

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Huyeng, Tim; Huang, Jiuru; Wagner, Anna; Lehmann, Boris; Rüppel, Uwe Digitalisierung im Verkehrswasserbau: BIM, Semantic Web und IoT-Sensorik

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische
Hydromechanik**

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106319>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Huyeng, Tim; Huang, Jiuru; Wagner, Anna; Lehmann, Boris; Rüppel, Uwe (2019):
Digitalisierung im Verkehrswasserbau: BIM, Semantic Web und IoT-Sensorik. In: Technische
Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Komplexe
Planungsaufgaben im Wasserbau und ihre Lösungen. Dresdner Wasserbauliche
Mitteilungen 62. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und
technische Hydromechanik. S. 273-283.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Digitalisierung im Verkehrswasserbau: BIM, Semantic Web und IoT-Sensorik

Tim Huyeng, Jiuru Huang, Anna Wagner,
Boris Lehmann, Uwe Rüppel

Der Verkehrswasserbau soll die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Schifffahrt gewährleisten. Damit verknüpft sind Aufgaben wie z.B. der Hochwasserschutz, die Wasserkraftnutzung, Be- und Entwässerung sowie Freizeitgestaltung. Im Vergleich zu den Verkehrsträgern Schiene und Straße haben Wasserstraßen eine ungleich größere Vielfalt an Bauwerken, Bauwerksfunktionen und -belastungen, was bei deren Planung, Bemessung, Konstruktion, Überwachung und Sanierung zu speziellen Anforderungen insbesondere im Hinblick auf die Digitalisierung führt. Für etliche Ingenieuraufgaben an verkehrswasserbaulichen Anlagen gilt es daher, eine Vielzahl von Bauwerksparametern digital zu erfassen, zu modellieren und auszuwerten. Building Information Modeling (BIM) stellt eine zielführende digitale Methode dar, Bauwerke anhand eines konsistenten, digitalen Anlagenmodells über ihren gesamten Lebenszyklus mit all ihren relevanten Informationen und zugehörigen Prozessen abzubilden. Ergänzend ergeben sich speziell für die Datenerfassung vor Ort mit der IoT-Sensorik (IoT: Internet of Things) neue effiziente Möglichkeiten der digitalen Überwachung. Zusätzlich können existierende Datenbestände mit Methoden des Semantic Web in einer föderalen Umgebung verfügbar gemacht werden. Am Beispiel des Verkehrswasserbaus werden integrale Digitalisierungspotentiale von BIM, IoT-Sensorik und Semantic Web aufgezeigt.

Stichworte: Digitalisierung, BIM, Semantic Web (SW), Internet of Things (IoT), Sensorik

1 Einführung

Wasserstraßen weisen eine große Vielfalt an Bauwerken, Bauwerksfunktionen und -belastungen auf, was bei deren Planung, Bemessung, Konstruktion, Überwachung und Sanierung zu speziellen Anforderungen im Rahmen der Digitalisierung führt. Für die Planung, Überwachung, Instandhaltung und Sanierung verkehrswasserbaulicher Anlagen gilt es daher, eine Vielzahl von Bauwerksparameter zu erfassen und auszuwerten. Building Information Modeling (BIM) stellt dazu eine zielführende digitale Methode dar, Bauwerke anhand eines konsistenten, digitalen Anlagenmodells über ihren gesamten Lebenszyklus mit all ihren relevanten Informationen sowie den zugehörigen Prozessen abzubilden.

Hinzu kommt, dass in Abhängigkeit von den Funktionsanforderungen und den standörtlichen Randbedingungen verkehrswasserbauliche Anlagen oftmals komplexen Einwirkungen ausgesetzt sind, die im Rahmen der Digitalisierung mit Sensorik vernetzt zu erfassen, auszuwerten und „BIM-geeignet“ zu speichern sind. Hierzu eröffnet die aktuelle IoT-Sensorik neue Möglichkeiten.

Weiterhin ist zu beachten, dass in der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) durch bisherige Bemühungen zur Digitalisierung IT-Systeme und Datenbestände existieren, die in der aktuellen BIM-Strategie zu integrieren sind. Hierfür bietet das Semantic Web (SW) erfolgsversprechende Ansätze. Diese vielversprechende Kombination von BIM, IoT-Sensorik und SW wird im Folgenden beispielhaft an konkreten Aufgabenstellungen dargelegt.

2 Methoden zur Digitalisierung

2.1 BIM

BIM wird als die Methode zur kooperativen Digitalisierung der Modelle und Prozesse im Lebenszyklus von Bauwerken im Allgemeinen und somit auch für den Verkehrswasserbau gesehen. Für BIM gibt es eine Vielzahl von Definitionen, an dieser Stelle wird die des Arbeitskreises der Bauinformatik-Professuren verwendet¹: „Building Information Model: Digitales Modell eines Bauwerks, das geometrische und semantische Informationen zu allen relevanten Bauobjekten, wie z.B. Bauteile, Baugruppen oder Räume, und deren Beziehungen für die Nutzung im Rahmen des gesamten Lebenszyklus in objektorientierter Form zur Verfügung stellt. Building Information Modeling: Prozesse zur Spezifikation eines Building Information Models und seine Verwendung, Verwaltung und Adaption im Rahmen des gesamten Lebenszyklus.“

Software-technisch gesehen stellt BIM die konsequente Weiterentwicklung von CAD dar: Beginnend mit Computer Aided Drafting („elektronischer Zeichenstift“), gefolgt von Computer Aided Design („Modellorientiertes CAD“) hin zu parametrisiertem 3D CAD. Diese Stufe stellt die geometrische Grundlage von BIM dar, ergänzt um semantische Informationen (3D BIM²: „What you see, is what you build“). Werden mit 3D BIM Simulationen über die Zeit durchgeführt (z.B. Baufortschritt), wird dies i.d.R. als 4D BIM² („What you see, is when you build“) bezeichnet. Werden Input/Output Daten von Prozessen z.B. mit Rele-

¹ <http://www.gacce.de/bim.php>

² <http://www.5d-initiative.eu>

vanz für die Kosten und das Facility Management besonders berücksichtigt, dann wird von 5D BIM² („What you see, is how you build“) gesprochen.

2.2 IoT Sensorik

Das sogenannte „Internet of Things“ (Internet der Dinge) beschreibt die Vernetzung von Gegenständen und Aktoren untereinander sowie mit dem Internet. Durch diese Verknüpfung sind selbständige Kommunikation sowie selbstständiges Handeln in Abhängigkeit von IoT-Geräten möglich. Insbesondere durch die Weiterentwicklungen im Bereich der Mikro-Controller und der Fernübertragungstechnik werden neue Einsatzmöglichkeiten geschaffen. Auch die hohe Anzahl vernetzter Geräte und Sensoren bietet neue Potentiale bei der Datenaufnahme sowie der angeschlossenen Auf- und Nachbereitung (*Steinhoff 2016*).

Die üblichen Verbindungen von Sensoren und Geräten über Kabel wird zunehmend durch kabellose Techniken ersetzt. Funktechnologien bieten gegenüber kabelbasierten Lösungen einige Vorteile, bspw. flexible Einsatzmöglichkeiten. Zudem wird durch notwendige in-situ Digitalisierung der Sensorsignale, insbesondere bei spannungsempfindlichen Messsignalen, die Beeinflussung von Spannungsabfällen durch lange Kabelwege und Störsignale von anderen elektrischen Anlagen vermindert. Überdies können schwer zugängliche Orte, die nicht an sonstige Infrastruktur angeschlossen sind, überwacht werden. Bei der Verwendung besonders energieeffizienter Sensoreinheiten ist auch ein autarker Einsatz möglich. Abhängig von Datenrate sowie Übertragungstechnik sind Batterielaufzeiten von bis zu zehn Jahren realisierbar. Durch den Austausch der aktuell verwendeten Sensorik ist zudem kein personalintensives Ablesen von Sensoren erforderlich, da Daten zentral gespeichert und ausgelesen werden können.

Neben den bereits viel eingesetzten und bekannten Funktechnologien im Bereich des Local Area Networks, wie zum Beispiel WLAN und Bluetooth oder auch Zigbee, bietet die Weiterentwicklung des Low Power Wide Area Network (LPWAN) eine neue Möglichkeit der effizienten Datenübertragung im Bereich des Monitorings. Der Fokus liegt auf einem niedrigen Energieverbrauch der Übertragungseinheiten sowie einer hohen Reichweite und Durchdringung. Dabei sind allerdings nur geringe Datenraten möglich. Im Bereich des LPWANs gibt es verschiedene Technologien, welche sich in Bezug auf Reichweite, Batterielaufzeit, offenen oder geschlossenen Standard unterscheiden. Im Rahmen dieses Beitrags wird die LoRaWAN-Technologie mit einem offenen Standard empfohlen. Nach *Mekki u.a (2018)* lassen sich mit LoRaWAN im ruralen Raum mit einem Gateway (Basisstation) Entfernungen von bis zu 20 Kilometer abzudecken.

2.3 Semantic Web

Um Austausch, Vorhaltung und Verarbeitung von Daten im Internet zu verbessern, wurde das Semantic Web (SW) als Erweiterung des herkömmlichen Inter-

nets vorgestellt. Die Idee hinter dem SW ist es, Informationen nicht nur eindeutig zu benennen, sondern vielmehr auch ihre Bedeutung eindeutig zu definieren. Hierdurch werden Daten, nicht nur maschinenlesbar, sondern maschinenverständlich. Ein weiteres Konzept für den Datenaustausch über das Web ist Linked Data: abgesehen von der maschinenlesbaren bzw. -verständlichen Bereitstellung der Daten, werden diese offen im Web zur Verfügung gestellt und verlinkt.

Das in diesem Beitrag betrachtete Werkzeug des SW sind Ontologien, die mithilfe des Resource Description Frameworks (RDF) beschrieben werden. Die zugrundeliegende Struktur von Ontologien basiert auf der Zerteilung von Informationen in ihre kleinstmögliche Einheit, sog. Triples die aus drei Komponenten bestehen: Subjekt, Prädikat und Objekt. Diese Komponenten können durch Ressourcen (Subjekt oder Objekt), konkrete Werte (Objekt) und Relationen (zwischen Ressourcen bzw. Ressourcen und Werten) besetzt werden. Zur eindeutigen Identifikation der Ressourcen in Web werden Unique Resource Identifiers (URIs) verwendet. Zu URIs zählen u.a. Unique Resource Locations (URLs), die den Pfad zu sowohl im Web als auch lokal abgelegte Dateien beschreiben können. Dies erleichtert die Einbindung externer Dateien innerhalb des SW.

Weiterhin stellen Ontologien Werkzeuge zur Definition flexibler Datenschemata zum Abgleich mit Daten bereit. Im Gegensatz zu anderen, nicht-RDF-basierten Schemata dient der Abgleich über die Überprüfung der Schemakonformität hinaus der automatischen Vervollständigung lückenhafter Datensätze („Reasoning“).

3 Beispiele zur Digitalisierung im Verkehrswasserbau

3.1 BIM-Pilotprojekte - der Anfang und die Perspektive

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) will den Planungs- und Bauprozess in Deutschland durch konsequenten Einsatz von BIM reformieren. Der Weg zur Digitalisierung mit BIM ist durch den Stufenplan Digitales Planen und Bauen (*BMVI, 2015*) ausformuliert. Darin ist auch der zeitbezogene, schrittweise ansteigende Grad der Umsetzung bis hin zum Leistungsniveau 1 (L1, auch 3. Phase) für BIM bis Ende 2020 erläutert. In der erweiterten Pilotphase (2. Phase), der Hochlaufphase des L1, sind zwei Pilotprojekte der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) vorgesehen.

Im Schleusen-Ersatzneubauprojekt Wedtlenstedt werden Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) für fünf Anwendungsfälle in Zusammenarbeit mit dem vom BMVI beauftragten BIM4INFRA2020 Forschungskonsortium identifiziert und von der Projektgruppe ausgeführt. Die identifizierten Anwendungsfälle sind Bestandserfassung, Koordination der Fachgewerke, Erstellung

von Entwurfs- und Genehmigungsplänen, Kostenschätzung und -berechnung und Terminplanung der Ausführung. Sie weisen nach Einschätzung des BIM4INFRA2020 einen hohen Nutzen bei gleichzeitig geringem Aufwand in der Umsetzung auf und die WSV will mit ihnen selbst Erfahrungen sammeln. Anders als das Pilotprojekt Wedtlenstedt ist die komplette Planung des Ersatzneubaus Schleuse Lüneburg mit BIM öffentlich auszuschreiben. Die in den AIA beschriebenen Leistungen werden von einer Bietergemeinschaft partnerschaftlich mit dem Amt abgewickelt. Aktuell befindet sich dieses Projekt in der Ausschreibungs- und Vergabephase der Ingenieurleistungen nach HOAI. Die Vergabe ist für Frühjahr 2019 vorgesehen.

Fokus der Pilotprojekte liegt primär auf der Erstellung des 3D-Bauwerkmodells als Behälter aller (relevanten) Informationen. Mit diesem Modell werden Anwendungsfälle wie Koordination der Fachgewerke, Kostenberechnung sowie Terminplanung der Ausführung erst möglich. Diese Anwendungsfälle zeigen den Schwerpunkt der digitalen Arbeitsweise auf Auftragnehmerseite.

Auch wenn im Rahmen der Pilotprojekte Fortschritte erzielt werden können, kann die Digitalisierung für die Infrastrukturverwaltung nur dann von großem Nutzen sein, wenn der gesamte Lebenszyklus strukturiert digitalisiert wird. Innerhalb des Lebenszyklus sind alle Lebensphasen, einschließlich des Betriebs, von großer Bedeutung. Die BIM-Methode ist im weiteren Sinne ein Verfahren zur Identifizierung von Anwendungsfällen, zur Standardisierung von Prozessen und zur Identifizierung relevanter Austauschdaten. Aus diesem Grund hat die BAW auf Basis des Bauprojektes Schleuse Wedtlenstedt eine Prozessanalyse durchgeführt und ein Information Delivery Manual (IDM) nach DIN EN ISO 29481-1:2017 für den Teilprozess Planfeststellung erstellt (Abb. 1).

C1 Saal 3

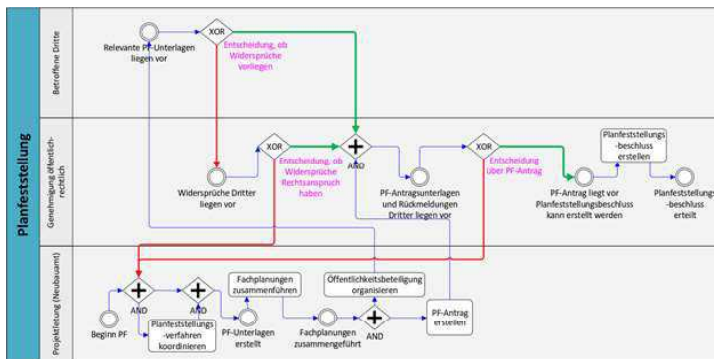


Abbildung 1: Teil der Prozessanalyse - Prozessdiagramm der Planfeststellungsphase

Aus der Prozessanalyse werden Prozesse in Form von Prozess-, Interaktions- und Transaktionsdiagrammen beschrieben und Austauschforderungen für Daten dokumentiert. Für die Implementierung einer darauffolgenden digitalen Prozessabwicklung werden die Rollen und Transaktionen bei der Spezifikation eines digitalen Informationsmodells (Interaktionsstruktur) nach DIN EN ISO 29481-2:2016 modelliert. Erkenntnisse aus dem IDM-Beispiel und der damit verbundenen Prozessanalyse zeigen, dass die WSV vielfältige Rollen, wie z.B. als öffentliche Bauherrin (AG), als Prüfende, als Genehmigende, als Planerin und vor allem als Unterhalterin innehat. Die WSV hat damit einen hohen Anteil an zu erledigenden Aufgaben, bei denen sie mit sich selbst interagiert.

Die für die Aufgabenerledigung benötigten Informationen sind mehr als Bauwerksinformationen, da der Verkehrswasserbau mit großen Eingriffen in die vorhandene Landschaft und in vorhandene Infrastrukturen, mit starken Wechselwirkungen zu Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser, gekennzeichnet ist. Neben der Baukonstruktion spielen Oberflächen-, Grundwasser und Boden eine elementare Rolle. Somit ist die Fokussierung auf die AG-AN-Beziehung und auf das Bauwerksmodell allein nicht zielführend.

BIM entfaltet das Potenzial einer mächtigen Digitalisierungsmethode, wenn es als Informationsmodell verstanden wird, bei dem die Modellierung der Informationen im Vordergrund steht. Dann besteht die Möglichkeit, bei Infrastrukturverwaltungen verbreitete und in laufende Prozesse integrierte IT-Systeme in einem transformativen Prozess zu einem ganzheitlichen Informationsmodell umzubauen.

3.2 Erhöhung der Betriebs- und Wartungssicherheit mit IoT-Sensorik

Vor dem Hintergrund langer Planungs-, Genehmigungs- und Ausführungszeiten wasserbaulicher Großanlagen stellen aktuell Überalterung und ein Investitionsstau große Herausforderungen für die WSV dar. Ziel der BAW ist es daher, ein nachhaltiges (digitales) Infrastruktur- resp. Erhaltungsmanagement zu entwickeln und in Betrieb zu nehmen. Das Managementsystem soll notwendige Unterhaltungs- oder Instandsetzungsmaßnahmen erkennen, bewerten und priorisieren. Dazu sind qualitativ hochwertige, aktuelle Daten, zielorientierte Aufbereitung sowie strukturierte und transparente Herangehensweise wesentliche Grundlagen.

Erforderliche Inhalte reichen von Grundlagen- und Zustandsdaten bis zu Kosten von Instandsetzungs- und Neubaumaßnahmen. Derzeit liegen unterschiedlichste, durch regelmäßige Inspektionen gewonnene Zustandsdaten von Verkehrswasserbauwerken flächendeckend in diversen Formaten vor. Ein angedachtes Zustandsprognose-Verfahren soll zukünftig auf Basis festgelegter Zustandskennzahlen ermöglichen, die Entwicklung des Bauwerkszustands abzuschätzen

sowie technische Eingreifzeitpunkte zu ermitteln. Zuverlässige Aussagen zu Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit verkehrswasserbaulicher Anlagen werden jedoch nur unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs realer, standortspezifischer Kennwerte möglich.

Aktuelle Informationen bezüglich Bauwerkseigenschaften und -einwirkungen liegen aber oft nur unzureichend oder unvollständig vor. Solche Informationen können mit neuer IoT-Sensorik und zugehöriger Datenfernübertragungstechnik nun einfacher erfasst und kommuniziert werden. Dies ermöglicht eine integrative Bearbeitung vielfältiger Aspekte wie bspw. Kurzzeit- oder Langzeitüberwachung, permanente automatische Messungen (24/7), online-Datenzugriff und automatischer Alarm, Erfassung – Auswertung – Visualisierung oder gar automatisierte, kontextabhängige Berechnungen und Messwertbeurteilungen. Mittels wirtschaftlich günstiger IoT-Sensoren können dabei etliche Methoden der konventionellen Bauwerksinspektion wie bspw. geotechnische Messungen und Geomonitoring, hydrometrische Messungen (Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, hydrostatischer und/oder hydrodynamische Drücke), Ingenieurvermessungen, Risserkennung oder gar zerstörungsfreie Messungen abgedeckt werden.

Auf Basis geeigneter IoT-Sensorik und fortlaufender in-situ-Datenerhebungen mit anschließender Datenanalyse können wichtige standort- bzw. bauwerksspezifische Zustandskennzahlen erstellt werden, die für Prognosemodelle eine höhere Qualität aufweisen, als die Verwendung „global geltender“ Kennzahlen. Die zentrale Erfassung ermöglicht zudem eine Auswertung mit Methoden des Maschinellen Lernens zur frühzeitigen Gefahren- und Risikobewertung.

Bei der Entwicklung einzusetzender IoT-Sensorik wird eine modulare Herangehensweise empfohlen. Die Auswahl des Sensors sowie der Übertragungseinheit muss in Abhängigkeit der Anforderungen an die Datenrate, Datenqualität und Datensicherheit durchgeführt werden. Die Übertragungseinheiten bestehen aus Micro-Controllern, welche – abgestimmt auf die Fernübertragungstechnik – die Signale der Sensoren verarbeiten und übertragen. An die Controller kann, je nach Anwendungsfall und Anforderungen, die gewünschte Sensorik angeschlossen werden. Die Auswahl der Fernübertragungstechnik ist im Wesentlichen von vorhandenen Infrastrukturen und Anforderungen an Batterielaufzeit und Datenrate abhängig. Im Bereich von verkehrswasserbaulichen Anlagen wird die Übertragung per LoRaWAN empfohlen, da diese Funktechnologie eine große Durchdringung und hohe Reichweite ermöglicht und über einen offenen Standard verfügt (*Mekki u.a. 2018*). Die Verwendung von Funkübertragungstechniken liefert im Vergleich zur kabelbasierten Lösung erhebliche Vorteile, da das Verlegen empfindlicher Kabel durch komplexe Bauwerke entfällt. Wird die geforderte Datenrate nicht von LoRaWAN unterstützt, ist eine Ergänzung des Monitoring-systems mit WLAN oder Zigbee möglich (*Khaleeq u.a. 2016*).

Prototypisch wurde in das Wasserbauliche Forschungslabor der TU Darmstadt eine Sensor- und Übertragungseinheit eingebaut. Die Sensoreinheit ist flexibel einsetzbar und kann über Batteriebetrieb autark Messung an Stellen ohne Stromversorgung durchführen. Die Sensorwerte werden zentral gespeichert und sind über ein Webinterface für zuständige Personen einsehbar. Dies demonstriert die kostengünstige und effiziente Einsetzbarkeit von IoT-Sensorik an verkehrswasserbaulichen Anlagen. Die eingesetzte Sensorik erfasst mittels Ultraschallsensor die Wasserganglinien in einem Versuchsaufbau vor einem Wehr. Eine Ergänzung weiterer Sensoren und Aktoren zur Steuerung von Anlagen ist ebenfalls möglich.

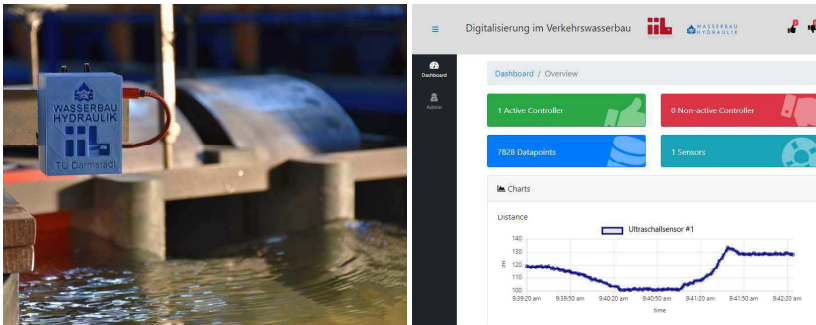


Abbildung 2: Links: Sensorpaket im Wasserbaulichen Forschungslabor der TU Darmstadt, Rechts: Webinterface zur Ansicht der aufgenommenen Wasserganglinie

3.3 Integration heterogener Fachdatenbestände mit Methoden des SW

Für den Verkehrswasserbau gibt es eine Vielzahl relevanter Daten und zugehöriger Verwaltungssysteme, über die Daten abgerufen werden können. So werden Bauwerksdaten über die Geometrien und Grunddaten für Planen und Bauen mit den IT-Systemen *Digitale Verwaltung technischer Unterlagen* (DVtU) und *Wasserstraßen Infrastruktur Daten* (WInD) verwaltet. Die Umgebungsdaten werden durch das GeoPortal.WSV bedient. Die geotechnischen Kennwertdatenbanken werden aktuell im BAW-Forschungsprojekt GeoValML (BAW, 2018) modernisiert. Neben diesen Daten sind bei der Initialisierung eines Investitionsprojektes Informationen zum Bauwerkszustand von Bedeutung; der Zustand beeinflusst die Entscheidung über die Maßnahme an einem Bauwerk. Die WSV setzt das Bauwerksinspektionsprogramm WSVPruf ein, das Bauwerksschäden während der Bauwerksinspektion dokumentiert und somit wichtige Werte zum Bauwerkszustand liefert. Alle genannten IT-Systeme werden aktuell im Kontext

der WSV mit dem Ziel überarbeitet, Redundanzen zu vermeiden bzw. zu reduzieren und als Systeme mit offenen, modernen Schnittstellen umzusetzen.

Es stellt sich zudem bei den vorhandenen Datenbeständen die Frage der Informationsgenerierung im Zuge des Informationsaustauschs. Durch die Vernetzung von Daten in bestehenden Systemen sollen bedarfsgerechte Informationen zu den jeweiligen Austauschforderungen bereitgestellt werden. Weitere Schritte zum Aufbau des skizzierten Informationsmodells (Kapitel 3.1) sind formale Beschreibungen sowie Verbindungen der Austauschforderungen durch maschinenlesbare Datenstandards. Die Dokumentenübermittlung bleibt jedoch unerlässlich. Eine Möglichkeit, die Lesbarkeit der Informationen zu verbessern, besteht darin, Metadaten zur Beschreibung der Dokumenteninhalte zu definieren. Je mehr Metadaten die Dokumente strukturieren, desto "intelligenter" werden die dazugehörigen Verwaltungssysteme. Durch SW Technologien können diese heterogenen Datenmengen zusammengeführt und mit geforderten Metadaten angereichert werden. Langfristig ist es erstrebenswert, die Daten ebenfalls im SW zu beschreiben. Durch die Möglichkeit, externe Dateien effizient in einen SW Kontext zu referenzieren, ist allerdings auch ein fließender Übergang in das SW denkbar.

Gebäude- und Bauwerksdaten können im SW beschrieben werden. Obwohl sich die meisten Entwicklungen auf Gebäude und nicht Infrastrukturobjekte beziehen (ifcOWL³, BOT⁴), erlauben ihre abstrakte und flexible Natur Anpassungen auf andere Domänen. Zudem gibt es Ansätze zur Abbildung von Geometrien (OMG⁵, FOG⁶), was auch für Verkehrswasserbauwerken relevant ist. Die Anwendung von SW an Infrastrukturprojekten wurde bereits demonstriert: *Beetz u.a. (2014)* haben die IFC mittels Ontologien um Kaimauern erweitert und *Beetz und Borrmann (2018)* Zusammenarbeit im SW am Beispiel von Straßennetzen diskutiert.

Neben der Überführung der Gebäudedaten ist die Zusammenführung heterogener Daten verteilter Datenquellen für den Verkehrswasserbau relevant. Dies können mehrere digitale Modelle unterschiedlicher Fachplaner (*Scherer und Schapke, 2011*) oder gar ganze Bauprojekte sein. Letzteres findet u.a. Anwendung in der COINS Projektplattform⁷, die mithilfe einer Metadaten-Ontologie heterogene Projektdaten zur semantischen Durchsuchung verbindet.

³ <http://openbimstandards.org/standards/ifcowl/>

⁴ <https://w3id.org/bot>

⁵ <https://w3id.org/omg>

⁶ <https://w3id.org/fog>

⁷ <http://www.coinsweb.nl/>

Weiterhin gibt es Ansätze zur Nutzung von Sensorbeschreibungen und -daten im SW, was für die Überwachung mit IoT-Sensorik Potential besitzt. Basis hierfür bilden die SOSA und SSN Ontologien (Haller u.a., 2018) sowie die DOG-ONT Systemarchitektur für SmartHome Sensorsysteme (Bonino, 2008). Die Applikation dieser Systeme kann bspw. in *Terkaj u.a. (2017)* betrachtet werden. Für hydrologische Sensoren wurde die SSN Ontologie von *Wang u.a. (2018)* erweitert.

4 Zusammenfassung

Im Zuge des Stufenplans des BMVI zur Einführung von BIM wird diese Methode auch in der WSV mit Pilotprojekten, begleitet durch die BAW, eingeführt. Neben der zu erfassenden geometrischen Komplexität der Bauwerke stellen die Erfassung der Zustände und die Einbindung bisheriger IT-Lösungen, die ergänzende Informationen zu BIM vorhalten, eine besondere Herausforderung dar. Im Beitrag wurde erläutert, wie diesen besonderen Herausforderungen mit einer vielversprechenden Kombination von BIM, IoT-Sensorik und Semantic Web im Sinne einer erfolgreichen integrativen Digitalisierung am Beispiel von Aufgaben im Verkehrswasserbau begegnet werden kann.

5 Literatur

- BAW (2018). GeoValML – Das interoperable Austauschformat für boden- und felsmechanische Kennwerte Aufbau und Betrieb einer geotechnischen Kennwertdatenbank. ForschungsXpress. www.baw.de.
- Beetz, J., & Borrmann, A. (2018): Benefits and Limitations of Linked Data Approaches for Road Modeling and Data Exchange. In *Advanced Computing Strategies for Engineering*, 245–261. DOI: 10.1007/978-3-319-91638-5_13
- Beetz, J., van den Braak, W., Botter, R., Zlatanova, S., de Laat, R. (2014): Interoperable data models for infrastructural artefacts – a novel IFC extension method using RDF vocabularies exemplified with quay wall structures for harbors. In *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, 135–140. CRC Press. DOI: 10.1201/b17396-26
- BMVI (2015). Stufenplan Digitales Planen und Bauen. www.bmvi.de.
- Bonino, D., Castellina, E., Corno, F. (2008): DOG: An Ontology-Powered OSGi Domotic Gateway. In *2008 20th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, 157–160. IEEE. DOI: 10.1109/ICTAI.2008.115
- DIN EN ISO 29481-1/2:2017/2016. Bauwerksinformationsmodelle – Handbuch der Informationslieferung - Teil 1: Methodik und Format. Deutsches Institut für Normung; Teil 2: Interaktionsframework. Deutsches Institut für Normung, Beuth-Verlag, Berlin.
- Haller, A., Janowicz, K., Cox, S.J.D., Lefrançois, M., Taylor, K., Le Phuoc, D., Lieberman, J., García-Castro, R., Atkinson, Rob Stadler, C. (2018): The modular

- SSN ontology: A joint W3C and OGC standard specifying the semantics of sensors, observations, sampling, and actuation. *Semantic Web*, 10(1), 9–32. DOI: 10.3233/SW-180320
- Khaleeq, H., Abou-Elnour, A., Tarique, M. (2016). A Reliable Wireless System for Water Quality Monitoring and Level Control. *Network Protocols and Algorithms* 8.
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., Meyer, F. (2018). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*.
- Scherer, R. J., & Schapke, S.-E. (2011): A distributed multi-model-based Management Information System for simulation and decision-making on construction projects. *Advanced Engineering Informatics*, 25(4), 582–599. DOI: 10.1016/j.aei.2011.08.007
- Steinhoff, C. (2016). Aktueller Begriff Industrie 4.0. *Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages*.
- Terkaj, W., Schneider, G.F., Pauwels, P. (2017): Reusing Domain Ontologies in Linked Building Data: the Case of Building Automation and Control. *The Joint Ontology Workshops*.

Autoren:

Dipl.-Ing. Jiuru Huang

Bundesanstalt für Wasserbau
Abteilung Bautechnik
Referat Infrastrukturmanagement
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Tel.: +49 721 9726-2530
E-Mail: jiuru.huang@baw.de

Tim Huyeng, M.Sc. (1)
Anna Wagner, M.Sc. (1)
Prof. Dr.-Ing. Boris Lehmann (2)
Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel (1)

Technische Universität Darmstadt
(1) Institut für Numerische Methoden und
Informatik im Bauwesen
(2) Institut für Wasserbau und Wasserwirt-
schaft
Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt

Tel.: +49 6151 16 -21331, -21165
E-Mail: huyeng@iib.tu-darmstadt.de, wagner@iib.tu-darmstadt.de,
B.Lehmann@wb.tu-darmstadt.de, ruempel@iib.tu-darmstadt.de