Bundesministerium
für Verkehr

BUNDES
FERN
STRASSEN
DIGITAL

ABBILDUNG DER INHALTE VON LANDSCHAFTSPLANERISCH INTENDIERTEN REGELUNGEN BEI PLANUNG, REALISIERUNG UND BETRIEB VON BUNDESFERNSTRASSEN

Praxisdokument
Version 1.0



BIM
BUNDES
FERN
STRASSEN

Inhaltsverzeichnis

Überblick über die Praxisdokumente 3

Vorbemerkung 5

Teil A: Grundlagen, Zielsetzung und Vorgehensweise 6

1 Einführung 7
1.1 Umweltplanungsprozess im Bundesfernstraßenbau 8
1.2 Rechtliche Grundlagen für Naturschutz und Landschaftsplanung im Bundesfernstraßenbau 9
1.3 Akteure im Umweltplanungsprozess für Bundesfernstraßen 10

2 BIM in der Umwelt- und Landschaftsplanung 11

3 Zielstellung des Vorhabens 13

4 Vorgehensweise zur Abbildung der Inhalte von landschaftsplanerisch intendierten Regelungen im Bereich des Bundesfernstraßenbaus 14

Teil B: Relevante Objektmodelle und Ableitung des BIM-Objektkatalogs 16

5 Objektmodelle 17
5.1 XPlanung 17
5.2 OKSTRA® 18
5.3 Bestehende BIM-Fachmodelle 19

6 Modellstruktur und BIM-Objektkatalog 21
6.1 Vorgeschlagene Struktur der Fachmodelle Umwelt und Landschaftsbau 21
6.2 BIM-Objektkatalog 22

7 Praxisbeispiel: Modellierung der Fachmodelle 27

Teil C: Soll-Prozess 35

8 Darstellung der ermittelten Soll-Prozesse zur modellbasierten Integration landschaftsplanerischer Regelungen 36
8.1 Methodische Grundlagen des Soll-Prozesses 36
8.2 Entwurfsplanung 38
8.3 Genehmigungsplanung 40
8.4 Ausführung, Vergabe und Bau 42
8.5 Betriebsphase 44

Teil D: Semantische Transformationsregeln 47

9 Ausgangslage und Zielsetzung der Transformation 48

10 Methodik zur Entwicklung der Transformationsregeln und des Mappings 49

11 Beispielhafte Umsetzung und Erprobung der Transformation 52

12 Ergebnisse und Bewertung der Testtransformation 55
12.1 Objektbeziehungen und unterschiedliche fachliche Granularitäten 57
12.2 Fortschreibung und Historisierung bestehender Objektbestände 60
12.3 Anwendungsbezogene Transformationssteuerung und Zielmodellprüfung 61
12.4 Geometrische Überführung und Visualisierung 63

Fazit und Ausblick 66

13 Fazit 67

14 Handlungsbedarf und weiterführende Fragestellungen 68

Tabellenverzeichnis 70

Abbildungsverzeichnis 71

Abkürzungsverzeichnis 73

Literaturverzeichnis 75

Anlagenverzeichnis 78
Anlage A
Anlage B
Anlage C

Impressum 79

Überblick über die Praxisdokumente

Das hier vorliegende Praxisdokument „Abbildung der Inhalte von landschaftsplanerisch intendierten Regelungen bei Planung, Realisierung und Betrieb von Bundesfernstraßen“ ist Teil der Dokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen, die zusammengenommen den bundeseinheitlichen Rahmen für die Einführung der BIM-Methode als Standard und Regelprozess bei der Planung, beim Bau und beim Betrieb von Bundesfernstraßen bilden.

Die Praxisdokumente schlagen Herangehensweisen zur Bearbeitung spezifischer Themen vor, die dazu beitragen, die mit der einheitlichen Implementierung der BIM-Methode verbundenen Ziele noch besser zu erreichen. Der Masterplan BIM Bundesfernstraßen benennt fünf strategische Ziele für die einheitliche Implementierung der digitalen Arbeitsmethode BIM:

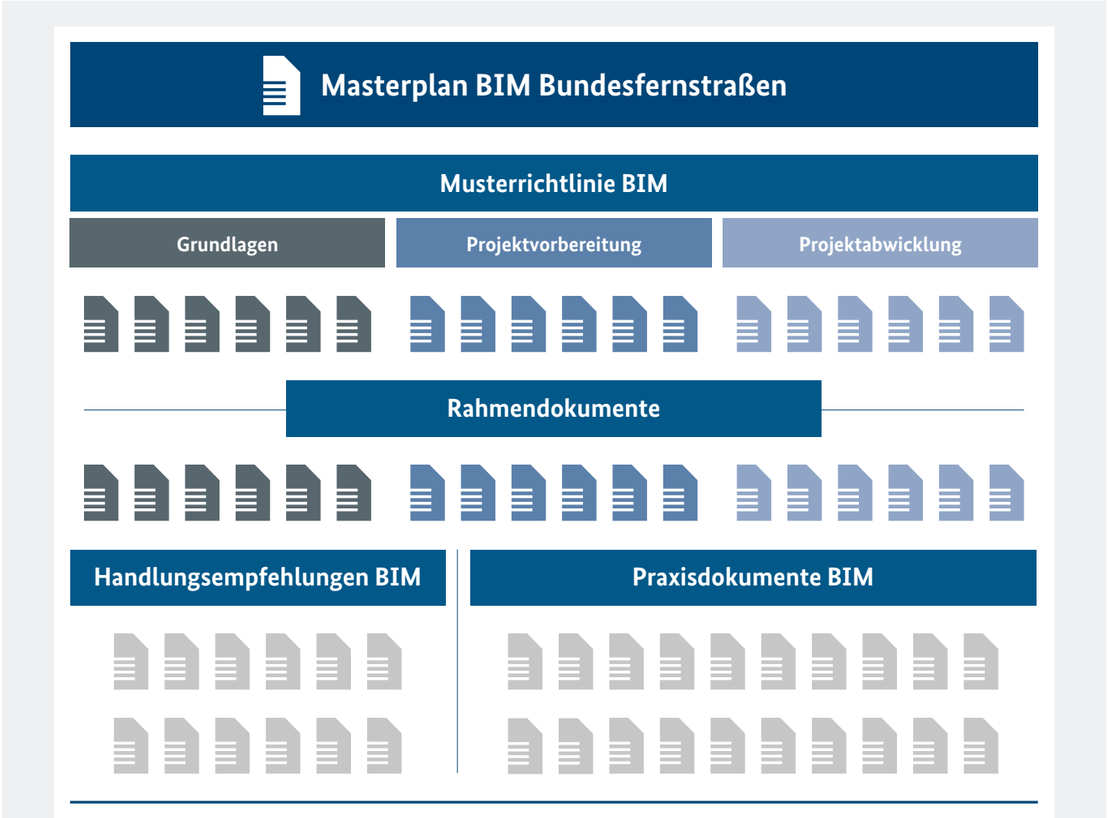
1. Wirtschaftlichkeit, Termin- und Kostenstabilität erhöhen,
2. Nachhaltigkeit optimieren,
3. Kommunikation durch erleichtertes Zusammenwirken verbessern,
4. herstellerneutrales, modellbasiertes und zentrales Datenmanagement einführen,
5. BIM-Implementierung harmonisieren und standardisieren.

Darüber hinaus stellen die Praxisdokumente ein wesentliches Medium für den Erfahrungsaustausch hinsichtlich der BIM-Implementierung in den Organisationen und in den Projekten dar.

Die Praxisdokumente ordnen sich wie in der Übersicht dargestellt in die Hierarchie der Dokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen ein.

Bei der Erarbeitung des bundesweit einheitlichen Rahmens werden sowohl die Erfahrungen aus den bereits abgeschlossenen und den noch laufenden Pilotprojekten als auch die Beiträge aus der kontinuierlichen Beteiligung aller Akteure der BIM-Implementierung berücksichtigt. Zugleich werden die allgemeinen Entwicklungen der BIM-Methode bei der nationalen und internationalen Standardisierung beachtet. Somit spiegeln die Dokumente den jeweiligen Stand der Technik und die Fortschritte bei der Standardisierung von BIM zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider.

Weitergehende Erläuterungen zu den Dokumenten des Masterplans BIM Bundesfernstraßen finden sich in der Publikation „Überblick über die Dokumente“ des Masterplans BIM Bundesfernstraßen, die unter www.bundesfernstrassen-digital.de/bim/publikationen zum Download zur Verfügung steht.



Übersicht über die Struktur der Dokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen

Vorbemerkung

Das Dokument gibt die Ergebnisse des Vorhabens „Abbildung der Inhalte von landschaftsplanerisch intendierten Regelungen bei Planung, Realisierung und Betrieb von Bundesfernstraßen“ wieder und gliedert sich in vier Hauptteile: TEIL A erläutert die Grundlagen, Zielsetzung und Vorgehensweise. TEIL B analysiert existierende Datenmodelle mit Bezug zum Vorhaben (XPlanung, OKSTRA®) und definiert den im Rahmen des Vorhabens erarbeiteten BIM-Objektkatalog. TEIL C stellt den im Vorhaben entwickelten Soll-Prozess als konzeptionelle Orientierung für die modellbasierte Integration landschaftsplanerischer Inhalte dar, und TEIL D behandelt die semantischen Transformationsregeln zwischen den verwendeten Datenmodellen. FAZIT und AUSBLICK führen die wesentlichen Ergebnisse zusammen und zeigen weiterführende Perspektiven auf.

Teil A
Grundlagen, Zielsetzung und Vorgehensweise

1 Einführung

Deutschland treibt die Digitalisierung im Bauwesen aktiv voran, insbesondere durch den Einsatz von Building Information Modelling (BIM). Dabei handelt es sich um eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden [1]. Das Bundesministerium für Verkehr (BMV[1]) ist einer der führenden Akteure dieser Transformation und bestrebt, die BIM-Methodik als Standard für Planung, Bauen und den Betrieb der Bundesfernstraßen zu etablieren.

Der von der Reformkommission eingeführte Stufenplan Digitales Planen und Bauen definiert ein gemeinsames Verständnis für die BIM-Methodik und bezeichnet die Anforderungen für ein digitales Modell sowie die kooperative Arbeit mit BIM. Durch klare Erwartungen und Zeitvorgaben ermöglicht der Stufenplan allen Beteiligten, sich auf die notwendigen Anpassungen der Anforderungen vorzubereiten. Auf Basis des Stufenplans veröffentlichte das BMV 2021 einen Masterplan zur Förderung der Implementierung der BIM-Methodik in der Planung, im Bauen und im Betreiben von Bundesfernstraßen. Wie in Abbildung 1 dargestellt, umfasst der Masterplan drei Phasen, von denen die erste Phase 2023 erfolgreich abgeschlossen wurde. Das übergeordnete Ziel des Masterplans ist es, die BIM-Methodik als Regelprozess zu etablieren und eine Grundlage für das „Zukunftsbild" – die Integration digitaler Zwillinge – zu schaffen.

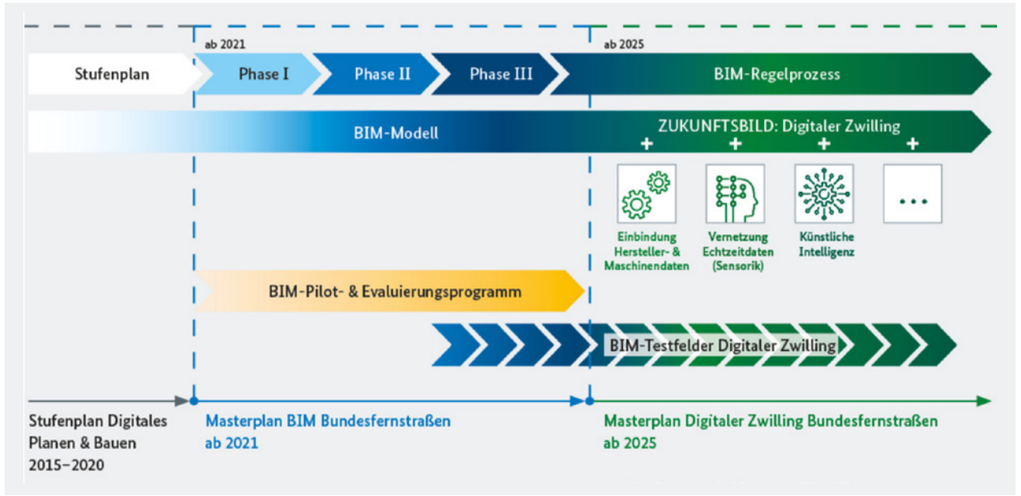


Abbildung 1: Phasenmodell der BIM-Implementierungsstrategie [2]

Das BMV arbeitet eng mit den Ländern zusammen, um eine flächendeckende Implementierung der BIM-Methodik sicherzustellen. In diesem Zusammenhang hat der Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg (LGV) unter Mitarbeit des Prof. Hellriegel Instituts Bernburg e.V. an der Hochschule Anhalt ein Projekt im Rahmen der Kooperationsvereinbarung zwischen BIM.Hamburg und BMV initiiert. Das Vorhaben

[1] Aus Gründen der Einheitlichkeit wird im vorliegenden Dokument durchgehend die aktuelle Bezeichnung Bundesministerium für Verkehr (BMV) verwendet. Dies umfasst auch frühere Bezeichnungen des Ministeriums wie Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sowie Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

„Abbildung der Inhalte von landschaftsplanerisch intendierten Regelungen bei Planung, Realisierung und Betrieb von Bundesfernstraßen" zielt darauf ab, die Anwendung der BIM-Methodik bei der Realisierung und Bewirtschaftung von Kompensationsmaßnahmen im Kontext von Bundesfernstraßen zu untersuchen. Der Bundesfernstraßenbau ist häufig mit Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens müssen die daraus resultierenden Auswirkungen auf Natur und Umwelt daher erfasst, bewertet und bewältigt werden. Dazu stehen die landschaftsplanerischen Instrumente und Verfahren zur Verfügung, die alle relevanten Informationen bereitstellen, die in den BIM-Prozess eingebunden werden müssen. Im Ergebnis werden im Rahmen der Eingriffsregelung sowohl die notwendigen Maßnahmen zur Minderung und Minimierung der Eingriffe als auch notwendige Maßnahmen zum Ausgleich des Eingriffs in Natur und Landschaft festgesetzt. Im Rahmen des artenschutzrechtlichen Fachbeitrages sowie einer gegebenenfalls notwendigen FFH-Verträglichkeitsprüfung werden ergänzende Maßnahmen erarbeitet und bereitgestellt. Die Maßnahmen müssen vergleichbar zum Betrieb und zur Unterhaltung von Bundesfernstraßen über den gesamten Lebenszyklus des Vorhabens bewirtschaftet und auf ihre Funktionsfähigkeit hin geprüft werden. Die Einbeziehung dieser Maßnahmen in die BIM-Methodik ist ein wichtiger Schritt, um eine nachhaltige und effiziente Planung, den Bau und den Betrieb von Bundesfernstraßen ganzheitlich zu gewährleisten und die Folgenbewältigung zu garantieren.

1.1 Umweltplanungsprozess im Bundesfernstraßenbau

Der Umweltplanungsprozess ist ein integraler Bestandteil des Bundesfernstraßenbaus und begleitet den gesamten Planungsprozess von der Bedarfsplanung bis zur Bewirtschaftung. Ziel ist es u. a., Eingriffe in Natur und Landschaft frühzeitig zu ermitteln, nachteilige Auswirkungen zu minimieren und unvermeidbare Beeinträchtigungen durch wirksame Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen gemäß §§ 13–15 BNatSchG sowie gegebenenfalls notwendige CEF-Maßnahmen (vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen im Artenschutz) oder FCS-Maßnahmen (Maßnahmen zur Sicherung des günstigen Erhaltungszustands) gemäß §§ 44–45 BNatSchG zu kompensieren. Die Festsetzungen dieser landschaftspflegerischen Maßnahmen sowie ihre Umsetzung, Pflege und langfristige Bewirtschaftung bilden den inhaltlichen Schwerpunkt des vorliegenden Vorhabens.

Ein wichtiger Teil des Prozesses sind Umweltprüfungen, zu denen die Strategische Umweltprüfung (SUP) und die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gehören. Die SUP wird auf der Ebene von Plänen und Programmen (wie z. B. dem Bundesverkehrswegeplan) durchgeführt, um Umweltbelange frühzeitig in planerische Entscheidungsprozesse einzubeziehen und ein hohes Umweltschutzniveau zu gewährleisten [3]. Die UVP hingegen ist integraler Bestandteil des Zulassungsverfahrens für Einzelprojekte und dient der Identifikation sowie Bewertung potenzieller bau-, anlage- und betriebsbedingter Umweltauswirkungen eines konkreten Vorhabens (§ 2 UVPG). Bundesfernstraßenprojekte unterliegen der UVP-Pflicht, wenn die Schwellenwerte gemäß § 6 UVPG i. V. m. Anlage 1 Nr. 14 überschritten werden; unterhalb dieser Schwellen entscheidet eine standortbezogene Vorprüfung über die UVP-Pflichtigkeit im Einzelfall. Das UVPG bildet damit die Grundlage für die Auswahl der umweltverträglichen Trassenvarianten und liefert zugleich die fachliche Basis für die nachfolgenden landschaftsplanerischen Instrumente.

Zur Bewältigung der konkreten Eingriffsfolgen wird in der Entwurfsplanung der Landschaftspflegerische Begleitplan (LBP) erstellt [4]. Der LBP ist das zentrale Instrument zur Umsetzung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung und bündelt alle erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung und Kompensation [5]. Artenschutzrechtlich begründete Maßnahmen (CEF, FCS), die im Artenschutzbeitrag festgelegt wurden, werden in den LBP räumlich und fachlich integriert. Die im LBP festgesetzten Maßnahmen werden mit genauen räumlichen und funktionalen Zielen definiert und werden als Bestandteil des Fachplans rechtsverbindlich.

Im Planfeststellungsverfahren werden die Ergebnisse der Umweltprüfungen sowie die Belange der Öffentlichkeit, anderer Behörden und betroffener Gemeinden geprüft [6]. Ziel ist es, eine ausgewogene Entscheidung zu treffen, die ökologische, soziale und wirtschaftliche Aspekte integriert. Der Planfeststellungsbeschluss stellt die Genehmigung des Bauvorhabens dar.

Nach Erteilung des Baurechts werden die landschaftsplanerischen Festsetzungen in der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung (LAP) bautechnisch konkretisiert. Der LAP überführt die Vorgaben des LBP in eine ausführungsreife Detailplanung und stimmt die landschaftspflegerischen Maßnahmen zeitlich und räumlich mit den übrigen Bauabläufen (z. B. Erdbau, Brückenbau) im integrierten Bauablaufplan ab [7]. Er bildet die direkte fachliche Grundlage für die Mengenermittlung, die Erstellung der Leistungsverzeichnisse (Ausschreibung) sowie für die spätere Umweltbaubegleitung. Somit stellt der LAP sicher, dass die ökologischen Ziele auf der Baustelle fach- und fristgerecht in die Praxis umgesetzt werden.

Zur Sicherstellung der Wirksamkeit der festgesetzten Maßnahmen sind Herstellungs- und Funktionskontrollen durchzuführen und deren Ergebnisse zu protokollieren. Mit der Herstellungskontrolle wird geprüft, ob die Voraussetzungen der Funktionserfüllung bestehen. Die Funktionskontrolle dient der Prüfung der Zielerreichung. Dazu sind in Abhängigkeit der Maßnahme, der Entwicklung sowie der Wirksamkeit die notwendigen Zeiträume festzulegen. Ergeben sich im Rahmen der Kontrollen Hinweise, dass die angestrebten Funktionen nicht erreicht werden, sind die entsprechenden Gründe dafür zu ermitteln und notwendige Anpassungen vorzunehmen.

1.2 Rechtliche Grundlagen für Naturschutz und Landschaftsplanung im Bundesfernstraßenbau

Der Prozess der Umweltplanung im Bundesfernstraßenbau ist ein hochgradig formalisierter Ablauf, der durch ein Zusammenspiel aus Fachplanungsrecht, Umweltrecht und spezifischen Richtlinien gesteuert wird. Diese rechtlichen Vorgaben determinieren, welche Umweltdaten erhoben und welche landschaftspflegerischen Maßnahmen geplant und umgesetzt werden müssen. Im Folgenden sind die wichtigsten rechtlichen und fachlichen Grundlagen aufgeführt.

Das BNatSchG und die ergänzenden Landes-NatSchG regeln, dass Eingriffe in Natur und Landschaft durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen kompensiert werden müssen. Sie gewährleisten, dass Bauprojekte umweltschonend durchgeführt werden, und verlangen, dass bei Bauprojekten die Auswirkungen auf die Umwelt minimiert werden. Für Eingriffe in Natur und Landschaft, bei denen die Eingriffsregelung im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung durchgeführt wird, konkretisiert die Bundeskompensationsverordnung (BKompV) die Vorgaben des BNatSchG zur Vermeidung und Kompensation von Beeinträchtigungen.

Das Bundesfernstraßengesetz (FStrG) bildet die rechtliche Basis für den Bau und Ausbau von Bundesfernstraßen. Gemäß § 17 FStrG bedürfen diese Vorhaben eines Planfeststellungsverfahrens, in dem alle öffentlichen und privaten Belange abgewogen werden. Die Planfeststellungsrichtlinien 2019 (PlaFeR 19) konkretisieren die verfahrensbezogenen Anforderungen an die Planfeststellung nach dem Bundesfernstraßengesetz.

Neben dem nationalen Recht wird die Umweltplanung maßgeblich durch das europäische Recht geprägt, insbesondere durch die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL, 92/43/EWG) und die Vogelschutzrichtlinie (VSchRL, 2009/147/EG). Gemäß § 34 BNatSchG ist zwingend zu prüfen, ob ein Vorhaben die Erhaltungsziele eines europäischen Schutzgebietes erheblich beeinträchtigen kann. Ist dies der Fall, müssen gezielte Maßnahmen zur Schadensbegrenzung oder Kohärenzsicherung geplant werden. Gemäß § 44 und § 45 BNatSchG gelten strenge Zugriffsverbote für europäisch geschützte Arten (z. B. das Verbot der Tötung, der Störung oder der

Zerstörung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten). Werden solche Arten beeinträchtigt, ist eine spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) beziehungsweise. ein Artenschutzfachbeitrag (AFB) erforderlich. Um Verbotsverletzungen zu verhindern oder Ausnahmegenehmigungen zu rechtfertigen, müssen oft artspezifische, vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (CEF-Maßnahmen, Continuous Ecological Functionality) oder Maßnahmen zur Sicherung des günstigen Erhaltungszustands (FCS-Maßnahmen, Favourable Conservation Status) geplant und umgesetzt werden.

Das UVPG stellt sicher, dass potenzielle Umweltauswirkungen großer Infrastrukturprojekte wie Straßenbauvorhaben durch Umweltverträglichkeitsprüfungen bewertet werden. Diese Prüfungen identifizieren mögliche Alternativen und legen Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung oder Kompensation von Umweltbelastungen fest. Dabei werden auch die Öffentlichkeit und betroffene Interessengruppen frühzeitig eingebunden.

Die Richtlinien für die Umweltverträglichkeitsprüfung im Straßenbau (RUVP) und Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung im Straßenbau (RLBP) dienen als Leitfaden für die Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen und landschaftspflegerische Begleitplanungen. Sie fördern eine frühzeitige Integration von Umweltaspekten in den Planungsprozess, um negative Auswirkungen auf die Schutzgüter nach UVPG zu minimieren und transparentere Entscheidungen zu ermöglichen.

Für die Konkretisierung und Umsetzung der im LBP festgelegten Maßnahmen bilden die Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau (ELA) eine wesentliche fachliche Grundlage. Sie beschreiben die Landschaftspflegerische Ausführungsplanung, die Einbindung der Maßnahmen in den Bauablauf sowie Anforderungen an Bauausführung, Pflege, Kontrolle und Bestandsdokumentation. Damit unterstützen sie die Informationsfortführung vom LBP über den LAP bis in Bau und Betrieb.

Neben dem reinen Naturschutzrecht sind bei der Straßenplanung und der Maßnahmenkonzeption weitere Umweltfachgesetze zu beachten. Hierzu zählen insbesondere das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) sowie das Bundeswaldgesetz (BWaldG, z. B. bei Ersatzaufforstungen). Zudem gewinnt das Umweltschadensgesetz (USchadG) an Bedeutung, welches den Vorhabenträger zur Vermeidung und Sanierung von Biodiversitätsschäden verpflichtet [8].

1.3 Akteure im Umweltplanungsprozess für Bundesfernstraßen

Der Umweltplanungsprozess für Bundesfernstraßen erfordert die Zusammenarbeit zahlreicher Akteure. Das BMV ist für Planung und Finanzierung zuständig, während das Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUKN) die Einhaltung von Umweltvorgaben überwacht und Leitlinien für den Naturschutz entwickelt. Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) unterstützt mit Gutachten zu Biotopschutz und Schutzgebieten, die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) definiert technische Standards und untersucht Umweltwirkungen. Als Anhörungs- und Planfeststellungsbehörde erteilt das Fernstraßen-Bundesamt (FBA) die Genehmigungen für Bundesautobahnen (mit Ausnahmen in einzelnen Bundesländern). Der Bundesrechnungshof kontrolliert die Wirtschaftlichkeit.

Die DEGES GmbH plant und koordiniert Projekte sowie landschaftsplanerische Maßnahmen, während die Autobahn GmbH als Vorhabenträgerin auftritt und für das Management zuständig ist. Auf Landesebene setzen Behörden bundesrechtliche Vorgaben um und führen Umweltprüfungen durch, während Kommunen und Landkreise lokale Belange einbringen. Ingenieur- und Planungsbüros erstellen Pläne und führen Umweltstudien durch, unterstützt von Forschungseinrichtungen und Universitäten mit innovativen Ansätzen.

2 BIM in der Umwelt- und Landschaftsplanung

Die zunehmende Verbindlichkeit der BIM-Methodik für Infrastrukturprojekte führt dazu, dass BIM auch verstärkt in die Umwelt- und Landschaftsplanung integriert wird. Die folgende Abbildung 2 zeigt den Standard-Workflow von Ingenieurprojekten, die mit der BIM-Methode geplant werden, über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks hinweg. Ergänzt wird dieser Prozess in dem äußeren Ring von Parallelprozessen der Umweltplanung. Diese Planungsprozesse werden in der Regel unter Anwendung der GIS-Methode durchgeführt. Die Abbildung unterstreicht die Unvermeidbarkeit der Interaktion und den möglichst standardisierten Datenaustausch zwischen BIM- und GIS-Systemen, um die Etablierung von digitalen Arbeitsabläufen bzw. Prozessketten bei der Umsetzung von Infrastrukturprojekten zu realisieren.

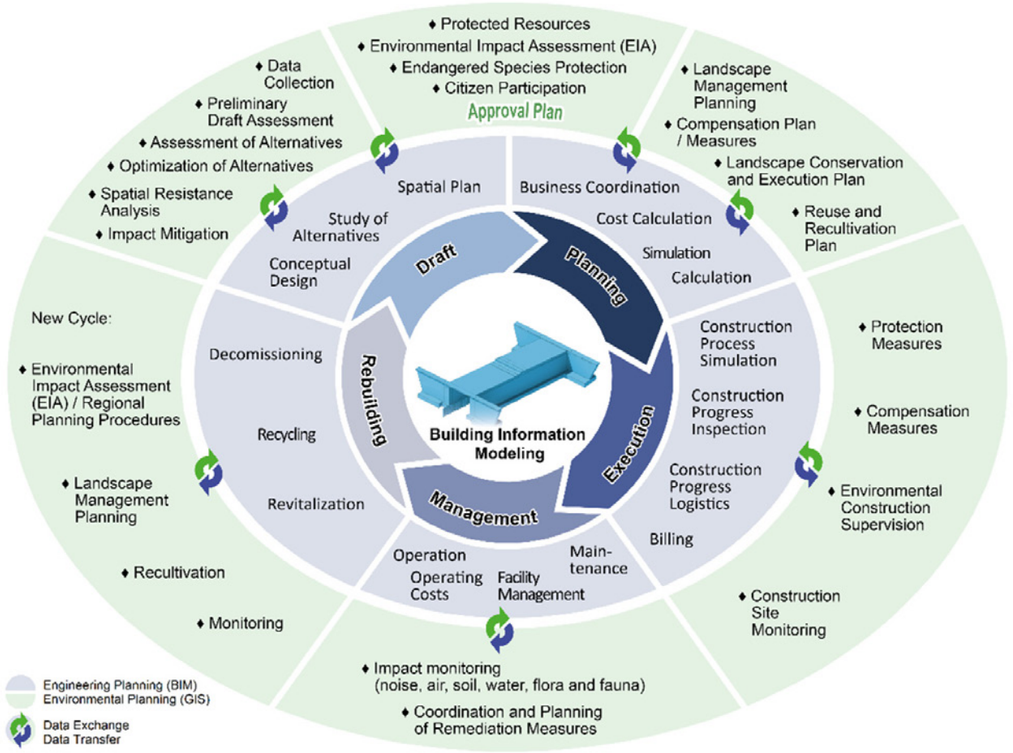


Abbildung 2: Der BIM-GIS-Cycle. Hellblauer Ring: Ingenieurplanung oder Architektur. Hellgrüner Ring: Landschafts- und Umweltplanung [9]

Trotz der verschiedenen Pilotprojekte, die sich mit der Umsetzung von BIM-Methoden, insbesondere in der Planungs- und Bauphase, befassen, zeigt die Literaturübersicht eine Forschungslücke bei der Integration der BIM-Methode in der Umwelt- und Landschaftsplanung.

Ein bemerkenswertes Beispiel ist das Pilotprojekt zum Ausbau der A 99 in München, das vom BMV finanziert und vom Projektbüro PSU-Schaller in Zusammenarbeit mit Esri Deutschland durchgeführt wurde [9]. Dieses Projekt entwickelte ein Konzept zur Integration von BIM-Modellen in die GIS-Umgebung, um die Auswirkungen von Bauprojekten auf die umliegenden Landschaften zu analysieren. Die Integration erfolgte durch die Einbindung von BIM-Modellen in eine Esri-Geodatenbank mittels eines ETL-Prozesses (Extract, Transform, Load), der mit der FME-Software umgesetzt wurde.

Ein weiteres bemerkenswertes Pilotprojekt [10], das von der Hochschule Osnabrück in Zusammenarbeit mit der Havellandautobahn GmbH & Co. KG durchgeführt wurde, konzentrierte sich auf die Umsetzung geplanter landschaftspflegerischer Maßnahmen (mittels LAP) während des Baus eines Abschnitts der A 10/A 24. Dabei wurde unter anderem ein BIM-Fachmodell Landschaft/Freianlage für die landschaftspflegerische Planung entwickelt. Die im Projekt erarbeiteten Datenstrukturen und Objektdefinitionen flossen in die Weiterentwicklung der „BIM-Klassen der Verkehrswege“ ein, insbesondere in das Fachmodell Landschaft/Freianlage der Version 2.0 [11]. An diese Arbeiten knüpft das von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) beauftragte Forschungsvorhaben „BIM-Objektkatalog Landschaft/Freianlage - Praxistest, Evaluierung und Weiterentwicklung zur Absicherung semantischer Standards“ (FE 02.0471, Laufzeit 2024–2026) an, das den Katalog praxisnah erprobt und auf einen harmonisierten Objektkatalog für BIM-Anwendungen im Bereich Landschaft und Umwelt abzielt [12].

Ein drittes Beispiel ist ein Forschungsprojekt [13], das von „Zukunft Bau“ gefördert wurde und dessen Abschlussbericht 2021 veröffentlicht wurde. Ziel des Projekts war es, die Forschung zur Digitalisierung von Baugenehmigungen und zur Integration von BIM-Methoden in diesen Prozess voranzutreiben. Ein wesentliches Ergebnis war die Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie für die Verwendung standardisierter Objekte und Attribute in der Landschaftsarchitektur, die zur BIM-Integration in diesem Bereich beiträgt.

Im Rahmen von Pilotprojekten in der Zuständigkeit des Staatlichen Bauamts Landshut wurde die BIM-basierte Variantenuntersuchung der Trassenvarianten sowie möglicher Standorte von Regenwasserbehandlungsanlagen untersucht. Des Weiteren wurden Möglichkeiten der Visualisierung von Biotop- und Nutzungstypen, die Fundorte der Fauna sowie die naturschutzfachliche Bewertung im 3D-Raum geprüft [14].

Bisherige Projekte haben wertvolle Beiträge zur Integration von BIM und GIS in spezifischen Anwendungsfeldern geleistet. Auch die zugrunde liegenden Fachdatenmodelle wurden in den vergangenen Jahren erheblich weiterentwickelt, jeweils jedoch innerhalb der eigenen Fachdomäne. Nach Auswertung der im Vorhaben betrachteten Ansätze zeigt sich jedoch, dass eine durchgängige Betrachtung der Informationsfortführung landschaftspflegerischer Maßnahmen über alle Projektphasen hinweg sowie explizite semantische Transformationsregeln zwischen den relevanten Fachstandards bislang nur teilweise adressiert werden. Vor diesem Hintergrund liegt die Besonderheit des vorliegenden Projekts in der durchgängigen Betrachtung landschaftspflegerischer Maßnahmen – vom planerischen Ursprung über die bauliche Umsetzung bis hin zur langfristigen Bewirtschaftung.

3 Zielstellung des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist es, fachliche und methodische Grundlagen für eine strukturierte, modellbasierte Abbildung landschaftsplanerischer Regelungen und Maßnahmen im Bundesfernstraßenbau zu entwickeln. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie die für Planung, Genehmigung, Ausführung und langfristige Bewirtschaftung erforderlichen Informationen über die Projektphasen hinweg nachvollziehbar fortgeführt und zwischen bestehenden Fach- und Datenmodellen möglichst verlustminimierend übertragen werden können.

Zur Erreichung dieses übergeordneten Ziels werden vier Teilziele verfolgt.

- **Entwicklung eines BIM-Objektkatalogs für Umwelt und Landschaftsbau:** Der Objektkatalog soll die relevanten Objekte, Merkmale und Attribute zur modellbasierten Abbildung landschaftsplanerischer Inhalte definieren.
- **Beschreibung eines phasenübergreifenden Soll-Prozesses:** Der Soll-Prozess soll aufzeigen, wie landschaftsplanerische Informationen von der Entwurfs- und Genehmigungsplanung über die Ausführungsplanung und Bauphase bis zur Pflege, Kontrolle und Bewirtschaftung fortgeführt werden können.
- **Entwicklung semantischer Transformationsregeln:** Für ausgewählte Inhalte aus XPlanung, OKSTRA® und IFC sollen Zuordnungen zwischen Objektklassen, Merkmalen, Werten, Beziehungen und Geometrien definiert werden.
- **Prototypische Erprobung der entwickelten Ansätze:** Der Objektkatalog und ausgewählte Transformationsregeln sollen anhand von Praxisunterlagen und Testdaten auf ihre grundsätzliche Anwendbarkeit geprüft werden.

Der fachliche Gesamtrahmen umfasst Inhalte der vorsorgebezogenen und vorhabenbezogenen Landschaftsplanung. Die vertiefte Betrachtung konzentriert sich auf landschaftspflegerische Maßnahmen, die im Zusammenhang mit Eingriffen in Natur und Landschaft, dem besonderen Artenschutz und dem Natura-2000-Gebietsschutz geplant, festgesetzt, ausgeführt, gepflegt und kontrolliert werden. Nicht Gegenstand des Vorhabens sind die vollständige Abbildung aller landschaftsplanerischen Objektklassen sowie die softwaretechnische Umsetzung in konkreten Fachanwendungen. Das Vorhaben leistet damit einen Beitrag zur methodischen Grundlage eines digitalen Zwillings landschaftspflegerischer Maßnahmen und knüpft an das im Masterplan BIM Bundesfernstraßen formulierte „Zukunftsbild“ an [2].

Die Ergebnisse richten sich an Vorhabenträger, Genehmigungsbehörden sowie Planungsbüros der Umwelt- und Landschaftsplanung, die landschaftsplanerische Inhalte modellbasiert bereitstellen, prüfen oder fortführen.

4 Vorgehensweise zur Abbildung der Inhalte von landschaftsplanerisch intendierten Regelungen im Bereich des Bundesfernstraßenbaus

Zur Erreichung der in Kapitel 3 formulierten Teilziele wurden die nachfolgend beschriebenen Arbeitsschritte realisiert.

Zunächst wurden die relevanten Arbeitsschritte und Informationsübergänge der Umweltplanung im Bundesfernstraßenbau untersucht. Berücksichtigt wurden insbesondere die Entwurfs- und Genehmigungsplanung, die Landschaftspflegerische Ausführungsplanung, die Bauausführung und Herstellungskontrolle sowie die anschließende Pflege, Unterhaltung und Funktionskontrolle. Als fachliche Grundlagen wurden einschlägige Regelwerke sowie ausgewählte Praxisunterlagen ausgewertet. Dabei wurde untersucht, welche Informationen zu Bestand, Konflikten, Maßnahmen, Ausführung, Pflege und Kontrolle entstehen und in welcher Form sie zwischen den Projektphasen weitergegeben werden.

Da landschaftspflegerische Maßnahmen über den Abschluss der Baumaßnahme hinaus nachzuweisen und zu bewirtschaften sind, wurde ergänzend das Kompensationsverzeichnis der Freien und Hansestadt Hamburg betrachtet. Dabei wurde untersucht, welche Informationen dort grundsätzlich zu Kompensationsmaßnahmen, beispielsweise zu Maßnahmenflächen, Maßnahmentyp, Umsetzungsstand, Pflege und Kontrolle, geführt werden und an welchen Stellen des Planungs- und Bauprozesses diese Informationen entstehen. Ziel war es, die für eine Übergabe an die Kompensationsverzeichnisse erforderlichen Merkmale frühzeitig im Modell verfügbar zu halten und Doppelerfassungen zu vermeiden.

Darüber hinaus wurde ein Soll-Prozess (BPMN) entwickelt, der die modellbasierte Informationsfortführung über die betrachteten Projektphasen beschreibt. Der Prozess stellt beteiligte Akteure, Fachmodelle, Informationslieferungen und Übergabepunkte dar.

Anschließend wurden die für das Vorhaben relevanten Inhalte von XPlanung, OKSTRA® und IFC untersucht, wobei die Standards unterschiedliche Rollen innerhalb des Planungsprozesses übernehmen. Betrachtet wurden insbesondere die für die Landschaftsplanung relevanten Objektklassen, Merkmale, Wertelisten, Beziehungen und Geometrien der jeweiligen Datenmodelle. Auf dieser Grundlage wurden Überschneidungen, Unterschiede und potenzielle Transformationspunkte identifiziert.

Aus den fachlichen Anforderungen und den analysierten Datenmodellen wurde ein BIM-Objektkatalog für Umwelt und Landschaftsbau abgeleitet. Hierzu wurden relevante Objekte, Merkmale und Klassifikationen definiert und geeigneten IFC-Klassen sowie Property Sets zugeordnet. In die Merkmalsdefinition flossen neben den Anforderungen aus XPlanung und OKSTRA® auch die Angaben ein, die für die Führung der Maßnahmen in Kompensationsverzeichnissen benötigt werden.

Auf Grundlage der Modellanalyse und des Objektkatalogs wurden beispielhafte semantische Transformationsregeln zwischen XPlanung, OKSTRA® und IFC definiert. Die Regeln umfassen Zuordnungen von Objekten, Merkmalen, Werten, Beziehungen und Geometrien. Die entwickelten Ansätze wurden anhand der Unterlagen des Beispielprojekts **„Neubau der A 39 Lüneburg – Wolfsburg mit niedersächsischem Teil der B 190n, Abschnitt 1: Lüneburg-Nord (L 216) – östlich Lüneburg (B 216)“**[2] (im Folgenden: Beispielprojekt A 39) sowie Testdaten prototypisch erprobt. Die für die praktische Erprobung verwendeten projektspezifischen Unterlagen wurden durch die Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung Nord, Außenstelle Lüneburg, zur Verfügung gestellt.

[2] Projekt-Detail | Die Autobahn GmbH des Bundes.

Die Erprobung diente der Prüfung der grundsätzlichen Anwendbarkeit; sie stellt keine vollständige Validierung aller Objektklassen, Projektkonstellationen und Softwareumgebungen dar.
Die im Rahmen des Beispielprojekts berücksichtigten Unterlagen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Unterlage	Verwendung im vorliegenden Vorhaben
LBP-Maßnahmenblätter	Ableitung und Prüfung von Maßnahmeninformationen der Genehmigungsplanung
LBP-Maßnahmenpläne und relevante RE-Unterlagen (u. a. Bestand, Konflikte, Übersicht)	Prüfung räumlicher Abgrenzungen und Geometriebezüge
Pläne und Berichte zu umweltfachlichen Untersuchungen	Ableitung und Prüfung von Bestands-, Bewertungs- und Konfliktinformationen der Genehmigungsplanung. Berücksichtigt wurden u. a. Artenschutzkarte, artenspezifische Erfassungskarten, FFH-Vorprüfungskarte, Fauna-Gutachten sowie Bericht und Karte zur Planungsraumanalyse.
LAP-Maßnahmenblätter	Auswertung von Ausführungs-, Teilmaßnahmen-, Pflege- und Unterhaltungsinformationen
LAP-Maßnahmenpläne/Detailunterlagen (Pflanzschema, Leistungsverzeichnis, Baubeschreibung)	Grundlage für die prototypische Modellierung und Prüfung von Ausführungsobjekten

Tabelle 1: Im Rahmen des Beispielprojekts A 39 ausgewertete Unterlagen und deren Verwendung im Projekt

Die Ergebnisse dieser Arbeitsschritte werden in den Teilen B bis D des vorliegenden Praxisdokuments zusammengeführt, wobei Teil B die Objektmodelle und den BIM-Objektkatalog umfasst, Teil C den Soll-Prozess darstellt und Teil D die semantischen Transformationsregeln behandelt.

In der Tabelle 2 sind die Meilensteine und der Zeitplan des Vorhabens aufgeführt.

Meilenstein	Inhalt	Termin
M0	Projektstart	01.08.2024
M1	Status quo dokumentiert (Ist-Verfahren Hamburg, Schnittstellen zwischen Standards)	31.12.2024
M2	Abbildung landschaftsplanerischer Inhalte in XPlanung, OKSTRA®-Fachdatenmodell und IFC dokumentiert	31.03.2025
M3	Der Soll-Prozess für die Planung, Realisierung und Unterhaltung landschaftsplanerischer Inhalte ist erstellt (BPMN-Schema)	31.07.2025
M4	Objektkatalog für BIM-Fachmodell Umwelt und Landschaftsbau ist definiert	31.12.2025
M5	Transformationsregeln für die verlustminimierende GIS–BIM-Schnittstelle sind entwickelt	30.04.2026
M6	Praxisdokument ist veröffentlicht	31.07.2026
M7	Projekt ist abgeschlossen	31.08.2026

Tabelle 2: Meilensteine und Zeitplan des Vorhabens (Plantermine gemäß Projektauftrag)

Teil B
Relevante Objektmodelle und Ableitung des BIM-Objektkatalogs

5 Objektmodelle

Ausgehend von der Analyse und Dokumentation der Abbildung landschaftsplanerischer Inhalte in den Objektmodellen XPlanung und OKSTRA® sowie der Definition von BIM-Fachmodellen [15] und bereits existierender BIM-Fachmodelle (IFC) [16] erfolgte die Einschätzung der Eignung der Modelle für die Entwicklung semantischer Transformationsregeln und die Erstellung eines BIM-Objektkataloges.

Die Objektmodelle XPlanung und OKSTRA® beinhalten zwar beide landschaftsplanerische Inhalte, bilden jedoch unterschiedliche Planungsinstrumente ab: von der vorsorgebezogenen Umweltplanung (XPlanung) bis zur vorhabenbezogenen Umweltplanung (OKSTRA®). In der Tabelle 3 ist eine Gegenüberstellung der Objektmodelle OKSTRA®, XPlanung und des Fachmodells Landschaft und Freianlage dargestellt.

	XPlanung	OKSTRA®	Fachmodell Landschaft und Freianlage (BIM)
Stand	Version 7.0 (Entwurfsstand)	Version 2.022	Version 1.02
Dimension	2D	2D	3D
Austausch	XPlanGML	CTE und OKSTRA-XML	IFC
Inhalt	Planungsinstrumente der vorsorgebezogenen Landschaftsplanung	Planungsinstrumente der vorhabenbezogenen Landschaftsplanung	Planungsinstrumente der vorhabenbezogenen Landschaftsplanung
Organisation	XLeitstelle	Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen	buildingSMART Deutschland

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Objektmodelle XPlanung, OKSTRA® und des Fachmodells Landschaft und Freianlage von buildingSMART Deutschland (verändert nach [17])

Im Folgenden werden diese Zielrichtungen und Inhalte kurz dargestellt und ihre Verknüpfung mit den BIM-Fachmodellen und Objektkatalogen analysiert.

5.1 XPlanung

XPlanung ist ein standardisiertes Datenmodell und Datenaustauschformat für raumbezogene Planwerke in Deutschland. Der Standard umfasst unter anderem die Bauleitplanung, die Raumordnung sowie die Landschaftsplanung. Ziel des vom IT-Planungsrat verbindlich eingeführten Standards ist es, einen verlustfreien, medienbruchfreien und softwareunabhängigen Datentransfer zwischen verschiedenen IT-Systemen und Verwaltungsebenen zu gewährleisten [18]. XPlanung standardisiert dabei nicht die Inhalte der Planung selbst, sondern die Struktur (Objektklassen) und das Austauschformat (XPlanGML) der Daten [19].

XPlanung beinhaltet ein spezifisches Fachdatenmodell für die Landschaftsplanung. Die Versionen des Standards bis einschließlich 5.4 ermöglichten jedoch noch keine umfassende strukturierte Abbildung der fachlichen Inhalte der Landschaftsplanung. Insbesondere für weitergehende fachliche Aussagen zu Maßnahmen, Bewertungen und Konflikten bestanden Einschränkungen. Zur Weiterentwicklung des Fachdatenmodells initiierte das Bundesamt für Naturschutz (BfN) das F+E-Vorhaben „Erweiterung des Standards XPlanung im Fachbereich Landschaftsplanung“. Das daraus hervorgegangene überarbeitete Fachdatenmodell wurde mit Version 6.0 in XPlanung integriert und ermöglicht eine deutlich umfassendere vektorielle und semantische Abbildung landschaftsplanerischer Inhalte, unter anderem von Zielen, Erfordernissen und Maßnahmen, Biotopverbund, Eingriffsregelung und Schutzgebieten [20].

Im Rahmen des weiteren durch das BfN geförderten Vorhabens „Landschaftsplanung Digital – Evaluation, Erweiterung und Anpassung landschaftsplanerischer Werkzeuge (Teilvorhaben II)“ wurde das Fachdatenmodell weiterentwickelt. Die im Vorhaben vorliegenden Entwürfe für XPlanung 7.0 erweitern die strukturierte Abbildung insbesondere um Inhalte der Bestandserfassung, Analyse und Bewertung sowie um Konflikte und Beeinträchtigungen. Hierfür werden unter anderem Klassen zur Abbildung des Bestandes (LP_Bestand) sowie zur fachlichen Bewertung landschaftsplanerischer Objekte (LP_Bewertung) vorgesehen. Dadurch können beispielsweise Schutzgüter, deren Ausprägungen sowie deren fachliche Bedeutung strukturierter abgebildet werden.

Diese zum Bearbeitungszeitpunkt vorliegenden Weiterentwicklungen wurden im vorliegenden Vorhaben als fachliche Grundlage für die Erstellung des BIM-Objektkatalogs berücksichtigt. Ziel war es, die für die modellbasierte Abbildung relevanten Objekt- und Merkmalsstrukturen kompatibel zu den sich entwickelnden Strukturen von XPlanung aufzubauen.

Für die Untersuchung der Schnittstelle zwischen XPlanung und IFC wurde der zum Bearbeitungszeitpunkt verfügbare Entwicklungsstand von XPlanung 7.0 herangezogen. Damit sollte insbesondere geprüft werden, inwieweit landschaftsplanerische Informationen aus dem GIS-basierten XPlanung-Modell strukturiert in die im Vorhaben entwickelten BIM-Fachmodelle überführt werden können. Für die Transformation wurden insbesondere folgende Klassen betrachtet.

- **LP_ZieleErfordernisseMassnahmen:** zentrale Klasse zur strukturierten Abbildung von Zielen, Erfordernissen und Maßnahmen der Landschaftsplanung. Die fachliche Differenzierung erfolgt über die zugehörigen Attribute und Enumerationen.
- **LP_Eingriffsregelung:** dient der Abbildung von Planungsaussagen mit Bezug zur naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung, zur Bewältigung von Eingriffsfolgen sowie zum Artenschutz im weiteren Sinne. Hierzu können Flächen und Maßnahmen insbesondere hinsichtlich ihres Typs innerhalb der Eingriffsregelung, des Maßnahmentyps und des Umsetzungsstands strukturiert beschrieben werden.
- **LP_Plan und XP_Plan:** übergeordnete Planobjekte, über die unter anderem planbezogene Informationen, der Geltungsbereich sowie weitere Metadaten des jeweiligen Planwerks bereitgestellt werden.

5.2 OKSTRA®

Der Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen (OKSTRA®) ist ein bundeseinheitlicher, herstellerneutraler Standard für die strukturierte Beschreibung und den Austausch von Daten aus unterschiedlichen Fachbereichen des Straßen- und Verkehrswesens [21]. Er bildet Fachobjekte mit ihren Merkmalen, Beziehungen und Geometrien in einem objektorientierten Datenmodell ab und unterstützt damit den standardisierten Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Fachanwendungen und IT-Systemen. Seine Nutzung im Bereich der Bundesfernstraßen wurde durch das Allgemeine Rundschreiben Straßenbau eingeführt und für DV-technische Entwicklungen verankert [22].

Die bundesweiten BIM-Rahmendokumente betonen, dass für einen offenen Datenaustausch im Infrastrukturbereich neben dem IFC-Standard auch etablierte Fachformate wie OKSTRA® essenziell sind. Die Leitfäden des Masterplans BIM Bundesfernstraßen benennen beide Formate explizit als komplementäre Standards, die gemeinsam den Datenfluss zwischen Disziplinen und IT-Systemen sicherstellen [2]. Eine durchgängige Digitalisierung der Straßen- und Landschaftsplanung erfordert daher Interoperabilitätsstrategien, welche die jeweiligen Stärken beider Standards gezielt kombinieren.

Für das vorliegende Vorhaben ist insbesondere das OKSTRA®-Fachschema S_Landschaftsplanung (Version 2.022) relevant. Obwohl seit Mai 2026 die OKSTRA®-Version 2.023 veröffentlicht ist, wurde im Vorhaben weiterhin die Version 2.022 verwendet. Für das Fachschema S_Landschaftsplanung bestehen zwischen den Versionen 2.022 und 2.023 keine fachlichen Änderungen, sodass sich daraus für die im Vorhaben betrachteten Inhalte keine Auswirkungen ergeben. Das Fachschema S_Landschaftsplanung bildet Inhalte der vorhabenbezogenen Landschaftsplanung ab, darunter die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), die FFH-Verträglichkeitsprüfung (FFH-VP), den artenschutzrechtlichen Fachbeitrag (AFB), den Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP), die Landschaftspflegerische Ausführungsplanung (LAP) sowie die Herstellungs- und Funktionskontrolle.

Im Rahmen des Vorhabens wurden ausgewählte Objektklassen, Merkmale und Beziehungen dieses Fachschemas analysiert und bei der Entwicklung des BIM-Objektkatalogs berücksichtigt. Darüber hinaus wurde exemplarisch untersucht, wie ausgewählte OKSTRA®-basierte Informationen über definierte Transformationsregeln in IFC-basierte BIM-Fachmodelle überführt und perspektivisch wieder für OKSTRA®-basierte Fachsysteme bereitgestellt werden können. Für die projektbezogene Untersuchung sind insbesondere folgende Objektstrukturen relevant:

- **Lpf_Massnahme:** bildet eine landschaftspflegerische Maßnahme mit ihren fachlichen Merkmalen ab und stellt damit eine zentrale Ausgangsklasse für die Überführung maßnahmenbezogener Informationen in das BIM-Fachmodell dar.
- **Lpf_Teilmassnahme** dient der strukturierten Abbildung einzelner Teilmaßnahmen innerhalb einer landschaftspflegerischen Maßnahme. Ergänzend wurden die damit verknüpften Objekte **Herstellung_Fertigstpflege, Entwicklungspflege und Unterhaltungspflege** berücksichtigt, über die ausführungs- und pflegebezogene Informationen abgebildet werden können.

5.3 Bestehende BIM-Fachmodelle

Die Analyse der BIM-Fachmodelle erfolgt auf Grundlage der BIM-Rahmendokumente für Bundesfernstraßen, insbesondere des Rahmendokuments „Definition der Fachmodelle“. Darin werden Fachmodelle als strukturierende Informationssichten beschrieben, die eine fachliche Gliederung projektbezogener Daten ermöglichen, ohne konkrete Softwarelösungen oder abschließende Objektdefinitionen vorzugeben. Für die Abbildung landschaftsplanerischer Inhalte sind insbesondere das Fachmodell Umwelt sowie das Fachmodell Landschaftsbau relevant.

Das Fachmodell Umwelt umfasst „sämtliche naturräumlichen und schutzbezogenen Daten“, die überwiegend aus Geoinformationssystemen (GIS) als Vektor- und Rasterdaten stammen und häufig zweidimensional vorliegen. Das Fachmodell Landschaftsbau bildet demgegenüber die planerische Umsetzung der im Fachmodell Umwelt erfassten Daten ab und orientiert sich inhaltlich an der landschaftspflegerischen Begleit- und Ausführungsplanung sowie dem dort definierten Maßnahmenkonzept [15]. Eine kurze Zusammenfassung der Fachmodelle Umwelt und Landschaftsbau ist in der Tabelle 4 dargestellt.

Fachmodell	Umwelt	Landschaftsbau
Beschreibung	Analyse- und bewertungsorientierte Informationssicht der Landschaftsplanung. Enthält die naturräumlichen und schutzgutbezogenen Bestandsdaten, die durch das Vorhaben ausgelösten Wirkungen und Konflikte sowie die im LBP festgesetzten Maßnahmen.	Umsetzungs- und betriebsorientierte Informationssicht. Bildet die landschaftspflegerischen Maßnahmen in der für Ausführung, Herstellung, Pflege und Kontrolle erforderlichen Detaillierung ab.
Ersteller	Fachplanung Umwelt	Fachplanung Landschaftsbau
Primäre Umsetzung	Grundlagenermittlung und Planung (insb. Entwurfs- und Genehmigungsplanung)	Ausführung, Vergabe und Bau sowie Betrieb
Teilmodelle	Teilmodelle der umweltfachlichen Untersuchungen sowie der Maßnahmenplanung	Teilmodelle der landschaftspflegerischen Maßnahmen

Tabelle 4: Steckbrief Fachmodell Umwelt und Fachmodell Landschaftsbau

Die buildingSMART Deutschland-Fachgruppe Landschaftsarchitektur gemeinsam mit dem FLL-Arbeitskreis BIM in der Landschaftsarchitektur hat mit dem BIM-Fachmodell Landschaft und Freianlage ebenfalls eine fachliche Strukturierung für die modellbasierte Abbildung landschaftsarchitektonischer Inhalte vorgelegt [16]. Es gliedert sich in zwei Teilfachmodelle – Landschaft (Belange der Landschafts- und Umweltplanung im Infrastrukturkontext, u. a. UVP, LBP und LAP) und Freianlage (Freiraum- bzw. Objektplanung, überwiegend im Zusammenhang mit dem Hochbau). Die Klassen des Teilfachmodells Landschaft fließen in den übergeordneten Katalog „BIM-Klassen der Verkehrswege“ ein. Die Systematik unterscheidet sich damit von der Fachmodellstruktur des Rahmendokuments, kann jedoch ergänzend zu dieser genutzt werden. Im vorliegenden Vorhaben wird die Fachmodellstruktur des Rahmendokuments als übergeordnete Gliederung herangezogen; die buildingSMART-Publikation dient ergänzend als Referenzquelle für Klassen und Merkmale.

6 Modellstruktur und BIM-Objektkatalog

6.1 Vorgeschlagene Struktur der Fachmodelle Umwelt und Landschaftsbau

Auf Basis der Fachmodelldefinitionen und der landschaftsplanerischen Planungsinstrumente wird im vorliegenden Vorhaben eine strukturierende Gliederung der modellbasierten Inhalte vorgeschlagen. Die BIM-Fachmodelle bilden dabei übergeordnete fachliche Informationssichten, die projektspezifisch weiter untergliedert werden können. Wie in Abbildung 3 dargestellt, werden entsprechend dem Rahmendokument das Fachmodell Umwelt und das Fachmodell Landschaftsbau unterschieden und für das Vorhaben in Teilmodelle gegliedert.

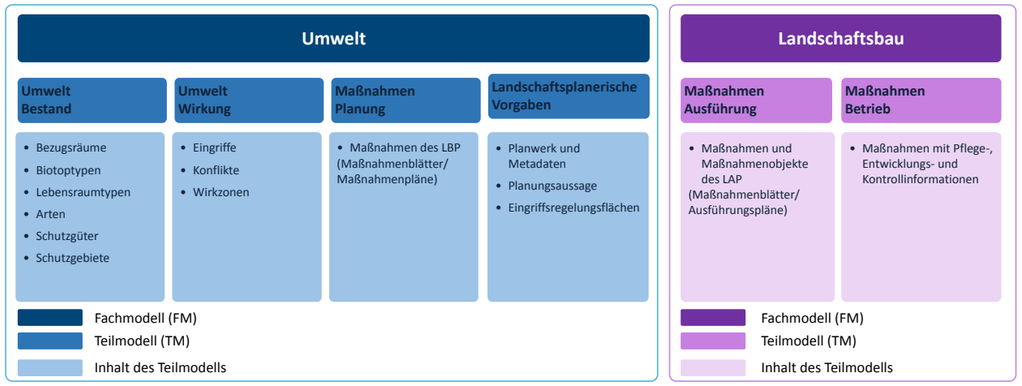


Abbildung 3: Vorgeschlagene Modellstruktur der Fachmodelle Umwelt und Landschaftsbau

Das **Fachmodell Umwelt** umfasst die analyse- und bewertungsorientierten Inhalte: Bestandsinformationen wie Bezugsräume, Biotop- und Lebensraumtypen, Arten und Schutzgüter (*Teilmodell UmweltBestand*), die durch das Vorhaben ausgelösten Eingriffe, Konflikte und Wirkzonen (*Teilmodell UmweltWirkung*) sowie die im LBP festgelegten Maßnahmen (*Teilmodell MaßnahmenPlanung*). Das **Fachmodell Landschaftsbau** adressiert die umsetzungs- und betriebsorientierten Inhalte: die ausführungsreife Konkretisierung der Maßnahmen (*Teilmodell MaßnahmenAusführung*) sowie die für den langfristigen Betrieb relevanten Pflege- und Entwicklungsinformationen (*Teilmodell MaßnahmenBetrieb*). Über die vorhabenbezogenen Teilmodelle hinaus wird dem Fachmodell Umwelt ein *Teilmodell LandschaftsplanerischeVorgaben* zugeordnet. Es bildet die übergeordneten Festlegungen der vorsorgebezogenen Landschaftsplanung modellbasiert ab und überführt die als Grundlage dienenden Informationen aus XPlanung – etwa aus Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan und Grünordnungsplan – in referenzierbare Objekte. Zweck dieses Teilmodells ist es insbesondere, im Genehmigungsverfahren die Festlegungen der übergeordneten Planungsinstrumente modellbasiert bereitzustellen und die vorhabenbezogene Planung gegen diese Vorgaben prüfbar zu machen.

Die vorgeschlagene Gliederung folgt dem Rahmendokument in der Grundtrennung von Bestand (Fachmodell Umwelt) und Umsetzung (Fachmodell Landschaftsbau). Bewusst abweichend wird das Teilmodell *MaßnahmenPlanung* dem Fachmodell Umwelt zugeordnet, obwohl das Rahmendokument die landschaftspflegerische Begleitplanung tendenziell dem Fachmodell Landschaftsbau zurechnet. Diese Entscheidung ist fachlich begründet: Der LBP entsteht als ein integriertes Lieferobjekt der Entwurfs- und Genehmigungsplanung, in dem Bestand, Konflikt und Maßnahmenkonzeption zusammenhängen und gemeinsam genehmigungsrelevant werden. Die Maßnahmen wechseln erst mit ihrer ausführungsreifen Konkretisierung (LAP) in das Fachmodell Landschaftsbau.

Die Teilmodellstruktur ist im Kern eine modellbasierte Reformulierung der etablierten landschaftsplanerischen Lieferobjekte. Sie orientiert sich an den Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung (RLBP), den Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau (ELA) [7] sowie der Unterlagensystematik der Richtlinien für die Erstellung von Unterlagen im Straßenbau (RE-2012) [23]. Tabelle 5 stellt diese Zuordnung dar. Die genannten Regelwerke für Ausführung, Pflege und Unterhaltung, insbesondere die ZTV La-StB 18 [24] sowie die einschlägigen DIN-Regelwerke, wurden als fachliche Grundlagen berücksichtigt. Eine vertiefte Betrachtung ihrer Anforderungen im Hinblick auf die strukturierte BIM-Abbildung erfolgte im Rahmen des Vorhabens nur eingeschränkt.

Teilmodell	Wesentliche Inhalte	Lieferobjekt/Grundlage
UmweltBestand	Bezugs-/Untersuchungsräume, Biotop-/Lebensraumtypen, Arten, Schutzgüter, Schutzgebiete	LBP; RE-Unterlage 19; RLBP
UmweltWirkung	Eingriffe, Konflikte, Wirkzonen	LBP; RE-Unterlage 19; RLBP
MaßnahmenPlanung	Im LBP festgesetzte Maßnahmen (Typ, Ziel, Abgrenzung, genehmigungsrelevante Angaben)	LBP; RE-Unterlage 9 (Maßnahmenplan, Maßnahmenblätter); RLBP
Landschaftsplanerische Vorgaben	Inhalte der vorsorgebezogenen Landschaftsplanung	XPlanung-Fachdatenmodell Landschaftsplanung
MaßnahmenAusführung	Teilmaßnahmen, Ausführungszeiträume, Schutz- und Herstellungsvorgaben, Fertigstellungspflege	LAP; ELA; ZTV La-StB 18
MaßnahmenBetrieb	Entwicklungs- und Unterhaltungspflege, Entwicklungsziele, Funktionskontrolle	ELA; Hamburger Kompensationsverzeichnis; ZTV La-StB 18

Tabelle 5: Zuordnung der im Vorhaben betrachteten Teilmodelle zu landschaftsplanerischen Lieferobjekten, fachlichen Grundlagen und Datenstandards

6.2 BIM-Objektkatalog

Zur konsistenten Abbildung landschaftsplanerischer Inhalte in der BIM-Methodik ist eine standardisierte, fachlich strukturierte und modellbasierte Datenstruktur erforderlich. Der IFC-Standard stellt hierfür die geometrisch-topologische Grundlage bereit, reicht jedoch für die Speicherung landschaftsplanerischer Inhalte allein nicht aus. Fachspezifische Informationen – etwa zu Eingriffen, Konflikten, Schutzgebieten, Maßnahmen, Pflegevorgaben oder artenschutzrechtlichen Restriktionen – müssen strukturiert sein. Vor diesem Hintergrund wurde im Vorhaben ein spezifischer BIM-Objektkatalog für die Fachmodelle Umwelt und Landschaftsbau entwickelt. Er bildet die semantische Grundlage für die modellbasierte Integration landschaftsplanerischer Regelungen in Planung, Bau und Betrieb von Bundesfernstraßen. Der Katalog legt fest, welche fachlichen Objekte und Merkmale modellbasiert abgebildet werden, wie diese strukturiert sind und welchen IFC-Klassen sie zugeordnet werden können.

Die Entwicklung des Objektkatalogs basiert auf dem OKSTRA®-Fachschema Landschaftsplanung als vorhabenbezogenem Standard für straßen- und maßnahmenbezogene Informationen sowie auf XPlanung, insbesondere dem Fachdatenmodell Landschaftsplanung ab Version 7.0 (Entwurfsstand). Darüber hinaus wurde das „BIM-Fachmodell Landschaft und Freianlage“ von buildingSMART Deutschland als Referenz für die BIM-seitige Objektstruktur berücksichtigt. Fachlich-inhaltliche Grundlagen bilden zudem die Musterkarten und Maßnahmenblätter des Landschaftspflegerischen Begleitplans (LBP), die Richtlinien für die

landschaftspflegerische Begleitplanung (RLBP) sowie die Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau (ELA). Ergänzend wurden die im Vorhaben ausgewerteten und prototypisch modellierten LBP- und LAP-Unterlagen des Beispielprojekts A 39 berücksichtigt. Darüber hinaus wurden die Anforderungen an die Führung landschaftspflegerischer Maßnahmen in Kompensationsverzeichnissen berücksichtigt, um die für eine spätere Übergabe erforderlichen Merkmale im Katalog vorzusehen.

Der Objektkatalog orientiert sich methodisch am Aufbau der BIM.Hamburg-Objektkataloge und umfasst eine strukturierte Objektübersicht sowie zugehörige Merkmalstabellen mit definierten Property Sets und einer LoI-Matrix. Zentrales Strukturprinzip ist eine dreistufige Objektidentifikation (_IDEbene1–3), bei der die erste Ebene die übergeordnete Objektgruppe beschreibt, die zweite Ebene eine fachliche Differenzierung vornimmt und die dritte Ebene den konkreten Objekttyp festlegt. Jedem Objekt wird eine geeignete IFC-Klasse gemäß IFC 4.3 zugeordnet. Die semantische Ausgestaltung erfolgt über standardisierte Property Sets, während die Integration des Level of Information (LoI 100–500) sicherstellt, dass Merkmale abhängig vom Projektfortschritt definiert werden. Der Katalog empfiehlt, ab welchem LoI ein bestimmtes Merkmal vorliegen soll, und gewährleistet damit eine phasengerechte Informationsanreicherung. Tabelle 6 zeigt eine Auswahl der Objekte des im Rahmen des Vorhabens entwickelten BIM-Objektkatalogs sowie deren Zuordnung zu den Teilmodellen.

Der Objektkatalog ist dabei nicht als vollständiger Katalog sämtlicher im Landschaftsbau vorkommender baulicher oder technischer Objekte angelegt. Soweit geeignete Objektstrukturen bereits in anderen Objektkatalogen vorhanden sind oder aufgrund ihrer fachlich-technischen Ausprägung dort besser verortet werden können, werden diese grundsätzlich weiterverwendet beziehungsweise dort ergänzt und nicht erneut im Objektkatalog Umwelt und Landschaftsbau definiert. Beispielsweise bestehende Elemente aus dem Objektkatalog Umgebung, die insbesondere der Abbildung von Bestandsobjekten dienen, werden weiterverwendet und um maßnahmenbezogene Informationen ergänzt.

***Hinweis:* Anlage B enthält den vollständigen, projektintern geprüften Stand des BIM-Objektkatalogs Umwelt und Landschaftsbau. Die im vorliegenden Kapitel dargestellten Tabellen zeigen lediglich ausgewählte Objekte und Merkmale. Die Abbildungen in den Kapiteln 7 und 12 zeigen Arbeitsstände der prototypischen Modellierung; einzelne Merkmalsbezeichnungen können daher von Anlage B abweichen. Der Katalog wird später auch über BIM.Hamburg veröffentlicht und durchläuft dafür einen zusätzlichen Review-Prozess. Die dort veröffentlichte Fassung kann daher von der hier beigefügten Projektfassung abweichen.**

Teilmodell	Objekte (Auswahl)	Fachlicher Bezug
UmweltBestand	Bezugsraum, Untersuchungsraum, Funktionsraum, Lebensraum (Biotop, Habitat, Grünfreiraum, Siedlung), Biologische Art (Pflanzen-/Tier Art), Boden, Wasser, Klima, Luft, Landschaftsbildelement, Erholungselement, Schutzgebiet, Schutzobjekt, Funktionsbeziehung	Bestandserfassung und -bewertung (Schutzgüter nach BNatSchG)
UmweltWirkung	Wirkzone, Eingriff, Konflikt	Wirkungs- und Konfliktanalyse
MaßnahmenPlanung	Maßnahme	Maßnahmenfestsetzung (LBP)
Landschaftsplanerische Vorgaben	Landschaftsplanungsinstrument, Landschaftsplanerische Vorgabe, Eingriffsregelungsfläche, Landschaftsplanungsbereich	Vorsorgebezogene Planwerke; Prüfung im Genehmigungsverfahren
MaßnahmenAusführung	Maßnahme (fortgeschrieben), Massnahmeobjekt (Erosionsschutz, Grenzmarkierung, Habitatstruktur, Landschaftsbauelement, Schutzeinrichtung, Tierquartier)	Ausführung, Pflege, Kontrolle
MaßnahmenBetrieb	Maßnahme, Maßnahmeobjekt	Pflege, Kontrolle, Monitoring

Tabelle 6: Objekte des Katalogs (Auswahl) und ihre Zuordnung zu den Teilmodellen

Eine zentrale Rolle im Objektkatalog nimmt die Objektklasse Massnahme ein, da sie die fachlich-rechtliche Einheit repräsentiert, die von der Planung über Genehmigung und Ausführung bis in die Betriebsphase fortgeführt wird. Die Massnahme definiert in der Regel die Fläche, die für eine bestimmte landschaftspflegerische Zielsetzung vorgesehen, festgesetzt und umgesetzt wird. Sie kann mehrere Teilmaßnahmen umfassen und durch mehrere räumlich getrennte Geometrieträger repräsentiert werden. Die geometrischen Repräsentationen können je nach Maßnahmentyp und Planungsstand als Fläche, Linie oder Punkt vorliegen. Die Mindestanforderungen für Planung, Genehmigung und Ausführung wurden unter fachlicher Mitwirkung des Prof. Hellriegel Institut Bernburg e.V. an der Hochschule Anhalt entwickelt und in den Katalog übernommen. Dabei wurde insbesondere die Interoperabilität mit den Objektstrukturen von OKSTRA® und XPlanung berücksichtigt. Tabelle 7 zeigt exemplarisch die Darstellung des Objekts „Massnahme“ im BIM-Objektkatalog einschließlich ausgewählter Merkmale.

Objektgruppe/-klasse/-typ	Massnahme/Massnahme/Massnahme			
IFC-Klasse	*IfcGeographicElement*			
Kurzbeschreibung	Fachlich-rechtliche Einheit einer landschaftspflegerischen Maßnahme, die von der Planung (LBP) über die Ausführung (LAP) bis in den Betrieb fortgeführt wird.			
Merkmal (Property)	**Datentyp**	**Einheit**	**LoI**	**Beispielwert**
Merkmalsgruppe (Pset): ePset_Objektinformation (Identifikation)				
_IDEbene1/_IDEbene2/_IDEbene3	Text	–	100–500	Massnahme
_LoI	Integer	–	100–500	200
_MassnahmeBezeichnung	Text	–	100–500	Anlage von Nisthilfen
_Massnahmenummer	Text	–	100–500	5.2 A
_MassnahmeTyp	Text	–	100–500	Ausgleichsmaßnahme
_MassnahmeStatus	Text	–	100–500	Geplant
_MassnahmeHierarchie	Text	–	100–500	Komplexmaßnahme
_MassnahmeGesamtumfang	Real	–	100–500	14
_MassnahmeGesamtumfangEinheit	Text	–	100–500	St
Merkmalsgruppe (Pset): ePset_LPM-Planung (Planung/LBP)				
_MassnahmeZielbiotop	Text	–	100–500	Waldrand mittlerer Standorte
_MassnahmeZielbiotopGroesse	Real	ha	100–500	2,59
_AusloesenderKonflikt	Text	–	100–200	Beeinträchtigung der Gewässer durch Schadstoffeintrag
_MassnahmeArtenverweis	Text	–	100–500	CEF-Maßnahme für Gartenrotschwanz
_MassnahmeZielkonzeption	Text	–	100–500	Eingrünung des Intensivpflegebereichs
Merkmalsgruppe (Pset): ePset_LPM-Ausfuehrung (Ausführung/LAP)				
_MassnahmeHerstellungBeschreibung	Text	–	300	Freihaltung der Fläche durch Mahd
_MassnahmeAusfuehrungStart	Text	–	300	Vsl. 2023
_MassnahmePflegeFunktionskontrollIntervall	Text	–	300–500	2 Jahre
_STLKNummer	Text	–	300–500	107 018
Merkmalsgruppe (Pset): ePset_LPM-Betrieb (Betrieb/Pflege)				
_MassnahmeHerstellungskontrolleErgebnis	Text	–	400–500	Ziel erreicht
_MassnahmePflegetraegerTyp	Text	–	400–500	Fremdleistung
_MassnahmeKontrollergebnis	Text	–	400–500	Nachbesserung erfolgt
_MassnahmeNaechsteKontrolleFaelligkeit	Datum	–	400–500	2027-09-15

Tabelle 7: Merkmale des Objekts „Massnahme“ (repräsentativer Auszug; die dargestellten Werte dienen ausschließlich der exemplarischen Veranschaulichung einzelner Merkmale und bilden keinen zusammengehörigen Datensatz einer konkreten Maßnahme)

Ergänzend wurde für eigenständig modellierbare, maßnahmenbezogene Elemente und Strukturen innerhalb einer Maßnahmenfläche die Objektgruppe *Massnahmeobjekt* definiert. Hierzu zählen unter anderem *Erosionsschutz, Grenzmarkierungen, Habitatstrukturen, Landschaftsbauelemente, Schutzeinrichtungen und Tierquartiere*. Diese Objekte werden über die Maßnahmennummer semantisch mit der zugehörigen Maßnahme verknüpft. Dadurch bleibt die fachliche Identität der Maßnahme unabhängig von ihrer konkreten baulichen Ausprägung erhalten, was insbesondere für Ausführung, Pflege und Funktionskontrolle von Bedeutung ist. Weiterführende konstruktive oder gewerkespezifische Informationen können bei Bedarf über Verweise auf externe Planungs- und Ausführungsunterlagen eingebunden werden.

Auf Grundlage des XPlanung-Fachdatenmodells Landschaftsplanung wurden zudem die Objekte *Landschaftsplanungsinstrument, LandschaftsplanerischeVorgabe, Eingriffsregelungsflaeche* und *Landschaftsplanungsbereich* in den BIM-Objektkatalog aufgenommen. Sie dienen dazu, auch landschaftsplanerische Planwerke und deren räumliche Aussagen strukturiert im Fachmodell Umwelt abzubilden. Das Landschaftsplanungsinstrument repräsentiert das zugrunde liegende Planwerk einschließlich seiner Metadaten und wird als sichtbarer Informationsmarker modelliert. Der *Landschaftsplanungsbereich* bildet den räumlichen Geltungs- bzw. Teilbereich eines Landschaftsplanungsinstruments ab und dient der räumlichen Zuordnung der zugehörigen Planungsaussagen. Die *LandschaftsplanerischeVorgabe* bildet eine räumliche Planungsaussage ab, beispielsweise eine Schutz-, Entwicklungs- oder Umsetzungsanforderung. Die *Eingriffsregelungsflaeche* beschreibt die fachliche Rolle einer Fläche, etwa als Potenzialfläche, Flächenpool, Ökokonto- oder Kompensationsfläche. Dadurch wird der Objektkatalog über die vorhabenbezogene Maßnahmenplanung hinaus um ausgewählte Inhalte der vorsorgebezogenen Landschaftsplanung (vgl. Kapitel 5.1) ergänzt.

Im Zuge der nachgelagerten Fachmodellierung anhand des Beispielprojekts der A 39 konnten einzelne Aspekte des Objektkatalogs anwendungsbezogen überprüft und punktuell angepasst beziehungsweise weiterentwickelt werden. Eine vollständige Pilotierung oder Validierung des Objektkatalogs war damit jedoch nicht verbunden. Unabhängig davon bildet der entwickelte Objektkatalog zugleich eine fachliche Grundlage für den Soll-Prozess. Er definiert die Objekte, Klassifikationen und Merkmale, die für die modellbasierte Bereitstellung und Fortführung landschaftsplanerischer Informationen erforderlich sind. Darüber hinaus dient er als Zielstruktur für die in diesem Vorhaben entwickelten Transformationsregeln zwischen OKSTRA®, XPlanung und IFC. Durch die strukturierte Verknüpfung von Geometrien und Merkmalen schafft der Objektkatalog zudem eine Grundlage für modellbasierte Auswertungen und Prüfungen, beispielsweise im Genehmigungsverfahren oder zur Berücksichtigung von Schutzbereichen, Ausführungsvorgaben sowie Pflege- und Kontrollanforderungen.

7 Praxisbeispiel: Modellierung der Fachmodelle

Die Anwendbarkeit des entwickelten Objektkatalogs und der vorgeschlagenen Fachmodellstruktur wurde exemplarisch anhand vorhandener Projektdaten des Beispielprojekts der A 39 untersucht, die durch die Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung Nord, Außenstelle Lüneburg, zur Verfügung gestellt wurden. Bei dem Praxisbeispiel handelt es sich nicht um ein BIM-Pilotprojekt, in dem der in TEIL C beschriebene Soll-Prozess vollständig durchlaufen wurde. Vielmehr dienten die bereits vorliegenden Daten dazu, diese nachträglich in die erarbeiteten BIM-Fachmodelle zu überführen. Im Mittelpunkt standen daher die praktische Anwendung des Objektkatalogs, die Zuordnung vorhandener Informationen zu BIM-Objekten und die Untersuchung, inwieweit sich die für LBP und LAP relevanten Inhalte strukturiert in IFC abbilden lassen. Die prototypische Modellerstellung erfolgte aufgrund der in der eingesetzten Autorensoftware verfügbaren Exportfunktion auf Basis von IFC4.

Als Datengrundlage dienten insbesondere Shape-Dateien zu Bezugsräumen, Biotopen, Schutzgebieten, Artenvorkommen, Wirkzonen, Eingriffen und Maßnahmenflächen des LBP sowie die Gutachten und Berichte. Für die ausführungsbezogene Modellierung wurden ergänzend CAD-Daten des LAP sowie Maßnahmenblätter, Maßnahmenpläne (PDF), Leistungsverzeichnisse und Pflanzschemata ausgewertet. Auf dieser Grundlage wurden exemplarisch die Teilmodelle *UmweltBestand, UmweltWirkung, MaßnahmenPlanung* und *MaßnahmenAusführung* erstellt.

Die Eingangsdaten lagen dabei in unterschiedlichem Strukturierungsgrad vor. Geometrische Fachinformationen konnten teilweise direkt aus vorhandenen GIS- beziehungsweise CAD-Daten übernommen werden. Eine durchgängig einheitliche fachliche Objekt- und Merkmalsstruktur, aus der BIM-Fachobjekte vollständig regelbasiert hätten erzeugt und attribuiert werden können, lag jedoch nicht vor. Zusätzliche fachliche Informationen mussten deshalb teilweise aus Maßnahmenblättern, Gutachten, Leistungsverzeichnissen und ergänzenden Unterlagen ausgewertet und den BIM-Fachobjekten zugeordnet werden. Die Erprobung zeigt damit bereits auf Modellierungsebene das Potenzial standardisiert strukturierter und maschinenlesbarer GIS-Fachdaten für eine stärker automatisierte Erzeugung und Befüllung von BIM-Fachmodellen.

Abbildung 4 veranschaulicht exemplarisch die modellierten Teilmodelle *UmweltBestand* und *UmweltWirkung* sowie die Verknüpfung von Geometrie und semantischen Informationen.

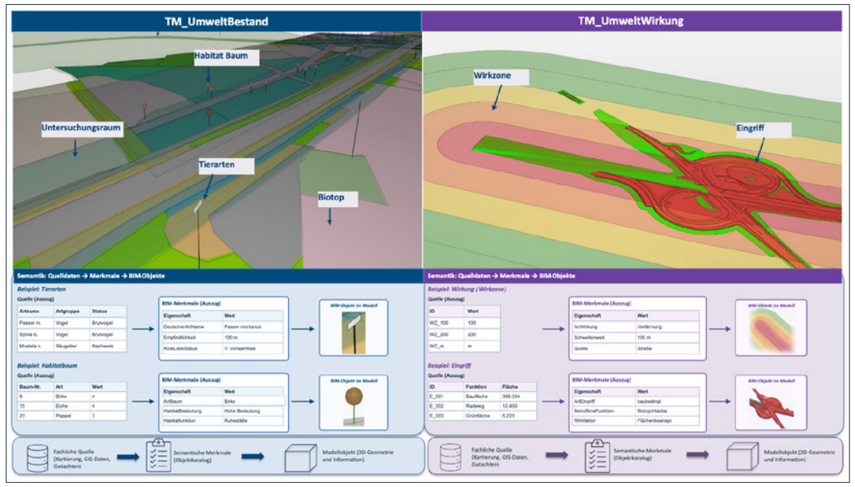


Abbildung 4: Exemplarische Verknüpfung von Geometrie und semantischen Objektinformationen in den Teilmodellen UmweltBestand und UmweltWirkung

Maßnahmenblätter bildeten dabei eine wesentliche fachliche Informationsquelle. Sie verfügen über eine vorgegebene Grundstruktur, einzelne modellrelevante Angaben werden innerhalb der vorgesehenen Felder jedoch teilweise frei textlich beschrieben. Für die Modellierung mussten solche Angaben fachlich interpretiert und den entsprechenden Merkmalen des Objektkatalogs zugeordnet werden. Eine stärker vereinheitlichte Terminologie für ausgewählte modell-, prüf- oder ausführungsrelevante Kerninformationen könnte diese Zuordnung künftig erleichtern. Ergänzende fachliche Erläuterungen in den Maßnahmenblättern können über Referenzen mit den jeweiligen BIM-Fachobjekten verknüpft werden.

Der erarbeitete Objektkatalog wurde als semantische Zielstruktur verwendet. Die Ausgangsdaten wurden den vorgesehenen Fachobjekten, Identifikationsebenen, IFC-Klassen, Property Sets und Merkmalen zugeordnet. Dadurch konnten Informationen aus unterschiedlichen Ausgangsformaten einheitlich klassifiziert und attribuiert werden. Die zweidimensional vorliegenden GIS- und CAD-Geometrien konnten grundsätzlich georeferenziert in IFC überführt werden. Bei der räumlichen Modellierung zeigte sich jedoch, dass landschaftsplanerische Fachinformationen anderen räumlichen Logiken folgen als klassische technische BIM-Objekte. Unterschiedliche Umwelt- und Maßnahmeninformationen können denselben räumlichen Bereich betreffen und sich geometrisch überlagern. Solche Überschneidungen sind fachlich nicht zwingend als Kollision oder Modellierungsfehler zu bewerten, können jedoch dazu führen, dass einzelne Inhalte in der 3D-Darstellung verdeckt werden. Für die Visualisierung wurden flächenhafte Objekte daher geringfügig extrudiert beziehungsweise gegeneinander versetzt. Diese Darstellungsmaßnahmen dienten der Sichtbarkeit und stellen keine zusätzlichen fachlichen Höheninformationen dar. Insbesondere im LBP liegen für zahlreiche Objekte keine verbindlichen Höhenangaben vor. Die Höhenlage beziehungsweise vertikale Staffelung wurde daher in solchen Fällen ausschließlich für eine verständliche Modellvisualisierung gewählt. Für die ausführungsbezogene LAP-Modellierung können dagegen mit zunehmendem Planungsfortschritt konkretere Lage- und Höheninformationen vorliegen und in das Modell übernommen werden. Ergänzend kann eine Farbkodierung verwendet werden, um unterschiedliche Objektarten beziehungsweise Informationskategorien besser unterscheidbar zu machen und die Sichtbarkeit sowie Verständlichkeit der Darstellung zu erhöhen. Durch die im Objektkatalog definierte Klassifikation und Objektidentifikation können die Fachobjekte darüber hinaus im BIM-Viewer gezielt gefiltert, gruppiert und gemeinsam betrachtet werden.

Eine weitere Besonderheit betrifft Objekte, deren räumliche Lage fachlich noch nicht konkret festgelegt ist. Werden beispielsweise mehrere Nisthilfen lediglich über ihre Anzahl innerhalb einer Maßnahmenfläche beschrieben, kann eine exemplarische Platzierung im BIM-Modell zur Visualisierung sinnvoll sein. Diese Platzierung darf jedoch nicht als fachlich verbindlicher Standort interpretiert werden. Solche lediglich symbolisch platzierten Objekte wurden im Praxisbeispiel über eine abweichende Darstellung kenntlich gemacht und zusätzlich mit einem Hinweis auf den nicht raumkonkreten Charakter versehen. Damit wurde zwischen fachlich festgelegter Geometrie und rein visualisierender Darstellung unterschieden.

Während im LBP insbesondere Maßnahmentyp, Zielsetzung, räumliche Abgrenzung und genehmigungsrelevante Angaben im Vordergrund stehen, werden die Maßnahmen im LAP um ausführungs-, teilmaßnahmen-, pflege- und unterhaltungsrelevante Informationen ergänzt. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen anhand ausgewählter Maßnahmen des Beispielprojekts A 39, wie diese Informationen aus den vorhandenen Plan- und Maßnahmenunterlagen in die *Teilmodelle MaßnahmenPlanung* und *MaßnahmenAusführung* überführt und dort mit den jeweiligen BIM-Fachobjekten verknüpft wurden. Die Entwicklung vom LBP zum LAP ist dabei nicht zwingend mit einer höheren geometrischen Detaillierung verbunden; vielmehr erfolgt eine schrittweise fachliche Anreicherung der Maßnahmeninformationen. Je nach Maßnahme kann dies zugleich zu einer Untergliederung in Teilmaßnahmen oder zur Ergänzung weiterer Maßnahmenobjekte führen. Abbildung 5 zeigt zunächst die räumliche Einordnung der modellierten LBP-Inhalte im Gesamtabschnitt.



ePset_LPM-Planung | **ePset_Objektinformation**

Eigenschaft	Wert
_IDEbene1	Massnahme
_IDEbene2	Massnahme
_IDEbene3	Massnahme
_LoG	100
_LoI	300
_MassnahmeBegruendung	Kompensation von Biotop-, Habitat- und Bodenverlusten auf straßennahen Flächen.
_MassnahmeBezeichnung	Anlage Gehölz- und Ruderalstrukturen auf Straßennebenflächen
_MassnahmeHierarchie	Einzelmaßnahme
_MassnahmeKategorie	Maßnahme an der Trasse
_MassnahmeLagebeschreibung	Straßenbegleitende Flächen entlag der Trasse
_MassnahmeStatus	Geplant
_MassnahmeTyp	Ausgleichsmaßnahme
_MassnahmeZusatzIndex	
_MassnahmeZustaendigkeit	
_Massnahmenummer	4.1 A

ePset_LPM-Planung | ePset_Objektinformation

Eigenschaft	Wert
_AusloesenderKonflikt	1B, 2B, 3B, 4B:Kompensation von Biotopverlusten auf straßennahen Flächen.
_MassnahmeArtenverweis	
_MassnahmeAusgangsbiotop	Sonstiger Offenbodenbereich (DOZ)
_MassnahmeAusgangsbiotopGroesse	32,01
_MassnahmeBeschreibung	Anlage von Gehölzflächen auf Straßennebenflächen (Böschungen und straßenbegleiten...
_MassnahmeFunktionskontrolle	
_MassnahmeGesamtumfang	32,01
_MassnahmeGesamtumfangEinheit	ha
_MassnahmePflegeEntwicklung	Anwuchskontrolle, ggf. Ersatz ausgefallener Pflanzen, Fertigstellungs- und Entwicklungs...
_MassnahmeSonstigeHinweise	
_MassnahmeZeitlicheZuordnung	Maßnahmen nach Abschluss der Straßenbauarbeiten
_MassnahmeZielbiotop	Siedlungsgehölz aus überwiegend einheimischen Baumarten (HSE)
_MassnahmeZielbiotopGroesse	32,01
_MassnahmeZielkonzeption	Ziel ist Anlage standortgerechter einheimischer Gehölze auf den Straßennebenflächen
_MassnahmeZuweisung	4

Abbildung 5: Übersicht über die modellierten LBP-Inhalte des Beispielprojekts im Teilmodell MaßnahmenPlanung

Am Beispiel der Maßnahme 12.1 wird die semantische Überführung aus dem LBP anhand Abbildung 6 detaillierter dargestellt. Die im Maßnahmenplan und Maßnahmenblatt enthaltenen Informationen wurden den entsprechenden BIM-Fachobjekten und Merkmalen des Objektkatalogs zugeordnet. Die Hervorhebungen in der Abbildung zeigen exemplarisch, aus welchen Angaben der Ausgangsunterlagen einzelne modellierte Merkmale abgeleitet wurden.

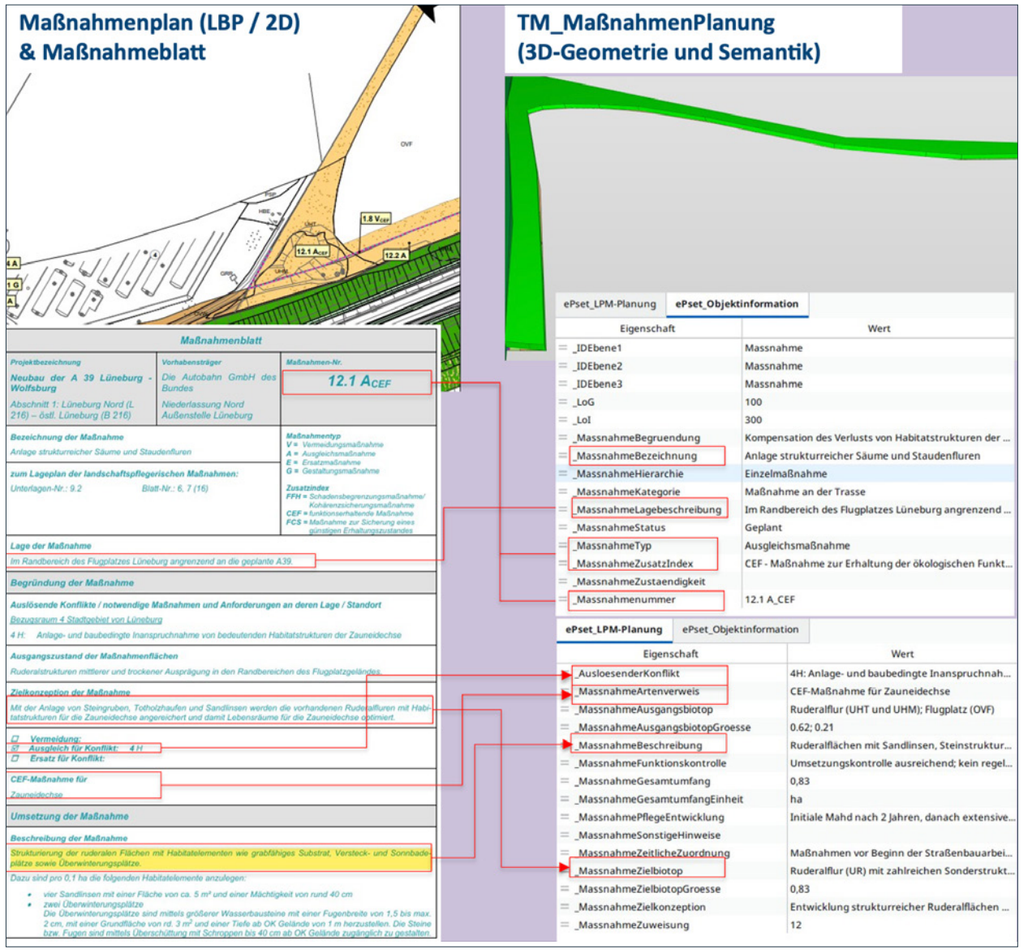


Abbildung 6: Beispielhafte Überführung der LBP-Maßnahme 12.1 in das Teilmodell MaßnahmenPlanung

Für den LAP wurde dieselbe Maßnahme 12.1 (mit Teilmaßnahmen) ausführungsbezogen weiter konkretisiert. Neben der Maßnahmenfläche wurden zusätzliche Informationen zu Teilmaßnahmen, Herstellung, Pflege und einzelnen Maßnahmenobjekten berücksichtigt. Abbildung 7 zeigt exemplarisch, wie diese Angaben aus LAP-Maßnahmenplan, Maßnahmenblatt und weiteren Ausführungsunterlagen in das *Teilmodell MaßnahmenAusführung* übernommen wurden. Dabei können innerhalb einer Maßnahmenfläche eigenständige Maßnahmenobjekte, beispielsweise Habitatelemente, modelliert und semantisch der übergeordneten Maßnahme zugeordnet werden.

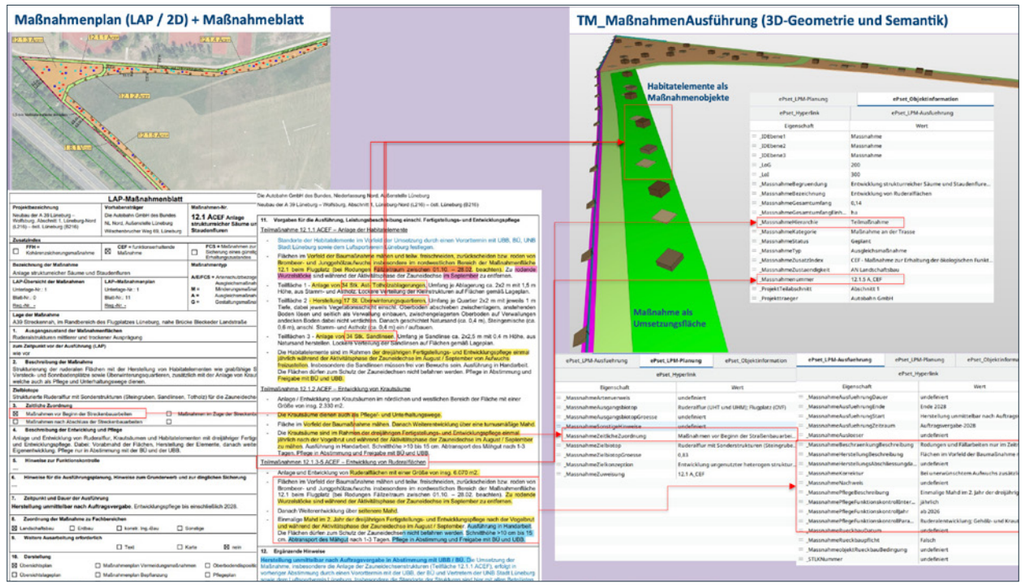


Abbildung 7: Beispielhafte Konkretisierung der Maßnahme 12.1 im LAP und Überführung in das Teilmodell MaßnahmenAusführung; Abbildung von Maßnahmenfläche, Maßnahmenobjekten sowie ausgewählten Ausführungs- und Pflegeinformationen

Ergänzend zeigt Abbildung 8 die Maßnahme 6.1 im direkten Vergleich zwischen LBP- und LAP-Kontext. Im Vordergrund steht hier nicht die Herleitung einzelner Merkmale aus den Ausgangsunterlagen, sondern die Gegenüberstellung der modellierten Geometrie und Semantik in den beiden Planungsständen. Dadurch wird sichtbar, dass die fachliche Identität der Maßnahme erhalten bleibt, während ihr Informationsumfang im LAP erweitert und die Ausführungsstruktur weiter differenziert wird.

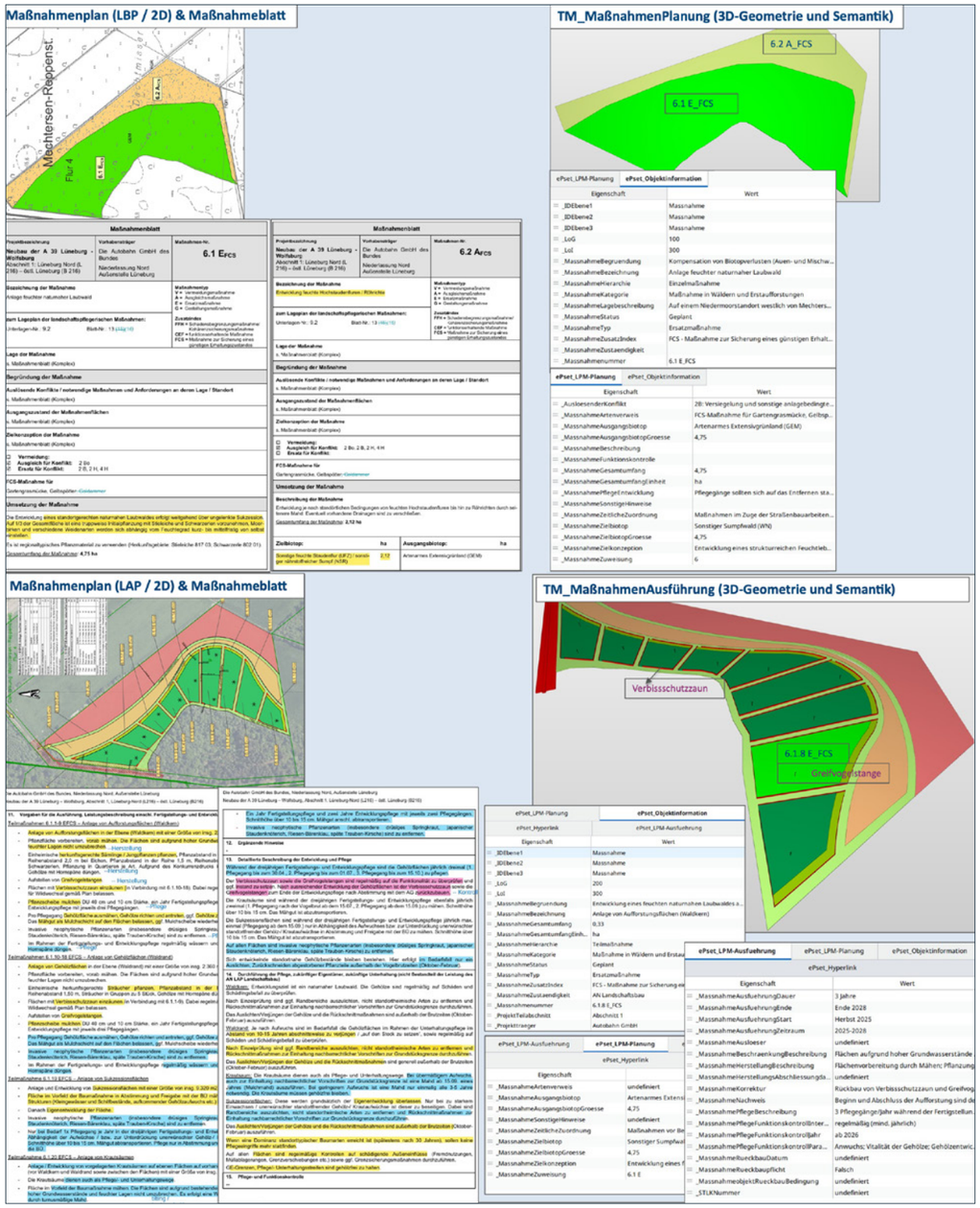


Abbildung 8: Vergleich der modellbasierten Abbildung der Maßnahme 6.1 im LBP- und LAP-Kontext mit zugeordneten semantischen Merkmalen

Durch die strukturierte Verknüpfung von Geometrien und Merkmalen schafft der Objektkatalog zugleich die Grundlage für modellbasierte Auswertungen und Prüfungen, beispielsweise im Genehmigungsverfahren oder zur Berücksichtigung von Schutzbereichen und Ausführungsvorgaben während der Bauausführung. Abbildung 9 veranschaulicht dies exemplarisch anhand der Prüfung von CEF-Maßnahmen sowie von Schutzgebieten und artbezogenen Maßnahmen.

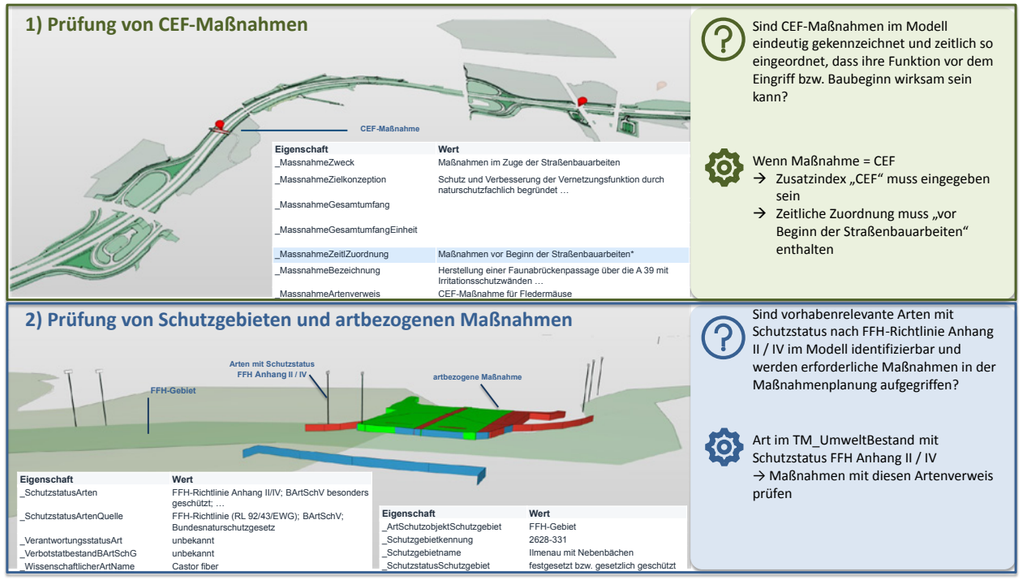


Abbildung 9: Beispiele für modellbasierte Prüfungen im Genehmigungskontext

Die Erprobung machte darüber hinaus deutlich, dass bei langen Planungsabschnitten sehr umfangreiche Fachmodelle entstehen können. Dies kann insbesondere bei Visualisierung, Koordination und automatisierter Prüfung zu Einschränkungen der Softwareperformance führen. Für die praktische Anwendung sollte deshalb geprüft werden, ob und nach welchen fachlichen beziehungsweise räumlichen Kriterien große Projektgebiete in geeignete Modell- oder Lieferabschnitte unterteilt werden können. Eine solche Segmentierung darf jedoch nicht dazu führen, dass fachlich relevante Beziehungen zwischen Maßnahmen, Wirkungen und Bezugsräumen verloren gehen.

Das Praxisbeispiel bestätigt damit die grundsätzliche Anwendbarkeit der entwickelten Objekt- und Merkmalsstruktur und zeigt zugleich konkrete Anforderungen an Datenstruktur, Modellgröße, Geometriebedeutung und Visualisierung landschaftsplanerischer BIM-Fachmodelle. Ein vollständiger Durchlauf des Soll-Prozesses einschließlich CDE-basierter Zusammenarbeit, digitaler Genehmigung, modellgestützter Baufortschreibung und Nutzung eines Betriebsmodells war nicht Gegenstand der Erprobung. Die Ergebnisse bilden jedoch eine geeignete Grundlage für die weiterführende Anwendung und Erprobung in einem durchgängig modellbasiert bearbeiteten Pilotprojekt.

Teil C
Soll-Prozess

8 Darstellung der ermittelten Soll-Prozesse zur modellbasierten Integration landschaftsplanerischer Regelungen

Aufbauend auf den zuvor beschriebenen Fachmodellen und Objektstrukturen wurde ein Soll-Prozess entwickelt, der die modellbasierte Integration landschaftsplanerischer Regelungen in den Projektablauf von Bundesfernstraßen beschreibt. Besondere Bedeutung kommt dabei den landschaftspflegerischen Maßnahmen zu, deren Informationen vom LBP über den LAP bis zur Ausführung, Pflege und Funktionskontrolle schrittweise konkretisiert und fortgeführt werden. Der Soll-Prozess zeigt hierzu die relevanten Fachmodelle, Informationslieferungen sowie Prüf-, Freigabe- und Übergabepunkte auf. Dabei werden insbesondere die Bezüge zu den Standards XPlanung und OKSTRA® berücksichtigt.

8.1 Methodische Grundlagen des Soll-Prozesses

Die in den nachfolgenden Abschnitten dargestellten Soll-Prozesse folgen einer gemeinsamen methodischen Grundstruktur. Unabhängig von der jeweiligen Projektphase werden Anforderungen an die zu erstellenden und fortzuführenden Fachmodelle, deren Informationsgehalt, die anzuwendenden BIM-Anwendungsfälle sowie die Verfahren zur Qualitätssicherung, Prüfung, Freigabe und Bereitstellung von Informationen projektspezifisch festgelegt. Die einzelnen Phasen unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der jeweils benötigten Fachmodelle, Informationsstände, Akteure und Liefergegenstände, bauen jedoch auf denselben grundlegenden Prinzipien der modellbasierten Informationsbereitstellung und -fortführung auf.

Eine zentrale Grundlage bilden die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und der darauf aufbauende BIM-Abwicklungsplan (BAP). Das Rahmendokument „Auftraggeber-Informationsanforderungen“ des Masterplans BIM Bundesfernstraßen beschreibt die AIA als Anforderungen, die ein Auftragnehmer bei der BIM-basierten Leistungserbringung berücksichtigen muss [25]. In den AIA werden projektspezifisch insbesondere BIM-Ziele und BIM-Anwendungsfälle, erforderliche Informationslieferungen und Lieferzeitpunkte sowie Anforderungen an Informationsbedarf, Modellstruktur, Qualität und Zusammenarbeit festgelegt. Der BAP beschreibt und dokumentiert auf Grundlage der AIA die konkrete organisatorische und technische Umsetzung der BIM-Anforderungen im Projekt. Das Rahmendokument „BIM-Abwicklungsplan“ des Masterplans BIM Bundesfernstraßen beschreibt als zentrale Aufgabe des BAP, festzulegen, wie die Projektbeteiligten beim Einsatz von BIM zusammenarbeiten [26]. Für die projektspezifische Ausgestaltung können die Rahmendokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen als methodische Grundlage herangezogen werden. Darüber hinaus stehen mit der Muster-AIA und der BAP-Vorlage von BIM.Hamburg projektspezifisch anpassbare Vorlagen zur Verfügung, die sich an den etablierten Strukturen und Grundsätzen des Masterplans BIM Bundesfernstraßen orientieren [27], [28].

Die modellbasierte Bearbeitung wird durch BIM-Anwendungsfälle (AwF) strukturiert. Das Rahmendokument „Anwendungsfälle für den Regelprozess“ des Masterplans BIM Bundesfernstraßen stellt hierfür harmonisierte Anwendungsfallbeschreibungen als Grundlage für die einheitliche Anwendung der BIM-Methode im Bundesfernstraßenbau bereit. In der aktuellen Version 3.0 werden 18 Anwendungsfälle beschrieben. Ein Anwendungsfall beschreibt dabei die „zu erbringende Leistung sowie die Prozesse und Anforderungen“, die bei der Projektbearbeitung mit der BIM-Methode zur Erreichung der jeweiligen Ziele zu berücksichtigen sind [29]. Die harmonisierten Anwendungsfallbeschreibungen strukturieren unter anderem die relevanten Eingangs- und Ausgangsinformationen, Prozessschritte, Rollen und Schnittstellen. Welche Anwendungsfälle für ein konkretes Vorhaben relevant sind, ist entsprechend den Projektzielen und der jeweiligen Projektphase festzulegen. Für den im vorliegenden Dokument entwickelten Soll-Prozess sind unter anderem Anwendungsfälle zur Bestandserfassung und -modellierung, Visualisierung, Koordination und Qualitätsprüfung sowie – phasenabhängig – zur

Genehmigung, Mengen- und Kostenermittlung, Ausschreibung und Vergabe, Terminplanung, Baufortschrittskontrolle sowie zum Änderungs-, Abnahme- und Mängelmanagement relevant. Die konkrete Zuordnung der Anwendungsfälle zu den einzelnen Projektphasen erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

Eine weitere phasenübergreifende Grundlage bildet die Nutzung einer Common Data Environment (CDE). Nach ISO 19650 ist eine CDE die vereinbarte Informationsquelle für ein Projekt oder Asset, über die Informationscontainer in einem gesteuerten Prozess gesammelt, verwaltet und bereitgestellt werden [30]. CDE ist als organisatorisch und technisch unterstützter Rahmen für die gemeinsame Informationsführung zu verstehen. Fachmodelle, Dokumente und weitere Informationslieferungen werden entsprechend vereinbarter Informations-, Liefer- und Prüfprozesse bereitgestellt, verwaltet und versioniert. Definierter Status, Verantwortlichkeiten sowie Prüf- und Freigabeschritte unterstützen dabei eine nachvollziehbare Informationsführung über den Projektverlauf.

Die nachfolgenden Abbildungen 10 bis 13 zeigen die Soll-Prozesse für die Entwurfsplanung, das Genehmigungsverfahren, Ausführung/Vergabe/Bau sowie die Betriebsphase in verkleinerter Form zur Einordnung in die jeweiligen Projektphasen.

Hinweis: Die vollständigen Prozessdarstellungen werden zusätzlich als separate Anlagen **(Anlage A)** in hoher Auflösung bereitgestellt.

8.2 Entwurfsplanung

In der Entwurfsplanung wird die ausgewählte Trassenlösung technisch und umweltfachlich weiterentwickelt. Für die Umweltplanung umfasst dies insbesondere die Erfassung und Bewertung des Umweltbestandes, die Analyse der durch das Vorhaben ausgelösten Wirkungen und Konflikte sowie die Ableitung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung und Bewältigung von Beeinträchtigungen, die aus der Eingriffsregelung, artenschutzrechtlichen Prüfungen und FFH-Verträglichkeitsprüfungen stammen. Die BIM-Methodik unterstützt diese Leistungen durch eine strukturierte, objektorientierte und modellbasierte Informationsführung.

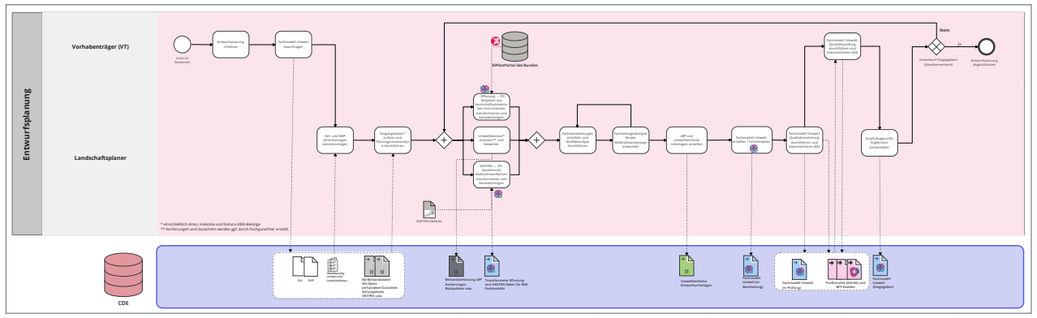


Abbildung 10: Soll-Prozess der Entwurfsplanung

Als wichtiger modellbasierter Liefergegenstand der Entwurfsphase ist das Fachmodell Umwelt vorgesehen. Es bildet den übergeordneten fachlichen Informationsrahmen und wird, wie in Kapitel 6 erläutert, projektspezifisch in Teilmodelle gegliedert. Im Praxisbeispiel werden insbesondere die Teilmodelle *UmweltBestand, UmweltWirkung* und *MaßnahmenPlanung* unterschieden. Ihre inhaltliche Struktur orientiert sich dabei an den wesentlichen Arbeitsschritten und Informationsbedarfen der Entwurfsplanung sowie an den hierfür relevanten Entwurfsunterlagen nach RE 2012 [23]. Sie bilden die wesentlichen Arbeitsschritte der Bestandserfassung und -bewertung, der Wirkungs- und Konfliktanalyse sowie der Maßnahmenplanung modellbasiert ab. Die konkrete Gliederung und der erforderliche Informationsumfang der Teilmodelle sind projektspezifisch in den Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und im BIM-Abwicklungsplan (BAP) festzulegen.

Für die Entwurfsplanung sind insbesondere die im Rahmendokument „Anwendungsfälle für den Regelprozess" des Masterplans BIM Bundesfernstraßen beschriebenen Anwendungsfälle AwF 010, 040, 050, 060 und 080 relevant [29]. AwF 010 unterstützt die Aufbereitung und modellbasierte Bereitstellung umweltfachlicher Bestandsdaten. AwF 040 ermöglicht die Visualisierung der Modelle, während das Fachmodell Umwelt und die technischen Fachmodelle im Rahmen von AwF 050 koordiniert werden, um räumliche und inhaltliche Wechselwirkungen frühzeitig zu erkennen. AwF 060 unterstützt die iterative Qualitätsprüfung der projektspezifisch festgelegten geometrischen, alphanumerischen und strukturellen Anforderungen. AwF 080 dient der konsistenten Ableitung von Plänen aus den qualitätsgesicherten Fachmodellen.

Eine wesentliche methodische Komponente des BIM-Ansatzes ist die Nutzung einer Common Data Environment (CDE). Sie dient als zentrale Plattform für die Bereitstellung, Versionierung, Koordination, Prüfung und Freigabe der Modell- und Dokumentenstände. Zwischenstände der Fachmodelle werden regelmäßig bereitgestellt, mit den Modellen anderer Fachdisziplinen koordiniert, hinsichtlich der fachlichen und informationstechnischen Anforderungen geprüft und bei Bedarf fortgeschrieben. Nach der Qualitätssicherung durch die jeweils erstellende Fachplanung, der anschließenden Qualitätsprüfung durch den Auftraggeber und der dokumentierten Bearbeitung relevanter Prüfpunkte werden die Fachmodelle und die daraus abgeleiteten Unterlagen für den nächsten Prozessschritt freigegeben.

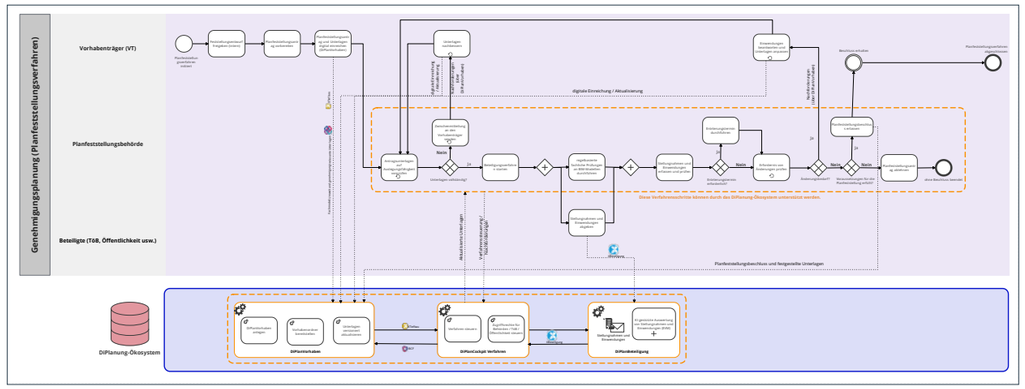
Ein weiterer Bestandteil dieser Phase ist die Transformation ausgewählter Daten zwischen GIS- und BIM-basierten Datenmodellen. Landschaftsplanerische Ziele, Erfordernisse und Maßnahmen, die in XPlanung vorliegen, sowie ausgewählte vorhabenbezogene Informationen gemäß OKSTRA® können anhand definierter Transformationsregeln in ein IFC-basiertes Modell überführt werden. Für die technische Umsetzung solcher GIS→BIM-Transformationen können unterschiedliche ETL- und Transformationswerkzeuge in Betracht gezogen werden. Mit der BIMFabrikHH [31] besteht beispielsweise bereits ein Ansatz zur automatisierten Aufbereitung heterogener Geodaten und deren Bereitstellung als IFC-Modelle.

Dadurch können geplante landschaftspflegerische Maßnahmen mit Inhalten aus Landschaftsrahmenplänen, Landschaftsplänen und weiteren Planwerken der Landschaftsplanung sowie mit vorhabenbezogenen Informationen räumlich und semantisch abgeglichen werden.

8.3 Genehmigungsplanung

In der Genehmigungsplanung verschiebt sich der Fokus von der Datenproduktion hin zur verfahrensbezogenen Abwicklung. Der Prozess bildet die administrativen Schritte zur Erlangung des Baurechts im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens ab. Anstelle der Einreichung umfangreicher Papierunterlagen stellt der Vorhabenträger strukturierte Unterlagen und digitale Planungsdaten über digitale Plattformen bereit.

Für die BIM-basierte Ausgestaltung dieses Prozessschritts ist insbesondere der Anwendungsfall AwF 090 – Genehmigungsprozess relevant. Er umfasst digitale Prüfläufe zur behördlichen bzw. hoheitlichen Prüfung, Freigabe und Genehmigung auf Grundlage von Modellen und den daraus abgeleiteten erforderlichen Unterlagen unter Beachtung regulatorischer Vorgaben. Für die Landschaftsplanung bedeutet dies, dass die genehmigungsrelevanten Teilmodelle des Fachmodells Umwelt gemeinsam mit den daraus abgeleiteten Planunterlagen als strukturierte Informationsgrundlage für das Verfahren bereitgestellt werden können. Für die im Vorhaben betrachteten landschaftsplanerischen Inhalte betrifft dies insbesondere das Fachmodell Umwelt mit den Teilmodellen *UmweltBestand, UmweltWirkung* und *MaßnahmenPlanung* sowie – soweit für die Prüfung relevant – das Teilmodell *LandschaftsplanerischeVorgaben*.


Genehmigungsplanung (Planfeststellungsverfahren)
Vorhabenträger (VT)
Planfeststellungsbehörde
Beteiligte (TöB, Öffentlichkeit usw.)
digitale Einreichung / Aktualisierung
Stelle
Stelle
Stelle
Stelle
Stelle
Ja
Nein
Ja
Nein
Ja
Nein

Für die Darstellung des digitalen Genehmigungsprozesses wurde das DiPlanung-Ökosystem als bestehender bzw. in Weiterentwicklung befindlicher Plattformansatz zugrunde gelegt. Es dient im vorliegenden Soll-Prozess als Referenz für die digitale Antragstellung, Verfahrenssteuerung und Beteiligung. Eine technische Implementierung oder Erprobung von DiPlanung war nicht Gegenstand des Vorhabens. Das DiPlanung-Ökosystem setzt sich aus mehreren modularen Komponenten zusammen, darunter *DiPlanVorhaben* zur Vorhabens- und Antragsverwaltung, *DiPlanCockpit* zur Verfahrenssteuerung durch die Planfeststellungsbehörde sowie *DiPlanBeteiligung* zur digitalen Beteiligung der Träger öffentlicher Belange (TÖB) und der Öffentlichkeit [32]. DiPlanung wurde im Kontext der OZG-Umsetzung entwickelt und ist als bundesweit einsetzbare Plattform für verschiedene Verwaltungsverfahren, einschließlich der Planfeststellung, konzipiert.

Im Soll-Prozess reicht der Vorhabenträger die Antragsunterlagen und zugehörigen Planungsdaten über *DiPlanVorhaben* ein. Die Planfeststellungsbehörde steuert das Verfahren über *DiPlanCockpit*, während TÖB und Öffentlichkeit über *DiPlanBeteiligung* digitalen Zugriff auf die Unterlagen erhalten, Stellungnahmen und Einwendungen abgeben und über den Stand des Verfahrens informiert werden. Die strukturierte Kommunikation innerhalb des Ökosystems wird durch den Einsatz von XStandards, wie beispielsweise XTiefbau und XBeteiligung, unterstützt.

Technische und regelbasierte Prüfungen von BIM-Modellen werden derzeit nicht innerhalb des DiPlanung-Ökosystems durchgeführt. Perspektivisch könnten solche Funktionen jedoch im Zuge einer Weiterentwicklung der Plattform integriert werden, um ausgewählte automatisierte Plausibilitäts- und Regelprüfungen direkt im verfahrensbezogenen Umfeld zu ermöglichen.

Als alternative und derzeit realistischere Lösung können modellbasierte Prüfungen innerhalb der BIM-Infrastruktur der zuständigen Behörde erfolgen. Hierzu zählen beispielsweise Common Data Environment des Fernstraßen-Bundesamtes (FBA.CDE), die im Rahmen des Projekts BeGeBIM untersucht wurde [33]. In diesem Szenario verbleibt DiPlanung als zentrale Plattform für Verfahrenssteuerung, Beteiligung und Dokumentation, während die technische Prüfung der BIM-Modelle in der fachlichen Systemumgebung der Behörde erfolgt. Um einen effizienten Datenaustausch sowie eine nachvollziehbare Zuordnung zwischen eingereichten Planungsdaten und Prüfergebnissen sicherzustellen, kann hierfür eine technische Schnittstelle zwischen dem DiPlanung-Ökosystem und der BIM-Infrastruktur der Behörde erforderlich sein.

Mit dem Planfeststellungsbeschluss werden die landschaftspflegerischen Maßnahmen rechtsverbindlich festgesetzt und bilden damit zugleich die Grundlage für ihre Erfassung in den Kompensationsverzeichnissen der jeweils zuständigen Stellen. Die Anforderungen an eine modellbasierte Übergabe dieser Informationen werden im Abschnitt zur Betriebsphase aufgegriffen.

8.4 Ausführung, Vergabe und Bau

In der Phase von Ausführung, Vergabe und Bau liegt der Schwerpunkt auf der Umsetzung der im Planfeststellungsbeschluss festgelegten landschaftsplanerischen Maßnahmen. Der Prozess folgt den Vorgaben der ELA [7] und wird durch die BIM-Methodik um eine objektbezogene und phasenübergreifende Informationsführung ergänzt.

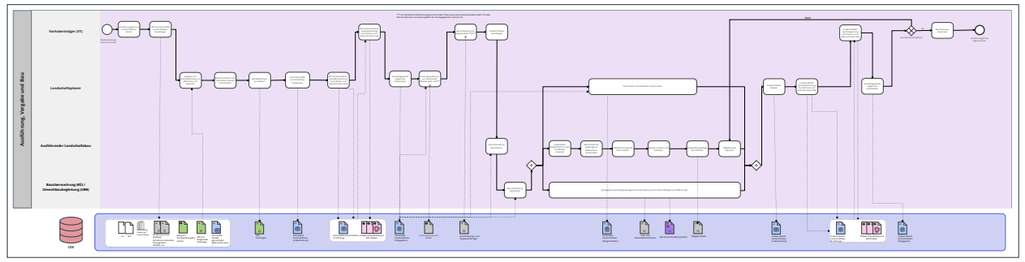


Abbildung 12: Soll-Prozess für Ausführung, Vergabe und Bau

Ausgangspunkt ist der genehmigte Maßnahmenstand im Fachmodell Umwelt, insbesondere das Teilmodell *MaßnahmenPlanung*. Im Rahmen der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung werden die dort festgelegten Maßnahmen technisch, räumlich und zeitlich weiter konkretisiert. Die ausführungsrelevanten Informationen werden anschließend im Fachmodell Landschaftsbau, insbesondere im Teilmodell *MaßnahmenAusführung*, fortgeführt. Das Fachmodell Landschaftsbau bildet damit die planerische Umsetzung der im Fachmodell Umwelt festgelegten landschaftspflegerischen Anforderungen ab [15]. Im Zuge dieser Konkretisierung werden die Maßnahmen um die für Ausschreibung und Bauausführung erforderlichen Angaben ergänzt, beispielsweise zu Abmessungen, Ausführungszeiträumen, Schutz- und Herstellungsvorgaben sowie zur Fertigstellungs- und Entwicklungspflege.

Für die Ausführungsplanung werden insbesondere AwF 050 – Koordination der Fachgewerke und AwF 060 – Planungsfortschrittskontrolle und Qualitätsprüfung weitergeführt. Durch die Zusammenführung der Fachmodelle können Wechselwirkungen vor Beginn der Bauausführung erkannt werden. Im Rahmen der Qualitätsprüfung kann kontrolliert werden, ob die Maßnahmen vollständig und georeferenziert abgebildet sind und die für die Ausführung erforderlichen Informationen enthalten. Für Vergabe und Bauvorbereitung sind insbesondere AwF 100 – Mengen- und Kostenermittlung, AwF 110 – Leistungsverzeichnis, Ausschreibung und Vergabe sowie AwF 120 – Terminplanung der Ausführung relevant. Auf Grundlage der modellbasierten Abbildung der Maßnahmen können geometrisch ableitbare Größen wie Flächen, Längen oder Stückzahlen für weitere Auswertungen bereitgestellt werden. Die im Objektkatalog vorgesehenen ausführungsbezogenen Informationen, beispielsweise Maßnahmenbeschreibung und weitere Ausführungsvorgaben, können perspektivisch eine Zuordnung zu Leistungspositionen und damit die Erstellung von Leistungsverzeichnissen unterstützen. Durch die Verknüpfung der Maßnahmeninformationen mit dem Terminplan können zudem umweltfachlich relevante Zeitvorgaben, beispielsweise Bauzeitenbeschränkungen, im Bauablauf berücksichtigt werden. Während der Bauausführung dient das Fachmodell Landschaftsbau als räumliche und semantische Referenz für Bauüberwachung und Umweltbaubegleitung. Maßnahmenflächen und zeitliche Restriktionen sowie die Schutzgebiete aus dem Fachmodell Umwelt können beispielsweise in Baubesprechungen modellbasiert visualisiert werden. Festgestellte Abweichungen oder Mängel können objektbezogen dokumentiert und dem jeweiligen Maßnahmenobjekt zugeordnet werden, beispielsweise über BCF-basierte Prüfpunkte. AwF 140 – Baufortschrittskontrolle unterstützt dabei den Vergleich zwischen dem freigegebenen Soll-Zustand und dem dokumentierten Ausführungsstand. Änderungen gegenüber dem freigegebenen Maßnahmenstand können im Rahmen von AwF 150 – Änderungs- und Nachtragsmanagement nachvollziehbar geprüft und dokumentiert werden. AwF 170 – Abnahme- und Mängelmanagement unterstützt schließlich die objektbezogene Dokumentation von Herstellungskontrollen, Abnahmen, festgestellten Mängeln und deren Beseitigung.

Nach Abschluss der Herstellung, der Herstellungskontrolle und der Abnahme wird das Fachmodell Landschaftsbau auf Grundlage der dokumentierten Ausführung zu einem Bestands- beziehungsweise As-Built-Modell fortgeschrieben. Der AwF 190 – Projekt- und Bauwerksdokumentation unterstützt dabei die Erstellung, Qualitätssicherung und Bereitstellung des dokumentierten As-Built-Modellstands. Dieser bildet einen qualitätsgesicherten Übergabestand für die nachfolgende Betriebsphase. Er bildet den tatsächlich realisierten Zustand einschließlich genehmigter Abweichungen, verbleibender Mängel sowie der für die weitere Entwicklungs- und Unterhaltungspflege erforderlichen Informationen ab. Diese bilden die Grundlage für die Funktionskontrolle zur Erreichung der festgelegten umweltplanerischen Ziele.

8.5 Betriebsphase

Die Betriebsphase ist durch eine langfristige Entwicklungs- und Unterhaltungspflicht geprägt. Ausgangspunkt ist der nach Abschluss der Bauausführung dokumentierte tatsächliche Zustand. Das in der Bauphase fortgeschriebene As-Built-Modell wird hierzu als Informationsgrundlage für ein Betriebsmodell genutzt. Dieses führt die für die weitere Bewirtschaftung relevanten Angaben aus Planung und Ausführung fort und ergänzt sie um betriebsbezogene Informationen.

Für die modellbasierte Informationsführung in der Betriebsphase können ergänzend die von BIM.Hamburg beschriebenen Betriebsanwendungsfälle herangezogen werden. Für den hier betrachteten Prozess sind insbesondere AwF 200 – Datenaufbereitung für den Betrieb [34], AwF 210 – Unterhaltungs- und Wartungsmanagement [35] sowie AwF 220 – Zustandserfassung/Prüfung/Inspektion [36] relevant. AwF 200 unterstützt dabei den Übergang des dokumentierten As-Built-Modells in ein für den Betrieb nutzbares Betriebsmodell. AwF 210 weist Bezüge zur modellbasierten Durchführung und Dokumentation von Pflege- und Unterhaltungsprozessen auf, während AwF 220 insbesondere für die modellbezogene Dokumentation von Zustands- und Funktionskontrollen herangezogen werden kann.

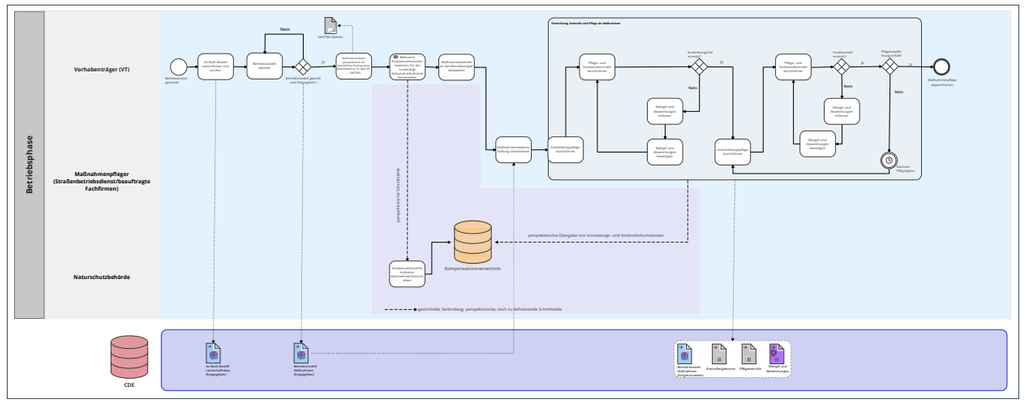


Abbildung 13: Soll-Prozess der Betriebsphase

Das Betriebsmodell enthält insbesondere die Angaben zu Entwicklungszielen, Pflege- und Unterhaltungsvorgaben, Kontrollintervallen und weiteren für den Betrieb relevanten Anforderungen. In dem im Vorhaben entwickelten Objektkatalog werden diese Informationen abgebildet. Dadurch bleiben die fachlichen Anforderungen einer Maßnahme auch nach Abschluss der Bauausführung objektbezogen und nachvollziehbar verfügbar.

Pflege- und Funktionskontrollen können auf dieser Informationsgrundlage durchgeführt und dokumentiert werden. Dabei wird der tatsächliche Zustand einer Maßnahme mit dem festgelegten Entwicklungs- bzw. Maßnahmenziel verglichen. Solange der Zielzustand noch nicht erreicht ist, können die Ergebnisse insbesondere zur Steuerung und Anpassung der Entwicklungspflege herangezogen werden. Nach Erreichen des Entwicklungsziels bilden die hinterlegten Informationen die Grundlage für die dauerhafte Unterhaltungspflege und die weitere Funktionskontrolle. Festgestellte Abweichungen oder erforderliche Nachbesserungen können objektbezogen der jeweiligen Maßnahme zugeordnet werden. Damit kann über mehrere Kontrollzeitpunkte hinweg nachvollzogen werden, wie sich eine Maßnahme entwickelt, welche Pflegeleistungen durchgeführt wurden und ob das vorgesehene Funktionsziel erreicht wird. Auf diese Weise entsteht eine fortschreibbare, objektbezogene Informationsbasis, die perspektivisch als Grundlage für einen digitalen Zwilling landschaftspflegerischer Maßnahmen dienen kann. Das Betriebsmodell bildet dabei die stabile räumliche und semantische Referenz der Maßnahme, während Pflege-, Kontroll- und Zustandsinformationen fortlaufend ergänzt und mit weiteren Fachsystemen verknüpft werden können. Damit folgt der Ansatz dem Grundprinzip eines digitalen Zwillings, bei dem BIM-Modelle, GIS-Daten und weitere betriebliche Informationsquellen anwendungsbezogen zusammengeführt werden. Eine kontinuierliche oder automatisierte Synchronisation mit dem realen Zustand der Maßnahmen wurde im Rahmen des Vorhabens jedoch nicht umgesetzt.

Für dynamische Betriebsinformationen, beispielsweise Zustandsbewertungen, durchgeführte Pflegegänge, Fotos, Kommentare oder Kontrolltermine, ist nicht zwingend eine vollständige Speicherung im BIM-Modell erforderlich. Stattdessen ist es denkbar, das BIM-Modell als stabile räumliche und semantische Referenz zu nutzen und veränderliche Betriebsdaten in einem ergänzenden Fach- oder Datenbanksystem zu führen. Die Verknüpfung kann beispielsweise über eindeutige Objektkennungen (GUID) oder Georeferenzen erfolgen. Ausgewählte Statusinformationen können bei Bedarf in aktualisierten Modellständen (Versionierung) fortgeführt werden. Abbildung 14 zeigt dieses Prinzip einer möglichen modellbasierten Informationsführung schematisch. Die dargestellte Verknüpfung von Betriebsmodell und veränderlichen Betriebsinformationen stellt zugleich eine mögliche technische Grundlage für die perspektivische Weiterentwicklung zu einem digitalen Maßnahmenzwilling dar. Die konkrete technische Architektur war nicht Gegenstand der Erprobung und ist daher als mögliche Umsetzungsoption bzw. als Ansatz für Folgeprojekte zu verstehen.

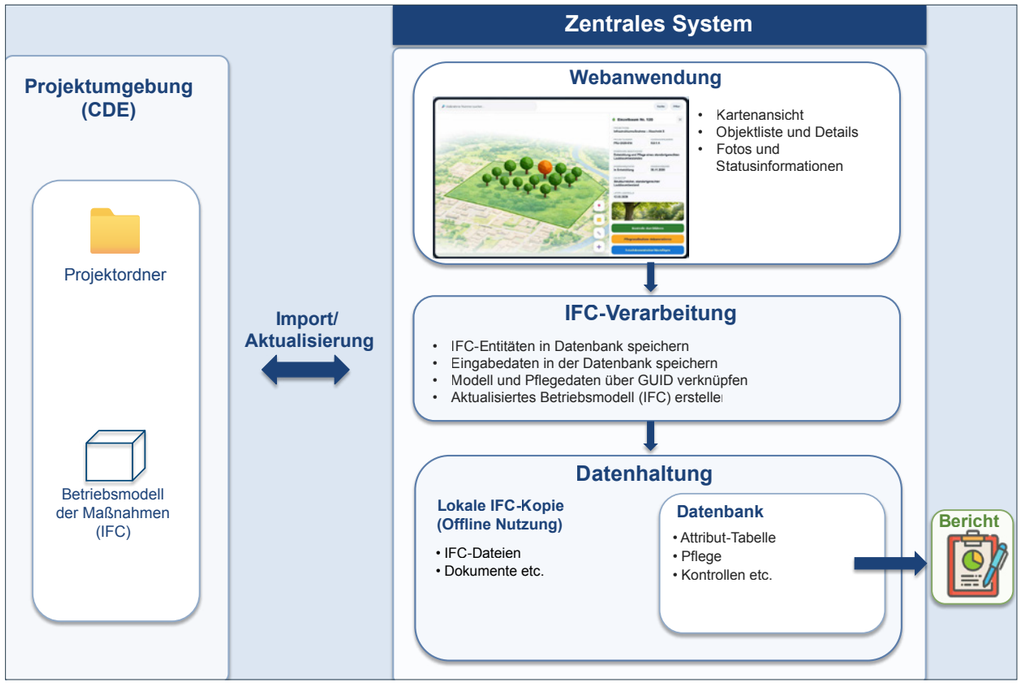


Abbildung 14: Konzeptionelle Informationsführung in der Betriebsphase

Der dargestellte Soll-Prozess beschreibt damit eine durchgängige modellbasierte Informationsführung von der Erfassung des Umweltbestandes über die Festsetzung und Ausführung der Maßnahmen bis zu deren langfristiger Bewirtschaftung und Funktionskontrolle. Die landschaftspflegerischen Maßnahmen bleiben dabei über alle Projektphasen hinweg als fachlich identifizierbare Einheit erhalten und werden schrittweise um die für die jeweilige Phase erforderlichen Informationen ergänzt. In der Betriebsphase entsteht dadurch eine fortschreibbare Informationsbasis, die perspektivisch sowohl für einen digitalen Maßnahmenzwilling als auch für die Anbindung weiterer betrieblicher Fachsysteme und Kompensationsverzeichnisse genutzt werden kann. Für die langfristige Bewirtschaftung besteht darüber hinaus ein zukünftiger Bedarf an einer standardisierten Übergabe relevanter Maßnahmeninformationen aus dem Betriebsmodell in bestehende Kompensationsverzeichnisse. Eine solche Schnittstelle könnte dazu beitragen, Informationen zum genehmigten Maßnahmenumfang, zum Umsetzungsstand sowie zur Pflege und Funktionskontrolle ohne erneute manuelle Erfassung weiterzuverwenden. Welche Datenmodelle, Mindestinformationen, Zuständigkeiten, Austauschstandards und Schnittstellen für eine solche Übergabe geeignet sind, ist in weiterführenden Untersuchungen zu klären. Voraussetzung für die beschriebene Durchgängigkeit ist, dass die Inhalte der beteiligten Fachdatenmodelle an den Übergabepunkten verlustminimierend ineinander überführt werden können. Die hierfür entwickelten semantischen Transformationsregeln werden in Teil D dargestellt.

Teil D
Semantische Transformationsregeln

9 Ausgangslage und Zielsetzung der Transformation

OKSTRA® bildet fachlich detaillierte Informationen des Straßenwesens ab, während IFC als offenes Austauschformat für modellbasierte BIM-Prozesse genutzt wird. XPlanung stellt wiederum standardisierte raumbezogene Festlegungen der Landschaftsplanung bereit. Damit diese Informationen auch über System- und Projektphasengrenzen hinweg genutzt werden können, sind nachvollziehbare semantische Zuordnungen und Transformationsregeln erforderlich. Die Transformation ermöglicht dadurch, wesentliche Informationen zwischen den Datenmodellen möglichst verlustminimierend auszutauschen.

Für OKSTRA® und IFC ist dieser Austausch bidirektional angelegt. Der wesentliche Nutzen der bidirektionalen Transformation zwischen OKSTRA® und IFC liegt in der durchgängigen Nutzung der Informationen über verschiedene Projektphasen hinweg. OKSTRA®-Daten können in BIM-Prozesse eingebunden und dort weiterbearbeitet beziehungsweise konkretisiert werden. Die daraus entstandenen oder ergänzten Informationen können anschließend wieder für Fachsysteme bereitgestellt werden. Medienbrüche und voneinander abweichende Datenstände können auf diese Weise reduziert werden. Das Integrationskonzept OKSTRA®/IFC [37] hebt diese Verbindung zwischen Planung, Bau und Betrieb sowie die bidirektionale Nutzung von Planungs- und Bestandsdaten als wesentliche Motivation der Harmonisierung hervor.

Die Transformation von XPlanung nach IFC verfolgt einen ergänzenden Zweck. Ausgewählte landschaftsplanerische Festlegungen, beispielsweise Ziele, Erfordernisse und Maßnahmen, können dadurch in modellbasierte Prüfungs- und Genehmigungsprozesse eingebunden werden. Gleichzeitig können bereits vorliegende Maßnahmenplanungen bei der Bewältigung von Eingriffen in Natur und Landschaft berücksichtigt werden. Die Inhalte müssen damit nicht ausschließlich als separate GIS-Layer, Pläne oder Gutachten vorliegen, sondern können im jeweiligen Anwendungskontext gemeinsam mit den BIM-Fachmodellen ausgewertet werden. Da XPlanung übergeordnete Festlegungen der vorsorgebezogenen Landschaftsplanung abbildet, dient der Standard im vorliegenden Ansatz vor allem als Informationsgrundlage für projektbezogene BIM-Prozesse. Eine Rücktransformation von IFC nach XPlanung ist daher nicht vorgesehen.

Nicht alle in OKSTRA® oder XPlanung enthaltenen Objekte und Attribute müssen dauerhaft Bestandteil eines BIM-Modells werden. Maßgeblich ist vielmehr, welche Informationen für einen konkreten Anwendungsfall und eine bestimmte Projektphase benötigt werden. Die Transformation erfolgt daher selektiv, regelbasiert und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen fachlichen Strukturen der beteiligten Datenmodelle.

Vor diesem Hintergrund wurden im Vorhaben beispielhafte semantische Transformationsregeln zwischen OKSTRA®, XPlanung und IFC entwickelt und erprobt. Die folgenden Abschnitte beschreiben die methodische Vorgehensweise, den Aufbau der Mapping-Regeln, die phasenbezogenen Transformationsprofile sowie die Ergebnisse und Grenzen der Testtransformation.

10 Methodik zur Entwicklung der Transformationsregeln und des Mappings

Aufbauend auf dem beschriebenen fachlichen Bedarf wurden die Zuordnungen zwischen den betrachteten Datenmodellen in einem Excel-basierten Mapping- und Regelkatalog für die semantische Transformation zwischen XPlanung (Version 7.0, Entwurfsstand), OKSTRA® (Version 2.022) und BIM-Fachmodellen für Umwelt und Landschaftsbau (IFC, ab 4) dokumentiert. Der Katalog bildet die zentrale fachliche Arbeitsgrundlage für die Entwicklung und Prüfung der Transformationsregeln. Er beschreibt nicht nur ähnlich bezeichnete Objekte oder Merkmale, sondern legt auch fest, welche fachlichen Inhalte eines Quellmodells in welcher Form in einem Zielmodell abgebildet werden sollen.

Die Mapping-Datei richtet sich sowohl an Fachpersonen als auch an Personen, die eine technische Umsetzung entwickeln oder prüfen. Fachpersonen können nachvollziehen, ob Quell- und Zielinhalte fachlich übereinstimmen, Entwicklerinnen und Entwickler können die dokumentierten Regeln als Grundlage für eine konkrete Implementierung verwenden. Die Datei fungiert damit als Schnittstelle zwischen fachlicher Modellanalyse und technischer Umsetzung und beschreibt die fachliche Logik der Transformation.

Die Excel-Arbeitsmappe enthält eine Anleitung, einen Regelkatalog, getrennte Mapping-Blätter für die vorgesehenen Transformationsrichtungen sowie Attribut- und Referenzlisten der beteiligten Datenmodelle. Das Arbeitsblatt GIS2BIM-Mapping beschreibt die Zuordnung von OKSTRA® beziehungsweise XPlanung zu BIM- und IFC-Strukturen. Das Blatt BIM2GIS-Mapping dokumentiert die Rückrichtung von IFC zu OKSTRA®, soweit diese für den jeweiligen Anwendungsfall vorgesehen ist. Eine Rücktransformation von IFC nach XPlanung ist im vorliegenden Ansatz nicht vorgesehen. Die Attribut- und Referenzlisten enthalten Angaben zu Objekten, Merkmalen, Datentypen, Wertelisten und Kardinalitäten von OKSTRA®, XPlanung und dem BIM-Objektkatalog für die Fachmodelle Umwelt und Landschaftsbau. Die methodische Struktur kann grundsätzlich auch auf weitere Quell- und Zielmodelle übertragen werden. Abbildung 15 zeigt den funktionalen Aufbau des Mapping- und Regelkatalogs und das Zusammenwirken der einzelnen Arbeitsblätter.

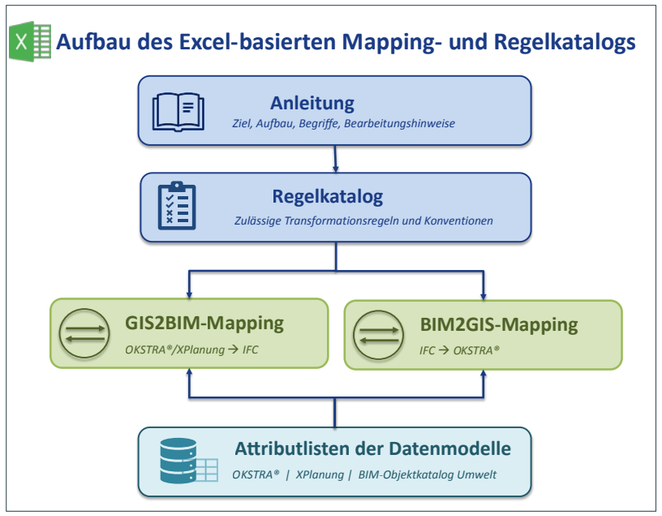


Abbildung 15: Aufbau und Funktion des Excel-basierten Mapping- und Regelkatalogs

Jede fachlich relevante Zuordnung erhält eine eindeutige Mapping-ID. Über diese ID können die fachliche Entscheidung, ihre technische Umsetzung und das Ergebnis eines Transformationslaufs miteinander verknüpft werden. Dazu werden unter anderem Quellstandard und Version, Quellobjekt, Quellattribut, möglicher Quellwert, Zielobjekt, Zielmerkmal, Transformationsregel, Bedingung, Profilbezug und Geometriequelle dokumentiert. Abbildung 16 veranschaulicht dies anhand der Abbildung einer landschaftspflegerischen Maßnahme von OKSTRA® nach IFC.

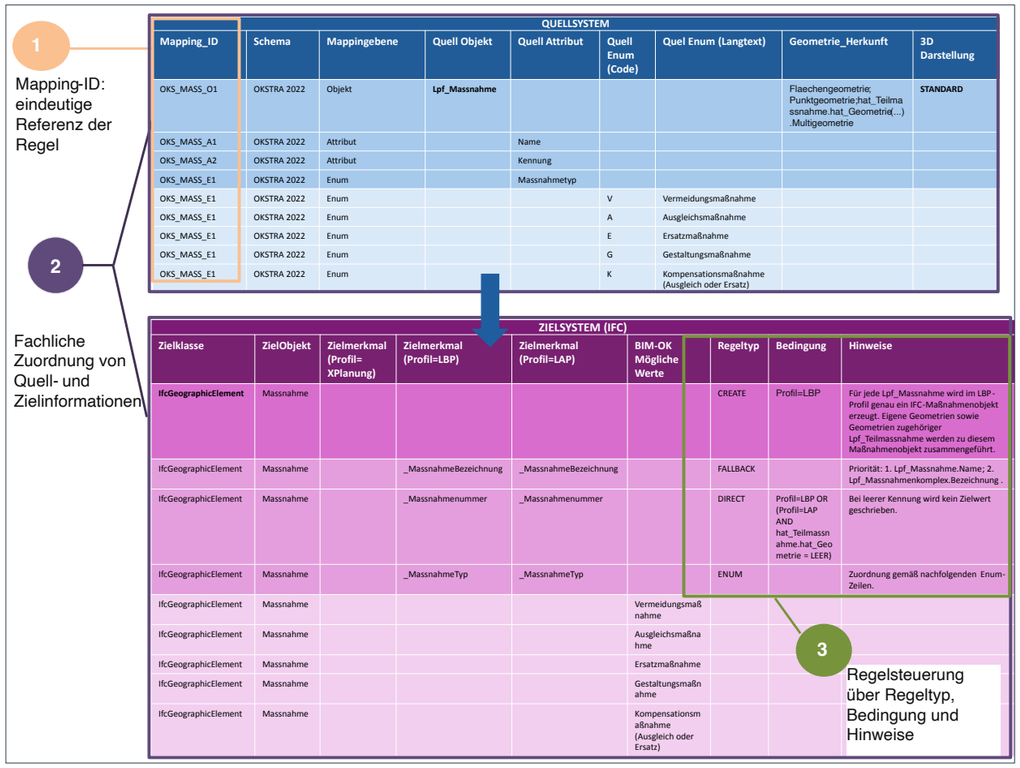


Abbildung 16: Beispielhafte Dokumentation einer Transformationsregel im Mapping- und Regelkatalog

Das Mapping wird auf mehreren Ebenen beschrieben. Auf der Objektebene wird festgelegt, ob aus einem Quellobjekt ein neues Zielobjekt erzeugt wird oder ob seine Informationen einem bereits vorhandenen Zielobjekt zugeordnet werden. Auf der Attributebene wird beschrieben, wie einzelne Quellwerte in Zielmerkmale überführt werden. Ein Wert kann beispielsweise direkt übernommen, über eine Werteliste übersetzt, mit anderen Werten zusammengeführt oder bewusst nicht transformiert werden. Bei codierten Attributen (Enumerationen) werden die einzelnen Quell- und Zielwerte explizit einander zugeordnet. Nicht bekannte oder nicht eindeutig zuordenbare Werte werden nicht automatisch interpretiert, sondern als Hinweis oder Warnung dokumentiert.

Die fachlichen Informationen in den GIS-Quellmodellen können auf mehrere miteinander verknüpfte Objekte verteilt sein, während sie im BIM-Fachmodell gemeinsam an einem Objekt benötigt werden. Das Mapping legt deshalb fest, welche Objekte fachlich zusammengehören, welche übergeordneten Informationen übernommen werden, an welches Zielobjekt ergänzende Inhalte angefügt werden und von welchem Objekt die Geometrie stammt. Zudem soll definiert werden, wie die 2D-Geometrie im Zielmodell dargestellt werden soll, da die Quellmodelle zweidimensionale Geometrien enthalten, während IFC-Objekte eine dreidimensionale Darstellung erwarten. Punkte lassen sich beispielsweise durch vereinfachte dreidimensionale Symbole, Linien durch schmale lineare Körper und Flächen durch geringfügig extrudierte Flächenkörper darstellen.

Für die Beschreibung der Transformation wird ein begrenztes und einheitliches Vokabular aus Transformationsregeln und ergänzenden Steuerungselementen verwendet, das in Tabelle 8 zusammengefasst ist. Dadurch können vergleichbare fachliche Fälle in unterschiedlichen Transformationsrichtungen nach derselben Grundlogik beschrieben werden.

Regel	Bedeutung
CREATE	Aus dem Quellobjekt wird ein neues Zielobjekt erzeugt.
ATTACH_TO	Die Informationen werden einem anderen, bereits erzeugten Zielobjekt zugeordnet.
DIRECT	Der Quellwert wird ohne fachliche Veränderung übernommen.
ENUM	Ein Quellcode oder Quellwert wird einem definierten Zielwert zugeordnet.
DEFAULT	Ein festgelegter Wert wird verwendet, wenn dies fachlich vorgesehen ist.
FALLBACK	Von mehreren möglichen Quellen wird der erste vorhandene Wert verwendet.
MERGE	Mehrere Quellwerte werden in definierter Reihenfolge zusammengeführt.
WHEN	Steuerungselement für die bedingte Anwendung einer Transformationsregel. Ist die festgelegte Bedingung nicht erfüllt, wird die betreffende Mappingzeile nicht ausgeführt.
IGNORE	Die Information wird bewusst nicht transformiert.
SKIP	Ein Objekt wird im betreffenden Transformationsfall nicht übernommen.
@LEER	Hilfszeile ohne eigenes Zielmerkmal. Der Eintrag dokumentiert einen Quellwert, der nicht selbst geschrieben, sondern von einer anderen Regel, wie etwa MERGE oder FALLBACK, als Eingangswert verwendet wird.

Tabelle 8: Transformationsregeln und ergänzende Steuerungselemente

Für ein Zielmerkmal soll grundsätzlich nur eine schreibende Hauptregel bestehen. Mehrere mögliche Quellen werden daher über MERGE, FALLBACK oder Bedingungen gebündelt. Fehlt ein optionaler Quellwert, wird standardmäßig kein Zielwert erzeugt. Ein DEFAULT darf nur eingesetzt werden, wenn ein fachlich begründeter Standardwert festgelegt wurde. Eine DIRECT-Regel darf den Quellwert weder interpretieren noch priorisieren oder mit anderen Werten zusammenführen. Nicht alle Regeln können für jeden Anwendungsfall oder jede Projektphase relevant sein. Deshalb kann das Mapping je nach Anforderungen oder Anwendungsfall durch Profile eingeschränkt werden. Ein Profil legt fest, welche Objekte, Merkmale, Zielklassen und Darstellungsregeln für einen konkreten Transformationsfall angewendet werden.

Die Mapping-Datei ist als erweiterbare Arbeitsgrundlage angelegt. Neue Objekte, Merkmale oder Wertelisten können ergänzt werden, indem ein geeignetes Ziel identifiziert, die Mapping-Ebene und der Regeltyp festgelegt sowie mögliche Bedingungen, Beziehungen und Profile definiert werden. Wenn ein Transformationsfall mit den vorhandenen Regeln nicht beschrieben werden kann, kann der Regelkatalog oder die technische Funktionalität auch erweitert werden.

Der Mapping- und Regelkatalog wird als **Anlage C** zum vorliegenden Praxisdokument in Form einer Excel-Arbeitsmappe bereitgestellt und kann als Grundlage für eigene Transformationsvorhaben genutzt und fortgeschrieben werden.

11 Beispielhafte Umsetzung und Erprobung der Transformation

Im Vorhaben wurde beispielhaft untersucht, wie die im Mapping- und Regelkatalog dokumentierten fachlichen Zuordnungen durch eine prototypische Transformationsanwendung ausgeführt werden können. Ziel der Umsetzung war ein Machbarkeitsnachweis für die entwickelte Methodik. Die Anwendung stellt keine verbindliche Referenzarchitektur dar und ist nicht für den produktiven Einsatz vorgesehen. Die gleiche fachliche Logik kann grundsätzlich auch durch andere Konverter, ETL-Werkzeuge oder Softwarekomponenten umgesetzt werden. Für die Erprobung wurden Transformationsabläufe zwischen OKSTRA®, XPlanung und IFC 4 auf Grundlage einer Python-basierten Testanwendung umgesetzt. Die Anwendung wurde mit Python (Version 3.12.10) umgesetzt. Für die Verarbeitung der IFC-Daten kam *IfcOpenShell* (Version 0.8.4) zum Einsatz. Die Erzeugung und geometrische Modellierung von IFC-Objekten wurde zusätzlich durch die vom Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg (LGV) entwickelte Bibliothek *ifcfactory* (Version 0.2.2, [38]) unterstützt. Die XML-basierten OKSTRA®- und XPlanungsdaten wurden mit *lxml* (Version 6.1.1) verarbeitet. Getestet wurden:

- OKSTRA® nach IFC 4 für planungsbezogene LBP-Inhalte (Profil Entwurfs- und Genehmigungsplanung),
- OKSTRA® nach IFC 4 für ausführungsbezogene LAP-Inhalte (Profil Ausführung),
- IFC 4 nach OKSTRA® für LBP- und LAP-bezogene Inhalte (Rückführung in die Fachsysteme),
- XPlanung nach IFC 4 für ausgewählte Festlegungen der Landschaftsplanung (Profil vorsorgebezogene Vorgaben).

Die technische Umsetzung folgte für alle Transformationsrichtungen derselben Grundlogik. Zunächst wurden die Excel-basierten Mapping-Inhalte automatisiert eingelesen und formal ausgewertet. Anschließend wurden die für die gewählte Transformationsrichtung und das jeweilige Zielprofil relevanten Regeln ausgewählt und in eine maschinenlesbare Struktur überführt. Die Anwendung las danach die Quelldaten ein, identifizierte die relevanten Quellobjekte und Beziehungen, erzeugte die vorgesehenen Zielobjekte, übertrug oder konvertierte die Merkmale und schrieb das Ergebnis in das jeweilige Zielformat. Der vereinfachte Aufbau der prototypischen Testumsetzung ist in Abbildung 17 dargestellt.

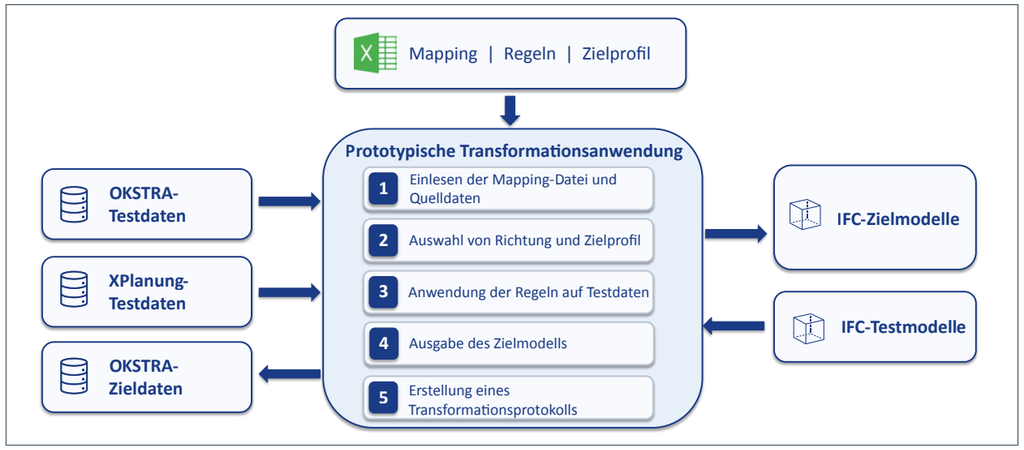


Abbildung 17: Vereinfachte Architektur der prototypischen Testumsetzung. Die Excel-basierte Mapping-Datei, die Transformationsregeln und die Zielprofile werden von der Transformationsanwendung eingelesen und auf OKSTRA®-, XPlanung- beziehungsweise IFC-Testdaten angewendet

Die prototypische Testanwendung stellt keine produktive Zielarchitektur dar. Für eine weiterführende Umsetzung wäre zu untersuchen, inwieweit die entwickelte Mapping- und Regellogik in bestehende Transformations- und BIM-Werkzeugketten eingebunden werden kann. Als Beispiel für einen bereits bestehenden Ansatz zur automatisierten Überführung heterogener Geodaten in IFC kann die BIMFabrikHH[3] herangezogen werden [31]. Sie zeigt, wie unterschiedliche Geodatensätze über automatisierte Workflows für BIM-Anwendungen aufbereitet und als IFC-Modelle bereitgestellt werden können. Perspektivisch wäre zu prüfen, ob vergleichbare technische Strukturen auch für die im Vorhaben entwickelten regelbasierten GIS→BIM-Transformationen genutzt oder erweitert werden können. Die im Vorhaben ebenfalls betrachtete Rücktransformation von IFC nach GIS beziehungsweise OKSTRA® ist davon getrennt zu betrachten und ist nicht Gegenstand der BIMFabrikHH-Betrachtung.

Grundlage der Erprobung waren unterschiedliche, für die vier Transformationsrichtungen vorbereitete Testdatensätze. Die OKSTRA®-Testdaten wurden aus ausgewählten Maßnahmen des Beispielprojekts A 39 abgeleitet und getrennt für den LBP- und LAP-Kontext aufgebaut. Sie enthalten neben den Maßnahmen auch die für die Transformation relevanten Beziehungen zu Maßnahmenkomplexen, Teilmaßnahmen, Geometrien und – im LAP-Datensatz – Pflegeobjekten. Der LBP-Testdatensatz enthält beispielsweise sechs Lpf_Massnahme-Objekte; der LAP-Testdatensatz bildet dieselben beziehungsweise weiter konkretisierte Maßnahmen mit insgesamt 31 Lpf_Teilmassnahme-Objekten sowie den zugehörigen Geometrie- und Pflegeobjekten ab.

Die IFC-Testmodelle wurden aus den DWG- und SHP-Geometrien der Maßnahmenpläne des LBP und des LAP für die trassenfernen Maßnahmen aufgebaut. Die fachliche Semantik wurde entsprechend dem im Vorhaben entwickelten BIM-Objektkatalog ergänzt. Damit standen für die Gegenrichtung IFC→OKSTRA® unabhängig erzeugte BIM-Fachmodelle zur Verfügung; sie waren nicht lediglich das Ergebnis einer zuvor ausgeführten OKSTRA®→IFC-Transformation.

Für XPlanung wurde ein synthetischer Testdatensatz im räumlichen Kontext des Projektgebiets erzeugt. Die verwendeten Objektklassen und Attribute orientieren sich am Landschaftsplanungsmodell von XPlanung 7.0; beispielhafte Attributwerte wurden aus fachlichen Beispielen abgeleitet, die vom Prof. Hellriegel Institut e.V. an der Hochschule Anhalt bereitgestellt wurden, sowie aus den Projektmaßnahmen. Der Datensatz enthält einen *LP_Plan*, einen *LP_Bereich*, drei Objekte *LP_ZieleErfordernisseMassnahmen* und drei Objekte *LP_Eingriffsregelung. XPlanung 7.0* wurde hierbei ausschließlich als Testgrundlage auf Basis des zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Modellstands verwendet. Der Testdatensatz erhebt ausdrücklich keinen Anspruch auf Konformität mit einer final veröffentlichten Version beziehungsweise einem finalen XSD-Schema. Dies ist auch im Testdatensatz entsprechend vermerkt.

Die Erprobung diente damit nicht einer vollständigen Validierung sämtlicher Objektklassen und Mappingregeln, sondern der gezielten Prüfung ausgewählter, für die Transformationsmethodik relevanter Fälle. Hierzu gehörten neben direkten Attributzuordnungen insbesondere profilabhängige Zuordnungen, Objektbeziehungen, Teilmaßnahmen, unterschiedliche Geometrietypen und die Überführung fachlicher Relationen. Tabelle 9 fasst die für die vier Transformationsrichtungen verwendeten Testdatensätze, deren Herkunft beziehungsweise Erstellung sowie ihren jeweiligen Umfang zusammen.

[3] BIMFabrikHH.

Testdatensatz	Herkunft/Erstellung	Transformationsrelevanter Inhalt
OKSTRA® 2.022 (LBP)	Aus ausgewählten LBP-Maßnahmen des Beispielprojektes abgeleitet	*6 Lpf_Massnahme*, *4 Lpf_Massnahmenkomplex*, *2 Lpf_Teilmassnahme* mit zugehörigen *2 Lpf_Geometrie_Teilmassnahme*
OKSTRA® 2.022 (LAP)	Aus ausgewählten LAP-Maßnahmen des Beispielprojektes abgeleitet und ausführungsbezogen konkretisiert	*6 Lpf_Massnahme*, *5 Lpf_Massnahmenkomplex*, *31 Lpf_Teilmassnahme* mit zugehörigen *31 Lpf_Geometrie_Teilmassnahme* sowie jeweils *31 Herstellung_Fertigstpflege/Entwicklungspflege*
IFC 4 (LBP)	Aus DWG/SHP der LBP-Maßnahmen modelliert; Semantik gemäß BIM-Objektkatalog	819 für das Mapping relevante *IfcGeographicElement*-Instanzen des Objekttyps Massnahme mit der Hierarchie Einzelmaßnahme; mehrere Instanzen bilden die Geometrie derselben fachlichen Maßnahme ab.
IFC 4 (LAP)	Aus DWG/SHP der trassenfernen LAP-Maßnahmen modelliert; Semantik gemäß BIM-Objektkatalog	210 für das Mapping relevante *IfcGeographicElement*-Instanzen des Objekttyps Massnahme; mehrere Instanzen können dieselbe fachliche Maßnahme beziehungsweise Teilmaßnahme geometrisch repräsentieren. Im Testbestand wurden daraus 81 Teilmaßnahmen und 17 Einzelmaßnahmen unterschieden.
XPlanung 7.0	Synthetisch im Projektgebiet erzeugt	*1 LP_Plan*, *1 LP_Bereich*, *3 LP_ZieleErfordernisseMassnahmen*, *3 LP_Eingriffsregelung*

Tabelle 9: Übersicht über die für die Testtransformation verwendeten Testdatensätze

Die Ergebnisse der auf dieser Grundlage durchgeführten Transformationsläufe sowie die dabei erkennbar gewordenen Grenzen werden im folgenden Kapitel dargestellt.

12 Ergebnisse und Bewertung der Testtransformation

Die prototypischen Testläufe erzeugten für die betrachteten Transformationsrichtungen sowohl IFC- als auch OKSTRA®-Zieldaten. Dabei konnten ausgewählte Objekte, Merkmale, Werte, Beziehungen und Geometrien entsprechend den im Mapping definierten Regeln übertragen beziehungsweise neu gebildet werden. Tabelle 10 fasst die betrachteten Transformationsrichtungen, den jeweiligen Testumfang und die wesentlichen Ergebnisse der Erprobung zusammen.

Transformations-richtung	Testgrundlage	Ergebnis der Erprobung	Erkenntnisse
OKSTRA® → IFC (LBP)	*6 Lpf_Massnahme*, *4 Lpf_Massnahmenkomplexe*, *2 Lpf_Teilmassnahme*	6 BIM-Fachobjekte *Massnahme (IfcGeographicElement)* erzeugt. Maßnahmeninformationen und Geometrien wurden entsprechend den Mappingregeln am BIM-Fachobjekt zusammengeführt. Die Maßnahmen wurden im LBP-Profil als Einzelmaßnahmen abgebildet.	Auflösung verteilter Informationen und Relationen; Zuordnung der Teilmaßnahmengeometrien zur übergeordneten fachlichen Maßnahme
OKSTRA® → IFC (LAP)	*6 Lpf_Massnahme*, *31 Lpf_Teilmassnahmen* einschließlich zugehöriger Geometrie- und Pflegeobjekte	31 BIM-Fachobjekte *Massnahme (IfcGeographicElement)* mit der Hierarchie Teilmaßnahme erzeugt. Ausführungs- und Pflegeinformationen aus den mit den Teilmaßnahmen verknüpften OKSTRA®-Objekten wurden den jeweiligen BIM-Fachobjekten zugeordnet.	Zusammenführung von Informationen aus Parent-, Teilmaßnahmen-, Geometrie- und Pflegeobjekten; unterschiedliche fachliche Granularität
IFC → OKSTRA® (LBP)	819 für das Mapping relevante IFC-Geometrieträger des Objekttyps *Massnahme (IfcGeographicElement)*, zusammengehörig zu 32 fachlichen Maßnahmen mit der Hierarchie Einzelmaßnahme	32 *Lpf_Massnahme* erzeugt. Mehrere IFC-Geometrieträger mit derselben fachlichen Maßnahmenzugehörigkeit wurden gruppiert und zu einer gemeinsamen OKSTRA®-Maßnahme zusammengeführt; die zugehörigen Geometrien wurden aggregiert.	Fachliche Gruppierung und Aggregation mehrteiliger Geometrien; Ableitung und Prüfung der Zielgeometrie
IFC → OKSTRA® (LAP)	210 für das Mapping relevante IFC-Fachobjekte *(IfcGeographicElement, Massnahme)* mit der Hierarchie Teilmaßnahme und Einzelmaßnahme	*17 Lpf_Massnahme* und *81 Lpf_Teilmassnahme* erzeugt. Die Teilmaßnahmen wurden den jeweiligen übergeordneten Maßnahmen zugeordnet. Geometrien blieben an den Teilmaßnahmen erhalten; ausführungs- und pflegebezogene Informationen wurden in die entsprechenden OKSTRA®-Objektstrukturen überführt.	Bildung der Parent-/Teilmaßnahmenstruktur, Überführung verteilter Pflegeinformationen und Berücksichtigung bestehender Objektstände bei der Historisierung; Geometrieableitung
XPlanung → IFC	*1 LP_Plan*, *1 LP_Bereich*, *3 LP_ZieleErfordernisseMassnahmen*, *3 LP_Eingriffsregelung*	Ausgewählte Plan-, Bereichs- und Fachinhalte wurden in das BIM-Fachmodell überführt. Der Bereichskontext wurde als fachliche Gruppierung abgebildet und die zugehörigen Planinhalte entsprechend ihrer Bereichszugehörigkeit verknüpft.	Auflösung des Plan-/Bereichskontexts und Abbildung der fachlichen Zugehörigkeit über IFC-Gruppierungen und Relationen

Tabelle 10: Testumfang, Ergebnisse und wesentliche Erkenntnisse der betrachteten Transformationsrichtungen

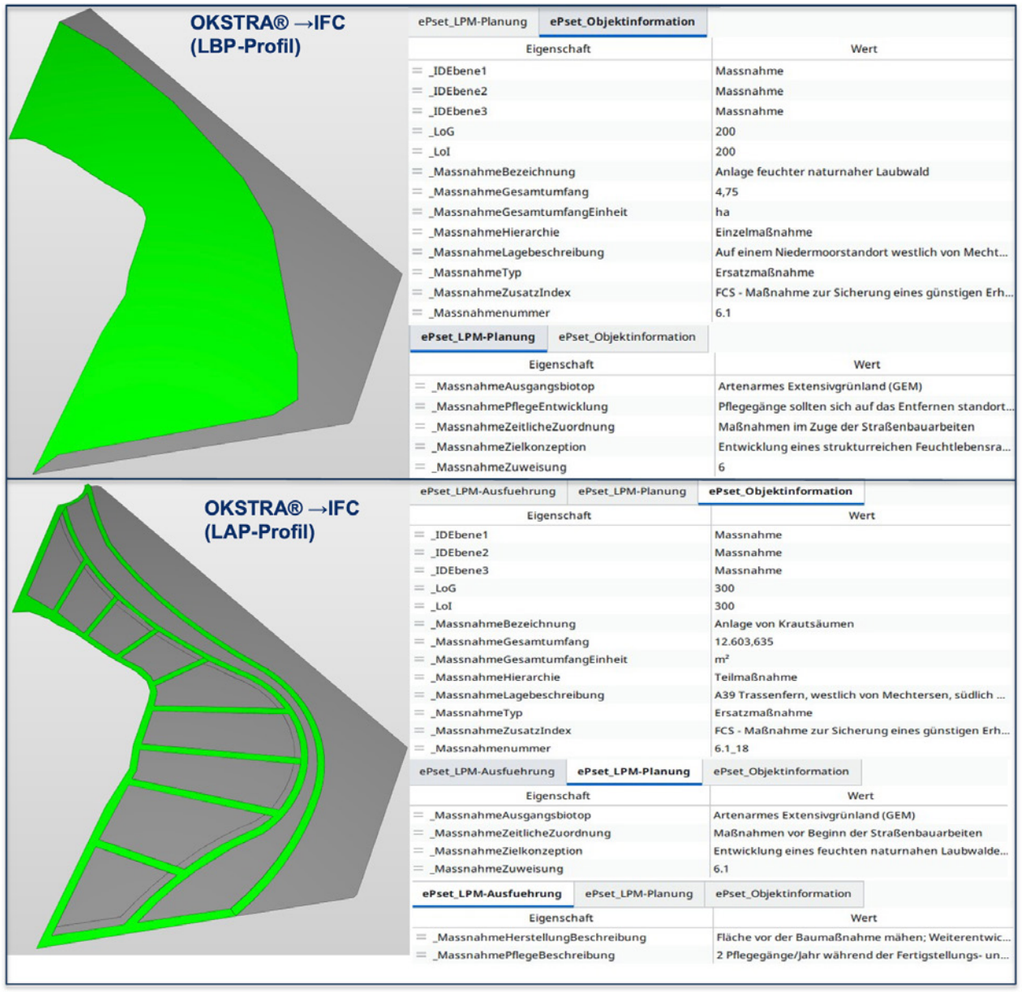


Abbildung 18: Exemplarische Ergebnisse der OKSTRA®→IFC-Testtransformation für das LBP- und LAP-Profil. Dargestellt sind die erzeugten BIM-Fachobjekte einschließlich ausgewählter semantischer Merkmale

Die Tests bestätigten damit die grundsätzliche technische Ausführbarkeit des entwickelten Mappingansatzes. Gleichzeitig zeigte sich, dass die wesentlichen Herausforderungen weniger bei einfachen Attributzuordnungen als bei Objektbeziehungen, unterschiedlichen fachlichen Granularitäten, anwendungsabhängigen Mappingentscheidungen, nicht eindeutigen Zuordnungen sowie bei der geometrischen Überführung zwischen GIS und BIM liegen. Die folgenden Abschnitte erläutern diese Punkte näher.

12.1 Objektbeziehungen und unterschiedliche fachliche Granularitäten

Als deutlich anspruchsvoller als die Übertragung einzelner Attribute erwies sich die Transformation auf Objektebene. Ein fachlicher Sachverhalt kann im Quellmodell auf mehrere miteinander verknüpfte Objekte verteilt sein, während die Informationen im BIM-Fachmodell gemeinsam an einem oder mehreren anders strukturierten Zielobjekten benötigt werden. Im OKSTRA®-Fachdatenmodell Landschaftsplanung können beispielsweise allgemeine Informationen an einer *Lpf_Massnahme*, Geometrie- und Umfangsinformationen an einer *Lpf_Teilmassnahme* beziehungsweise *Lpf_Geometrie_Teilmassnahme* und ausführungs- oder pflegebezogene Angaben an weiteren verknüpften Objekten liegen. Für die Transformation muss daher nicht nur das richtige Quellattribut identifiziert, sondern auch der fachliche Relationskontext aufgelöst werden. Besonders anspruchsvoll waren Mehrfachbeziehungen und mehrteilige Geometrien. Ist ein Quellobjekt mit mehreren Geometrien oder mehreren fachlichen Kontexten verbunden, lässt sich die für die Transformation maßgebliche Zuordnung nicht zwangsläufig allein anhand der räumlichen Lage bestimmen. Eine eindeutige Transformation setzt daher entsprechend gepflegte Relationen, Kennungen oder andere Zuordnungsinformationen voraus. Fehlt diese Eindeutigkeit, sollte die Anwendung keine verdeckte fachliche Annahme treffen, sondern den Fall als mehrdeutig dokumentieren. Abbildung 19 veranschaulicht diesen Relationskontext exemplarisch und zeigt, wie die für ein BIM-Fachobjekt benötigten Informationen auf mehrere miteinander verknüpfte OKSTRA®-Objekte verteilt sein können.

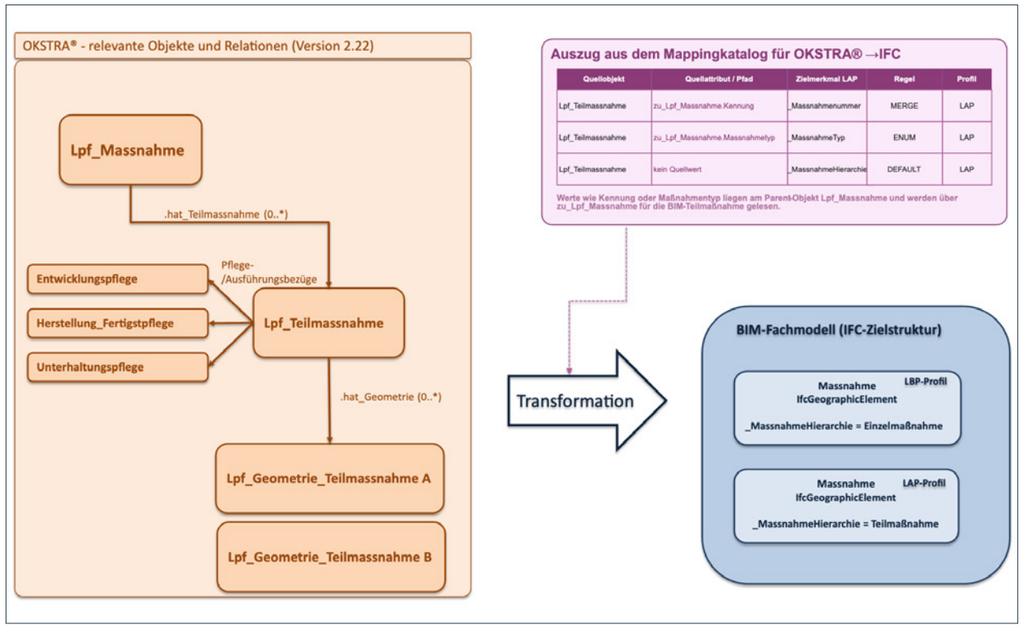


Abbildung 19: Die für ein BIM-Fachobjekt erforderlichen Informationen können auf mehrere miteinander verknüpfte OKSTRA®-Objekte verteilt sein und werden bei der Transformation am jeweiligen BIM-Fachobjekt zusammengeführt

Eine vergleichbare Herausforderung zeigte sich bei XPlanung. Ein *LP_Plan* kann mehrere *LP_Bereich-Objekte* umfassen, denen wiederum mehrere fachliche Planinhalte zugeordnet sein können. Bei der Transformation eines Planinhalts muss daher auch der zugehörige Plan- und Bereichskontext berücksichtigt werden. Die Testumsetzung bildet diese Struktur nicht eins zu eins in IFC nach, sondern überführt die fachlichen Rollen gemäß Mapping in geeignete IFC-Repräsentationen. So kann ein *LP_Bereich* sowohl als fachlicher Gruppierungskontext über *IfcGroup* als auch geometrisch über *IfcSpatialZone* abgebildet werden; zugehörige Planinhalte werden dem jeweiligen Bereich über IFC-Relationen zugeordnet. Geerbte Informationen aus *XP_Plan* werden dabei nicht als separates BIM-Objekt erzeugt, sondern dem bereits erzeugten Landschaftsplanungsinstrument hinzugefügt.

Abbildung 20 verdeutlicht, dass der Mapping- und Regelkatalog neben Quell- und Zielklassen auch die Art der Objektbildung und Zuordnung steuert. Über CREATE werden neue BIM-Objekte beziehungsweise Gruppierungen erzeugt, während ATTACH_TO Informationen einem bereits bestehenden Zielobjekt zuordnet. Damit können sowohl Vererbungsinformationen als auch fachliche Relationskontexte in der Transformation berücksichtigt werden.

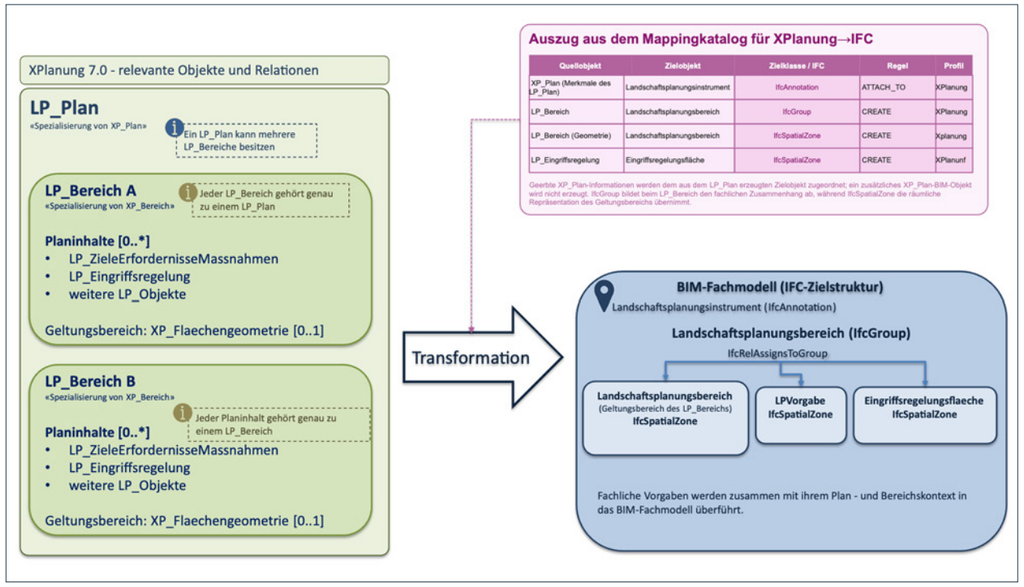


Abbildung 20: Vereinfachter XPlanung-Relationskontext bei der Transformation nach IFC. Die Plan-, Bereichs- und Objektzugehörigkeiten werden bei der Überführung berücksichtigt und im BIM-Modell über geeignete IFC-Beziehungen beziehungsweise Gruppierungen abgebildet

Neben den Relationsstrukturen unterscheiden sich die Modelle auch hinsichtlich ihrer fachlichen Granularität. Dies wurde besonders am Begriff der Teilmaßnahme deutlich. In der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung kann eine bereits im LBP festgelegte Maßnahme zur ausführungsbezogenen Konkretisierung in nummerierte Teilmaßnahmen untergliedert werden. Im entwickelten BIM-Objektkatalog werden deshalb Teilmaßnahmen als Objekttyp *Massnahme* modelliert und über *_MassnahmeHierarchie = Teilmaßnahme* sowie eine eigene *__Massnahmenummer* unterschieden. Die *Lpf_Teilmassnahme* in OKSTRA® stellt dagegen eine eigene fachliche Einheit innerhalb einer *Lpf_Massnahm*e dar und besitzt keine eigene Teilmaßnahmennummer. Die Testtransformation zeigte damit, dass gleich oder ähnlich bezeichnete Objektklassen nicht automatisch eins zu eins aufeinander abgebildet werden können. Für eine belastbare Transformation müssen neben der Objektbezeichnung auch die fachliche Rolle, die Beziehungen zu anderen Objekten und die im jeweiligen Zielmodell erforderliche Granularität berücksichtigt werden.

Auch die Gegenrichtung IFC→OKSTRA® erforderte eine Auflösung unterschiedlicher Objektstrukturen. Dabei wurde keine ursprüngliche OKSTRA®-Struktur vorausgesetzt, da die verwendeten IFC-Testmodelle unabhängig aus den Maßnahmenplänen und dem BIM-Objektkatalog aufgebaut wurden. Die OKSTRA®-Zielobjekte werden daher anhand der im IFC-Modell vorhandenen Merkmale, Geometrien und Hierarchieinformationen sowie der definierten Mappingregeln neu gebildet. Im LBP-Profil können mehrere geometrische Repräsentationen derselben Maßnahme zu einer *Lpf_Massnahme* zusammengeführt werden. Im LAP-Profil werden als Teilmaßnahme kategorisierte BIM-Maßnahmenobjekte als *Lpf_Teilmassnahme* erzeugt und einer übergeordneten *Lpf_Massnahme* zugeordnet. Die erforderlichen OKSTRA®-Relationen werden dabei explizit aufgebaut; bei nicht eindeutiger Parent-Zuordnung wird keine automatische fachliche Entscheidung getroffen. Abbildung 21 stellt die unterschiedliche Objektbildung für das LBP- und LAP-Profil schematisch gegenüber.

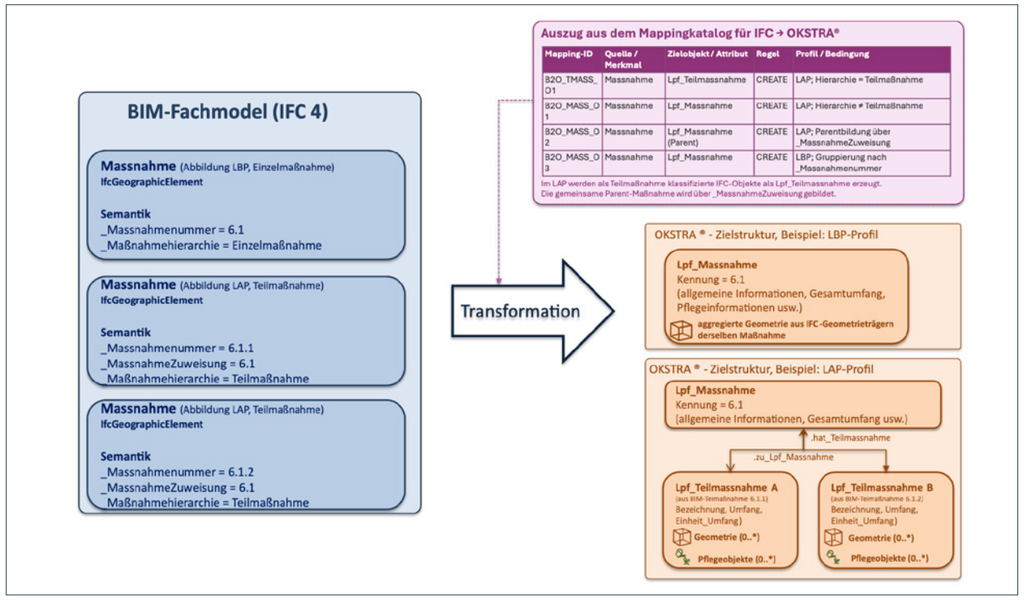


Abbildung 21: Vereinfachte IFC→OKSTRA®-Transformation für LBP- und LAP-Profile. Während im LBP-Profil mehrere BIM-Geometrieträger zu einer fachlichen Lpf_Massnahme zusammengeführt werden können, werden im LAP-Profil als Teilmaßnahme gekennzeichnete BIM-Objekte als Lpf_Teilmassnahme erzeugt und einer übergeordneten Lpf_Massnahme zugeordnet

Neben diesen strukturellen Unterschieden zeigte die Erprobung, dass auch der erforderliche Informationsumfang vom jeweiligen Anwendungsszenario abhängt.

12.2 Fortschreibung und Historisierung bestehender Objektbestände

Eine weitere Fragestellung der Erprobung betraf die Fortführung bereits vorhandener Maßnahmeninformationen über unterschiedliche Planungsstände. Für den Transformationsfall IFC→OKSTRA® im LAP-Kontext wurde deshalb exemplarisch untersucht, wie ein bestehender OKSTRA®-LBP-Bestand bei der Erzeugung des LAP-Zielbestands berücksichtigt werden kann. Ziel war es, fachlich fortgeführte Maßnahmen nicht unabhängig neu anzulegen, sondern – soweit eindeutig möglich – mit ihrem vorherigen Zustand in Beziehung zu setzen.

OKSTRA® stellt hierfür mit dem Paket *S_Historisierung* ein eigenes Konzept zur Historisierung von Objektinstanzen bereit. Die Historisierung erfolgt auf Objektebene; bei einer Änderung kann eine neue Version einer vollständigen Objektinstanz entstehen. Historisierbare Objekte können hierzu unter anderem mit *gueltig_von* und *gueltig_bis* versehen werden.

In der prototypischen Umsetzung wird ein neu aus dem IFC-Modell abgeleiteter LAP-Zustand zunächst mit der vorhandenen OKSTRA®-Datei für den LBP-Bestand abgeglichen. Kann eine Maßnahme anhand fachlicher Kennungen und gegebenenfalls ergänzend anhand ihrer Geometrie eindeutig einem bestehenden Objekt zugeordnet werden, wird der vorhandene Zustand als Vorgänger abgeschlossen und eine neue Nachfolgeversion erzeugt. Ist die Zuordnung nicht eindeutig, wird keine automatische fachliche Annahme getroffen; der neue Zustand wird als neues Objekt erzeugt und der Fall im Transformationsprotokoll dokumentiert.

Die Erprobung zeigt, dass eine phasenübergreifende Transformation nicht ausschließlich als Übertragung eines aktuellen Datenstands verstanden werden sollte. Werden bestehende Fachbestände fortgeführt, muss zusätzlich entschieden werden, ob ein Zielobjekt ein neues Fachobjekt oder einen neuen Zustand eines bereits bestehenden Fachobjekts repräsentiert.

Auch im IFC-Modell ist dafür eine möglichst stabile Objektidentität erforderlich. IFC stellt mit der *GlobalId (GUID)* eine eindeutige Kennung für Objekte bereit. In der Praxis wird IFC jedoch häufig als Austauschformat zwischen unterschiedlichen Autorensystemen verwendet, während die eigentliche Bearbeitung in den jeweiligen Fachanwendungen erfolgt. Ob Objektkennungen über mehrere Bearbeitungs- und Exportstände hinweg unverändert erhalten bleiben, hängt deshalb auch vom verwendeten Modellierungs- und Austauschprozess ab. Im Unterschied zu OKSTRA®, das mit *S_Historisierung* eine ausdrücklich im Datenmodell verankerte Historisierungslogik bereitstellt, ist eine phasenübergreifende Objektverfolgung im BIM-Kontext nicht automatisch Bestandteil jedes Arbeitsablaufs.

Dieser Aspekt wurde in der vorliegenden Erprobung für die Transformation OKSTRA®→IFC nicht vertieft. Für eine langfristige Nutzung der BIM-Fachmodelle sollte jedoch untersucht werden, wie die Identität von Fachobjekten über verschiedene Projektphasen und Softwaresysteme hinweg unabhängig vom Modellierungs- und Austauschprozess zuverlässig erhalten werden kann. Die fachliche Zuordnung kann dabei zunächst über bestehende Kennungen wie die Maßnahmennummer unterstützt werden. Da sich solche Kennungen im Verlauf der Planung jedoch ändern oder im Zuge einer weiteren Untergliederung angepasst werden können, sind sie nur eingeschränkt als dauerhaft stabile Identität geeignet. Denkbar wäre beispielsweise eine zusätzliche fachliche Objektkennung oder ein standardisiertes Merkmalset mit Identitäts-, Versions- und Lebenszyklusinformationen. Eine weiterentwickelte Transformationslogik sollte diese Informationen berücksichtigen, um erkennen zu können, ob ein Objekt neu erzeugt, fortgeschrieben oder als Nachfolger eines bereits bestehenden Fachobjekts behandelt werden muss.

12.3 Anwendungsbezogene Transformationssteuerung und Zielmodellprüfung

Die Erprobung wurde für unterschiedliche Anwendungsszenarien und Informationsstände durchgeführt. Um festzulegen, welche Mappingregeln in einem konkreten Transformationsfall anzuwenden sind, wurden in der Mappingtabelle anwendungsbezogene Transformationsprofile verwendet. Für OKSTRA® wurde dabei insbesondere zwischen LBP- und LAP-bezogenen Informationsständen unterschieden. Während im LBP-Kontext vor allem planungs- und genehmigungsrelevante Maßnahmeninformationen im Vordergrund stehen, werden im LAP-Kontext zusätzliche ausführungs- und pflegebezogene Informationen sowie teilweise eine andere Objektgranularität berücksichtigt.

Die Profilzuordnung steuert dabei nicht nur den Umfang der zu transformierenden Informationen. Sie ist insbesondere dann erforderlich, wenn dieselbe Quellinformation abhängig vom Anwendungsszenario einem anderen Zielmerkmal oder Zielobjekt zugeordnet werden muss. Die fachliche Entscheidung, wie eine Information im jeweiligen Szenario transformiert wird, bleibt damit Bestandteil des Mapping- und Regelkatalogs.

Für XPlanung wurde ein eigenes Transformationsszenario verwendet. Im Unterschied zur LBP-/LAP-Unterscheidung dient es vor allem dazu, aus dem umfangreicheren XPlanung-Fachdatenmodell diejenigen Planungsinformationen auszuwählen, die für den betrachteten BIM-Anwendungsfall benötigt werden. Eine Rücktransformation von IFC nach XPlanung war im Vorhaben nicht vorgesehen. XPlanung bildet übergeordnete Festlegungen der vorsorgebezogenen Landschaftsplanung ab, während die im Vorhaben betrachteten BIM-Fachmodelle vorhabenbezogene Informationen für Planung, Genehmigung, Ausführung und Betrieb enthalten. Eine Rückführung projektspezifisch konkretisierter BIM-Inhalte in ein übergeordnetes landschaftsplanerisches Planwerk stellt daher keinen unmittelbaren Anwendungsfall des betrachteten Informationsflusses dar.

Von dieser Steuerung der Transformation wurde die anschließende Prüfung des erzeugten Zielmodells getrennt. Für IFC-Zielmodelle wurden hierzu IDS-Dateien verwendet, in denen Anforderungen des BIM-Objektkatalogs an Objekte und Merkmale maschinenlesbar beschrieben werden können. Für die erzeugten OKSTRA®-Daten erfolgte eine Prüfung gegen die zugehörige XSD-Struktur, insbesondere hinsichtlich Schema, Objektstruktur, Datentypen und Kardinalitäten.

Diese Trennung ermöglicht es, unterschiedliche Fehlerursachen nachvollziehbar zu unterscheiden. Ein erwarteter Zielwert kann beispielsweise fehlen, weil keine Mappingregel definiert wurde, die erforderliche Quellinformation nicht vorhanden war, eine Bedingung beziehungsweise ein Transformationsprofil die Regel nicht aktiviert hat oder das erzeugte Zielmodell eine definierte Anforderung nicht erfüllt. Die einzelnen Verarbeitungsschritte und Prüfergebnisse wurden deshalb im Transformationsprotokoll dokumentiert. Tabelle 11 zeigt anhand ausgewählter Meldungen aus den Testläufen, dass eine nicht erfüllte beziehungsweise konfliktbehaftete Zielanforderung unterschiedliche Ursachen haben kann. Unterschieden werden beispielsweise fehlende Mappingregeln, fehlende Quellinformationen und widersprüchliche Werte bei der Zusammenführung mehrerer Quellobjekte.

Transformations-richtung	Meldung	Beispiel	Ursache	Bewertung
IFC → OKSTRA® (LAP)	*PARENT_CONTEXT_ CONFLICT*	Zielmerkmal *Zielkonzeption* erhält aus mehreren zusammengeführten Quellobjekten unterschiedliche Werte	Beim Merge innerhalb eines fachlichen Kontexts liegen widersprüchliche Inhalte vor	Zeigt, dass bei der Zusammenführung mehrerer Quellobjekte innerhalb eines fachlichen Relationskontexts widersprüchliche Werte auftreten können und eine automatische fachliche Auswahl nicht immer möglich ist bzw. eine fachliche Prüfung und gegebenenfalls manuelle Anpassung erforderlich sein kann.
OKSTRA® → IFC (LBP)	*REQUIREMENT_ MAPPING_MISSING*	Das Merkmal *_MassnahmeStatus* ist gemäß den Informationsanforderungen des gewählten BIM-Profils erforderlich, im Mapping ist hierfür jedoch keine Transformationsregel hinterlegt.	Zielanforderung vorhanden, jedoch keine Transformationsregel definiert	Kennzeichnet eine Lücke im Mapping- und Regelkatalog und nicht zwingend einen Fehler der Quelldaten. Regel ist entsprechend festzulegen.
XPlanung → IFC	*REQUIREMENT_ SOURCE_MISSING*	Für *_DatumPlanbeschluss* fehlt die Quellinformation beim Zielobjekt „Landschaftsplanungsinstrument“	Die Anforderung ist fachlich vorgesehen, der konkrete Testdatensatz liefert den Wert jedoch nicht	Zeigt, dass eine Zielanforderung im konkreten Testdatensatz nicht bedient werden kann, obwohl die Transformationslogik grundsätzlich vorgesehen ist.

Tabelle 11: Beispielhafte Meldungen des Transformationsprotokolls und ihre Bedeutung für die Bewertung der Testtransformation

Der in Tabelle 11 für das LAP-Profil beobachtete PARENT_CONTEXT_CONFLICT stellt eine zentrale fachliche Herausforderung der Rücktransformation dar. Er tritt auf, wenn mehrere BIM-Teilmaßnahmen zu einer übergeordneten OKSTRA®-Maßnahme zusammengeführt werden sollen, die Quellobjekte jedoch für dasselbe Zielmerkmal unterschiedliche Werte enthalten. In solchen Fällen kann die Transformation ohne zusätzliche fachliche Regel nicht eindeutig entscheiden, welcher Wert auf der übergeordneten Ebene übernommen werden soll. Daraus ergibt sich weiterer Klärungsbedarf sowohl für die Mappinglogik als auch für die fachliche Modellierung. Im Mapping ist zu prüfen, für welche Merkmale eine Zusammenführung, Priorisierung oder bewusste Nichtübernahme zulässig ist. Gleichzeitig ist zu untersuchen, ob bestimmte Informationen im OKSTRA®-Zielmodell besser auf Ebene der Teilmaßnahme verbleiben sollten, anstatt auf die übergeordnete *Lpf_Massnahme* verdichtet zu werden.

Die Beispiele verdeutlichen, dass ein fehlender oder nicht eindeutig erzeugbarer Zielwert nicht automatisch auf einen technischen Transformationsfehler zurückzuführen ist. Ursache kann ebenso eine noch nicht definierte Mappingregel, eine im konkreten Quelldatensatz nicht vorhandene Information oder ein fachlicher Konflikt zwischen mehreren möglichen Quellwerten sein. Die differenzierte Protokollierung unterstützt damit sowohl die fachliche Bewertung eines Transformationslaufs als auch die gezielte Weiterentwicklung des Mapping- und Regelkatalogs und macht zugleich zusätzlichen Informationsbedarf in den Quelldaten sichtbar.

12.4 Geometrische Überführung und Visualisierung

Die Testtransformation bestätigte zunächst, dass zweidimensionale GIS-Geometrien grundsätzlich georeferenziert in IFC überführt werden können. Im betrachteten Test wurden hierzu die vorhandenen Lagekoordinaten (X, Y) übernommen. Die Verarbeitung oder Ableitung von Z-Koordinaten war nicht Bestandteil der Erprobung. Sofern im Quelldatensatz keine Höheninformationen vorliegen, können diese grundsätzlich aus zusätzlichen Höhenquellen, beispielsweise einem digitalen Geländemodell (DGM), ergänzt werden. Für die Gegenrichtung von einem dreidimensionalen IFC-Modell in ein zweidimensional orientiertes GIS-Zielmodell kann die horizontale Lage aus den X-/Y-Koordinaten abgeleitet werden. Vorhandene Z-Werte sollten dabei nicht grundsätzlich verworfen werden, sondern – sofern das Zielmodell entsprechende Strukturen vorsieht – als Höhen- oder zusätzliche Geometrieinformation erhalten bleiben.

Neben der reinen Lageübertragung stellt sich die Frage, wie zweidimensionale Fachgeometrien in einem räumlichen BIM-Modell sinnvoll dargestellt werden können. Dafür wurde im Regelkatalog die vereinfachte Darstellungslogik „STANDARD“ vorgesehen. Sie definiert für zweidimensionale Ausgangsgeometrien standardisierte Darstellungsparameter, beispielsweise eine festgelegte Extrusionshöhe für Flächen und eine definierte Dicke beziehungsweise Breite für Linien. Dadurch können die Fachobjekte im BIM-Viewer räumlich sichtbar, selektierbar und mit anderen Fachmodellen koordinierbar dargestellt werden. Solche Darstellungen dienen primär der Visualisierung und dürfen nicht automatisch als zusätzliche fachliche 3D-Information interpretiert werden. Gleichzeitig können vereinfachte 3D-Darstellungen die fachliche Verständlichkeit unterstützen, indem beispielsweise ein punktförmig erfasstes Objekt im BIM-Modell als Baum, Nisthilfe oder anderes Maßnahmenobjekt erkennbar dargestellt wird. Für solche komplexeren Fachobjekte reicht eine einfache Extrusion der ursprünglichen GIS-Geometrie nicht aus. Ein Baum kann in den GIS-Ausgangsdaten beispielsweise lediglich durch einen Punkt repräsentiert sein, während für eine anschauliche räumliche Darstellung zusätzliche Parameter wie Höhe, Stamm- oder Kronendurchmesser erforderlich sind. Im Regelkatalog wurden hierfür unter anderem die Darstellungsprofile „BAUM“ und „HECKE“ vorgesehen. Für „BAUM“ kann aus einer Punktgeometrie eine vereinfachte Darstellung aus Stamm und Krone erzeugt werden; vorhandene geeignete Objektmerkmale sollen dabei gegenüber vorgeschlagenen Standardwerten bevorzugt werden. Vergleichbare Ansätze sind für lineare oder flächenhafte Gehölzstrukturen denkbar. Die komplexeren 2D→3D-Darstellungsregeln wurden im Rahmen der Testtransformation nicht umfassend erprobt. Ihre Aufnahme in den Regelkatalog dient vielmehr dazu, den zusätzlichen Informationsbedarf und die hierfür erforderliche Transformationslogik strukturiert zu beschreiben. Dies zeigt, dass eine höhere geometrische Darstellungstiefe im BIM-Modell nicht automatisch aus einer zweidimensionalen GIS-Geometrie abgeleitet werden kann, sondern gegebenenfalls zusätzliche Höheninformationen und Objektmerkmale erfordert.

Darüber hinaus können fachlich relevante punktförmige Objekte in den GIS-Daten ohne eigenständige Geometrie vorliegen und lediglich textlich beschrieben sein, beispielsweise innerhalb der Maßnahmenbeschreibung. Sollen solche Objekte im BIM-Modell sichtbar gemacht werden, kann eine symbolische beziehungsweise exemplarische räumliche Darstellung sinnvoll sein. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Darstellung keine fachlich festgelegte Lage repräsentiert. Für automatisierte Transformationsprozesse entsteht daraus eine besondere Anforderung: Objekte ohne geometrische Repräsentation können bei einer rein geometriebasierten Verarbeitung unberücksichtigt bleiben, obwohl sie fachlich relevant sind. Gleichzeitig darf eine zu Visualisierungszwecken erzeugte Punkt- oder 3D-Darstellung bei einer späteren Rücktransformation nicht ohne weitere Prüfung als fachlich verbindliche Zielgeometrie interpretiert werden. Solche Fälle müssen daher über semantische Merkmale, Mappingregeln oder Kennzeichnungen eindeutig als nicht raumkonkret beziehungsweise symbolische Darstellung gekennzeichnet werden.

Gerade bei der Rücktransformation von IFC nach GIS beziehungsweise OKSTRA® wird diese Unterscheidung relevant. Die sichtbare geometrische Repräsentation eines IFC-Objekts lässt nicht in jedem Fall unmittelbar erkennen, welche fachliche Zielgeometrie erzeugt werden soll. Ein fachlich punktförmiges Objekt, beispielsweise

ein Einzelbaum, eine Nisthilfe oder ein Habitatelement, kann im IFC-Modell als dreidimensionaler Körper dargestellt sein. Würde bei der Rücktransformation ausschließlich die geometrische Form ausgewertet, könnte daraus fälschlich eine Fläche beziehungsweise eine ungeeignete Zielgeometrie abgeleitet werden. Für die Bestimmung der fachlich gewünschten Zielgeometrie sollten daher neben der IFC-Geometrie auch semantische Informationen wie Objekttyp, Maßnahmenobjekttyp, Name oder Klassifikation sowie entsprechende Mappingregeln berücksichtigt werden. Die Transformation muss damit zwischen der für BIM gewählten Darstellungsgeometrie und der fachlichen Geometrie des Zielsystems unterscheiden.

Abbildung 22 veranschaulicht exemplarisch drei während der IFC→GIS-/OKSTRA®-Rücktransformation aufgetretene Problemfälle: die ungeeignete Ableitung einer fachlich punktförmigen Zielgeometrie aus einer 3D-Darstellung, den Verlust einer inneren Aussparung bei der 3D→2D-Ableitung sowie die Nichtübernahme eines Objekts aufgrund einer abweichenden IFC-Klassifikation. Fachlich punktförmige Maßnahmenobjekte können im IFC als dreidimensionale Körper repräsentiert sein und bei einer rein geometrischen Ableitung fälschlich als Flächen interpretiert werden. Bei einer ringförmigen Geometrie ging zudem bei der 3D→2D-Ableitung die innere Aussparung verloren. Ein weiteres Objekt wurde aufgrund seiner IFC-Klassifikation *(IfcBuildingElementProxy)* nicht übernommen.

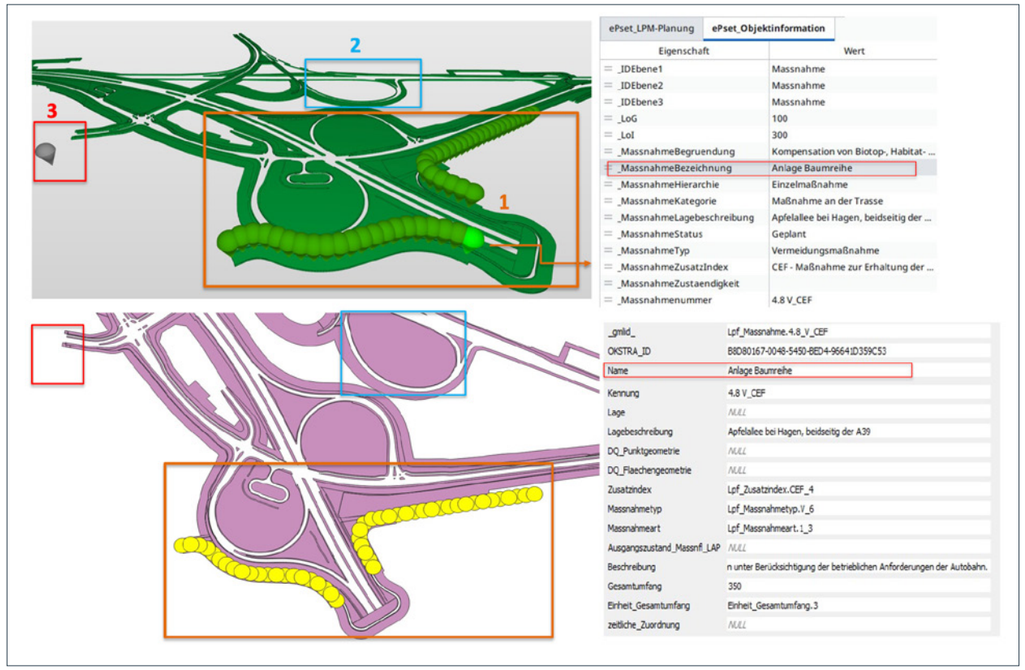


Abbildung 22: Beispielhafte Grenzen der IFC→GIS-/OKSTRA®-Rücktransformation: (1) Gefahr einer ungeeigneten Geometrieableitung bei fachlich punktförmigen 3D-Objekten, (2) Verlust eines Innenrings bei der 3D→2D-Ableitung und (3) nicht übernommenes Objekt aufgrund einer abweichenden IFC-Klassifikation

Eine weitere Erkenntnis der Rücktransformation betrifft die technische Qualität der erzeugten Geometrien. Bei der Projektion und Rekonstruktion komplexer IFC-Geometrien in zweidimensionale GIS- beziehungsweise OKSTRA®-Geometrien können topologisch ungültige Ergebnisse entstehen. Im Test wurden unter anderem Selbstüberschneidungen, überlagernde Polygonteile, fehlerhafte Ringstrukturen und degenerierte Flächen festgestellt. Dabei zeigte sich, dass nicht sämtliche Fehler durch die Transformation selbst entstehen: Teilweise waren ungültige oder problematische Geometrien bereits in den Ausgangsdaten vorhanden und wurden über die weitere Modellierung bis in das Transformationsergebnis fortgeführt. Zusätzliche Fehler können jedoch auch bei der Projektion, Polygonisierung oder Zusammenführung dreidimensionaler Geometrien entstehen. Eine nachgelagerte Geometrieprüfung erwies sich deshalb als sinnvoller Bestandteil des Transformationsprozesses. Die im Test in QGIS eingesetzte Funktion zur Reparatur von Geometrien konnte die festgestellten ungültigen 2D-Geometrien korrigieren. Für eine weiterentwickelte Transformationspipeline sollte daher nach der geometrischen Ableitung eine automatisierte Validierung und gegebenenfalls Reparatur der Zielgeometrien vorgesehen werden. Dadurch kann neben der semantischen und schematischen Prüfung zusätzlich sichergestellt werden, dass die erzeugten Geometrien im jeweiligen Zielsystem technisch weiterverarbeitet werden können.

Die Erprobung zeigt damit, dass die geometrische Transformation nicht allein als Umrechnung beziehungsweise Übernahme von Koordinaten verstanden werden kann. Sie umfasst zugleich die Wahl einer für den BIM-Anwendungsfall geeigneten Repräsentation, die fachlich korrekte Ableitung der Zielgeometrie bei der Rücktransformation sowie die technische Prüfung des erzeugten Geometriebestands.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der Testtransformation die grundsätzliche Umsetzbarkeit des entwickelten Mapping- und Regelansatzes. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass insbesondere bei fachlichen Beziehungen, Granularitäten, Transformationsprofilen, Objektidentitäten sowie der geometrischen Überführung weiterer Handlungsbedarf besteht. Diese Aspekte werden im folgenden Fazit sowie im Abschnitt zum weiterführenden Handlungsbedarf zusammengeführt.

Fazit und Ausblick

13 Fazit

Mit dem vorliegenden Vorhaben wurden Ansätze für BIM-Fachmodelle zur Abbildung landschaftspflegerischer Maßnahmen bei Bundesfernstraßen entwickelt und anhand eines Beispielprojekts erprobt. Ergänzend wurden Soll-Prozesse für Planung, Ausführung, Bau und Betrieb beschrieben sowie semantische Transformationsregeln zwischen OKSTRA®, XPlanung und IFC entwickelt und prototypisch umgesetzt. Die Erprobung erfolgte anhand eines einzelnen Beispielprojekts (A 39 Lüneburg–Wolfsburg mit niedersächsischem Teil der B 190n) sowie eines synthetischen, ausdrücklich nicht schemakonformen XPlanung-Testdatensatzes; die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Projektkontexte und vollständige, produktive XPlanung-Datenbestände ist daher im Rahmen weiterer Vorhaben zu prüfen. Besondere Bedeutung kommt dabei der phasenübergreifenden Fortführung der Maßnahmeninformationen bis in Ausführung, Betrieb und bestehende Kompensationsverzeichnisse zu. Die phasenübergreifende Objekt- und Informationsstruktur kann zugleich eine methodische Grundlage für die perspektivische Entwicklung eines digitalen Maßnahmenzwillings bilden. Entscheidend ist dabei weniger eine möglichst realitätsnahe 3D-Darstellung als vielmehr die eindeutige Identität der Maßnahmen sowie die nachvollziehbare Verknüpfung und Fortschreibung von Planungs-, Ausführungs-, Pflege-, Kontroll- und Zustandsinformationen über den Lebenszyklus hinweg. Eine technische Architektur oder kontinuierliche Synchronisation mit dem realen Zustand war jedoch nicht Gegenstand des Vorhabens.

Die praktische Modellierung zeigte, dass landschaftspflegerische Inhalte grundsätzlich BIM-basiert strukturiert werden können. Gleichzeitig ergeben sich besondere Anforderungen an Modellstruktur, Geometrie und Visualisierung, insbesondere bei großflächigen und überlagernden Fachinformationen sowie bei der Unterscheidung zwischen fachlich verbindlicher und lediglich visualisierender Geometrie. Der Modellierungsaufwand hängt zudem wesentlich vom Strukturierungsgrad der verfügbaren Eingangsdaten ab.

Auch die Transformation geht über einfache Objekt-, Attribut- und Geometriezuordnungen hinaus. Besondere Herausforderungen bestehen bei Objektbeziehungen, unterschiedlichen fachlichen Granularitäten und anwendungsabhängigen Transformationsentscheidungen. Die unterschiedlichen Modellierungsansätze von XPlanung, OKSTRA® und IFC schließen einen regelbasierten Informationsaustausch jedoch nicht grundsätzlich aus.

Der entwickelte BIM-Objektkatalog, die Fachmodellstruktur, die Soll-Prozesse sowie der Mapping- und Regelkatalog bilden hierfür eine methodische Grundlage und können als Ausgangspunkt für weitere BIM-Vorhaben und GIS–BIM-Schnittstellen genutzt werden. Das Vorhaben stellt damit kein fertiges Softwareprodukt oder abschließend standardisiertes Verfahren bereit, sondern einen in Teilen prototypisch erprobten methodischen Ansatz, der in zukünftigen Vorhaben weiterentwickelt und als Grundlage für eine spätere Standardisierung genutzt werden kann und sollte.

14 Handlungsbedarf und weiterführende Fragestellungen

Aus der Erprobung ergibt sich weiterer Handlungsbedarf insbesondere hinsichtlich der strukturierten und maschinenlesbaren Bereitstellung landschaftsplanerischer Fachinformationen. Bestehende Vorgaben wie Maßnahmenblätter und Musterkarten unterstützen bereits die fachliche Strukturierung beziehungsweise die standardisierte kartografische Darstellung, weisen jedoch aktuell umfangreiche Freitextanteile auf. Darüber hinaus liegen auch die der Planung zugrunde liegenden Kartierungs- und Fachdaten häufig in heterogenen Datenstrukturen, Formaten und Attribuierungen vor. Für eine durchgängige digitale Informationsfortführung sollten daher einheitliche Anforderungen an die Strukturierung und Bereitstellung relevanter Ausgangs-, LBP- und LAP-Daten definiert werden. Standardisierte Objektstrukturen, Merkmale und Wertebereiche würden die maschinelle Auswertbarkeit verbessern und die automatisierte beziehungsweise teilautomatisierte Überführung der Informationen in BIM-Fachmodelle wesentlich erleichtern.

Zu untersuchen ist daher, welche modell-, prüf- und transformationsrelevanten Kerninformationen zukünftig stärker standardisiert bereitgestellt werden sollten und wie ausgewählte modell- und ausführungsrelevante Angaben in den Maßnahmenblättern durch eine vereinheitlichte Terminologie, kontrollierte Wertelisten oder standardisierte Formulierungen ergänzt werden können. Auf dieser Basis könnten die in den Soll-Prozessen beschriebenen Prüfungen zielgerichtet durchgeführt und der Planungs- und Genehmigungsprozess ebenso wie Ausführung und Betrieb wirksam unterstützt werden. Zu prüfen wäre in diesem Zusammenhang, ob hierfür bestehende XÖV-Standards wie XTrasse/ XTiefbau erweitert oder ergänzende Standards entwickelt werden sollten.

Als eine weitere Herausforderung im Vorhaben hat sich die Visualisierung der Ergebnisse eines BIM-Projektes im 3D-Raum herausgestellt. Dabei ist zwischen raumkonkreten Objekten wie beispielsweise der Anlage einer Baumreihe sowie weitergehenden Maßnahmen wie beispielsweise Nistkästen ohne konkrete räumliche Festlegung innerhalb ausgewiesener Flächen zu unterscheiden. Diese werden oftmals nur über eine zu realisierende Anzahl in den Maßnahmenblättern definiert. Dazu fehlt es an einer einheitlichen Plansprache für die 3D-Visualisierung. Eine exemplarische Platzierung solcher Maßnahmen im BIM-Modell darf in späteren Prüf-, Ausführungs- oder Transformationsprozessen nicht als verbindliche Lageinformation interpretiert werden. Die vorhandenen Musterkarten wurden für die Darstellung komplexer Sachverhalte auf thematischen Karten entwickelt und in Softwaresysteme implementiert. Für die zukünftige Arbeit ist zu prüfen, welche Formen der Visualisierung geeignet sind und ob abhängig vom jeweiligen Planungsstand unterschiedliche Detaillierungsgrade (LoG) erforderlich sind. Denkbar wären unterschiedliche Modellansätze, die mit zunehmendem Planungsfortschritt detailreicher werden. Damit steigt allerdings auch der Aufwand für die Erstellung entsprechend detaillierter Modelle. Aus diesem Grund könnte für die Prüf- und Genehmigungsprozesse auch ein vereinfachtes Modell für die Visualisierung eingesetzt werden und lediglich für Beteiligungs- oder Präsentationszwecke realitätsnähere Darstellungen notwendig werden. Dies sollte anhand ausgewählter repräsentativer Beispiele geprüft und evaluiert werden. Im Ergebnis sollten Planzeichen sowie Musterkarten für die 3D-Darstellung von BIM-Projekten abgeleitet werden.

Betrachtet man den Lebenszyklus eines BIM-Projektes, stellt der Betrieb eine der wesentlichen Projektphasen dar. Dazu ist für landschaftspflegerische Maßnahmen die Zielerreichung im Rahmen der Erfolgskontrolle zu ermitteln, zu dokumentieren und bei Nichterreichung geeignete Gegenmaßnahmen zu treffen. Dies erfordert die raumkonkrete und vollständige Bereitstellung aller relevanten Informationen. Nur dann kann gewährleistet werden, dass alle notwendigen Pflegeschritte zum gewünschten Zeitraum, in den festgelegten Intervallen sowie die zu erreichenden Ziele abrufbar zur Verfügung stehen. Mit den vorliegenden BIM-Fachmodellen wurde dazu ein erster Beitrag geleistet. Dieser ist anhand konkreter Beispiele weiterzuentwickeln und auf seine Praktikabilität hin zu testen.

Derzeit werden mit einem erheblichen Aufwand Kompensationsverzeichnisse gepflegt und für die Erfolgskontrolle von umgesetzten Kompensationsmaßnahmen genutzt. Da BIM-basierte Planungsprozesse und

BIM-basierte Betriebsprozesse künftig den Regelfall darstellen sollen, ist es notwendig, die Übergabe an derartige Systeme zu realisieren. Da deutschlandweit kein Standard für die Struktur, die Inhalte sowie die zu verwendenden Datenformate für derartige Systeme vorliegt, sind für den Austausch mit Daten aus dem IFC-Standard Schnittstellen und die relevanten Mindestinformationen festzulegen. Dazu sind im Rahmen geeigneter Pilotprojekte die Voraussetzungen zu ermitteln und exemplarisch umzusetzen. Zu prüfen wäre darüber hinaus, ob die Inhalte der Kompensationsverzeichnisse als eigenes Fachdatenmodell im Standard XPlanung abgebildet werden sollten. Damit stünde für die Erfassung, Fortschreibung und den behördenübergreifenden Austausch von Kompensationsinformationen eine bundesweit einheitliche Struktur zur Verfügung, an die eine Übergabe aus IFC-basierten Betriebsmodellen unmittelbar anknüpfen könnte.

Derzeit liegen für die Umwelt- und Landschaftsplanung noch keine vollständigen und durchgängig standardisierten BIM-Fachmodelle vor. Verschiedene Akteure haben hierzu jedoch bereits Fachmodellstrukturen, Objektkataloge und weitere standardisierte Inhalte erarbeitet, die fortlaufend weiterentwickelt werden. Das vorliegende Vorhaben knüpft an diese Arbeiten an und erweitert die bestehenden Ansätze insbesondere durch die Berücksichtigung der Fachdatenmodelle OKSTRA® und XPlanung sowie deren semantische Verknüpfung mit BIM.

Die bereits bestehenden und im Vorhaben weiterentwickelten Ansätze sollten zukünftig möglichst gebündelt, abgestimmt und über geeignete bestehende Strukturen – beispielsweise das BIM-Portal des Bundes – bereitgestellt werden. Dadurch könnte schrittweise ein gemeinsam nutzbarer fachlicher Grundbestand entstehen, auf dessen Basis projektspezifische Informationsanforderungen festgelegt und ergänzt werden können. Weiterführend wäre die Entwicklung eines übertragbaren Muster-Fachmodells für die Umwelt- und Landschaftsplanung sinnvoll. Dieses sollte anhand repräsentativer Planungs-, Prüf-, Genehmigungs- und Ausführungsvorhaben erprobt und evaluiert werden. Eine solche Weiterentwicklung könnte dazu beitragen, wiederkehrende Anforderungen projektübergreifend zu vereinheitlichen und den projektspezifischen Definitions- und Modellierungsaufwand zu reduzieren.

Für die dauerhafte Nutzbarkeit des entwickelten Objektkatalogs ist zudem zu klären, in wessen Verantwortung dessen Pflege und Fortschreibung künftig liegt. Da die zugrunde liegenden Standards XPlanung, OKSTRA® und IFC eigenen Weiterentwicklungszyklen folgen, wäre ein regelmäßiger Abgleich sinnvoll. Eine Anbindung an bestehende Strukturen beziehungsweise eine Abstimmung mit den für die jeweiligen Standards und Fachmodelle zuständigen Stellen erscheint hierfür zweckmäßig.

Im Zuge der Erarbeitung der Transformationsregeln hat sich gezeigt, dass es bei der Übersetzung der Inhalte des OKSTRA® in das BIM-Fachmodell Unsicherheiten gab. Dies betraf insbesondere die Abgrenzung zwischen Maßnahme und Teilmaßnahme, deren fachliche Bedeutung im Datenmodell nicht eindeutig festgelegt ist und in der Praxis unterschiedlich ausgelegt wird. Um den Datentransfer zukünftig sicherzustellen, wäre die Prüfung des Anpassungsbedarfs im OKSTRA®-Fachmodell sinnvoll, insbesondere im Hinblick auf präzisierte Definitionen der zentralen Objektklassen.

Zusammenfassend leistet das Vorhaben einen Beitrag zur durchgängigen modellbasierten Arbeit in Prüf- und Genehmigungsprozessen im Fernstraßenbau. Die erarbeiteten BIM-Fachmodelle dienen als Grundlage für die Datenaufbereitung und -haltung in Vorhaben. Die Transformationsregeln erlauben eine Übernahme von Daten aus OKSTRA®/XPlanung sowie die Übergabe an OKSTRA® und können in unterschiedliche Softwaresysteme implementiert werden; damit wird ein verlustminimierender Datenaustausch unterstützt. Durch die Informationsflussanalyse und die Abbildung der Soll-Prozesse wurde ermittelt, zu welchem Zeitpunkt welche Informationen aus welchen der genannten Standards implementiert und transformiert werden können. Die Ergebnisse stehen damit als Ausgangspunkt für weitere Vorhaben und für die künftige BIM-basierte Realisierung von Bundesfernstraßenprojekten zur Verfügung.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Im Rahmen des Beispielprojekts A 39 ausgewertete Unterlagen und deren Verwendung im Projekt S. 15

Tabelle 2: Meilensteine und Zeitplan des Vorhabens (Plantermine gemäß Projektauftrag) S. 15

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Objektmodelle XPlanung, OKSTRA® und des Fachmodells Landschaft und Freianlage von buildingSMART Deutschland (verändert nach [17]) S. 17

Tabelle 4: Steckbrief Fachmodell Umwelt und Fachmodell Landschaftsbau S. 20

Tabelle 5: Zuordnung der im Vorhaben betrachteten Teilmodelle zu landschaftsplanerischen Lieferobjekten, fachlichen Grundlagen und Datenstandards S. 22

Tabelle 6: Objekte des Katalogs (Auswahl) und ihre Zuordnung zu den Teilmodellen S. 24

Tabelle 7: Merkmale des Objekts „Massnahme“ (repräsentativer Auszug; die dargestellten Werte dienen ausschließlich der exemplarischen Veranschaulichung einzelner Merkmale und sind nicht als zusammengehöriger Datensatz einer konkreten Maßnahme zu verstehen) S. 25

Tabelle 8: Transformationsregeln und ergänzende Steuerungselemente S. 51

Tabelle 9: Übersicht über die für die Testtransformation verwendeten Testdatensätze S. 54

Tabelle 10: Testumfang, Ergebnisse und wesentliche Erkenntnisse der betrachteten Transformationsrichtungen S. 55

Tabelle 11: Beispielhafte Meldungen des Transformationsprotokolls und ihre Bedeutung für die Bewertung der Testtransformation S. 62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasenmodell der BIM-Implementierungsstrategie [2] S. 7

Abbildung 2: Der BIM-GIS-Cycle. Hellblauer Ring: Ingenieurplanung oder Architektur. Hellgrüner Ring: Landschafts- und Umweltplanung [9] S. 11

Abbildung 3: Vorgeschlagene Modellstruktur der Fachmodelle Umwelt und Landschaftsbau S. 21

Abbildung 4: Exemplarische Verknüpfung von Geometrie und semantischen Objektinformationen in den Teilmodellen UmweltBestand und UmweltWirkung S. 27

Abbildung 5: Übersicht über die modellierten LBP-Inhalte des Beispielprojekts im Teilmodell MaßnahmenPlanung S. 29

Abbildung 6: Beispielhafte Überführung der LBP-Maßnahme 12.1 in das Teilmodell MaßnahmenPlanung S. 31

Abbildung 7: Beispielhafte Konkretisierung der Maßnahme 12.1 im LAP und Überführung in das Teilmodell MaßnahmenAusführung; Abbildung von Maßnahmenfläche, Maßnahmenobjekten sowie ausgewählten Ausführungs- und Pflegeinformationen S. 32

Abbildung 8: Vergleich der modellbasierten Abbildung der Maßnahme 6.1 im LBP- und LAP-Kontext mit zugeordneten semantischen Merkmalen S. 33

Abbildung 9: Beispiele für modellbasierte Prüfungen im Genehmigungskontext S. 34

Abbildung 10: Soll-Prozess der Entwurfsplanung S. 38

Abbildung 11: Soll-Prozess des Genehmigungsverfahrens S. 40

Abbildung 12: Soll-Prozess für Ausführung, Vergabe und Bau S. 42

Abbildung 13: Soll-Prozess der Betriebsphase S. 44

Abbildung 14: Konzeptionelle Informationsführung in der Betriebsphase S. 46

Abbildung 15: Aufbau und Funktion des Excel-basierten Mapping- und Regelkatalogs S. 49

Abbildung 16: Beispielhafte Dokumentation einer Transformationsregel im Mapping- und Regelkatalog S. 50

Abbildung 17: Vereinfachte Architektur der prototypischen Testumsetzung. Die Excel-basierte Mapping-Datei, die Transformationsregeln und die Zielprofile werden von der Transformationsanwendung eingelesen und auf OKSTRA®-, XPlanung- beziehungsweise IFC-Testdaten angewendet S. 52

Abbildung 18: Exemplarische Ergebnisse der OKSTRA®→IFC-Testtransformation für das LBP- und LAP-Profil. Dargestellt sind die erzeugten BIM-Fachobjekte einschließlich ausgewählter semantischer Merkmale S. 56

Abbildung 19: Die für ein BIM-Fachobjekt erforderlichen Informationen können auf mehrere miteinander verknüpfte OKSTRA®-Objekte verteilt sein und werden bei der Transformation am jeweiligen BIM-Fachobjekt zusammengeführt S. 57

Abbildung 20: Vereinfachter XPlanung-Relationskontext bei der Transformation nach IFC. Die Plan-, Bereichs- und Objektzugehörigkeiten werden bei der Überführung berücksichtigt und im BIM-Modell über geeignete IFC-Beziehungen beziehungsweise Gruppierungen abgebildet S. 58

Abbildung 21: Vereinfachte IFC→OKSTRA®-Transformation für LBP- und LAP-Profile. Während im LBP-Profil mehrere BIM-Geometrieträger zu einer fachlichen *Lpf_Massnahme* zusammengeführt werden können, werden im LAP-Profil als Teilmaßnahme gekennzeichnete BIM-Objekte als *Lpf_Teilmassnahme* erzeugt und einer übergeordneten *Lpf_Massnahme* zugeordnet S. 59

Abbildung 22: Beispielhafte Grenzen der IFC→GIS-/OKSTRA®-Rücktransformation: (1) Gefahr einer ungeeigneten Geometrieableitung bei fachlich punktförmigen 3D-Objekten, (2) Verlust eines Innenrings bei der 3D→2D-Ableitung und (3) nicht übernommenes Objekt aufgrund einer abweichenden IFC-Klassifikation S. 64

Abkürzungsverzeichnis

AIA	Auftraggeber-Informationsanforderungen
AFB	Artenschutzfachbeitrag
AwF	Anwendungsfall
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BCF	BIM Collaboration Format
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BIM	Building Information Modelling
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BPMN	Business Process Model and Notation
BWaldG	Bundeswaldgesetz
CDE	Common Data Environment
CEF	Continuous Ecological Functionality
CTE	Aus der EXPRESS-Darstellung (Modellierungssprache nach ISO 10303-11) abgeleitetes OKSTRA®-Datenformat
DGM	Digitales Geländemodell
DWG	CAD-Dateiformat DWG
ELA	Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau
ETL	Extract, Transform, Load
FBA	Fernstraßen-Bundesamt
FCS	Favourable Conservation Status
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
FFH-VP	FFH-Verträglichkeitsprüfung
FStrG	Bundesfernstraßengesetz
GIS	Geoinformationssystem
GUID	Globally Unique Identifier
IFC	Industry Foundation Classes
IDS	Information Delivery Specification
ISO	International Organization for Standardization
LAP	Landschaftspflegerischer Ausführungsplan
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LGV	Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg
LoG	Level of Geometry
LoI	Level of Information
OZG	Onlinezugangsgesetz
OKSTRA®	Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
RE 2012/ RE 12	Richtlinien zum Planungsprozess und für die einheitliche Gestaltung von Entwurfsunterlagen im Straßenbau
RLBP	Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung im Straßenbau
RUVP	Richtlinien für die Umweltverträglichkeitsprüfung im Straßenbau
saP	Spezielle artenschutzrechtliche Prüfung
SHP	Shapefile
SUP	Strategische Umweltprüfung
TÖB	Träger öffentlicher Belange
USchadG	Umweltschadensgesetz
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VSchRL	Vogelschutzrichtlinie
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
XML	Extensible Markup Language
XÖV	XML in der öffentlichen Verwaltung
XSD	XML Schema Definition

Literaturverzeichnis

[1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), „Stufenplan Digitales Planen und Bauen – Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken“, Berlin, 2015.

[2] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), „Masterplan BIM Bundesfernstraßen – Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM)“, Berlin, 2021.

[3] S. Bella, H.-J. P. Kehl, K. Wulfert, M. Richter und M. Froben, „Leitfaden zur Strategischen Umweltprüfung (Langfassung)“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010.

[4] M. Heins und M. Pietsch, „Integration der Landschaftsplanung in den OKSTRA – Grundlage zur Standardisierung von Planungsprozessen und Softwareentwicklung“, in Tagungsband 5. OKSTRA-Symposium 2011, Köln, FGSV Verlag, 2011.

[5] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), „Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung im Straßenbau (RLBP) – Ausgabe 2011“, Bonn, 2011.

[6] DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, „Details zur Planung und Genehmigung von Bundesfernstraßen“, 2021. [Online]. Available: https://www.deges.de/planung-und-genehmigung/. [Zugriff am 31.01.2025].

[7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), „Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau (ELA) mit den Musterkarten LAP – Ausgabe 2013“, FGSV Verlag, Köln, 2013.

[8] Smeets + Damaschek; Bosch & Partner GmbH; FÖA Landschaftsplanung GmbH; E. Gassner, „Entwicklung von Methodiken zur Umsetzung der Eingriffsregelung und artenschutzrechtlicher Regelungen des BNatSchG sowie Entwicklung von Darstellungsformen für landschaftspflegerische Begleitpläne im Bundesfernstraßenbau (FE 02.0233/2003/LR)“, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bonn, 2009.

[9] J. Schaller, J. Gnädinger, L. Reith, S. Freller und C. Mattos, „GeoDesign: Concept for Integration of BIM and GIS in Landscape Planning“, Journal of Digital Landscape Architecture, Bd. 2, pp. 102–112, 2017.

[10] I. Brückner, M. A. Rémy und M. Schönfeld, „Entwicklung einer Methode zur Integration der landschaftspflegerischen Planung bei mit der BIM-Methode umgesetzten Straßenbau-Projekten am Beispiel des BIM-Pilotprojektes A10/A24“, 2022.

[11] U. Hüttner, T. Peter, A. Pucher, R. Raacke, A. Rieß und D. Röder, BIM-Klassen der Verkehrswege – Vorstandardisierungsarbeit der buildingSMART-Fachgruppe BIM-Verkehrswege, Berlin: bSD Verlag, 2020.

[12] Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt), „BIM Objektkatalog Landschaft/Freianlage – Praxistest, Evaluierung und Weiterentwicklung zur Absicherung semantischer Standards (FE 02.0471)“, [Online]. Available: https://www.bast.de/DE/Themen/Umwelt/HF_2/Massnahmen/bim-objektkatalog-landschaft.html. [Zugriff am 08.09.2026].

[13] M. Remy und I. Brückner, „Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums für den BIM-basierten Bauantrag am Beispiel der Außenanlagenplanung des Bauvorhabens ‚Elbtower‘ in Hamburg“, Osnabrück, 2021.

[14] E. Rausch, „BIM-Anforderungen an Landschaft-/Umweltplanung – Umsetzungsstrategien des Masterplans BIM Bundesfernstraßenbau“, Building Information Modeling in der Landschaftsarchitektur, Bonn, S. 30–36, 2024.

[15] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), „Rahmendokument: Definition der Fachmodelle – Version 1.0“, Berlin, 2021.

[16] I. Brückner und M. Pietsch, „BIM-Fachmodell Landschaft und Freianlage – Klassen und Merkmale, bSD Schriftenreihe, Heft 1.02“, bSD Verlag, Berlin, 2024.

[17] M. Pietsch und J. Schlaugat, „Development of a Data Model for Lossless Exchange of Data in Landscape Planning – the Example XPlanung“, Journal of Digital Landscape Architecture, Bd. 11, pp. 381–393, 2026.

[18] Leitstelle XPlanung, „Was ist XPlanung?“. [Online]. Available: https://xleitstelle.de/xplanung/ueber_xplanung. [Zugriff am 31.01.2025].

[19] Leitstelle XPlanung, „Leitfaden XPlanung“, 2023. [Online]. Available: https://xleitstelle.de/downloads/XPlanung_Leitfaden_1.pdf. [Zugriff am 24.09.2026].

[20] J. Schlaugat, M. Pietsch, S. Fritzsch, R. Hachmann, N. Cassar-Pieper, A. Lipski, H. Lange, M. Makala und B. Taiber, „Das neue Fachdatenmodell Landschaftsplanung im Standard XPlanung – ein Beitrag für den verlustfreien Datenaustausch“, Natur und Landschaft, Bd. 98, Nr. 2, S. 58–65, 2023.

[21] interactive instruments GmbH, „OKSTRA® – Einführung“. [Online]. Available: https://www.okstra.de/. [Zugriff am 31.01.2025]

[22] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), „Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 24/2010: Anweisung Straßeninformationsbank; Teilsysteme: Netzdaten und Bestandsdaten – Objektkatalog im Straßen- und Verkehrswesen (OKSTRA)“, Bonn, 2010.

[23] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), „Richtlinien zum Planungsprozess und für die einheitliche Gestaltung von Entwurfsunterlagen im Straßenbau (RE 2012)“, Bonn, 2012.

[24] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Landschaftsbauarbeiten im Straßenbau (ZTV La-StB 18)“, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bonn, 2018.

[25] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), „Masterplan BIM Bundesfernstraßen – Rahmendokument: Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) – Version 1.0“, Berlin, 2021.

[26] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), „Masterplan BIM Bundesfernstraßen – Rahmendokument: BIM-Abwicklungsplan (BAP) – Version 1.0“, Berlin, 2021.

[27] BIM.Hamburg, „Auftraggeber Informations Anforderung Vorlage (Version V002)“, Hamburg, 2024.

[28] BIM.Hamburg, „BAP Abwicklungsplan (Version V001)“, Hamburg, 2025.

[29] Bundesministerium für Verkehr (BMV), „Masterplan BIM Bundesfernstraßen – Rahmendokument: Anwendungsfälle für den Regelprozess – Version 3.0“, Berlin, 2026.

[30] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN ISO 19650-1:2019-08 – Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformations-modellierung (BIM) – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Begriffe und Grundsätze, Berlin, 2019.

[31] Connected Urban Twins (CUT), „BIMFabrikHH – Automatisierte BIM-Modellierung aus Daten des Geobasiszwillings Hamburg“, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg (LGV), 23 06 2025. [Online]. Available: https://www.connectedurbantwins.de/loesungen/bimfabrikhh-automatisierte-bim-modellierung-aus-daten-des-geobasiszwillings-hamburg/. [Zugriff am 09.09.2026].

[32] DiPlanung, „DiPlanung – Komponenten“, 2026. [Online]. Available: https://diplanung.de/komponenten. [Zugriff am 11.08.2026].

[33] Schüßler-Plan Digital GmbH; Ruhr-Universität Bochum; Fernstraßen-Bundesamt, „BeGeBIM – Ergebnisse,“ 2023–2026. [Online]. Available: https://www.begebim.de/ergebnisse. [Zugriff am 09.09.2026].

[34] BIM.Hamburg, „Anwendungsfallbeschreibung AwF 200 – Datenaufbereitung für den Betrieb“, Hamburg, 2024. [Online]. Available: https://bim.hamburg.de/resource/blob/991564/1df57b8de33cc5d2001d9dd95dcbb56e/d-awf-200-data.pdf . [Zugriff am 24.09.2026].

[35] BIM.Hamburg, „Anwendungsfallbeschreibung AwF 210 – Unterhaltungs- und Wartungsmanagement,“ Hamburg, 2024. [Online]. Available: https://bim.hamburg.de/resource/blob/991566/3e80e90c2828ecd51b6638b4a5585e25/d-awf-210-data.pdf. [Zugriff am 24.09.2026].

[36] BIM.Hamburg, „Anwendungsfallbeschreibung AwF 220 – Zustandserfassung/Prüfung/Inspektion“, Hamburg, 2024. [Online]. Available: https://bim.hamburg.de/resource/blob/991568/1a5b423e80b508d1b2f912a01bbd0b8c/d-awf-220-data.pdf . [Zugriff am 24.09.2026].

[37] F. Cämmerer, C. Clemen, A. Fazekas, J. Hettwer, C. Leverenz, A. Mosmann, D. Röder, R. Schulze, S. Schilling, R. Steyer und P. Stobäus, „Integrationskonzept OKSTRA/IFC – Verbindung der fachlichen Tiefe des OKSTRA mit der Flexibilität von IFC“, Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) und Fernstraßen-Bundesamt (FBA), Bergisch Gladbach/Leipzig, 2026.

[38] A. Salem, „ifcfactory 0.2.2“, Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV), BIM-Leitstelle, 26.01.2026. [Online]. Available: https://pypi.org/project/ifcfactory/0.2.2/. [Zugriff am 14.09.2026].

Anlagenverzeichnis

Anlage	Bezeichnung	Format
Anlage A	Soll-Prozesse der Projektphasen	PDF
Anlage B	Objektkatalog Umwelt und Landschaftsbau, V001	PDF
Anlage C	Transformationsmapping und Regelkatalog OKSTRA/XPlanung ⟷ IFC, V1.0	XLSX

Impressum

Herausgeber
Bundesministerium für Verkehr
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Autor:innen
Cigdem Askar (BIM.Hamburg)
Hülya Lasch (BIM.Hamburg)
Prof. Dr. Matthias Pietsch (Prof. Hellriegel Institut Bernburg e.V. an der Hochschule Anhalt)
Benedikt Taiber (Prof. Hellriegel Institut Bernburg e.V. an der Hochschule Anhalt)

Stand
September 2026

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.

www.bmv.de