

BIM-Interoperables Merkmalsservice

1. Zielerreichung und Projektstatus	1
2. Durchgeführte Arbeiten im Berichtszeitraum	2
2.1. Projektleitung	2
2.2. wissenschaftliche Leitung	3
2.3. Kernfunktionalität	3
2.4. Mapping Tools	8
2.5. Standard-Management	10
2.6. Kommunikationsaspekte	21
2.7. Prozessanalyse und Experimente	24
3. Erläuterung von wesentlichen Änderungen bei den Kosten	25
4. Beitrag der Projektergebnisse zur Nachhaltigkeit	26

1. Zielerreichung und Projektstatus

Ziel des Forschungsprojekts war es, im Rahmen einer prototypischen Umsetzung die Nutzung digitaler Bauwerksmodelle über Organisationsgrenzen hinweg zu untersuchen und aufzuzeigen, wie diese vereinfacht werden kann, um die Durchführung von mehr Bauvorhaben in der Form von „Open Building Information Modelling“ (Open BIM) zu fördern.

Das Kernelement von Open BIM ist die Nutzung des standardisierten Austauschformats „Industry Foundation Classes“ (IFC). Dieses Format ermöglicht es, verschiedene Softwaretools für die Erstellung, Bearbeitung und Ansicht von Bauwerksmodellen zu verwenden, solange sie dieses Austauschformat unterstützen.

Mehrere Probleme stehen jedoch in der Praxis der Nutzung von Open BIM entgegen:

- Keine Autorensoftware kann IFC fehler- und verlustfrei exportieren oder importieren.
- Organisationen haben voneinander abweichende interne „Standards“ zur Beschreibung von Bauwerksbestandteilen entwickelt.

Der Lösungsansatz sieht eine Webplattform vor, die verschiedene Standards repräsentiert und es erlaubt, Bauwerksmodelle im IFC-Format zu transformieren. Das Ergebnis dieses Projekts ist eine prototypische Umsetzung (<https://merkmalsservice.at>) einer solchen Plattform, die das Anlegen und Importieren von Standards, das Erstellen von Transformationsregeln sowie das Laden, Transformieren, Prüfen und Speichern von Bauwerksmodellen unterstützt.

Hier ist die überarbeitete Version mit stärkerem Fokus auf den Forschungscharakter:

Die Plattform stellt Standards als Sammlungen von Merkmalen dar, die mithilfe von Klassifikationsschemata strukturiert werden. Dadurch können Bauwerkelemente Klassen zugeordnet und spezifische Prüfbedingungen erfüllt werden. Standards können versioniert, gesperrt und veröffentlicht werden. Über Transformationsregeln lassen sich Bauwerksmodelle anpassen, indem Merkmale gelöscht, umbenannt, Einheiten geändert oder Merkmale umgewandelt werden. Durch die eigens entwickelte Formelsprache konnten komplexe Transformationen und die Verwendung von Übersetzungslisten ermöglicht und demonstriert werden.

So konnte gezeigt werden, dass IFC-Modelle den Anforderungen unterschiedlicher Organisationen im Lebenszyklus eines Gebäudes angepasst werden können, um Diskrepanzen zwischen Unternehmensstandards zu überbrücken und Fehler bei IFC-Exporten zu korrigieren. Die prototypische Entwicklung der Plattform wurde in enger Zusammenarbeit mit ExpertInnen der österreichischen Bauwirtschaft durchgeführt und anhand realer Bauwerksmodelle erfolgreich getestet.

Ziel des vierten Forschungsjahres war es, in den folgenden drei Arbeitspaketen praktikable Lösungen zu entwickeln:

1. Kernfunktionalität verbessern/erweitern: In diesem Arbeitspaket stand die Verbesserung der Transformation von Bauwerksmodellen durch die Nutzung von Merkmalsstandards im Vordergrund.
2. Standardmanagement: Der Fokus lag auf der Verwaltung von Merkmalsstandards, mit denen Organisationen Vorgaben für ihre Bauwerksmodelle definieren können.
3. Kommunikationsfunktionalität: Hier wurden die Kommunikationsbedürfnisse der BenutzerInnen analysiert.

Highlights der Arbeitspakete:

- **Branchenübliche Standarddarstellung (AP Standardverwaltung):** Unternehmen handhaben Bauwerksmodelle meist anhand eines eigenen Klassifikationsschemas, dem jedes Modellobjekt zugeordnet wird. Im Projekt wurden Werkzeuge zur Erstellung solcher Strukturen sowie zur Prüfung von BIM-Modellen auf Übereinstimmung mit diesen Strukturen entwickelt.
- **Versionierung von Standards (AP Standardverwaltung):** Um den Zustand eines Standards zu einem bestimmten Zeitpunkt nachvollziehen zu können, wurde eine Versionierungsfunktionalität implementiert, die das Prinzip des Semantic Versioning (SemVer) nutzt. Standards können auch gesperrt werden, um nachträgliche Änderungen zu verhindern.
- **IFC-Expressions (AP Kernfunktionalität):** Die Transformation von Bauwerksmodellen basiert auf „Wenn-Dann“-Regeln, die Aktionen auf bestimmte Objekte anwenden. Eine Formelsprache wurde entwickelt, um Merkmale oder Werte aus Objekten zu verarbeiten und für zukünftige Anforderungen gerüstet zu sein.
- **Übersetzungslisten (AP Kernfunktionalität):** Basierend auf IFC-Expressions wurde die Funktionalität Kopieren/Einfügen aus einem Spreadsheet-Programm wie MS Excel in die GUI der prototypischen Plattform integriert. Dies ermöglicht es, weiterhin Übersetzungslisten in Excel zu führen.
- **Maße und Einheiten (AP Kernfunktionalität):** Es wurden 58 Maße und 147 Einheiten, die in der Baubranche relevant sind, zusammengetragen und in die Open Source Ontologie QUDT integriert. Diese wurden umfassend getestet.

Ausblick und Notwendigkeit weiterer Entwicklungen

Obwohl die prototypische Umsetzung das Potenzial einer interoperablen Lösung für Open BIM zeigt, sind für eine einsatzfähige und breit nutzbare Lösung noch erhebliche Investitionen und technische Weiterentwicklungen erforderlich. Insbesondere im Bereich der Benutzerfreundlichkeit (User Experience, UX) bestehen signifikante Optimierungsmöglichkeiten. Die Plattform muss weiterentwickelt werden, um eine intuitive und nahtlose Bedienung zu gewährleisten, vor allem für NutzerInnen, die mit den technischen Details der IFC-Transformationen weniger vertraut sind.

Zusätzlich sind umfangreiche Tests in praxisnahen Szenarien notwendig, um die Robustheit und Skalierbarkeit der Plattform zu garantieren. Dies betrifft besonders den zuverlässigen und verlustfreien Import und Export von IFC-Modellen sowie die Integration in bestehende Unternehmensprozesse. Auch die kontinuierliche Anpassung an neue Standards und Technologien im BIM-Bereich erfordert langfristige Investitionen in Forschung und Entwicklung.

2. Durchgeführte Arbeiten im Berichtszeitraum

2.1. Projektleitung

Fertigstellungsgrad: 100%

Der Fertigstellungsgrad des Arbeitspakets beträgt 100%.

Neben der Vertretung gegenüber der FFG wurden während der Projektlaufzeit die terminliche und kaufmännische Projektkoordination, die Organisation von Projektmeetings, die Koordination der Kommunikation zwischen den ProjektpartnerInnen, die Partnerkommunikation (Wirtschaft und Wissenschaft) sowie das Vertrags- und Kostenmanagement abgewickelt.

Die Arbeitsschritte konnten gemäß Plan erarbeitet werden.

Es gab keine wesentlichen Abweichungen oder Veränderungen.

2.2. wissenschaftliche Leitung

Fertigstellungsgrad: 100%

Der Fertigstellungsgrad des Arbeitspakets beträgt 100%.

Die Arbeiten umfassten die folgenden Tätigkeiten:

- Koordination und Zusammenarbeit aller wissenschaftlichen Projektbeteiligten.
- Wissenschaftliche Gesamtleitung des Projektes.
- Planung und Steuerung der Inhalte und des Ressourceneinsatzes inklusive Zeit- und Kostenmanagements.
- Organization von Meetings und Workshops.
- Termineinhaltung wissenschaftlicher Meilensteine.
- Überprüfung des Projektfortschritts
- Gesamtauswertung und Dokumentation

Kommunikation mit dem Projektumfeld (zb Digitale Baueinreichung/BRISE Vienna), Digital findet Stadt, Baukongress

2.3. Kernfunktionalität

Fertigstellungsgrad: 100%

Der Fertigstellungsgrad dieses Arbeitspakets beträgt 100%.

Die ursprünglich geplanten Ergebnisse dieses Arbeitspakets wurden erreicht. Allerdings ergab die iterative Evaluationsarbeit mit den DomänenexpertInnen, dass praxisrelevante Tests nur mit gewissen Verbesserungen durchzuführen waren; diese Verbesserungen betrafen auch die Themen von AP2.3.

Die in diesem Arbeitspaket durchgeführten Arbeiten werden in der Folge beschrieben.

IFC Expressions

Die Übersetzungsregeln mussten flexibler gestaltet werden. Für manche Operationen, etwa für eine Änderung der Kardinalität von Merkmalen im Zuge der Transformation (1:N, N:1 oder N:M Abbildung von Merkmalen), war das bis dato entwickelte System nicht ausdrucksstark genug. Um solche Anwendungsfälle zu unterstützen, wurde eine eigene formale Sprache für Ausdrücke über IFC Elementen entwickelt, die sich an Formelsprachen für Spreadsheet-Applikationen orientiert: IFC Expressions (<https://github.com/Merkmalsservice/ifc-expressions>) Die Sprache erlaubt es, im Kontext eines Merkmals oder eines Elements, Werte im Modell zu adressieren und in mathematischen Funktionen zu verwenden.

Beispiele:

`$property.value()` - ergibt den Wert des aktuellen Merkmals (im Zuge einer Regelauswertung)

`$property.propertySet.name()` – ergibt den Namen des PropertySets, in dem das Merkmal liegt

`$element.name()` – ergibt den Namen des aktuellen Elements (im Zuge einer Regelauswertung)

Diverse arithmetische und logische Operatoren sowie Vergleichsoperatoren sind verfügbar, ebenso Funktionen auf Zeichenketten wie Konkatenation, Ersetzung, und Reguläre Ausdrücke.

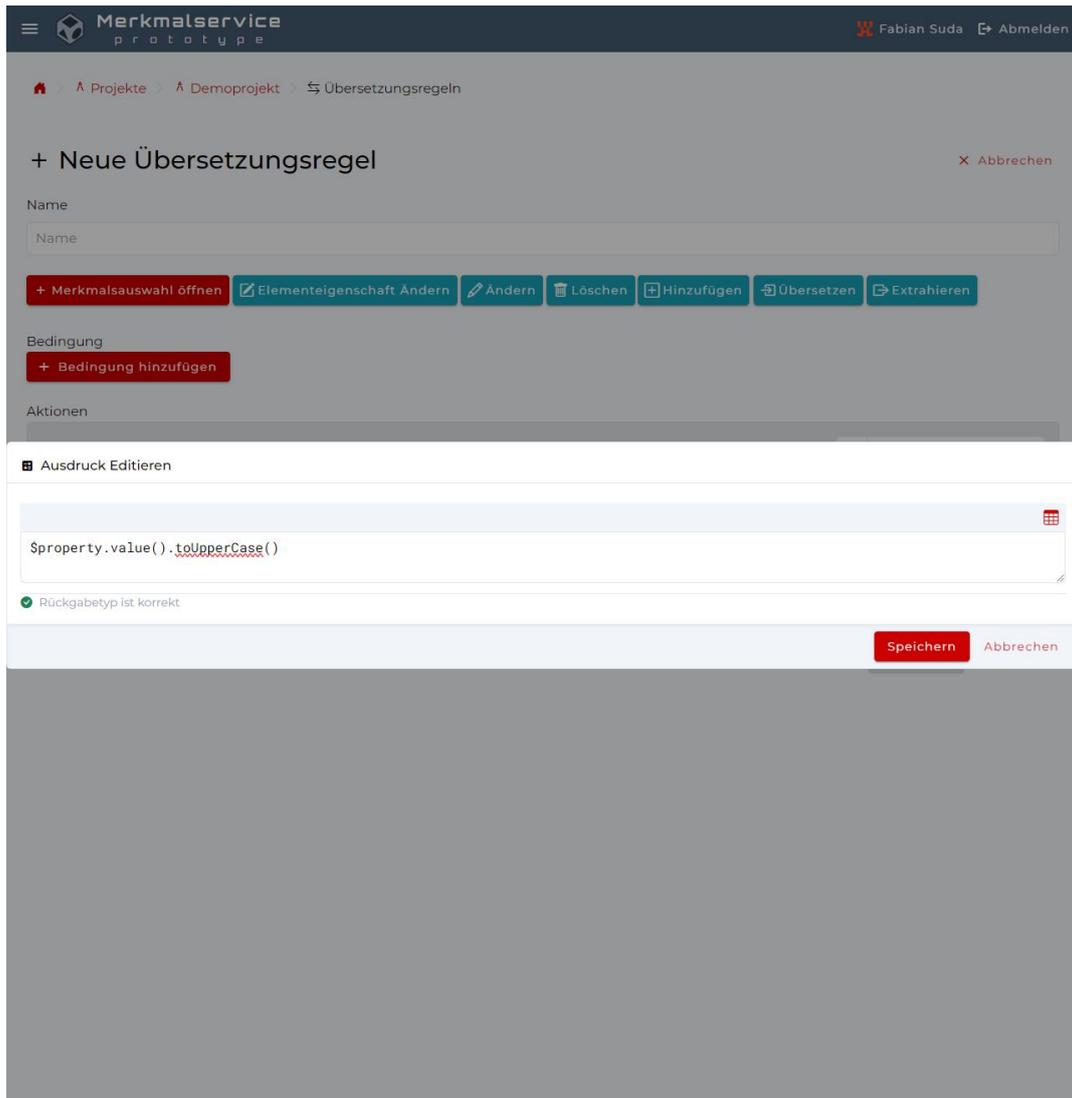


Abbildung 2.3.1: Ändern eines Merkmalswerts durch Verwendung einer IFC Expression. In diesem Beispiel muss der Wert des Merkmals vom Typ ‚Text‘ sein und wird durch den Ausdruck in Großbuchstaben umgewandelt.

`$element.propertySet('myPset').property('myProp').value()` – erlaubt den Zugriff auf ein Merkmal in einem Propertyset der Wahl der BenutzerIn.

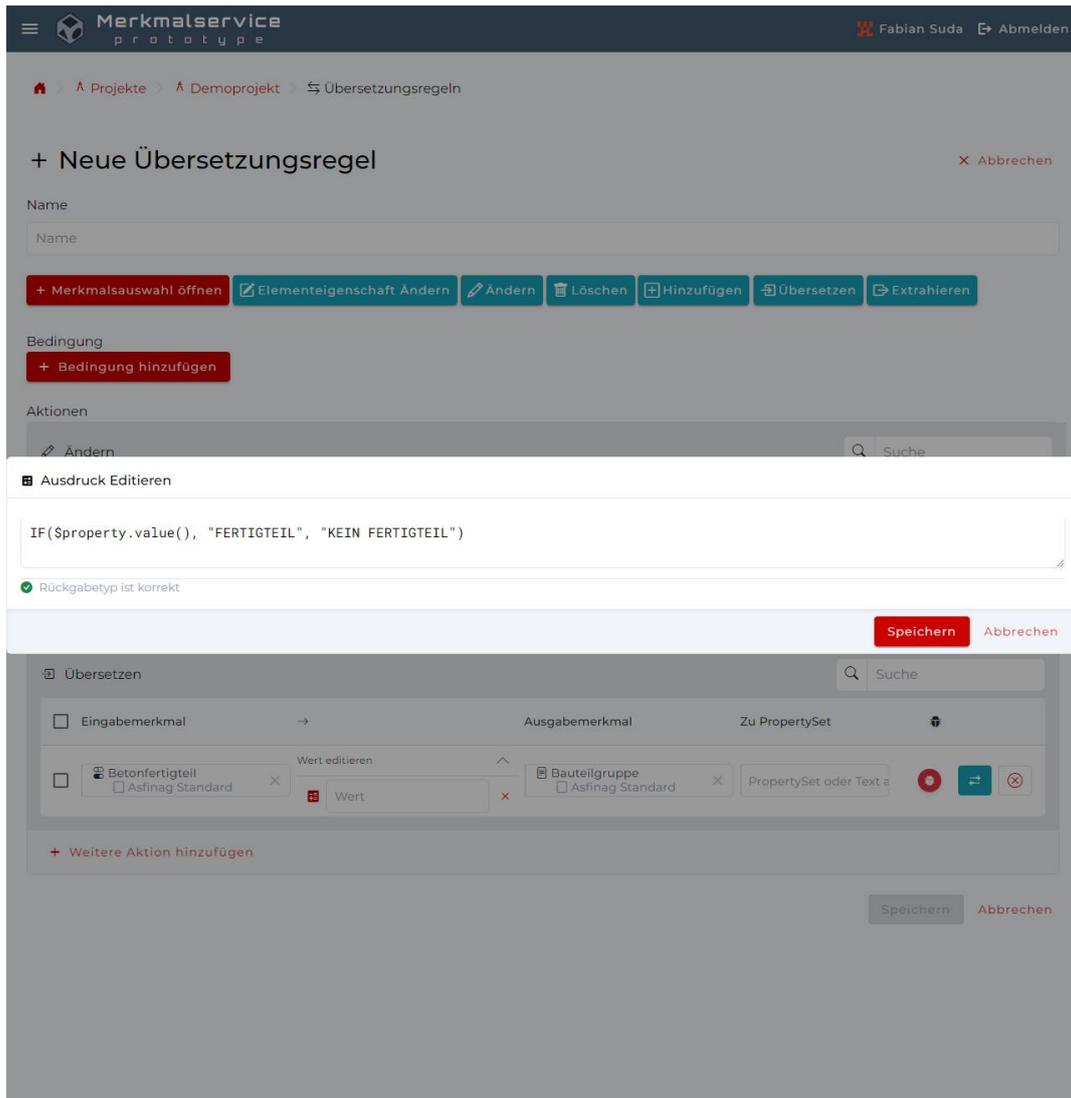


Abbildung 2.3.2: Umwandlung eines Merkmal vom Typ Wahrheitswert in einen Aufzähltyp durch verwendung der Funktion ‚IF‘.

Die Zugriffsfunktionen erlauben eine Umsetzung diverser Szenarien von N:1 Abbildungen.

Fallunterscheidungen können mittels

If (condition, ifvalue, elsevalue)

oder

Choose([condition1, value1], [condition2, value2], default)

getroffen werden. Die Fallunterscheidungen erlauben es, Regeln zu definieren, die je nach Situation je unterschiedliche Werte des Elements auslesen und für das Zielmerkmal nutzen. Auch ist es damit möglich, etwa Wertebereiche einer Zahl sehr kompakt in Aufzähltypen zu übersetzen.

Eine Abbildung von Werten kann über

Map(input, [[input1, output1], [input2, output2], ...], default)

definiert werden.

Die Abbildung von Werten ist nötig, um Übersetzungslisten abzubilden (in der Praxis: listen mit hunderten Begriffen und ihren Übersetzungen, etwa („Nagel“ -> „Stahlstift“). (Siehe dazu 2.4. Mapping Tools)

Unterstützung der relevanten Maße und Einheiten

IFC gibt Maße und Einheiten in begrenztem Umfang vor, erlaubt jedoch die Definition weitere Maße und Einheiten. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die für das Merkmalservice relevanten zu ermitteln, damit ihre Unterstützung sichergestellt werden kann. In Zusammenarbeit mit den Domänenexperten des Konsortiums wurden die 147 Einheiten und 58 Maße als für die Baubranche relevant bestimmt. Da das Merkmalservice die Open Source Ontologie QUDT (<https://qudt.org/>) für seine Einheiten und Maße nutzt, und einige benötigte Einträge fehlten, wurden diese Einheiten als Beitrag zu QUDT in mehreren „Pull Requests“ hinzugefügt. Es wurde für Tests ein Modell mit minimaler Geometrie erstellt, das für jedes relevante Maß ein Merkmal mit dem Zahlenwert 130 enthält (ohne Maß und Einheit). Im Merkmalservice wurden zwei Transformationen erstellt, die hintereinander auszuführen sind. Die erste verändert jedes Merkmal so, dass Maß und Einheit je passend gesetzt werden. Die zweite Transformation rechnet die Werte der Merkmale in andere, passende Einheiten um. Diese Projekte können für einen manuellen Test des Systems genutzt werden, der verschiedene Aspekte der Behandlung von Maßen/Einheiten abdeckt (etwa Darstellung von Symbolen, Handhabung vieler Regeln, etc.). Mit diesen Merkmalservice-Projekten als Ausgangspunkt wurden darüber hinaus eine Vielzahl an Unit Tests erstellt, anhand derer eine Vielzahl an Sonderfällen entdeckt und letztendlich behoben werden konnte. Die Tests dienen nun als Regression-Tests, mit denen während der Weiterentwicklung der Einheitentransformation neu auftretende Fehler aufgedeckt werden können.

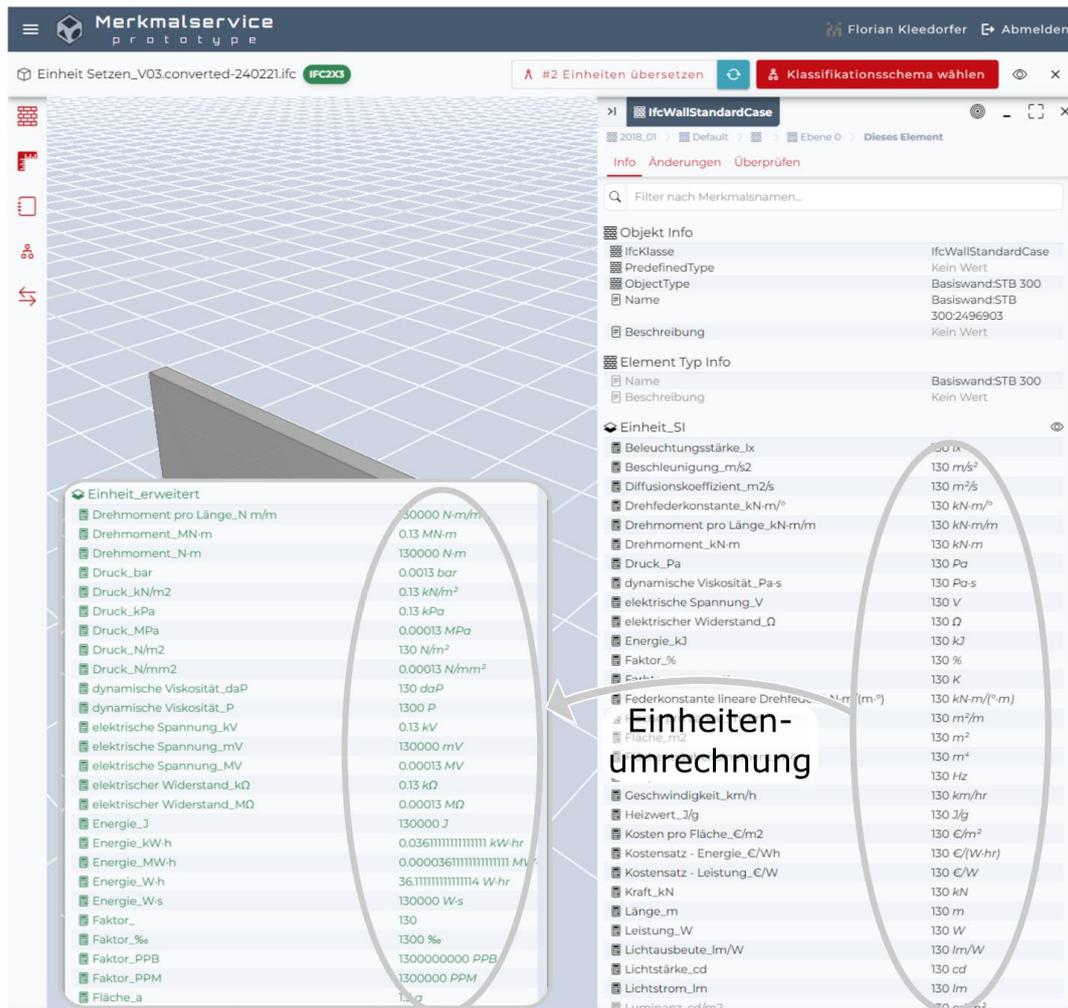


Abbildung 2.3.3: Testmodell mit Merkmalen in allen relevanten Maßen und das Transformationsergebnis, nachdem alle Werte in andere Einheiten umgerechnet wurden.

Performanceverbesserungen bei Übersetzungen

Die Geschwindigkeit des – im Browser stattfindenden – Übersetzungsprozesses wurde durch Caching der Werte von Regelbedingungen (und deren Teilbedingungen) wesentlich erhöht. Damit kann für beliebige Mengen von IFC Objekten schnell geprüft werden, welche Regeln auf sie anzuwenden sind. Die Ergebnisse der Anwendung werden ebenfalls vorgehalten.

Performanceverbesserungen der GraphQL API

Die Antwortzeiten des GraphQL Servers wurde im Zuge der Weiterentwicklung der GUI, und besonders bei Tests mit BenutzerInnen zunehmend zu einem prohibitiven Faktor. Aus diesem Grund wurde eine Performanceanalyse des GraphQL Servers durchgeführt, bei dem festgestellt wurde, dass das (für GraphQL bestens bekannte) „N+1“ Problem für die schlechte Performance verantwortlich war. Dieses Problem ist durch verschachtelte GraphQL Queries charakterisiert, die bewirken, dass für jedes Element, das in einer höheren Hierarchieebene gefunden wird, eine weitere Datenbankanfrage für die Unterelemente durchgeführt werden muss. Im vorliegenden Fall wurden auf diese Weise für eine Anfrage an die GraphQL Schnittstelle mehrere tausend Datenbankanfragen generiert. Ein bekannter systematischer Ansatz zu dessen Beseitigung besteht darin, die mehrfach ausgeführten Datenbankanfragen auf je eine zu reduzieren, indem dieser Anfrage sämtliche IDs, die auf einer höheren Hierarchieebene ermittelt wurden, mitgegeben werden. Der Ansatz führt im Extremfall jedoch zu sehr großen Anfragen. Es wurde stattdessen ein Ansatz entwickelt,

der die in SPARQL verfügbaren Property Paths nutzt, um die jeweiligen Zielobjekte mit einer einzigen Anfrage, die nur wenige Parameter enthält, zu laden. Diese Umstellung führte zu einem Refactoring der Datenzugriffsebene, in dem viel manuell erstellter Code durch automatisch zur Laufzeit erzeugte Anfragen ersetzt werden konnte. Die erreichten Performanceverbesserungen erlauben es BenutzerInnen, mit dem Merkmalsservice nun an Projekten realistischer Größe zu arbeiten, ohne von den Ladezeiten allzu sehr gestört zu werden, wodurch weitere Tests erst ermöglicht wurden.

2.4. Mapping Tools

Fertigstellungsgrad: 100%

Der Fertigstellungsgrad des Arbeitspakets beträgt 100%.

Alle geplanten Themen wurden bearbeitet; das maßgebliche Ziel des Arbeitspakets war es, die Erstellung und die Verwaltung von Übersetzungsregeln für die BenutzerInnen möglichst reibungslos zu gestalten, daher wurde stark auf das Feedback der BenutzerInnen geachtet und jene Aspekte höher Priorisiert, die in Bezug auf die Benutzbarkeit einen spürbaren Effekt haben würden. Die angedachte Übersetzungs-API wurde nicht implementiert, Empfehlungsalgorithmen für die Regelerstellung/Wartung wurden untersucht und implementiert, aber nicht in die prototypische Umsetzung eingebunden.

In der Folge werden die Arbeiten und Ergebnisse dieses Arbeitspakets beschrieben.

Übersetzungslisten

Basierend auf IFC Expressions (s. 2.3. Kernfunktionalität) wurde eine Copy/Paste Funktionalität für Spreadsheet-Programme wie Microsoft Excel entwickelt, die es erlaubt, die „MAP“ Funktion komfortabel zu konfigurieren. Expertengespräche haben gezeigt, dass Übersetzungslisten in der Praxis immer wieder vorkommen und üblicherweise in Excel verwaltet werden. Die entwickelte Funktionalität erlaubt es, das Merkmalsservice zu nutzen, ohne dass die BenutzerInnen ihre Arbeitsweise in dieser Hinsicht anpassen müssten – die entsprechenden Spalten des Spreadsheets müssen dort nur kopiert und in der Tabellendarstellung der GUI eingefügt werden. Der Abgleich zwischen der Tabellendarstellung und der Textdefinition der „MAP“ Funktion erfolgt automatisch. All dies wird in Abbildung 4 illustriert.

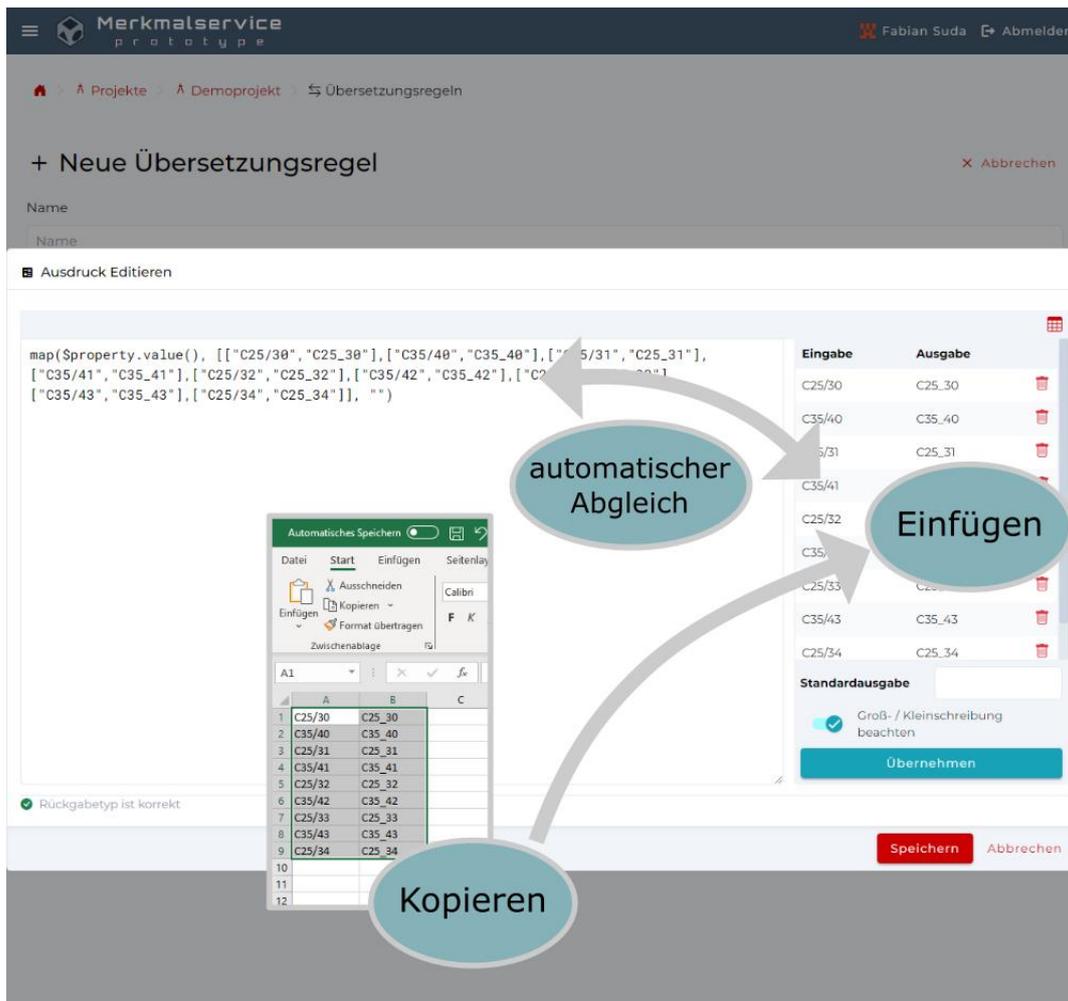


Abbildung 2.4.1: Transformation eines Merkmals mittels der Funktion ‚MAP‘. Im Beispiel wird die Schreibweise der Betonqualität umgewandelt. Die Eingabe ist hier sowohl als Text als auch über die rechts angezeigte Tabelle möglich, wobei auch Kopieren und Einfügen aus Spreadsheet-Programmen möglich ist.

Verbesserung des Workflows für das Erstellen von Übersetzungsregeln

In Tests mit DomänenexpertInnen wurde der manuelle Aufwand beim Erstellen von Transformationsregeln als limitierender Faktor identifiziert. Um in späteren Tests aussagekräftige Ergebnisse über die Nutzung der Transformationsregeln erhalten zu können, wurde der Workflow zum Erstellen und Verändern von Regeln überarbeitet. Dem kognitiven Vorgang der BenutzerInnen folgend wird nun zunächst ein GUI-Element zur Mehrfachauswahl von Merkmalen angeboten, in dem wie sonst in der Applikation auch sortiert, gefiltert und gesucht werden kann. Für die getroffene Auswahl kann dann eine Aktion gewählt werden (mögliche Aktionen sind, Hinzufügen, Löschen, Übersetzen, Extrahieren, und Ändern). Auf diese Weise können die häufig vorkommenden Mehrfachaktionen sehr effizient definiert werden und insgesamt Transformationsregeln mit wesentlich geringerem Aufwand erstellt werden.

Tiefere Integration der Transformationsfunktionalität in den 3D-Viewer

Mit dem Ziel, das erstellen und ändern von Transformationsregeln eng mit der Inspektion eines geladenen Bauwerksmodells zu verknüpfen, wurden diese Aktionen direkt aus der Detailansicht eines Bauswerkselements heraus zugänglich gemacht. Abbildung 4 illustriert diesen Aspekt.

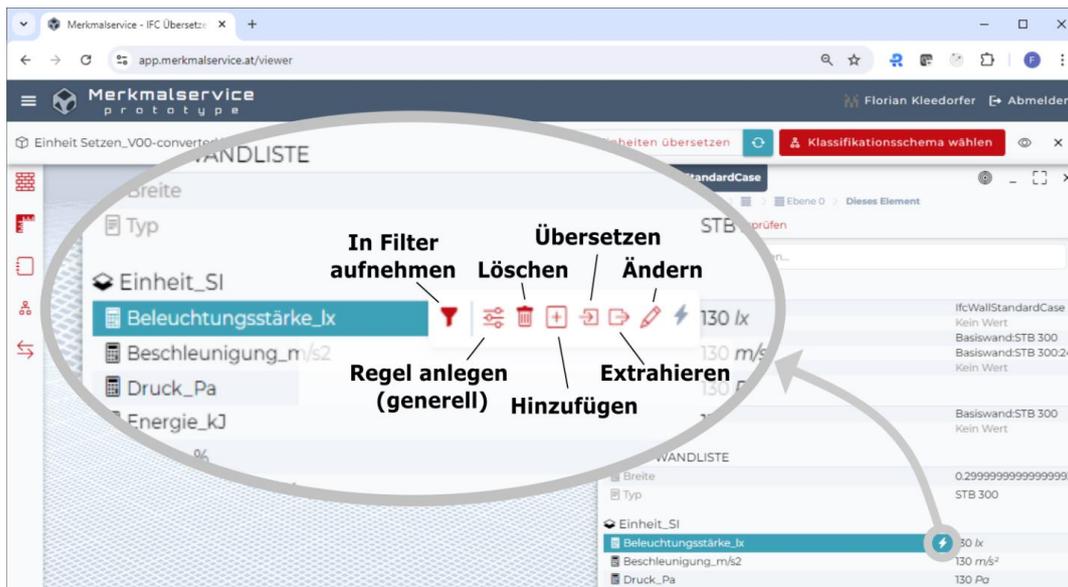


Abbildung 2.4.2: Aktionen für Merkmale, direkt in den 3D Viewer integriert. Mit einem Klick können BenutzerInnen Transformationsregeln bzw. -aktionen für dieses Merkmal erstellen.

Qualitätssicherung der Übersetzung

Die in diesem Arbeitspaket geplante Qualitätssicherung wurde letztendlich durch die Umsetzung von Klassifikationsschemata und Klassenspezifischen Anforderungen umgesetzt (Siehe 2.5, Standard-Management). Der derzeit dafür nötige Workflow besteht in der Transformation (Übersetzung) eines Modells und der anschließenden Klassifizierung aller Objekte im Modell nach einem Klassifikationsschema des Zielstandards. Die den Klassen beigefügten Anforderungen an Objekte werden somit geprüft und Probleme angezeigt.

Übersetzungs-API

Manche Unternehmen, insbesondere jene mit hohem Automatisierungsgrad im BIM Bereich, zeigten Interesse an einer Übersetzung per API, einerseits für einzelne Objekte eines Modells, andererseits für ein gesamtes Modell. Die Anforderungen für diese Funktionalität wurden mit dem interessierten Konsortialpartner besprochen, sie umzusetzen ist basierend auf dem Entwicklungsstand des Merkmalservice möglich. Diese Entwicklung wurde jedoch nicht als wichtig genug angesehen, um innerhalb des Projekts durchgeführt zu werden.

Empfehlungen bei der Regelerstellung

Es wurden verschiedene Ansätze für die Generierung von Empfehlungen unter Benutzung von Sprachmodellen untersucht. Dabei wurden zwar relevante Erkenntnisse für eventuelle, Zukünftige Umsetzungen erarbeitet, die erreichte Qualität war jedoch nicht ausreichend, um den Aufwand, den eine Integration in das Merkmalservice bedeutet hätte, zu rechtfertigen. Die wichtigste Erkenntnis ist in dieser Hinsicht, dass einige wenige, sehr simple, also nur auf Datenbank-Suche aufbauende Algorithmen die Arbeit der BenutzerInnen deutlich vereinfachen können, und dass der Fokus zukünftiger Entwicklungen auf diesen liegen sollte.

2.5. Standard-Management

Fertigstellungsgrad: 100%

Der Fertigstellungsgrad des Arbeitspakets beträgt 100%.

Die geplanten Ergebnisse wurden mehrheitlich erreicht („branchenübliche Darstellung“ und „Verwaltung von Standards in verschiedenen Versionen“), das Ziel der Analyse der Nutzung von Standards in Projekten wurde gering priorisiert, da es als in Tests mit Domänenexperten von geringer Bedeutung betrachtet wurde, und letztendlich nicht umgesetzt.

Die durchgeführten Arbeiten werden in der Folge beschrieben.

„Branchenübliche Darstellung“ von Standards

Der Wunsch von DomänenexpertInnen, eine ‚branchenüblichen Darstellung von Standards‘ im Merkmalservice anzubieten, wurde in mehreren Iteration mit den ExpertInnen diskutiert, bis sich herausstellte, dass es sich dabei jeweils um hierarchische Klassifikationsschemata anhand von Objekteigenschaften handelt, die in jedem größeren Standard genutzt wird, um über Teile von Modellen sprechen zu können.

Ein solches System sollte einerseits für jedes Modell vollständig sein, also alle Objekte des Modells (zumindest jene, die eine geometrische Repräsentation haben), einer Klasse zuweisen, andererseits sollte diese Zuweisung eindeutig sein; ein Objekt sollte also nicht in mehrere Klassen fallen können. In der Praxis werden allerdings beide Gebote oft nicht eingehalten, weshalb das Merkmalservice solche Klassifikationsschemata zulässt und die beiden Fehlerarten im konkreten Modell hervorhebt.

Die Struktur eines Klassifikationsschemas ist einerseits eine Liste von klassifizierenden Eigenschaften, die von der BenutzerIn frei wählbar ist. Neben Merkmalen stehen auch andere Aspekte des Objekts wie Name oder IFC-Klasse dafür zur Auswahl. Für jede einzelne Klassifikation ist auf Basis der gewählten Eigenschaften eine Klassifikationsbedingung im System abgelegt, die ebenfalls von der BenutzerIn festgelegt wird.

Die Für die Arbeit mit Klassifikationsschemata wurden eine Reihe von Erweiterungen im Frontend und Backend vorgenommen. Die Abbildungen 6-10 illustrieren das Anlegen und Einsehen von Klassifikationsschemata sowie die Prüfung eines Modells anhand eines oder, im Falle der Detailprüfung eines einzelnen Objekts, auch mehrerer Schemata.

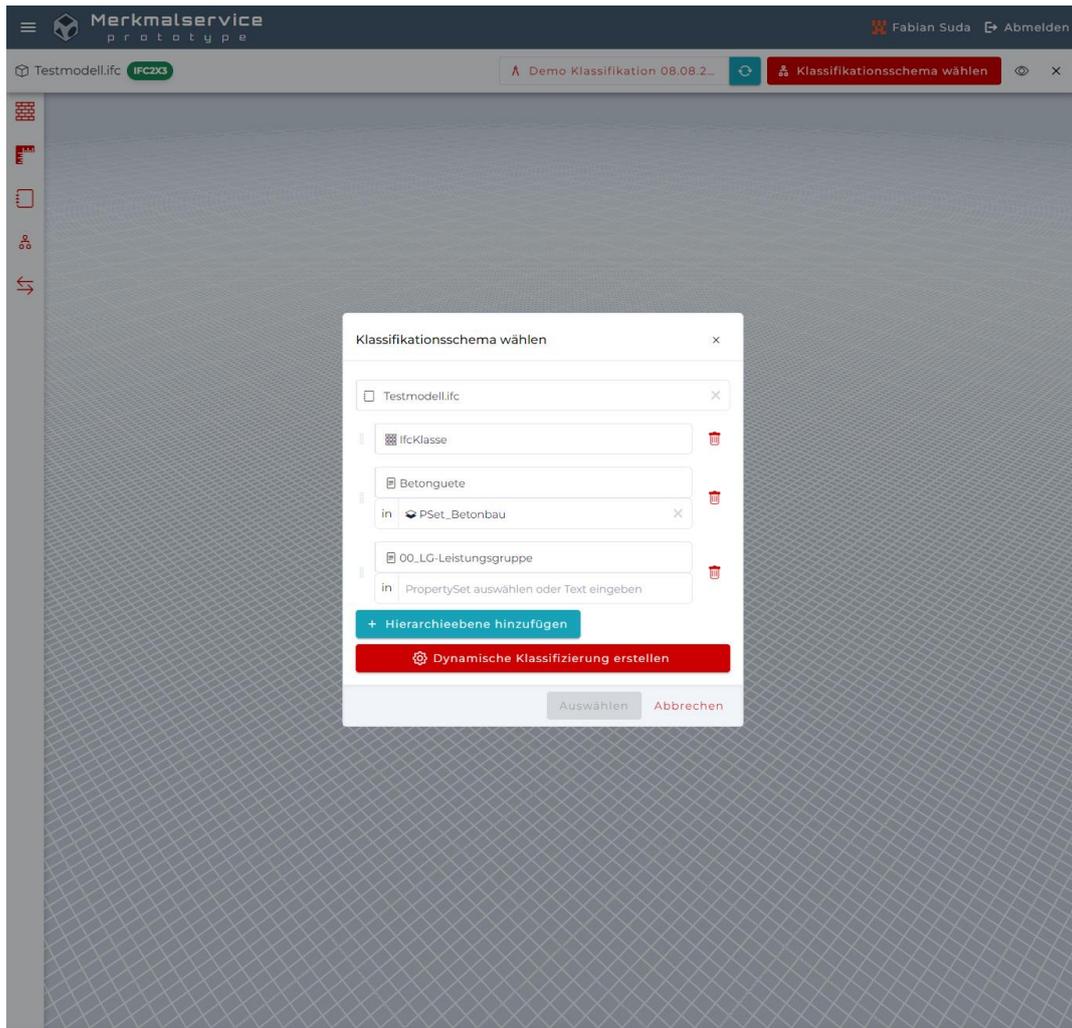


Abbildung 2.5.1: Erstellen eines Klassifikationsschemas mit drei Hierarchieebenen. Das erste Kriterium ist die IFC Klasse, das zweite das Merkmal ‚Betonguete‘, das dritte das Merkmal ‚00_LG-Leistungsgruppe‘.

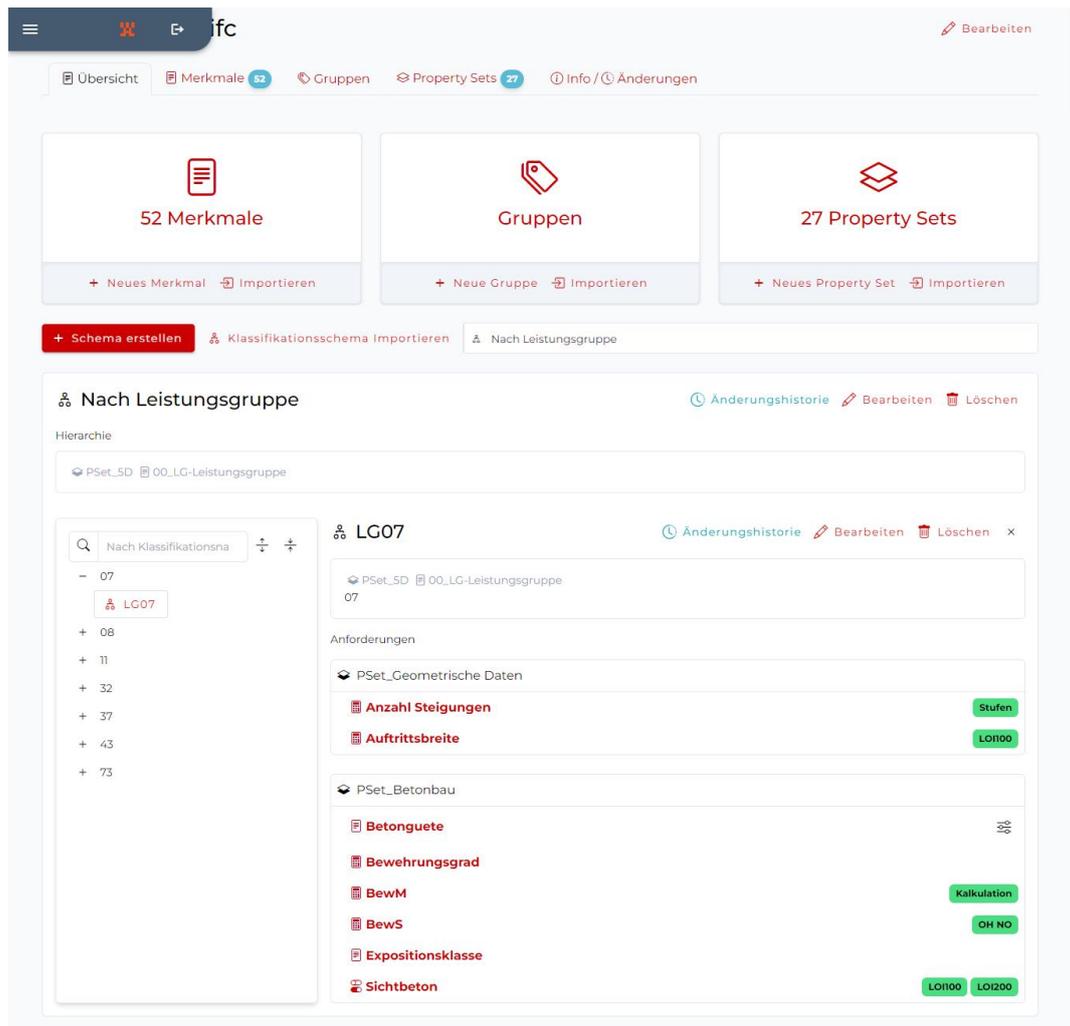


Abbildung 2.5.2: Klassifikationsschema mit nur einem klassifizierenden Merkmal, '00_LG-Leistungsgruppe'. Hier sind für die ausgewählte Klasse (Merkmalswert 'LG07') zwei Merkmale in einem und sechs in einem anderen PropertySet als Anforderungen hinterlegt und teilweise mit Tags versehen. Die Anforderung für 'Betonguete' verweist auf weitere Bedingungen, die erfüllt sein müssen.

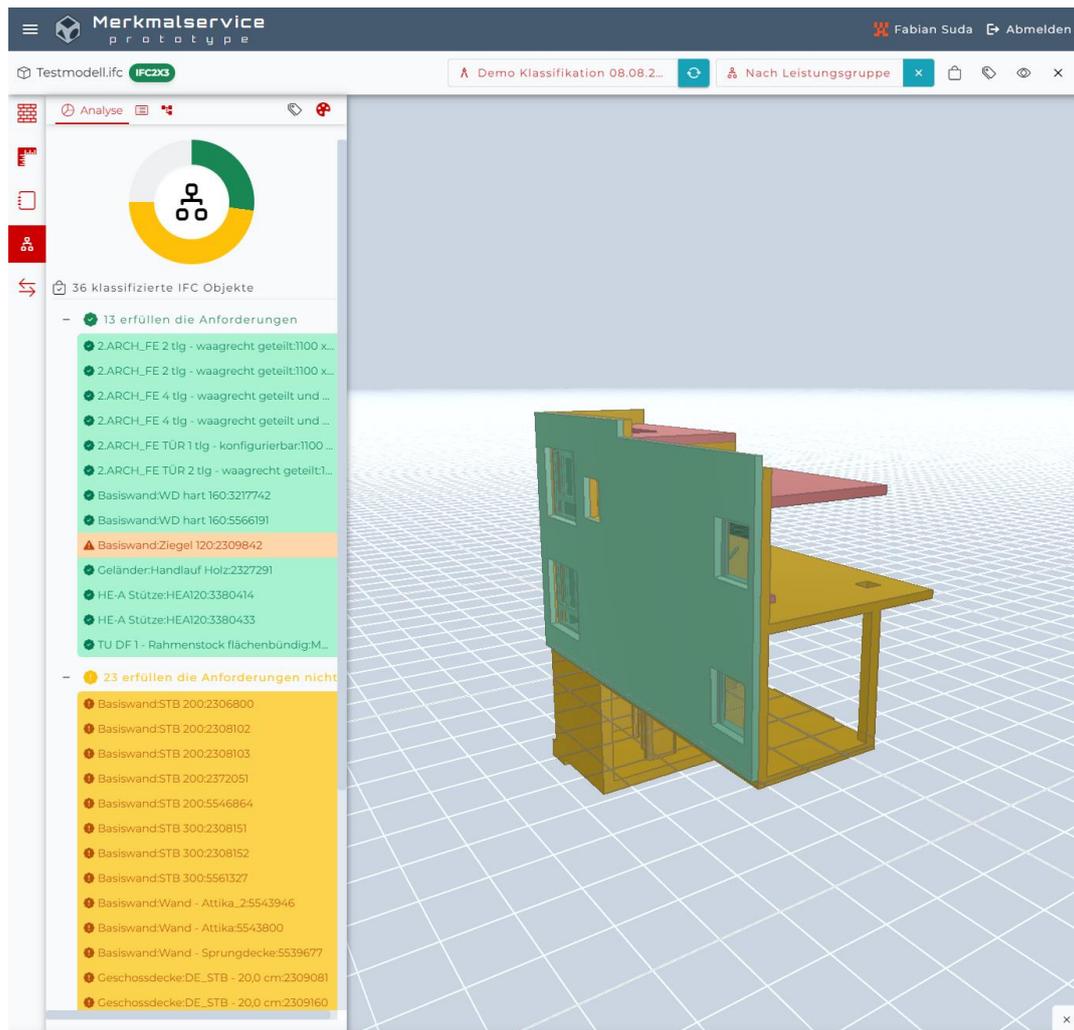


Abbildung 2.5.3: Analyse eines Modells auf Basis eines Klassifikationsschemas, farblich dargestellt. Rote Objekte entsprechen keiner Klasse im Schema. Orange Objekte sind mehreren Klassen zugeordnet, was nicht passieren sollte. Gelbe Objekte erfüllen die Anforderungen ihrer Klasse nicht, wohingegen dies bei grünen Objekten der Fall ist.

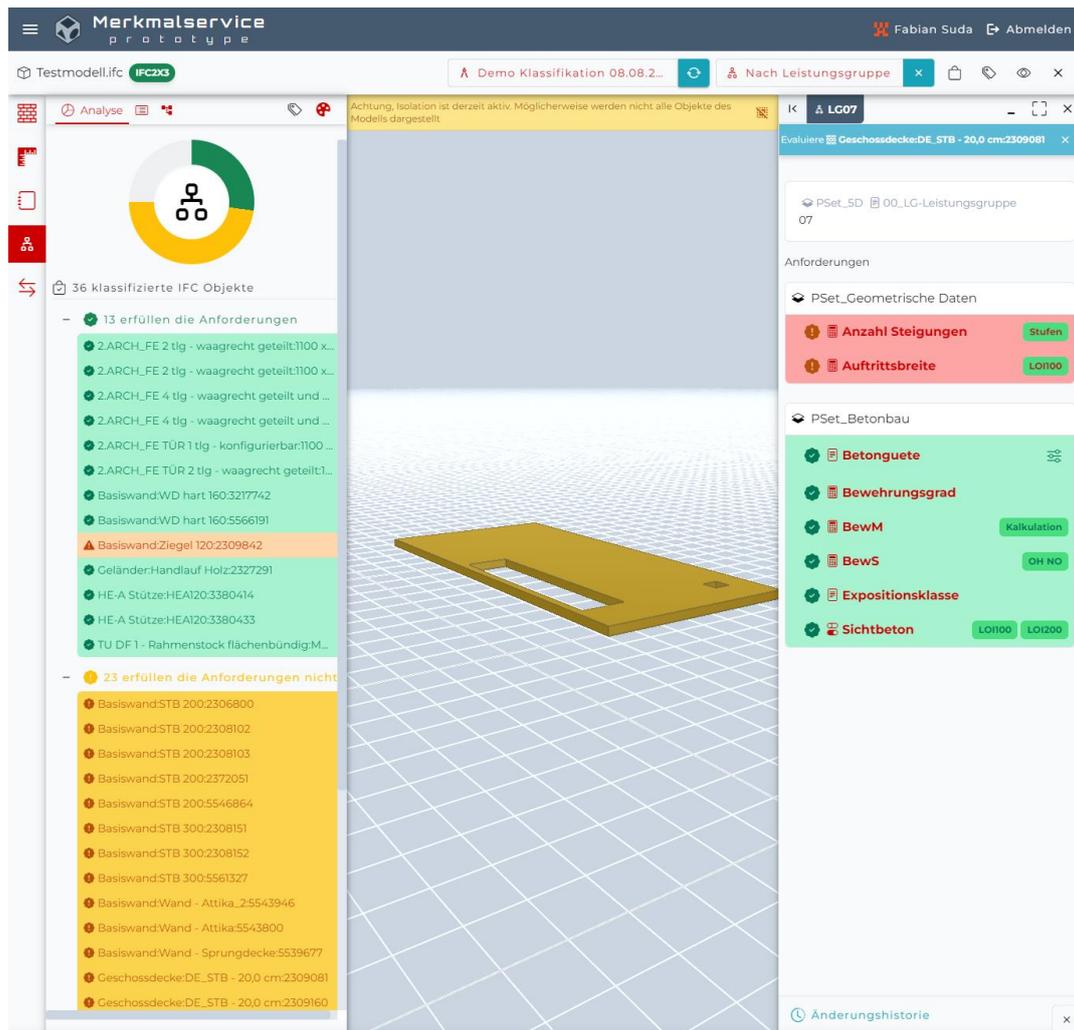


Abbildung 2.5.4: Ein Objekt wurde freigestellt. Im rechten Bereich werden die Anforderungen der Klasse, der das Objekt entspricht, aufgelistet, rot unterlegt sind die nicht erfüllten Anforderungen, grün unterlegt die erfüllten.

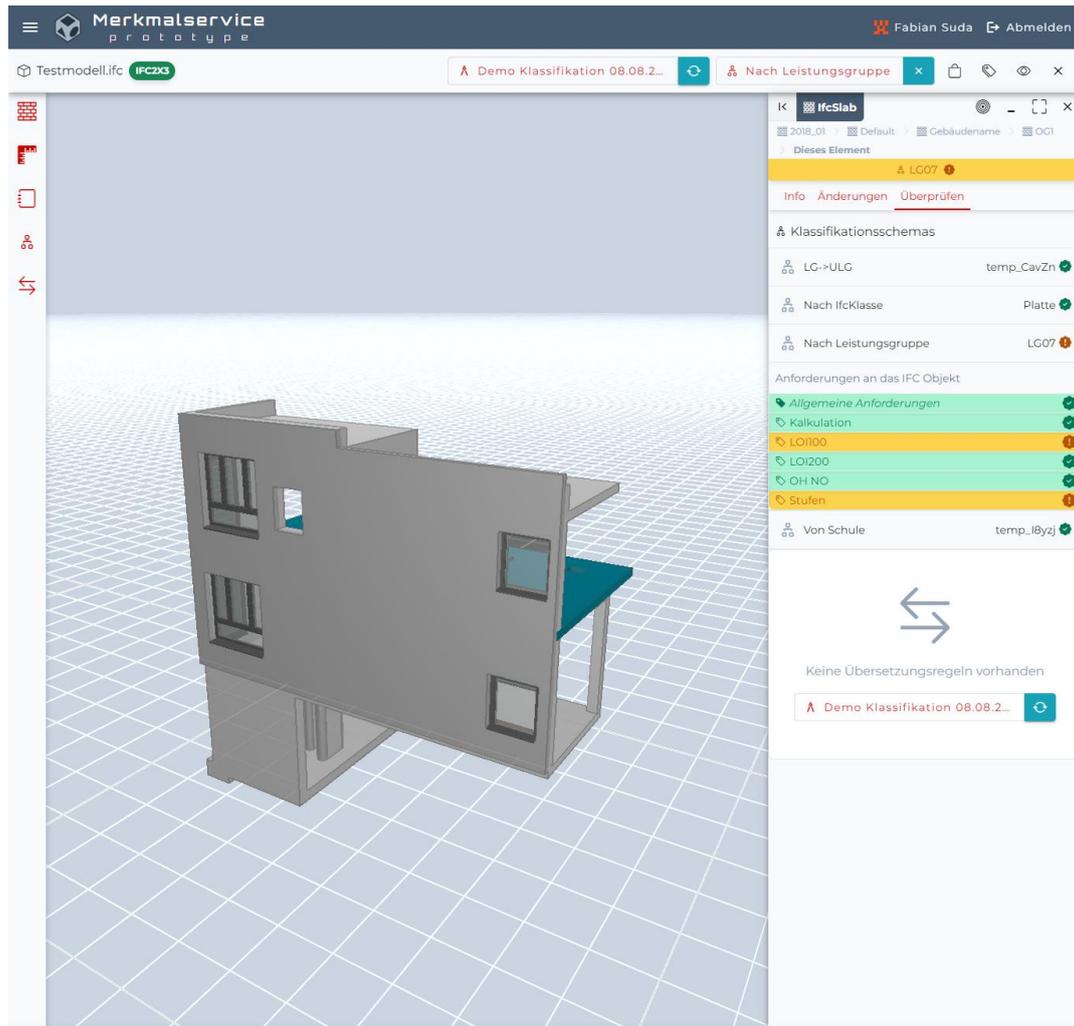


Abbildung 2.5.5: Für das ausgewählte IFC-Objekt wird die Klasse im aktuellen Klassifikationsschema (,LG07') angezeigt, für die nicht alle Anforderungen vom Objekt erfüllt werden. In anderen Klassifikationsschemata (etwa ,LG->ULG') erfüllt dieses Objekt die Anforderungen. Im aktuellen Schema sind es lediglich die mit ,LOI100' und ,Stufen' getaggten Anforderungen, die nicht erfüllt sind.

Vergleichen von Standards

Für verschiedene Aufgaben wird ein Vergleich zwischen Standards benötigt: zur Ermittlung der Unterschiede zwischen verschiedenen Versionen, für die Ermittlung von Änderungen, die an Kopien durchgeführt wurden, oder auch für den Vergleich der Standards unterschiedlicher Unternehmen. Die dafür erforderliche Logik wurde implementiert und ist für die Anzeige von Änderungen an Kopien in der GUI verfügbar. Abbildung 11 zeigt den Vergleich eines kopierten Standards mit seinem Original.

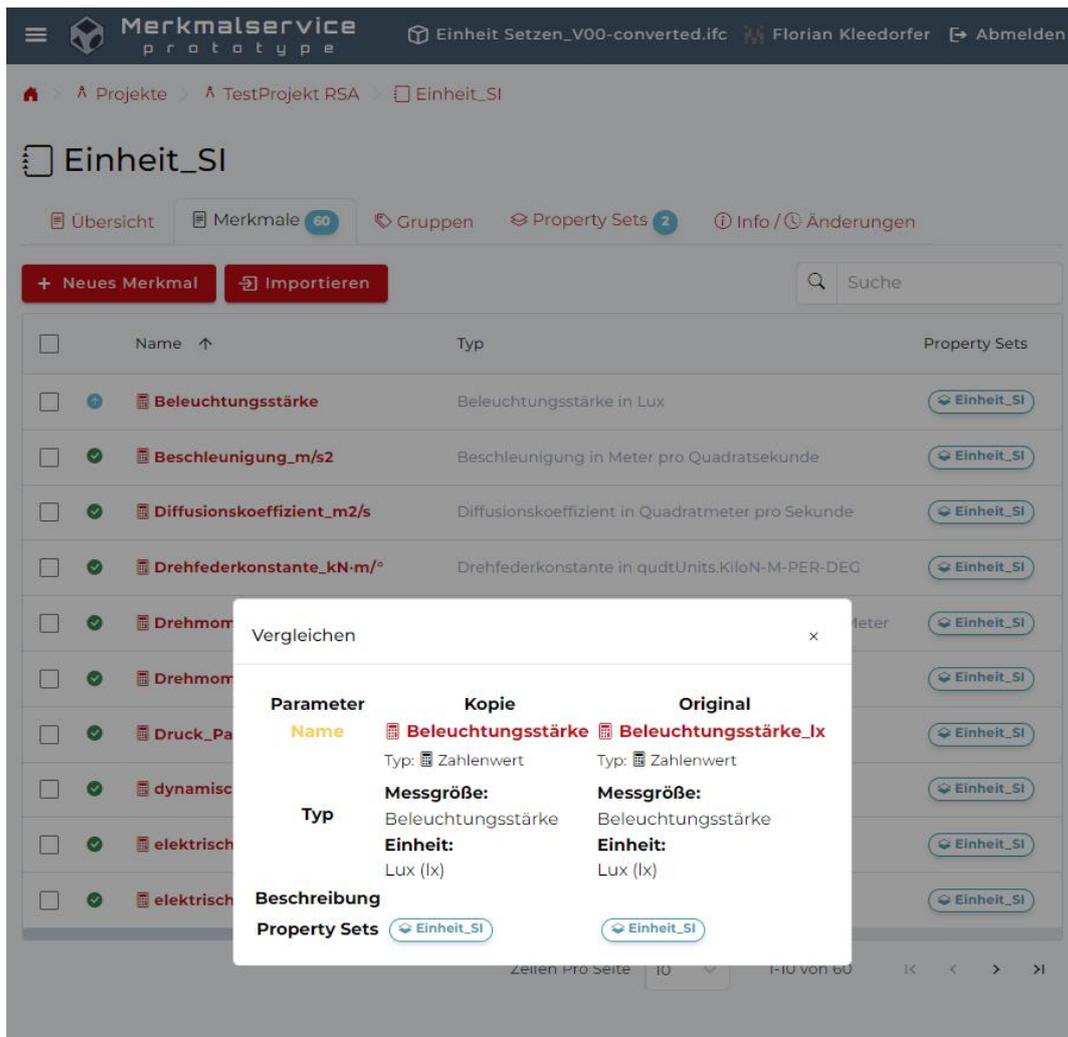


Abbildung 2.5.6: Vergleich zwischen Kopie und Original eines Standards. Das erste Merkmal in der liste wurde geändert (entsprechend markiert durch das Icon links). Das Overlay zeigt den Vergleich zwischen dem geänderten kopierten Merkmal und seinem Original: nur der Name wurde geändert.

Versionierung von Standards

Standards unterliegen einigseits ständiger Weiterentwicklung, andererseits muss ihr Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt auch in Zukunft abrufbar bleiben. Letzteres ist etwa von Bedeutung, wenn eine Ausschreibung mit beigefügtem Standard und IFC Modell veröffentlicht wird, in der vorgegeben wird, dass der Standard durch die einreichenden Unternehmen eingehalten werden muss. In so einem Fall ist es aus rechtlichen Gründen nötig, auf eine Version des Standards zu verweisen (häufig, indem der Standard als PDF der Ausschreibung beigefügt wird. Soll das Merkmalsservice in so einem Szenario von Nutzen sein, ist es unumgänglich, die Standards dort mit einem Versionsbezeichner versehen, sie gegen weitere Veränderungen sperren, und sie veröffentlichen zu können.

Die Vergabe des Versionsbezeichners erfolgt nach dem Prinzip der Semantische Versionierung, in der 3 Zahlen, durch „.“ getrennt, die Version definieren, eventuelle Suffixe sind erlaubt. Die erste Zahl heißt „Major Version“ die zweite „Minor Version“ und die dritte „Bugfix Version“. Ein Beispiel wäre „10.2.21“ Versionsnummern beginnen bei 0 und sollen monoton steigen, bis die Zahl zur linken erhöht wird, dann soll wieder bei 0 begonnen werden. Wenn ein Standard so verändert wird, dass keine Rückwärtskompatibilität mehr gegeben ist, muss die Major Version erhöht werden. Handelt es sich bei den Veränderungen um Erweiterungen, muss die Minor Version erhöht werden. In allen anderen Fällen muss die Bugfix Version

erhöht werden. Wird diese Konvention eingehalten, sind die Auswirkungen eines Versionsprunges für NutzerInnen des Standards zumindest grob abschätzbar.

Veröffentlichung, Sperrung, und Vergabe eines Versionsbezeichners (und damit Anlegen einer Kopie des Standards) wurden als voneinander unabhängige Funktionen implementiert. Es ist also möglich, Standards, die einen Versionsbezeichner haben, noch zu verändern.

Das Sperren eines Standards führt dazu, dass Veränderungen am Standard in der GUI nicht mehr angeboten werden. Darüber hinaus wird die Sperre auch im Back-end durchgesetzt. Versuche, einen gesperrten Standard per API zu verändern, schlagen fehl.

Die hier beschriebenen Funktionalitäten wurden umgesetzt. Abbildungen 12 und 13 illustrieren die Funktion „Sperren“, die die BenutzerIn zu besonderer Vorsicht aufruft. Abbildung 14 zeigt die Ansicht von Standard-Merkmalen nach dem Sperren. Abbildung 15 zeigt die Darstellung von Standardversionen in der Liste der Standards einer Organisation.

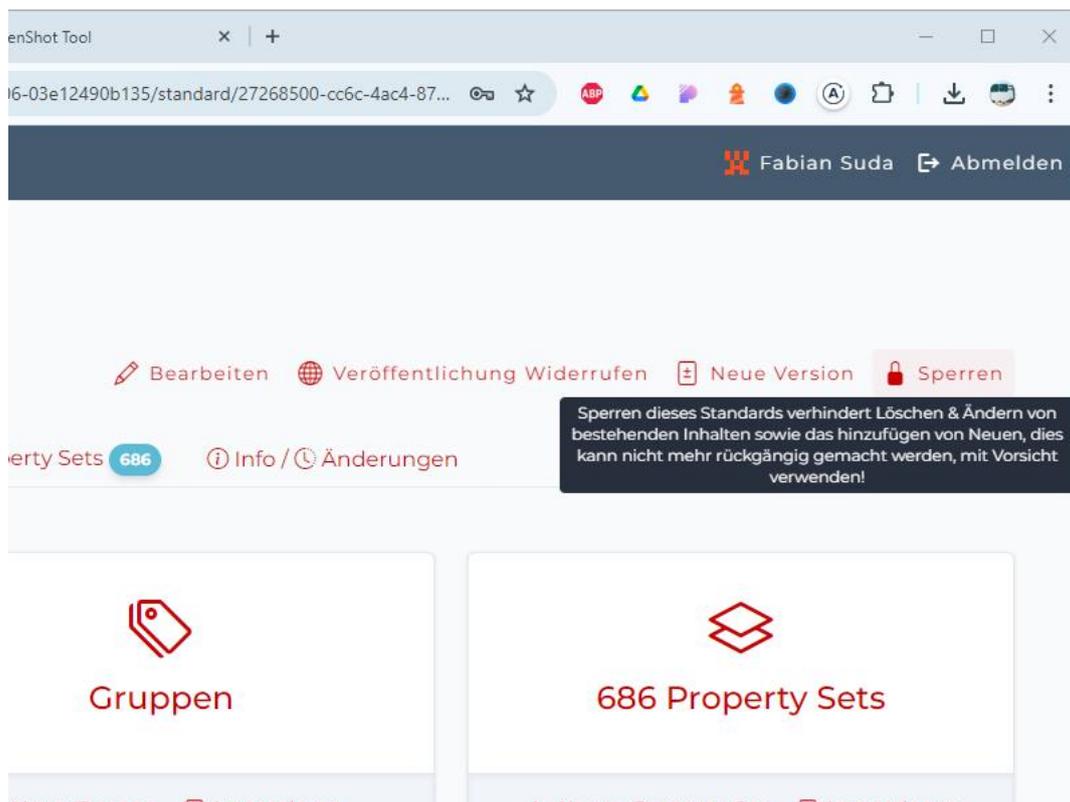


Abbildung 2.5.7: Detailansicht eines bereits veröffentlichten Standards einer Organisation. Das Tooltip erklärt die Wirkungsweise der Schaltfläche „Sperren“. Abbildung 13: Die Sperren-Funktion kann nur nach ausdrücklicher Zustimmung zu seinen Konsequenzen durchgeführt werden.

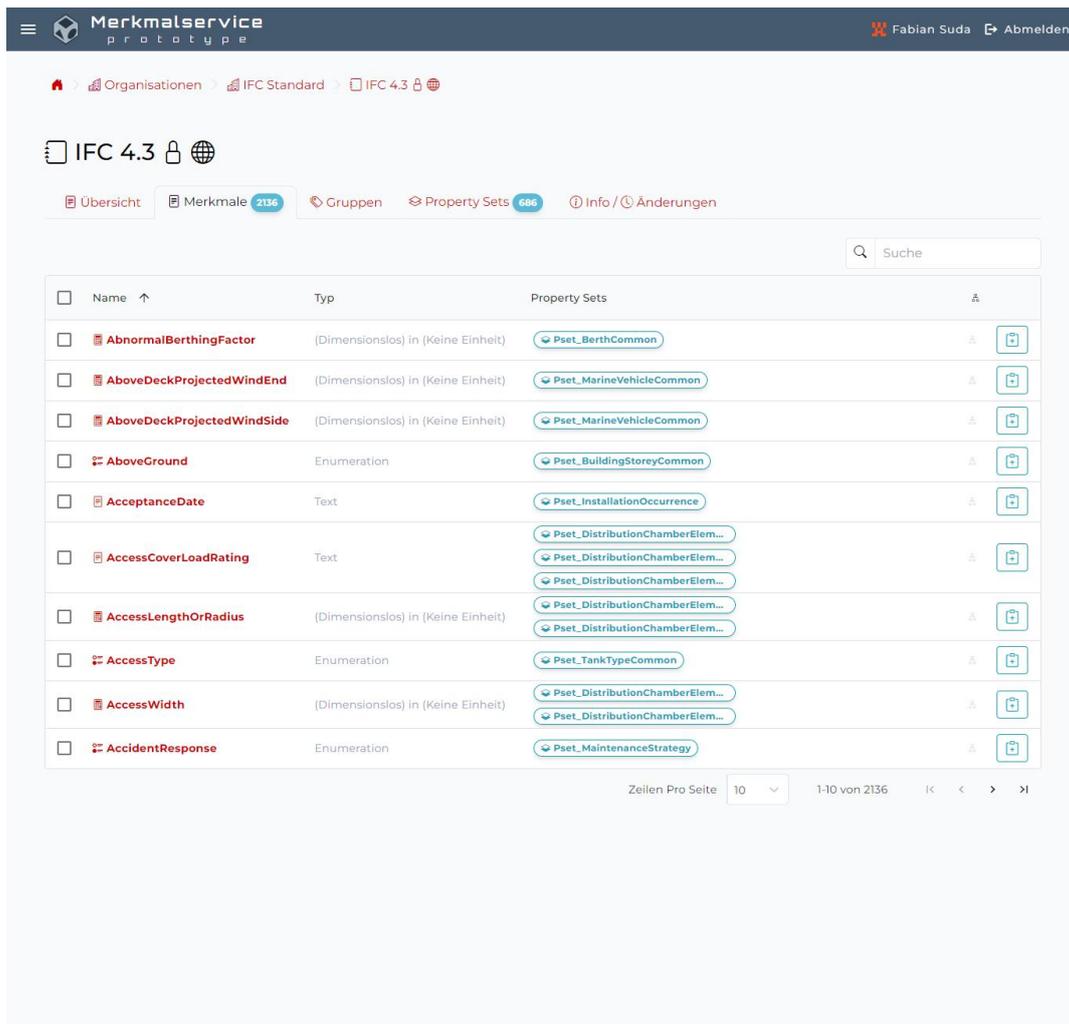


Abbildung 2.5.8: Ein veröffentlichter und gesperrter Standard, hier mit Fokus auf die darin aufgelisteten Merkmale. Zu bemerken ist das Fehlen von Schaltflächen zur Veränderung der Merkmale – diese Möglichkeit ist aufgrund der Sperrung des Standards nicht mehr gegeben.

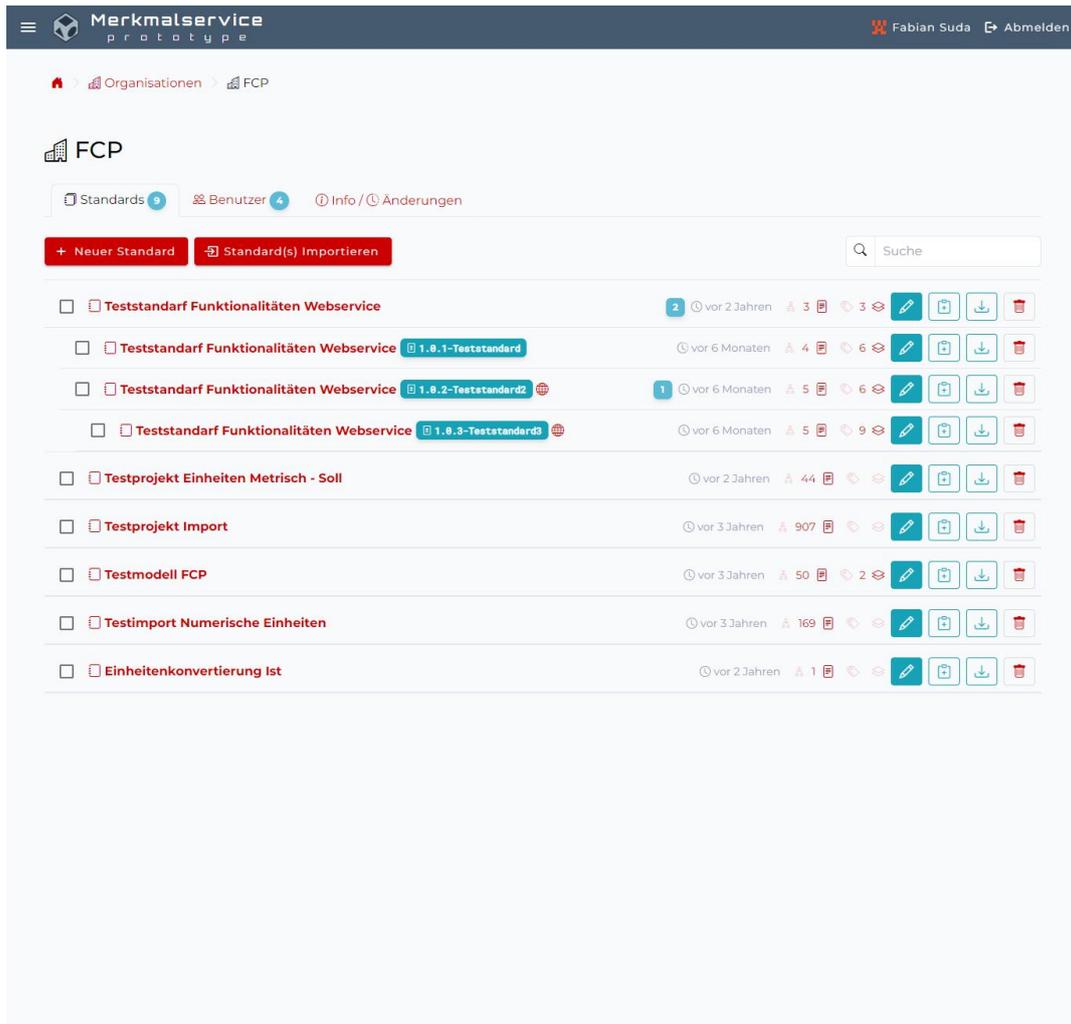


Abbildung 2.5.9: In der Liste der Standards einer Organisation werden die Standardversionen angezeigt. Der Standard im Beispiel hat drei Versionen: 1.0.1-Teststandard, 1.0.2-Teststandard2 und einer 1.0.3-Teststandard3. Die letzteren beiden sind veröffentlicht.

Abbildung 15: In der Liste der Standards einer Organisation werden die Standardversionen angezeigt. Der Standard im Beispiel hat drei Versionen: 1.0.1-Teststandard, 1.0.2-Teststandard2 und einer 1.0.3-Teststandard3. Die letzteren beiden sind veröffentlicht.

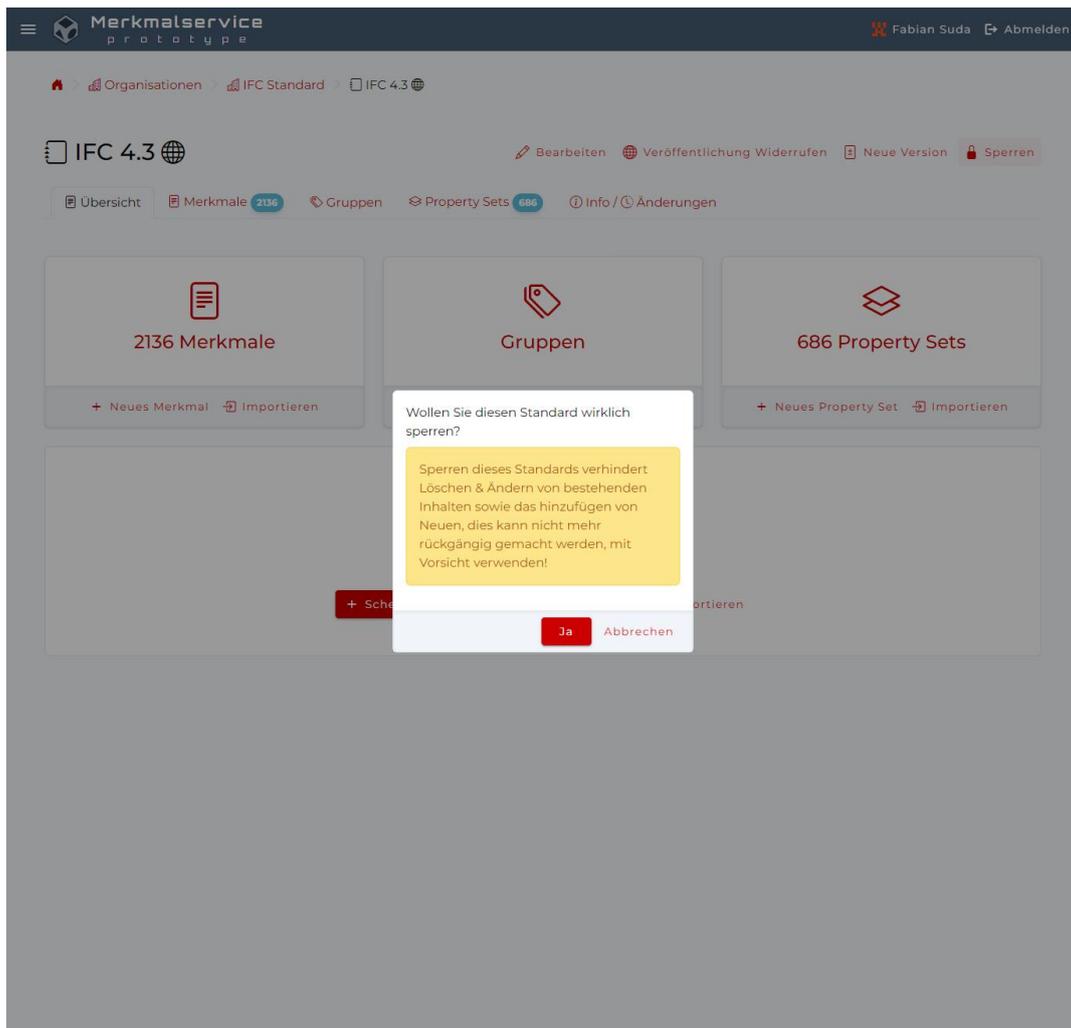


Abbildung 2.5.10: Die Sperren-Funktion kann nur nach ausdrücklicher Zustimmung zu seinen Konsequenzen durchgeführt werden.

2.6. Kommunikationsaspekte

Fertigstellungsgrad: 100%

Der Fertigstellungsgrad des Arbeitspakets beträgt 100%.

Die Anforderungen an Kommunikationsaspekte des Merkmalservice wurden mit den Domänenexperten iterativ erarbeitet. Als Arbeitsdefinition wurde jede Systemfunktion als „Kommunikationsfunktion“ gesehen, die

- verbale Kommunikation unnötig macht oder
- unvermeidliche verbale Kommunikation effizienter macht oder
- nützliche verbale Kommunikation ermöglicht

Es wurden 16 Kommunikationsbedürfnisse identifiziert, die sich grob in die folgenden Kategorien einteilen lassen:

- Zugriffsrechte erbitten/vergeben
- Über Änderungen an Standards/Projekten informiert werden
- Fragen zu Standards/Projekten stellen/beantworten
- Änderungen an Standards vorschlagen/diskutieren/akzeptieren
- Über Änderungen am Merkmalservice informiert werden

In der Expertenrunde wurden diese Bedürfnisse mit den Organisationsstrukturen, Prozessen und Rollenbilder der Unternehmen verbunden. Es wurden mehrere Prozesse beschrieben, die die genannten Kommunikationsbedürfnisse betreffen. Die dabei identifizierten Zuordnungen von Rollen zu Aufgaben (etwa: Merkmale für eine Release freigeben) erfordern ein deutlich komplexeres Berechtigungs- und Prozesssystem als es im Forschungsprojekt umsetzbar schien, ohne andere, höher priorisierte Aspekte zu gefährden.

Um dennoch möglichst viele Kommunikationsbedürfnisse zu bedienen, wurden die folgenden Funktionen umgesetzt:

Letzte Änderungen anzeigen

Um über eventuelle Veränderungen informiert zu werden, wurde eine Funktion implementiert, die es BenutzerInnen ermöglicht, die Änderungshistorie eines Objekts wie etwa Organisation, Standard, Projekt, Merkmal, etc. einzusehen, wenn diese Informationen benötigt werden. Dieser „pull“-Ansatz ist deutlich einfacher in der Handhabung als der zunächst ins Auge gefasste „Push“-Ansatz, bei dem BenutzerInnen vom System aktiv über relevante Änderungen informiert werden.

The screenshot shows a user dashboard with a search bar at the top. Below it is an 'Übersicht' (Overview) section with five cards: '16 Organisationen', '31 Projekte', 'IFC Übersetzer', 'Benutzerkonto', and 'Öffentliche Standards'. The 'IFC Übersetzer' card shows the currently open IFC file: 'Einheit Setzen_V00-converted.ifc'. Below the overview is an 'Änderungen' (Changes) section with a filter for 'Letzte 30 Tage' and a search bar. A table lists recent changes to various object types, all made by 'fkleedorfer' yesterday.

Objekt	Hierarchie	Geändert durch	Zeitpunkt
Beleuchtungsstärke	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Wärmeleitfähigkeit_W/(m-K)	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Einheit_SI	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Wärmeübergangskoeffizient_W/(m2-K)	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Wasserdampfdiffusionsleitkoeffizient_kg/(Pa-s-m)	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Frequenz_Hz	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Luftstromdichte_L/s*m2	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Streckenlast_N/m	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Länge_m	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern
Massestrom_kg/h	TestProjekt RSA → Einheit_SI	fkleedorfer	gestern

Abbildung 2.6.1: Ansicht der letzten Änderungen an Objekten, die die BenutzerIn sehen darf. Diese Ansicht ist im Dashboard der Benutzer*in verfügbar, sowie in Detailansichten von Objekttypen wie Organisation, Standard, Projekt, oder Merkmal.

BenutzerInnen einladen

Ein Hindernis bei der Zusammenarbeit im Rahmen des Merkmalservice war es, dass alle betroffenen BenutzerInnen zunächst ein Konto anlegen und der AdministratorIn ihren Benutzernamen mitteilen mussten, damit jeneR ihnen im nächsten Schritt die benötigten Zugriffsrechte auf ein Projekt oder eine Organisation geben konnte. Diese Komplexität wurde eliminiert, indem bei der Rechtevergabe die Möglichkeit eingebaut wurde, BenutzerInnen über ihre E-Mail Adresse zum System einzuladen und ihnen gleich die nötigen Berechtigungen zu erteilen.

News-Funktion auf der Website

Die statischen Inhalte auf <https://merkmalsservice.at> werden mit einem Site-Generator erstellt, der News-Items unterstützt. Damit wurde gezeigt, wie auf eventuelle Neuigkeiten hingewiesen werden kann.

Entwurf für Issuesystem

Für die Bedürfnisse der Kategorien „Fragen stellen“ und „Änderungen vorschlagen“ wurden einige Konzepte in Grundzügen entwickelt, die an die Funktionsweise des Issue- und Pull Request Systems von GitHub angelehnt sind. Ein solches System scheint geeignet, viele der gewünschten Prozesse abzubilden. Verglichen mit anderen Aspekten des Projekts (Arbeitspakete „Kernfunktionalität“, „Mapping Tools“ und „Standard-Management“) wurde jedoch insgesamt diese Kommunikation als weniger relevant eingestuft. Dies erfolgte nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass in den limitierten Testsituationen innerhalb des Projekts nur eine geringe Nutzung solche Funktionalitäten, und damit kein großer Erkenntnisgewinn erwartet wurde. Aus diesem Grund wurde von der Implementierung des Issue- und PR-Systems abgesehen.

Durch die Nutzung eines Pull-Ansatzes für die Information über letzte Änderungen sowie die Entscheidung, kein Issue-System zu implementieren, entfällt die Notwendigkeit eines System für Nachrichtenzustellung und -Management, wie es ursprünglich geplant gewesen war.

2.7. Prozessanalyse und Experimente

Fertigstellungsgrad: 100%

Der Fertigstellungsgrad dieses Arbeitspakets beträgt 100%.

Im Rahmen des Arbeitspaketes wurde eine Arbeitsgruppe aus Stakeholdern aus den Bereichen Planung, Bau und Auftraggeber zusammengestellt, um die unterschiedlichen Sichtweisen auf Fragestellungen zu betrachten, diese zu diskutieren und einen gemeinsamen Weg für die weiteren Entwicklungsschritte zu definieren.

Durchsicht der Datenstrukturen (Standards)

Die Datenstrukturen der verschiedenen Unternehmen wurden miteinander abgeglichen, es wurden die notwendigen Regeln für die Übersetzung und auch die bautechnisch relevanten Einheiten für den Ausbau des Übersetzungssystems identifiziert und dokumentiert. Detailliert kann das Ergebnis in den AP2.3 und AP2.4 nachgelesen werden.

Standardhosting / Versionierung

Für das Standardhosting war es notwendig den Prozess der Erstellung, sowie der Versionierung von Standards zu evaluieren, sowie die Rollen und Rechte auf der Plattform in diesem Zusammenhang zu betrachten. Damit wurde auch identifiziert, aus welchen Informationsquellen sich ein Standard speisen kann.

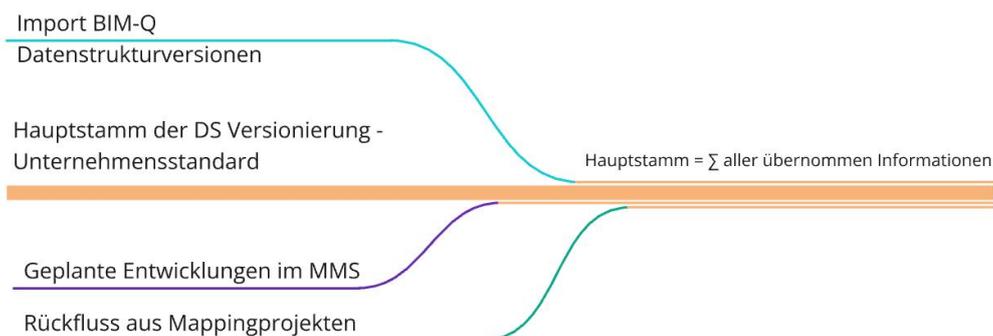


Abbildung 2.7.1: Identifikation aus welchen Informationsquellen sich ein Standard speißt

Es wurden Rollen identifiziert, die allerdings auch in einem User vereint auftreten können, dies ist vor allem davon abhängig, ob ein Auftraggeber oder etwa eine Baufirma einen Standard verwaltet.

1. Datenstrukturverantwortlicher

- Erlaubnis B+C einzuladen / Rechte zu vergeben bzw. verwalten - Nur Standard
- Löst die Versionierung / Herausgabe einer Unternehmensdatenstruktur aus
- Koordination mehrerer Referenten, wenn vorhanden

1. Prüfer / Referent

- Prüft die Werte der DS (Standard) auf Konformität mit den Unternehmensprozessen
- Freigabe der Werte des Standard - "Für Versionierung / Herausgabe freigegeben"
- Gibt bereits freigegebene bzw. herausgegebene Merkmale für eine Bearbeitung frei

1. Ersteller

- Identifiziert den Informationsbedarf
- Legt Merkmale an und definiert deren erweiterte Eigenschaften (Einheit, Enumeration etc.)
- Stellt Anfragen zur Bearbeitung von bereits Freigegebenen bzw. Herausgegebenen Merkmalen

Nutzen und Anwendung im Projektkontext

Neben dem initialen Anwendungsfall der Angebotslegung einer Baufirma wurden über den Lebenszyklus eines Bauwerks weitere Anwendungsfälle identifiziert, wo die Übersetzungsfunktionalität zur Anwendung kommen kann:

1. Planer transformiert seinen Planer IFC Standard zu Auftraggeber IFC Standard
2. Bauherr entwickelt seinen eigenen BIM Standard weiter und möchte bestehende Modelle auf diesen übersetzen
3. Bauherr benötigt eine Transformation seines Ausführungs BIM Standard in den FM BIM Standard
4. Bauherr verkauft sein Gebäude und nächster Besitzer hat eigenen BIM Standard

Neben diesen wäre es auch möglich in Zukunft den Auftraggeber IFC Standard in den Standard für eine Digitale Baueinreichung (in Wien) zu übersetzen. Da es derzeit noch keine endgültige Informationsanforderung für die digitale Baueinreichung gibt, kann dies nicht final evaluiert werden.

Experimente

Folgende Usertests wurden durchgeführt:

1. Evaluation der Plattformfunktionalitäten User der nicht vorbelastet ist
2. Evaluation des Übersetzungssystems durch Baufirmen
3. Evaluation des Klassifikationssystems durch HABAU
4. Evaluierung des Übersetzungssystems für die Übersetzung zwischen Datenstrukturversionen
5. Testmodell zur Evaluierung des Einheitensystems
6. Gemeinsame Evaluierung der Plattform und deren Funktionalitäten im Rahmen der Arbeitsgruppe

3. Erläuterung von wesentlichen Änderungen bei den Kosten

Keine

4. Beitrag der Projektergebnisse zur Nachhaltigkeit

Wirtschaftlich: Durch die Nutzung eines Merkmalsservice (MMS) können Bauwerksmodelle transformiert werden und müssen nicht neu erstellt werden. Dies bedeutet die Einsparung von Ressourcen und eine längerfristige Nutzung und Akkumulation von Wissen im digitalen Modell.

Ökologisch: BIM wird als mehrdimensionale Methode bezeichnet, wobei die sechste Dimension die Nachhaltigkeit des Bauwerks betrifft [ÖN2015]. Das MMS erleichtert die Nutzung dieser Dimension.

1. Durchgängige Nutzung

Der Lebenszyklus eines Bauwerks umfasst Planung, Bau, Betrieb, Modifikation und Abbruch. In dieser Zeit werden Modelle oftmals neu erstellt, weil die Informations- und Geometrieansforderungen der beteiligten Unternehmen unterschiedlich sind. Bei jeder Modellierung müssen die relevanten Daten manuell in das neue Modell eingetragen werden, jede einzelne Information trägt also zum Aufwand und damit zu den Kosten bei. Gerade die Nutzung der Nachhaltigkeitsdimension erfordert es, dass Daten, wie etwa verwendete Materialien, im Modell annotiert werden.

Das Projekt hat gezeigt, dass es möglich ist Modelle zu transformieren und damit weiterverwendbar zu machen. Im Vergleich zur manuellen Neumodellierung ist der Aufwand der Transformation nach dem ersten Erstellen der Transformationsregeln wesentlich geringer.

1. Einfachere Nutzbarmachung

Das Problem der uneinheitlichen Benennung und Definition von Merkmalen betrifft alle Dimensionen eines BIM Modells, auch die der Nachhaltigkeit. Das MMS macht es einfach, Modelle in jene Form zu transformieren, die von Auswertungswerkzeugen benötigt werden – eine Aufgabe, die ansonsten manuell zu erledigen wäre.

2. Kein Veralten von Bauwerksmodellen

Bestandsmodelle von Betreiberunternehmen sind einem Alterungsprozess ausgesetzt: die Datenstandards der Betreiber werden im Lauf der Zeit weiterentwickelt, etwa um Fehler zu korrigieren oder neue rechtliche Vorgaben umzusetzen. Die bestehenden Modelle müssen an diese Änderungen angepasst werden – oder sie veralten. Das Anpassen der Modelle durch Transformation bietet einen effizienten Weg der Bestandswartung, während eine manuelle Überarbeitung bei größeren Portfolios eher ausgeschlossen ist.

3. Mittelbarer Effekt auf die Marktdurchdringung von BIM

Ziel des Forschungsprojekts ist es, die Marktdurchdringung der „Open BIM“ Methode zu unterstützen. Sollte dieser Effekt eintreten, verstärkt er die anderen Effekte des MMS.

Effekt nach 5 Jahren

Der Effekt des MMS auf den Klimaschutz ist in die Kategorie in die Rubrik „Abschwächung des Klimawandels“ einzuordnen. Er ist, wie oben beschrieben, vielfältig, und darüber hinaus indirekt, was eine quantitative Abschätzung schwierig macht. Solch eine Prognose wäre höchst aufwändig und charakterisiert durch große Unsicherheiten, weshalb sie hier unterbleibt.

Der Gesamteffekt kann jedoch wie folgt qualitativ und systemisch zusammengefasst werden:

1. Positive Wirkung auf die Marktdurchdringung von Open BIM
2. Positiver Effekt auf die Nutzung vorhandener 6-D Daten
3. Positiver Effekt auf die Akkumulation relevanter 6-D Daten über den Lebenszyklus des Bauwerks hinweg
4. Positiver Effekt auf die Aktualität von Bauwerksmodellen im Bestand