

Ein BIM-Reifegradmodell zur Messung der digitalen Transformation von Infrastrukturbehörden

Markus Boden^{1,2} 

¹Professur Verkehrssystemplanung, Schwanseestraße 13, 99423 Weimar

²Professur Baubetrieb und Bauverfahren, Marienstraße 7a, 99423 Weimar

Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland

E-Mail: markus.friedrich.boden@uni-weimar.de

Abstract: Building Information Modeling (BIM) ist eine zunehmend verbreitete Methode in der Baubranche, wird jedoch bei Behörden des Infrastrukturbaus noch nicht standardmäßig verwendet. Der Masterplan BIM Bundesfernstraßen bildet den Rahmen für die Implementierung der BIM-Methode bis 2025 bei Behörden des Bundesfernstraßenbaus. Gemäß dem Masterplan stellen BIM-Reifegradmodelle wichtige Messinstrumente für die Einhaltung der fortlaufend veröffentlichten Phasenziele dar. Die Reifegradmodelle ermöglichen die Identifikation von Organisationsbereichen mit digitalem Handlungsbedarf und die Überprüfung durchgeführter Digitalisierungsschritte. Neben den Bundesfernstraßen müssen auch der Infrastrukturbau der Länder und Kommunen durch digitale Prozesse effizienter werden. Es besteht ein Bedarf für ein frei zugängliches BIM-Reifegradmodell, das alle Verwaltungsebenen bei der BIM-Implementierung unterstützt. Dieses Paper beschreibt ein BIM-Reifegradmodell auf der Basis des Masterplans, mit angepassten Reifegradzielen entsprechend der Verwaltungsebene. Auf Grundlage einer Literaturrecherche zu (BIM-)Reifegradmodellen sowie von Normen und Richtlinien werden Dimensionen und Key Performance Indikatoren identifiziert und in einer Reifegradmatrix zusammengefasst. Die Evaluierung erfolgt durch die Anwendung bei einer Landesbaubehörde. Durch das Reifegradmodell kann der Ist-Zustand der BIM-Bereitschaft und -Fähigkeiten in verschiedenen Organisationsbereichen identifiziert und gegen den Soll-Zustand laut Masterplan abgeglichen werden. Die Berücksichtigung aller Verwaltungsebenen unterstützt die Verbreitung der BIM-Methode hin zu einem standardmäßigen Einsatz im gesamten Infrastrukturbau.

Keywords: BIM-Implementierung, Reifegradmodell, Infrastrukturbau, Digitale Transformation



Erschienen in Tagungsband 35. Forum Bauinformatik 2024, Hamburg, Deutschland, DOI: 10.15480/882.13509

© 2024 Das Copyright für diesen Beitrag liegt bei den Autoren. Verwendung erlaubt unter Creative Commons Lizenz Namensnennung 4.0 International.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich ein Investitionsrückstand in Milliardenhöhe in der deutschen Straßen- und Verkehrsinfrastruktur gebildet [1]. Sowohl in der öffentlichen Verwaltung als auch bei Akteuren der Bauwirtschaft besteht ein Bedarf an Digitalisierung, um den zukünftigen

Aufgaben des Infrastrukturbaus gerecht zu werden. Die Einführung der Building Information Modeling (BIM)-Methodik stellt dafür einen grundlegenden Schritt dar. Der „Stufenplan Digitales Planen und Bauen“ aus dem Jahr 2015 beinhaltet das Ziel der BIM-Einführung im Infrastrukturbau bis zum Jahr 2020 [2]. Entsprechend der derzeitigen Praxis aktualisiert der Masterplan BIM Bundesfernstraßen die Ziele des Stufenplans in Form eines Phasenplans mit dem Ziel der BIM-Einführung bis zum Jahr 2025. Zur Messung und Steuerung der BIM-Einführung soll gemäß des Masterplans ein Reifegradmodell verwendet werden, welches auf den Zielvorgaben des Masterplans aufbaut und den aktuellen Implementierungsgrad identifiziert [3]. Im Rahmen eines zweiten Fachsymposiums wurden im März 2024 die Ziele der zweiten Phase des Masterplans veröffentlicht. Ein erstelltes Reifegradmodell sowie die Ergebnisse der ersten Durchführung bei Institutionen des Bundesfernstraßenbaus wurden bislang nicht veröffentlicht. Dies stellt insbesondere im Infrastrukturbau abseits der Bundesfernstraßen eine verpasste Chance dar. Es ist zu hinterfragen, ob ein Top-Down-Ansatz, bei dem der Bund die Einführung vornimmt und die Länder und Kommunen dieser folgen, den schnellsten Weg zur BIM-Einführung im gesamten Infrastrukturbau darstellt. Stattdessen wird ein frei zugängliches Reifegradmodell benötigt, welches auf den Zielen des Masterplans aufbaut, diese für die verschiedenen Verwaltungsebenen anpasst und dadurch alle Infrastrukturbehörden bei der Einführung der BIM-Methode unterstützt.

2 Hintergrund

Digitale Reifegradmodelle stellen eine Methode zur Messung des aktuellen Zustands einer Organisation in Bezug auf die digitale Transformation, die digitale Strategie und/oder den Einsatz von Technologie dar [4]. Der Grundgedanke der Modelle ist eine Reihe von Untersuchungen der Lücke zwischen der aktuellen und der optimalen digitalen Reife [5]. Die Einführung der ersten Reifegradmodelle führte zu einer raschen Verbreitung. Die existierende Vielzahl an digitalen Reifegradmodellen führt zu Schwierigkeiten hinsichtlich der Auffindbarkeit und Vergleichbarkeit, sodass die Suche und Auswahl geeigneter Modelle für die direkte Verwendung durch Organisationen oder als Erarbeitungsgrundlage für die wissenschaftliche Entwicklung neuer Modelle erschwert wird [6]. Aus diesem Grund erfolgt die in Kapitel 3 beschriebene Konzeption des in dieser Arbeit vorgestellten digitalen Reifegradmodells auf Grundlage des Klassifikationssystems von Mettler et al. [6] sowie der zu definierenden Bestandteile digitaler Reifegradmodelle nach Haryanti et al. [4] (Vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Methodik für das Erstellen des Reifegradmodells, eigene Darstellung nach [4, 6]

1. Definieren der allgemeine Modellattribute		2. Detaillierte Beschreibungen
(a) Name und Akronym	(b) Anwendungsbereich	(a) Reifegrade, Dimensionen und deren Granularität
(c) Zielgruppe	(d) Abgrenzung zu ähnlichen Modellen/Bedarf für Neues	(b) Auswertung und Darstellung
(e) Wichtige Quellen & ihr Verwendungszweck	(f) Evaluierungsmethode (gesondert in Kapitel 4)	(c) Technische Implementierung

3 Reifegradmodell BIM4VID

3.1 Definieren der allgemeine Modellattribute

Das „BIM Digital Maturity Model (DMM)-Modul für Verkehrsinfrastrukturbehörden in Deutschland“ (BIM4VID) wurde in der vorliegenden Forschungsarbeit für öffentliche Institutionen des Infrastrukturbaus in Deutschland auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene entwickelt. Das Reifegradmodell dient der Ermittlung des Grades der Umsetzung der BIM-Methodik auf Grundlage des Masterplans „BIM Bundesfernstraßen“. Es unterstützt die Organisationen durch die Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Zustände bei der BIM-Einführung. In der Literatur finden sich verschiedene Reifegradmodelle zur Digitalisierung von Organisationen im Bausektor. Die Reifegradziele des australischen „Strategic Framework for Digitalisation of Design and Construction“ (SFDDC) basieren auf den digitalen Zielvorgaben der Regierung von New South Wales [7]. Das Modell fokussiert sich ausschließlich auf technische Aspekte, verdeutlicht jedoch, wie staatliche Zielvorgaben die Grundlage für Reifegradmodelle darstellen und diese effektiv und praxistauglich abgefragt werden können. Die „BIM Maturity Matrix“ (BIm³) bietet ein analoges Self-Assessment bei dem Organisationen mithilfe kurzer Texte ihre Reife in verschiedenen Dimensionen einschätzen können [8]. Auch das Reifegradmodell von Siebelink et al. [9] zielt darauf ab, die BIM-Reife von Bauunternehmen zu erfassen. Es betrachtet neben technologischen Aspekten insbesondere auch nicht-technologische Dimensionen. Im Rahmen der Recherche konnte kein veröffentlichtes Reifegradmodell identifiziert werden, das auf die aktuellen Zielvorgaben deutscher Infrastrukturbehörden spezialisiert ist. Die aufgezählten Modelle dienen als Beispiele für die Einbindung von staatlichen Zielen für Reifegradmodelle sowie als Grundlage für die zu betrachtenden Dimensionen und deren Ausprägungen auf den Reifegraden.

3.2 Detaillierte Beschreibungen

Die Reifegrade von BIM4VID sind an die Phasen des Masterplans BIM Bundesfernstraßen angelehnt. Der Ausgangspunkt ist der Reifegrad 0, die „Initialisierung“. Dieser Reifegrad bezeichnet den Zustand, bei dem BIM noch keine Anwendung in der Organisation findet. Die weiteren Reifegrade 1-5 werden entsprechend des Masterplans „Aufgebrochen und harmonisiert“, „Ausgeweitet und professionalisiert“, „Standardisiert“, „Regelprozess“ und „Zukunftsbild“ bezeichnet. Die konkreten Zielstellungen des Masterplans wurden für eine Selbstbewertung in die drei Key Performance Indikatoren (KPI) „Implementierung der BIM-Methode“, „BIM-Projekteinsatz“ und „BIM-Anwendungsfälle“ überführt. Die Anforderungen für die Reifegrade dieser KPI korrespondieren mit den Phasenzielen des Masterplans. In der ersten Phase ist die Erstellung einer BIM-Implementierungsstrategie, die Einführung der BIM-Anwendungsfälle der Musterrichtlinie BIM Version 1 sowie die Durchführung erster Pilotprojekte erforderlich und stellen damit die Grundlage für den ersten Reifegrad „Aufgebrochen und harmonisiert“ dar. Auf dem Reifegrad 2 „Ausgeweitet und professionalisiert“ ist eine Ausweitung der BIM-Methode bei Teams in allen Niederlassungen und Abteilungen erforderlich. Die BIM-Methode soll nach Abstimmung bei Großprojekten mit hohem öffentlichem Interesse verwendet werden. Die zu implementierenden Anwendungsfälle werden durch die Version 2 der Musterrichtlinie BIM erweitert. Nach diesem Schema wurden auch die weiteren Reifegrade für die KPI der

Selbstbewertung gemäß Masterplan definiert. Die Selbstbewertung wurde daraufhin mit acht weiteren Dimensionen und insgesamt 15 KPI ausgebaut. Die Dimensionen wurden entsprechend allgemein zu betrachtender Dimensionen digitaler Reifegradmodelle nach Haryanti et al. [4] und Berghaus und Back [10] identifiziert und entsprechend der Dimensionen der weiteren Grundlagen [7–9] erweitert. Für jede Dimension wurden objektiv messbare KPI auf Basis einer Literaturrecherche sowie von Normen, Richtlinien und Empfehlungspapieren von BIM4INFRA2020 und BIM Bundesfernstraßen ausgewählt. Die nachfolgende Abbildung 1 gibt einen grafischen Überblick über alle Dimensionen und ihre KPI.

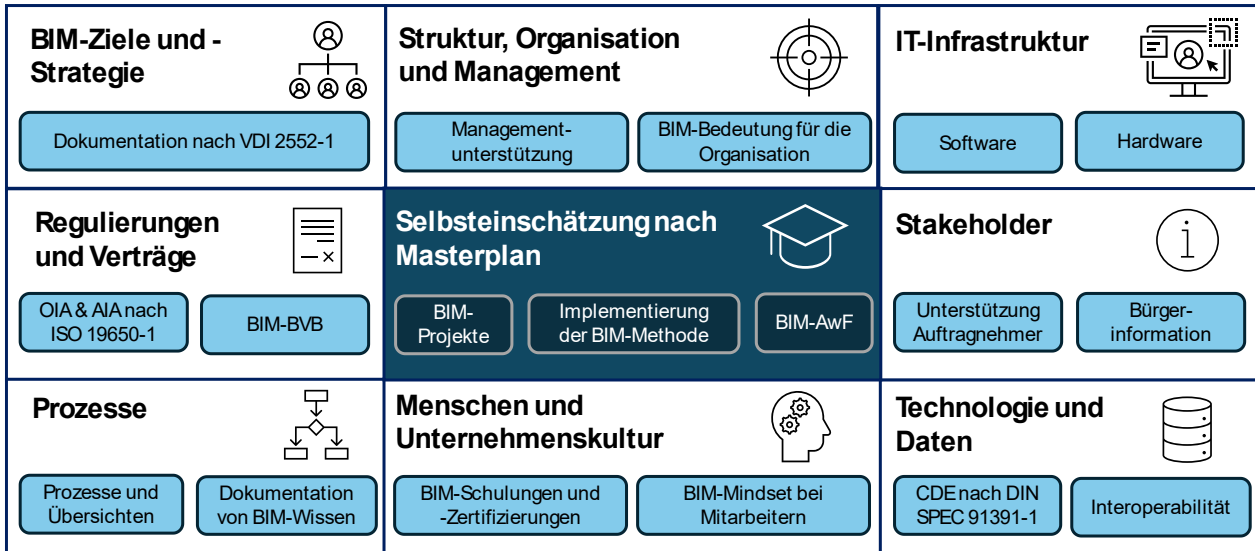


Abbildung 1: Dimensionen und KPI des Reifegradmodells BIM4VID, eigene Darstellung

Die KPI der Dimension „Regulierung und Verträge“ erfassen beispielsweise die Erstellung der organisatorischen Informationsanforderungen (OIA) und Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) gemäß ISO-Standard 19650-1 sowie die Definition der Besonderen Vertragsbedingungen BIM (BIM-BVB). Die Erstellung von Informationsanforderungen stellt eine der wesentlichen Aufgaben von Auftraggebern bei BIM-Projekten dar. Für den ersten Reifegrad des KPI ist die Definition von OIA anhand von Vorlagen für die eigene Organisation erforderlich. Es ist festzuhalten, wofür die Projektinformationen kurz-, mittel- und langfristig genutzt werden sollten und welche Informationen entsprechend benötigt werden. Auf den weiteren Reifegraden wird die Nutzung von Vorlagen für die AIA und BIM-Ablaufpläne sowie deren Spezifizierung entsprechend der OIA abgefragt. Für die Erstellung von BIM-BVB sind ebenfalls Vorlagen wie die von BIM4INFRA2020 zu nutzen und auf den Reifegraden entsprechend der organisationsspezifischen Anforderungen anzupassen. Die jeweiligen Ausprägungen der Reifegrade 0–5 für die insgesamt neun Dimensionen und deren 18 KPI ergeben eine Reifegradmatrix.

Das übergeordnete Ziel des Masterplans ist das Erreichen des BIM-Regelprozesses auf Bundesfernstraßenebene ab Ende des Jahres 2025. Dementsprechend sollten ab diesem Zeitpunkt alle KPI auf Fernstraßenebene den Reifegrad 4 für eine positive Bewertung erreichen (Grün/Plus in

Abbildung 2). Liegt der gewählte Reifegrad eine Stufe unter dem Soll-Stand, so sollten in mittelbarer Zukunft Maßnahmen zur Verbesserung durchgeführt werden (Gelb/Kreis in Abbildung 2). Bei einer Wahl eines Reifegrads zwei Stufen unter dem Soll-Reifegrad sind umgehend direkte Gegenmaßnahmen zu initiieren, um die zeitlichen Ziele des Masterplans einhalten zu können (Rot/Minus in Abbildung 2). Die Soll-Zustände wurden zum einen zeitlich und zum anderen entsprechend der höchsten betreuten Straßenklasse abgestuft. Kommunen sollten damit beispielsweise ab 2025 den ersten Reifegrad erreichen, um den Entwicklungen des Bundes und der Länder folgen zu können.

Zeit	Straßenklasse	Reifegrad 0	Reifegrad 1	Reifegrad 2	Reifegrad 3	Reifegrad 4	Reifegrad 5
		Initialisierung	Aufgebrochen und harmonisiert	Ausgeweitet und professionalisiert	Standardisiert	Regelprozess	Zukunftsbild
Bis 2025	Fernstr.	-	○	+	+	+	+
	Landstr.	○	+	+	+	+	+
	Kreisstr.	+	+	+	+	+	+
Ab 2025	Fernstr.	-	-	○	+	+	+
	Landstr.	-	○	+	+	+	+
	Kreisstr.	○	+	+	+	+	+
Ab Ende 2025	Fernstr.	-	-	-	○	+	+
	Landstr.	-	-	○	+	+	+
	Kreisstr.	-	○	+	+	+	+

Abbildung 2: Auswertungsschema von BIM4VID in Ampeldarstellung, eigene Darstellung

Die Auswertung des Reifegradmodells erfolgt durch Selektion des entsprechenden Reifegrads für jeden KPI auf Basis der beschreibenden Kurztexte der Reifegradmatrix. Zu Beginn erfolgt eine Abfrage bezüglich der höchsten betreuten Straßenklasse (Fernstraßen, Landstraßen, Kreisstraßen), um eine Einteilung gemäß des erstellten Ampelsystems vorzunehmen. Im Anschluss erfolgt ein Vergleich des Ist-Wertes mit den Soll-Werten aus Abbildung 2. Die Umsetzung des Reifegradmodells erfolgte in Form eines Web-Tools unter Verwendung der Open-Source-Bibliothek SurveyJS. Nach der Abfrage der höchsten betreuten Straßenklasse werden die Reifegrade der 18 KPI unter Verwendung der Reifegradmatrix ausgewählt (Vgl. Abbildung 3).

Informationsanforderung nach ISO 19650-1

Reifegrad 0	Reifegrad 1	Reifegrad 2	Reifegrad 3	Reifegrad 4	Reifegrad 5
Initialisierung	Aufgebrochen und harmonisiert	Ausgeweitet und professionalisiert	Standardisiert	Regelprozess	Zukunftsbild
Wurden noch nicht erstellt	Organisatorische Informationsanforderungen (OIA) wurden definiert	Erste Projekte werden mit Dokumentvorlagen (AIA & BAP) durchgeführt, welche den OIA entsprechen	Die Dokumentvorlagen wurden anhand eigener Projekte evaluiert und standardisiert	Die Dokumentvorlagen werden fortlaufend auf Grundlage der Projekte optimiert	Die Dokumentvorlagen werden mit Zukunftstechnologien erweitert



Abbildung 3: Beispielhafte Abfrage des KPI „OIA & AIA nach ISO 19650-1“ unter Verwendung der BIM4VID-Reifegradmatrix, eigene Darstellung

Die Behörden erhalten eine direkte Auswertungsübersicht mit Ampeldarstellungen für die KPI entsprechend des Soll-Ist-Vergleichs. Neben der Ampeldarstellung bietet das Web-Tool Links zu Hilfestellungen wie Online-Dokumenten und Vorlagen von BIM-Deutschland oder BIM Bundesfernstraßen (Vgl. Abbildung 4).

Selbsteinschätzung nach Masterplan



Abbildung 4: Ausschnitt aus der Auswertungsdarstellung im Web-Tool mit Links zu unterstützenden Web-Dokumenten, eigene Darstellung

4 Evaluierung

Das Reifegradmodell BIM4VID sowie dessen technische Bereitstellung wurde Vertretern einer Landesbaubehörde vorgestellt. Im Rahmen einer Pilotstudie wurde eine BIM-Reifegraderfassung durchgeführt, wobei vor, während und nach der Erfassung Interviewfragen gestellt wurden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Evaluierung zusammengefasst.

BIM-Reifegradmodelle werden von den Vertretern der Landesbaubehörde grundsätzlich als sinnvoll beurteilt. Die Modelle würden dazu beitragen, eine Übersicht über die zu bearbeitenden Themengebiete der BIM-Implementierung zu erhalten. Durch die wiederholte Durchführung der Evaluierung in bestimmten Zeitabständen könnten Fortschritte dokumentiert und weitere Bearbeitungsschwerpunkte sinnvoll gesetzt werden. Für die praktische Nutzbarkeit der Modelle ist insbesondere eine Übersicht der abgegebenen Antworten sowie eine direkte Auswertung durch das Reifegrad-Tool erforderlich. Die derzeitige Praxis der Reifegraderfassung des Bundes beinhaltet ein Online-Tool, das Zugriffe für die Institutionen des Bundesfernstraßenbaus vorsieht. Die jährliche Befragung erstreckt sich über einen Zeitraum von etwa einer Stunde und umfasst ausführliche Fragen zu ähnlichen Dimensionen und KPI wie das in dieser Arbeit vorgestellte Reifegradmodell BIM4VID. Innerhalb der Reifegraderfassung erfolgt eine detailliertere Abfrage von Teilbereichen wie den BIM-Anwendungsfällen. Die Ergebnisse wurden der Behörde zum Zeitpunkt der Evaluierung im Juni des Jahres 2024 noch nicht zur Verfügung gestellt. Die konkrete Auswertung und Darstellung der Ergebnisse sowie der daraus resultierende Mehrwert sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abschließend geklärt. Die technische Umsetzung von BIM4VID mit freiem Zugriff und direkten Ergebnissen wird von den Vertretenden der Landesbaubehörde daher positiv wahrgenommen. In diesem Zusammenhang wurde darauf verwiesen, dass das Modell auch für verschiedene Bereiche

innerhalb der Behörde separat durchgeführt werden könnte, beispielsweise für Bundesfernstraßen, Landesstraßen oder die einzelnen Regionen der Straßenbauverwaltung. Auf diese Weise könnten die Reifegrade auch innerhalb einer Behörde differenziert und eine Diskussionsgrundlage geschaffen werden. Für die Erarbeitung detaillierter Arbeitspakete müsste das Modell ausgeweitet werden.

5 Diskussion

Reifegradmodelle mit direkten und übersichtlichen Auswertungen erweisen sich allgemein als hilfreich für übergeordnete Fragestellungen und Strategiebildungen. Die Abfrage von BIM4VID mittels Reifegradmatrix erfolgt schnell und zielgerichtet, könnte jedoch in einzelnen Fragen wie den Anwendungsfällen genauer definiert und beschrieben werden. Das Reifegradmodell des Bundes stellt dafür ausführliche Fragen zur Verfügung, welche eine detaillierte Erfassung des Reifegrads ermöglichen. Dessen Ergebnisse können für die Konkretisierung der Implementierungsstrategie dienen, welche auf Basis von BIM4VID erstellt wird. Insgesamt erweitert das Reifegradmodell BIM4VID das Modell des Bundes um einen schnellen und frei verfügbaren Service. Es betrachtet eine übergeordnete organisatorische Sichtweise und kann insbesondere für Länder und Kommunen abseits der BIM-Vorreiter eine Unterstützung bei der BIM-Einführung darstellen. Bei einer Veröffentlichung des bislang intern gehaltenen Reifegradmodells des Bundesfernstraßenbaus wäre es denkbar die Inhalte und Zielgebiete zu vergleichen und dadurch beide Modelle weiterzuentwickeln.

6 Zusammenfassung und Fazit

Die Einführung der BIM-Methode im Infrastrukturbau wird in näherer Zukunft weitere Aufmerksamkeit erhalten. Insbesondere die Unterstützung der Länder und Kommunen stellt hier eine zentrale Aufgabe dar, um die im Bereich der Bundesfernstraßen gewonnenen Erkenntnisse aufzubereiten und in die Breite zu tragen. Reifegradmodelle wie das in dieser Arbeit vorgestellte Modell BIM4VID können hierbei einen Beitrag leisten. Die Evaluierung in Zusammenarbeit mit einer Landesbaubehörde bestätigt, dass ein spezifiziertes Reifegradmodell hilft, einen Überblick über zu berücksichtigende Punkte bei dem Erstellen einer BIM-Implementierungsstrategie zu erhalten. Weiteres Forschungspotenzial besteht in der Entwicklung weiterer objektiver KPI sowie der Bereitstellung zusätzlicher Hilfeleistungen. Reifegradmodelle sollten grundsätzlich wissenschaftlich publiziert und damit dem fachlichen Diskurs geöffnet werden. Dadurch können die Modelle weiterentwickelt werden, wodurch schlussendlich sichergestellt werden kann, dass die Institutionen des Infrastrukturbaus auf allen Verwaltungsebenen ihre Implementierungsstrategien objektiv sinnvoll gestalten können.

Datenverfügbarkeit

Die BIM4VID-Reifegradmatrix mit den neun Dimensionen sowie den jeweiligen Ausprägungen der Reifegrade je KPI und der Source-Code des Web-Tools werden über GitHub bereitgestellt unter: <https://github.com/MarkusFrBoden>.

Literatur

- [1] H. Scheller, "Kommunale Infrastrukturpolitik. Zwischen Konsolidierung und aktiver Gestaltung," *Bundeszentrale für politische Bildung*, 11. April 2017. Zugriff am: 24. Juni 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/246431/kommunale-infrastrukturpolitik-zwischen-konsolidierung-und-aktiver-gestaltung/>
- [2] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). "Stufenplan Digitales Planen und Bauen." Zugriff am: 24. Juni 2024. [Online.] Verfügbar: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile
- [3] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). "Masterplan BIM Bundesfernstraßen: Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau." Zugriff am: 4. März 2024. [Online.] Verfügbar: https://www.bimdeutschland.de/fileadmin/media/Downloads/Download-Liste/Strasse/BIM_Masterplan_Bundesfernstrassen_barrierefrei.pdf
- [4] T. Haryanti, N. A. Rakhmawati und A. P. Subriadi, "The Extended Digital Maturity Model," *BDCC*, Jg. 7, Nr. 1, S. 1–17, 2023, doi: 10.3390/bdcc7010017.
- [5] C. A. Williams, D. Schallmo, K. Lang und L. Boardman, "Digital maturity models for small and medium-sized enterprises: a systematic literature review," in *ISPIM Innovation Conference – Celebrating Innovation: 500*, S. 1–15.
- [6] T. Mettler, P. Rohner und R. Winter, "Towards a Classification of Maturity Models in Information Systems," in *Management of the Interconnected World: ItAIS The Italian Association for Information Systems*, A. D'Atri, Hg., Heidelberg: Physica-Verlag, 2010, S. 333–340.
- [7] S. Perera, X. Jin, P. Das, K. Gunasekara und M. Samaratunga, "A strategic framework for digital maturity of design and construction through a systematic review and application," *Journal of Industrial Information Integration*, Jg. 31, S. 100413, 2023, doi: 10.1016/j.jii.2022.100413.
- [8] B. Succar. "BIM Maturity Matrix - German." Zugriff am: 16. Februar 2024. [Online.] Verfügbar: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/301in.DE-BIM-Reifegrad-Matrix.pdf>
- [9] S. Siebelink, J. T. Voordijk und A. Adriaanse, "Developing and Testing a Tool to Evaluate BIM Maturity: Sectoral Analysis in the Dutch Construction Industry," *J. Constr. Eng. Manage.*, Jg. 144, Nr. 8, 2018, Art. Nr. 05018007, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001527.
- [10] S. Berghaus und A. Back. "Stages in Digital Business Transformation: Results of an Empirical Maturity Study." Zugriff am: 5. April 2024. [Online.] Verfügbar: <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=mcis2016>