baufortschrittskontrolle und 28 Bauwerksdokumentation bedürfte es einer Ergänzung zur konventionellen Verankerung im BAP. Die Tabellenergänzung bezieht sich auf eine einheitliche Zuordnung der Bauelemente zu Attributen, LOD, Planmaßstäblichkeit und Kommentaren [Tab. 43]. Gleichsam ist der AWF 18 Mängelmanagement auf diese Bauteilgliederung und Erfassungsform angewiesen. Andernfalls ist eine Nachverfolgung der Mängelbehebung nicht standardisiert möglich [ekF32 Verortung und Dokumentation von Mängeln].

Element	Attribute	Kommentar	LOD	Planmaßstab
Straßenablauf	Aufsatz Auflagering Schaftkonus Muffenteil Zwischenteil Boden Material	a 10b 11 3a 6a 2a Beton Teile und Material gem. DIN 4052- 2:2006-05, 3.3, S. 5	400	1:20
Bemerkungen	<p><u>Leistungsphase 8 Objektüberwachung: Dokumentation des Bauablaufs:</u>  <u>Revisionsmodell:</u>            AWF Nr. 21: Baufortschrittskontrolle: IST-Zustand als Fotodokumentation, Dokumentenverknüpfung am Bauteil: Soll-Zustand nach DIN 4052-2:2006-05, 3.3, S. 5, zusätzliche Planunterlagen: Lageplan            AWF Nr. 26: Mängelmanagement: Erfassung von Ausführungsmängeln und deren Beseitigungsdokumentation über modellbasierte Soll- und Ist-Zustandsdarstellungen            AWF Nr. 28 Bauwerksdokumentation als Vorbereitung auf LPH 9 und das As-built-Modell</p> <p>Für alle AWF: zusätzliche Planunterlagen: Lageplan, Resultat als Fotodokumentation am Bauteil</p>			
	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p><b>Legende</b></p> <p>2a Boden ohne Auslauf</p> <p>6a Zwischenteil 295 mm hoch</p> <p>3a Muffenteil Form 3a</p> <p>11 Schaftkonus</p> <p>10b Auflagering</p> <p>a Aufsatz z. B. nach DIN 19594-1</p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> </div> </div>			

Tabelle 43: Exemplarische Bauteiltypentabelle: Straßenablauf  
(eigene Darstellung, in Anlehnung an: VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, Anhang B; DIN 4052-2:2006-05, S. 5)

Das LOD 400 sieht die Repräsentation eines detaillierten Objekts hinsichtlich Größe, Abmessungen, Form, Position sowie Orientierung zuzüglich Informationen zu Herstellung und Installation vor (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, Anhang B).

## 2. Modellprüfung für den Datenaustausch

Im Strukturbereich Modellprüfung für den Datenaustausch ist im AWF 4 Koordination der Fachgewerke im Teilbereich Hochbau der ekF31 Planungsdetaillierung evaluiert worden [Abb. 101].<sup>128</sup>

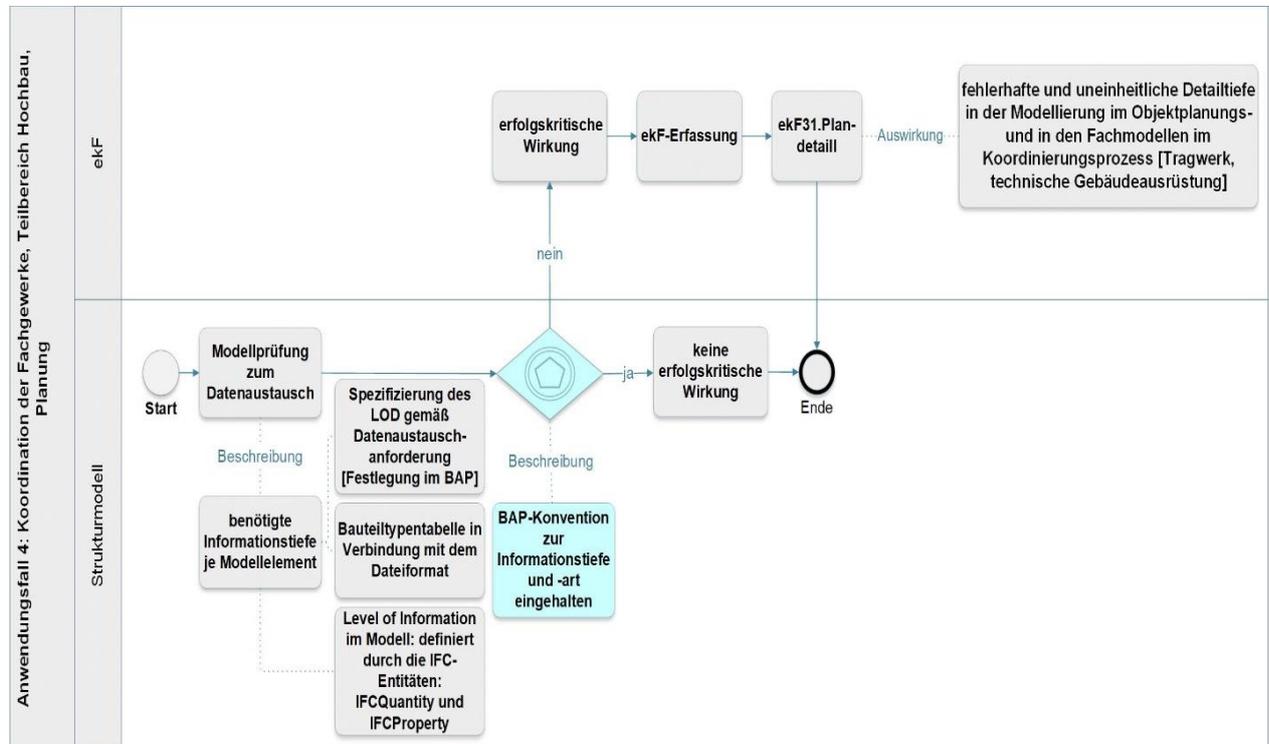


Abbildung 101: Überprüfungsschema Ablauforganisation: ekF-Erfassung: AWF 4

Die Konventionen für den Informationsaustausch sind Bestandteil des BAP. Ähnlich wie die Bauteiltypentabelle ist in der Modellprüfung nach einer Matrix für Datenaustauschanforderungen vorzugehen (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 14). Die phasengerechte Analyse der Fachmodelle verlangt eine Anforderungsdefinition für Modellinhalte, um die Kollisionsprüfung vornehmen zu können. Die Modellprüfungstabelle ist innerhalb der Konventionen [BAP] zu verankern. Im AWF 4 ist keine Einzelelementbetrachtung in den Konventionen beachtet worden [ekF31 Planungsdetaillierung], was zu verschiedenen Detailtiefen in den Objekt- und Fachplanungsmodellen [Architektur, technische Gebäudeausrüstung, Tragwerk] führte. Im Sinne des Datenaustauschs über nicht-proprietäre Schnittstellen sollten die Eigenschaften IFC-Quantity und IFC-Property für die zu prüfenden Bauteilklassen zugeordnet werden, was im AWF 4 ebenfalls nicht vollzogen wurde. Die vorgesehene phasengerechte Kategorisierung [LOD = LOG und LOI, Tab. 44] sollte nach VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4 Anhang B Anwendung finden [Tab. 44 als vollständige Modellprüfungstabelle].

<sup>128</sup> **AWF 4 Koordination der Fachgewerke:** Bereitstellung des Objektplanungsmodells und Prüfung der Anforderungen in den Fachmodelle der Fachplaner [Vorstufe Kollisionsprüfung], parallele Detailplanung der verschiedenen Fachplaner.

LPH	Modell	ifcElement	Klassifikation	<u>LOD [Level of Detail]:</u> LOG [Level of Geometry] und LOI [Level of Information] Informationstiefe: Attribute und Attributwerte gemäß ifcProperty/ifcQuantity
3	Architekturmodell	ifcWall [Wand]	Innenwandkonstruktion	LOG 200
Level of Information [LoI]	<u>ifcProperty:</u> AcousticRating: Schallisierungswert FireRating: Brandschutzklassifizierung Combustible: Entflammbarkeit ja/nein SurfaceSpreadofFlame: Klassifizierung Oberflächenentflammbarkeit ThermalTransmittance: Wärmedurchgangskoeffizient isExternal: gebäudeinterne Verwendung: ja/nein ExtendtoStructure: erweiterte Struktur: ja/nein LoadBearing: tragendes Bauteil: ja/nein Compartmentation: brandabschnittsbildendes Bauteil: ja/nein <u>ifcQuantity:</u> ifcQuantityLength: Länge, Stärke und Höhe [in festgelegter Einheit], ifcQuantityArea: Position im Bauwerk aus allen Perspektiven [Plan- und Schnittdarstellung möglich], ifcQuantityVolume: Brutto- und Nettovolumen [abzüglich Öffnungen]			
3	Fachmodell TRGW [Tragwerk]	ifcColumn [Stütze]	Innenstütze	LOG 200
Level of Information [LoI]	<u>ifcProperty:</u> Slope: Neigungswinkel zur Horizontalen IsExternal: gebäudeinterne Verwendung: ja/nein LoadBearing: tragendes Bauteil ja/nein FireRating: Brandschutzklassifizierung <u>ifcQuantity:</u> ifcQuantityLength: Länge [in festgelegter Einheit], ifcQuantityArea: Flächeninhalt aller Oberflächen, Profilabhängig ifcQuantityVolume: Brutto- und Nettovolumen [abzüglich Öffnungen], ifcQuantityWeight: Brutto- und Nettogewicht			
3	Fachmodell TGA	ifcTransportElement [Aufzug]	Personenaufzug	LOG 200
Level of Information [LoI]	<u>ifcProperty:</u> ClearWidth: Breite ClearDepth: Tiefe ClearHeight: Höhe			

Tabelle 44: Exemplarische Vorgabe: Modellprüfung als Datenaustauschanforderung (eigene Darstellung, in Anlehnung an: buildingSMART International Ltd. 2020e)

Außerdem ist der Bereich Interaktions- und Transaktionsdiagramme im Strukturbereich Ablauforganisation dargestellt [grau hinterlegte Felder, Abb. 102].

## ekF-Zuordnung im BIM-Strukturmodell

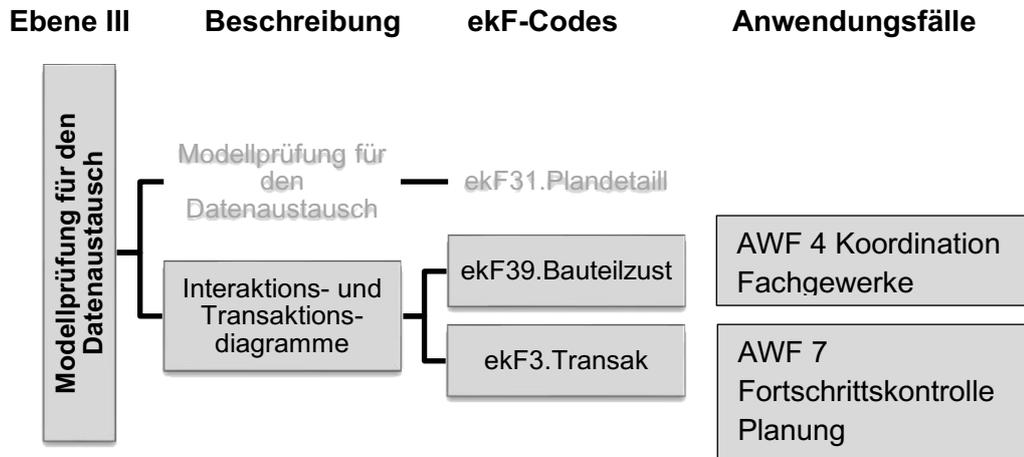


Abbildung 102: ekF-Erfassung

### Interaktions- und Transaktionsdiagramme

Um das Informationsmanagement in Datenaustauschprozessen grafisch abbilden zu können, sind Transaktionsdiagramme zu verwenden, die für jeden BIM-Anwendungsfall individualisierbar sind (vgl. DIN EN ISO 29481-1:2018-01, S. 15–17). Darin sind die Informationsrollen sowie inhaltliche Lieferpflichten dargestellt. Abb. 103 zeigt die Informationsmanagementrollen und ihre Beziehungen zueinander (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 7:2020-06, S. 4–7).

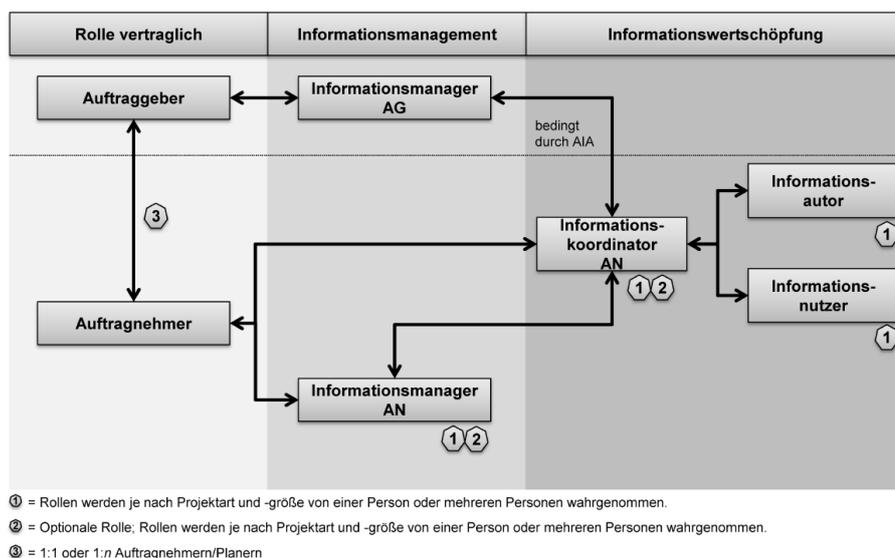


Abbildung 103: Rollen im BIM-Informationsmanagement

(VDI-Richtlinie 2552 Blatt 7:2020-06, S. 11)

Die auftragnehmerseitigen Informationsrollen sind in Tab. 45 zusammengefasst erläutert. Die Auftraggeberseite wird in der Untersuchung nicht verfolgt.

Rolle	Beschreibung
Informationsmanager AN	Erfassung der AIA-Anforderungen und Definition der BIM-Ziele und -Anwendungen auf AN-Seite. Einforderungen des Koordinierungsmodells zu festgelegten Projektmeilensteinen und Kontrolle auf in den AIA festgehaltene BIM-Qualität.
Informationskoordinator AN/Informationskoordinator Disziplin	Überwachung und Prüfung der operativen Umsetzung der BIM-Ziele im gesamten Bauprojekt. Die Koordination erfolgt aufgabenbezogen, basierend auf BIM-Anwendungsfällen. Diese Rolle sichert den fehlerfreien und vereinbarten Datenaustausch und leitet Modellfreigaben für die Prüfung durch den Informationsmanager ein. Der Informationskoordinator prüft eingegangene Fachmodelle gewerkeübergreifend hinsichtlich Kollisionen und Modellgliederungsbelangen. Der Informationskoordinator für die jeweilige Disziplin überprüft die erläuterten Inhalte für sein Fachgebiet, bevor die Informationen an den Gesamtkoordinator geleitet werden.
Informationsautor	Autoren sind die manuellen Ersteller und Modifizierer der Planungs- oder Fachmodelle. Entsprechend der AIA-Vorgaben und BAP-Ausgestaltungswege werden durch sie Informationen in den Modellen verankert. Der Autor berichtet an den Koordinator.
Informationsnutzer	Bauprojektmitglieder, die die Modelle lediglich als Informationsquelle nutzen, aber keine Informationen in die Modelle speisen [bauausführende Gewerke].

*Tabelle 45: BIM-Informationsrollen*

(eigene Darstellung, in Anlehnung an: VDI-Richtlinie 2552 Blatt 7:2020-06, S. 9–14)

Die Darstellungsformen von Informationsmanagementprozessen sind Interaktionsdiagramme der Akteure und Transaktionsdiagramme der Informationen. Im Fokus des Austausches stehen Informationsbereitstellungen, die entsprechend der Datenaustauschanforderungen zu spezifischen Projektzeitpunkten vollzogen werden sollen (vgl. DIN EN ISO 19650-1:2019-08, S. 24).

Im AWF 4 ist der ekF39 Bauteilzuständigkeit aufgetreten.<sup>129</sup> Im Zuge der Fachmodell- und Objektplanungsmodellerstellung sind mehrfach Informationsbereitstellungen gleichartiger IFC-Entitäten aufgetreten. In der Zusammenführung der Fachmodelle mit dem Objektplanungsmodell entstanden zahlreiche Bauteildopplungen im Koordinationsmodell [ifcWall; ifcOpeningElements], die die Kollisionsprüfung aufgrund einer Vielzahl regelbasiert ermittelter Issues beeinträchtigten. Aufgrund der fehlenden Gesamtkoordinationsrolle erfolgte die Erstellung der Fachmodelle nur in Verantwortung der Informationskoordinatoren je Fachdisziplin.

Im AWF 7 ist der ekF3 Verwendung Transaktionsdiagramm aufgetreten.<sup>130</sup> Die Unvollständigkeit des Transaktionsdiagrammes stellt sich dadurch dar, dass zwar Informationsformate benannt sind, aber keine Informationsrollenzuordnung erfolgt, die die

<sup>129</sup> **AWF 4: Koordination der Fachgewerke**, Teilbereich Hochbau, Planung: des Objektplanungsmodells und Prüfung der Anforderungen in den Fachmodelle der Fachplaner [Vorstufe Kollisionsprüfung], parallele Detailplanung der verschiedenen Fachplaner.

<sup>130</sup> **AWF 7: Fortschrittkontrolle der Planung**, Teilbereich Ingenieurbau, Planung: Erstellung der einzelnen Fach- und Teilmodelle nach Planungsterminplan auf Basis gemeinsamer Projektanforderungen: Durchführung der Prüfläufe zur Planungsfreigabe, Prüfung von Planunterlagen und 3D-Modell auf Konformität [mit AIA /nach Richtlinien].

Vorgänge zur Autorisierung und Freigabe durchgängig vornimmt. Somit ist die Statusüberprüfung keiner Rolle zugeordnet und die konventionelle Interaktion beschränkt sich auf Datadropoints. Die Bewertung des Planungsfortschritts lässt eine Verzögerung durch unklare Freigaben vermuten. Es ist keine Rollenzuteilung eines Informationskoordinators je Disziplin und eines Gesamtkoordinators erkennbar. Originäre Aufgaben dieser Rolle scheinen durch das auftraggeberseitige BIM-Management durchgeführt zu sein.

## Anhang 31: Detaillierergebnisse Strukturbereich Informationsressourcen

Im AWF 6 Koordinationsmodellverwendung im Teilbereich Straßen- und Tiefbau sind die ekF14 Georeferenzierung und ekF15 Referenzpunkt für den Strukturbereich Informationsressourcen aufgetreten [Abb. 104].<sup>131</sup>

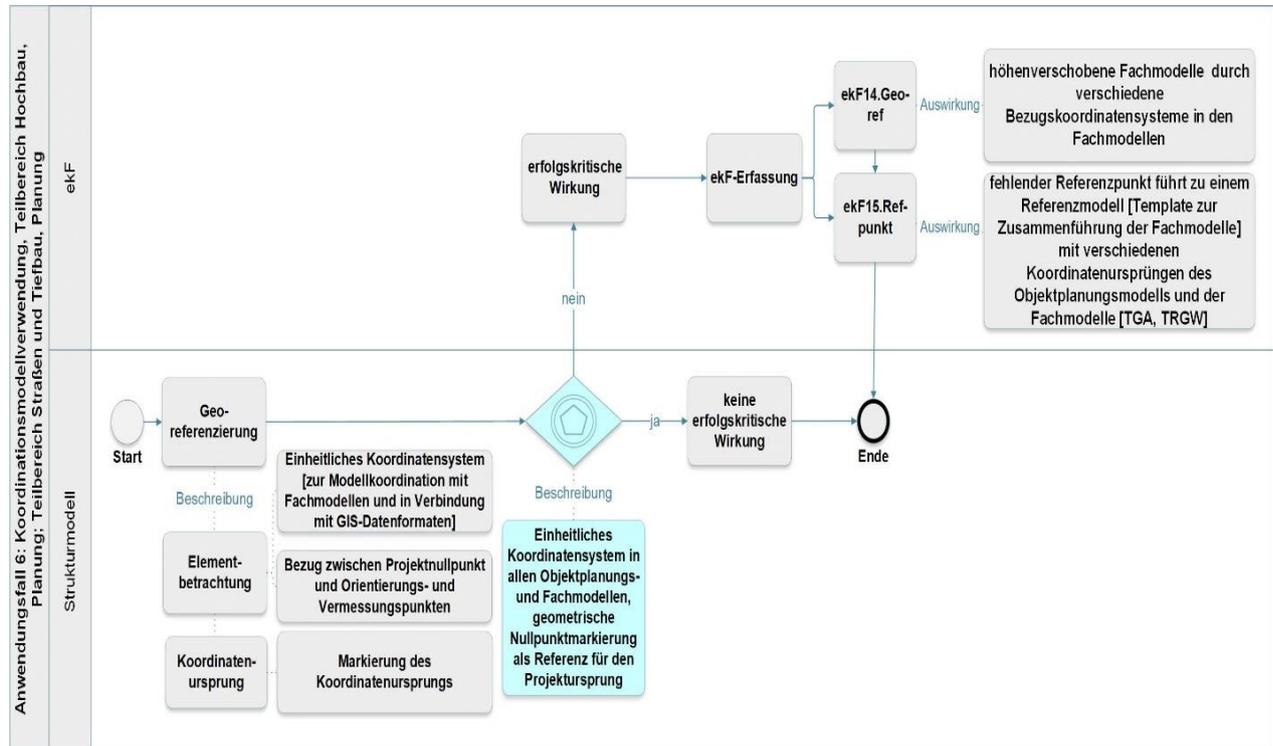


Abbildung 104: Überprüfungsschema Informationsressourcen: ekF-Erfassung: AWF 6

### 1. Elementbetrachtung

Zur Zusammenführung verschiedener Fachmodelle im Tiefbau [Fachmodell Kanal, Fachmodell Gelände, Fachmodell Baugrube] bedarf es der Vereinheitlichung des Koordinatensystems. Die Tiefbaumodellierung erfolgt über die Verwendung der CAD-Pläne als Modellierungsschablone [Punkt- oder Linienspeicher in der Hintergrundebene]. Der Import von CAD-Plänen [Linienspeicher als pdf, dwg oder dxf]<sup>132</sup> oder aufgemessenen Punktwolken [Punktspeicher: ASCII, txt oder csv]<sup>133</sup> in BIM-fähige Software erzeugt eine Modellierungsgrundlage im UTM-Koordinatensystem der Katasterdaten. Für eine einheitliche Georeferenzierung bedarf es einer Umwandlung in die Gauß-Krüger-Variante zur Erstellung der Fachmodelle, da die Modellierungssoftware diese Form des kartesischen Koordinatensystems für die Fachmodelle vorsieht. Im Modellprojekt lagen für den Teilbereich Straßen- und Tiefbau im AWF 6 differierende Koordinatensysteme [ekF 14 Georeferenzierung]

<sup>131</sup> **AWF 6 Koordinationsmodell:** Zusammenführung der Fachmodelle in einem einheitlichen geodätischen Bezugssystem, Festlegung zur gemeinsamen Datenumgebung und Steuerung des Koordinationsprozesses, Anforderungsdefinition für Modellinhalte; Abb. 105: Abkürzung GIS [Geoinformationssystem].

<sup>132</sup> **Abkürzungen:** pdf [Portable Document Format], dwg [Drawing-Dateiformat], dxf [Drawing Interchange-Dateiformat].

<sup>133</sup> **Abkürzungen:** ASCII [American Standard Code for Information Interchange], txt [Text-Dateiformat] csv [Comma-separated values].

vor, die eine Angleichung benötigen, um ein bereits bestehendes Fachmodell [Gelände] an die weiterhin zu erstellenden Fachmodelle [Baugrube; Kanal] in identischer Lage angleichen zu können [Tab. 46].

<b>Gauß-Krüger-Variante</b> [kartesisches Koordinatensystem] <sup>134</sup>	Fachmodell Kanal, Fachmodell Gelände, Fachmodell Baugrube
<b>UTM</b> [Universal Transverse Mercator-Koordinatensystem] <sup>135</sup>	Bestehende CAD-Grundlagenpläne: Hausanschlüsse: Wasser und Stromanschlüsse, Planverlauf der Straße [Weiterentwicklung der Pläne zu Fachmodellen Kanal, Gelände, Baugrube]

Tabelle 46: Koordinatensysteme

Während des Imports der CAD-Grundlagenpläne erfolgte die Koordinatentransformation zur Einpassung in das Bezugskordinatensystem nach Gauß-Krüger [Tab. 47].

Rechtswert/Hochwert	UTM-Zone 32	Gauß-Krüger
X-Koordinaten [Rechtswert; Ausgangswert bei 500.000 m bis zum Zentralmeridian]	539125	3539216.486
Y-Koordinaten [Hochwert]	5679035	5680867.420

Tabelle 47: Einpassung in das Bezugskordinatensystem

Abb. 105 zeigt die eingefügte Hintergrundebene [Planansicht als dwg, in Vorbereitung für das Fachmodell Kanal] als Linienpeicher, die an das Koordinatensystem nach Gauß-Krüger anzupassen war. Im Falle der Verwendung von Bestandsmodellen sollten deren bestehende Koordinatensysteme für die weitere Modellerstellung verwendet werden.



Abbildung 105: Ausschnitt: importierte Planansicht [dwg] als Punkt- und Linienpeicher (Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

<sup>134</sup> In der kartesischen Georeferenzierung bestimmen Rechts- und Hochwerte [X- und Y-Koordinaten]. Der Rechtswert wirkt kartesisch positiv Richtung Osten, der Hochwert Richtung Norden. Der Koordinatenursprung [Nordhalbkugel]: ist der Schnittpunkt von Mittelmeridian und Äquator (vgl. Jannidis et al. 2017, S. 21).

<sup>135</sup> Erläuterung: kartesisches Gitterachsen-Koordinatensystem mit X- und Y-Koordinaten; geografische Länge wird nicht längentreu dargestellt, sondern teilt die Erde in einheitlich große Längenbereiche (vgl. Jannidis et al. 2017, S. 21).

## 2. Koordinatenursprünge

Koordinatenursprünge zu markieren verfolgt das Ziel Bezüge zwischen Projektnullpunkt, Orientierungs- und Vermessungspunkten herzustellen. Speziell für Modellzusammenführungen ist der einheitliche Projektursprung von Bedeutung. Für die Koordinatenursprungsmarkierung ist eine Nullpunktmarkierung in geeigneter geometrischer Form und Größe dienlich [Referenzpunkt], die den Koordinatenursprung markiert. Dieser dient der gleichen Verortung sämtlicher Fachmodelle in der dreidimensionalen Umgebung und muss in allen Fachmodellen am identischen Punkt vorhanden sein. Zusätzlich kann der Körper allgemeine Modellinformationen zur Orientierung enthalten (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 20).

Zur Vermeidung verschiedener Koordinatenursprünge, basierend auf verschiedenen Koordinatensystemeinstellungen in nativer Modellierungssoftware, ist im Teilbereich Hochbau mit einem Template als Projektvorlage gearbeitet worden. Der Koordinatenursprung innerhalb der Modellierungssoftware besteht für alle Objektplanungs- und Fachmodelle in Abhängigkeit der Georeferenzierung. Aufgrund getrennter Fachmodellerzeugungen der Disziplinen Tragwerk, technische Gebäudeausrüstung und Objektplanung entstanden verschiedene Koordinatenursprünge, die eine Konsolidierung zu einem Koordinationsmodell lediglich mit Verschiebungen erzeugen [ekF15 Referenzpunkt]. Das nachträglich erstellte Template enthält einen geometrischen Körper als Referenzpunkt [Koordinatenursprung 0; 0; Koordinatensystem Gauß-Krüger-Variante]. Abb. 106 zeigt den Referenzkörper, der in der Renderingansicht erhalten blieb.

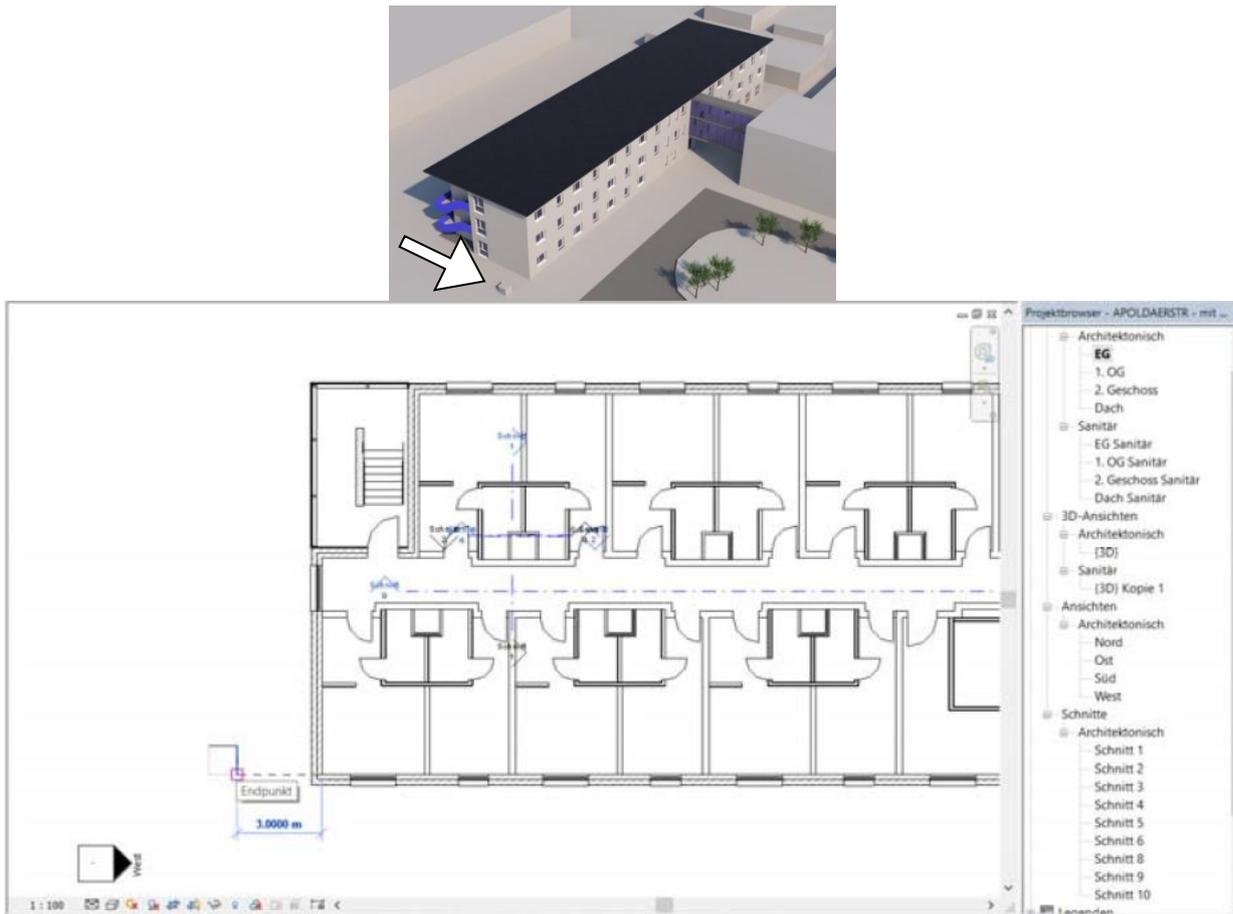


Abbildung 106: Markierung des Referenzpunkts  
(Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

### Anhang 32: Erläuterung Primärformate, Sekundärformate und Modellarten

Primärformate	Formen des Informationsaustauschs im Dateiformat
<b>IFC2x3</b> (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 31; Borrmann et al. 2015a, S. 83)	<p>Im hier vorliegenden Zusammenhang wird das nicht-proprietäre IFC als Informationsmodell genutzt (Datei ist im EXPRESS-Format definiert)</p> <p>Die Datenmodellierungssprache EXPRESS folgt der objektorientierten Theorie zeigt die Entitätstypen mit ihren Attributen, Attributwerten und Beziehungen zu anderen Entitätstypen. Assoziationen zwischen Entitätstypen werden ausgedrückt, indem Typ A ein Attribut von Typ B enthält. Weiterhin sind Aggregationen [Beziehungsdarstellungen zwischen Ober- und Unterklassen] möglich. Das Datenmodell kann neben der textlichen Definition auch grafisch als 3D-Geometrieobjekt beschrieben werden. Dies erfolgt bspw. in Form von Dreiecksnetzen, Extrusions- und Rotationsgeometrie: Die Rotationsgeometrie ist eine „[...] Extrusionsoperation entlang einer gegebenen Richtung [...]“ (Borrmann et al. 2015a, S. 109) .</p> <p>Konkrete Datenaustauschszenarien müssen spezialisiert werden, indem es zum Austausch von definierten Modellteilen kommt. Dafür werden Modellansichtsdefinitionen in Form von MVD [Model View Definition] vereinbart, um Informationsüberflutung und falsche Fokussierung zu vermeiden.</p> <p>Seit der aktuellen Version IFC4 ist IFC ein offizieller ISO-Standard (DIN EN ISO 16739:2019-09 Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und dem Anlagen-Management) gegeben.</p>
<b>cpiXML</b> (vgl. Demharter et al. 2014, S. 200; vgl. Kurz 2016, S. 66–67; vgl. Schiller und Faschingbauer 2016, S. 46)	<p>Construction Process Integration Schnittstelle, proprietäres Format, was von verschiedenen nativen Modellierungssoftwares unterstützt wird. XML [Extensible Markup Language] erzeugt Regeln, damit ein standardisiertes Dokument mit weiteren Softwarewerkzeugen verarbeitet werden kann. Es werden semantische Tags erzeugt, die attributive und geometrische Informationen eines importierten Bauwerksinformationsmodells in nativer Dateiform erkennen können. Die Verbindungen zwischen Elementen des nativen BIM-Modells und weiteren Dokumentverknüpfungen [hier: Leistungsverzeichnispositionen]. Die Verlinkungsmöglichkeiten machen die Erschaffung von Multimodellen [die Verlinkung von Bauwerks- und Leistungsmodellen zur Erschaffung von BIM in 4D und 5D] möglich.</p>

Tabelle 48: Kurzbeschreibungen der evaluierten Dateiformate

Tab. 49 zeigt die Modellarten, die mit den Informationsformaten und deren Teilbereichen in Verbindung stehen [Sekundärformate]. Deutlich wird, dass sich gleichende Modellarten [Entwurf-/Planungsmodelle] verschiedene Formatarten aufweisen, weil deren informationstechnische Funktionen [native Modellierungssoftware] für spezifische Teilbereiche genutzt werden [Geländemodell, Baugrundmodell, TRGW, Kanal, Leitungen, Straße, GIS-Modell].

Austausch-format	bezugnehmende Modellart	Teilbereich	AWF
BCF [BIM Collaboration Format]	Koordinationsmodell	Fachmodellverbund [Hochbau; Ingenieurbau]	AWF: 4,5,7, 9, 17, 22
IFCxml	Asset-Informationsmodell	FM [Facility Management: Hochbau]	AWF: 30
Landxml	Entwurfs-/Planungsmodell	Geländemodell [Ingenieurbau]	AWF: 1, 6, 8
Groundxml	Entwurfs-/Planungsmodell	Baugrundmodell [Ingenieurbau]	AWF 3

BTL [Building Transfer Language]	Entwurfs-/Planungsmodell	Fachmodell Tragwerk [Hochbau]	AWF 20
GAEB [Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen]	Produktionsmodell	Fachmodelle Kanal, Straße, Leitungen, [Tief- und Straßenbau]	AWF: 17, 23
CityGML [Geography Markup Language]	Entwurfs-/Planungsmodell	GIS-Modell [Ingenieurbau]	AWF 3
OKSTRA [Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen]	Bestandsmodell	Geländemodell, Straßenmodell [Tief- und Straßenbau]	AWF 1,8
CAFMConnect [Computer-Aided Facility Management]	Asset- Informationsmodell/FM-Modell	FM [Hochbau]	AWF 30
LAS [Laserscanning-Dateiformat]	Bestandsmodell	Brückenmodell [Ingenieurbau]	AWF 1

Tabelle 49: Modellarten und Dateiformate [Sekundärformate]

Sekundärformate	Formen des Informationsaustauschs im Dateiformat als Kurzbeschreibung
<b>BIM Collaboration Format (BCF)</b> (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 32–33)	<p>Ein Kommunikationsaustauschformat innerhalb der Zusammenführung verschiedener Modellarten: keine objektorientierte Modellübertragung, sondern Bilddateien mit Fehlermarkierungen und verbalisierten Annotationen. Referenzen zum Modell werden anhand von Bauteilverknüpfungen entsprechend der Superklasse ifcElement [Identifikation über GUID] angezeigt. Die Fehleridentifikation funktioniert teilautomatisiert über vordefinierte Regeln entsprechend der Leistungsbilder nach HOAI oder individuelle Regeldefinition. Die Dateiausgaben erfolgen einzeln je Issue und enthalten die beschriebenen Informationen. Die Informationsübertragung enthält die Bezeichnung des Issues, den Kommentar, den Screenshot des ifcElement sowie die die Bezeichnung der betreffenden Bauteile. Somit dient das Format der grafischen Markierung, inhaltlichen Dokumentation und Kommunikation des Mangels an den verantwortlichen BIM-Informationsautor.</p>
<b>XML-Schema [ifc; Land; Ground]</b> (vgl. Amann et al. 2015, S. 198; DIN ISO 10303-28:2007-10, S. 1; Beetz et al. 2018, S. 9–10)	<p>IFC kann als Informationsmodell im EXPRESS oder XML Schema existieren. XML bedeutet Extensible Markup Language und wird als Äquivalent zum EXPRESS Schema für ein Informationsmodell definiert. Es ist nach DIN ISO 10303-28:2007 standardisiert.</p> <p>XML ist eine automatische Konversion des EXPRESS Schemas. Dabei werden die gleichen Daten erhalten, aber anders beschrieben, weswegen sich Elementzusammenhänge auch auf diese Weise darstellen lassen.</p> <p>In Form eines XML Schemas können IFC-Elemente als geometrische 3D-Modelle und mit alphanumerischen Eigenschaften sowie Relationen zwischen Modellelementen dargestellt werden. Die exportierten Relationen lassen eine Gruppierung nach Systemen, Baugruppen oder topologischen Strukturen, [bspw. Gebäude, Ebene, Raum] erkennen. Weiterhin können Raumstempel und Raumbücher als Relationen exportiert werden. Das Format kann somit für Übergaben in ein Facility-Management-System genutzt werden.</p>
<b>ifcXML</b>	
<b>LandXML</b>	<p>LandXML-Dateiformat für folgende xml-Objekte: Punkt-, Linien- und Oberflächendaten. Es dient dem Austausch georeferenzierter</p>

<p><b>GroundXML</b></p>	<p>Geometrien von Geländemodellen. Genutzt für die Planung und den Austausch von Verkehrswegen und in der Vermessung.</p> <p>GroundXML-Dateiformat für Baugrundschichten als Punkt- und Liniendaten für Untergrundschichten.</p> <p>Das Schema enthält Vordefinierungen für unterschiedliche Modelleinzelemente mit alphanumerischen Eigenschaften. Weiterhin sind Relationen zwischen den Modellelementen enthalten. Somit können Modellelemente zu Baugruppen oder Systemen zusammengefasst werden [bspw. Trinkwasserinstallation, Zu- / Abluft]. Ebenfalls sind Gebäudestrukturen [Gebäudeteile, Ebenen, Räume] dabei erfasst und vordefiniert. Zusätzlich zum dreidimensionalen geometrischen Modell können auch Raum- und Anlagenbücher über ifcXML ausgetauscht werden.</p>
<p><b>BTL-Format</b> (vgl. Stehling et al. 2017, S. 56–57)</p>	<p>Übergabe geometrischer Daten von dreidimensionalen Modellen an Maschinen [bspw. Abbundanlagen] mit dem Ziel der Vorfertigung. Der Export erfolgt aus einem parametrischen Modell.</p>
<p><b>Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen [GAEB]</b> (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 33; DIN SPEC 91350:2016-11, S. 9)</p>	<p>Verknüpfung semantikkreier Daten eines Bauwerkmodells [ifc-Format] mit Ausschreibungsdaten. Dort enthalten ist der Container für Leistungsverzeichnisse. Der Container baut eine bidirektionale Verlinkung zwischen den Leistungsverzeichnispositionen und den geometrischen Informationen des Bauwerksinformationsmodells auf. Es wird genau ein eindeutig referenzierbares Element [im Bauwerkmodell konkret identifizierbar] einem Element des Leistungsverzeichnisses zugeordnet. Verlinkbare Elemente innerhalb eines Modells im ifc-Format sind Elemente, die von ifcElement<sup>136</sup> abstammen. Diese klassenweise strukturierten Bauteilelemente, ausgehend von ifcElement, identifizieren sich über die GUID. Zu finden ist diese als Attributwert des Elements mit der Attributsbezeichnung Global-ID. Dies resultiert in einer Mengenermittlung, die durch die geometrischen Informationsableitung möglich ist.</p>
<p><b>CityGML</b> (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 34; Brüggemann und Both 2015, S. 178–179)</p>	<p>Ein Austauschformat für raumbezogene, geografische Informationen. Es ermöglicht eine einheitliche Abbildung urbaner Strukturen in: Geometrie, Lage, Aussehen, Ableitung semantischer Eigenschaften und topologischer Beziehungen. Weiterhin ist die Repräsentation des Gegenstandes in mehreren LOD möglich [Geografie-, Landschafts-, Stadtmodelle].</p>
<p><b>Objektkatalog Straße (OKSTRA)</b> (vgl. Beetz et al. 2018, S. 8; VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 34–35)</p>	<p>Austauschinformationen beinhalten ein Objektmodell mit Attributen und Attributwerten im Entwurfsbereich des Formats. Es können vollständige Entwurfsdaten einschließlich Bestandsdaten weitergegeben werden [im XML-Format].</p> <p>Der Katalog OKSTRA besteht aus vordefinierten Fachschalen [Entwurf, Mengenberechnung, Landschaftsplanung, Verkehr]. Für jeden Bereich besteht ein eigenes XML-Schema. Es ergibt sich ein modularer Aufbau.</p>
<p><b>CAFM-Connect</b> (vgl. Verband für die Digitalisierung im Immobilienbetrieb: CAFM RING e.V. 2020)</p>	<p>CAFM-Connect beinhaltet ein vordefiniertes Raumbuch mit den Kategorien Liegenschaft, Gebäude, Etage, Raum. Weiterhin sind Bauteiltypen vordefiniert, die die Darstellung verbundener Systeme [bspw. Lüftungsanlagen, Aufzugsanlagen, Asset-Ausstattung] zulässt. Klare Vorgaben für Benennung von Bauteilen kommen von der Orientierung an der DIN 276 und ihrer Bauteilstruktur. Auf Basis eines IFC-Imports werden Unterklassen der ifcElement Superklasse und zugehörige Dokumente in die Standardstruktur von CAFM-Connect eingeordnet.</p> <p>Das lässt eine Orientierung an der ifcSpatialStructureElement und der ifcElement Struktur erkennen.</p>
<p><b>LAS</b></p>	<p>Im Format dargestellt sind dreidimensionale Bilddateien durch Lichtsensorik. Das LAS-Format dient der Speicherung luftgestützter</p>

<sup>136</sup> ifcElement: ist eine Superklasse innerhalb der Entitäten, die sämtliche Superklassen von Bauteil-Klassen unter sich trägt (vgl. Borrmann et al. 2015a, S. 92).

(vgl. Blankenbach 2015, S. 356)	Daten [bspw. Oberflächenhöhenunterschiede, Bruchkanten, Wasserpolygone, Flächengrenzen]. Triangulierte Oberflächenbeschreibung in 2D und 3D wird unterstützt, aber auch die Erzeugung von Punktwolken. Punktwolken beziehen sich hierbei auf Außen- und Innenraumvermessung sowie Geländeaufnahmen [terrestrisches Laserscanning]
---------------------------------	---

Tabelle 50: Kurzbeschreibungen zu Informationsaustauschformaten

Referenzen	bezugnehmende Modellart	Beschreibung
(vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 17)	Entwurfs-/Objektplanungsmodell; Fachmodelle	Planungsleistungen der Fachdisziplinen: Geometrie und Semantik im 3D-Objekt, die einen Planungszustand abbilden exemplarische Fachmodellarten im Hochbau: Vermessung [Georeferenz, Geländemodell] Architektur [Baugrube, Rohbau, Fassade] TGA [Abwasser-, Wasser- und Gasanlagen, Wärmeversorgung, lufttechnische Anlagen, Förderanlagen] TRGW [Tragwerksbemessung, Bewehrung, Schalung, Baugrube]
(vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 18–19)	Koordinationsmodell	Regelmäßige Zusammenführung der Fachmodelle zu föderierten Modellen zum Abgleich von: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometrischer Übereinstimmung,</li> <li>- Kollisionen</li> </ul> [exemplarisch: Durchbruchskoordinationsmodell, Technikbereichskordinationsmodell]
(vgl. Borrmann und Berkahn 2015d, S. 29)	Produktionsmodell: Fachmodelle	Verknüpfung des Entwurfsmodells als Fachmodellverbund mit Terminplänen der Ausführungsvorbereitung
(vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 19)	Bestandsmodell	Grundlagenmodell [geometrisch-semantisch] zur Weiterbearbeitung. Beinhaltet Elemente verschiedener Fachdisziplinen und kann auf Basis verschiedener Quellen erschaffen sein [Laserscan, 2D-Pläne], maschinelle Interpretierbarkeit zur automatisierten Datenstrukturierung [wie Fachmodelle]
(vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 19; DIN EN ISO 19650-1:2019-08, S. 20)	As-built-Modell/Projektinformationsmodell [PIM]	Kann ein Fachmodellverbund oder ein einzelnes Fachmodell sein, es erfüllt die Dokumentation des erstellten Bauwerks; Veränderungsnachweise für nachträgliche Planungsänderungen, Ausführungs- und Montagepläne, es weist den höchsten Informationsgehalt im Lebenszyklus auf, bildet das Langzeitarchiv des Bauprojektes [inkl. Kostenberechnungen und Bauablaufplänen]
(vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, S. 19; DIN EN ISO 19650-1:2019-08, S. 20)	FM-Modell/ Asset-Informationsmodell [AIM]	Aufgearbeitetes As-built Modell für die Nutzungsphase des Bauwerks: Kopplung aller Bauteile an geometrische Informationen, Anreicherung der Bauteile und Bauteilgruppen um Wartungs- und Instandhaltungsdokumente und Verortung der Bauteile im Objekt, weitere Informationserstellung: Verzeichnung der Bauteilhistorie, Eigentumsangaben, Kostenaufstellungen

Tabelle 51: BIM-Modellarten

Tab. 52 zeigt austauschbare Inhalte der Sekundärformate. Die austauschbaren Informationsinhalte weisen eine Überlappung übertragbarer Inhalte auf, die diese Teilbereichsspezifika übertragen.

	semantische Informationen	topologische/geografische Informationen	Übertragung 3D Objekte	Bilddateien	Fehlermarkierungen	vordefiniertes Raumbuch	vordefinierte Bauteile/Elementgruppen	dreidimensionale Bilddateien/Lasererfassung	verbalisierte Annotationen	geometrische Informationen
BCF	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
ifcXML	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
LandXML	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
GroundXML	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
BTL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAEB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CityGML	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
OKSTRA	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
CAFMConnect	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
LAS	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Legende	nicht vorhanden									
	vorhanden									

Tabelle 52: Informationsarten innerhalb ermittelter Austauschformate [Sekundärformate]

Es ist zu erkennen, dass Planungs- und Entwurfsmodelle [Gelände- und Baugrundmodelle im Ingenieurbau; Bewirtschaftungsinformationen im Hochbau] semantische [nur ifcXML], geometrische, geografische und dreidimensional dargestellte Informationen als Austauschinhalt innerhalb der Planung in XML-Formaten erstellt haben [ifcXML; LandXML, GroundXML: 3D-Objekte lediglich als Punkt-Linien-Speicher]. Das BCF-Format fungiert als reines Kommunikations- und Fehlerverweisungsformat unter Nutzung eines Koordinationsmodells [Hochbau; Ingenieurbau]. Eingesetzt ist es im Zuge der Kollisionsprüfung im Fachmodellverbund in der Planung sowie in einer erneuten Prüfung in der Ausführungsvorbereitung aufgrund entdeckter Mängel in der Mengenermittlung. Das BTL-Format dient der Übertragung rein semantischer Informationen an eine Abbundanlage zur Vorfertigung von Tragwerksteilen im Hochbau unter Nutzung des Entwurfs- und Planungsmodells im evaluierten Anwendungsfall. GAEB wird für die Nutzung geometrischer Informationen für die Füllung von Leistungsverzeichnispositionen im Tief- und Straßenbau genutzt. Dies geschieht unter Umwandlung des erweiterten Entwurfsmodells in ein Produktionsmodell [inkl. Terminplanung der Ausführung]. Das Format CityGML findet lediglich im Zusammenhang mit dem GIS-Modell Anwendung, um den Bestand der Umgebung zu integrieren. Übertragen werden in diesem Zusammenhang topologische, geometrische und semantische Informationen in einem 3D-Modell mit einer geringer Detaillierungstiefe. OKSTRA findet nur im Straßen- und Tiefbau Anwendung und erschafft das Bestandsmodell mit Semantik, geografischen Informationen, Modellansicht, vordefinierten Elementgruppen und geometrischen Informationen. CAFMConnect ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil vordefinierter Bereiche, denen die semantischen und geometrischen Informationen zugeordnet und mit einem 3D-Modell verknüpft werden [Projektabschluss im Hochbau, Übergabe in die Bewirtschaftung]. Das LAS-Format kann die Planungsgrundlage auf Basis von 3D-Bilddateien als Lasererfassung bilden [Bestandsmodell Ingenieurbau] und ist nur in diesem Zusammenhang verwendet worden.

Ersichtlich wird in der Modellprojektanalyse, dass die aufgetretene Formatpluralität zu überlappenden Informationsarten in der Informationsbereitstellung führt. Die Informationsklassen verlangen derzeit allerdings unterschiedliche Formatanforderungen. Das

wird vordergründig hinsichtlich der bezugnehmenden Modellart deutlich. Trotz gleichartiger angeforderter Informationsarten [semantische und geografische Informationen und 3D-Objektmodell] bedarf es verschiedener Formate für verschiedenartige Objektplanungsmodelle aufgrund der vorgefundenen Elementgruppen-Spezifika der Teilbereiche [Hochbau, Ingenieurbau, Straßen- und Tiefbau].

### Anwendungsfälle und Modellarten im ifc-EXPRESS-Format

<b>Legende</b>	Teilbereiche: [Legende: Hochbau, Straßen- und Tiefbau, Ingenieurbau]
<b>Anwendungsfall</b>	<b>Modellarten</b>
AWF 1 Planungsvariantenuntersuchung	Ingenieurbau: Objektplanungsmodell Brücke
AWF 2 Visualisierungen	Ingenieurbau: Objektplanungsmodell Brücke
AWF 3 Bemessung und Nachweisführung	Ingenieurbau: Objektplanungsmodell Brücke
AWF 4 [i.S.d. Informationsmanagements] Koordination der Fachgewerke	Ingenieurbau: Objektplanungsmodell Brücke
AWF 5 leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	Fachmodell TGA, Tragwerk, Objektplanungsmodell ARC, Koordinationsmodell [TGA, TRGW, Objekt], Koordinationsmodell aus Geländemodell und Ingenieurbau
AWF 6 Koordinationsmodell	Koordinationsmodell TGA, ARC, TRGW, Koordinationsmodell aus Geländemodell und Ingenieurbau
AWF 7 Fortschrittkontrolle der Planung	Brücke Objektplanungsmodell, Fachmodell TRGW
AWF 8 modellbasierte Erstellung von Entwurfspänen	Entwurfsmodell Brücke, Fachmodell Gelände
AWF 10 Attribuierung TGA-Modell	Fachmodell TGA
AWF 13 modellbasierte Kostenschätzung und Kostenberechnung	Entwurfsmodell Brücke
AWF 14 modellbasierte Terminplanung der Ausführung	Entwurfsmodell Brücke
AWF 15 leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle	Entwurfsmodell Straßen- und Tiefbau
AWF 16 periodisches Pflegen der Fachmodelle [entsprechend der Kollisionsprüfungsergebnisse]	Entwurfsmodell Hochbau
AWF 17 modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	Entwurfsmodell Hochbau, Entwurfsmodell Straßen- und Tiefbau
AWF 19 Erstellung Produktionsmodell [modellbasierte Erstellung von Ausführungsplänen]	Produktionsmodell Brücke, Produktionsmodell Hochbau
AWF 21 Baufortschrittskontrolle	Bauablaufmodell Brücke

AWF 22 Änderungsmanagement	Fachmodell Tragwerk, Bauablaufmodell Brücke, Montagemodell Brücke, Fachmodell TGA
AWF 23 Abrechnung von Bauleistungen	Entwurfsmodell Brücke, Baufortschrittsmodell
AWF 26 Mängelmanagement	Entwurfsmodell Brücke
AWF 28 Bauwerksdokumentation	As-built-Modell Brücke

Tabelle 53: ifcEXPRESS-Format mit aufgetretenen Modellarten

### Anwendungsfälle und Modellarten im cpiXML-Format

Anwendungsfälle	Modellarten [Legende: Hochbau, Straßen- und Tiefbau]
AWF 16: periodisches Pflegen der Fachmodelle	Entwurfsmodell Hochbau
AWF 17: modellbasierte Mengen- und Massenermittlung	Entwurfsmodell Hochbau, Entwurfsmodell Straßen- und Tiefbau
AWF 18: modellbasierte Arbeitskalkulation	Entwurfsmodell Hochbau
AWF 19: Erstellung Produktionsmodell [Erstellung von Ausführungsplänen]	Entwurfsmodell Hochbau, Produktionsmodell Hochbau
AWF 23: Abrechnung von Bauleistungen	Produktionsmodell Hochbau

Tabelle 54: cpiXML-Format und aufgetretene Modellarten

### Anhang 33: Detaillierergebnisse Strukturbereich Technologie

Ergänzend werden hier die ekF26 Plausibilisierung, 29 Eindeutigkeit der Detaillierung und 52 MVD-basierter Export erläutert [Abb. 107, grau hinterlegte Felder].<sup>137</sup>

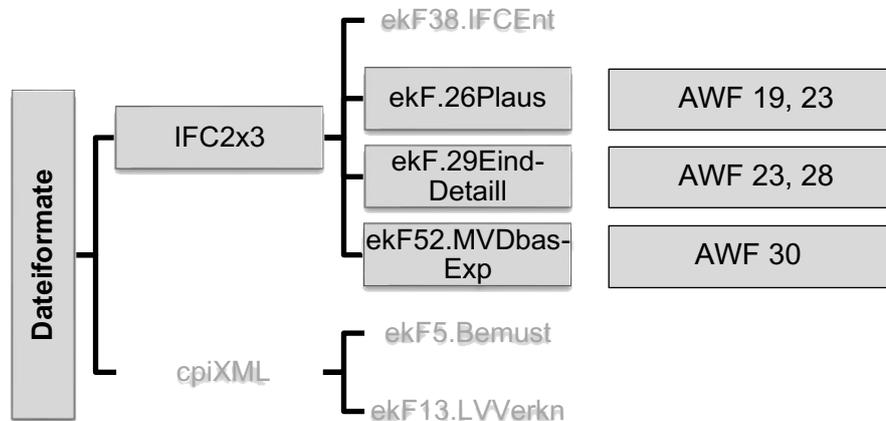


Abbildung 107: ergänzende ekF-Allokation im Strukturbereich Technologie

Hier wird die Entität ifcRelDefines des IFC-Dateiformats beschrieben. Sie enthält die Eigenschaften eines Objektes [Abb. 108].

<sup>137</sup> **AWF 19: Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung:** konventionsentsprechende nachträgliche Attribuierung: Gewährleistungsdaten zur Verwaltung der Gewährleistungsansprüche technische Anlagen, Dokumentenverknüpfung mit Bauteilen für Wartungsintervalle, Dokumente sollen in der Betriebsphase mit FM-Datenbank verknüpft sein, Vorbereitung des Modells zur Übergabe als ifcxml an ein CAFM-System [Asset-Informationsmodell]; **AWF 23: Abrechnung von Bauleistungen:** modellbasierte Abrechnung von Zwischenständen oder dem Endzustand: Plausibilisierung der in Rechnung gestellten Bauleistungen anhand des hinterlegten Baufortschritts

**AWF 28 Bauwerksdokumentation:** Erstellung einer digitalen Bauwerksakte in Form des As-built-Modells, enthält detaillierte Informationen zur Ausführung, z.B. verwendete Materialien und Produkte sowie ggf. Verweise auf Prüfprotokolle und weitere Dokumente, As-built Modell wird auf Grundlage des Modells der Ausführungsplanung erstellt [Projektinformationsmodell]; **AWF 30: Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung:** konventionsentsprechende nachträgliche Attribuierung: Gewährleistungsdaten zur Verwaltung der Gewährleistungsansprüche technische Anlagen, Dokumentenverknüpfung mit Bauteilen für Wartungsintervalle, Dokumente sollen in der Betriebsphase mit FM-Datenbank verknüpft sein, Vorbereitung des Modells zur Übergabe als ifcxml an ein CAFM-System [Asset-Informationsmodell].

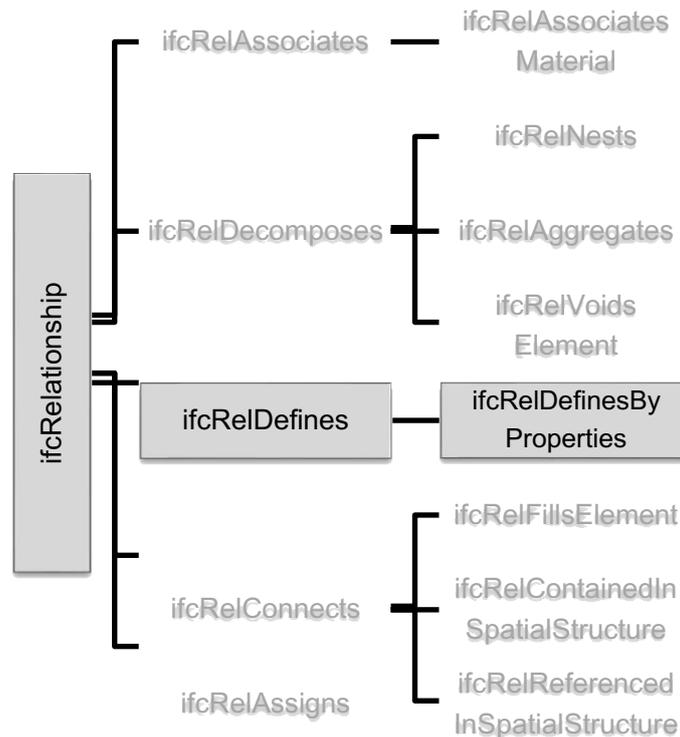


Abbildung 108: Ergänzung zu semantischen Objektbeziehungen

### ifcRelDefines

ifcRelDefines definiert die Eigenschaftssammlung [ifcPropertySet] von Objekten. Sie dient der Charakterisierung eines konkreten Objekts und ermöglicht die semantische Repräsentation bei erneuter Verwendung dieses spezifischen Objekttyps im Bauwerk (vgl. Borrmann et al. 2015a, S. 115). Durch die entsprechende Vererbungshierarchie würde die Eigenschaftssammlung für weitere Objekte gleichartiger Klassifizierung automatisiert erstellt. Die benötigte Datendetailtiefe für die AWF 23 Abrechnung von Bauleistungen (Teilbereich Hochbau) und 28 Bauwerksdokumentation (Teilbereiche Hochbau und Ingenieurbau) liegt bei LOD 400.<sup>138</sup> Nachfolgend werden die Teilbereiche ifcPropertySet und ifcQuantity erläutert, die im Zusammenhang mit der benötigten Detailtiefe für die jeweiligen AWF stehen, aber im Modell nicht umgesetzt worden sind [Abb. 109].<sup>139</sup>

<sup>138</sup> **Ausführung: LOD 400:** Modellelemente sind geometrisch repräsentiert, durch ein detailliertes Objekt in Bezug auf Größe, Abmessungen, Form, Position und Orientierung sowie Informationen zu Herstellung, Zusammenbau und Installation, Rohbau: Betonplatten enthalten alle Daten über verbaute Bewehrung, Details wie Anschlüsse und Verbindungsmittel sind dargestellt, Architektur: beinhaltet alle Parameter und Informationen, die die Montage betreffen, Fassade, Fenster, Türen enthalten alle Herstellerangaben, TGA: beinhaltet alle Parameter und Informationen für die Montage, freizuhaltende Flächen für die Montage sind zu modellieren (vgl. VDI-Richtlinie 2552 Blatt 4:2020-08, 55).

<sup>139</sup> **AWF 23 Abrechnung von Bauleistungen:** modellbasierte Abrechnung von Zwischenständen oder dem Endzustand: Plausibilisierung der in Rechnung gestellten Bauleistungen anhand des hinterlegten Baufortschritts; **AWF 28 Bauwerksdokumentation:** Erstellung einer digitalen Bauwerksakte in Form des As-built-Modells, enthält detaillierte Informationen zur Ausführung, z.B. verwendete Materialien und Produkte sowie ggf. Verweise auf Prüfprotokolle und weitere Dokumente, As-built Modell wird auf Grundlage des Modells der Ausführungsplanung erstellt [Projektinformationsmodell].

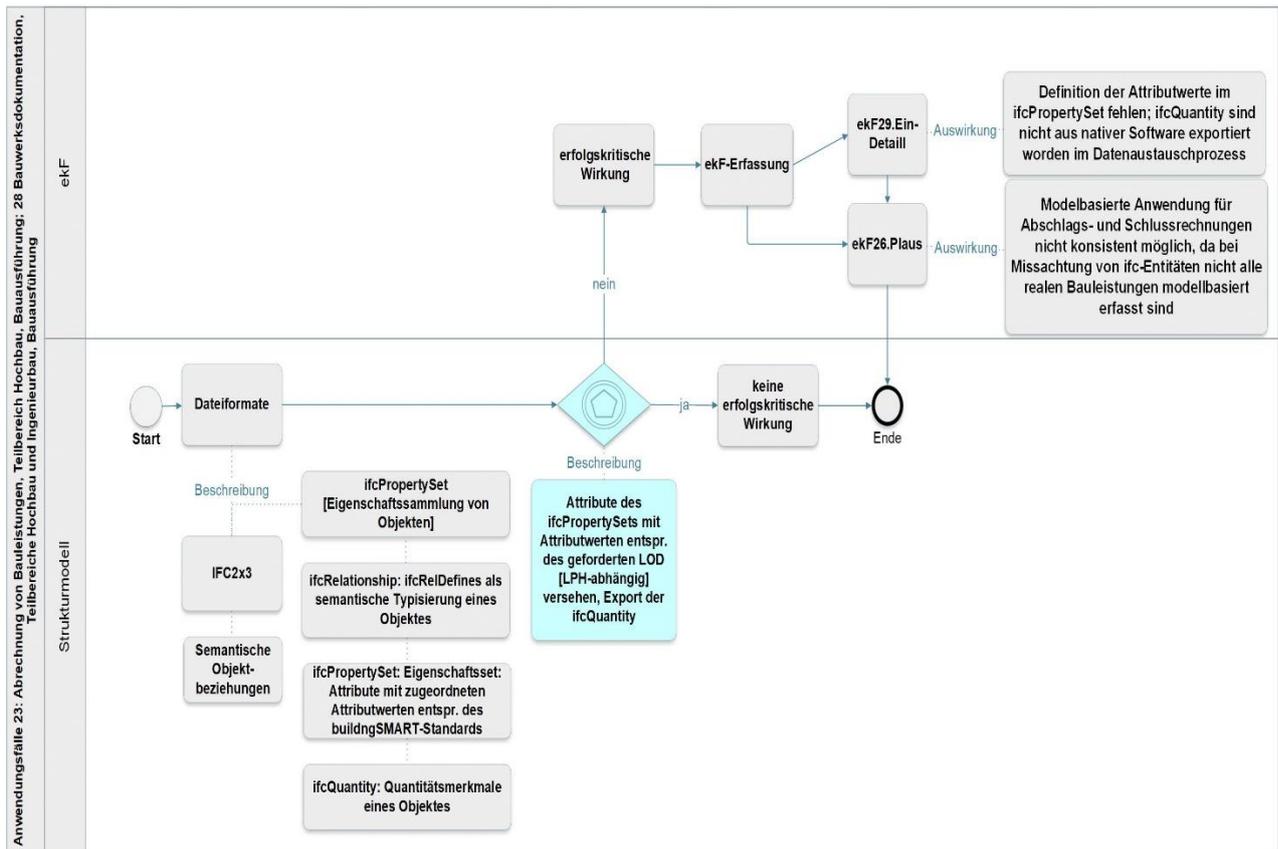


Abbildung 109: Überprüfungsschema Technologie: ekF-Erfassung: AWF 23;28

Das ifcPropertySet beschreibt die Mindestmenge der in Informationsprozessen auszutauschenden Bauteilinformationen. Im Verlauf des Bauprojekts kann die gesamte Informationssammlung aus jeglichen Disziplinen der Bauprojektphasen entstehen (vgl. Oltmanns et al. 2019, S. 5–6). Die einzelnen Properties sind je ifcBuildingElement standardisiert. Sie sind in ihren Attributwerten zu definieren, um die Informationsanforderungen zu erfüllen (vgl. buildingSMART International Ltd. 2020d) [Abb. 110].

ifcElement
ifcBuildingElement
ifcSlab: <i>Bodenplatte</i>
ifcRelationship: <i>Beziehung</i>
ifcRelDefines: <i>semantische Typisierung eines Objektes</i>
ifcRelDefinesbyProperty: <i>Eigenschaftszuordnung</i>
ifcPropertySet: <i>Eigenschaftsset</i>
ifcPropertyType: <i>individuelle Eigenschaften</i>

Abbildung 110: Informationsinhalte Teilbereich Property [ifcRelDefinesbyProperty] (eigene Darstellung: in Anlehnung an: Borrmann et al. 2015a, S. 115)

Tab. 55 zeigt exemplarisch das PropertySet für ifcSlab [Geschossdecke].

Eigenschaftsdefinition	Attributwert
AcousticRating [Schallschutz]	Schalldämmmaße [Luftschall- und Trittschalldämmung] als Mindestanforderungen für Schallschutz im Hochbau (vgl. DIN 4109-1:2018-01, S. 7–11)
FireRating [Brandschutzklassifizierung]	Klassifizierte Bauteile (vgl. DIN 4102-4:2016-05, S. 18–20)
Combustible [Entflammbarkeit]	richtig/falsch
SurfaceSpreadOfFlame [Klassifizierung Oberflächenentflammbarkeit]	Entflammbarkeit Baustoffe (vgl. DIN 4102-1:1998-05, S. 2–14)
ThermalTransmittance [Wärmedurchgangskoeffizient]	in W/(m <sup>2</sup> K) [Wärmeleitfähigkeit/Schichtdicke]
IsExternal [gebäudeexterne Verwendung]	richtig/falsch
LoadBearing [tragendes Bauteil]	richtig/falsch
Compartmentation [brandabschnittsbildendes Bauteil]	richtig/falsch

Tabelle 55: ifcPropertySet für ifcSlab  
(in Anlehnung an: buildingSMART International Ltd. 2019)

Zum PropertySet gehörend, sind Quantitätsmerkmale [ifcQuantity] der Bauteile anzugeben (vgl. buildingSMART International Ltd. 2020a) [Tab. 56]. Sie sind innerhalb des IFC-Schemas als Bestandteil der ifcRelDefinesByProperty angesiedelt und würden die angeforderte Detailtiefe erreichen (vgl. buildingSMART International Ltd. 2020b).

ifcQuantity-Beschreibung	Attributwert
NominalWidth [Gesamtstärke]	ifcQuantityLength [Länge]
Perimeter [Umfang]	ifcQuantityLength [Länge]
GrossFootprintArea [Bruttogrundfläche]	ifcQuantityArea [Fläche]
NetFootprintArea [Nettogrundfläche]	ifcQuantityArea [Fläche]
GrossVolume [Bruttovolumen]	ifcQuantityVolume [Volumen]
NetVolume [Nettovolumen]	ifcQuantityVolume [Volumen]
GrossWeight [Gewicht]	ifcQuantityWeight [Gewicht]
NetWeight [Gewicht, abzüglich Öffnungen]	ifcQuantityWeight [Gewicht]

Tabelle 56: ifcQuantity für ifcSlab  
(in Anlehnung an: buildingSMART International Ltd. 2019)

Abb. 111 zeigt in der Ausgabe der IFC-Struktur des Modellprojekts undefinierte Inhalte des Property-Sets innerhalb des Anwendungsfalls Nr. 23 im Teilbereich Hochbau für die Geschossdecke [ifcSlab]. Die ifcQuantity-Inhalte sind ebenfalls nicht exportiert worden und fehlen in der semantischen Informationsübertragung [ekF29 Eindeutigkeit der Detaillierung].

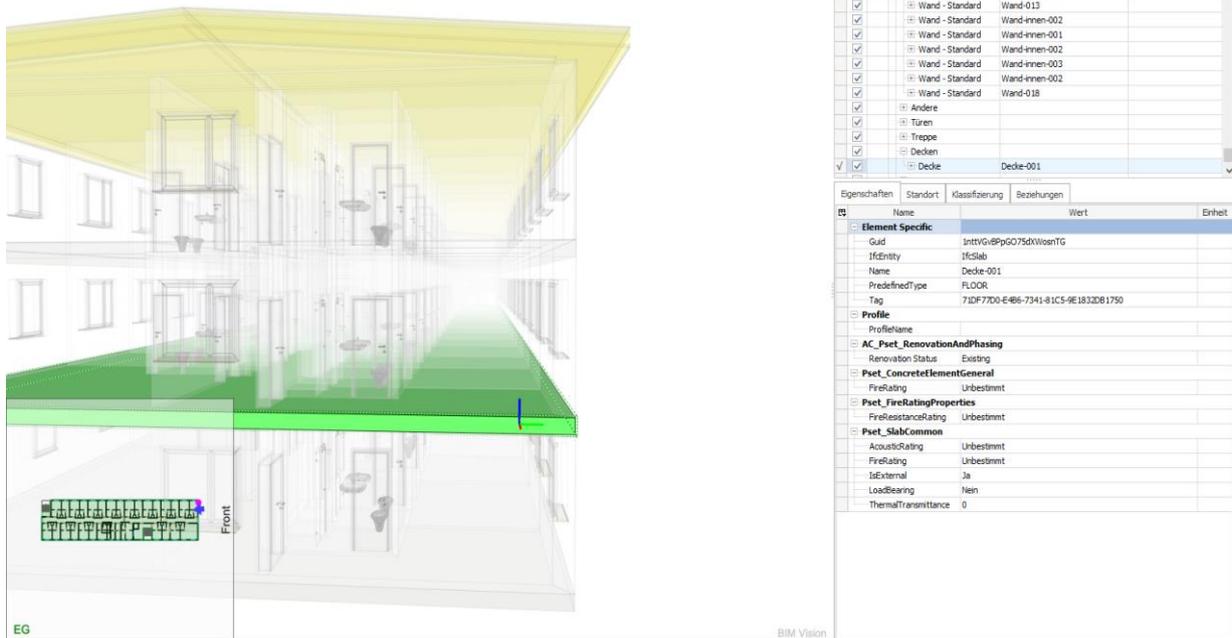


Abbildung 111: Fehlende Attributwertdefinition im PropertySet für ifcSlab

(Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

Das PropertySet für ifcSlab ist für den Export in seinen Attributwerten nicht definiert worden. Eine Plausibilisierung zur Verwendung von Abschlagsrechnungen in Weiterverwendung des vorliegenden Modells ist somit für phasenspäte Anwendungsfälle nicht gegeben [ekF26 Plausibilisierung].

Ein weiterer IFC-Exportfehler hängt mit dem MVD-basierten Dateiaustausch zusammen, mit dem Teilmengen eines IFC-Modells exportiert werden [Abb. 112].

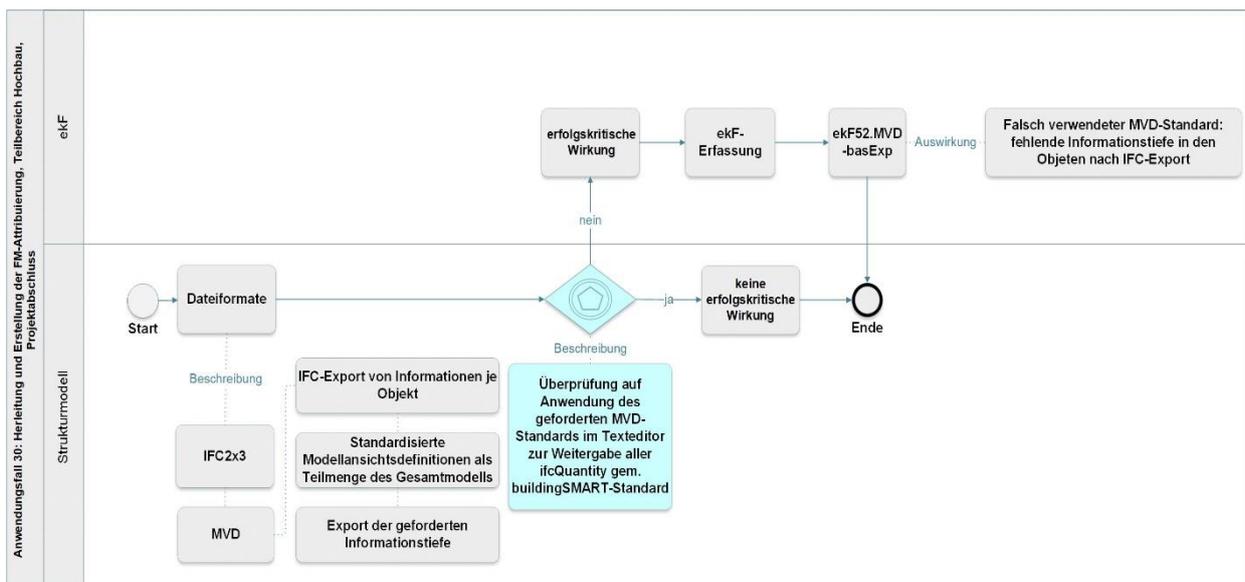


Abbildung 112: Überprüfungsschema Technologie: ekF-Erfassung: AWF 30

Im AWF 30 Herleitung der FM-Attribuierung tritt der ekF52.MVDbasExp auf [Abb. 113].<sup>140</sup> Zu übertragende Informationen im IFC-Format sind bezogen auf ihren Umfang und ihren Inhalt vom jeweiligen Anwendungsfall und der Leistungsphasenzuordnung abhängig. Eine adäquate Zusammenstellung und ein entsprechender IFC-Export von Informationen wird durch standardisierte Modellansichtsdefinitionen [MVD: Model View Definition] gewährleistet (vgl. Baldwin 2019, S. 67) [Tab. 57].

Modellansichtsdefinitionen für IFC2x3	Kurzbeschreibung
Coordination View 2.0	Dient dem Austausch von Planungsmodellen [Fachmodelle: Architektur, Gebäudetechnik, Tragwerk für Hochbau und Ingenieurbau], parametrische Ableitung von Bauteilen, Export räumlicher und physischer Komponenten
Space Boundary Addon View	Identifikation und Export zusätzlicher Raumgrenzen [Polygone, die das Ausmaß eines Raums und dessen Kontakt mit benachbarten Oberflächen definieren]; Nutzung für Energieanalysen und QTO-Formelanwendung
Basic FM Handover View	Übertragung von Planungs- und Designanwendungen sowie Konstruktionsinformationen in CAFM-Systeme
Structural Analysis View	Strukturansicht [Punkt- und Kurvenverbindungen, Lasten, Profile und Oberflächen]

Tabelle 57: MVD für IFC2x3

(eigene Darstellung, in Anlehnung an: buildingSMART International Ltd. 2020c)

Um zu prüfen, dass die fehlenden Informationen im bereits dargestellten Modellprojekt nicht einer falsch verwendeten MVD geschuldet sind, die nur begrenzt Informationen exportieren, wird in einem Texteditor überprüft, welche MVD für das Modell eingesetzt worden ist. Abb. 113 zeigt die verwendete MVD [Coordination View 2.0] im exemplarischen Modellprojekt [Teilbereich Hochbau], die für die IFC-Informationsweitergabequalität in den zuvor dargelegten Entitäten verantwortlich ist.

```

APOLDAERSTR.IFC - Editor
Datei Bearbeiten Format Ansicht Hilfe
ISO-10303-21;
HEADER;FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView_V2.0]',
'Option [Drawing Scale: 100.000000]', 'Option [Global Unique Identifiers (GUID): Keep ex
y representation (BRep)'], 'Option [IFC Site Location: At Project Origin]', 'Option [Properties To Export: All properties]', 'Option [Space containment: Off
FILE_NAME('C:\Users\LCG\Google Drive\MA2 googledrive\BIM\APOLDAER STRASSE\APOLDAERSTR.ifc', '2017-04-09T22:24:27', ('Architect'), ('Building Designe
FILE_SCHEMA(('IFC2X3'));
ENDSEC;
  
```

Abbildung 113: Editoranzeige zur verwendeten Model View Definition im Modellprojekt

Entsprechend der anwendungsfallrelevanten Entitäten ifcMaterial, ifcPropertySet und ifcQuantity, zeigt Abb. 114 welche Entitäten der Coordination View 2.0 exportieren kann.

<sup>140</sup> **AWF 30 Herleitung und Erstellung FM-Attribuierung:** konventionsentsprechende nachträgliche Attribuierung: Gewährleistungsdaten zur Verwaltung der Gewährleistungsansprüche technische Anlagen, Dokumentenverknüpfung mit Bauteilen für Wartungsintervalle, Dokumente sollen in der Betriebsphase mit FM-Datenbank verknüpft sein, Vorbereitung des Modells zur Übergabe als ifcxml an ein CAFM-System [Asset-Informationsmodell].

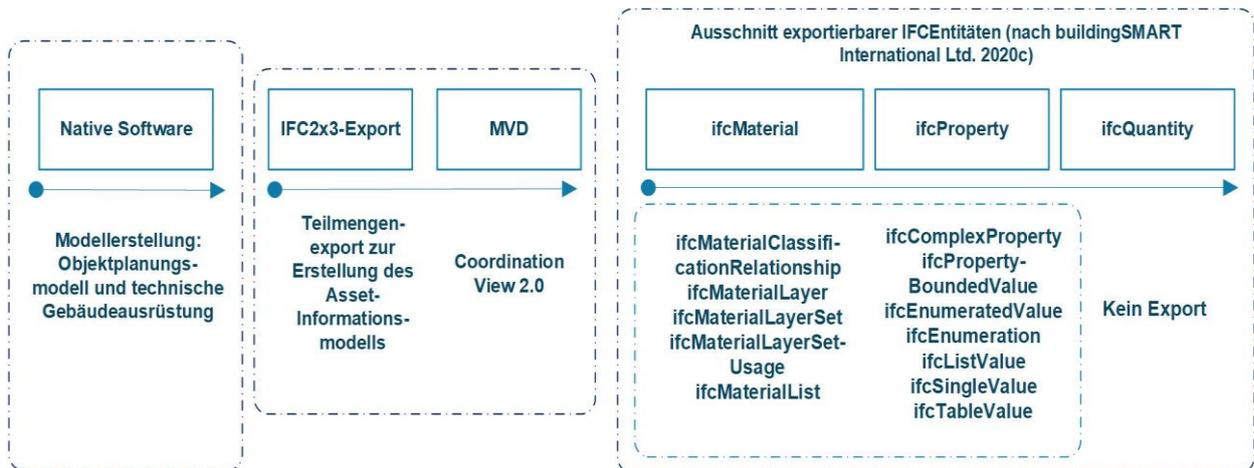


Abbildung 114: Auszug der Entitätsliste im Coordination View 2.0 Export

Es ist abschließend festzustellen, dass das ifcMaterial und das ifcPropertySet mit der angewandten MVD [Coordination View 2.0] exportierbar gewesen wären, aber nicht wie gefordert vom Informationsautoren für die entsprechenden ifcBuildingElements definiert worden sind. ifcQuantity hingegen hätte mit dieser MVD nicht exportiert werden können. Eine zusätzliche manuelle Exportanwahl hätte die ifcQuantity transportieren müssen. Die Detaillierungsfehler haben folglich ihren Ursprung in einer fehlerhaften Informationsübertragung.

## Anhang 34: exemplarische Schnitt- und Geometrieprüfung

### Schnittprüfung

Der exemplarische Fehler einer Bauteilüberschneidung, dargestellt in Abb. 115 führt dazu, dass die QTO-Mengenabfrage keine ordnungsgemäßen Resultate liefert [ekF5 Bemusterung].

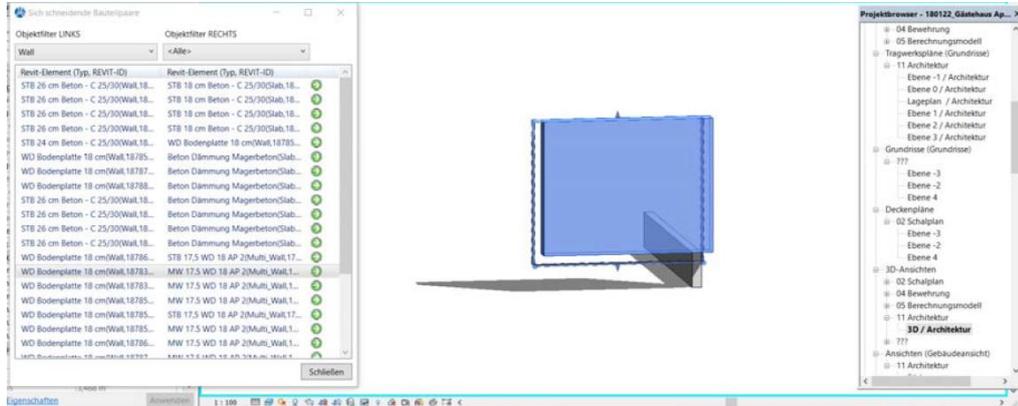


Abbildung 115: Schnittprüfung  
(Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

Die fehlerfreie QTO-Mengenabfrage ist abhängig von den zu ermittelnden Attributen im Modell [Tab. 58].

<p><b>Länge angrenzendes Element</b></p> <p><b>Attribut Länge</b></p>	
<p><b>Fläche Seitenflächen</b></p> <p><b>Attribute Länge x Höhe</b></p>	
<p><b>Volumen</b></p> <p><b>Attribute Länge x Breite x Höhe</b></p>	

Tabelle 58: Attributorientierte Quantity-Take-Off-Anwendungen  
(Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

Liefert das Schnittprüfungsergebnis im CPI-Exporter überschrittene Bauteile, ist das Modell einer erneuten Kollisionsprüfung [Anwendungsfall Nr. 5: leistungsphasenadäquate

Kollisionskontrolle] zu unterziehen, die eine regelbasierte Schnittprüfung zur automatischen Datenstrukturierung im Modell beinhaltet. Die Kollisionen sind an den entsprechenden Fachmodellautor zu kommunizieren, um innerhalb der nativen Softwareumgebung im Bauwerkmodell eine Fehlerbehebung einzuleiten.

## Geometrieprüfung

Fehlerhafte Bauteilgeometrie führt zu einer ungenauen Leistungsverzeichnisverknüpfung [Abb. 116]. Ungeachtet vorheriger Kollisionsprüfung und Fehlerkommunikation blieb dieser Modellierungsfehler des Informationsautors im Teilbereich Hochbau bestehen.

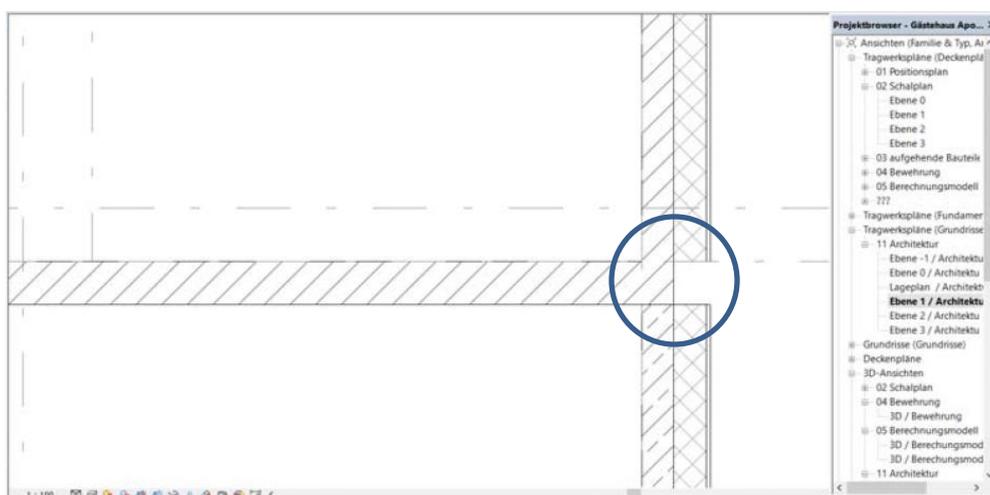


Abbildung 116: Fehlerquelle für die objektorientierte QTO-Formelanwendung (Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

Die QTO-Mengenabfrage kann zusätzlich zur Attributwertermittlung aus IFC-Entitäten eine objektorientierte Mengenerfassung vornehmen. Auf Basis des Planungsmodells kann im nativen Format die Mengenabfrage in Form der Oriented Bounding Box regelbasiert geschehen.<sup>141</sup> Das IFC-Format wird umgangen. Basierend auf den importierten 3D-Körpern können Volumen oder Flächen über eine QTO-Formel errechnet werden [Berechnung gemäß bestimmter Normen auszuführender Bauleistungen (vgl. Borrmann et al. 2015b, S. 583)]. Im Anschluss erfolgt die Bemusterung, die eine Verlinkung zwischen Objekten und Objektgruppen mit den importierten Leistungspositionen des Leistungsverzeichnisses vollzieht. Das Resultat ist ein Fachmodell in Verbindung mit einem Mengenmodell (vgl. Demharter et al. 2014, S. 200–201). Abb. 117 zeigt exemplarisch das Vorgehen einer objektorientierten QTO-Anwendung an einem Winkelstützelement im Teilbereich Straßenbau.

<sup>141</sup> Eine stark vereinfachte Geometrirepräsentation dreidimensionaler Objekte (vgl. Borrmann et al. 2015a, S. 102).

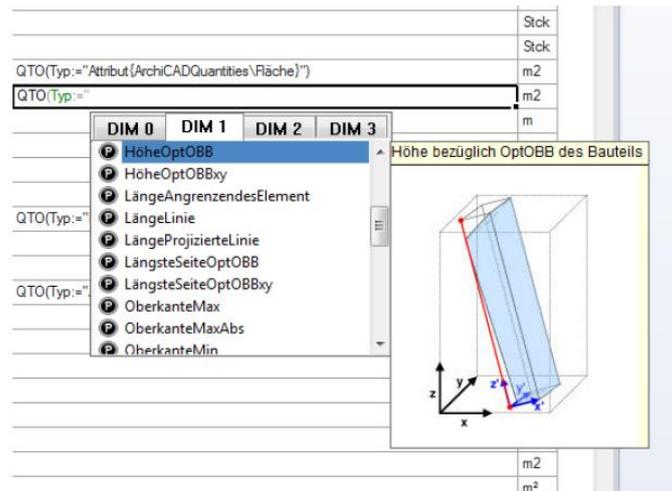
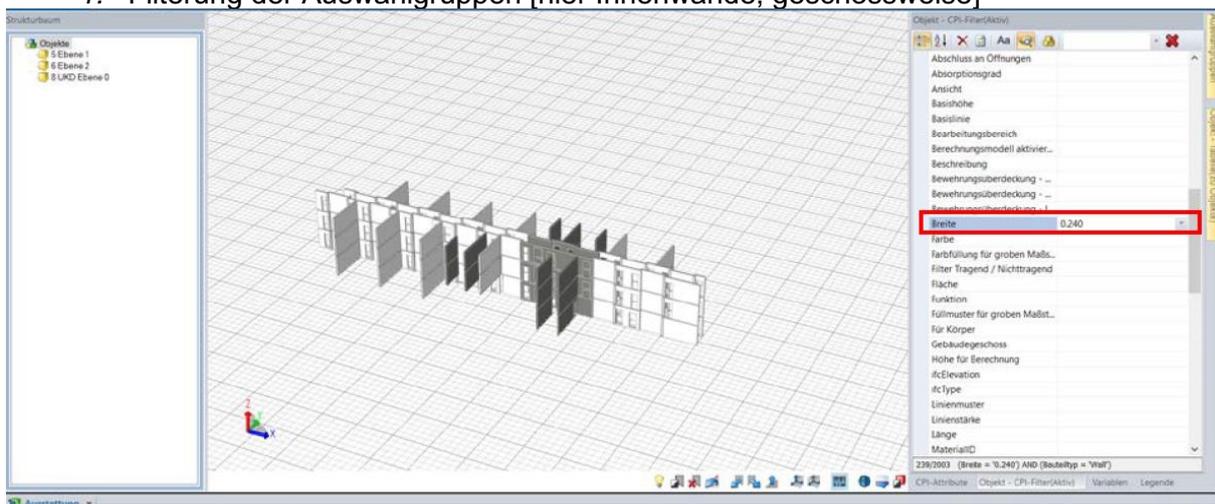


Abbildung 117: Exemplarische QTO-Formelanwendung, Teilbereich Straßenbau (Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

## Ablauf der QTO-Formelanwendung

Vorprüfung für die Leistungsverzeichniserstellung [Abb. 118]:

1. Filterung der Auswahlgruppen [hier Innenwände; geschossweise]



2. Ausstattungsliste Leistungsverzeichnis [Vorbereitung der Mengenabfrage und Einheiten]

Struktur	Schlüssel	Matchkey	Bezeichnung	Mengenabfrage	ME
-	-		<b>Ausstattung</b>		
-	1		Rohbau		
-	1.10		NEBENANGEBOTE		
-	1.20		Vorarbeiten		
-	1.30		Bodenplatte		
-	1.30.10		Ortbeton Sauberkeitsschicht unbewehrt C8/10 D 8 cm		m2
-	1.30.20		Perimeterdämmung 10cm, WLG 040 160kPa		m2
-	1.30.30		PE-Folie vorlegen unter Bodenplatte		m2
-	1.30.40		Ortbeton der Bodenplatte, C 25/30, d=40 cm		m3
-	1.30.50		Ortbeton der Bodenplatte, C 25/30, d=50 cm		m3
-	1.30.60		Seitenschalung der Bodenplatte		m
-	1.30.70		Schalung/Aufzugsunterfahrt		m
-	1.30.80		Beidseitig-beschichtetes Fugenblech, H=150 mm		m
-	1.30.90		Ortbeton Aufzugsunterfahrt, d= 30 cm		m3
-	1.30.100		Einzellundamente		m3
-	1.30.110		Fundamentanker, verzinkt		m
-	1.30.120		Fundamentanker, V4A		m
-	1.30.130		Grundierung im Sockelbereich		m2
-	1.30.140		Perimeterdämmung umlaufend vertikal, d=18 cm		m2
-	1.30.150		Noppenbahn		m2
-	1.30.160		Zulage für konstruktive Dübelung		m2
-	1.40		Stahlbetonwände		
-	1.50		Decken		
-	1.60		Bewehrung		
-	1.70		Mauernarbeiten		
-	1.80		Bestandsbau		
-	1.90		Abdichtungsarbeiten		

### 3. Mengenabfrage über QTO-Formel

Struktur	Schlüssel	Matchkey	Bezeichnung	Mengenabfrage	ME
-	-		<b>Ausstattung</b>		
-	10		Rohbau		
-	10.10		Mauerwerkwände		
-	10.20		Stahlbetonwände Außen		
-	10.20.10		Ortbeton Außenwand Stahlbeton C25/30, d=17,5	QTO(Typ="FlächeMax",ME="*m²")	m²
-	10.20.20		Ortbeton Außenwand Stahlbeton C25/30, d=25	QTO(Typ="FlächeMax",ME="*m²")	m²
-	10.20.30		Ortbeton Innenwand Stahlbeton C25/30, d=24	QTO(Typ="FlächeMax",ME="*m²")	m²
-	10.20.40		Ortbeton Innenwand Stahlbeton C25/30, d=26	QTO(Typ="FlächeMax",ME="*m²")	m²

Abbildung 118: CPI-Mengengenerierung  
(Projektauswertung: Modellierungstagebuch)

## Anhang 35: IFC – Hierarchie der Vererbung

Für eine umgekehrte [inverse] Beziehung wird diese Verbindung gleichsam definiert, allerdings mit entgegengesetzter Richtung, ohne eine neue Assoziation zu definieren. Assoziationen können auch zu ganzen Objektgruppen definiert sein. Abb. 119 zeigt von ifcRoot ausgehend die Hierarchie der Vererbung, die generelle Assoziationen sowie automatisiert weitergereichte Attribute von einer zur nächsten Klasse definiert (vgl. Borrmann et al. 2015a, S. 86). Die eingezeichneten Pfade [blau/grün] zeigen risikobehaftete Entitätstypen in den Anwendungsfällen.

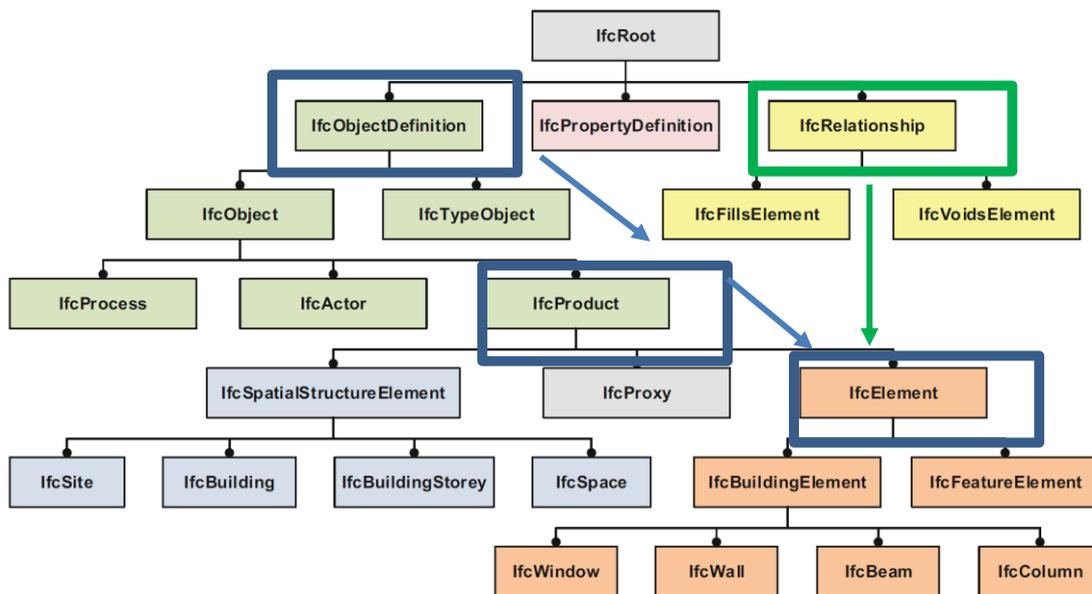


Abbildung 119: Ausschnitt zur Übersicht über semantisch bedeutsame IFC-Entitäten (Borrmann et al. 2015a, S. 91)

Das Schema definiert drei Hauptbereiche: die Objektdefinition [ifcObjectDefinition, Abb. 120], die mit einem Objekt verbundenen Eigenschaften [ifcPropertyDefinition] und die Beziehung zwischen Objekten [ifcRelationship] (vgl. Borrmann et al. 2015a, S. 91).

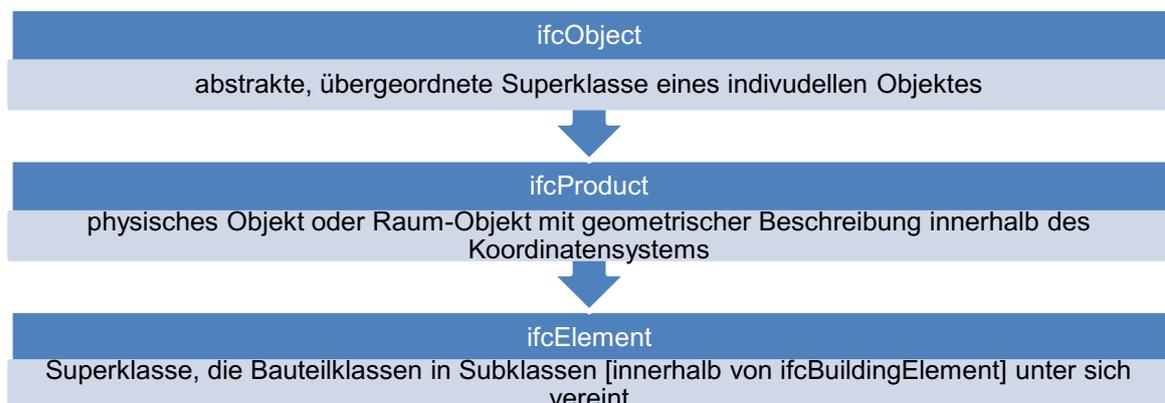


Abbildung 120: Abstraktionshierarchie ifcObjectDefinition (Borrmann et al. 2015a, S. 92)

