

---

# **BIM-Implementierung im Bundesfernstraßenbau**

## **Regelwerksanpassung an BIM**

---

Fachveröffentlichung der  
Bundesanstalt für  
Straßenwesen

---

# BIM-Implementierung im Bundesfernstraßenbau

## Regelwerksanpassung an BIM

---

von

Andreas Bach, Susanne Wienholz  
Schüßler-Plan Digital GmbH, Düsseldorf

Markus König, Sven Zentgraf  
Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bau- und  
Umweltingenieurwissenschaften, Lehrstuhl für  
Informatik im Bauwesen

---

## Impressum

Fachveröffentlichung zu Forschungsprojekt: 02.0463  
BIM-Implementierung im Bundesfernstraßenbau

Fachbetreuung:  
Iris Hindersmann, Jennifer Bednorz

Referat:  
Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung

Herausgeber:  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 – 0

DOI: <https://doi.org/10.60850/fv-b4>

Bergisch Gladbach, Dezember 2024

Zu diesem Forschungsprojekt werden nur die Kurzfassung und der Kurzbericht veröffentlicht. Die Langfassung des Schlussberichts kann auf Anfrage an [verlag@bast.de](mailto:verlag@bast.de) zur Verfügung gestellt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben. Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

## **Kurzfassung – Abstract**

### **BIM-Implementierung im Bundesfernstraßenbau Regelwerksanpassung an BIM**

Der BIM-Masterplan zielt darauf ab, bis zum Jahr 2025 eine flächendeckende Implementierung der Building Information Modelling (BIM) Technologie im Bundesfernstraßenbau zu erreichen. Besonders in der Planungsphase zeigt sich bereits eine umfassende Nutzung der BIM-Technologie. Diese Entwicklung wird unterstützt durch die Integration digitaler Modelle, die unter Berücksichtigung bestehender Normen und Richtlinien erstellt und ausgetauscht werden. Die Qualität und Richtlinienkonformität dieser Modelle können durch regelbasierte, teilautomatisierte Modellprüfungen sichergestellt werden. Diese Prüfungen würden die Projektumsetzung erheblich erleichtern und beschleunigen.

Ein zentraler Aspekt des Projekts ist die Transformation traditioneller Regelwerke in sogenannte Smart Standards. Diese digitalen Richtlinien, serialisiert als XML-Dokumente gemäß dem NISO Standard Tag Suite, ermöglichen eine effizientere Verwaltung, Weiterverarbeitung und Auswertung der Regelwerksinhalte. In einer Vorstudie wurden bestehende Regelwerke systematisch analysiert und bewertet, um ihre Eignung für eine Überführung in Smart Standards zu bestimmen. Zehn Regelwerke wurden auf das Autonomielevel 2 und zwei ausgewählte Regelwerke zusätzlich auf Level 4 angehoben, was ihre digitale Anwendbarkeit und Integration in bestehende Prüfwerkzeuge signifikant verbessert. Basierend auf den Projektergebnissen wird die Implementierung digitaler Regelwerke für den Straßen- und Ingenieurbau empfohlen. Für eine erfolgreiche Einführung der BIM-Technologie im Bundesfernstraßenbau sind spezifische Voraussetzungen notwendig. Dazu zählen die Bereitstellung der erforderlichen Infrastruktur, der Aufbau von Fachkompetenz zur Bewältigung technischer und organisatorischer Herausforderungen, die effektive Integration digitaler Regelwerke in bestehende Erstellungsprozesse und die Entwicklung einheitlicher Modellierungsrichtlinien für Konsistenz und Präzision in den Projekten. Diese Schritte sind entscheidend, um die Akzeptanz und dauerhafte Nutzung von BIM im Straßen- und Ingenieurbau zu sichern.

### **BIM implementation in federal highway construction Adaptation of regulations to BIM**

The BIM-Masterplan aims to achieve a comprehensive implementation of Building Information Modeling (BIM) technology in federal highway construction by the year 2025. Particularly in the planning phase, there is already extensive use of BIM technology. This development is supported by the integration of digital models created and exchanged in compliance with existing standards and guidelines. The quality and compliance of these models can be ensured through rule-based, semi-automated model checks. These checks would significantly facilitate and accelerate project implementation.

A central aspect of the project is the transformation of traditional regulations into so-called Smart Standards. These digital guidelines, serialized as XML documents according to the NISO Standard Tag Suite, enable more efficient management, further processing, and evaluation of regulatory content. In a preliminary study, existing regulations were systematically analyzed and evaluated to determine their suitability for conversion into Smart Standards. Ten regulations were elevated to autonomy level 2, and two selected regulations were additionally elevated to level 4, significantly improving their digital applicability and integration into existing validation tools. Based on the project results, the implementation of digital regulations for road and civil engineering is recommended. Specific prerequisites are necessary for the successful introduction of BIM technology in federal highway construction. These include the provision of the necessary infrastructure, the development of expertise to address technical and organizational challenges, the effective integration of digital regulations into existing creation processes, and the development of unified modeling guidelines for consistency and precision in projects. These steps are crucial to ensuring the acceptance and long-term use of BIM in road and civil engineering.

# Kurzbericht

## BIM-Implementierung im Bundesfernstraßenbau Regelwerksanpassung an BIM

### 1 Forschungsvorhaben

Der Masterplan BIM verfolgt die flächendeckende Implementierung von BIM im Bundesfernstraßenbau bis zum Jahr 2025. Aktuell wird BIM bereits in zahlreichen Projekten eingesetzt und wird in den nächsten Jahren sukzessive die vorherrschende Methode in den Bereichen Planung, Bauausführung und Betrieb von Infrastrukturbauwerken sein.

Diese Entwicklung wird unterstützt durch die Verwendung von digitalen Modellen, die unter Berücksichtigung bestehender Normen und Richtlinien erstellt und ausgetauscht werden. Die Qualität und Richtlinienkonformität der 3D-Modelle wird durch regelbasierte, teilautomatisierte Modellprüfungen sichergestellt. Diese Prüfungen erleichtern und beschleunigen die Projektumsetzung erheblich.

Die erfolgreiche Anwendung von BIM im Bundesfernstraßenbau basiert auf der kontinuierlichen Weiterentwicklung und Pflege von Austauschformaten und Softwareprogrammen. Diese Fortschritte ermöglichen es Organisationen wie der Autobahn GmbH, der DEGES und den Bauverwaltungen der Länder, BIM in einer Vielzahl von Projekten effizient einzusetzen. Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung solcher Projekte sind jedoch nicht nur technische Aspekte, sondern auch die Einhaltung bestehender Normen, Regelwerke und Richtlinien.

Trotz erheblicher Fortschritte im Bereich der BIM-Anwendung im Bundesfernstraßenbau besteht weiterhin die Herausforderung, dass unterschiedliche Prüfansätze für die Fachmodelle verwendet werden, was zu Inkonsistenzen und potenziellen Fehlern führen kann. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die bundesweit geregelten Regelwerke im Straßenbau bisher überwiegend in PDF-Form vorliegen und somit nicht direkt in digitale Modelle integriert oder zur Prüfung von Modellen werden können.

Um den Herausforderungen der Digitalisierung im Regelwerkbereich zu begegnen, ist die Überführung dieser Regelwerke in eine digitale und maschineninterpretierbare Form notwendig. Der DIN hat zu diesem Zweck die Initiative SMART Standards (IDiS) ins Leben gerufen. Die IDiS zielt darauf ab, digitale smarte Standards stufenweise zu etablieren. Diese Stufen entsprechen verschiedenen Autonomieebenen, die ein Regelwerk durchläuft, um zunehmend digitaler zu werden. Diese Ebenen erstrecken sich von Level 0, welches das traditionelle, papiergestützte Format darstellt, bis hin zu einem potenziellen Level 5, ein Zukunftsszenario, in dem die Normen direkt durch künstliche Intelligenz (KI) beeinflusst und optimiert werden könnten. Auf Level 2 findet die Transformation in maschinenlesbare NISO Standard Tag Suite (NISO-STs) konforme XML-Dokumente statt, wodurch die Regelwerke nahtlos in verschiedene Modellierungs- und Prüfprogramme integriert werden können. Dies fördert die Aktualität und Korrektheit der Regelwerkinhalte und vereinfacht die Prüfprozesse.

Das Forschungsprojekt FE 02.0463/2022/ARB befasst sich mit der Transformation traditioneller Regelwerke in eben solche Smart Standards. Diese digitalen Richtlinien, serialisiert als XML-Dokumente gemäß dem NISO-STs, ermöglichen eine effizientere Verwaltung, Weiterverarbeitung und Auswertung. In einer Vorstudie wurden bestehende Regelwerke systematisch analysiert und bewertet, um ihre Eignung für eine Überführung in Smart Standards zu bestimmen. Zehn Regelwerke wurden auf das Autonomielevel 2 und zwei ausgewählte Regelwerke zusätzlich auf Level 4 angehoben, was ihre digitale Anwendbarkeit und Integration in bestehende Prüfwerkzeuge signifikant verbessert. Dabei wurde eine einheitliche Notation berücksichtigt, die eine entsprechende Beziehung zur Klassifizierung der Objekte in den Modellen ermöglicht. Besonderes Augenmerk wurde auf die Integration der digitalen Regelwerke in Modellprüfwerkzeuge gelegt.

Ein zentraler Punkt, der dabei beachtet wurde, ist die Standardisierung bzw. Harmonisierung der BIM-Nutzung in Deutschland. Dies beinhaltet die Entwicklung von harmonisierten Begriffen, die sich beispielsweise am Objektkatalog BIM der Autobahn GmbH orientieren; Ausarbeitung von digitalen Richtlinien und Ableitung von automatisierten Prüfroutinen.

Die im Rahmen des Vorhabens erarbeiteten Standards werden zusätzlich in einem Rahmendokument zusammengefasst, welches als Handlungsanweisung fungiert. Dadurch wird eine begleitende Information für die Praxis zur Anwendung digitaler Regelwerke im Zuge der weiteren Implementierung von BIM im Bundesfernstraßenbau ermöglicht.

## 2 Umsetzung und Ergebnisse

Zu Beginn des Forschungsprojektes wurde eine Voruntersuchung durchgeführt, um herauszufinden, welche Regelwerke sich für eine Transformation auf das Autonomielevel 4 eignen, wo die Schwierigkeiten liegen und in welchen Fällen sich das Aufwand-Nutzen-Verhältnis lohnt. Die Nutzenabschätzung basierte dabei auf einer Bewertungsskala von eins bis fünf, wobei der Nutzen in Bezug auf die spezifischen Anwendungsbereiche und nicht universell bewertet wird. Dabei wurde besonders auf die Marktrelevanz und die Häufigkeit der Verwendung innerhalb bestimmter Fachbereiche wie Ingenieurbau und Straßenbau geachtet, wobei Regelwerke, die häufig genutzt und als relevant erachtet werden, höher eingestuft sind. Ein weiteres Kriterium ist die Ableitbarkeit von Prüfregeln und die daraus resultierende Automatisierbarkeit der Prüfprozesse, die wesentlich von der Klarheit und Struktur der Regelwerkinhalte abhängt.

Hierzu wurde für die Aufwandsschätzung auf die Länge der Regelwerke und im Speziellen auf die Menge von Texten, Tabellen, Abbildungen, Tafeln und Formblättern geachtet. Die Menge an Text im Regelwerk beeinflusst den Aufwand der Konvertierung. Je größer das Textvolumen ist, desto mehr Zeit und Ressourcen werden für die Umwandlung benötigt. Die Konvertierung von Tabellen und Abbildungen in Regelwerken ins digitale NISO-STS Format stellt eine Herausforderung dar, da ihre komplexe Struktur eine genaue und fehlerfreie Übertragung erfordert. Diese Elemente müssen sorgfältig analysiert werden, um eine effektive Digitalisierung zu gewährleisten, was die Umsetzung der enthaltenen Informationen in klare Regeln für BIM-Prozesse erschwert.

Neue Prozesse für die Entwicklung von Normen und Standards sind daher erforderlich, da bestehende textbasierte Ansätze nicht praktikabel sind und die manuelle Extraktion von Merkmalen und Expertenwissen zeitaufwändig und kostenintensiv ist.

Um die Effizienz von BIM-Prozessen im Straßenbau zu steigern, wurden zehn Regelwerke ausgewählt, die in NISO-STS-Dokumente überführt wurden. Regelwerke mit vielen Abbildungen wurden ausgeschlossen, da das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen bei der Konvertierung sehr hoch ist. Es wird empfohlen, dass Regelwerke für eine Überführung auf das Autonomielevel 2 überwiegend textbasiert sein sollten und Tabellen sparsam eingesetzt werden sollten, wobei Abbildungen die Lesbarkeit verbessern und deren Inhalt zusätzlich textlich beschrieben werden sollte.

Ein weiteres zentrales Ergebnis in der Weiterentwicklung der Regelwerke RStO und RE ING besteht in deren Transformation in maschineninterpretierbare Dokumente. Aus den Begriffen der Regelwerke wurden zunächst Substantivlisten erstellt, die mit dem bestehenden Objektkatalog BIM (BIM Deutschland, AdB, 2024) abgeglichen und optimiert wurden, wobei irrelevante Substantive entfernt, passende Begriffe hinzugefügt und gefundene Synonyme mit existierenden Begriffen im Katalog verknüpft wurden. Für die so bereinigte Begriffsliste wurden Globally Unique Identifiers (GUIDs) generiert und in die Regelwerke integriert. Hierzu wurde ein Konzept vorgestellt, mit dem die identifizierten Begriffe in Form von Merkmalsgruppen, Merkmalen konform zum NISO-STS in die digitalen Regelwerke integriert werden können. Die Integration erfolgt in Termsektionen, die am Ende jedes Kapitels angelegt werden, um die im Kapitel enthaltenen Begriffe als maschineninterpretierbare Definition zu hinterlegen. Die ebenfalls in diesen Begriffsdefinitionen hinterlegten GUIDs sorgen für eine eindeutige Identifizierbarkeit der Informationselemente über das Regelwerk hinaus und ermöglichen so eine Verwendung der Merkmale und Merkmalsgruppen in zum Beispiel Prüfregeln.

Anschließend wurde ein Konzept für die Strukturierung und Darstellung von Prüfregeln in einem NISO-STS konformen Regelwerk auf Autonomielevel 4 entwickelt. Die Prüfregeln werden in XML-Strukturen organisiert und ebenfalls in Termsektionen speziell für Prüfregeln integriert. Diese Prüfregeln werden speziell in Termsektionen für Prüfregeln integriert, die entweder am Ende der relevanten Kapitel oder in separaten

Dokumenten platziert werden. Innerhalb der XML-Struktur werden Prüfregeln und zugehörige Informationselemente detailliert beschrieben, einschließlich optionaler Verweise auf implementierte Prüfregeldateien und Listen, die relevante Objekte und Randbedingungen für die Prüfung definieren.

Um die langfristige Anwendbarkeit der digitalisierten Standards zu gewährleisten, wurde ein fortlaufendes Entwicklungs- und Überarbeitungskonzept für digitale Regelwerke auf Level 4 eingeführt. Dieses basiert auf den Managementregeln der DIN EN ISO 23386:2020 und umfasst Prozesse wie Anpassungen, Deaktivierungen, Neukonfigurationen und Zusammenführungen von Merkmalen. Zudem sieht das Konzept vor, dass nach jeder durchgeführten Aktualisierung die zugehörigen Prüfregeln des Regelwerks ebenfalls aktualisiert bzw. neu generiert werden, um sicherzustellen, dass die Normprüfung aktuelle und korrekte Neuerungen reflektiert.

Um die beispielhafte Anwendung digitaler Regelwerke im BIM-Prozess zu beleuchten, wurden verschiedene Softwareanwendungen, Aspekte der Integration und Nutzung betrachtet. Im Fokus standen dabei die Ableitung von praktisch anwendbaren Prüfroutrinen aus den beiden maschineninterpretierbaren Regelwerken, die Einbindung der digitalen Norm in den Prüfprozess, die Durchführung von Prüfregeln innerhalb von BIM-Modellen sowie die Auswertung der Prüfergebnisse.

Die „analogen“ PDF-Dokumente enthalten bereits die Prüfregelnanforderungen, die zur Erstellung von Prüfregeln und -routinen benötigt werden. Diese Anforderungen konnten direkt aus den Informationen des Fließtextes, der Tabellen oder der Abbildungen extrahiert werden. Die abgeleiteten Prüfregeln bestehen aus zwei Stufen: der formalen Prüfung, bei der die Semantik der im Regelwerksabschnitt enthaltenen Objekte und Merkmale überprüft wird (mittels IDS) und der fachlichen Prüfung, die den Textinhalt des Regelabschnitts untersucht. Diese fachliche Prüfung nutzt proprietäre Formate, wie zum Beispiel Open-BimRL, die speziell auf die Anforderungen der spezifischen fachlichen Prüfung des Abschnitts zugeschnitten sind.

Durch die Zuordnung von GUIDs zu den Objekten und Merkmalen innerhalb der digitalen Regelwerke wird eine systematische Verknüpfung zwischen den verschiedenen Elementen und den zugehörigen Prüfanforderungen hergestellt. Diese Struktur ermöglicht es, Informationen über die in einem bestimmten Textabschnitt beschriebenen Anforderungen gezielt abzurufen und für weitere Verarbeitungsschritte aufzubereiten. Im Forschungsvorhaben wurde dies exemplarisch anhand der Prüfung der Einhaltung der lichten Höhe (RE ING 2023) und der Prüfung eines Fahrbahnaufbaus (RStO 12) dargestellt. Damit konnte ein Einblick in die Potenziale und Herausforderungen digitaler Regelwerke bei der Durchführung von Prüfungen gegeben werden.

Für die Bereitstellung und Verwaltung der Regelwerke ist ein geeignetes Management erforderlich. Digitale Richtlinien müssen so verwaltet werden, dass eine Verbindung zwischen den aus den Regelwerksnotationen erstellten Prüfroutrinen und dem Regelwerk gewährleistet ist. Dadurch kann eine Aktualisierung der Richtlinien erfolgen und die Inhalte der Richtlinie mit dem Regelwerk in Beziehung gesetzt werden.

### **3 Fazit**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bundesweit einheitliche Umsetzung von BIM viele Chancen bietet, die Effizienz, Zusammenarbeit und Qualität von Straßenbauprojekten zu verbessern. Durch die Schaffung einheitlicher Standards, die Harmonisierung von bundesweit verwendeten Begriffen und Dokumenten, die Digitalisierung von Regelwerken und die kontinuierliche Weiterentwicklung der BIM-Methodik können die Vorteile von BIM genutzt werden, was langfristig zu einer nachhaltigen Transformation des Straßenbaus führen sollte.

Die Überführung heutiger Regelwerke in sogenannten Smart Standards auf Basis der NISO-STS eröffnet neue Möglichkeiten für deren Verwaltung und Anwendung. Durch die technische Umsetzung in XML-Formate werden die Regelwerke maschinenlesbar und somit leichter transformierbar. Dies ermöglicht die Erzeugung verschiedener Ausgabeformate wie HTML und PDFs aus dem digitalen Regelwerk heraus.

Zudem erleichtert die Transformation nicht nur die Extraktion und Aufbereitung von Prüfanforderungen, sondern schafft auch eine verbesserte Grundlage für die Integration und Verknüpfung von Regelwerksinformationen mit Softwareprodukten und anderen Anwendungen. Die Umstellung auf digitale Regelwerke trägt somit wesentlich zur Effizienzsteigerung und Vereinheitlichung im Bereich der Normung, Prüfung und des Regelwerksmanagements bei.

Die Erstellung digitaler Regelwerke kann sowohl abschließend als auch begleitend zur fachlichen Ausarbeitung erfolgen. Erste kommerzielle Lösungen für die integrale Erarbeitung solcher Regelwerke sind bereits verfügbar, wenngleich eine genaue Bewertung ihrer Eignung noch aussteht.

Durch die Analyse und Bewertung von digitalen Regelwerken im Straßenbau konnten bereits 8 Regelwerke erfolgreich in Level 2 überführt werden, während 2 weitere (RE ING sowie RStO) auf Level 4 angehoben wurden.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Vorgehensweise bei der Beschreibung von Begriffen und Prüfanforderungen innerhalb der Regelwerke sowie deren Integration in Prüfwerkzeuge gelegt. Dies unterstützt eine effizientere Nutzung und Anwendung digitaler Regelwerke in BIM-Prozessen.

Die Projektergebnisse betonen den Mehrwert digitaler Regelwerke für den Bundesfernstraßenbau und empfehlen deren Implementierung. Um diese Entwicklung erfolgreich voranzutreiben, sind bestimmte Voraussetzungen unabdingbar. Dazu gehören eine geeignete Infrastruktur, das Vorhandensein von Fachkompetenz sowie abgestimmte, harmonisierte und versionierte Inhalte. Die Integration der digitalen Regelwerke in die Prozesse der Regelwerkspflege und -erstellung ist ebenfalls von entscheidender Bedeutung und erfordert eine klare Modellierungsrichtlinie für die Modelle. Diese Schritte sind entscheidend, um die Akzeptanz und dauerhafte Nutzung von BIM im Bundesfernstraßenbau zu sichern.

# Summary

## BIM implementation in federal highway construction Adaptation of regulations to BIM

### 1 Research project

The BIM Masterplan aims to implement BIM across the board in federal highway construction by 2025. BIM is already being used in numerous projects and will gradually become the predominant method in the areas of planning, construction and operation of infrastructure structures over the next few years.

This development is supported by the use of digital models that are created and exchanged in accordance with existing standards and guidelines. The quality and compliance of the 3D models is ensured by rulebased, semi-automated model checks. These checks considerably facilitate and accelerate project realisation.

The successful use of BIM in federal highway construction is based on the continuous development and maintenance of exchange formats and software programmes. These advances enable organisations such as Autobahn GmbH, DEGES and the construction administrations of the federal states to use BIM efficiently in a large number of projects. However, it is not only technical aspects that are crucial for the successful implementation of such projects, but also compliance with existing standards, regulations and guidelines.

Despite considerable progress in the area of BIM application in federal highway construction, the challenge remains that different verification approaches are used for the specialised models, which can lead to inconsistencies and potential errors. This is partly due to the fact that the federally regulated rules and regulations for road construction have so far mainly been available in PDF form and therefore cannot be directly integrated into digital models or used to check models.

In order to meet the challenges of digitalisation in the area of regulations, it is necessary to convert these regulations into a digital and machine-interpretable form. DIN has launched the SMART Standards Initiative (IDiS) for this purpose. The IDiS aims to establish digital smart standards in stages. These levels correspond to different levels of autonomy that a set of rules goes through in order to become increasingly digital.

These levels range from Level 0, which represents the traditional, paper-based format, to a potential Level 5, a future scenario in which standards could be directly influenced and optimised by artificial intelligence (AI). At Level 2, the transformation into machine-readable NISO Standard Tag Suite (NISO-STS) compliant XML documents takes place, allowing the regulations to be seamlessly integrated into various modelling and testing programs. This promotes the up-to-dateness and correctness of the rules and regulations content and simplifies the testing processes.

The FE 02.0463/2022/ARB research project deals with the transformation of traditional sets of rules into smart standards. These digital guidelines, serialised as XML documents in accordance with the NISO STS, enable more efficient management, further processing and evaluation. In a preliminary study, existing sets of rules were systematically analysed and evaluated to determine their suitability for conversion into smart standards. Ten sets of rules were raised to autonomy level 2 and two selected sets of rules were also raised to level 4, which significantly improves their digital applicability and integration into existing testing tools. A standardised notation was taken into account, which enables a corresponding relationship to the classification of objects in the models. Particular attention was paid to the integration of the digital sets of rules into model checking tools.

A central point that was taken into account is the standardisation and harmonisation of BIM use in Germany.

This includes the development of harmonised terms, which are based on the BIM object catalogue of Autobahn GmbH, for example; the development of digital guidelines and the derivation of automated test routines.



The standards developed as part of the project will also be summarised in a framework document, which will act as an instruction manual. This will provide accompanying information for practitioners on the application of digital regulations in the course of the further implementation of BIM in federal highway construction.

## 2 Realisation and results

At the beginning of the research project, a preliminary investigation was carried out to find out which sets of rules are suitable for a transformation to autonomy level 4, where the difficulties lie and in which cases the cost-benefit ratio is worthwhile. The benefit assessment was based on a rating scale of one to five, whereby the benefit is assessed in relation to the specific areas of application and not universally. Particular attention was paid to market relevance and the frequency of use within certain specialist areas such as civil engineering and road construction, with regulations that are frequently used and considered relevant being rated higher. Another criterion is the derivability of inspection rules and the resulting ability to automate the inspection processes, which is largely dependent on the clarity and structure of the content of the regulations.

For this purpose, the length of the regulations and, in particular, the amount of text, tables, figures, tables and forms were taken into account when estimating the effort required. The amount of text in the set of rules influences the conversion effort. The larger the volume of text, the more time and resources are required for the conversion. Converting tables and figures in sets of rules into digital NISO-STS format is a challenge, as their complex structure requires accurate and error-free transfer. These elements must be carefully analysed to ensure effective digitisation, making it difficult to translate the information they contain into clear rules for BIM processes.

New processes for the development of norms and standards are therefore required, as existing text-based approaches are not practicable and the manual extraction of features and expert knowledge is time-consuming and cost-intensive.

In order to increase the efficiency of BIM processes in road construction, ten sets of rules were selected and converted into NISO STS documents. Sets of rules with many illustrations were excluded, as the cost-benefit ratio for conversion is very high. It is recommended that regulations for conversion to Autonomy Level 2 should be predominantly text-based and that tables should be used sparingly, with illustrations improving readability and their content also being described in text.

Another key result in the further development of the RStO and RE ING regulations is their transformation into machine-interpretable documents. Initially, lists of nouns were created from the terms of the rules and regulations, which were compared with the existing BIM object catalogue were compared and optimised, with irrelevant nouns removed, suitable terms added and synonyms found linked to existing terms in the catalogue. Globally Unique Identifiers (GUIDs) were generated for the list of terms thus optimised and integrated into the rules and regulations. For this purpose, a concept was presented with which the identified terms can be integrated into the digital sets of rules in the form of feature groups and features in accordance with the NISO STS. The integration takes place in term sections that are created at the end of each chapter in order to store the terms contained in the chapter as a machine-interpretable definition. The GUIDs, which are also stored in these term definitions, ensure that the information elements can be clearly identified beyond the set of rules and thus enable the characteristics and characteristic groups to be used in inspection rules, for example.

A concept was then developed for structuring and visualising test rules in a NISO-STS-compliant set of rules at autonomy level 4. The test rules are organised in XML structures and also integrated into term sections specifically for test rules. These check rules are specifically integrated into term sections for check rules, which are either placed at the end of the relevant chapters or in separate documents. Within the XML structure, check rules and associated information elements are described in detail, including optional references to implemented check rule files and lists that define relevant objects and constraints for the check.

To ensure the long-term applicability of the digitalised standards, an ongoing development and revision concept for digital regulations at level 4 was introduced. This is based on the management rules of DIN EN ISO 23386:2020 and includes processes such as adjustments, deactivations, reconfigurations and mergers

of features. The concept also stipulates that the associated test rules of the set of rules are also updated or regenerated after each update to ensure that the standard test reflects current and correct innovations.

Various software applications and aspects of integration and utilisation were examined in order to shed light on the exemplary application of digital rules and regulations in the BIM process. The focus was on the derivation of practically applicable inspection routines from the two machine-interpretable sets of rules, the integration of the digital standard into the inspection process, the implementation of inspection rules within BIM models and the evaluation of the inspection results.

The "analogue" PDF documents already contain the check rule requirements that are needed to create check rules and routines. These requirements could be extracted directly from the information in the body text, tables or figures. The derived checking rules consist of two stages: the formal check, in which the semantics of the objects and characteristics contained in the rule section are checked (using IDS), and the functional check, which examines the text content of the rule section. This technical check uses proprietary formats, such as OpenBimRL, which are specially tailored to the requirements of the specific technical check of the section.

By assigning GUIDs to the objects and features within the digital rules and regulations, a systematic link is established between the various elements and the associated test requirements. This structure makes it possible to retrieve specific information about the requirements described in a particular text section and prepare it for further processing steps. In the research project, this was exemplified by the testing of compliance with the clearance height (RE ING 2023) and the testing of a carriageway structure (RStO 12). This provided an insight into the potential and challenges of digital regulations when carrying out tests.

Appropriate management is required for the provision and administration of the rules and regulations. Digital guidelines must be managed in such a way that a connection between the test routines created from the rulebook notations and the rulebook is guaranteed. This allows the guidelines to be updated and the contents of the guideline to be related to the set of rules.

### **3 Conclusion**

In summary, it can be said that the nationwide standardised implementation of BIM offers many opportunities to improve the efficiency, collaboration and quality of road construction projects. By creating uniform standards, harmonising terms and documents used nationwide, digitising regulations and continuously developing the BIM methodology, the benefits of BIM can be exploited, which should lead to a sustainable transformation of road construction in the long term.

The conversion of current regulations into so-called smart standards based on the NISO-STS opens up new possibilities for their management and application. The technical implementation in XML formats makes the sets of rules machine-readable and therefore easier to transform. This makes it possible to generate various output formats such as HTML and PDFs from the digital set of rules.

In addition, the transformation not only facilitates the extraction and preparation of test requirements, but also creates an improved basis for the integration and linking of rules and regulations information with software products and other applications. The switch to digital regulations therefore makes a significant contribution to increasing efficiency and standardisation in the areas of standardisation, testing and regulations management.

The creation of digital rules and regulations can be finalised as well as accompanying the technical development. The first commercial solutions for the integral development of such regulations are already available, although a precise evaluation of their suitability is still pending.

By analysing and evaluating digital regulations in road construction, 8 regulations have already been successfully transferred to Level 2, while 2 others (RE ING and RStO) have been raised to Level 4.

Particular attention was paid to the procedure for describing terms and inspection requirements within the regulations and their integration into inspection tools. This supports the more efficient use and application of digital rules and regulations in BIM processes.

The project results emphasise the added value of digital regulations for federal highway construction and recommend their implementation. Certain prerequisites are essential in order to successfully drive this development forward. These include a suitable infrastructure, the availability of specialist expertise and coordinated, harmonised and versioned content. The integration of digital regulations into the processes for maintaining and creating regulations is also crucial and requires a clear modelling guideline for the models. These steps are crucial to ensure the acceptance and long-term use of BIM in federal highway construction.