

Digitalisierung der Bauwerksdiagnostik zur realitätsnahen Bewertung von Ingenieurbauwerken

Chris VOIGT¹, Christina FRITSCH¹, Tina HACKEL², Ralf ARNDT³

¹ MKP GmbH, Weimar, Deutschland

² Hamburg Port Authority AöR, Hamburg, Deutschland

³ Fachhochschule Erfurt, Erfurt, Deutschland

Kontakt E-Mail: chris.voigt@marxkrontal.com

Kurzfassung. Im Bauingenieurwesen können wir auf vielfältige Weise zur Bewältigung aktueller Herausforderungen unserer Zeit beitragen. Durch eine umfassende Beurteilung und Bewertung des vorhandenen Bestandes an Ingenieurbauwerken kann beispielsweise eine längere Nutzung der Bauwerke und damit eine Einsparung von Ressourcen erreicht werden. Bauwerksdiagnostische Untersuchungen ermöglichen realitätsnahe Aussagen über die vorhandene Konstruktion, die tatsächlichen Materialeigenschaften und vorhandene Schäden bis in die Tiefe der Bauteile und bilden damit eine wesentliche Grundlage für eine Bestandsbewertung.

Die Prozesse hinter der Bauwerksdiagnostik sind zumeist noch äußerst analog und enden oftmals in einem mehrere hundert Seiten starken Bericht in semidigitaler PDF-Form. Im Beitrag werden die wesentlichen Erkenntnisse aus Projekten und Forschungstätigkeiten vorgestellt und die Chancen der konsequenten Digitalisierung und Harmonisierung der sonst sehr heterogenen Datenbestände auch im Kontext der Building-Information-Modeling-Methode (BIM-Methode) aufgezeigt.

Einführung

Die Bauwerksdiagnostik, also die vertiefte Erkundung von Bestandsbauwerken mittels zerstörungsfreier und zerstörungsarmer Untersuchungen, verlief traditionell als äußerst analoger Prozess. Die essentiellen Ergebnisse der Erkundung wurden früher in der Regel auf Papier dokumentiert. Nach Abschluss einer Untersuchungskampagne erhielt der Auftraggeber einen Bericht, der bei komplexen Fragestellungen auch mehrere hundert Seiten umfassen konnte. Zwar unterstützten Lagepläne und eindeutige Bezeichnungen der Untersuchungsstellen die Nutzbarkeit des Berichts, jedoch blieben die Daten auf Papier beschränkt, selbst wenn es sich um ein „digitales“ PDF handelte. Der Nutzer musste erheblichen Aufwand betreiben, um die Erkundungsergebnisse für seine Planung zu verwenden. Im Zuge der digitalen Transformation werden auch diese bewährten Prozesse einer kritischen Überprüfung unterzogen. Dieser Beitrag stellt ausgewählte Aspekte der konsequenten Digitalisierung bauwerksdiagnostischer Prozesse dar und verdeutlicht den Nutzen für die Bewertung von Bestandsbauwerken. Hierbei wird ein Blick auf vergangene und gegenwärtige Projekte der Autoren geworfen.



1 Mehrwert der Digitalisierung

Die Bauwerksdiagnostik bietet beträchtliche Potenziale für eine realitätsnahe Bestands- und Zustandsbewertung. Der entscheidende Nutzen der Digitalisierung liegt vor allem in der verbesserten Zugänglichkeit von Daten und Informationen der Bauwerksdiagnostik sowie in der Vielfalt der Möglichkeiten zur Datenaufbereitung und -bereitstellung [1]. Die Verbesserung der Verarbeitbarkeit ermöglicht eine deutliche Reduzierung des Arbeitsaufwands für bestimmte Aufgaben, wie beispielsweise die Erstellung grafischer Darstellungen. Dadurch trägt die Digitalisierung wesentlich zur Optimierung von Arbeitsabläufen bei. Im Idealfall können bisher manuelle und teilweise repetitive Arbeitsschritte (teil-)automatisiert werden, sodass Ingenieurinnen und Ingenieuren mehr Zeit für die fachlich anspruchsvolle Bewertung von Ingenieurbauwerken zur Verfügung steht. Der Mehrwert der Digitalisierung und die Anwendung digitaler Hilfsmittel wurden in praxisnahen Pilotprojekten bestätigt. Im Folgenden wird ein Einblick in ausgewählte Themenfelder gegeben.

1.1 Zentrale digitale Datenhaltung

Ein erster Schritt besteht in der Digitalisierung, Strukturierung und Zentralisierung von bauwerksdiagnostischen Daten und Informationen. Aktuell liegen die Ergebnisse von Bauwerksdiagnostiken in der Regel in sehr heterogener, teilweise papiergebundener Form bei den Auftraggebern und Anlagenverantwortlichen vor. Verschiedene Gutachten sind oft inhaltlich nicht miteinander verknüpft, da ein Überblick darüber fehlt, welche Informationen aus der Vergangenheit bereits vorliegen. Durch die Überführung aller bauwerksdiagnostischen Daten in eine digitale, maschinenlesbare und gleichzeitig strukturierte Form wird der Zugriff auf die vorhandenen Daten und deren Handhabung erheblich erleichtert.

Im Rahmen des von der Thüringer Aufbaubank geförderten Forschungsvorhabens "Digitale Bauwerksdiagnose" wurde auf Basis einer Analyse verschiedener Datenbestände die Datenstrukturierung und die Entwicklung eines prototypischen Datenmodells durchgeführt. Dieses beinhaltet die Definition von Bezeichnungen, Eigenschaften (innerhalb der BIM-Methodik Merkmal oder in der Informatik auch Attribut genannt), Datentypen und Hierarchien für einzelne bauwerksdiagnostische Untersuchungen an Ingenieurbauwerken aus Stahlbeton und Spannbeton. Ein wichtiger Bestandteil der Bereitstellung war zudem die Verbesserung der Zugänglichkeit von Messdaten aus zerstörungsfreien Prüfverfahren, die oft in proprietären Dateiformaten vorliegen, aber mithilfe von Hilfsalgorithmen teilweise in einheitliche und flexibel verarbeitbare Formate überführt werden können.

Basierend auf dem Datenmodell wurde eine unternehmenseigene relationale Datenbank implementiert, die eine zentrale Ablage der bauwerksdiagnostischen Daten ermöglicht. Die Daten können sowohl über einen Upload aus einer entsprechend dem Datenmodell strukturierten Datei als auch direkt über die Dateneingabe auf einer webbasierten Benutzeroberfläche (Anbindung über Rest-API) abgelegt werden. Die Datenbank fungiert als zentraler, projektübergreifender Speicherort für die bauwerksdiagnostischen Daten (single source of truth). Von dort aus sind Schnittstellen für weiterführende Anwendungen (wie beispielsweise eine Plattform zur Datenvisualisierung) oder auch für den fachlichen Austausch zwischen beteiligten Projektpartnern implementierbar.

Die digitalisierte, strukturierte und zentralisierte Datenhaltung markiert einen deutlichen Fortschritt im Vergleich zur früheren dezentralen, teilweise papiergebundenen Vorgehensweise. Sie bildet die wesentliche Voraussetzung für eine Vielzahl von Datenaufbereitungs- und Datenauswertungsprozessen [2]. Das prototypische Datenmodell

soll auf weitere Untersuchungsverfahren erweitert werden und einen neben der Maschinenlesbarkeit auch eine Maschineninterpretierbarkeit hergestellt werden.

1.2 Mensch-Maschine-Interaktion zur Datenbereitstellung

Ein weiterer Aspekt ist die nutzergerechte Bereitstellung und damit Nutzarmachung der bauwerksdiagnostischen Daten. Aufbauend auf die zuvor beschriebenen Digitalisierungsschritte ergeben sich vielfältige Möglichkeiten der Datenbereitstellung, von der grafischen und tabellarischen Aufbereitung als Anlage eines Gutachtens bis hin zur Datenintegration in digitale Bauwerksmodelle.

Im Rahmen des Pilotprojektes smartBRIDGE Hamburg wurden vier Varianten für die Bereitstellung von bauwerksdiagnostischen Daten für unterschiedliche Nutzergruppen bzw. für unterschiedliche Anwendungsfälle pilothaft erprobt.

Ausgehend von einer Digitalen-Zwilling-Plattform erfolgt die bedarfsgerechte Visualisierung und Bereitstellung der fachlichen Informationen über einen mehrstufigen Drilldown: Vom Bauwerk aus gelangt man zu den Bauteilgruppen, von dort zu den Untersuchungszielen und in letzter Ebene zu den Untersuchungsstellen. Diese sind lokal abgegrenzte Bereiche, in denen eine oder mehrere Untersuchungsmethoden angewendet wurden. Auf der Plattform sind für jede Untersuchungsstelle die Basisinformationen zu Art, Lage und Zeitpunkt der durchgeführten Untersuchungen dokumentiert. Darüber hinaus wird eine Kurzbewertung hinsichtlich der Dringlichkeit und des Handlungsbedarfs gegeben.

Die detaillierten Untersuchungsergebnisse werden über einen Abprungpunkt in einer Expertenumgebung erreicht. Diese wurde im Projekt smartBRIDGE Hamburg in Form einer fotorealistischen 360°-Umgebung (siehe Abb. 1) eines ausgewählten Bauwerksbereiches realisiert. Dort sind neben allen Untersuchungsstellen auch die Schäden der Bauwerksprüfung und Messstellen des Bauwerksmonitorings verortet. Die räumliche Kontextualisierung der drei zustandsrelevanten Datenquellen ermöglicht eine inhaltliche Verknüpfung im Hinblick auf eine integrale Zustandsbewertung. Anders als in der Digitalen-Zwilling-Plattform werden sowohl die Durchführung der Untersuchungen als auch die Untersuchungsergebnisse detailliert beschrieben und mit Grafiken hinterlegt.

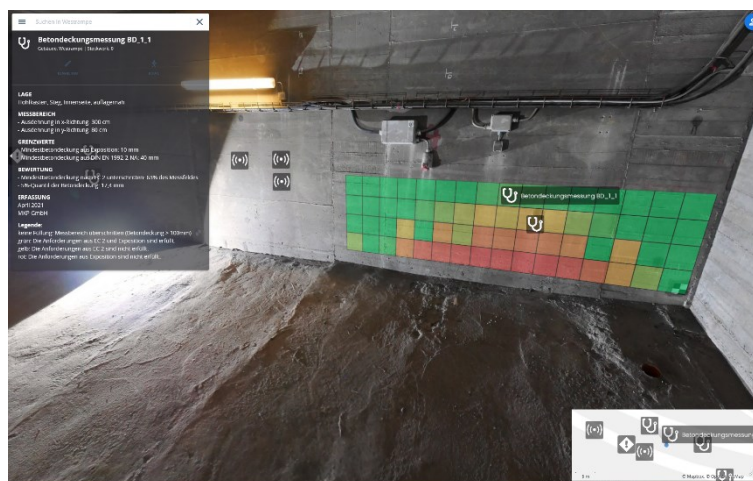


Abb. 1: Darstellung diagnostischer Ergebnisse in einer fotorealistischen Umgebung des Bestands [smartBRIDGE Hamburg]

Für den intuitiven Datenzugriff vor Ort wurde darüber hinaus eine prototypische AR-Anwendung entwickelt. Auch diese enthält, neben den Untersuchungsstellen, Schäden und Messstellen und ermöglicht somit eine inhaltliche Verknüpfung von verschiedenartigen zustandsrelevanten Informationen. Mithilfe der AR-Anwendung können bspw. Bauwerksprüfer, Anlagenverantwortliche oder Fachplaner vor Ort Einsicht in vorhandene Untersuchungsergebnisse nehmen und benötigen dafür keine Papierunterlagen, sondern

können bei der Begehung des Bauwerks mit den in der AR-Anwendung hinterlegten Daten interagieren [3].

1.3 Herausforderungen der Digitalisierung

Die bisherigen Pilotprojekte und Forschungsvorhaben basieren auf eigenen, individuellen Lösungsansätzen, die oft reflektiert und verbessert wurden. Die gefundenen Lösungen sind zum Teil nur projektspezifisch nutzbar. Insbesondere das Fehlen einheitlicher Standards im Bereich des Datenmanagements erschwert hier die kollaborative Zusammenarbeit. Auf wissenschaftlicher Ebene sind Bemühungen vorhanden, um beispielsweise universelle Datenformate aus der Medizintechnik (bspw. DICONDE) für Anwendungen im Bereich der Bauwerksdiagnostik zu entlehnen. Messgerätehersteller folgen diesen Bemühungen derzeit nur bedingt. Auch für den Großteil der zerstörungsarmen Untersuchungsverfahren sind keine einheitlichen Datenschemata vorhanden. Die Erarbeitung einheitlicher Standards wird dadurch erschwert, dass viele Prozesse der Bauwerksdiagnostik nur unzureichend im Normen- und Regelwerk abgebildet sind. Während beispielsweise für die Bewertung der Druckfestigkeit von Bestandsbeton ein umfangreiches Regelwerk vorhanden ist, fehlt dieses bei der Bewertung von Bestandsmauerwerk nahezu gänzlich.

Für eine durchgängige digitale Arbeitsweise sind Standards jedoch von zentraler Bedeutung, da sie ein einheitliches und maschinenlesbares Vokabular liefern können. Ebenso können aus diesen Standards Arbeitsweisen abgeleitet werden, die im Rahmen digitaler Prozesse neu gedacht werden können. Mit der Standardisierung der Prozesse befasst sich das derzeit laufende Forschungsvorhaben openSIM.

2 openSIM – Ein ganzheitlicher Ansatz zur Durchführung von Bauwerksdiagnostik mit Hilfe der BIM-Methodik

2.1 Projektbeschreibung

Im Rahmen des Forschungsprojekts openSIM mit dem Titel "Integration und Bereitstellung von Structural-Information-Daten zur Bestandsbewertung von Infrastrukturwerken im BIM-Prozess" werden die zuvor erwähnten Defizite aufgegriffen. Unter Einsatz der BIM-Methodik wird ein ganzheitlicher und praxisorientierter Ansatz entwickelt, der die gesamte Prozesskette der Bestandsbewertung mit bauwerksdiagnostischen Verfahren umfasst (siehe Abb. 2). Das Projekt erhält eine Gesamtförderung von 2.121.170,54 € im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Ein Konsortium aus sechs Projektpartnern aus Wissenschaft und Praxis, mit Expertise in Bauwerksdiagnostik, Bestandsplanung, BIM, Softwareentwicklung, Anlagenverantwortlichkeit und Materialforschung, hat sich zusammengeschlossen:

- MKP GmbH (Konsortialführer) | Bauwerksdiagnostik und Bestandsplanung
- Bau-Consult Hermsdorf Gesellschaft beratender Ingenieure mbH | BIM und Bestandsplanung
- Bauhaus-Universität Weimar, Professur Intelligentes Technisches Design | BIM und digitale Prozesse
- customQuake GmbH | Softwareentwicklung
- Hamburg Port Authority, AöR | Anlagenverantwortliche und BIM
- Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar | Bauwerksdiagnostik

Über die dreijährige Projektlaufzeit hinweg werden sieben Arbeitspakete bearbeitet. In einem ersten Schritt werden Anforderungen aus verschiedenen Fachdisziplinen zusammengetragen und in einem umfassenden Anforderungskatalog festgehalten, der die Kompetenzen aller

Projektpartner einschließt und die Abhängigkeiten zwischen den Fachgebieten klar definiert. In der darauffolgenden Konzeptionsphase werden konkrete Lösungsansätze erarbeitet. In einer Erprobungs- und Evaluationsphase werden die Lösungen anhand von Beispielen an konkreten Bauwerken angewendet, um die praktische Anwendbarkeit zu testen und die Lösungen weiter zu optimieren. Dies betrifft sämtliche Aspekte der Prozesskette, angefangen von der Aufgabenstellung über die Untersuchungsplanung bis hin zur Bereitstellung der Daten in verschiedenen digitalen Formaten (Common Data Environment, cloudbasierte Webanwendung, Datenschnittstelle).

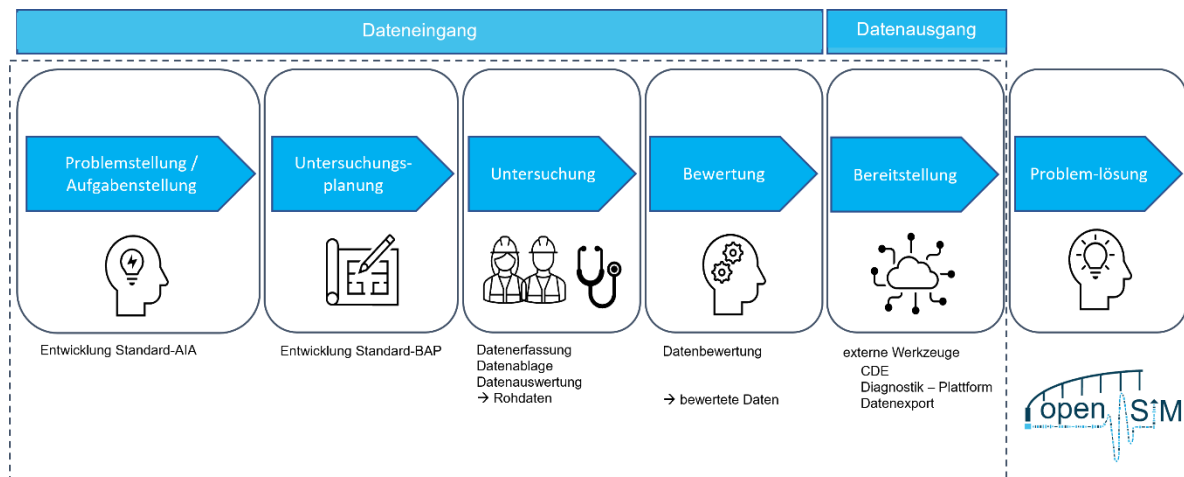


Abb. 2: Schematischer Ablauf der Prozesskette, die innerhalb des Projekts betrachtet wird.

2.2 Projektziele

Das übergeordnete Projektziel ist die Optimierung der Bereitstellung von realitätsnahen Bestands- und Zustandsdaten für die Bewertung der Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit bestehender Infrastrukturbauwerke. Im Projekt sollen dafür die Möglichkeiten der Digitalisierung aktiviert (unter Verwendung der BIM-Methode) und die Weichen für eine standardisierte Nutzung von bauwerksdiagnostischen Ergebnissen erforscht werden. Dabei soll die gesamte Prozesskette von der Aufgabenstellung bis zur Übergabe der bewerteten Untersuchungsergebnisse an den Auftraggeber bzw. Nutzer untersucht werden. Aufbauend auf den Anforderungskatalog werden Konzepte erstellt, um Lösungen für folgende Detailthemen entwickeln zu können:

Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA)

Innerhalb der AIA werden die Anforderungen des Auftraggebers an die Lieferung von Informationen festgelegt. Welche Informationen in welchem Umfang, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Qualität benötigt werden ist abhängig vom Projektziel [4], [5]. Ein Bestandteil der AIA ist eine Beschreibung der BIM-Anwendungsfälle, welche im Projekt umgesetzt werden sollen [6], [7]. Neben den Anwendungsfällen wird u.a. auch auf Rollenbeschreibungen, auf Modellierungsvorgaben und den erforderlichen Informationsbedarf (LOIN) eingegangen. Mögliche Informationsanforderungen, welche sich aus der Beurteilung und Bewertung des Bestandes, den eingesetzten bauwerksdiagnostischen Untersuchungsverfahren und hinsichtlich einer möglichen Weiternutzung der Informationen ergeben, sollen zusammengetragen und als Musterbausteine für eine AIA aufbereitet werden. Dies können z.B. Lieferanforderungen an bauwerksdiagnostischen Daten sein (u.a. Detailtiefe, Aufbereitung, Dateiformate). Unterschiedliche Anforderungen, die sich aus der jeweiligen Aufgabenstellung der Bestandsbewertung ergeben, sollen hierbei berücksichtigt werden. Alle in den AIA üblicherweise aufgeführten Anforderungen werden hinsichtlich des Bedarfs und aus Sicht der Bauwerksdiagnostik analysiert und beschrieben. Es werden u.a.

Empfehlungen für die Zusammenarbeit, die Modellierung (Struktur, Gliederung, Software) und die Durchführung von Testphasen aufgabenbezogen entwickelt

BIM-Abwicklungsplan (BAP)

Im BAP beschreibt der Auftragnehmer wie er die Anforderungen aus den AIA unter Anwendung der BIM-Methode umsetzen wird [8]. Es wird erläutert, wie die Ziele unter Nutzung der BIM-Methodik erreicht werden und wie die digitale Umsetzung der Aufgabenstellung aussieht (z.B. eingesetzte Software, eingesetztes Personal, Ablaufbeschreibung, Modellaufteilung). Hinsichtlich der Umsetzung für die bauwerksdiagnostischen Daten wird auf der Grundlage der entwickelten AIA-Bausteine im BAP aufgabenbezogen beschrieben, wie eine Modellerstellung aussehen könnte. Erläutert wird beispielhaft welche Modelle erstellt werden sollten und mit welchen Umsetzungsschritten, die innerhalb der AIA geforderten Ziele erreicht werden können.

Struktur und Semantik der bauwerksdiagnostischen Daten

Es sollen die Verfahren hinsichtlich der erforderlichen Vor- und Nachbereitungen, der Datenarten (eindimensional, zweidimensional, dreidimensional), der Datenformate (analoge Protokolle, herstellereigene Formate) so strukturiert werden, dass ein einheitliches Vorgehen und eine Standardisierung für verschiedene Gruppen von Untersuchungsmethoden und -verfahren festgelegt werden kann. Hierbei sind Aspekte der Messgenauigkeit, der Datenqualität und der Rückführbarkeit zu betrachten.

Es wird angestrebt einen Musterobjektkatalog für bauwerksdiagnostische Daten zu erstellen, welcher übliche Merkmale und Merkmalsgruppen enthält. Aus dem Objektkatalog soll ein für alle relevanten Untersuchungsverfahren und Diagnostikdaten gültiges Datenbankschema abgeleitet werden. Dies ermöglicht eine einheitliche Kommunikation innerhalb der gesamten Prozesskette der Bauzustandsdatenerfassung (Aufgabenstellung, Untersuchungsplanung, Datenerfassung vor Ort und im Labor, Auswertung, Bewertung, Datenbereitstellung), wie auch innerhalb des Bauwerkslebenszyklus.

Bereitstellung der diagnostischen Ergebnisse

Bisher werden bauwerksdiagnostische Daten meist in analoger Berichtsform zur Verfügung gestellt. Aufbauend auf dem Anforderungskatalog wird untersucht, welche bereits existierende Hilfsmittel der BIM-Methodik (bspw. Common Data Environments/ CDE) für die Datenbereitstellung geeignet sind, bzw. welche Anpassungen mit Plugins zur Erhöhung der Nutzbarkeit erforderlich werden. Insbesondere wird der Aspekt verschiedener Aggregationsstufen betrachtet. Bei der Nutzung der diagnostischen Ergebnisse ist eine Unterscheidung zwischen Rohdaten, aufbereiteten Daten und bewerteten Daten unerlässlich. Diese Kette der Datenveredelung muss mit den Werkzeugen abbildbar sein, um auch eine externe Bewertung oder eine spätere Bewertung unter Einbezug von weiteren Erkenntnissen zum Bauwerk zu ermöglichen.

Neben der Untersuchung von vorhandenen Werkzeugen soll eine offene und plattformunabhängige Webanwendung konzeptioniert werden, die insbesondere den Zugriff auf die bauwerksdiagnostischen Ergebnisse in ihrer niedrigsten Aggregationsstufe (höchste Detailstufe) ermöglicht. Die Verortung an einem dreidimensionalen Modell soll die räumliche Zuordnung der Information und die bessere Bewertbarkeit der Daten fördern.

2.3 Prozessbeschreibung

Wie bereits beschrieben, wird in openSIM die gesamte Prozesskette von der Aufgabenstellung bis hin zur Bereitstellung der Untersuchungsergebnisse betrachtet. Dementsprechend ist der gesamte Prozess mit unterschiedlichen Akteuren und Schnittstellen

zu untersuchen. Für die Schnittstellen sollen, soweit möglich, offene Datenformate genutzt werden.

Eine möglichst hohe Qualität der späteren Ergebnisse wird durch einen transparenten Abstimmungsprozess zwischen Auftraggeber, Bedarfsträger (Fachplaner, Bauwerksprüfer, Tragwerksplaner, etc.) und Bauwerksdiagnostiker erzeugt. Genau diese Transparenz kann durch die Nutzung von digitalen Bauwerksmodellen unterstützt werden. Dies vereinfacht die Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten, da z.B. die konkrete Lage von Untersuchungsstellen im Modell verortet werden können. Durch diese Visualisierung können alle Projektbeteiligten sofort erkennen, ob die vorgenommene Verortung für die jeweilige Planung geeignet ist, ob dadurch Konflikte zur eigenen Planung entstehen oder ob zusätzliche Untersuchungsstellen erforderlich werden. Der in Abb. 3 auszugsweise dargestellte Prozess verdeutlicht, dass zwischen den Akteuren anlassbezogenen Abstimmungen modellbasiert stattfinden. Der Tragwerksplaner kann beispielsweise schon frühzeitig darauf einwirken, falls Untersuchungsstellen irrtümlicherweise in nicht relevanten Bauteilbereichen liegen oder eine zerstörende Untersuchung (Spanngliedentnahme, o. ä.) aufgrund der hohen statischen Auslastung eines Bauteils nicht möglich ist.

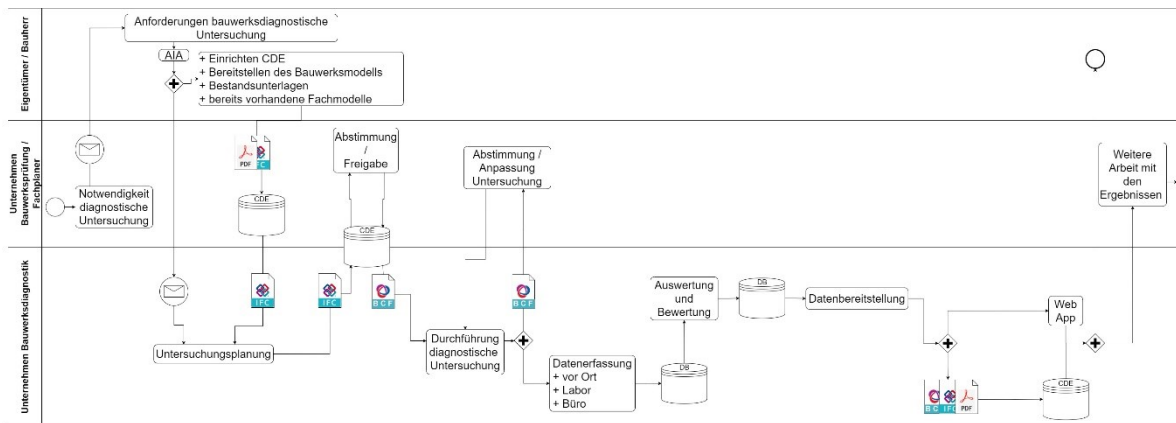


Abb. 3: Vereinfachtes Prozessdiagramm zur Darstellung der Abstimmungs- und Informationsaustauschbedarfe [eigene Darstellung, MKP]

Trotz einer intensiven Planung bleiben Bauwerksuntersuchungen ein dynamischer Prozess. Im Bestand können auch während der Untersuchungen Sachverhalte auftreten, die eine untersuchungsbegleitende Anpassung der ursprünglichen Planung erfordern. Um den flexiblen Anforderungen gerecht zu werden, kann die Arbeit mit Modellen und der Austausch innerhalb des Projektes durch standardisierte Schnittstellen wie z.B. BCF-Tickets (BIM-Collaboration-Format) geeignet sein. Auf diesem Wege ist eine schnelle, leicht verständliche Beschreibung/Darstellung eines Konfliktes (auch auf der Baustelle) möglich und Entscheidungswege können nachhaltig dokumentiert werden.

Während der Untersuchungen kann die Dokumentation der Ergebnisse digital erfolgen. Die Lage der Untersuchungsbereiche wird im Fachmodell zunächst mit Hilfsgeometrien verortet. Die Verortung kann je nach Anforderung an die Genauigkeit mit unterschiedlichen Mitteln (händisches Aufmaß, Tachymetrie, Laserscanning, etc.) erfolgen. Zur Dokumentation der Rohdaten wird die reine Lage der Untersuchungsstellen im Fachmodell mit den Daten aus der Datenbank verknüpft und nachvollziehbar gesichert. Die Auswerte- und Bewertungsprozesse werden zusätzlich separat dokumentiert, um eine Rückführbarkeit der Ergebnisse jederzeit zu gewährleisten. Entsprechend der Projektziele erhält der Nutzer über eine CDE und eine Webplattform Zugriff auf die für ihn relevanten Informationen.

2.4 Entwicklung von Standards

Das Projekt openSIM beschäftigt sich mit der Entwicklung von Standards und einer sinnvollen Aufbereitung der Ergebnisse aus bauwerksdiagnostischen Untersuchungen mit Hilfe der BIM-Methodik.

Entsprechend der Leitdokumente zur Anwendung der BIM-Methode im Bereich der Bundesfernstraßen und der Deutschen Bahn [9], [10] werden einheitliche Anwendungsfälle beschrieben. Der Anwendungsfall (AwF) 010 „Bestandserfassung und Modellierung“ kann auch einen Rahmen für das Themengebiet Bauwerksdiagnostik bieten. Die Bauwerksdiagnostik könnte perspektivisch als Unteranwendungsfall des AwF 010 definiert werden. Für den Datenaustausch soll auf offene Datenformate zurückgegriffen werden, um auch dem open-BIM-Ansatz gerecht zu werden. Durch die Herstellerneutralität soll die Zugänglichkeit, Nutzbarkeit und auch Verwaltung der gewonnenen und übergebenen Daten verbessert werden. Da jedoch vorhandene Datenformate, wie beispielsweise das Industry-Foundation-Classes (IFC), bauwerksdiagnostische Ergebnisse wie Radargramme oder Potentialfeldmessungen derzeit nicht explizit in ihrer Klassenstruktur berücksichtigen [1], wird dies im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes ein wesentlicher Bearbeitungsgegenstand sein.

Um die Projektanforderungen hinsichtlich der BIM-Planung bestmöglich beschreiben zu können, wird innerhalb der AIA das Level of Information Need (LOIN) nach DIN EN 17412 vorgegeben. Das LOIN beschreibt die erforderliche Genauigkeit der Modelle in Bezug auf die Geometrie (LoG, Level of Geometry), die enthaltenen Informationen (LoI; Level of Information) und ggf. den notwendigen Dokumentationsgrad (DOC; Dokumentationsgrad), [11]. Eine konkrete Vorgabe des LOIN ist auch im Bestand von großer Bedeutung. Durch exakte Vorgaben können die Untersuchungen zielgerichtet geplant und die Ergebnisse sinnvoll aufbereitet werden. Abhängig vom Untersuchungsverfahren und der Planungsphase können unterschiedliche LOIN-Vorgaben vorgegeben werden. Im Bereich der Diagnostik und Bestandsermittlung fehlt es an Mustervorgaben, welche den Bedarf an die erforderliche Genauigkeit beschreiben (Festlegung von sinnvollen LOIN-Vorgaben). Es wird anhand von Beispielen untersucht, wie ein geeignetes LOIN aussehen kann, um aufgabenbezogene Projektziele zu erreichen. Zum Beispiel ist bei der Ermittlung der Druckfestigkeit des Bestandsbetons als Grundlage für die Ausschreibung von Abbruchleistungen eine andere Genauigkeit erforderlich als für die Nachrechnung eines Bauteils. Übertragen auf die Datenbereitstellung im openSIM kann dies wie folgt verdeutlicht werden: Bei der Erkundung von Kiesnestern im Bauteilinneren kann nur die prinzipielle Aussage zum Vorhandensein von Kiesnestern als Merkmal am jeweiligen Bauteil hinterlegt werden oder das Kiesnest wird in seiner tatsächlichen nachmodelliert und mit Aussagen zu Gefügeeigenschaften (Porenanteil, Struktur der Bindemittelmatrix, etc.) semantisch angereichert.

Bei der Wahl der Vorgaben sollten die nutzer- und aufgabenspezifischen Bedürfnisse einbezogen werden, da hier ggf. unterschiedliche Anforderungen an LOG und LOI bestehen. Eine Anlehnung an die Standardisierung der Bauteilkataloge im Neubau ist hierfür denkbar. In diesen werden Beispiele gegeben, wie ein bestimmtes Untersuchungsergebnis geometrisch modelliert und semantischen angereicht wird. Als weitere Muster können ebenfalls bestehende Objektkataloge [12] z.B. für Brücken [13], Deiche [14] oder Geotechnik/Baugrund [15] herangezogen werden.

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr, der Thüringer Aufbaubank und der Hamburg Port Authority für die Unterstützung in den vorgenannten Projekten.

Referenzen

- [1] Schickert, M.; Arthus, M.; Koch, C.; Integration and Visualization of NDE Data in Digital Building Models, The International Symposium on Nondestructive Testing in Civil Engineering, 2022
- [2] Schacht, G., Fritsch, C., Voigt, C., Ewert, E. and Arndt, R. (2022), Structural Information Modeling – Die digitale Transformation der Bauwerksdiagnostik. Mauerwerk, 26: 143-151.
- [3] Hill, M.; Neumann, S.; Holst, R.; Bahlau, S., Bauwerksprüfung mittels Virtual/Augmented Reality – Prozessablauf, 1. Fachkongress Digitale Transformation der Verkehrsinfrastruktur, TAE (Technische Akademie Esslingen), 2022
- [4] Masterplan BIM Bundesfernstraßen, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 09/2021
- [5] BIM-Strategie – Implementierung von Building Information Modeling (BIM) im Vorstandsressort Infrastruktur der Deutschen Bahn AG, 02/2022
- [6] Bereichsübergreifende Muster-AIA (Muster-Auftraggeber-Informationsanforderungen) Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, 02/2022
- [7] Liste der standardisierten Anwendungsfallbezeichnungen, BIM Deutschland Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens, 2023
- [8] Masterplan BIM Bundesfernstraßen Rahmendokument: BIM-Abwicklungsplan (BAP) – Version 1.0, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
- [9] Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA), Mustervorlage Version 1, BIM.Hamburg, 2021, Link: AIA-Mustervorlage (hamburg.de)
- [10] Masterplan BIM Bundesfernstraßen, Rahmendokument: Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) – Version 1, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
- [11] BIM-Leitfaden für die FHH, Version 3, BIM.Hamburg, 2021
- [12] Objektkatalog Allgemein, Version V004, BIM.Hamburg, 2023
- [13] Bauteilkatalog Brücken nach ASB-ING 2013, Version 004 BIM.Hamburg, 2018
- [14] Objektkatalog Deich, Version 1, BIM.Hamburg, 2021
- [15] Objektkatalog Geotechnik/Baugrund, Version V003, BIM.Hamburg, 2022