



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

REGELWERKSANPASSUNG AN BIM

Praxisdokument
Version 1.0



BIM
BUNDES
FERN
STRASSEN

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Überblick über die Praxisdokumente | 2 |
| 1 Kurzfassung | 4 |
| 2 Einleitung | 5 |
| 3 Digitale Regelwerke | 6 |
| 3.1 Technische Grundlagen | 7 |
| 3.2 Relevante Standards im Kontext digitaler Normen | 8 |
| 3.3 Beispiele der Übertragung | 9 |
| 4 Modellprüfung anhand digitaler Regelwerke | 14 |
| 4.1 Motivation und Vorgehen | 14 |
| 4.2 Konzepte für die Einbindung in Prüftools | 16 |
| 4.3 Anwendungsbeispiele | 17 |
| 5 Verwaltung digitaler Regelwerke | 24 |
| 5.1 Vorgehen bei der Erstellung | 24 |
| 5.2 Verwaltung und Bereitstellung | 26 |
| 6 Zusammenfassung | 27 |
| 7 Abkürzungsverzeichnis | 29 |
| 8 Abbildungsverzeichnis | 30 |
| 9 Tabellenverzeichnis | 31 |
| 10 Literaturverzeichnis | 32 |

Überblick über die Praxisdokumente

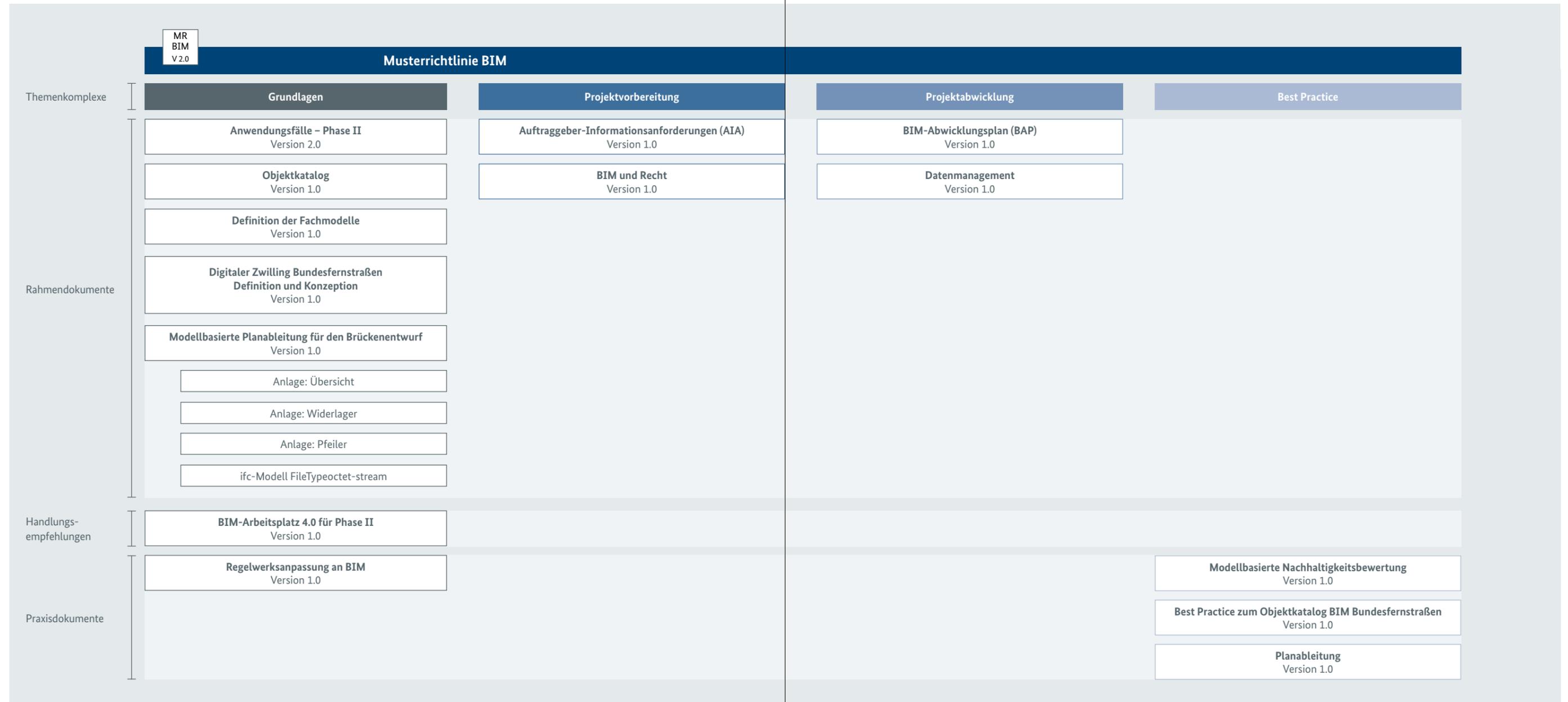
Das hier vorliegende Praxisdokument „Regelwerksanpassung an BIM“ ist Teil der Musterrichtlinie BIM (MR BIM).

Für die einheitliche Implementierung der digitalen Arbeitsmethode BIM wurden im Masterplan BIM Bundesfernstraßen des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) insgesamt fünf strategische Ziele benannt:

1. Wirtschaftlichkeit, Termin- und Kostenstabilität erhöhen,
2. Nachhaltigkeit optimieren,
3. Kommunikation durch erleichtertes Zusammenwirken verbessern,
4. herstellerneutrales, modellbasiertes und zentrales Datenmanagement einführen,
5. BIM-Implementierung harmonisieren und standardisieren.

Ergänzend zu den Rahmendokumenten stellen die Praxisdokumente mögliche Herangehensweisen zur Bearbeitung spezifischer Themen vor, die dazu beitragen können, alle fünf Ziele noch besser zu erreichen.

Wie bei den Rahmendokumenten ersetzt die Version 2.0 eines Praxisdokumentes die Inhalte der Version 1.0. Mit den neuen Dokumenten zu Beginn der Phase II steht somit eine neue Version der Musterrichtlinie BIM zur Verfügung. Am Ende werden ausgewählte Dokumente in die Musterrichtlinie BIM für den Regelprozess überführt. Die Version 2.0 der Musterrichtlinie BIM umfasst die in der Abbildung gezeigten Dokumente.



1 Kurzfassung

Die Überführung von Regelwerken in eine digitale Form zu sogenannten Smart Standards bietet weitreichende Möglichkeiten zur Digitalisierung der darin enthaltenen Inhalte und Anforderungen. Im Rahmen des Praxisdokuments werden die technischen und normativen Grundlagen sowie das Vorgehen bei der Regelwerkstransformation beschrieben. Zur Veranschaulichung des Vorgehens sind Beispiele zur Erstellung digitaler Regelwerke eingebunden. Aufbauend hierauf wird die Überführung der digitalen Regelwerke in modellbasierte Prüfprozesse dargestellt. Abschließend wird auf mögliche zukünftige Verfahren zum Regelwerksmanagement im Bundesfernstraßenbau eingegangen.

2 Einleitung

Die Erneuerung und der Ausbau der Infrastruktur in Deutschland sind aus gesellschaftlicher Sicht für den Lebens- und Wirtschaftsraum Deutschland unverzichtbar. Betrachtet man den Investitionsbedarf für den Neu- und Ausbau von Brücken und Straßen, so wird deutlich, dass vor dem Hintergrund des demografischen Wandels zukünftig mehr Infrastruktur mit deutlich weniger (personellen) Ressourcen geplant, gebaut und betrieben werden muss.

Dieser Tatsache soll zukünftig mit einer möglichst weitgehenden Digitalisierung der Planungs-, Bau- und Betriebsprozesse begegnet werden. Der Masterplan Bundesfernstraßenbau des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr trägt diesen Sachverhalt Rechnung und formuliert ein Vorgehen zur Einführung von Building Information Modeling (BIM) im Straßen- und Ingenieurbau (BMDV, 2021). Durch die innerhalb des Masterplans adressierten Maßnahmen soll BIM im Regelprozess eingeführt werden. Um die Modelle und Prozesse auch hinsichtlich Fragen der Konformität zu automatisieren, ist es wichtig, auch Vorgaben, die in einer Vielzahl von Richtlinien, Normen und Regelwerken niedergeschrieben sind, zu digitalisieren.

Derzeit liegen diese Standards nur in Textform vor. Die Umwandlung der in den Richtlinien und Normen formulierten Regeln in Smart Standards bietet weitreichende Möglichkeiten zur automatisierten (Modell-)Prüfung und zur vereinfachten Abfrage von Normanfragen. Momentan fehlen im Straßen- und Ingenieurbau digitale Normen und Verfahren zur Überführung der Inhalte in digitale Prüf- und Abfrageprozesse. Eine Richtlinienkonformität kann nur durch einen manuellen Abgleich eines Ergebnisses wie z. B. eines Modells, eines Plans oder eines Dokuments mit der Richtlinie erfolgen.

Um die Möglichkeiten der Digitalisierung auch im Bereich der Regelwerksprüfung zu nutzen, hat das Deutsche Institut für Normung (DIN) die Initiative Digitale Standards (IDiS) ins Leben gerufen. Ziel der IDiS ist es, stufenweise digitale Smart Standards zu etablieren. Die Inhalte der Standards sollen hierzu maschineninterpretierbar und nach einem einheitlichen Schema zur Verfügung gestellt werden. Dies verändert das Vorgehen zur Erstellung und Verwaltung von Normen und schafft darüber hinaus neue Möglichkeiten zur Nutzung der Inhalte.

Nachfolgend wird ein Überblick über die notwendigen Schritte und Vorgehensweisen zur Erstellung digitaler Regelwerke im Straßen- und Ingenieurbau in Kombination mit den Anforderungen von BIM gegeben. Technische und organisatorische Aspekte, welche die praktische Umsetzung beeinflussen, werden hierbei erläutert und anhand von Beispielen demonstriert.

3 Digitale Regelwerke

Regelwerke sind im Bauwesen ein wesentliches Instrument zur Festlegung von Anforderungen an die Planung, Ausführung und den Betrieb von Bauvorhaben. Sie stellen den aktuellen Stand der Technik dar und haben üblicherweise rechtsverbindlichen Charakter. In den letzten Jahren ist die Anzahl der Normen und Regelwerke und deren Inhalte stetig gestiegen. Dies hat zur Folge, dass weitaus umfassendere Randbedingungen und Anforderungen bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb der Infrastruktur zu berücksichtigen sind. Zeitgleich liegen die Inhalte in unterschiedlichen Regelwerken vor und sind meist nur in Textform dokumentiert. Folglich ist die Einbindung von Regelwerksinhalten in digitale Prozesse wie die Abfrage von Suchinhalten, die Beschreibung und Zusammenfassung von Zusammenhängen z. B. mittels KI oder die Ableitung von Prüfregeleln nicht möglich.

Dies soll durch eine Überführung der Regelwerke in digitale Form ermöglicht werden (DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; DKE Deutsche Kommission für Elektrotechnik, 2021). Hierfür ist es erforderlich, die Inhalte der Regelwerke nach einem einheitlichen Schema zu strukturieren und zu modellieren. Die National Information Standards Organization Standard Tag Suite (NISO-STS) stellt hierzu ein technisches Rahmenwerk zur Verfügung. Sie definiert die Abbildung des Regelwerks in XML (eXtensible Markup Language). Hierdurch können digitale Regelwerke nach einem einheitlichen Muster abgebildet und anschließend ausgewertet oder überführt werden. Das bedeutet, dass Modelle im BIM-Kontext automatisch und einheitlich auf Richtlinieneinhaltung geprüft werden können, indem digitale Regelwerke in Prüfprogrammen genutzt werden. Dadurch werden Aktualität und Korrektheit der Regelwerksinhalte gefördert und Prüfprozesse vereinfacht.

Zur Nutzung der digitalen Regelwerke zur Modellprüfung ist es entscheidend, semantische Informationen einheitlich zu klassifizieren, um eine Nutzung in der Prüfsoftware zu ermöglichen und Anforderungen direkt Bauteilen und Objekten zuweisen zu können. Maschineninterpretierbare Anforderungen und Standardisierungen innerhalb der Regelwerksinhalte können genutzt werden, um eine effiziente Datennutzung über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks zu gewährleisten, die Qualitätssicherung zu verbessern, Planungs- und Bauprozesse zu optimieren und Kosten zu sparen, indem sie mit einem Geometriemodell im offenen IFC-Standard (Industry Foundation Classes) verknüpft und daraus Prüfroutinen abgeleitet werden.

Bild 1: Prozesse bei der Nutzung und Erstellung von maschineninterpretierbaren Regelwerken

3.1 Technische Grundlagen

Die IDiS des DIN e.V. fördert die Einführung digitaler Standards, die für Normungs- und Standardisierungsaufgaben geeignet sind und sowohl von Menschen als auch von Maschinen genutzt werden können. Dafür wurden verschiedene Szenarien zur Reife, Lesbarkeit und Anwendbarkeit digitaler Normen beschrieben (DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; DKE Deutsche Kommission für Elektrotechnik, 2021):

- **Level 0:** Papierformat, nicht maschinenlesbar.
- **Level 1:** digitales Dokument (z. B. DOC, PDF), eingeschränkt maschinenlesbar.
- **Level 2:** maschinenlesbares Dokument (z. B. XML), mit erfassbarer Struktur und granularem Inhalt.
- **Level 3:** maschinenlesbarer und ausführbarer Inhalt, mit semantischen Informationen auf Inhaltsebene.
- **Level 4:** maschinenlesbare und interpretierbare Inhalte, mit verknüpften semantischen Informationen zur Abbildung von Beziehungen und Anforderungen.
- **Level 5:** maschinensteuerbare Inhalte, die automatisch angepasst und veröffentlicht werden können.

Diese Level entsprechen verschiedenen Autonomieebenen, die ein Regelwerk durchläuft, um zunehmend digitaler zu werden. Die Stufen reichen von Level 0, dem traditionellen, papierbasierten Format, bis hin zu einem möglichen Level 5, einem Zukunftsszenario, in dem Standards direkt durch Künstliche Intelligenz (KI) beeinflusst und optimiert werden könnten. Für die automatisierte Prüfung von Bauwerksinformationsmodellen sind digitale Standards ab Level 3 erforderlich, damit sie von Menschen und Maschinen interpretiert und angewendet werden können. Im Mittelpunkt der Erstellung von maschineninterpretierbaren Regelwerken steht die XML.

Die XML ist eine Auszeichnungssprache, die strukturierte Texte und Daten in einem für Menschen und Maschinen lesbaren Format strukturiert, speichert und transportiert. Sie ist plattformunabhängig und ermöglicht die Verwendung über verschiedene Systeme hinweg. Zu den Hauptvorteilen gehören die Plattformunabhängigkeit, die Erweiterbarkeit, die Mensch- und Maschinenlesbarkeit sowie die Unterstützung von Mehrsprachigkeit und internationaler Standardisierung. Diese Eigenschaften fördern die Kompatibilität und Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen (W3Schools, 2023).

Für die Erstellung eines maschineninterpretierbaren XML-Dokuments ist es wichtig, eine einheitliche Datengrundlage zu schaffen, in welcher die wichtigsten Begrifflichkeiten und Definitionen der Regelwerke als Merkmalsgruppen und Merkmale erfasst werden.

Im Anschluss an die Erfassung der Merkmale und Merkmalsgruppen und der zugehörigen Beziehung kann der Export in das DIN-EN-23386-konforme XML-Format erfolgen. Für die Verwendung im Regelwerk muss für jedes erfasste Merkmal und jede Merkmalsgruppe eine global eindeutige ID (Globally Unique Identifier, GUID) erzeugt werden, die für die Annotation innerhalb des NISO-STS-Dokuments relevant ist und sicherstellt, dass die klassifizierten Begriffe eindeutig identifizierbar sind. Die Speicherung der erstellten Merkmale und Merkmalsgruppen in einer Datenbank beendet die Erstellung der Datengrundlage.

Nach der Erstellung der Datengrundlage gemäß DIN EN ISO 23386 müssen die gewonnenen Informationen in das NISO-STS-Dokument integriert werden. Die GUIDs der Merkmale und Merkmalsgruppen werden im nächsten Schritt mit allen zugehörigen Begriffen innerhalb der Norm verknüpft, um eine eindeutige Nachverfolgung zu ermöglichen. Jedes Merkmal und jede Merkmalsgruppe erhält neben der GUID auch eine Definition und weitere Metadaten. Diese Annotation gewährleistet eine klare und präzise Beschreibung jedes Begriffs, was die einheitliche Verwendung während der Regelprüfung erleichtert.

In jedem Kapitel des Regelwerks wird eine sogenannte Termsektion (XML-Tag <term-sec>) eingefügt, in der alle erfassten Begriffe als Merkmale und Merkmalsgruppen definiert werden. Diese Termsektionen werden durch das Attribut sec-type gekennzeichnet: „IR“ für Informationsanforderungen (Merkmale und Merkmalsgruppen) und „VR“ für Prüfregeln.

Durch die hinzugefügte Annotation und einheitlich festgelegte Strukturierung des Dokuments kann der Überarbeitungsprozess gestaltet werden. Änderungen an Textpassagen und Definitionen können direkt im Standard in Verbindung mit den entsprechenden Merkmalen und Merkmalsgruppen vorgenommen und versioniert werden. Dadurch ist es möglich, nach Abschluss der Überarbeitung nur die Informationen über die veränderten Merkmale und Merkmalsgruppen an das Merkmalsmanagementsystem weiterzugeben.

Die Änderungen können teilautomatisiert oder direkt aus dem strukturierten XML-Dokument ausgelesen, in eine Merkmalsdatenbank eingelesen und in den betroffenen Prüfregeln angepasst werden.

3.2 Relevante Standards im Kontext digitaler Normen

Die Einführung digitaler Regelwerke im Bauwesen erfordert eine präzise und einheitliche Strukturierung von Informationen. Dies wird durch verschiedene nationale und internationale Standards unterstützt, die für die Erstellung von Smart Standards unerlässlich sind.

Die NISO-STS definiert Tags für Textelemente wie Überschriften, Absätze, Listen, Formeln und Tabellen, wodurch eine einheitliche Strukturierung und Interoperabilität zwischen verschiedenen Plattformen und Systemen ermöglicht wird. Ein wesentlicher Vorteil der STS ist ihre Erweiterbarkeit und Anpassbarkeit, wodurch sie für spezifische Anforderungen genutzt werden kann. Mit dieser Strukturierung können Volltextinhalte und Metadaten effizient publiziert und ausgetauscht werden. Dies verbessert die automatische Indexierung, Durchsuchbarkeit und algorithmische Extraktion von Informationen, was die digitale Verarbeitung und Analyse von Normeninhalten unterstützt. Insgesamt optimiert die NISO-STS die Prozesse von Normungsorganisationen und fördert die Kompatibilität zwischen verschiedenen Systemen.

Von großer Bedeutung sind auch die Standards, die den Informationsbedarf im Bauwesen beschreiben. Diese Standards definieren Vorgaben für Bauteile, Materialien, Geräte, Standards und Codes. Die DIN EN ISO 23386:2020 bietet Richtlinien zur Beschreibung, Erstellung und Pflege von Merkmalen in verknüpften Datenkatalogen, um einen qualitätsgesicherten Informationsaustausch in BIM-Prozessen zu gewährleisten. Diese Norm legt Definitionen und Managementregeln fest, um einen fehlerarmen Austausch zwischen Datenkatalogen und digitalen Werkzeugen sicherzustellen. Eine zentrale Aufgabe dieser Norm ist die Verknüpfung ähnlicher Merkmale in unabhängigen Datenkatalogen, um Unklarheiten und Duplikate zu vermeiden. Dies erfolgt nur, wenn die Definitionen übereinstimmen, um die Übersichtlichkeit und Effizienz bei der Datenpflege zu verbessern.

Die digital aufbereiteten Merkmale dienen zur systematischen Erstellung von Informationsanforderungen. Die DIN EN 17412-1:2020 standardisiert die Bestimmung des Informationsbedarfs mithilfe dieser Merkmale und legt die Grundlage für die Bestimmung der Informationsbedarfstiefe fest. Die Anwendung dieser Normen verbessert die Kommunikation und den Datenaustausch im Bauwesen, steigert die Effizienz und minimiert Fehler durch Fehlinterpretationen. Einheitliche Merkmale und Datenstrukturen ermöglichen eine präzise Erfassung, Verwaltung und Nutzung von Informationen während des gesamten Bauprozesses.

Eine weitere bedeutende Quelle für die Erstellung einer Datengrundlage ist der Objektkatalog BIM, der mit dem Ziel erstellt wurde, einen einheitlichen Begriffsstandard im Infrastrukturbau zu schaffen (BIM Deutschland, Autobahn GmbH des Bundes, 2024). Er ist so aufgebaut, dass alle Objekte unabhängig von der Fachdisziplin eindeutig klassifiziert werden können. Der Grundgedanke des objektorientierten Ansatzes ist, dass Objekte und Elemente in verschiedenen Fachdisziplinen vorkommen können. Sie können daher von allen Fachdisziplinen nach einer einheitlichen Sichtweise identifiziert und anschließend individuell bewertet und analysiert werden. Die alphanumerischen Daten, die in den Modellen durch Merkmale hinterlegt sind, werden im Objektkatalog in Merkmalsgruppen definiert und strukturiert. Diese Gruppen organisieren die Modelldaten, erleichtern die Auswertung der Informationen und sichern die Qualität. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Klassifizierungsinformationen gelegt, da auf diesen der weitere Informationsgehalt aufbaut. Diese Abhängigkeit bedeutet, dass aus der Identifikation eines Objektes die weiteren erforderlichen alphanumerischen Daten abgeleitet werden. Beispielsweise sind für Stahlbetonbauteile andere Informationen zum Stahlgehalt relevant als für Bauteile ohne Bewehrung.

Durch die Anwendung dieser Standards wird eine durchgängige, einheitliche und konsistente Nutzung von BIM im Bauwesen ermöglicht. Sie fördern die Interoperabilität und Effizienz, indem sie eine einheitliche Strukturierung von Informationen sicherstellen. Dies ist ein wesentlicher Schritt zur Schaffung eines harmonisierten und effizienten digitalen Bauwesens.

3.3 Beispiele der Übertragung

Im Folgenden werden einige Beispiele für die Erstellung eines maschinenlesbaren XML-Dokuments (Autonomielevel 2) im NISO-STS-Standard dargestellt. Hierbei werden verschiedene Aspekte behandelt, darunter die Auswahl der geeigneten XML-Version, die Anwendung einer Document Type Definition (DTD) und die Einbindung eines Stylesheets zur Formatierung.

Ein NISO-STS-konformes Regelwerk gliedert sich typischerweise in drei Hauptbereiche: die Titelseite inklusive einleitender Textteile (<front>-Tag), den Hauptteil (<body>-Tag) und eventuelle ergänzende Anhänge.

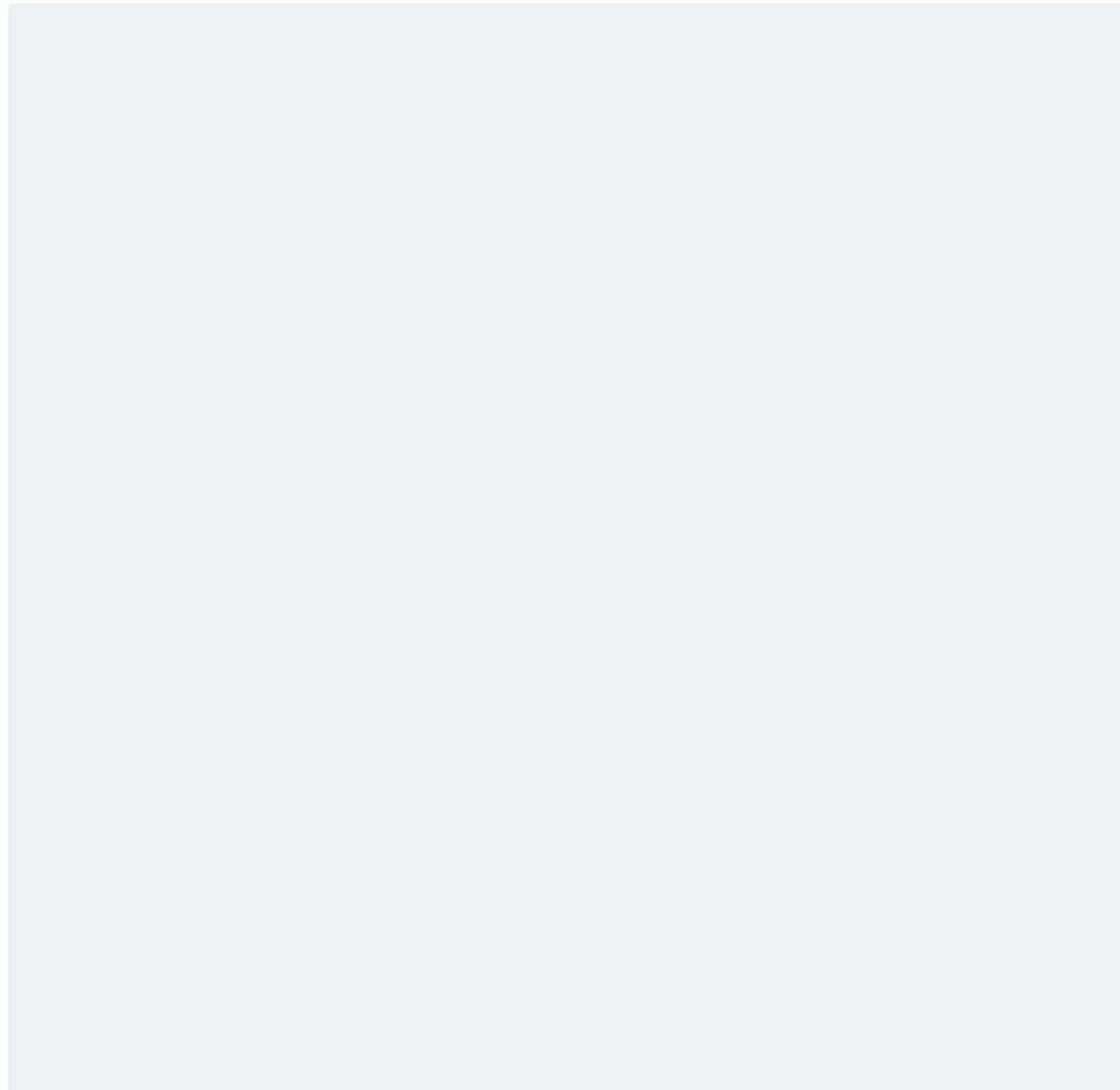


Bild 2: RE-ING-Titelseite im NISO-STS-XML

Bild 3: Legende für NISO-STS-XML

Dokumentdefinition und Deckblatterstellung

Der erste Teil des Dokuments erfasst wesentliche Metadaten wie Titel, Urheber und Veröffentlichungsdaten, was für eine klare Identifikation und Klassifizierung des Dokuments sorgt (Bild 3).

Konvertierung des Hauptteils

Der Hauptteil des Regelwerks beinhaltet den Kerninhalt und wird durch Elemente wie Sektionen und Paragraphen strukturiert. Zusätzliche Elemente für Bilder und mathematische Formeln ermöglichen es, komplexere Inhalte effektiv zu integrieren und darzustellen.

- **Kapitel** werden durch `<sec>` (für „section“) dargestellt. Jedes Kapitel innerhalb eines Abschnitts wird so eindeutig identifiziert.
- **Absätze** werden durch Paragraphen strukturiert, welche durch das `<p>`-Element realisiert werden.
- **Abbildungen** erhalten den Tag `<fig>` (für „figure“). Diese Kennzeichnung ermöglicht es, visuelle Inhalte wie Diagramme, schematische Zeichnungen oder Fotos im Text exakt zu lokalisieren.
- **Tabellen** werden durch `<table>` gekennzeichnet.
- **Listen** werden als `<list>`-Element dargestellt.
- **Formeln** werden durch das `<disp-formula>`-Element ausgedrückt, welches sowohl die tatsächlichen Zeichen, die eine Gleichung oder Formel bilden, als auch Grafiken enthalten kann, die die Formel darstellen. Die Mathematik innerhalb der Formel kann auf verschiedene Weisen ausgedrückt werden: entweder als ASCII-Zeichen oder durch Verwendung von MathML-, TeX- oder LaTeX-Ausdrücken.

Ein systematischer Ansatz zur weiteren Organisation der Struktur und des Inhalts der digitalen Regelwerke wird durch ein ID-Vergabekonzept erreicht. Jedes Element im Dokument, wie Teile, Abschnitte, Kapitel, Anhänge, Abbildungen, Tabellen, Formblätter oder Tafeln, erhält eine – im Dokument – eindeutige Identifikationsnummer (ID), die dessen Art und Position klar definiert. Die hierarchische Position jedes Elements wird durch die ID-Struktur widerspiegelt, was eine intuitive Navigation ermöglicht. Dieses Konzept erleichtert das schnelle Auffinden und Referenzieren von Inhalten und verbessert somit die Effizienz und Zugänglichkeit der Dokumentinhalte.

Anhang

Der letzte Bereich des Regelwerks umfasst Anhänge und unterstützendes Material, das nicht zum Hauptinhalt zählt, und wird durch Elemente wie `<app-group>` und `<app>` strukturiert, um eine klare Trennung von ergänzenden Informationen zu gewährleisten.

Einpflegen von Informationselementen

Das Einpflegen von Informationselementen in ein Regelwerk erfolgt über Termsektionen, die am Ende jedes textführenden Kapitels definiert werden. In diesen Sektionen mit dem `sec-type="IR"` werden die Informationselemente aufgelistet, die im jeweiligen Kapitel erstmals erwähnt werden.

Es ist wichtig, fallabhängig zu entscheiden, ob eine Termsektion für jedes Hauptkapitel (z. B. Kapitel 1, Kapitel 2) oder für jedes Unterkapitel (z. B. Kapitel 1.1, 1.2) erstellt wird, basierend auf der Art und Menge der behandelten Informationselemente. Diese Vorgehensweise stellt sicher, dass die Struktur des Regelwerks sowohl den inhaltlichen Anforderungen gerecht wird als auch benutzerfreundlich bleibt. Eine Termsektion kann beliebig viele Termdefinitionen enthalten.

Das in Bild 4 dargestellte Beispiel einer Termsektion in einem NISO-STS-konformen Regelwerk zeigt die Definition eines Merkmals innerhalb eines `<tbx:termEntry>`-Elements. Diese Elemente beschreiben Begriffe und Sachverhalte gemäß den NISO-STS-Standards. Jeder Eintrag erhält eine GUID, die gemäß Request for Comments (RFC) 4122 generiert wird, um eine eindeutige Identifikation zu gewährleisten. RFC 4122 ist ein Standard für die Erstellung eindeutiger Identifikatoren, die in Softwareanwendungen weit verbreitet sind. Eine GUID nach diesem Standard ist eine 128-Bit-Zahl, die in einer spezifischen Struktur formatiert wird. Diese Struktur besteht aus fünf Gruppen von alphanumerischen Zeichen, üblicherweise in der Form 8-4-4-4-12 dargestellt.

Durch ein `<index-term>`-Element wird angegeben, ob es sich um ein Merkmal (`specific-use="property"`) oder eine Merkmalsgruppe (`specific-use="propertyGroup"`) handelt. Diese Unterscheidung hilft bei der späteren Verarbeitung des digitalen Standards.

Innerhalb von `<tbx:langSet>`-Elementen, die nach Sprache differenziert werden (z. B. `xml="de"` für Deutsch), können detaillierte Angaben zum Informationselement hinterlegt werden. Das `<tbx:definition>`-Element enthält die Definition des Informationselements, während `<tbx:tig>`-Elemente (Term Information Group) verschiedene Beschreibungen wie bevorzugte Ausdrücke (`preferredTerm`) oder akzeptierte Synonyme (`admittedTerm`) oder sogar IFC-Properties und ihre Ausprägungen ermöglichen.

Mehrere `<tbx:langSet>`-Elemente ermöglichen die mehrsprachige Nutzung der Informationselemente im Regelwerk. Diese Struktur stellt nicht nur eine präzise Definition und Beschreibung der Informationselemente sicher, sondern auch deren Anwendbarkeit in einem multilingualen Kontext.

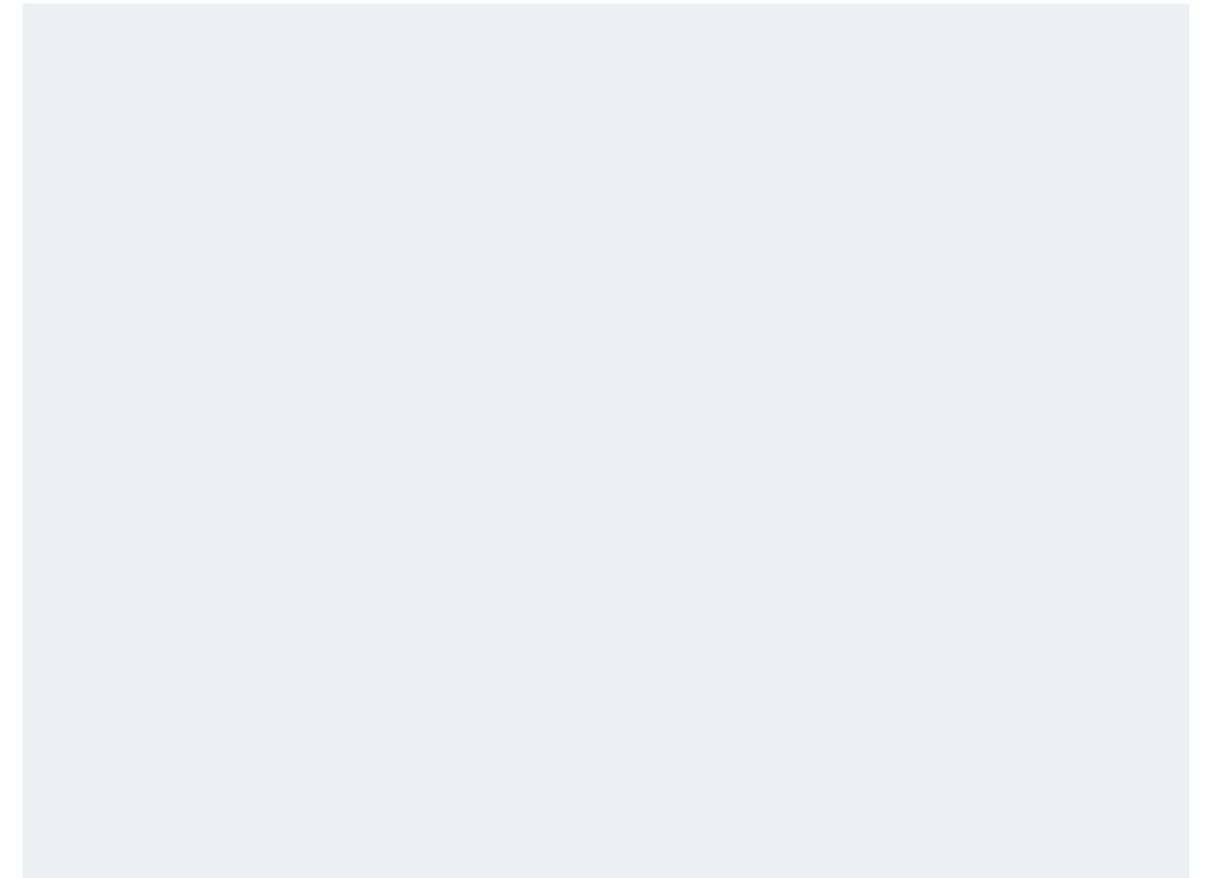


Bild 4: Informationsanforderungen in der XML-Struktur

Das resultierende Enddokument kann mithilfe von eXtensible Stylesheet Language Transformation (XSLT) beliebig gestaltet und in andere Dateiformate transformiert werden. Schriftarten, Farben, Seitenlayout, Tabellendesign, Bildformate und Listenaufbau können über CSS-Vorgaben definiert werden. Bei der Transformation in HTML ermöglicht dies die Modifikation des XML-Dokuments und seiner Tags, um ein ansprechendes und funktionales Layout zu erstellen.

4 Modellprüfung anhand digitaler Regelwerke

Im Folgenden wird ein Konzept vorgestellt, wie Regelwerke, die aktuell Autonomieeigenschaften des Levels 2 aufweisen, in ein maschineninterpretierbares Regelwerk transformiert werden können, um sie in Prüfertools einspeisen zu können.

Besonders relevant hierfür ist die Definition und maschinenverarbeitbare Aufbereitung von Objektgruppen, -klassen und -typen (Merkmalsgruppen nach DIN EN ISO 23386) im Regelwerk. Hierbei geht es nicht nur um die bloße Annotation, sondern auch um die Darstellung der Eigenschaftswerte (Enumerationen, Grenzwerte u. Ä.), um die im Level 4 geforderten Autonomieeigenschaften zu gewährleisten. Darüber hinaus ist die Erfassung und Einbindung der Beziehungsstrukturen zwischen verschiedenen Elementen des Regelwerks relevant. Dieser Aspekt ist entscheidend, um die vielschichtigen Verknüpfungen und Abhängigkeiten abzubilden. Abschließend wird betrachtet, wie die Beschreibung von Prüfregeln innerhalb des Level-4-Regelwerks umgesetzt werden kann.

4.1 Motivation und Vorgehen

Angesichts des demografischen Wandels und der Notwendigkeit, mehr Infrastruktur mit weniger Personal zu planen, zu bauen und zu betreiben, ist eine weitreichende Digitalisierung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen unerlässlich. Insbesondere im Straßen- und Ingenieurbau werden Arbeitsprozesse zunehmend durch digitale, modellgestützte Prozesse wie BIM unterstützt und optimiert.

Die BIM-Methodik sieht vor, dass digitale Modelle während des gesamten Lebenszyklus des modellierten Bauwerks konsequent eingesetzt werden. Dieses Ziel wird gewährleistet, indem neben der Geometrie der Modellobjekte sämtliche relevanten semantischen Informationen, einschließlich der jeweiligen Beziehungen zwischen den Bauteilen selbst, in den Fachmodellen gespeichert werden. Diese Daten werden im IFC-Format durch eine breite Palette von Objektklassen, Objekttypen, Strukturen und Beschreibungen von geometrischen Bedingungen dokumentiert. (Preidel, 2020)

Diese IFC-Modelle müssen auf Plausibilität, Fehler, Inkonsistenzen oder Auslassungen überprüft werden. Im Zuge dessen werden die Vollständigkeit und Genauigkeit nachgewiesen und sichergestellt, dass die Modelle den Standards und Anforderungen gerecht werden. Falls Kollisionen oder andere Inkonsistenzen auftreten, müssen sie von den einzelnen Planenden gelöst werden.

Die Automatisierung der regelbasierten Prüfungen erfolgt über Softwareprodukte oder andere digitale Prüfwerkzeuge. Durch die Implementierung von Smart Standards kann der Automatisierungsgrad der regelbasierten Prüfung erheblich gesteigert werden. Dies wird erreicht, indem DIN-Normen oder andere Regelwerke maschinenlesbare oder maschineninterpretierbare Inhalte enthalten, die eine automatische Aktualisierung von Prüfregeln bei Änderungen ermöglichen. Das bietet einen entscheidenden Mehrwert für den Planungs- und Ausführungsprozess.

Durch modellkompatible Prüfregeln wird die Effizienz, Genauigkeit und Konsistenz der Regelprüfung verbessert. Die maschinenlesbare Darstellung der Regeln reduziert manuelle Prüfschritte und minimiert Fehlerquellen, was zu einer zuverlässigeren und effektiveren Prüfung führt.

Standardisierte, offene Formate (OpenBIM) und harmonisierte Begriffe spielen hierbei eine entscheidende Rolle. Sie verbessern die Interoperabilität zwischen verschiedenen Softwareanwendungen und Datenkatalogen und ermöglichen einen reibungslosen Informationsaustausch. Dadurch können Bauherren, Planende, Bauunternehmen und Facility-Management effizienter zusammenarbeiten und von den Vorteilen einer ganzheitlichen Datennutzung im Bauwesen profitieren (Borrmann et al., 2021).

Im Bauwesen werden Regelsprachen eingesetzt, die es ermöglichen, die Prüfungen formal zu beschreiben und mithilfe von Software auf die Modelle anzuwenden. Diese Software besteht aus einem Regelinterpreter, der die Regeln ausliest und versteht, sowie einem Parser bzw. einer Engine, die diese Regeln systematisch auf die Modellstrukturen übersetzen, anwenden und validieren.

Zur besseren Unterteilung der Prüfungen kann zwischen formalen und fachlichen Prüfungen unterschieden werden (Bild 5).

Formale Prüfung

Durch die formale Prüfung wird das ordnungsgemäße Integrieren der Merkmale und der Merkmalsausprägungen in ein Modell gemäß geltender Norm verstanden. Dabei werden Informationen anhand von Kategorien und vorhandenen Eigenschaften analysiert, um zu kontrollieren, ob sie im Modell vorhanden sind und die richtigen Ausprägungen aufweisen. Es erfolgt jedoch keine zwingende Überprüfung der Korrektheit der einzelnen Werte, sondern lediglich deren Klassifizierung und Vorhandensein gemäß den Normvorgaben. Für die Prüfung werden ausschließlich relevante Informationen verarbeitet, die entweder direkt den Objekten zugeordnet sind oder über Verbindungen aus den verknüpften Eigenschaften abgeleitet werden. Hierbei können auch Kenngrößen berücksichtigt werden, die automatisch aus der Planung auf Grundlage der Objektgeometrien ermittelt werden.

Fachliche Prüfung

Bei der fachlichen Prüfung wird überprüft, ob die bereitgestellten Informationen des vorliegenden Modells vollständig sind und ob sie den fachlichen Vorgaben aus Normen und Richtlinien entsprechen. Dies geschieht durch eine algorithmische Kontrolle. In der Regel umfasst die fachliche Prüfung eine komplexe Abfolge von Berechnungen, welche auch die Verarbeitung der geometrischen Daten beinhaltet, wie beispielsweise das Bestimmen von Schnittflächen, Abmessungen und der relativen Position der Objekte in Abhängigkeit des Projektnullpunkts. Die fachliche Prüfung erfordert daher meistens eine umfangreiche Verarbeitung von Modellinformationen und kann auch Dokumente wie bestehende Bauwerke oder Planungsgrenzen umfassen.

Bild 5: Aufbau einer Prüfregel

4.2 Konzepte für die Einbindung in Prüftools

Die „analogen“ PDF-Dokumente enthalten bereits die Prüfregelanforderungen, die zur Erstellung von Prüfregeln und -routinen benötigt werden. Diese Anforderungen können direkt aus den Informationen des Fließtextes, der Tabellen oder der Abbildungen extrahiert werden.

Die Prüfregel innerhalb einer XML-Struktur wird ähnlich wie die Informationselemente organisiert, um eine detaillierte Definition und Verwaltung zu ermöglichen. Diese Struktur beschreibt die Einzelheiten und Einsatzbereiche der Prüfregel.

Die Prüfregeln im Level-4-Regelwerk werden innerhalb eines `<term-sec>`-Elements mit dem Attribut `sec-type="VR"` (Validation Rule) definiert. Diese Termsektionen können am Ende der Kapitel aufgeführt werden, auf deren Inhalte sich die jeweiligen Prüfregeln beziehen. Die Entscheidung über die Kapiteltiefe, in der diese Termsektionen angelegt werden, sollte individuell für jedes Regelwerk getroffen werden. Bei einer hohen Anzahl an Prüfregeln oder umfangreichen Definitionen kann es sinnvoll sein, sie in einem separaten, NISO-STS-konformen Dokument zu spezifizieren und zusammen mit dem Hauptdokument bereitzustellen.

Die eindeutige Identifizierung einer Prüfregel erfolgt über eine GUID, die globale Einzigartigkeit und eindeutige Identifizierbarkeit sicherstellt. Diese GUID wird innerhalb eines zusätzlichen `<term-sec>`-Elements definiert, das den gesamten Inhalt der Prüfregel kapselt.

Innerhalb des `<tbx:termEntry>`-Elements befindet sich die Hauptdefinition der Prüfregel. Im `<index-term>`-Element wird definiert, dass es sich um eine Prüfregel handelt (`specific-use="validationRule"`). Mit dem `<tbx:Source>`-Element kann direkt auf eine konkrete Prüfregeldatei verwiesen werden, z. B. eine IDS-Datei mit formalen, semantischen Prüfanforderungen. Dieses Verweiselement ist optional und hängt von der Standardisierungsstelle ab.

Die übrige Definition der Prüfregel innerhalb des `<termEntry>`-Elements folgt dem Konzept der Informationselemente. Listen, die über das optionale `list-type`-Attribut differenziert werden können, definieren Randbedingungen und einzubeziehende Objekte für die Prüfregel. Die erlaubten Werte für das `list-type`-Attribut sollten durch die Standardisierungsstelle vorgeschrieben werden, um eine einheitliche Benennung

sicherzustellen. Die Objekte in den Listen werden über das `target`-Attribut und die GUID mit den entsprechenden Informationselementen verknüpft, damit ist sichergestellt, dass die Objekte und Merkmale der Prüfregel eindeutig definiert 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, die Informationen über die in einem bestimmten Textabschnitt beschriebenen Anforderungen gezielt abzurufen und für weitere Verarbeitungsschritte aufzubereiten.

In den Elementen `<code>` und `<disp-formula>` können detaillierte Informationen zur Implementierung und den erforderlichen Parametern bereitgestellt werden. Das `<code>`-Element erlaubt die Einbindung von Pseudocode (optionales Attribut `code-type`) oder ausgearbeitetem Code (optionales Attribut `language`) in einer spezifischen Programmiersprache (z. B. JavaScript). Das `<disp-formula>`-Element dient der Einbindung mathematischer Formeln mit MathML, um wesentliche Berechnungen oder Logiken der Prüfregel darzustellen. Eine ergänzende Erläuterung dieser Formeln kann im optionalen `<caption>`-Element erfolgen.

Die Definition der Prüfregel wird durch ein optionales `<p>`-Element abgeschlossen, das eine umfassende Erläuterung der Prüfregel bieten kann. Dieser Text ist speziell zur Verbesserung des menschlichen Verständnisses vorgesehen und enthält keine zusätzlichen Informationen über die definierte Prüfregel, um die maschinelle Lesbarkeit nicht zu beeinträchtigen.

4.3 Anwendungsbeispiele

Die Einbindung der aus den XML-Dokumenten zu extrahierenden Prüfregeln in den BIM-Prüfprozess erfolgt je nach Software, Prüfregel und BIM-Modell unterschiedlich.

Um mit unterschiedlichen 3D-Modellen in derselben Software zumindest ähnliche Verfahren entwickeln zu können, empfiehlt sich die Verwendung einer einheitlichen Modellierungsrichtlinie, da je nach Modellierungsansatz und Objektinformationen des Modells unterschiedliche Prüfalgorithmen angewendet werden müssen.

Der erste Schritt zur Kontrolle der Prüfanforderungen des ausgewählten Regelwerks ist das Einlesen der aufbereiteten, maschineninterpretierbaren Prüfregeln. Durch das beschriebene Vorgehen der Prüfregelintegration kann das Dokument einfach nach den `<term-sec>`-Elementen mit dem Attribut `sec-type="VR"` durchsucht werden. Wenn die in den `<term-sec>`-Tags enthaltenen `<term>`-Elemente jeweils als Prüfregel definiert wurden (`specific-use="validationRule"`), kann der Anwender alle im Regelwerk hinterlegten Prüfungen erfassen.

Diese Prüfregelabschnitte können dann nach weiteren Tags durchsucht werden, um die übergreifenden Informationen (wie Name oder Beschreibung) der Prüfregel in der Software abzurufen. Sind die Basisdaten erfasst, kann über die Elemente `<list>`, `<code>` und `<tbx:Source>` auf die Prüfanforderungen zugegriffen werden.

Über die Listen werden dann zunächst die in der Regel betrachteten Randbedingungen, Prüfobjekte, Merkmale und Grenzwerte ausgelesen. Dies entspricht der formalen Prüfung, bei der die Semantik der im Regelwerksabschnitt enthaltenen Begriffe überprüft wird und sichergestellt wird, dass die Objekte und Merkmale, die in der Regel enthalten sind, auch im BIM-Modell modelliert und attribuiert worden sind. Dazu wird entweder eine referenzierte IDS-Datei verwendet oder die zu den Objekten korrespondierenden Merkmale und Merkmalsausprägungen aus den Informationsanforderungssektionen ausgelesen. Um die „Übersetzung“ der Begriffe sicherzustellen, kann entweder eine Verknüpfung zwischen Begriffs-GUID und Objektmerkmalen in der Software programmiert werden oder die IDS-Datei in die Software importiert werden.

Anschließend folgt die fachliche Prüfung, die den Textinhalt des Regelabschnitts untersucht. Diese fachliche Prüfung nutzt proprietäre Formate, wie z.B. OpenBimRL (Stepien et al., 2023), die speziell auf die Anforderungen der spezifischen fachlichen Prüfung des Abschnitts zugeschnitten sind.

Im Rahmen des Praxisdokuments wird das beschriebene Vorgehen anhand einer aus den RE-ING abgeleiteten Prüfregele dargestellt und exemplarisch am BIM-Modell demonstriert.

RE-ING 2023 – Prüfung „Lichte Höhe“

Die zu prüfende Textstelle aus dem Regelwerk lautet: „(2) Bei Neubauten von Brücken über Bundesfernstraßen ist mit Rücksicht auf Veränderungen der Höhen der Bundesfernstraßen (z. B. bei Deckenerneuerungen im Hocheinbau) eine lichte Höhe von mindestens 4,70 m auszuführen.“ (RE-ING Teil 2 Brücken, Abschnitt 2.2 Lichte Höhen und lichte Weiten von Brücken über Bundesfernstraßen (BMDV, 2023).)

Die nach dem erweiterten Objektkatalog BIM annotierte Passage im digitalen Regelwerk wurde entsprechend der Beschreibung in Bild 6 transformiert und die relevanten Informationen für die Prüfregeleerstellung sind wie beschrieben durch die jeweiligen Tags gekennzeichnet.

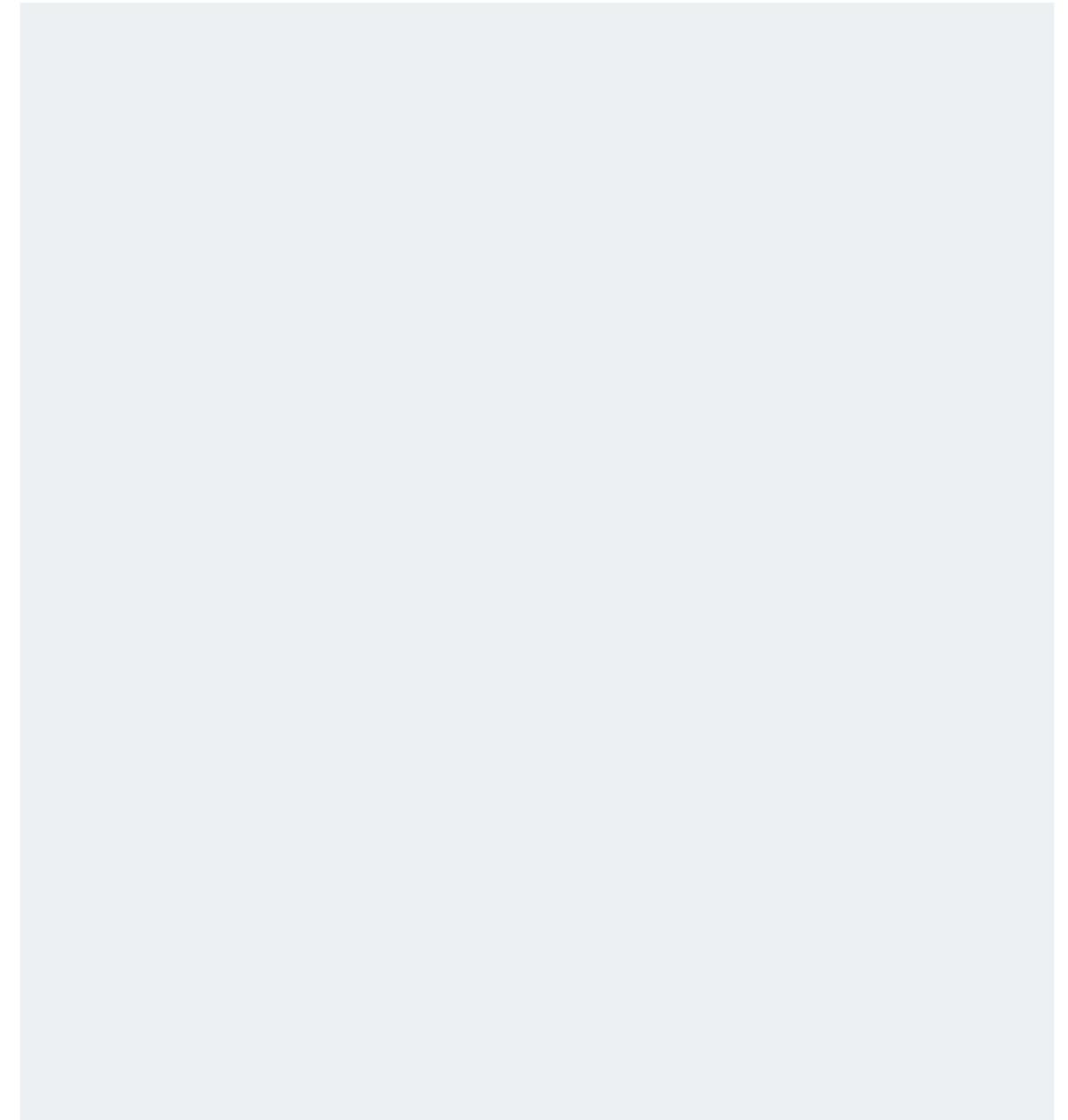


Bild 6: Prüfung „Lichte Höhe“ im XML-Format

In diesem Anwendungsfall spielen die betrachteten Objekte, die einbezogenen Merkmale und die Mindestausprägung dieses Merkmals eine Rolle für die Prüfung. Diese sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Betrachtete Objekte, Merkmale und Anforderungen der Prüfung „Lichte Höhe“

Wenn sichergestellt ist, dass das BIM-Modell alle Bedingungen für die Anwendung der Prüfregel erfüllt, ist die formale Prüfung abgeschlossen. Nun kann mit der spezifischeren fachlichen Prüfung fortgefahren werden. Über die in den <tbx:entailedTerm>-Elementen enthaltenen <named-content>-Tags können den definierten Objekten und Objektmerkmalen Einheiten, bestimmte Größen/Ausprägungen, Minimal- und Maximalwerte zugeordnet werden. Diese Beziehungen müssen dann über eine Programmierschnittstelle in der Software nachgewiesen werden. Dazu muss entweder ein Programm zur Verarbeitung der Prüfregelinformationen erstellt, eine im <tbx:Source> referenzierte Skriptdatei in die Software eingebunden oder der im <code>-Tag vorhandene Code entsprechend in die Software eingebunden werden.

Bild 7: Oberfläche zur Anwendung der Prüfregel „Lichte Höhe“

In der Prüfregele „Lichte Höhe“ der RE-ING wird nach der formalen Prüfung (Bild 7) des BIM-Modells, in der die Anwendbarkeit der Regel geprüft wurde, in der technischen Prüfung die Einhaltung der lichten Höhe unter dem Neubau einer Brücke über einer Bundesstraße geprüft.

Hierfür gibt es verschiedene Herangehensweisen. Da die Ermittlung des genauen Mindestabstands zwischen dem Unterbau des Brückenbauwerks und der Fahrbahndeckschicht sehr komplex ist, wurde entschieden, den Weg über eine Attributabfrage der Höhe des Lichtraumprofils zu gehen und dann eine softwareintegrierte Kollisionsprüfung durchzuführen. Je nach Modellierungsansatz und Objektinformationen des Modells müssen unterschiedliche Prüfalgorithmen Anwendung finden.

Bild 8: Exemplarische fachliche Prüfung der Prüfregele „Lichte Höhe“

Im Beispiel müssen die Objekte mit der Merkmalsausprägung „Lichtraumprofil“ im Merkmal „Klassifizierung: Objekttyp“ eine Merkmalsausprägung von mehr als 4,70 m im Merkmal „LichteHöhe“ besitzen. Dafür muss zunächst das „Mapping“ der Regelwerksbegriffe für die Objektbezeichnung und das Merkmal der lichten Höhe erfolgt sein.

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob das Lichtraumprofil (lichte Höhe > 4,70 m) nicht mit den Objekten des Brückenneubaus kollidiert. Dies erfolgt über eine Kollisionsprüfung, die über die Schnittstelle zu einer passenden Prüfsoftware angesteuert werden kann. Hierbei werden über Attributfilter zwei Prüfmengen definiert und es wird geprüft, dass kein Objekt der beiden Prüfmengen ein Objekt der jeweils anderen Prüfmenge einschließt. Liegt keine Kollision vor, ist die Prüfung „Lichte Höhe“ bestanden (Bild 8).

5 Verwaltung digitaler Regelwerke

Die Verwaltung von Regelwerken ist ein komplexer Prozess, der sowohl technische als auch organisatorische Komponenten umfasst. Ein bestehendes Regelwerk wird in der Regel überarbeitet, wenn sich Vorschriften ändern, neue Technologien eingeführt werden oder das Regelwerk nicht mehr den aktuellen Anforderungen entspricht. Arbeitsgruppen, die von zusätzlichen Experten unterstützt werden, sind die zentrale Instanz bei der Erstellung und Überarbeitung dieser Regelwerke.

Dieses Kapitel enthält eine detaillierte Prozessbeschreibung, wie bestehende Regelwerke in digitale Formate überführt werden können. Der Prozess gliedert sich in zwei Hauptbereiche. Der erste Bereich befasst sich mit spezialisierten Softwarelösungen, die nicht nur die initiale Digitalisierung der Regelwerke unterstützen, sondern auch eine effiziente Verwaltung der digitalen Versionen ermöglichen. Diese Softwarelösungen bieten Funktionen zur Bearbeitung und Aktualisierung der Regelwerke, um die Verwaltung der digitalen Inhalte zu erleichtern. Der zweite Bereich konzentriert sich auf die Systeme, die für das Management dieser digitalen Regelwerke erforderlich sind. Besonderes Augenmerk wird dabei auf bestehende Managementsysteme gelegt, die für die Bereitstellung und Verwaltung der digitalen Inhalte genutzt werden können. Diese Systeme sind entscheidend, um die in den Standards definierten digitalen Inhalte effektiv zu verwalten und zugänglich zu machen, und tragen zur Vereinheitlichung von Begriffen und Definitionen in der Normenlandschaft bei.

5.1 Vorgehen bei der Erstellung

Für die Erstellung eines initialen, XML-basierten digitalen Regelwerks, das dem NISO-STS-Standard entspricht, stehen bereits kommerzielle Softwareprodukte zur Verfügung. Auf technischer Ebene bieten professionelle XML-Editoren die Möglichkeit, Inhalte für NISO-STS-konforme Regelwerke abzubilden. Dabei ist es unerheblich, welches Autonomielevel bei der Transformation der Regelwerke angestrebt wird, sodass eine direkte Umsetzung des in Kapitel 3 dieses Praxisdokuments vorgestellten Konzepts möglich ist. Ein kollaboratives Arbeiten an solchen Dokumenten kann durch Versionierungstools wie Git unterstützt werden. Die Nutzung eines Tools wie Git ermöglicht nicht nur die kontinuierliche Dokumentation von Änderungen, sondern auch die Verwaltung von Nutzer- und Rollenrechten. Diese Mechanismen der Versionierung und Verwaltung sind besonders während der Reviewprozesse nach der Fertigstellung der ersten Version des Regelwerks nützlich. Ein Nachteil dieses Ansatzes besteht darin, dass XML-Editoren ein gewisses Maß an Fachkenntnis erfordern. Anwender müssen nicht nur im Umgang mit diesen Editoren und eventuell mit Versionierungstools erfahren sein, sondern auch über fundierte Kenntnisse in der Erstellung von XML-Dokumenten verfügen, die den NISO-STS-XML-Schemadateien entsprechen.

Einen benutzerfreundlicheren Ansatz bieten kommerzielle Tools. Mit diesen Werkzeugen erfolgt die Erstellung der Regelwerksinhalte ähnlich wie bei Microsoft Word durch die Verwendung von Formatvorlagen. Der Benutzer verwendet also eine klassische Textverarbeitung, die im Hintergrund in ein NISO-STS-konformes XML-Format konvertiert wird. Zusätzlich unterstützen diese Tools kollaboratives Arbeiten durch integrierte Kommunikations- und Kommentarfunktionen sowie eine Änderungshistorie, die filterbar ist. Neben der Erstellung von XML-Dokumenten bieten sie auch administrative Funktionen. Dazu gehört die Ablage der Regelwerke als einzelne Projekte, deren Zugriff durch Rollenzuweisung und Nutzungsrechte geregelt wird. Ein Nachteil dieses Ansatzes besteht darin, dass zunächst überprüft werden muss, ob eigene Konzepte, wie sie in diesem Praxisdokument vorgestellt wurden, mit der Softwarelösung umgesetzt werden können. Ein weiterer Punkt ist, dass die Entscheidung, die Verwaltung digitaler Regelwerke an ein kommerzielles Tool auszulagern, eine Abhängigkeit von proprietären Dateiformaten mit sich bringen kann. Im Gegensatz dazu führt die direkte Erstellung von XML-Dokumenten mit einem XML-Editor, ob kommerziell oder nicht, nicht zu diesem Problem der Abhängigkeit.

Der klassische Prozess der Erstellung und Aktualisierung von Regelwerken endet traditionell mit der Einführung des neuen Regelwerks. Beim Management digitaler Regelwerke muss jedoch geklärt werden, wie und wo die digitalen Bestandteile des Regelwerks (Merkmale, Merkmalsgruppen, Prüfregele) bereitgestellt werden sollen. Die digitale Bereitstellung ist entscheidend, um Konsistenz, Genauigkeit und Interoperabilität in der Datenverwaltung sicherzustellen. Dies bildet nicht nur die Grundlage für die Entwicklung umfassender Glossare, sondern fördert auch das Verständnis und die einheitliche Anwendung von Fachterminologie. Das erleichtert die Zusammenarbeit, verbessert die Datenqualität und unterstützt die Automatisierung von Prozessen, indem eine klare und eindeutige Kommunikation von Anforderungen und Spezifikationen ermöglicht wird.

Hierzu bietet das BIM-Portal (BIM Deutschland, 2023) vielfältige Möglichkeiten und Funktionen zum Import, zur Erstellung und zur Pflege von Merkmalen und Merkmalsgruppen, die gemäß ISO 23386 erstellt wurden. Mithilfe des BIM-Portals können Organisationen Merkmalskataloge, die nach Standards erstellt wurden, pflegen und sowohl intern als auch global zur Nutzung bereitstellen. Das BIM-Portal ermöglicht die Speicherung und Pflege von Merkmalen und deren Eigenschaften. Allerdings gibt es derzeit keine direkte Zugriffsmöglichkeit auf die digitalen Standards innerhalb des Portals, um die Herkunft eines spezifischen Merkmals im Detail nachvollziehen zu können. Das bedeutet, dass Nutzer zur genauen Identifizierung der Ursprünge eines Merkmals manuell die entsprechende Anwendungsnorm konsultieren müssen. Außerdem erfordert die Aktualisierung von Normen eine manuelle Überprüfung, welche Merkmale und Merkmalsgruppen überarbeitet werden müssen und wie diese anschließend wieder ins BIM-Portal eingepflegt werden können. Dieser externe Überarbeitungsprozess ist mit zusätzlichem Aufwand verbunden und birgt das Risiko, dass überarbeitungsbedürftige Merkmale übersehen werden. Des Weiteren besteht derzeit keine Möglichkeit, die innerhalb der Standards erstellten Prüfregele direkt in das BIM-Portal zu übertragen und dort bereitzustellen.

Neben dem BIM-Portal dient das buildingSMART Data Dictionary (bSDD), eine Initiative von buildingSMART International, der Verwaltung und Aktualisierung existierender Sets von Merkmalen und Klassen gemäß den Industry Foundation Classes (IFC). Als eine Online-Plattform ermöglicht das bSDD das Auffinden spezifischer Klassen und von Merkmalsätzen. In den letzten Jahren wurde das bSDD umfassend aktualisiert und stützt sich nun auf die Normen DIN EN ISO 12006-3:2022-10 und DIN EN ISO 23386:2020-11, wodurch eine Integration der Ergebnisse mit dem bSDD erleichtert wird. Der Zugang zum bSDD erfolgt über eine zentrale Web-Plattform und eine API (Application Programming Interface), deren Dokumentation öffentlich auf GitHub verfügbar ist. Dank der API-Kompatibilität konnte bereits ein Import von Merkmalen und Merkmalsgruppen aus dem BIM-Portal des Bundes in das bSDD realisiert werden, unterstützt durch die gemeinsame Basis der DIN EN ISO 23386:2020-11. Ähnlich wie beim BIM-Portal fehlen auch innerhalb des bSDD die Möglichkeiten, komplexe Prüfregele bereitzustellen und eine direkte Verbindung zwischen den eigentlichen Merkmalen und den zugehörigen Normtexten, in denen sie definiert sind, herzustellen. Daher müssen auch im Rahmen des bSDD zusätzliche Arbeitsschritte und Prozesse angestoßen werden, um Änderungen in der Normung in das bSDD zu übertragen, was zusätzlichen Aufwand generiert und das Fehlerpotenzial und damit die Fehleranfälligkeit der Merkmale erhöht.

Abschließend ist festzuhalten, dass sowohl das BIM-Portal als auch das buildingSMART Data Dictionary (bSDD) dieselben Limitationen aufweisen, insbesondere wenn es um die Abbildung von Prüfregele und die Aktualisierung von Merkmalen während der Überarbeitung von Normen und Standards geht. Die Notwendigkeit, Merkmale manuell und aufwändig zu aktualisieren, sobald eine Normaktualisierung stattfindet, stellt eine signifikante Herausforderung dar. Daher wird ein Konzept benötigt, das ein gleichzeitiges oder zumindest ein vereinfachtes Update der Merkmale ermöglicht. Dieses Konzept muss speziell die Aktualisierung digitaler Standards berücksichtigen und in die Überlegungen einbeziehen, dass die Merkmale synchron mit den Normen aktualisiert werden sollten.

6 Zusammenfassung

5.2 Verwaltung und Bereitstellung

Die Einführung und Verwaltung digitaler Regelwerke im Bauwesen erfordert signifikante Anpassungen in bestehenden Prozessen sowie eine enge Zusammenarbeit zwischen Fach- und IT-Experten. Diese Änderungen sind notwendig, um die Vorteile der Digitalisierung vollständig zu nutzen und die Effizienz sowie Qualität im Bauwesen zu steigern. IT-Experten müssen in diesem Prozess eng mit den Fachspezialisten zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass die fachlichen Inhalte korrekt und präzise in digitale Formate übertragen werden. Dies erfordert fundierte XML-Kenntnisse sowie ein tiefes Verständnis der spezifischen Anforderungen und Inhalte der Regelwerke. Durch die Zusammenarbeit kann gewährleistet werden, dass alle relevanten Informationen vollständig und korrekt digitalisiert werden, was die Grundlage für eine effektive Nutzung der Regelwerke bildet. Nach der Erstellung der digitalen Regelwerke ist eine gründliche Überprüfung und Kontrolle notwendig. IT-Experten müssen geeignete Prüfbeispiele entwickeln und die Prüfergebnisse gemeinsam mit den Fachexperten analysieren. Diese Zusammenarbeit ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die digitalen Regelwerke nicht nur formal korrekt sind, sondern auch inhaltlich den Anforderungen entsprechen. Dieser Prüfprozess erfordert eine Kombination aus technischem Know-how und fachlichem Verständnis. IT-Experten müssen in der Lage sein, die technischen Aspekte der digitalen Regelwerke zu überprüfen, während die Fachexperten die inhaltliche Richtigkeit sicherstellen. Durch diesen iterativen Prozess können Fehler identifiziert und korrigiert werden, was die Qualität und Zuverlässigkeit der digitalen Regelwerke erhöht. Ein wesentlicher Aspekt der Digitalisierung von Regelwerken ist ihre Integration in bestehende Systeme und Arbeitsabläufe. Digitale Regelwerke und Begriffsdefinitionen müssen über Webseiten oder offene REST-Schnittstellen bereitgestellt werden, um eine nahtlose Integration in verschiedene Softwareanwendungen zu ermöglichen. Das BIM-Portal des Bundes kann hierbei als zentrale Plattform dienen, insbesondere wenn keine eigene öffentliche Begriffsdatenbank verfügbar ist. Die Einführung digitaler Regelwerke ist kein einmaliger Prozess, sondern erfordert eine kontinuierliche Zusammenarbeit zwischen IT- und Fachexperten. Diese interdisziplinäre Zusammenarbeit ist entscheidend für den Erfolg der Digitalisierung. Regelmäßige Meetings, Workshops und Schulungen können den Wissenstransfer zwischen den verschiedenen Expertengruppen fördern und sicherstellen, dass alle Beteiligten auf dem neuesten Stand sind. Langfristig kann dies dazu beitragen, die Qualität und Effizienz der Arbeit mit digitalen Regelwerken kontinuierlich zu verbessern.

Der Masterplan BIM fördert die flächendeckende Implementierung von BIM im Bundesfernstraßenbau. Bereits heute wird BIM in vielen Projekten angewendet und wird sich in den kommenden Jahren zur vorherrschenden Methode in Planung, Bauausführung und Betrieb von Infrastrukturbauwerken entwickeln.

Der Datenaustausch erfolgt hierbei anhand digitaler Bauwerksinformationsmodelle, die gemäß den vertraglichen und regulativen Anforderungen erstellt werden. Diese Modelle sind vielseitig einsetzbar, sowohl für spezifische Anwendungsfälle als auch für allgemeine Auswertungen. Modellqualität und Richtlinienkonformität können durch teilautomatisierte Prüfungen abgesichert werden, wobei die fachlichen Anforderungen der Regelwerke in Prüfregeln überführt werden. Dies beschleunigt und vereinfacht die Prüfprozesse in modellbasierten Projekten erheblich.

Die Digitalisierung von Normen, Regelwerken und Richtlinien als Smart Standards wird zukünftig eine wichtige Rolle spielen. Statt analoger Textdokumente werden Richtlinien in digitaler Form vorliegen. Eine Basis für die Modellierung von Smart Standards stellt der NISO-STS dar. Dieser Standard schafft die Grundlage für eine einheitliche Darstellung und Verwaltung als XML, was die Weiterverarbeitung, Distribution und Auswertung von Norminhalten erleichtert.

Grundlagen, Möglichkeiten und Anforderungen für die Erstellung und Verwaltung von digitalen Regelwerken im Bundesfernstraßenbau wurden vorab dargestellt. Zudem wurden Verfahren zur Beschreibung von Begriffen und Prüfanforderungen erarbeitet. Die Integration der Regelwerke in Prüfwerkzeuge konnte anhand eines Musterbeispiels praxisnah demonstriert werden.

Abschließend wurden Vorgehensweisen für das Management und die Verwaltung digitaler Regelwerke im Straßenbau dargestellt, die technische und organisatorische Fragestellungen adressieren. Das Dokument zeigte die Anwendbarkeit, Möglichkeiten und den Mehrwert digitaler Regelwerke in Kombination mit Modellprüfungen auf.

Für die Bereitstellung digitaler Regelwerke in Zukunft ist eine umfangreiche Transformation erforderlich, die organisatorisch, fachlich und monetär unterstützt werden sollte. Folgende Voraussetzungen sind hierbei hervorzuheben:

- **Infrastruktur:** Definition und Bereitstellung der notwendigen Hard- und Software für die Erstellung und Verwaltung digitaler Regelwerke. Internationale kommerzielle Produkte sind auf ihre Eignung für den Bundesfernstraßenbau zu prüfen.
- **Fachkompetenz:** Aufbau der erforderlichen Fachkompetenz für die Erstellung, Pflege und Verwaltung digitaler Regelwerke.
- **Verwaltungskonzepte:** Integration digitaler Regelwerke in den Prozess der Fortschreibung und Erstellung von Regelwerken im Bundesfernstraßenbau. Eine einfache Überführung in die digitale Form und die Akzeptanz der Autoren müssen gewährleistet sein.
- **Abgestimmte Inhalte:** Verwendung abgestimmter und versionierter Inhalte zur Beschreibung der Regelwerksinhalte und Modellobjekte (Objektkataloge).
- **Modellierungsrichtlinien:** Ergänzung des Objektkatalogs durch einheitliche Modellierungsrichtlinien, um neben semantischen Vorgaben auch geometrische Festlegungen zur Modellstruktur von BIM-Modellen zu definieren.

Die Digitalisierung von Regelwerken in Form von Smart Standards bietet vielfältige Möglichkeiten, die Arbeit mit Normen zu erleichtern und damit die Regelwerkskonformität im Planungs-, Bau- und Ausführungsprozess zu erhöhen. Die Möglichkeiten wurden im Praxisdokument zur Ableitung von Modellprüfroutinen aufgezeigt, die im Rahmen der modellbasierten Projektabwicklung eingesetzt werden können.

7 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------------|--|
| BASt | Bundesanstalt für Straßenwesen |
| BIM | Building Information Modeling |
| BMDV | Bundesministerium für Digitales und Verkehr |
| bSDD | buildingSMART Data Dictionary |
| GUID | Globally Unique Identifier |
| ID | Identifikationsnummer |
| IDiS | Initiative Digitale Standards |
| IDS | Information Delivery Specification |
| IFC | Industry Foundation Classes |
| LOIN | Informationsbedarfstiefe (engl. Level of Information Need) |
| MathML | Math Markup Language |
| NISO | National Information Standards Organization |
| RE-ING | Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten |
| STS | Standards Tag Suite |
| XLST | eXtensible Stylesheet Language Transformation |
| XML | eXtensible Markup Language |

8 Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|-------|
| Bild 1: Prozesse bei der Nutzung und Erstellung von maschineninterpretierbaren Regelwerken | S. 6 |
| Bild 2: RE-ING-Titelseite im NISO-STS-XML | S. 10 |
| Bild 3: Legende für NISO-STS-XML | S. 10 |
| Bild 4: Informationsanforderungen in der XML-Struktur | S. 13 |
| Bild 5: Aufbau einer Prüfredel | S. 16 |
| Bild 6: Prüfung „Lichte Höhe“ im XML-Format | S. 19 |
| Bild 7: Oberfläche zur Anwendung der Prüfredel „Lichte Höhe“ | S. 21 |
| Bild 8: Exemplarische fachliche Prüfung der Prüfredel „Lichte Höhe“ | S. 22 |

9 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|-------|
| Tabelle 1: Betrachtete Objekte, Merkmale und Anforderungen der Prüfung „Lichte Höhe“ | S. 20 |
|---|-------|

10 Literaturverzeichnis

BIM Deutschland, Autobahn GmbH des Bundes, 2024. Rahmendokument: Objektkatalog BIM Bundesfernstraßen, s.l.: BMDV.

BIM Deutschland, 2023. Das BIM-Portal des Bundes. [Online] Available at: <https://via.bund.de/bim/infrastruktur/landing> [Zugriff am 20 Juni 2024].

BMDV, 2021. In: Masterplan BIM Bundesfernstraßen – Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM), s.l.: s.n., p. 14.

BMDV, 2023. Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten, s.l.: s.n.

Borrmann, A., König, M., Koch, C. und Beetz, J., 2021. Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, s.l.: Springer Vieweg.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DKE Deutsche Kommission für Elektrotechnik, 2021. Whitepaper – Scenarios of Digitizing Standardisation, s.l.: DIN e.V.; DKE.

Preidel, C. F. D., 2020. Automatisierte Konformitätsprüfung digitaler Bauwerksmodelle hinsichtlich geltender Normen und Richtlinien mit Hilfe einer visuellen Programmiersprache, s.l.: s.n.

Stepien, M., Vonthron, A. und König, M., 2023. OpenBimRL – An open format for code compliance checking of complex functional requirements from a regulation to the BIM model, s.l.: s.n.

W3Schools, 2023. NXML Tutorial. [Online] Available at: <https://www.w3schools.com/xml/default.asp>

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Fachliche Begleitung, Redaktion und Gestaltung

Bundesanstalt für Straßenwesen

Dr. Iris Hindersmann
M.Eng. Jennifer Bednorz

Autoren und Mitwirkende

Schüler-Plan Digital GmbH

Dr.-Ing. Andreas Bach
M. Eng. Susanne Wienholz

Ruhr-Universität Bochum

Fakultät für Bau- und
Umweltingenieurwissenschaften
Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen
Prof. Dr.-Ing. Markus König
M.Sc. Sven Zentgraf

Stand

August 2024

Bildnachweis

Markus Braumann

Diese Publikation wird von der Bundesregierung im Rahmen ihrer Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

