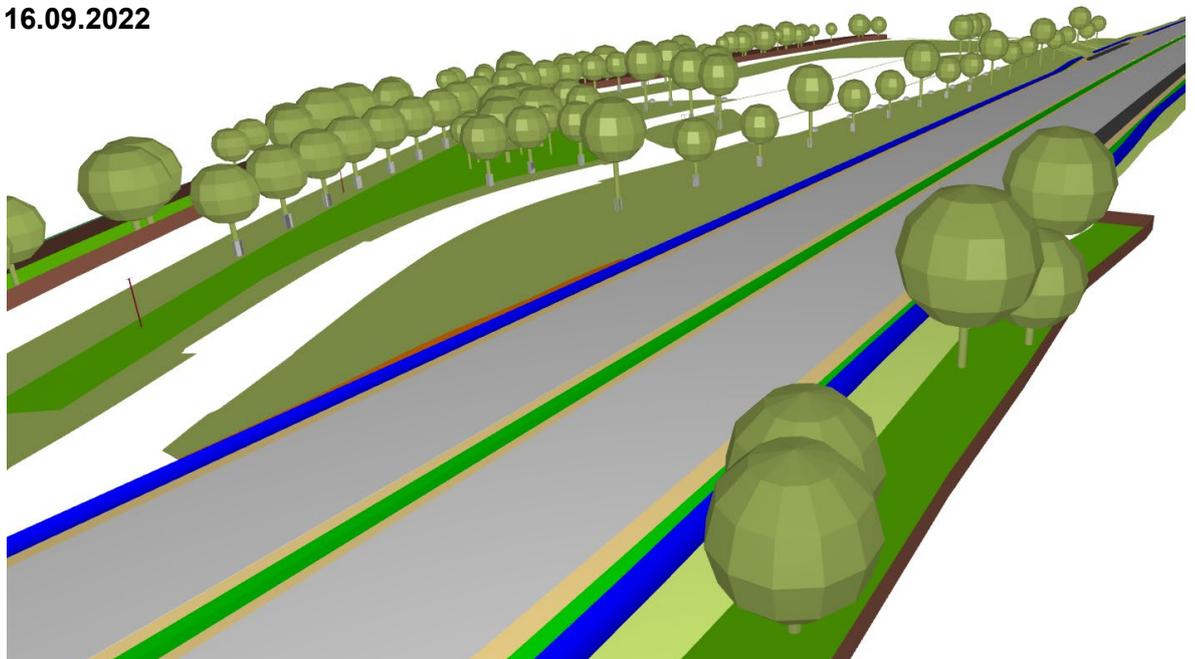




HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Entwicklung einer Methode zur Integration der
landschaftspflegerischen Planung bei mit der BIM-Methode
umgesetzten Straßenbau-Projekten
am Beispiel des BIM-Pilotprojektes A10/A24**

Abschlussbericht
Stand: 16.09.2022



Dr. Ilona Brückner
Matthias Remy
Marieke Schönfeld

Projekt: Entwicklung einer Methode zur Integration der landschaftspflegerischen Planung bei mit der BIM-Methode umgesetzten Straßenbau-Projekten am Beispiel des BIM-Pilotprojektes A10/A24

Stand: 21.01.2022

Projektleitung: Ilona Brückner, Dr. Dipl. Ing.

Bearbeitung Projektabschnitt 1: Matthias Remy, M. Eng.

Bearbeitung Projektabschnitt 2: Marieke Schönfeld, B. Eng.

Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur
Oldenburger Landstr. 24, 49090 Osnabrück



HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Projektpartner:

Havellandautobahn GmbH & Co. KG
Im Gewerbepark 30, 16727 Oberkrämer



Thomas Tschickardt
Lukas Hochreiter

Wir bedanken uns für die Unterstützung im Rahmen der Projektarbeit bei:

Dipl.-Ing. Rolf Freier, Büro re-plan, Erfurt

für die Zurverfügungstellung der Plangrundlagen zur Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung

Ralf Klotz
Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Referat 24 | Umweltschutz, Dresden

für die Informationen zum Betreiben

buildingSMART Fachgruppe BIM in der Landschaftsarchitektur
buildingSMART Fachgruppe BIM Verkehrswege



Die im Rahmen dieser Arbeit erarbeiteten Datenstrukturen fließen ein in BIM-Klassen der Verkehrswege V2.0, 'Fachmodell Landschaft/Freianlage' (buildingSMART Verlag, in Vorbereitung)

Der Abschlussbericht basiert auf den Studienarbeiten von Matthias Remy und Marieke Schönfeld im Rahmen des Moduls 'Forschungssemester' im Studiengang Landschaftsarchitektur an der Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur zum selbigen Thema

(siehe REMY, M. 2020; SCHÖNFELD, M. 2021)

Zusammenfassung

Das Thema Building Information Modeling (BIM) hat sich in den letzten Jahren zu einem immer bedeutenderen Thema für die Infrastrukturplanung in Deutschland entwickelt. Die BIM-Methode wird hier bereits seit 2015 anhand von Pilotprojekten umgesetzt und erprobt. Die in enger Verbindung stehende Landschafts- und Umweltplanung findet bisher jedoch weiterhin in 2D statt und wird nicht in die BIM-basierte Arbeitsweise integriert. Potenzielle Vorteile einer Integration der Landschafts- und Umweltplanung können daher aktuell nicht genutzt werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die exemplarische Integration der Landschafts- und Umweltplanung in ein mit BIM umgesetztes Straßenbauprojekt. Untersuchungsgegenstand ist das BIM-Pilotprojekt *Verfügbarkeitsmodell A10/A24*. Entwickelt wurde ein *Fachmodell Landschaft_Freianlage*. Dieses dient der Einbindung der festgelegten und vordefinierten Umweltbelange und landschaftspflegerischen Maßnahmen in die vorhandene Struktur des Koordinationsmodells A10/A24.

Die Bearbeitung richtet sich insbesondere auf die Umsetzung der landschaftspflegerischen Begleitplanung (LBP) in die landschaftspflegerische Ausführungsplanung (LAP) sowie das Betreiben. Aufbauend auf allgemeine BIM-Ziele werden 3 spezifische Anwendungsfälle formuliert. Hieraus lassen sich 3 Teil-Fachmodelle und die jeweils erforderlichen BIM-Klassen und zugeordnete Eigenschaften ableiten. Die erarbeiteten Datenstrukturen werden durch die Fachgruppe BIM in der Landschaftsarchitektur als Beitrag zum Katalog 'BIM-Klassen der Verkehrswege' (buildingSMART 2022) weiterentwickelt und können zur nationalen BIM-(Vor-)Standardisierung beitragen.

Die praktische Umsetzung erfolgt mit Hilfe der CAD-BIM-Software Autodesk Civil 3D und der BIM-Management-Software DESITE md pro. Die Teilmodelle werden in das IFC-Format exportiert. In der BIM-Management-Software erfolgt die weitere Anreicherung mit Informationen, die Integration in das gewerkeübergreifende Koordinationsmodell des *Verfügbarkeitsmodells A10/A24* sowie die weitere Auswertung.

Besonders eindrucksvoll zeigt eine 4D-Bauablaufvisualisierung die Potenziale der Integration der Landschafts- und Umweltplanung. Die Informationen zu den zu beachtenden Maßnahmen der Landschafts- und Umweltplanung stehen für alle Baubeteiligten während des gesamten Prozesses benutzerfreundlich zur Verfügung. Dies kann zur Vermeidung von Umweltschäden beitragen und wird als großer Gewinn insbesondere für die Umweltbaubegleitung angesehen, aber auch für die lange Phase des Betriebens, in der Informationen zu umzusetzenden Umweltmaßnahmen weiterhin zur Verfügung stehen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I	
Tabellenverzeichnis	IV	
Abbildungsverzeichnis	V	
Abkürzungsverzeichnis	VII	
1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	2
1.2	Ziele und Umsetzung	2
2	Theoretische Grundlagen und Forschungsstand	4
2.1	Belange von Landschaft und Umwelt im Straßenbau	4
2.1.1	Umweltfachliche Beiträge in der Straßenplanung	4
2.1.2	Pflege und Unterhaltung landschaftspflegerischer Maßnahmen	8
2.1.3	Straßeninformationsbanken	8
2.1.4	Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen	9
2.2	Building Information Modeling	12
2.2.1	Bauwerksmodellierung mit BIM	14
2.2.2	Die Umsetzung von BIM	15
2.2.3	BIM-Anwendungsfälle	17
2.2.4	Industry Foundation Classes	18
2.3	BIM in der Landschafts- und Umweltplanung	19
2.3.1	Der BIM-GIS-Cycle	19
2.3.2	Spezifische Potentiale	20
2.3.3	Landschafts- und Umweltplanung – BIM-Anforderungen und Standards	21
3	Untersuchungsgegenstand und Vorgehen	24
3.1	Pilotprojekt Verfügbarkeitsmodell A10/A24	24
3.2	BIM-Modellstruktur	25
3.3	Modellübergeordnete Attribute	27
3.4	Bearbeitungsraum und verfügbare Planungsgrundlagen	29
3.5	Methodische Vorgehensweise	30
3.6	Eingesetzte BIM-Software	31
3.6.1	Autodesk Civil 3D	31
3.6.2	DESITE md pro	32
3.6.3	FZKViewer	32
4	Entwicklung des Fachmodells Landschaft_Freianlage	33
4.1	Allgemeine BIM-Ziele, Fachmodelle und Anwendungsfälle	33
4.2	Objektanalyse - BIM-Klassen <i>Fachmodell Landschaft_Freianlage</i>	40
4.3	Klassenspezifische Merkmalsgruppen und Merkmale	44

5	Workflow zu 3D-Modellierung, Attributierung der Landschaftsobjekte und Überführung in IFC	48
5.1	3D-Modellierung	48
5.1.1	Modellierung von Punktobjekten	48
5.1.2	Modellierung von 3D-Linienobjekten	50
5.1.3	Modellierung von 3D-Flächenobjekten	50
5.1.4	Modellierung Räume	51
5.2	Attributierung	52
5.3	Überführung in IFC	54
6	Generierung der Teil-Fachmodelle	58
6.1	Allgemeines Vorgehen	58
6.2	Teil-Fachmodell LAP 1 (vor und während der Bauphase)	59
6.3	Teil-Fachmodell LAP 2 - Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes	61
6.4	Teil-Fachmodell L-Betreiben - Pflege und Kontrolle	64
7	Integration in das Koordinationsmodell	69
7.1	Aufbau Koordinationsmodell	69
7.2	Interdisziplinäre Objektbeschreibung im DESITE md pro	72
8	Modellauswertung	74
8.1	Auswertung auf Basis von Farbschemata	74
8.2	4D-Bauablauf-Visualisierung	75
9	Diskussion und Fazit	78
10	Quellenverzeichnis	81
	Anhang 1 – BIM-Klassen und zugehörige Merkmale	88
	Anhang 2 – Anleitungen Software	103

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen im Bereich der Landschafts- und Umweltplanung beim Bundesfernstraßenbau	10
Tab. 2: Modellübergeordnete Attribute und mögliche Attributwerte (in Anlehnung an TSCHICKARDT et al. 2019)	27
Tab. 3: Planungsgrundlagen	29
Tab. 4: Steckbrief Anwendungsfall / Teil-Fachmodell LAP 1 (vor und während der Bauphase)	37
Tab. 5: Steckbrief Anwendungsfall / Teil-Fachmodell LAP 2 (nach Fertigstellung des Bauprojektes)	38
Tab. 6: Steckbrief Anwendungsfall / Teil-Fachmodell L-Betreiben (Landschaftsbaumaßnahmen Betreiben - Pflege und Kontrolle)	39
Tab. 7: Ableitung von Modellelementen aus Maßnahmen	40
Tab. 8: Landschaftsobjekte im Bearbeitungsgebiet	41
Tab. 9: PropertySet LAP-Schutzeinrichtung	45
Tab. 10: PropertySet LAP-Maßnahme (farblich gekennzeichnet Eigenschaften, die in den Property Sets LAP-Maßnahme und LBP-Maßnahme identisch sind)	46
Tab. 11: PropertySet <i>LBP-Massnahme</i> (farblich gekennzeichnet Eigenschaften, die in den PropertySets <i>LAP-Massnahme</i> und <i>LBP-Massnahme</i> identisch sind)	47
Tab. 12: Struktur des Teilmodells LAP 1	60
Tab. 13: Eigenschaftensatz für Baum-Neupflanzungen (Erweiterung farbig gekennzeichnet)	63
Tab. 14: Gliederung der Pflegeräume	66
Tab. 15: PropertySets für die Pflegeräume	68
Tab. 16: Farbschema 4D-Bauablaufvisualisierung	76

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Umweltfachliche Beiträge im gestuften Planungsprozess des Bundesfernstraßenbaus (FGSV 2013)	4
Abb. 2: Building Information Modeling - Lebenszyklus (BORRMANN et al. 2015)	12
Abb. 3: Parametrische Geometriemodellierung (BLANKENBACH & CLEMEN 2020)	14
Abb. 4: Level of Development (BLANKENBACH & CLEMEN 2020)	15
Abb. 5: Darstellung 'little closed' – 'big open' BIM (BMVI 2015b)	16
Abb. 6: Der BIM-GIS-Cycle (SCHALLER et al. 2020)	20
Abb. 7: BIM-Vertragsabschnitt (TSCHICKARDT & KRAUSE 2019)	25
Abb. 8: Teilmodelle des Verfügbarkeitsmodells A10/A24 (TSCHICKARDT et al. 2019)	26
Abb. 9: Teilmodell Gelände: Bauteilgruppen und Modellelemente (TSCHICKARDT et al. 2019)	26
Abb. 10: Legende zur Modellstruktur des Verfügbarkeitsmodells A10/A24 (TSCHICKARDT et al. 2019)	26
Abb. 11: Aufteilung des Plangebietes, Darstellung der für die Bearbeitung relevanten Zonen (nach TSCHICKARDT et al. 2019)	30
Abb. 12: BIM-Modellstruktur Projekt A10/A24 erweitert um <i>Fachmodell Landschaft_Freianlage</i>	36
Abb. 13: Übersicht Gesamtstruktur <i>Fachmodell Landschaft_Freianlage</i> (BIM-Klassen)	42
Abb. 14: Übersicht <i>Fachmodell Landschaft_Freianlage</i> des Projekts A10/A24 - modellierte Objekte (mit im Projekt A10/A24 erforderlichen BIM-Klassen, Typausprägung)	43
Abb. 15: Landschaftsobjekte als 3D-Punktsymbole	49
Abb. 16: Linienförmige Landschaftsobjekte	50
Abb. 17: Flächige Landschaftsobjekte	51
Abb. 18: Definition der Eigenschaftensätze in Civil 3D	52
Abb. 19: Eingabe der Merkmalswerte in Civil 3D	53
Abb. 20: Raumobjekt in der 2D-Ansicht mit zugeordnetem Merkmalsatz	53
Abb. 21: Gruppenweise Zuweisung der Attribute in der BIM-Management Software DESITE md pro	54

Abb. 22: IFC-Export in Civil 3D - Auswahl der zu exportierenden Objekte	55
Abb. 23: IFC-Export in Civil 3D - Auswahl Eigenschaftensätze <i>IfcBuilding</i>	56
Abb. 24: Struktur des <i>Fachmodells Landschaft_Freianlage</i> im IFC-Viewer	56
Abb. 25: Objekteigenschaften als <i>PropertySets form Entity</i> im FZKViewer	57
Abb. 26: Referenzierter Lageplan und Zusammenführung der DGM-Zonen für LAP 2	58
Abb. 27: Teil-Fachmodelle LAP 2 - Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes	61
Abb. 28: Teil-Fachmodel Betreiben - Pflege und Kontrolle	65
Abb. 29: Auswahl der Pflegeräume Typ 1	66
Abb. 30: Projektstruktur <i>Fachmodell Landschaft_Freianlage</i> in DESITE md pro	69
Abb. 31: Projektstruktur mit verknüpften modellübergeordneten Attributen	70
Abb. 32: Modellübergeordnete und klassenspezifische Attribute am Beispiel des Baumes	70
Abb. 33: Koordinationsmodell <i>LAP1</i> , Zone 2 und 3	71
Abb. 34: Koordinationsmodell <i>LAP 2</i> , Zone 3 und 4	71
Abb. 35: Koordinationsmodell <i>L-Betreiben</i>	71
Abb. 36: Modell Straße (eigene Abbildung nach TSCHICKARDT et al. 2019)	72
Abb. 37: Erstellung eines Skriptes in DESITE md pro	73
Abb. 38: Informationen LAP mit Objekt verknüpft	73
Abb. 39: Farbschema anlegen	74
Abb. 40: Anfang – Baufeldfreimachung	77
Abb. 41: Ende – Baufeldfreimachung	77
Abb. 42: Ende – Baufeldfreimachung	77

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
AIA	Auftraggeber-Informationen-Anforderungen
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
ASB	Anweisung Straßeninformationsbank
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BIM	Building Information Modeling
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
B-Rep	Boundary Representation
CAD	computer-aided design
CDE	Common Data Environment
CSG	Constructive Solid Geometry
DEGES	Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
ELA	Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau
GIS	Geoinformationssystem
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IAI	Internationale Allianz für Interoperabilität
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Standards Organization
LAP	Landschaftspflegerische Ausführungsplanung
LBP	Landschaftspflegerische Begleitplanung
LOD	Level of Development
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
LP	Leistungsphase
MLV	Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt
NLStBV	Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
OKSTRA	Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
ÖPP	öffentlich-private-Partnerschaft
PSet	PropertySet
PuK	Pflege und Kontrolle
RLBP	Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung
SUP	Strategische Umweltprüfung
UBB	Umweltbaubegleitung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVS	Umweltverträglichkeitsstudie
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
ZTV	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen

1 EINLEITUNG

Bereits in den 1990er Jahren entstand die Idee des Building Information Modeling (BIM), einer Planungsmethode, welche den gesamten Bauprozess eines Projektes - von der Planung über die Ausführung, den Betrieb und den Abriss - darstellen sollte. Statt CAD-basierter Pläne soll ein dreidimensionales digitales Bauwerksmodell erstellt werden, das alle nötigen Daten und Informationen enthält. Die Vorteile liegen besonders in der vereinfachten Kooperation, größerer Transparenz, Effizienz, verbesserter Visualisierung von Planungsvarianten, weniger Planungsfehlern und einem ungestörten Bauablauf (s. KADEN & SEUß 2020, S. 18).

Die Umsetzung und Nutzung der BIM-Methode in der deutschen Baubranche sollte jedoch noch einige Jahre auf sich warten lassen. Währenddessen setzte sich BIM auf internationaler Ebene bereits in den 2000er Jahren in großen Teilen der Bauindustrie durch und wird heute erfolgreich angewendet. In Europa sind besonders die skandinavischen Länder als Vorreiter zu nennen, welche bereits 2001 auf die BIM-Methode setzten und erste Pilotprojekte vorantrieben. Grundlage der vermehrten Anwendung in Europa ist der Beschluss des Europäischen Parlaments, computergestützte Methoden wie BIM bei der Vergabe öffentlicher Bauprojekte einzusetzen.

Seit 2016 wird die Nutzung von BIM somit bei öffentlich finanzierten Bau- und Infrastrukturprojekten europaweit gefördert und angeordnet (s. BORRMANN et al. 2015, S. VI f.). In Deutschland reagierte das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) mit der Entwicklung des 'Stufenplans Digitales Planen und Bauen'. Im Zeitraum 2017-2020 fand die BIM-Methode anhand vordefinierter Kriterien und Anforderungen in ausgewählten Pilotprojekten in ganz Deutschland Anwendung. Die Erprobung in der Praxis wurde wissenschaftlich begleitet und ausgewertet, sodass erste Workflows und zukünftig geltende Standards erstellt und vorbereitet werden konnten. Auf dieser Grundlage soll die BIM-Methode seit Ende 2020 in allen Projekten der Verkehrsinfrastrukturplanung des Bundes ab einer Bausumme von fünf Millionen Euro verpflichtend eingesetzt werden. (s. ARGE BIM4INFRA 2020). Eine Weiterentwicklung der Ziele und Standards findet im Rahmen des Masterplans für die Digitalisierung im Bundesfernstraßenbau statt (BMVI 2021a).

1.1 Problemstellung

In allen Projekten der Verkehrsinfrastrukturplanung spielt die Landschafts- und Umweltplanung eine wichtige Rolle. In einem Bauprojekt berücksichtigt und verwirklicht sie als zentrales Instrument die gesetzlich definierten Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege (GRÜNBERG 2016, S. 7). Trotz der engen Verbindung zu anderen Fachdisziplinen wie der Architektur oder dem Ingenieurbau, bleibt die Landschafts- und Umweltplanung bei der Umsetzung von BIM bislang weitgehend unberücksichtigt. Auch in den bereits erwähnten Pilotprojekten des BMVI erfolgt die landschaftspflegerische Planung weiterhin auf CAD-basierten Plänen und wird nicht in das dreidimensionale digitale Bauwerksmodell integriert. Dabei würde die Integration in den BIM-Prozess viele Vorteile mit sich bringen und Fehler in der Planung und im weiteren Bauablauf vermeiden. Derzeit fehlt es jedoch noch an praktischen Erfahrungen und Anwendungen, um standardisierte Fachmodelle mit entsprechenden Landschaftsobjekten aufbauen und in etablierten Workflows umsetzen zu können.

1.2 Ziele und Umsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die exemplarische Integration der Landschafts- und Umweltplanung in ein mit BIM umgesetztes Straßenbauprojekt. Die Untersuchung erfolgt exemplarisch anhand des BIM-Pilotprojekts *Verfügbarkeitsmodell A10/A24*. Berücksichtigt werden die folgenden Punkte.

- Entwickelt wird ein Fachmodell ('Landschaft_Freianlage'). Dieses dient der Einbindung der festgelegten und vordefinierten Umweltbelange und landschaftspflegerischen Maßnahmen in die vorhandene Struktur des Koordinationsmodells A10/A24.
- Die Bearbeitung richtet sich insbesondere auf die Umsetzung der landschaftspflegerischen Begleitplanung (LBP) in die landschaftspflegerische Ausführungsplanung (LAP) sowie das Betreiben.
- Das Fachmodell umfasst erforderliche BIM-Klassen und Merkmale.
- Ein Workflow zur praktischen Umsetzung auf Basis verfügbarer Anwendungssoftware ist zu entwickeln.
- Die Potentiale der Integration eines Fachmodells für die Landschafts- und Umweltplanung sind zu verdeutlichen.

Ergänzend werden in einführenden Kapiteln die für die Bearbeitung relevanten Grundlagen zu BIM, die Verfahren bei umweltfachlichen Beiträgen in der Infrastrukturplanung und bestehende Ansätze zu BIM in der Landschafts- und Umweltplanung dargestellt.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse aus 2 Projektabschnitten zusammen (REMY 2020, SCHÖNFELD 2021).

2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND FORSCHUNGSSTAND

2.1 Belange von Landschaft und Umwelt im Straßenbau

2.1.1 Umweltfachliche Beiträge in der Straßenplanung

Bereits seit 1976 ist die Landschaftsplanung als zentrales Planungsinstrument für den Naturschutz und die Landschaftspflege im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) festgeschrieben.

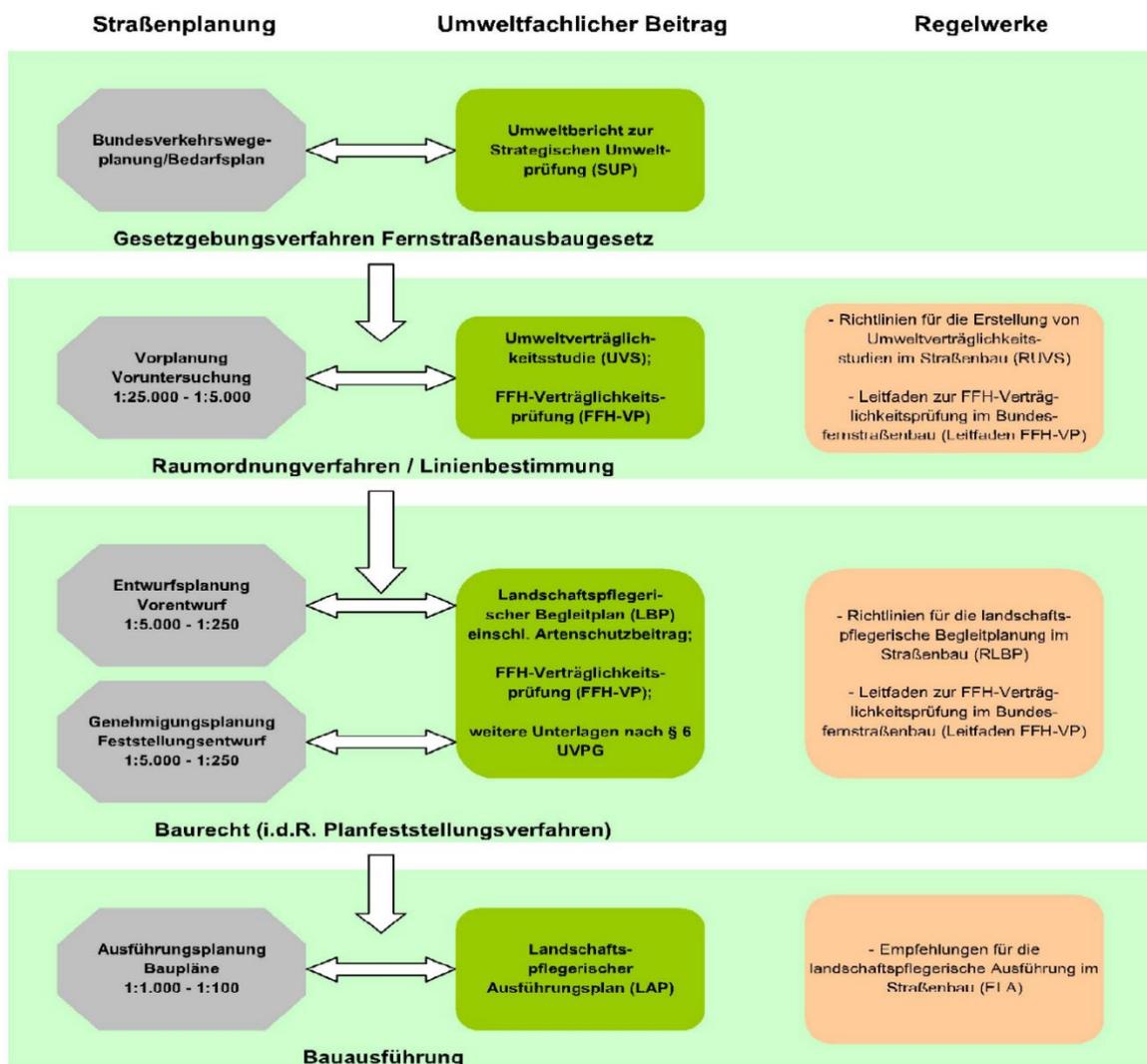


Abb. 1: Umweltfachliche Beiträge im gestuften Planungsprozess des Bundesfernstraßenbaus (FGSV 2013)

Ihre Aufgabe ist es, die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowohl auf örtlicher als auch auf überörtlicher Ebene bundesweit zu konkretisieren und umzusetzen.

Dazu müssen entsprechende Erfordernisse und Maßnahmen formuliert und begründet werden. Inhalte der Landschaftsplanung müssen bei allen Planungen und Verwaltungsverfahren berücksichtigt werden, die sich auf die Natur und Landschaft im Planungsgebiet auswirken können (s. BfN 2021).

Da bei Straßenbauvorhaben wesentliche Eingriffe in Natur und Landschaft zu erwarten sind, sind die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege während des gesamten Planungsprozesses zu berücksichtigen. Zur Verwirklichung dieser Vorgabe wird der Planungsprozess in seinen einzelnen Stufen durch verschiedene umweltfachliche Beiträge angereichert (s. MLV 2012). Einen Überblick über die Stufen in der Straßenplanung sowie zugehörige umweltfachliche Beiträge und Regelwerke gibt Abb. 1.

2.1.1.1 Bundesverkehrswegeplanung

Die erste Planungsstufe der Straßenplanung umfasst die Bundesverkehrswegeplanung und den daraus resultierenden Bedarfsplan. Für den Bau und die Erhaltung von Bundesverkehrswegen, dazu gehören Bundesschienenwege, Bundeswasserstraßen und Bundesfernstraßen, ist die Bundesregierung verantwortlich. Dafür stellt das BMVI Bundesverkehrswegepläne auf, welche die „Grundlage für die Erhaltung, Entwicklung und den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur“ (BMVI 2021b) abbilden. Enthalten sind alle Projekte der Bundesverkehrswege und ihr jeweiliger Erhaltungsbedarf. Es handelt sich jedoch um ein reines Rahmenprogramm und Planungsinstrument (s. BMVI 2021b). In den abgeleiteten Bedarfsplänen wird „gesetzlich festgelegt, welche Verkehrsprojekte mit welcher Dringlichkeit geplant und [...] finanziert werden sollen“ (s. NLSTBV 2021a).

Nach § 1 (1) 2 fallen Verkehrswegeplanungen einschließlich ihrer Bedarfspläne unter die Pflicht zu einer strategischen Umweltprüfung (SUP). Diese ist ein umweltrechtliches Instrument zur Prüfung von Plänen und Programmen, welche erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben könnten. Durch den umweltfachlichen Beitrag der SUP wird sichergestellt, dass bereits auf planerischer Ebene Umweltbelange frühzeitig berücksichtigt werden und sich daraus ein „hohes Umweltschutzniveau“ (BMU 2010, S. 1) ergibt. Es findet eine systematische Bewertung von Umweltauswirkungen statt. Gleichzeitig werden planerische Alternativen erarbeitet und aufgezeigt. Die Ergebnisse der SUP müssen bei Ausarbeitung oder Änderung der Pläne und Programme berücksichtigt werden (s. BMU 2010).

2.1.1.2 Vorplanung

Auf zweiter Planungsstufe findet auf Seiten der Straßenplanung die Vorplanung mit Voruntersuchung statt. Diese dient vor allem der Linienfindung der neu zu bauenden Bundesfernstraße, also der Festlegung des groben Streckenverlaufs und wichtiger baulicher Merkmale. Es werden unterschiedliche Varianten im Rahmen des abgegrenzten Planungsraums entwickelt und untersucht. Diese Vorplanung findet im Rahmen eines Raumordnungsverfahrens statt, das prüft, ob die Straßenbaumaßnahme mit den Zielen der Raumordnung übereinstimmt. Anschließend folgt ein Linienbestimmungsverfahren, welches durch das BMVI durchgeführt wird (s. NLSTBV 2021b).

Im Hinblick auf den Naturschutz und die Landschaftspflege wird auf Grundlage der UVP-Pflicht beim Bau von Bundesfernstraßen eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt. Der Standort bzw. die Trassenverlaufvarianten werden hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen untersucht. Die Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) ist Teil der UVP und enthält „die textlichen und kartografischen Darstellungen der Auswirkungen eines Vorhabens auf die Umwelt“ (DIE AUTOBAHN GMBH DES BUNDES 2021). Dazu kommt die FFH-Verträglichkeitsprüfung, welche speziell die Prüfung der Umweltauswirkungen des Projekts auf Natura 2000-Gebiete (Schutzgebietsnetz der Europäischen Union) untersucht. Diese und weitere Prüfungen und Untersuchungen fließen in die UVS mit ein (s. DIE AUTOBAHN GMBH DES BUNDES 2021).

2.1.1.3 Entwurfs- und Genehmigungsplanung

Im Zuge der Entwurfsplanung findet eine Konkretisierung der Linie des Straßenentwurfs bezüglich ihrer Lage und Höhe statt. Das Ergebnis wird in einem Vorentwurf festgehalten, in welchem noch begrenzt Verschiebungen möglich sind. In der anschließenden Genehmigungsplanung wird der Vorentwurf in Form des Feststellungsentwurfs weiter ausgeführt und ergänzt. Im Planfeststellungsverfahren wird der Bau des Infrastrukturvorhabens im Anschluss genehmigt (s. NLSTBV 2021c).

Der umweltfachliche Beitrag auf dieser Planungsstufe ist der landschaftspflegerische Begleitplan (LBP), der neben der Berücksichtigung der Eingriffsregelung des BNatSchG auch die artenschutzrechtlichen Belange (Artenschutzbeitrag) erfasst. Er analysiert zu erwartende Konflikte und trifft Vorkehrungen zur Vermeidung und Minimierung der zu erwartenden Beeinträchtigungen. Gemäß § 15 (2) 1 des BNatSchG müssen unvermeidbare Beeinträchtigungen durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen kompensiert werden. Diese Kompensationsmaßnahmen haben gegenüber der Zahlung eines Ersatzgeldes immer Vorrang.

Sie werden in Textform ausformuliert und auf verschiedenen Plänen festgehalten. Auch hier werden die Umweltauswirkungen auf Natura 2000-Gebiete in Form einer FFH-Verträglichkeitsprüfung untersucht. Diese kann in die LBP integriert oder als gesonderte Unterlage erstellt werden (s. BMVBS 2012).

2.1.1.4 Ausführungsplanung

Die letzte Stufe der Straßenplanung umfasst die Bauausführung. Die Ausführungspläne werden auf Grundlage des festgestellten Plans entwickelt. „Die Auflagen und Regelungen aus dem Planfeststellungsbeschluss sind in die Planung einzuarbeiten“ (NLSTBV 2021d). Die Pläne müssen soweit detailliert sein, dass das Vorhaben umgesetzt werden kann. Auf dieser Basis wird die Infrastrukturbaumaßnahme auf Grundlage der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) ausgeschrieben und vergeben.

Die landschaftspflegerische Ausführungsplanung (LAP) stellt hierbei den landschaftspflegerischen Fachbeitrag dar. Sie baut inhaltlich auf dem LBP auf. In der LAP werden alle zuvor beschlossenen Maßnahmen „ausführungsreif entwickelt und dargestellt“ (FGSV 1993, S. 7). Dazu zählen neben den Inhalten des LBP auch nötige Ergänzungen, Aktualisierungen und alle weiteren Regelungen, Vereinbarungen und Absprachen aus dem gesamten Planungsprozess. Hinzukommen „Begrünungsmaßnahmen, die aus verkehrstechnischen, bautechnischen oder ingenieurbioologischen Gründen erforderlich [sind]“ (FGSV 2013, S. 2). Alle Maßnahmen werden einer Bauphase (Bauvorbereitung, Bauausführung, nach Abschluss der Bauausführung) und einem Fachbereich (z. B. Erdbau, Landschaftsbau) zugeordnet. Diese werden so umgesetzt, dass sie auf Dauer ihre Funktion erfüllen können. Dazu gehören entsprechende Pflegekonzepte. Die Darstellung der Einzelmaßnahmen erfolgt auf Maßnahmenplänen und Maßnahmenblättern. Auch das Aufstellen einer Leistungsbeschreibung und die Entwicklung eines Bauablaufplans gehören zum Gesamtumfang der LAP (s. FGSV 2013, S. 2 ff.).

Ein zusätzliches Instrument bei Bauprojekten ist die Umweltbaubegleitung (UBB), auch ökologische Baubegleitung genannt. Die UBB kann sowohl bei der Genehmigung eines Projektes beauftragt oder freiwillig durch den Auftraggebenden veranlasst werden, da dieser nicht nur für die Beachtung der Umweltbelange verantwortlich ist, sondern gleichzeitig für auftretende Umweltschäden haftet. Die UBB ist somit im Auftrag zuständig für die Beachtung aller gesetzlichen Umweltvorschriften, Normen, Regelwerke und die festgesetzten naturschutzrechtlichen Vorgaben. In beratender und hinweisender Funktion begleitet die UBB das Projekt von vor dem Beginn bis zum Abschluss der Bauausführung. Dabei arbeitet sie

eng mit der Bauleitung und -überwachung zusammen und unterstützt diese (s. IFUPLAN 2021).

2.1.2 Pflege und Unterhaltung landschaftspflegerischer Maßnahmen

Die Pflege von Vegetationsbeständen aus landschaftspflegerischen Maßnahmen lässt sich in die drei zeitlich aufeinander folgenden Bereiche Fertigstellungspflege, Entwicklungspflege und Unterhaltungspflege aufteilen. Die Fertigstellungspflege erfolgt im direkten Anschluss an die Bauausführung und „dient einem Erreichen eines abnahmefähigen Zustandes“ (FGSV 2013, S. 31). Darauf folgt die Entwicklungspflege, welche in der Regel zwei Jahre umfasst. Ziel der Entwicklungspflege ist ein funktionsfähiger Zustand. In der Regel werden die Fertigstellungs- und Entwicklungspflege von der für die Bauausführung beauftragten Firma übernommen. Die abschließende Unterhaltungspflege dient der dauerhaften Aufrechterhaltung der angestrebten Funktion (s. FGSV 2013, S. 31 f.).

Bei der Planung von landschaftspflegerischen Maßnahmen soll berücksichtigt werden, dass der spätere Pflegeaufwand möglichst gering bleibt, die Fläche sich selbst überlassen werden kann oder einen wirtschaftlichen Nutzen mit sich bringt. Festzulegen sind für die dauerhafte Pflege die Art, der Umfang, die Anzahl (Häufigkeit) und der Zeitpunkt der Durchführung. Diese werden in den Maßnahmenblättern der LAP aufgeführt (s. FGSV 2013, S. 34 f.).

Die Ausführung der Pflege erfolgt durch unterschiedliche Unterhaltungsträger. Die Umsetzung der Unterhaltungspflege straßennaher Flächen und Maßnahmen findet durch den zuständigen Straßenbetriebsdienst statt. Deren Leistungen und Qualitätsanforderungen werden im *Leistungsheft für die betriebliche Straßenunterhaltung auf Bundesfernstraßen* definiert. Mit der Pflege straßenferner Maßnahmen sind in der Regel Dritte beauftragt (s. FGSV 2013, S. 35).

2.1.3 Straßeninformationsbanken

Straßeninformationsbanken unterstützen Bund und Länder bei allen Aufgaben der Straßenunterhaltung und des Straßenneubaus, inklusive der betrieblichen Unterhaltung, die auch die Grünpflege umfasst. Neben diesen klassischen Zielen sind neue Aufgaben wie der Abbau von Umweltbeeinträchtigungen zu berücksichtigen. Hierzu wurde die 'Anweisung StraßeninformationsBank' (BAST 2018) entwickelt. Hier werden Vorgaben zur Strukturierung der erforderlichen Daten und deren Überführung in ein Datenmanagementsystem gemacht.

Ziel ist auch die grafische Auswertung und Darstellung in geographischen Informationssystemen GIS. In der 'Anweisung StraßeninformationsBank' werden relevante Objekte gelistet. Bei der Beschreibung der Objekte wird zwischen Pflichtmerkmalen, die von allen Landesverwaltungen umgesetzt werden sollen, und zusätzlichen Merkmalen unterschieden.

Belange der Landschafts- und Umweltplanung werden im 'Segment Umwelt und Natur' formuliert. Als Pflichtobjekt werden Objekte des Tierwechsels, Schutzeinrichtungen für Tiere sowie Schutzgebiete, Einzelbäume, Straßenbäume (Alleen) sowie Kompensationsflächen genannt. Diese sind durch nur wenige Pflichtmerkmale sowie einige ergänzende zusätzliche Merkmale gekennzeichnet.

Die Interessenlage nach umfassenden Informationen zur Straße ist in den Verwaltungen der Länder in hohem Maße unterschiedlich (s. BAST 2018). Dadurch weicht die Menge der erfassten Daten von Land zu Land stark voneinander ab. Daraus resultieren unterschiedliche Umsetzungen der Vorgaben in die Straßeninformationsbanken der Länder. Ein ausgebautes System ist das Kompensationsmaßnahmen-Informationssystem KISS des Landes Sachsen (LIST 2019). Dieses diente vorrangig zur Orientierung in der vorliegenden Arbeit

2.1.4 Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen

Zum Thema der landschaftspflegerischen Begleit- und Ausführungsplanung existieren eine Vielzahl von Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen, die in diesem Zusammenhang verbindlich anzuwenden sind und/oder als Hilfestellung genutzt werden können. Einige dieser Dokumente sind jedoch nicht mehr aktuell oder nur noch teilweise gültig und werden zum jetzigen Zeitpunkt durch andere ersetzt. Dies wird durch Querverweise, Rundschreiben und Anmerkungen innerhalb der Dokumente aufgeschlüsselt. Tab. 1 gibt einen Überblick über die aktuelle Anwendung von Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen im Bereich der Landschafts- und Umweltplanung beim Bundesfernstraßenbau. Aufgeführt sind die für diese Arbeit relevanten Dokumente ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Ausgegraute Dokumente sind nicht mehr oder nur noch teilweise anzuwenden. Nähere Informationen dazu geben die Anmerkungen.

Tab. 1: Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen im Bereich der Landschafts- und Umweltplanung beim Bundesfernstraßenbau

Dokument	Herausgeber	Ausgabe	Anmerkung
Themenübergreifende Dokumente			
HNL-S 99 Hinweise zur Berücksichtigung des Naturschutzes und der Landschaftspflege beim Bundesfernstraßenbau	FGSV	1999	Kapitel 3 ersetzt durch RLBP Kapitel 6 & 7 ersetzt durch ELA
Dokumente Landschaftspflegerische Begleitplanung			
RAS-LP 1 Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Landschaftspflege, Abschnitt 1: Landschaftspflegerische Begleitplanung	FGSV	1996	ersetzt durch RLBP
RLBP Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung im Straßenbau (+ Musterkarten LBP & Gutachten LBP)	FGSV	2012	
Dokumente Landschaftspflegerische Ausführungsplanung & Ausführung			
RAS-LP 2 Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Landschaftspflege, Abschnitt: Landschaftspflegerische Ausführung (+ Musterkarten LAP)	FGSV	1993	ersetzt durch ELA
Hinweise zur Umsetzung landschaftspflegerischer Kompensationsmaßnahmen beim Bundesfernstraßenbau	FGSV	2003	ersetzt durch ELA Anlage 3 bleibt bis zur Einführung des RBLAS bestehen Formel S. 26 ersetzt
ELA Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau	FGSV	2013	
RAS-LP 4 Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Landschaftspflege, Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Baumaßnahmen	FGSV	1999	
M AQ Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen	FGSV	2008	
MAmS	FGSV	2000	

Merkblatt zum Amphibienschutz an Straßen			
ZTV La-StB 18 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Landschaftsbauarbeiten im Straßenbau	FGSV	2018	
DIN 18915, 18916, 18917, 18918, 18920, Vegetationstechnik im Landschaftsbau	DIN (NA-Bau)		
Dokumente Pflege und Unterhaltung			
Leistungsheft für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen	FGSV	2021	
Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen, Teil: Grünpflege	FGSV	1998	ersetzt durch Merkblatt für den Erhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen, Teil: Grünpflege
Merkblatt für den Straßenbetriebsdienst; Teil: Grünpflege	FGSV	2006	
Merkblatt für Baumpflegearbeiten an Straßen	FGSV	1994	
ZTV La-StB 18 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Landschaftsbauarbeiten im Straßenbau	FGSV	2018	Kapitel 4.5 Pflegearbeiten bei Vegetationsflächen
ZTV-Baumpflege Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege	FLL	2017	
DIN 18916 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Pflanzen und Pflanzarbeiten	DIN (NA-Bau)	2016	Kap. 7 Fertigstellung
DIN 18917 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Rasen und Saatarbeiten	DIN (NA-Bau)	2018	Kap. 7 Fertigstellung
DIN 18919 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation sowie von ingenieurb biologischen Bauweisen (Entwicklungs- und Unterhaltungspflege)	DIN (NA-Bau)	2016	
Grundlagen der Instandhaltung	DIN 31051	2019	
Dokumente Straßeninformationsbanken			
Anweisung StraßeninformationsBank – ASB (Version 2.04)	BAST	2018	Insbesondere Segment Umwelt und Natur

2.2 Building Information Modeling

Die kooperative Arbeitsmethode des Building Information Modeling findet auf Grundlage digitaler Bauwerksmodelle statt. Diese 'digitalen Zwillinge' enthalten neben ihrer dreidimensionalen geometrischen Beschreibung eine Vielzahl von Zusatzinformationen wie Angaben zum Material, zur Lebensdauer oder zu Kosten. Das erstellte Modell enthält somit alle nötigen Informationen und kann als Datengrundlage von verschiedenen Fachdisziplinen über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks genutzt werden - von der Planung über den Bau und Betrieb bis hin zum Rückbau (s. Abb. 2). Durch die durchgängige Weiternutzung des Modells und der zugehörigen Daten über alle Phasen des BIM-Prozesses wird die aufwändige und fehleranfällige Wiedereingabe von Informationen weitestgehend vermieden. Auf Grund der Erweiterung des BIM-Modells um die Aspekte Zeit- (4D), Kosten- (5D), und Facility Management (6D) spricht man von einem multidimensionalen Bauwerksmodell (s. BMVI 2015a, S. 4 ff., BLANKENBACH & CLEMEN 2020, S. 20 ff.).

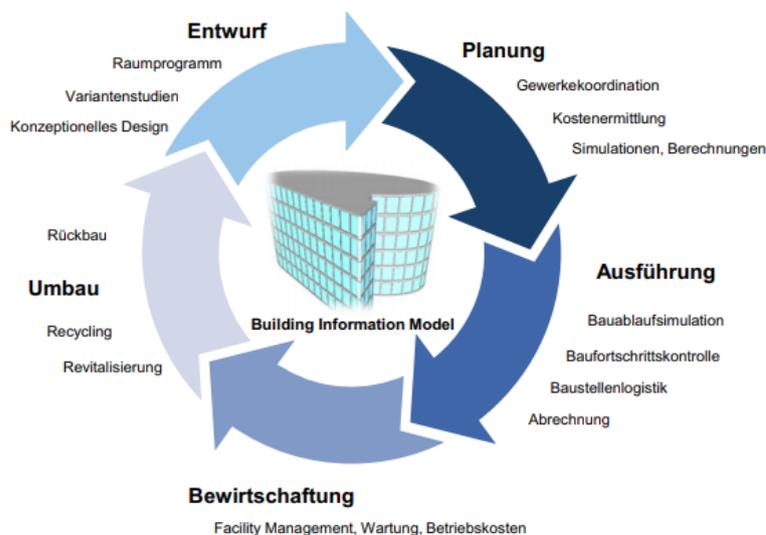


Abb. 2: Building Information Modeling - Lebenszyklus (BORRMANN et al. 2015)

Im Gegensatz zu „reinen 3D-Modellierern“ (BORRMANN et al. 2015, S. 5) basiert die Erstellung von BIM-Modellen auf der Nutzung vordefinierter Bauteile. Objekte wie Wände, Fenster oder Türen sind meist parametrisch angelegt und enthalten neben den hinterlegten Informationen definierte Beziehungen zu anderen Bauteilen. Durch diese Art der Modellierung ergibt sich der Vorteil, dass 2D-Pläne wie Ansichten, Grundrisse und Schnitte direkt aus dem Modell ohne weiteren Aufwand abgeleitet werden können (s. BORRMANN et al. 2015, S. 5).

BIM verlangt von allen beteiligten Akteuren eine „hochgradig kooperative Arbeitsweise“ (BLANKENBACH & CLEMEN 2020, S. 21). Durch die Beteiligung vieler verschiedener Fachdisziplinen an einem Bauprojekt ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das Bauwerksmodell. Zudem werden unterschiedliche Fachsysteme verwendet. Aus diesem Grund erstellen die Fachplanenden mit ihrer gewerkespezifischen Software sogenannte Fachmodelle (z. B. Architekturmodell, Tragwerksmodell, Haustechnik). Diese können, wenn nötig, wiederum in Teilmodelle untergliedert werden. Alle Fach- und Teilmodelle werden in einem Gesamtmodell (Koordinationsmodell) zusammengeführt. Zum heutigen Stand der Praxis werden die Fach- und Teilmodelle zu einem abgestimmten, festgelegten Zeitpunkt im Gesamtmodell zusammengeführt, geprüft und eventuell auftretende Differenzen und Fehler zurückgespiegelt und bereinigt. Die eigentlich anzuwendende Theorie sieht jedoch vor, dass alle Fachplanenden gemeinsam auf einem zentralen Modellserver bzw. in einer Cloud (Common Data Environment, CDE) arbeiten und somit allen Beteiligten stets die aktuellste Version zur Verfügung steht. Durch die gemeinsame transparente Arbeit an einem Gesamtmodell können frühzeitig Unstimmigkeiten erkannt und behoben werden. Hilfreich ist dabei der Einsatz von Kollisionsprüfungen, die Konflikte zwischen den Fachmodellen und ihren Schnittstellen aufdecken.

Des Weiteren ist es auf Grundlage der Vielzahl an hinterlegten Informationen möglich, Berechnungs- und Simulationsprogramme anzuschließen und damit statische Nachweise o. Ä. zu erstellen. Hinzu kommen Prüfungen zur Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, Normen und Richtlinien. Durch die Möglichkeit einer „äußerst präzisen Mengenermittlung“ (BORRMANN et al. 2015, S. 5) können Kostenschätzungen und Leistungsverzeichnisse beschleunigt erstellt werden. Nach Fertigstellung des Bauwerks wird das BIM-Modell an den Bauherren übergeben. Das Modell kann mit seinen angereicherten Informationen somit im Anschluss für das Facility Management genutzt werden. Vor allem Informationen „zu den verbauten technischen Geräten einschließlich der Wartungsintervalle und Garantiebedingungen“ (BORRMANN et al. 2015, S. 7) sind besonders nützlich. Änderungen am Bauwerk sollten stets direkt in das digitale Modell überführt werden, sodass dies jederzeit auf dem neuesten Stand ist. Bei Umbaumaßnahmen oder einem möglichen Rückbau können verwendete Materialien genauestens nachvollzogen werden und umweltverträglich entsorgt oder recycelt werden (s. BLANKENBACH & CLEMEN 2020, S. 20 ff., BORRMANN et al. 2015, S. V ff.).

2.2.1 Bauwerksmodellierung mit BIM

Während Objekte aus der herkömmlichen zweidimensionalen Darstellung mit CAD-Systemen reine Geometrien darstellen, welche durch händische Signaturen mit Informationen angereichert werden, sind die Bauteile der BIM-Modellierung komplexe Informationsträger. Neben geometrischen Informationen enthalten sie Angaben zur Semantik (beschreibende Sachdaten) und zu Relationen (Beziehungen) untereinander. Die vordefinierten Objekte bzw. Bauteile sind verschiedenen Objekt- bzw. Bauteilklassen zugeordnet und in Bauteilkatalogen in der BIM-Software hinterlegt. Die Objektklassen werden durch das zugrundeliegende Datenmodell bestimmt. Dort sind die Semantiken und Relationen festgelegt. Dadurch erhalten die Objekte ihre Identifikation, Benennung und Klassifizierung (z. B. Bauteil, Raum, Stockwerk etc.). Eine große Rolle spielt weiterhin die Geometrie zur Beschreibung des mehrdimensionalen Bauwerks. Hierfür sind Linien, Flächen und Körper geeignet, die auf Grundlage unterschiedlicher Ansätze modelliert werden können. Die Beschreibung von BIM-basierter Geometrie beruht größtenteils auf Volumenmodellen. Auch hierfür gibt es unterschiedliche Methoden. Erstere wird als Boundary Representation (B-Rep) bezeichnet und in der Geodäsie verwendet. Bei dieser Randflächenbegrenzung wird ein Objekt durch die umgrenzenden Flächen gebildet und somit explizit und indirekt beschrieben. Diese enthaltenen Stützpunkte werden in einem Koordinatensystem räumlich beschrieben. Aus der Konstruktionstechnik stammt die Methode Constructive Solid Geometry (CSG). In diesem Fall werden komplexe dreidimensionale Körper erschaffen, indem Grundkörper durch Boolesche Operationen miteinander kombiniert werden. Diese Methode gehört zu den impliziten Verfahren. Ebenfalls implizit ist die Modellierung durch Extrusions- und Rotationsverfahren. Implizite modellierte Geometrien sind weitestgehend parametrisch (s. Abb. 3). Auf Grundlage eines lokalen kartesischen Koordinatensystems und seinen Abmessungen wird die Geometrie anstatt durch Punkte durch seine relative Lage (Translation) und Ausrichtung (Rotation) beschrieben (s. BLANKENBACH & CLEMEN 2020, S. 24 ff.).

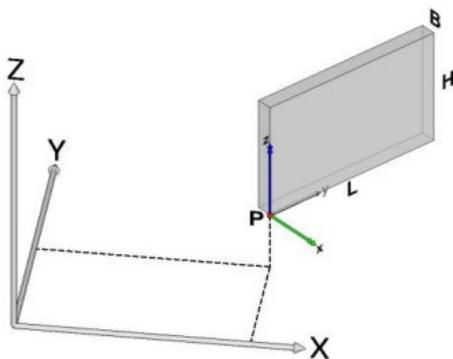


Abb. 3: Parametrische Geometriemodellierung (BLANKENBACH & CLEMEN 2020)

Ein weiterer Aspekt der Bauteilmodellierung in der BIM-Methode ist der 'Grad der Fertigstellung', besser bekannt unter der englischen Bezeichnung Level of Development (LOD). In fünf bis sechs Planungsphasen entwickelt sich detailliert die Darstellung eines Objekts. Wird dieses zunächst rein konzeptuell beschrieben (s. Abb. 4), entwickelt sich die Darstellung schließlich zu einer „as-built-Modellierung, wie sie in der Bewirtschaftungsphase eines Bauwerks benötigt wird“ (BLANKENBACH & CLEMEN 2020, S. 26). Im amerikanischen Raum kommt zusätzlich das LOD 350 (Bauausführung) vor. Die LOD ist wiederum in einen geometrischen (Level of Geometry, LOG) und einen semantischen (Level of Information, LOI) untergliedert (s. BLANKENBACH & CLEMEN 2020, S. 25 ff.).

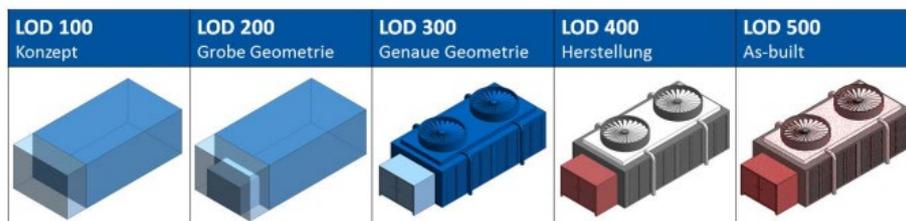


Abb. 4: Level of Development (BLANKENBACH & CLEMEN 2020)

2.2.2 Die Umsetzung von BIM

Bei der Umsetzung von BIM unterscheidet man verschiedene Arten der Zusammenarbeit. Für diese Arten wurde die Begriffe 'little', 'big', 'closed' und 'open' eingeführt (siehe Abb. 5). Ist nur ein Akteur an einem BIM-Projekt beteiligt, spricht man von 'little BIM'. Hier wird BIM als sogenannte Insellösung eingesetzt, das Bauwerksmodell wird nicht zur Koordination und Kommunikation zwischen verschiedenen Fachplanenden genutzt, es wird nur eine Software verwendet. Dementsprechend wird die Beteiligung verschiedener Akteure als 'big BIM' bezeichnet. In diesem Fall wird das Bauwerksmodell als Mittel der Kommunikation über alle Planungsphasen hinweg genutzt. Werden für die Anwendung von BIM nur Softwareprodukte eines einzigen Herstellers eingesetzt, bezeichnet man dies als 'closed BIM'. Im Gegensatz dazu steht 'open BIM' für die Nutzung von Software verschiedener Hersteller und die damit nötige Verwendung neutraler Datenaustauschformate. Hierdurch entstehen die in der Matrix abgebildeten Varianten 'little closed' und 'big open BIM' (s. BLANKENBACH & CLEMEN 2020, S. 20 ff.; BORRMANN et al. 2015, S. 7 ff.).

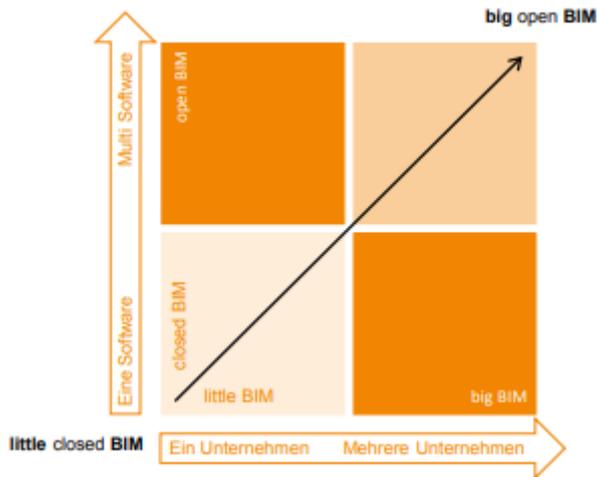


Abb. 5: Darstellung 'little closed' – 'big open' BIM (BMVI 2015b)

Um den größtmöglichen Mehrwert aus dem Einsatz der BIM-Methode zu generieren, sollte es das Ziel sein, 'big open BIM' flächendeckend in der Baubranche zu etablieren. Nur so kann die zuvor beschriebene kooperative und transparente Arbeitsweise und der Austausch zwischen allen beteiligten Fachdisziplinen eines Bauvorhabens gelingen (s. HAUSKNECHT & LIEBICH 2017, S. 62 ff.).

Dieser Umstieg kann nicht in einem kurzen Zeitraum vollzogen werden, sondern sollte schrittweise stattfinden. Für eine mögliche Umsetzung wurde von der britischen BIM Task Group ein vierstufiges BIM-Reifegrad-Modell entwickelt. Auf Stufe 0 findet die Arbeit mit 2D-CAD Programmen und der Austausch über gedruckte Papierpläne statt. In Stufe 1 findet bereits eine Modellierung von 3D-Modellen für einige kritische Bereiche statt, die aber gleichzeitig noch in 2D vorhanden sind. Es werden einzelne Daten ohne die Implementierung einer zentralen Projektplattform ausgetauscht. Stufe 2 sieht bereits die umfassende Nutzung von BIM-Software mit der Modellierung von dreidimensionalen Bauwerksmodellen vor. Die Fachplanenden erstellen unabhängig voneinander ihre Modelle, diese werden in regelmäßigen Abständen miteinander abgeglichen. Die Dateien zum Datenaustausch stehen in herstellereinspezifischer Form zur Verfügung. Es besteht bereits eine kollektiv genutzte Projektplattform. Für die Übergabe wird der sogenannte COBie-Standard genutzt. Die letzte Stufe 3 umfasst schließlich die Umsetzung von 'big open BIM'. Für den Datenaustausch werden ISO-Standards genutzt und es besteht ein digitales Bauwerksmodell, welches über seinen gesamten Lebenszyklus genutzt und weiterentwickelt wird. Das Management der Daten erfolgt über eine Cloud-basierte Modellverwaltung (s. BORRMANN et al. 2015, S. 7 ff.).

Ein wichtiger Punkt zur erfolgreichen Umsetzung von BIM sind vertragliche Vereinbarungen zwischen den Beteiligten. Diese werden „hinsichtlich der Modellinhalte, der Modellqualität und der Prozessabläufe, letzteres insbesondere in Bezug auf die Übergabe von Modellen“ (BORRMANN et al. 2015, S. 10) getroffen. Alle inhaltlichen Festlegungen, die der Auftraggeber vom Auftragnehmer unter der Verwendung von BIM einfordert, werden in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) festgelegt und definiert. Diese sind Teil der Vergabe und beschreiben detailliert die BIM-Leistungen. Ebenso wird beschrieben, wie eine Kooperation zwischen den verschiedenen Fachplanenden und dem Auftraggeber aussehen soll. Die AIA bilden die inhaltliche Grundlage für den BIM-Abwicklungsplan (BAP). Dieser stellt die konkreten Schritte zur Umsetzung dar, um die inhaltlichen Vorgaben des AIA umsetzen zu können. Nach Vertragsabschluss wird der BAP weiter spezifiziert und während des gesamten Prozessablaufs hinsichtlich „neuer Erfahrungen, Erkenntnisse und technologische[r] Neuerungen“ (BMVI 2019b, S. 6) fortgeführt (BORRMANN et al. 2015, S. 10 ff.; BMVI 2019a, S. 6 ff.; BMVI 2019b, S. 6 ff.).

Neben den konventionellen Beteiligten eines Projektverlaufs kommen bei der Umsetzung mit BIM neue BIM-spezifische Rollen hinzu, deren Zuweisung in den AIA erfolgt. Dazu gehört zum einen der BIM-Manager, der die „Vorgabe, Steuerung und Überwachung der Abwicklung der BIM-Methode übernimmt“ (BMVI 2019c, S. 15). Er übernimmt somit keine planerischen Tätigkeiten, sondern „auftraggebernahe Aufgaben“ (BMVI 2019c, S. 15). Je nach Projekterfordernissen kann diese Rolle zusammen mit dem BIM-Koordinator im BIM-Management zusammengefasst werden. Der BIM-Koordinator trägt innerhalb einer Planungsdisziplin Verantwortung für die „Einhaltung der vertraglichen BIM-Modellierungsvorgaben“ (BMVI 2019c, S. 15). Der BIM-Gesamtkoordinator ist wiederum verantwortlich für die „übergeordnete Koordination aller BIM-Modelle der einzelnen Planungsdisziplinen“ (BMVI 2019c, S. 15) (s. BMVI 2019c, S. 15 ff.).

2.2.3 BIM-Anwendungsfälle

Die Erstellung digitaler Bauwerksmodelle erfordert gegebenenfalls einen erhöhten Aufwand im Vergleich zu herkömmlichen Planungsmethoden. Um ein ausbalanciertes Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen zu gewährleisten, müssen zu Beginn des Projekts die „durch den Einsatz von BIM zu erreichenden Ziele“ (ARGE BIM4INFRA2020 2019, S. 6) festgelegt werden. Aus diesen definierten BIM-Zielen lassen sich die „jeweils umzusetzenden, projektspezifischen Anwendungsfälle“ (ARGE BIM4INFRA2020 2019, S. 6) ableiten. Mit einem BIM-Anwendungsfall wird somit der Prozess verstanden, in welchem durch den Einsatz von

BIM-Modellen die definierten Ziele erreicht werden. Die ARGE BIM4INFRA2020 hat im Auftrag des BMVI einige Anwendungsfälle vordefiniert, die als Orientierung und Empfehlung für die „standardisierte Anwendung von BIM“ (ARGE BIM4INFRA2020 2019, S. 5) genutzt werden sollen. Die vordefinierten Anwendungsfälle sind allgemein formuliert und beinhalten übergeordnete Ziele eines BIM-Projekts. Für die praktische Umsetzung müssen diese Anwendungsfälle an das jeweilige Projekt angepasst, feiner gegliedert und in Fachmodellen konkretisiert werden. Es muss klar herausgestellt werden, welchen Zweck das jeweilige Modell über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks im Projekt erfüllt. Als Orientierung sind die vordefinierten Anwendungsfälle unter anderem an der HOAI ausgerichtet. Diese Zuordnung ist jedoch nicht verbindlich, sondern soll als Anregung verstanden werden (s. ARGE BIM4INFRA2020 2019, S. 4 ff.). In den BIM-Richtlinien der DEGES (2020) und im 'Masterplan BIM Bundesfernstraßen' (2021) werden die BIM4INFRA2020-Anwendungsfälle weiterentwickelt.

2.2.4 Industry Foundation Classes

Für die Entwicklung eines herstellerunabhängigen Datenformats, welches einen Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Softwareprodukten ermöglicht und deshalb den Open BIM-Prozess fördert, gründete sich in den 90er Jahren die internationale Non-Profit-Organisation Internationale Allianz für Interoperabilität (IAI), heute bekannt unter dem Namen buildingSMART. Ihr entwickeltes Datenformat trägt den Namen Industry Foundation Classes (IFC). Durch seine kostenlose und frei zugängliche Veröffentlichung implementierten immer mehr Softwareprodukte das IFC-Format. Heute wird es bereits in mehr als 160 Softwareprodukten eingesetzt. Aktueller Standard ist die Version IFC 4, weit verbreitet ist nach wie vor die Vorgängerversion IFC 2x3. Seit der zusätzlichen Normierung als ISO Standard (ISO 16739-1:2018) gewinnt die IFC auch für die öffentliche Hand zunehmend an Bedeutung. Der momentane Schwerpunkt des IFC-Datenmodells liegt in den Bereichen des Hochbaus (s. BORRMANN et al. 2015, S. 83 ff.). Mit der Version IFC 4.0 umfasst es erstmalig Teile der Infrastrukturplanung (Alignment), die mit der in der Entwicklung befindlichen Version IFC 4.3 ausgebaut werden (BORRMANN et al. 2015, S. 83 ff.).

Die Datenmodellierungssprache des IFC-Standards ist EXPRESS. Mit EXPRESS können objektorientierte Datenmodelle definiert werden. Dabei werden Objekte der realen Welt in sogenannten Klassen (Entitäten) abstrahiert. EXPRESS beschreibt die Verbindung zwischen den Klassen durch Abhängigkeiten und Attribute. Das komplexe Objektmodell enthält einerseits unabhängige fachspezifische Klassen „für die einzelnen Bereiche der Planungs-, Ausführungs- und Bewirtschaftungsdisziplinen“ (HAUSKNECHT & LIEBICH 2017,

S. 102) und andererseits abhängige Klassen, die auf Grund fehlender eigener Identitäten nicht unabhängig existieren können (z. B. Geometrie, farbliche Darstellung, Material etc.). Alle fachspezifischen Klassen sind in einer Vererbungshierarchie gegliedert. So werden beispielsweise die Klassen *IfcBeam* (Balken), *IfcColumn* (Säulen) und *IfcSlab* (Decken) als Unterklassen der Klasse *IfcBuildingElement* (Bauelemente) zugeordnet. Diese bildet wiederum die Unterklasse zu *IfcElement* (Bauelemente) und diese zu *IfcProduct* (Physikalische Produkte). Allgemeine Modellelemente, die nicht klassifiziert sind, werden als *Proxy* bezeichnet. Die Eigenschaften der jeweiligen Klassen werden durch Eigenschaftsgruppen, sogenannte *PropertySets* (PSets) definiert (s. HAUSKNECHT & LIEBICH 2017, S. 98 ff.). Grundlegende PropertySets sind im IFC-Datenmodell bereits integriert (Common PropertySets), weitere erforderliche eigene Eigenschaften lassen sich über benutzerspezifische Eigenschaftensätze (Custom PSets) einfügen.

2.3 BIM in der Landschafts- und Umweltplanung

Die deutsche Verkehrsinfrastrukturbranche greift in Folge des 'Stufenplans Digitales Planen und Bauen' und des anschließenden Masterplans (BMVI 2015a, 2021a) sowie in Folge der verpflichtenden Einführung für öffentliche Großprojekte ab Ende 2020 vermehrt auf die BIM-Methode zurück. Workflows und Standards für die Praxis werden mittlerweile vertieft ausgearbeitet und erprobend angewendet. Jedoch bleibt die BIM-Methode trotz aufgezeigter enger Verzahnung zur Straßenplanung in der Landschafts- und Umweltplanung in der Praxis bisher weitestgehend unbeachtet. Dabei würden sich Vorteile aus einer Anwendung von BIM unter Einbeziehung der Landschafts- und Umweltplanung ergeben, die im Folgenden erläutert werden.

2.3.1 Der BIM-GIS-Cycle

Eine mögliche Integration der Landschafts- und Umweltplanung in die mit BIM umgesetzte Ingenieursplanung veranschaulichen SCHALLER et al. (2020) in ihrem entwickelten BIM-GIS-Cycle. Die bisher getrennten Themen werden hier in einer Grafik zusammengeführt. Dafür werden dem bereits bekannten BIM-Cycle des Planens, Bauens und Betreibens (Abb. 2) sechs Phasen der Landschafts- und Umweltplanung zugeordnet sowie der nötige Datenaustausch und -transfer aufgezeigt (Abb. 6). Die Darstellung verdeutlicht zudem, wie eine „interdisziplinäre, digitale Kooperation“ (SCHALLER et al. 2020, S. 182) zwischen Ingenieuren und Landschafts- und Umweltplanern aussehen müsste.



Abb. 6: Der BIM-GIS-Cycle (SCHALLER et al. 2020)

GNÄDIGER & SCHALLER (2019) erläutern in einer weiteren Veröffentlichung, welche Bereiche der Landschafts- und Umweltplanung sich insbesondere für die Umsetzung mit BIM eignen würden. In der Umweltplanung wird demnach allgemein zwischen formellen und informellen Instrumenten unterschieden. Innerhalb der formellen Instrumente findet eine weitere Untergliederung in Instrumente der eingriffsbezogenen Planung und Instrumente der Flächenplanung statt. Die zur Verkehrsinfrastrukturplanung zugehörigen umweltfachlichen Beiträge wie die UVS oder LAP lassen sich ersterer zuordnen. Diese finden sich im BIM-GIS-Cycle wieder und sind so „potenziell mit BIM verknüpft“ (GNÄDIGER & SCHALLER 2019, S. 3), was sich in der Praxis jedoch bisher kaum widerspiegelt. Dies zeigt auf, dass ein Projekt aus dem Sektor der Verkehrsinfrastrukturplanung ein passender Anwendungsfall für die Umsetzung der landschaftspflegerischen Maßnahmen in BIM ist.

2.3.2 Spezifische Potentiale

Die verschiedenen Prozesse eines Projektes sollten auf einer gemeinsamen cloudbasierten Plattform (CDE) stattfinden. Dadurch wäre eine größere Transparenz gewährleistet, weil

alle Projektbeteiligten jederzeit Zugriff auf dieselben und aktuellsten Daten und Pläne hätten. Kommunikation und Austausch zwischen den Fachplanenden wäre somit deutlich erleichtert. Trotzdem könnten Fachbeiträge und -modelle weiterhin in präferierter und gewohnter Softwareumgebung erarbeitet werden, da eine herstellerneutrale Schnittstelle wie IFC Modelle und Daten auslesen würde (s. GNÄDINGER & SCHALLER 2019).

Neben der verbesserten Visualisierung spielt vor allem die funktionale Verknüpfung und die Zuordnung aller notwendigen Sachdaten und Attribute mit den erstellten Einzelobjekten eine große Rolle. Diese Art von Informationsverknüpfung und deren Austausch spiegeln die Grundidee von GIS-Systemen wider (s. GNÄDINGER & SCHALLER 2019).

Die dreidimensionale Darstellung von Objekten hat auch in der reinen Visualisierung von Objekten der Landschaftsplanung einen Mehrwert. Diese kann bei der Abbildung von Topographie, hoher Vegetation, dem Untergrund mit Bodenschichten und Grundwasser oder auch bei Klima und Luft (z. B. die Mächtigkeit von Kaltluft) relevant sein (GNÄDINGER & SCHALLER 2019).

Große Chancen für das Berufsfeld der Umwelt- und Landschaftsplanung liegen zudem in der bisher kaum betrachteten 4D- und 5D-Planung. Der Faktor Zeit und die dynamische Betrachtung könnten in Zukunft an Bedeutung zunehmen. Mögliche Themenfelder bieten hier die Anwendung und Umsetzung des Ökosystemansatzes oder die „räumliche Transformation in städtischen und ländlichen Räumen“ (GNÄDINGER & SCHALLER 2019, S. 4). Die 5D-Planung mit BIM trägt zu einer besseren Übersicht und Nachvollziehbarkeit von Teilkosten und Gesamtkosten bei. Die Kostentransparenz spielt bei jedem größeren Bauvorhaben eine entscheidende Rolle, so auch in der Landschafts- und Umweltplanung (GNÄDINGER & SCHALLER 2019).

2.3.3 Landschafts- und Umweltplanung – BIM-Anforderungen und Standards

Der Masterplan BIM Bundesfernstraßen (2021) benennt explizit das Fachmodell Umwelt mit den Inhalten Arten- und Naturschutz, Wasserwirtschaft, Immissionsschutz sowie das Fachmodell Landschaftsbau für das Straßenbegleitgrün und die Begrünung von Lärmschutzwänden, inklusive der Anlage, Sicherung und Pflege von Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen. Ebenso wird in den BIM-Richtlinien der DEGES (2022) ein Fachmodell Umwelt als ergänzendes Fachmodell zur Planung und Koordination genannt. Eine ausdifferenzierte Beschreibung der Anwendungsfälle fehlt jedoch in beiden.

Allgemein gefordert wird die Erstellung der Fachmodelle im IFC-Format ('open BIM'). Eine Landschaftsarchitektur-Domäne ist in IFC nicht implementiert, jedoch wird dieser Bereich von zukünftigen IFC-Infrastruktur-erweiterungen (s. Kap. 2.2.4) ebenfalls profitieren.

Zurzeit müssen Elemente des Außenbereichs häufig generisch erzeugt werden und mittels CustomPSets semantisch beschrieben werden. Diese benutzerdefinierte Proxies können als `IfcBuildingElementProxy` in das IFC überführt werden (FRITSCH et al. 2019; BRÜCKNER, REMY 2021). Proxies können als Platzhalterobjekte beschrieben werden, mit denen auf Basis benutzerdefinierter IFC-Property-Sets eine Vielzahl von semantischen Erweiterungen ermöglicht wird. Wichtig dabei ist allerdings, dass alle Projektbeteiligten die zugewiesenen benutzerdefinierten Informationen interpretieren können (s. GRUBER & DONAUBAUER 2018, S. 53). Die Erzeugung von Landschaftsobjekten auf Basis von Proxies ist also möglich, damit verbunden ist jedoch eine Vielzahl von Einschränkungen bei der weiteren Auswertung und Bearbeitung der Daten.

Wichtige Voraussetzungen für die erfolgreiche Implementierung der Landschafts- und Umweltplanung in den BIM-Prozess sind eine einheitliche Fachterminologie und vorentwickelte Landschaftsobjekte. Nur so können Missverständnisse und Fehlinterpretationen in der Planungspraxis vermieden werden.

Einen grundlegenden Beitrag für die Standardisierung von Landschaftsobjekten leisten HEINS und PIETSCH mit ihrer Veröffentlichung 'Fachtechnische Standards für die vorhabenbezogene Landschaftsplanung' (2010). Hier wurde der 'Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen' (OKSTRA) entsprechend aktualisiert und ergänzt. Im Gegensatz zu IFC handelt es sich bei den in OKSTRA definierten Objekten um reine 2D-Geometrien (BAST 2022), sodass eine Übernahme der Strukturen in IFC nicht direkt möglich ist.

Die DEGES führt Objekte des Landschaftsbaus als Bestandteil des LOD-Konzepts Verkehrsanlage und Umwelt auf. Das von der DEGES formulierte *PropertySet Bauteilinformationen* bezieht sich ausschließlich auf allgemeine Informationen zur Baumaßnahme sowie zu Herstellerangaben (Hersteller, Lieferbedingungen, Produktbezeichnung, u. a.) (DEGES 2018).

Die buildingSMART-Fachgruppe BIM-Verkehrswege widmet sich unter Mitwirkung der Fachgruppe Landschaftsarchitektur der Definition von Gruppen und Klassen für Verkehrswege und deren erforderlicher Merkmale. Zusammengeführt und vereinheitlicht werden Begrifflichkeiten der Fachmodelle aus insgesamt acht Fachbereichen des Infrastrukturbaus, um die mit der BIM-Methode angestrebte Kollaboration zu ermöglichen.

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten BIM-Klassen und Merkmale fließen in die Weiterentwicklung als Bestandteil des *Fachmodells Landschaft_Freianlage* ein (BUILDINGSMART DEUTSCHLAND 2022).

Ein erster Arbeitsstand dieser Vorstandardisierungsarbeit wurde als Katalog 'BIM-Klassen der Verkehrswege' im Mai 2020 veröffentlicht. Dieser wird aktuell erweitert, fortentwickelt und in diesem Rahmen auch in Beziehung zu vorhandenen IFC-Klassen gesetzt (s. BUILDINGSMART DEUTSCHLAND 2020; 2022).

3 UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND UND VORGEHEN

Untersuchungsgegenstand ist das BIM-Pilotprojekt *Verfügbarkeitsmodell A10/A24*. In diesem Projekt wird anhand eines vertraglich beschlossenen Streckenabschnitts die BIM-Methode eingesetzt und erprobt. Für das BIM-Pilotprojekt *Verfügbarkeitsmodell A10/A24* existieren bereits umfangreiche Festlegungen im Rahmen des 'BIM-Abwicklungsplan für Planung, Ausführung und Erhaltung im Projekt ÖPP A10/A24' (Tschickardt, T. et al. 2019). Diese setzen den Rahmen für die Integration des Bereichs Landschaft und Umwelt. Nachfolgend werden das Projekt und dessen struktureller Aufbau sowie die allgemeine Vorgehensweise bei der Erweiterung für den Bereich Landschaft und Umwelt vorgestellt.

3.1 Pilotprojekt Verfügbarkeitsmodell A10/A24

Im Zuge des immer stärkeren Verkehrsaufkommens werden seit Ende August 2018 die A10 und A24 zwischen dem Autobahndreieck (AD) Pankow und der Anschlussstelle (AS) Neuruppin in einem Zeitraum von weniger als fünf Jahren ausgebaut bzw. erneuert. Dies geschieht unter laufendem Betrieb in mehreren Teilabschnitten, um die Belastungen für den Verkehr so gering wie möglich zu halten. Die A10 wird zwischen den Dreiecken Havelland und Pankow auf einer Strecke von 30 km von vier auf sechs Streifen ausgebaut. Der 30 km lange Abschnitt der A24 zwischen Neuruppin und der AS Kremmen wird hingegen grundhaft erneuert. Der Aus- und Neubau findet im Rahmen einer öffentlich-privaten Partnerschaft (ÖPP) unter der Verantwortung der Projektgesellschaft Havellandautobahn GmbH & Co. KG mit den Gesellschaftern BAM PPP P12 Holding GmbH (70 %) und HABAU PPP GmbH (30 %) statt. Auftraggeber ist die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Die Autobahn GmbH des Bundes, vertreten durch die DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (s. HAVELLANDAUTOBAHN 2021).

Das Projekt wurde als nationales Pilotprojekt für die Erprobung des Leistungsniveaus 1 im Verkehrswegebau des 'Stufenplans Digitales Planen und Bauen' für den Bereich einer BIM-Vertragsstrecke ausgeschrieben und vergeben. Es ist das erste mit BIM umgesetzte Pilotprojekt, bei dem Planung, Ausführung und Erhaltung aus einer Hand erfolgen. Die Vertragsstrecke umfasst ca. 64,2 km. Die BIM-Methode wird ausschließlich für die BIM-Vertragsstrecke auf der A24 im Bereich von km 222 + 675 bis 228 + 175 angewandt (s. Abb. 7). Sie umfasst den Bauabschnitt 4, ist insgesamt 5,5 Kilometer lang und enthält die Tank- und Rastanlagen Linumer Bruch Nord und Süd sowie zwei Ingenieurbauwerke

(Brücke und Lärmschutzwand). Für die Anwendung der BIM-Methode werden alle Anlagen-
teile inklusive des Bestands einbezogen. Die Umsetzung der BIM-Anwendungsfälle soll von
August 2018 bis Ende 2023 stattfinden. Primäres Ziel des Projekts ist für den Auftraggeber
und die Auftragnehmer der Erfahrungsgewinn mit der Anwendung der BIM-Methode bei
ÖPP-Projekten (s. TSHICKARDT & KRAUSE 2019).

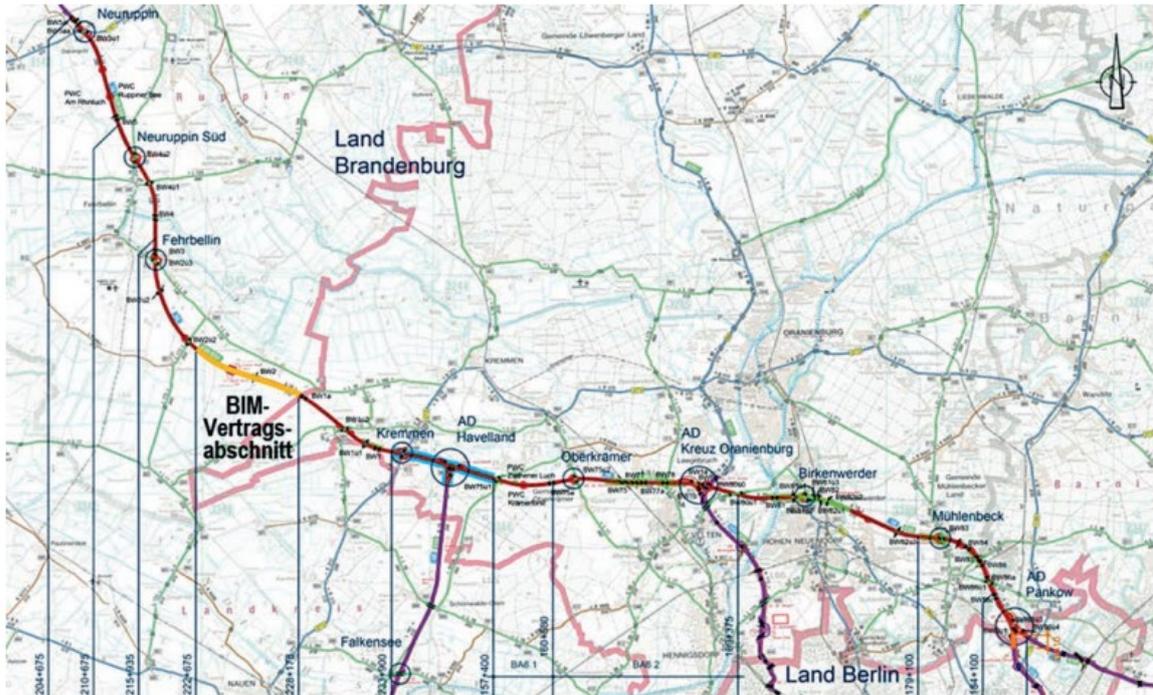


Abb. 7: BIM-Vertragsabschnitt (TSHICKARDT & KRAUSE 2019)

3.2 BIM-Modellstruktur

Für eine Integration der Landschafts- und Umweltplanung in den BIM-Prozess des *Verfügbarkeitsmodells A10/A24* ist es zunächst notwendig die angewandte Modellstruktur zu verstehen, welche im Rahmen eines Modellstrukturplans Anlage 3 der BIM-Abwicklungspläne definiert ist. Grundlage hierfür bildet das Koordinationsmodell *Verfügbarkeitsmodell A10/A24*. Dieses teilt sich in fünf Fachmodelle der im Leistungsumfang enthaltenden fachspezifischen Gewerke: Baugrund, Gelände, Strecke, Ingenieurbau und Tank- und Rastanlage (s. Abb. 8). Es folgt eine weitere Unterteilung der Fachmodelle in mehrere Teilmodelle. Die inhaltliche Trennung und separate Modellierung erfolgt auf Grund der Größe, der Komplexität und der Mehrstufigkeit des Projekts. Sie soll die Koordination der Modelle und die Zusammenarbeit zwischen den Fachplanenden erleichtern. Alle Teilmodelle sind wiederum

in Bauteilgruppen und diese in Modellelemente gegliedert. Beispielhaft wird hier das Fachmodell Gelände mit entsprechender Legende abgebildet (s. Abb. 9 & Abb. 10) (s. TSCHICKARDT et al. 2019). Für die hier verwendeten Begriffe Bauteilgruppe und Modellelement werden im Folgenden Gruppe und BIM-Klasse / Klasse verwendet (entsprechend buildingSMART 2022).

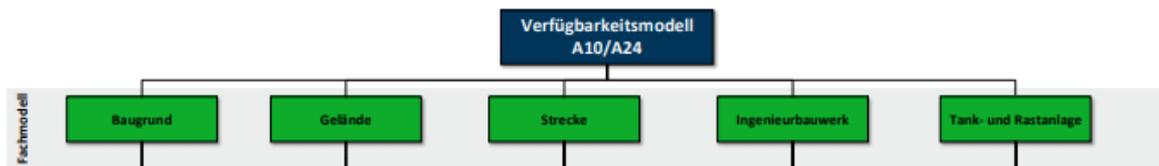


Abb. 8: Teilmodelle des Verfügbarkeitsmodells A10/A24 (TSCHICKARDT et al. 2019)

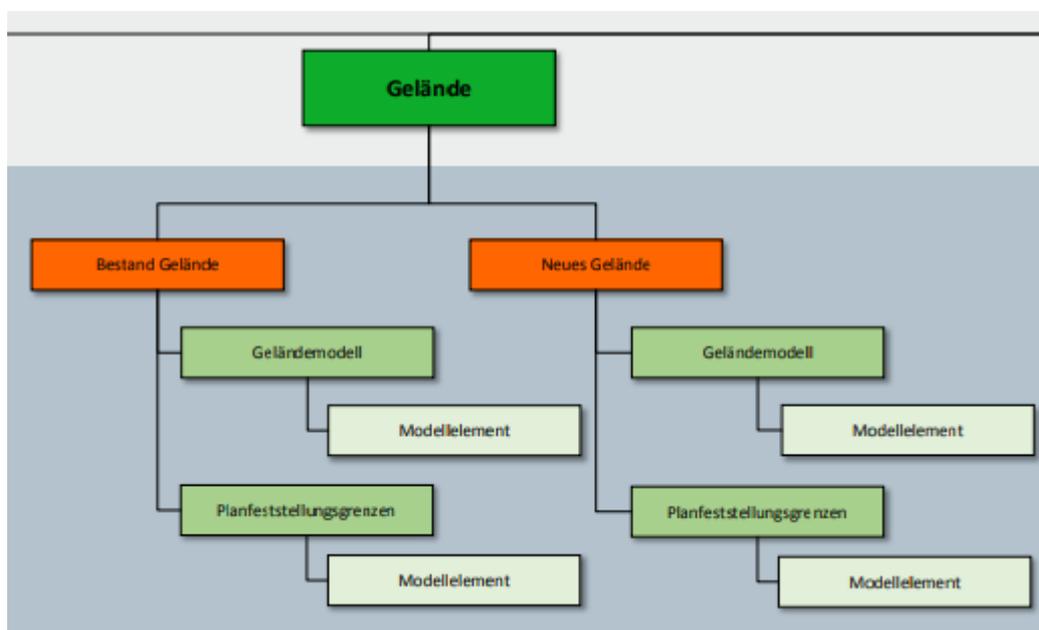


Abb. 9: Teilmodell Gelände: Bauteilgruppen und Modellelemente (TSCHICKARDT et al. 2019)

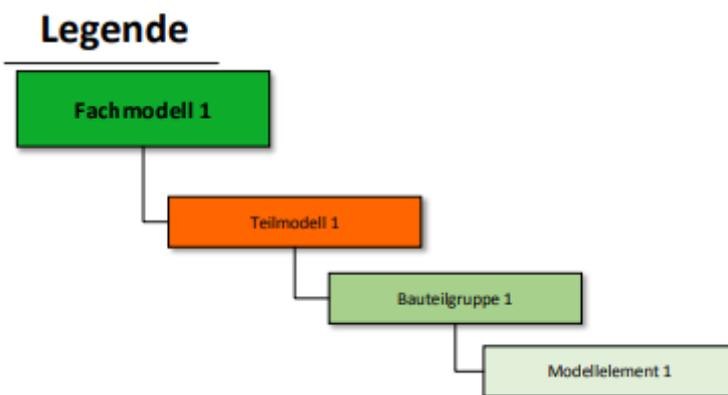


Abb. 10: Legende zur Modellstruktur des Verfügbarkeitsmodells A10/A24 (TSCHICKARDT et al. 2019)

3.3 Modellübergeordnete Attribute

Im 'BIM-Abwicklungsplan für die Planung, Ausführung und Erhaltung im Projekt ÖPP A10/A24' sind in der 'Anlage 3.1 – LOG/LOI Richtlinie' einige modellübergeordnete Attribute definiert, die für alle Fach- und Teilmodelle des Projekts zu festzulegen sind (s. Tab. 2). Diese sind den fünf Gruppen Bauteil Codes, Location Codes, Identifikation, Statusinformation gemäß AIA und Koordinatensysteme zugeordnet. Wenn im gewählten Anwendungsfall für bestimmte Attribute keine sinnvolle Wertzuweisung möglich ist, werden sie mit dem Platzhaltersymbol # befüllt.

Über die Attribute der Gruppe Bauteil Codes (BTC) erfolgt die Zuordnung zum Fachmodell Landschaft_Freianlage.

Tab. 2: Modellübergeordnete Attribute und mögliche Attributwerte (in Anlehnung an TSCHICKARDT et al. 2019)

Location Codes (LOC)		
Attribut	Attributwert	Beschreibung
LOC:01_BAB	A24-	Bundesautobahn A10, A24, ...
LOC:02_Bauabschnitt	A4	Bauabschnitt 1, 2, 3, 4, ...
LOC:03_Zonierung	ZO1, ZO2, ZO3, ...	Zone 1, 2, 3, ...
LOC:04_Richtungsfahrbahn	HH, B- M-	Hamburg, Berlin, Mitte
LOC:05_Ausrichtung	N-, S-, SO, NW, ...	#
Bauteil Codes (BTC)		
Attribut	Attributwert	Beschreibung
BTC:01_Fachmodell	LA_FR	Landschaft_Freianlage
BTC:02_Teilmodell	LAP 1, LAP 2, L-Betreiben	LAP 1 - Umweltbelange vor und während der Bauphase, Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojekts, LAP 2 - Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes, L-Betreiben - Pflege und Kontrolle
BTC:03_Bauwerk	#	#
BTC:04_Bauteilgruppe	VEG, SCHU, ERD	Vegetation, Schutzeinrichtung_Umwelt, Erdbau, ...
BTC:05_Modellelement	PFL, HB, SG, ...	Schutzgebiet/-objekt, Miete, Querungshilfe...
BTC:06_Material	#	#

Identifikation (IND)		
Attribut	Attributwert	Beschreibung
IND:Modellersteller	MS	Name des Planers, bzw. laut Modellierungsrichtlinie definiertes Kurzzeichen
IND:Erstellungsdatum	12.11.2021	Datum der Modellerstellung
Infra_StationFrom	#	#
Infra_StationTo	#	#
Koordinatensysteme (KOR)		
Attribut	Attributwert	Beschreibung
Koordinatensystem	GK-S4	Gauß-Krüger, 4. Streifen
Bezugssystem	42/83	Bessel Ellipsoid 42/83, Pulkovo Datum
Höhensystem	DHHN92	Deutsches Haupthöhennetz
Statusinformationen gemäß AIA (STA)		
Attribut	Attributwert	Beschreibung
STA:Phase	Abriss, Neubau, ...	

3.4 Bearbeitungsraum und verfügbare Planungsgrundlagen

Die von der ARGE A 10/A24 zur Verfügung gestellten Planungsgrundlagen sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Tab. 3: Planungsgrundlagen

BIM-Abwicklungspläne		
Titel	Format	Stand
BIM-Abwicklungsplan für Planung, Ausführung und Erhaltung im Projekt ÖPP A10/A24	PDF	06.08.2019
Anlage 2 BIM-Anwendungsfälle, Prozesse und Durchführung	PDF	10.05.2019
Anlage 3 - Modellierungsrichtlinie	PDF	31.07.2019
Anlage 3.1 - LOG/LOI Richtlinie	PDF	05.07.2019
Unterlagen für die Landschafts- und Umweltplanung		
Titel	Format	Stand
Unterlagen des LBP (Maßnahmenblätter, Erläuterungsbericht, Pläne und Anhänge)	PDF	01.12.2008
Unterlagen zur Tank- und Rastanlage Linumer Bruch (Maßnahmenblätter, Erläuterungsbericht, Pläne und Anhänge)	PDF	20.03.2019
Planfeststellungsbeschluss	PDF	15.07.2011
Arbeitsgrundlage für die Erstellung der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung (DEGES)	PDF	20.07.2016
Lageplan Landschaftspflegerische Ausführungsplanung km 225+000 – km 226+000	DWG	10.10.2019
BIM-Koordinationsmodell des Projektes Verfügbarkeitsmodells A10/A24		
Titel	Format	Stand
Geländemodell	XML	05.12.2019
Strecke Zone	IFC	05.12.2019
Begleitende Straßen	IFC	05.12.2019
Entwässerung Zone	IFC	14.10.2019

Die Gesamtstrecke des BIM-Vertragsabschnitts und die zugehörigen Pläne sind in sieben Zonen unterteilt. Damit wird sichergestellt, dass bei den hohen Datenmengen eine effiziente Arbeit mit der verwendeten Software möglich bleibt. Relevant für die weitere Bearbeitung sind ausschließlich die Zonen 2, 3 und 4 (s. Abb. 11).



Abb. 11: Aufteilung des Plangebietes, Darstellung der für die Bearbeitung relevanten Zonen (nach TSCHICKARDT et al. 2019)

3.5 Methodische Vorgehensweise

Ausgehend von allgemeinen BIM-Zielen, die für die Landschaftspflegerische Ausführungsplanung und den Betrieb neu definiert werden (s. Kap.4.1), wird die Struktur *des Fachmodells Landschaft_Freianlage* mit den erforderlichen Teilmodellen und zugeordneten Anwendungsfällen abgeleitet. Die Analyse aller vorliegenden Planungsgrundlagen ermöglicht die Identifikation der erforderlichen Landschaftsobjekte für die Teilmodelle. Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen setzen den Rahmen für die Attribute, die den Objekten für die jeweiligen Anwendungsfälle zuzuordnen sind.

Es folgt die praktische Umsetzung mit der zur Verfügung stehenden BIM-Software. Zunächst werden erforderliche 3D-Objekte modelliert. Auf dieser Basis wird die vorliegende 2D-Planung in das 3D-BIM-Modell *Landschaft_Freianlage* mit entsprechenden Teilmodellen umgesetzt.

Für die 3D-Objekte werden zugehörige PropertySets für die Anwendungsfälle/Teilmodelle entwickelt.

Zur weiteren Bearbeitung und Attributierung in der Koordinationssoftware werden die proprietären Modelle über die IFC-Schnittstelle exportiert.

Abschließend werden die Teilmodelle des *Fachmodells Landschaft_Freianlage* in das Koordinationsmodell des *Verfügbarkeitsmodells A10/A24 integriert*. Hier können sie für gemeinsame Auswertungen mit den Fachmodellen der anderen Gewerke genutzt werden.

Die Bearbeitung erfolgt in 2 Projektabschnitten

- Teilmodell Umweltbelange während der Bauphase - Zonen 2 + 3 (REMY 2020)
- Teilmodell Ausgleichs- und Gestaltungsmaßnahmen sowie Teilmodell Betreiben – Zonen 3 + 4 (SCHÖNFELD 2021)

Die Bearbeitung des Gesamtprojekts war im Zeitumfang nicht zu leisten. Die Bearbeitungszonen wurden so gewählt, da sie für die jeweiligen Bearbeitungsfragen das meiste Material lieferten.

Parallel werden die *BIM-Klassen Fachmodell Landschaft_Freianlage* als Teilmodell der *BIM-Klassen der Verkehrswege* weiterentwickelt (BUILDINGSMART 2022), was Anpassungen der Terminologien für Benennung der Objekte und Attribute notwendig macht.

3.6 Eingesetzte BIM-Software

3.6.1 Autodesk Civil 3D

Civil 3D ist eine CAD-Software des Anbieters Autodesk für die Planung und Dokumentation von Infrastruktur-, Erschließungs- und Tiefbauprojekten. Sie unterstützt BIM durch integrierte Funktionen in den Bereichen Entwurf, Konstruktion und Dokumentation. In Civil 3D können alle Funktionalitäten von Autodesk AutoCAD genutzt werden. Darüber hinaus bietet sie Möglichkeiten der Erstellung intelligenter Objekte wie beispielsweise digitale Geländemodelle, Baugruben, Achsen und 3D-Profilkörper (s. AUTODESK 2022). Insbesondere der Import und die Bearbeitung von digitalen Geländemodellen und das Erstellen von 3D-Volumenkörpern werden für dieses Projekt und die Konstruktion der Fachmodelle genutzt. Die integrierte IFC-Schnittstelle ermöglicht es, das Fachmodell nach Abschluss der Konstruktion an die Koordinationssoftware zu übergeben. Civil 3D kommt im A10/A24-Projekt als CAD-BIM-Software zum Einsatz. Die Landschaftspflegerische Ausführungsplanung wird in der Praxis heute in der Regel mit einer CAD-Software wie Autodesk AutoCAD in 2D umgesetzt. AutoCAD wurde vom beauftragten Landschaftsplaner auch im vorliegenden Projekt verwendet. Da AutoCAD Civil 3D zusätzlich über erforderliche 3D-Werkzeuge sowie eine IFC-Schnittstelle verfügt, wird davon ausgegangen, dass sich die Software auch für die BIM-basierte Arbeitsweise in der Landschaftsplanung eignet.

Genutzt wurde Autodesk Civil 3D in den Versionen 2020 (erster Projektabschnitt) bzw. 2022 (zweiter Projektabschnitt).

3.6.2 DESITE md pro

DESITE md ist eine Software für das BIM-Management und die BIM-Koordination aus der BIM Produktlinie DESITE BIM des Anbieters thinkproject. Die Software bietet die Möglichkeit, 3D-Modelle verschiedener Projektbeteiligter in einem Koordinationsmodell zusammenzuführen und verschiedene Informationsarten zu integrieren. Neben den Kernfunktionen wie Navigation, Schneiden, Redlining und Formulare verfügt DESITE md über 25 verschiedene Import- und 10 Exportformate. Es kann zudem für die 4D-Terminplanung, 4D-Simulation und das Terminplan-Controlling genutzt werden. Auch Mengenermittlungen können mit der Software durchgeführt und in die Ausschreibung übertragen werden. In der Vollversion DESITE md pro können zusätzlich regelbasierte und interaktive Modellprüfungen stattfinden und Kollisionsprüfungen ausgeführt werden (s. THINKPROJECT 2021, S. 6). DESITE md pro ermöglicht auch die Verwaltung ausgedehnter Strecken und ist daher im Infrastrukturbereich verbreitet im Einsatz.

Genutzt wurde DESITE md pro in der Version 2.8.4 (msi).

3.6.3 FZKViewer

Zur Kontrolle der erzeugten IFC-Dateien wurde der IFC-Viewer FZKViewer (Version x63 V 6.1) verwendet. Der FZKViewer ist ein Softwarewerkzeug zur Visualisierung von semantischen Datenmodellen aus den Bereichen BIM und GIS. Der Schwerpunkt richtet sich hierbei auf offene standardisierte Datenformate (s. KIT 2022). Er wird vom Karlsruher Institut für Technologie KIT kostenfrei zur Verfügung gestellt.

4 ENTWICKLUNG DES FACHMODELLS LANDSCHAFT_FREIANLAGE

4.1 Allgemeine BIM-Ziele, Fachmodelle und Anwendungsfälle

Die Aufstellung, Ausarbeitung und Modellierung des *Fachmodells Landschaft_Freianlage* dient der Einbindung der festgelegten und vordefinierten Umweltbelange und landschaftspflegerischen Maßnahmen in das BIM-Modell *Verfügbarkeitsmodell A10/A24*. Es verfolgt damit die übergeordneten BIM-Ziele:

- Verbesserung der Kommunikation zwischen den verschiedenen Fachgewerken auf Grundlage eines gemeinsamen BIM-basierten Koordinationsmodells
- Erhöhung der Qualität der Planung, des Bauens und Betreibens durch durchgängige Nutzung des Modells als zentrale Informationsquelle während des gesamten Lebenszyklus

Für die Erstellung eines LAPs sind die Inhalte und Festlegungen des LBP sowie der Planfeststellungsbeschluss grundlegend. Da der LBP ein Bestandteil der Planfeststellungsunterlagen ist, sind die im LBP festgelegten umweltfachlichen Vermeidungs-, Ausgleichs-, und Ersatzmaßnahmen rechtsverbindliche Bestandteile der Plangenehmigung und damit auch alle daraus abgeleiteten Baumaßnahmen. Wie auch im oben dargestellten BIM-Cycle (Kap. 2.3.1) erkennbar, steht die landschaftspflegerische Planung in Verbindung mit dem Bauwerksentwurf. Im LAP werden demnach mit Bezug zur Bauwerksplanung die landschaftspflegerischen Maßnahmen des LBP präzisiert und weiter detailliert.

Die gesetzlich vorgeschriebene naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, die Gegenstand des LBP ist, verlangt eine Priorisierung bezüglich Vermeidung und Minimierung von Eingriffen. Dies hat auch zur Folge, dass die daraus abgeleiteten Maßnahmen eine einschränkende Wirkung auf die Baudurchführung haben. Beispielsweise kann es aufgrund dieser Regelung zur Einschränkung des Arbeitsraumes oder zur Beeinflussung des Arbeitsablaufs kommen. Insbesondere bei großen Bauprojekten wie dem Autobahnbau sind umfassende Anforderungen zur Vermeidung bzw. Minimierung von Umweltbeeinträchtigungen schon vor und mit Beginn des Bauprozesses zu berücksichtigen. Die Vermeidungs- oder Ausgleichsmaßnahmen in einem LBP sind oft sehr komplex und in der Darstellung schwer verständlich für die betroffenen Projektbeteiligten.

Die Entwicklung einer sinnvollen Struktur des Fachmodells orientiert sich an einem hessischen Konzept der landschaftspflegerischen Ausführungsplanung, das von der Stadt Kassel bei Ausbau einer Autobahn (Neubau A44 Kassel - Herleshausen) umgesetzt wurde. Ziel

dieses Konzeptes ist eine baustellengerechte Aufbereitung der oft komplexen Darstellungen, Vorgaben und Maßnahmen des landschaftspflegerischen Begleitplanes (LBP). Dieses sieht für die Vereinfachung und baustellengerechte Aufbereitung der Maßnahmen eine Aufteilung der LAP in zwei Teile vor (BERNBURG 2000).

- LAP Teil 1 'Erdbau- und Ingenieurbauwerke'
- LAP Teil 2 'Landschaftsbaumaßnahmen'

Der **LAP Teil 1** beinhaltet nur die Maßnahmen des LBP, die vor bzw. während der Bauarbeiten für Ingenieurbauwerke zu berücksichtigen oder umzusetzen sind. Dazu gehören vor allem Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen. Das Ziel dabei ist es, den Projektbeteiligten, eine möglichst einfache und allgemeinverständliche Darstellung der umweltfachlichen Auflagen zu vermitteln. Die Pläne sind so angelegt, dass alle Fachplaner, Ausschreiber, Kalkulatoren oder ausführende Betriebe möglichst ohne umfangreiche textliche Beschreibungen, nur mit Hilfe einer Legende und der in Kurzform beschriebenen Maßnahmen lesbar sind. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Maßnahmen erfolgt auf separat beiliegenden Maßnahmenblättern (s. BERNEBURG 2015, S. 13).

Der LAP Teil 1 stellt eine gute Grundlage für die Umweltbaubegleitung (UBB) dar. Laut den Erkenntnissen aus Hessen hat sich der LAP Teil 1 als sehr effizientes Hilfsmittel bewährt, um den vielen, oft gleichzeitig agierenden, Projektbeteiligten die umweltfachlichen Auflagen verständlich zu vermitteln (s. BERNEBURG 2015, S. 10).

Planinhalte des LAP1 sind (BERNEBURG 2015, S. 3):

- Abgrenzung aller Bau- und Arbeitsflächen
- Bauzäune (Zeitraum und Standort)
- Wo wird was eingesät (oder auch nicht)
- ggf. Begrenzung der Bauzeit (z. B. Nachtbauverbot, Brutzeit etc.)
- Spezielle Bodenbehandlung, Bodenschutz
- Gewässerschutzmaßnahmen

LAP Teil 2 bildet die weiteren Inhalte der landschaftspflegerischen Ausführungsplanung ab. Dies sind vor allem Ausgleichs- und Gestaltungsmaßnahmen, die in der Regel nach Fertigstellung der Ingenieurbauwerke durchgeführt werden, jedoch auch weitere Vermeidungs- oder Ausgleichsmaßnahmen, die in dieser Phase relevant werden.

Diese Teilung entspricht nicht nur der Trennung verschiedener Gewerke, sondern gleichzeitig der zeitlichen Abfolge, da die Erd- und Ingenieurbauwerke in der Regel vor und während des Bauvorhabens und die Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung ausgeführt werden. Denkt man die Zeitkomponente weiter, wird deutlich, dass eine Dreiteilung des Fachmodells sinnvoll ist. Nach der zeitlichen Betrachtung finden die Fertigstellungs- und Entwicklungspflege jedoch erst nach Fertigstellung der Landschaftsbaumaßnahmen statt. Im Teilmodell der Landschaftsbaumaßnahmen ist somit noch nicht relevant, welche Pflege und Unterhaltung zukünftig stattfinden wird. Gleichzeitig sind für die Pflege einige Objekte und Informationen aus dem Bereich der Bauausführung nicht relevant. Auch die unterschiedlichen Zuständigkeiten sprechen für separate Teilmodelle. Aus diesen Gründen entsteht das dritte Teilmodell L-Betreiben - Pflege und Kontrolle.

Daraus ergeben sich die folgenden drei Fachmodelle mit zugeordneten Anwendungsfällen

- LAP 1 - Fachmodell Umweltbelange vor und während der Bauphase
- LAP 2 - Fachmodell Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes
- L-Betreiben - Fachmodell Pflege und Kontrolle

Diese sind in den Tab. 4 bis Tab. 6 in Form von Steckbriefen beschrieben. Die Gliederung orientiert sich an den Steckbriefen BIM-Anwendungsfälle der ARGE BIM4INFRA2020 (s. ARGE BIM4INFRA2020 2019).



Abb. 12: BIM-Modellstruktur Projekt A10/A24 erweitert um *Fachmodell Landschaft_Freianlage*

Tab. 4: Steckbrief Anwendungsfall / Teil-Fachmodell LAP 1 (vor und während der Bauphase)

LAP 1 - Umweltbelange vor und während der Bauphase	
Einordnung	im Gesamtbauprojekt: Bauablauf, Baufortschritt, HOAI LP8 Bauprozess Landschaftsbau: Ausführungsplanung
Definition	Umfasst die Umsetzung landschaftspflegerischer Maßnahmen vor und während der Bauphase im Schwerpunkt: Vermeidungs- und Ersatzmaßnahmen
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Alle für die Bauphase relevanten Informationen aus Maßnahmen der LBP stehen zur Verfügung - nutzerfreundliche Aufbereitung der LBP-relevanten Informationen für Bauleitung und alle Gewerke - Konflikte mit landschaftspflegerischen Maßnahmen im Bauablauf werden sichtbar und können vermieden werden - Abstimmung der Terminplanung Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen für die Landschaft und Umwelt im Bauprozess - Unterstützung für die Umweltbaubegleitung - modellbasierte LAP können als Grundlage für weitere BIM-Prozesse des Landschaftsbaus genutzt werden (Kostenermittlung, Ausschreibung und Vergabe, etc.)
Umsetzung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anlegen der Modellstruktur des Teilmodelles (Bauteilgruppen, Modellelemente, PropertySets), abgebildet werden vor allem Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen 2. Integration in das Koordinationsmodell <i>Verfügbarkeitsmodell A10/A24</i>
Daten, Modelle & Formate	<p>Input: s. Kapitel 0 Verfügbare Planungsgrundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - DGM (XML), LAP-Lagepläne (DWG) - zukünftig ggf. Übernahmen von LBP-Informationen aus GIS (setzt passende Schnittstellen voraus) <p>Output: Koordinationsmodell (IFC)</p>

Tab. 5: Steckbrief Anwendungsfall / Teil-Fachmodell LAP 2 (nach Fertigstellung des Bauprojektes)

LAP 2 - Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes	
Einordnung	im Gesamtbauprojekt: Bauablauf, Baufortschritt, HOAI LP8 Bauprozess Landschaftsbau: Ausführungsplanung im Schwerpunkt: Gestaltungs- und Ausgleichsmaßnahmen
Definition	Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Pläne zur Ausführung der Landschaftsbaumaßnahmen stehen für alle Beteiligten des Gesamtbauprojektes zur Verfügung - modellbasierte LAP können als Grundlage für weitere BIM-Prozesse des Landschaftsbaus genutzt werden (Kostenermittlung, Ausschreibung und Vergabe etc.) - Grundlage für die Phase des Betriebens
Umsetzung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anlegen der Modellstruktur des Teilmodells (Bauteilgruppen, Modellelemente, PropertySets) abgebildet werden vor allem Ausgleichs- und Gestaltungsmaßnahmen 2. Integration der Teilmodelle in das Koordinationsmodell <i>Verfügbarkeitsmodell A10/A24</i>
Daten, Modelle & Formate	Input: s. Kapitel 0 Verfügbare Planungsgrundlagen <ul style="list-style-type: none"> - DGM (XML), LAP-Lagepläne (DWG) - zukünftig ggf. Übernahmen von LBP-Informationen aus GIS (setzt passende Schnittstellen voraus) Output: Koordinationsmodell (IFC)

Tab. 6: Steckbrief Anwendungsfall / Teil-Fachmodell L-Betreiben (Landschaftsbaumaßnahmen Betreiben - Pflege und Kontrolle)

L-Betreiben - Pflege und Kontrolle	
Einordnung	im Gesamtbauprojekt: Betreiben Bauprozess Landschaftsbau: Betreiben
Definition	Umfasst alle Landschaftsbaumaßnahmen des Betriebens. Dazu zählen Leistungen zur Fertigstellung und Instandhaltung (Entwicklung und Unterhaltung) sowie Inspektion (Pflege- und Funktionskontrolle).
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Alle für das Betreiben relevanten Informationen stehen modellbasiert zur Verfügung - Mögliche Kostenersparnis bei Nutzung der Modelle für weitere Maßnahmen (Umplanung, Instandsetzung etc.), da Daten bereits digital und verwertbar vorliegen - Informationen zu zugrundeliegenden Maßnahmen aus LBP bleiben erhalten und dienen der Unterstützung für Prozesse des Betriebens im Sinne der Landschaftspflege - Datengrundlage für Straßeninformationssystem / Straßendatenbank
Umsetzung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Übernahme der Modellobjekte aus dem Model Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes 2. Fortschreibung zum As-Built-Modell 3. Definition von Pflegeräumen 4. Anpassung der Attributierung an Informationsbedarfe des Betriebens (PropertySets für Pflege und Kontrolle)
Daten, Modelle & Formate	<p>Input: s. Kapitel 0 Verfügbare Planungsgrundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modell Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes <ul style="list-style-type: none"> - DWG, natives Format Koordinationssoftware (z.B. CPA), IFC - Festlegungen zum Betreiben aus LBP - Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen zu Pflege und Unterhaltung (s. Tab. 1) <p>Output: Koordinationsmodell (IFC)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Übergabe in GIS-gestützte Straßeninformationssystem / Straßeninformationsbanken (setzt passende Schnittstellen voraus)

4.2 Objektanalyse - BIM-Klassen *Fachmodell Landschaft_Freianlage*

Die Ableitung der Landschaftsobjekte (BIM-Klassen) erfolgt aus den vorliegenden Lageplänen für die LAP, den Maßnahmenblättern der LBP der Strecke und der Tank- und Rastanlage sowie der 'Arbeitsgrundlage für die Erstellung der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung' der DEGES (2016). Weiteren Hintergrund liefern der Standardleistungskatalog STLK LB 107, die DIN 276 sowie OKSTRA (Definition der Elemente für die Landschaftsplanung).

Tab. 7 demonstriert beispielhaft das Vorgehen bei der Ableitung der Landschaftsobjekte aus den abstrakten Maßnahmen der LBP und die Umsetzung in das Klassenmodell der BIM-Klassen der Verkehrswege (s. BUILDINGSMART 2022).

Eine Zusammenstellung der so ermittelten Landschaftsobjekte zeigt Tab. 8. Die im Bearbeitungsraum vorliegenden Objekte sind in der Tabelle besonders gekennzeichnet. Für die praktische Umsetzung werden diese als 3D-Landschaftsobjekte modelliert. Gleichzeitig wird aufgeführt, zu welchen Objekten Angaben zur Pflege vorliegen. Diese werden dem Teilmodell *L-Betreiben* zugeordnet. In Abb. 13 ist die Gesamtstruktur des Fachmodells Landschaft_Freianlage zusammenfassend dargestellt, Abb. 14 zeigt die Struktur der im A10/A24-Projekt verwendeten Klassen und Typausprägungen.

Tab. 7: Ableitung von Modellelementen aus Maßnahmen

Maßnahme	Gruppe	Klasse	Typausprägung
V Vermeidung Verluste und Beeinträchtigung von Biotopen V Wiederherstellung Biotope	fachmodellübergreifend	Schutzgebiet/-objekt	geschütztes Biotop
V Vermeidung bauzeitlicher Verluste und Beeinträchtigungen von Tieren (Vögel) bei Baufeldfreimachung zur Zwischenlagerung (Baustoffen etc.)	Baustellenlogistik	Baustelleneinrichtung	Lagerplatz
V Sicherung von Oberboden	Erdbau	Mulde_Graben	Oberbodenmiete
V Untersuchung / Sicherung von Bodendenkmalen	fachmodellübergreifend	Schutzgebiet/-objekt	Bodendenkmal
V Anlage von Mulden und Sickerbecken	Erdbau	Mulde_Graben	Mulde
E Entsiegelung A Entsiegelung	Oberbau	Oberbau	Befestigte_Flaeche
V Quartierssuche Fledermäuse	Schutzeinrichtung_Umwelt	Quartier_Fauna	Fledermauskasten

Tab. 8: Landschaftsobjekte im Bearbeitungsgebiet

Gruppe	Klasse	Typausprägung/ * zu modellieren- des Objekt	Lageplan	Maßnahmen- blätter Strecke	Maßnahmenblät- ter TuR	Arbeitsgrundlage DEGES	Angaben zur Pflege vorhanden
schutzgut_übergreifend	Schutzgebiet/-objekt	* geschuetztes_Biotop					
Erdbau	Oberboden	* Oberboden					
	Miete	* Oberbodenmiete					
Oberbau	Oberbau	* Befestigte Fläche		x	x		
Vegetation	Pflanze	* Einzelbaum/Hochstamm	x		x	x	x
	Pflanze	* Heister	x		x	x	x
	Wird im Kontext des Modellelements Pflanze modelliert	* Pflanzloch				x	
	Pflanzenreihe	* Pflanzreihe	x	x		x	x
	Vegetationsfläche	* Pflanzfläche	x	x	x	x	x
Pflege	Raum	* Pflegeraum					
Schutzeinrichtung_Umwelt	Quartier_Fauna	Fledermauskasten		x			x
	Quartier_Fauna	* Greifvogelstange	x			x	
	Quartier_Fauna	Kunsthorst		x			
	Quartier_Fauna	Nistkasten		x			
	Schutzeinrichtung	* Biotopschutzzaun					
	Schutzeinrichtung	* Verbißschutzzaun	x		x	x	x
	Schutzeinrichtung	* Amphibienschutzzaun					
	Schutzeinrichtung	* Baumschutz	x				
	Schutzeinrichtung	* Drahtrose	x			x	x
	Schutzeinrichtung	* Findling	x				
	Querungshilfe	Amphibientunnel					
	Biotopstruktur	Steinhaufen		x		x	
	Biotopstruktur	Totholzhaufen		x		x	
Baustelleneinrichtung	Baustelleneinrichtung	* Lager-, Arbeits-, Einschlagplatz					

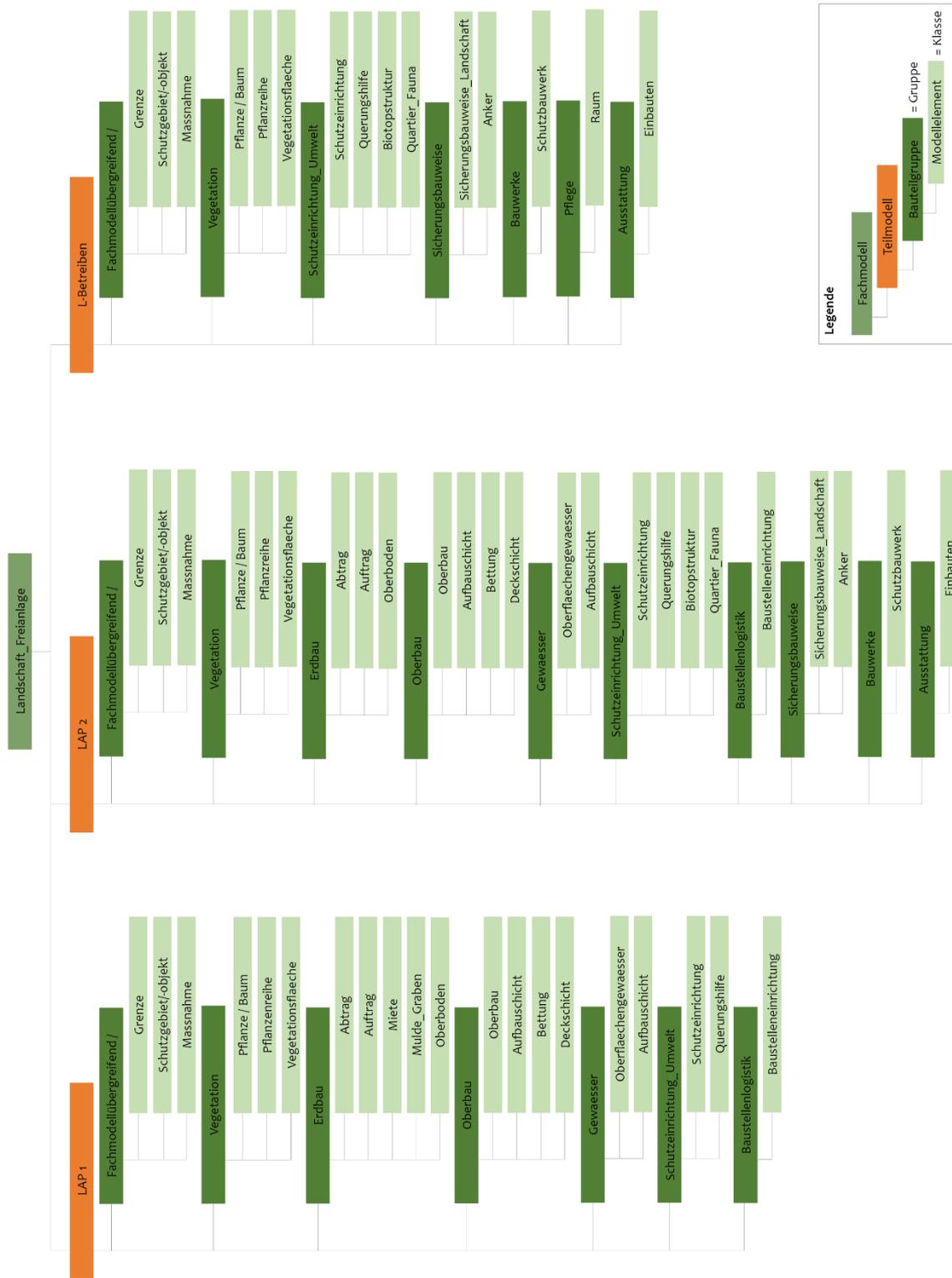


Abb. 13: Übersicht Gesamtstruktur *Fachmodell Landschaft_Freianlage* (BIM-Klassen)

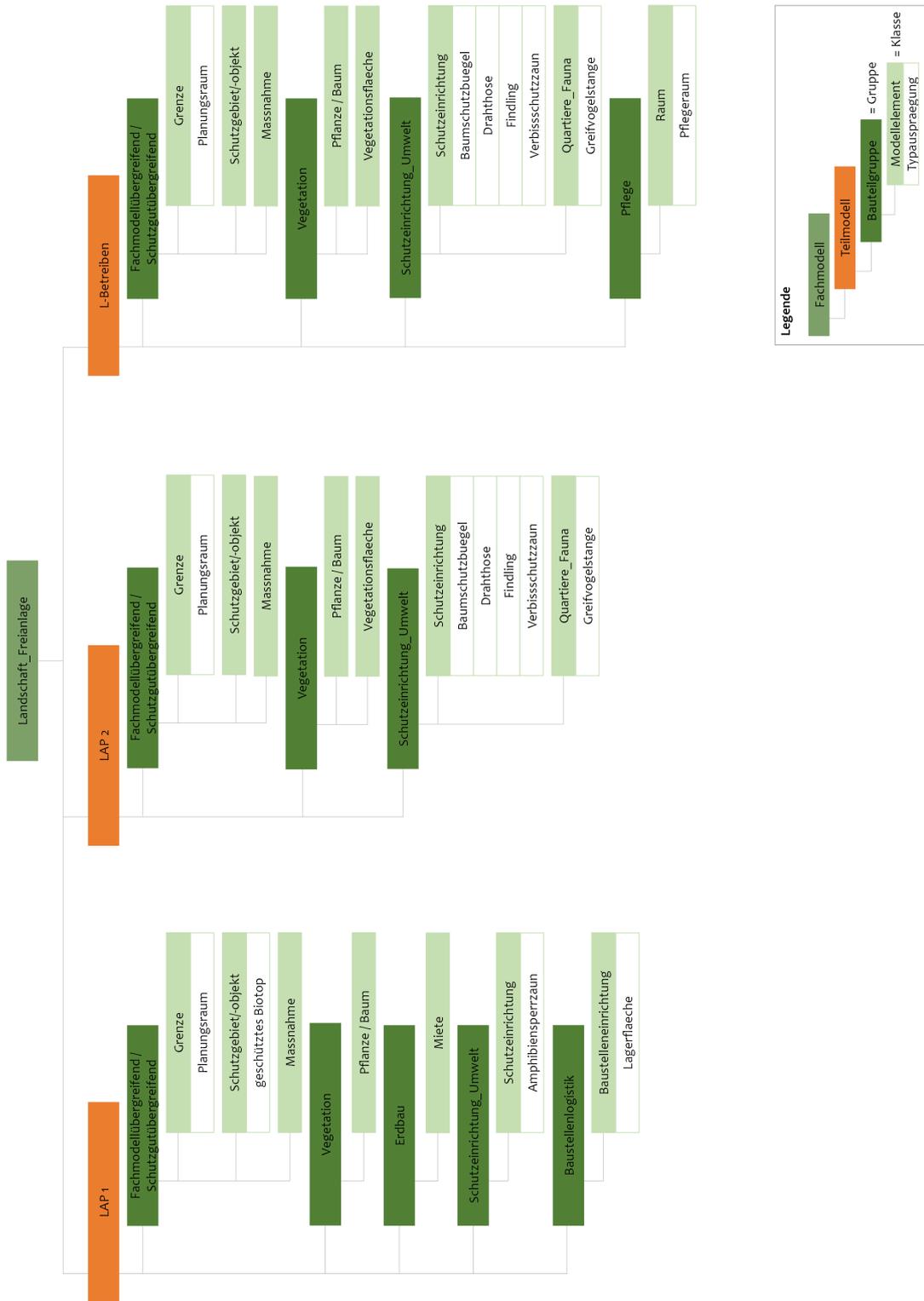


Abb. 14: Übersicht *Fachmodell Landschaft_Freianlage* des Projekts A10/A24 - modellierte Objekte (mit im Projekt A10/A24 erforderlichen BIM-Klassen, Typausprägung)

4.3 Klassenspezifische Merkmalsgruppen und Merkmale

Die Inhalte der PropertySets werden aus den vorliegenden Informationen zur LAP abgeleitet (s. Kap. 3.5). Dazu werden insbesondere die Inhalte der 'Arbeitsgrundlage für die Erstellung der landschaftspflegerischen Ausführungsplanung' der DEGES (2016) genutzt.

Ziel ist es, dass die für den Bauprozess relevanten Informationen aus der Landschafts- und Umweltplanung zeitgerecht, das heißt aufbereitet für die jeweiligen Anwendungsfälle, im BIM-Gesamtprozess zur Verfügung stehen. Dafür ist es erforderlich, die Informationen der vorliegenden Unterlagen, insbesondere der Maßnahmenblätter, in Merkmale 'zu übersetzen', die sich Landschaftsobjekten im BIM-Modell zuordnen lassen. Daraus ergeben sich die anwendungsfallspezifischen Eigenschaftensätze, die im weiteren Workflow den Landschaftsobjekten 'angehängt' werden. Eine vollständige Zusammenstellung der entwickelten Eigenschaftensätze findet sich in Anhang 1.

Das Vorgehen wird beispielhaft am Landschaftsobjekt *Schutzeinrichtung* verdeutlicht. Die Klasse *Schutzeinrichtung* umfasst neben dem *Verbissschutzzaun* eine Reihe weiterer Typausprägungen. Grundlegende Informationen zum Objekt sind im PropertySet *LAP-Schutzeinrichtung* zusammengefasst (s. Tab. 9). Im Projekt A10/A24 ist sowohl für die Phase vor und während der Baumaßnahme als auch für die Phase der Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes das Aufstellen von Zäunen als Schutzmaßnahme vorgesehen. Diese bleiben auch in der Phase des Betriebes erhalten. Das PropertySet *LAP-Schutzeinrichtung* (Tab. 10) wird daher in allen drei definierten Anwendungsfällen verwendet.

Tab. 9: PropertySet LAP-Schutzeinrichtung

PSet LAP-Schutzeinrichtung			
Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
Typausprägung	Drahtrose, Baumschutzbuegel, Amphibienzaun, Verbisschutzzaun, Findling	string	x
Verortung	Links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste (BAST 2018)		
Arbeitsgang	Herstellen, Entfernen, Einbauen	string	x
Position_1 ... Position_n	Maschendraht, Sechseckgeflecht, Maschenweite 25 mm	string	x
Durchmesser	1,50	real	m
Hoehe_gesamt	1,10	real	m
Hoehe_ueber_GOK	1,00	real	m
Hoehe_unter_GOK	0,1	real	m
Anwendung_Normen/Richtlinien	ZTV La-StB 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x

Die Maßnahmenblätter sind zentraler Bestandteil der LAP und werden im Lageplan mit aufgeführt. Somit sollte auch im BIM-Modell dargestellt werden, auf welchen Maßnahmen die einzelnen Objekte ursprünglich beruhen. Als zusätzliches PropertySet wird an die massnahmenbasierten Objekte der Fachmodelle LAP1 und LAP2 das PSet *LAP-Massnahme* (s. Tab. 10) angehängt. Für die Verbisschutzzäune sind also die massnahmenbezogenen Eigenschaften über alle 3 Phasen verfügbar.

Es gibt Objekte, die nicht Bestandteil einer spezifischen Maßnahme sind, sondern zur allgemeinen Planung zählen (z. B. *Schutzeinrichtung* Typausprägung *Findling*). Diese erhalten dieses zusätzliche PSet nicht.

Tab. 10: PropertySet LAP-Maßnahme (farblich gekennzeichnet Eigenschaften, die in den Property Sets LAP-Maßnahme und LBP-Maßnahme identisch sind)

PSet LAP-Maßnahme			
Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
Massnahmentyp	Vermeidungsmassnahme; Ausgleichsmassnahme; Ersatzmassnahme; Gestaltungsmassnahme	string	x
Massnahmenummer	G/A (2a)	string	x
Zusatzindex	FFH; CEF; FCS	string	x
Massnahme_Bezeichnung	Pflanzung autobahnbegleitender Hecken	string	x
Massnahme_Beschreibung		string	x
Massnahme_Gesamtumfang	10 m; 20 ha, 50 Stck.	real/integer	m/ha/Stk
Zielzustand		string	
Ausgangszustand		string	x
Zeitliche_Zuordnung	Massnahme vor Beginn des Bauprojekts; Massnahme im Zuge des Bauprojekts; Massnahme nach Abschluss des Bauprojekts	string	x
Angaben_Terminplanung	z.B. Schutzzeiten	string	
Zuordnung_Fachbereich	Landschaftsbau; Erdbau; Konstruktiver Ing.-Bau; Sonstiges	string	x

Das PropertySet *LAP-Massnahme* basiert auf dem beispielhaften LAP-Maßnahmenblatt der ELA. Kategorien zur Pflege und Kontrolle werden bewusst ausgelassen, da diese im weiteren Verlauf in eigenen PropertySets enthalten sind. Wichtig ist insbesondere, dass noch zum Ende des BIM-Zyklus, d. h. beim Betreiben, ersichtlich ist, auf welchen Maßnahmen bestimmte geforderte Pflege- bzw. Kontrollschritte basieren. Erst damit kann sichergestellt werden, dass auch mit größerem zeitlichem Abstand die Ziele der Landschafts- und Umweltmaßnahmen verfolgt und umgesetzt werden können. Das bedeutet, dass das PSet *LAP-Massnahme* auch für das Betreiben übernommen wird.

Grundlage für die Maßnahmenblätter der LAP sind die im Planungsprozess zeitlich vorgeschalteten LBP-Maßnahmen. Die LBP wurde in der BIM-Bearbeitung des Projekts A10/24 zwar nicht berücksichtigt. Im Sinne des durchgängigen Informationsflusses im BIM-Zyklus

wäre aber eine Übernahme der Maßnahmen-Informationen aus dem LBP anzustreben. Ein Vorschlag für ein PropertySet *LBP-Massnahme*, das auf den Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung (RLBP) aufbaut, findet sich in Tab. 11. Merkmale, die in beiden Maßnahmen-PropertySets identisch sind, sind farbig gekennzeichnet.

Tab. 11: PropertySet *LBP-Massnahme* (farblich gekennzeichnet Eigenschaften, die in den PropertySets *LAP-Massnahme* und *LBP-Massnahme* identisch sind)

PSet LBP-Massnahme			
Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
Typausprägung	Drahthrose, Baumschutzbuegel, Verbisschutzzaun, Findling, ...	string	x
Massnahmentyp	Ausgleichsmaßnahme, Ersatzmaßnahme, Gestaltungsmaßnahme, CEF-Maßnahme, FCS-Maßnahme, ...	string	x
Massnahmenummer		string	x
Massnahme_Bezeichnung		string	x
Massnahme_Beschreibung		string	x
Massnahme_Gesamtumfang	10 m; 20 ha, 50 Stk	real/integer	m/ha/St.
Zielzustand	Biotop- und Nutzungstyp	string	x
Zielbiotop_Umfang	10 m; 20 ha, 50 Stk	real/integer	
Ausgangszustand	Biotop- und Nutzungstyp	string	x
Ausgangsbiotop_Umfang	10 m; 20 ha, 50 Stk	real/integer	
Konflikt	Konflikt Nr.	string	x
Zeitliche_Zuordnung	Massnahme vor Beginn des Bauprojekts; Massnahme im Zuge des Bauprojekts; Massnahme nach Abschluss des Bauprojekts	string	x
Angaben_Terminplanung	z.B. Schutzzeiten		

5 WORKFLOW ZU 3D-MODELLIERUNG, ATTRIBUTIERUNG DER LANDSCHAFTSOBJEKTE UND ÜBERFÜHRUNG IN IFC

Für die Implementierung des *Fachmodells Landschaft_Freianlage* wird zuerst ein grundlegender Workflow entwickelt. Wesentliche Schritte dazu sind die Generierung der 3D-Landschaftsobjekte, deren Verknüpfung mit benutzerspezifischen semantischen Informationen sowie die Überführung in das IFC-Format. Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweisen in der jeweils verwendeten Software findet sich in Anhang 2.

5.1 3D-Modellierung

Die erforderlichen Landschaftsobjekte müssen als generische 3D-Modelle mit Hilfe der 3D-Modellierungstools der CAD-Software erstellt werden. Entsprechend der Vorgehensweise ist zu unterscheiden zwischen

- Objekten, die an einem Punkt platziert werden - sogenannte Punktobjekte
- Objekten mit linienförmigen Verlauf - sogenannte Linienobjekte
- Objekte mit flächiger Ausdehnung
- Raum-Objekte

Für die vorliegenden Anwendungsfälle ist eine einfache, abstrahierte Darstellung, bei der die Abmessungen der Objekte abgebildet werden, jedoch keine weiteren Details, vollkommen ausreichend. Auf aufwendige Materialdarstellung wird verzichtet. Es erfolgt eine vereinfachte Materialdarstellung auf Basis von Farben (layerbezogen oder als Objekteigenschaft) statt der Zuweisung von Materialdarstellungen von Visualisierungstools (Materialeditor).

5.1.1 Modellierung von Punktobjekten

Punktobjekte werden als 3D-Symbol repräsentiert. Dieses sind im vorliegenden Fallbeispiel unterschiedliche Symbole für 3D-Bäume, Schutzeinrichtungen wie Drahtrose und Baumschutzbügel und Findlinge, weiterhin eine Greifvogelstange. Einen Überblick gibt Abb. 15.

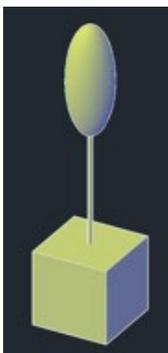
Bei der Bestandsaufnahme sind die Wurzelräume der Bäume nicht relevant, sodass die verwendeten Baumsymbole ausschließlich aus Krone und Stamm bestehen. Dies wird hier auch für das Betreiben angenommen. Bei zu pflanzenden Bäumen sind bestimmte Größen der Pflanzgruben sicherzustellen, die hier als Bestandteile der Bäume abgebildet sind. Alternativ wäre eine separate Modellierung der Pflanzgruben möglich. Die Berücksichtigung der Pflanzgruben ermöglicht entsprechende Kollisionsprüfungen. Eine Variation der 3D-

Baummodelle z. B. in der Kronenform ermöglicht die Unterscheidung unterschiedlicher Baumarten und kann so zur größeren Anschaulichkeit beitragen.

Die erstmalige Modellierung der 3D-Symbole ist sehr aufwendig. Sinnvoll ist die Speicherung als Blöcke und die geordnete Ablage in Symbolbibliotheken zur Verwendung in weiteren Projekten.



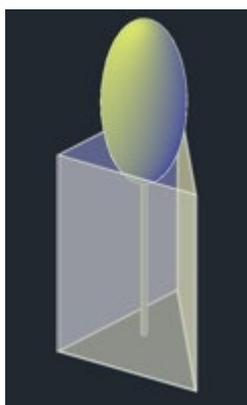
Baum (für LAP 1, Betreiben)



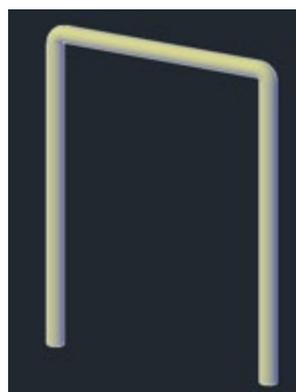
Hochstamm mit Pflanzgrube (für LAP 2)



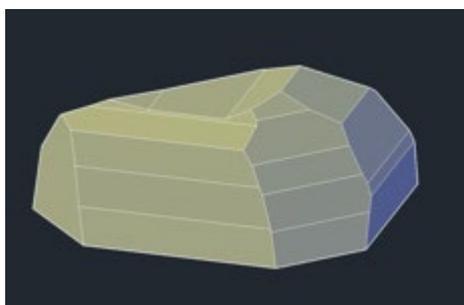
Heister mit Pflanzgrube (für LAP 2)



Schutzeinrichtung Drahtrose



Schutzeinrichtung Baumschutzbügel



Schutzeinrichtung Findling

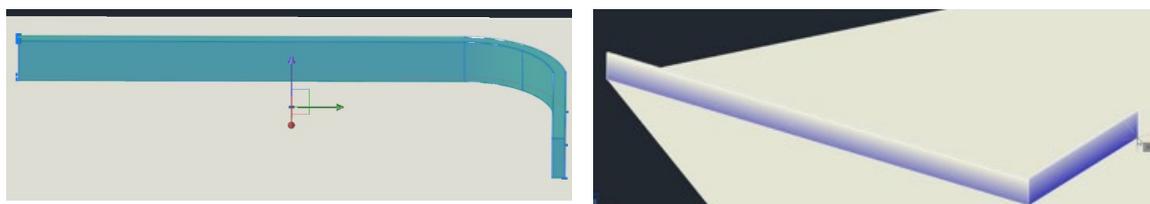


Quartier_Fauna Greifvogelstange

Abb. 15: Landschaftsobjekte als 3D-Punktsymbole

5.1.2 Modellierung von 3D-Linienobjekten

Lineare häufig verwendete Landschaftsobjekte sind beispielsweise Hecken, Alleepflanzungen, Mauern oder Zäune. AutoCAD Civil 3D bietet mehrere Tools zur Erstellung linienförmiger Objekte. Sweep ermöglicht die Definition eines Profils beliebiger Form, das an einem linienförmigen Objekt entlang bewegt wird und so einen Volumenkörper erzeugt. Ein sogenannter Polykörper generiert einen Volumenkörper auf Basis einer Polylinie durch Zuordnung von Höhe und Breite (s. Abb. 16). Eine automatische Anpassung linienförmiger Objekte an den Höhenverlauf eines zugrundeliegenden DGMs kann durch Projektion der Polylinie auf das DGM und anschließende Extrusion erzielt werden.



Ergebnis einer Sweep-Operation

Ergebnis eine Polykörper-Operation

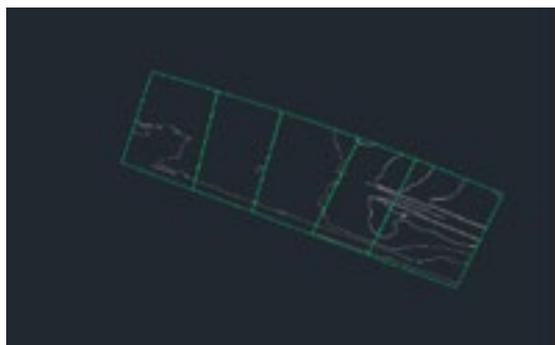
Abb. 16: Linienförmige Landschaftsobjekte

5.1.3 Modellierung von 3D-Flächenobjekten

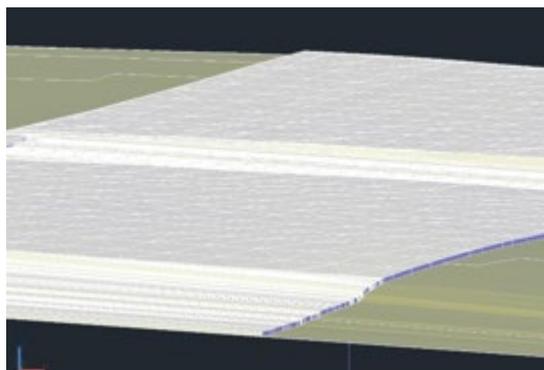
Beispiele für zu modellierende Flächenobjekte sind Schutzgebiete, Vegetationsflächen und befestigte Flächen (Oberbau). Die 3D-Flächenobjekte entsprechen Teilbereichen des vorliegenden DGMs.

Die Flächenumrisse werden auf Basis der referenzierten Lagepläne zunächst mit 2D-Polylinien umgrenzt. Civil 3D stellt ein Tool zur Verfügung, mit dessen Hilfe sich DGM-Teilbereiche ausschneiden lassen. Diese Teilbereiche werden als separate Teil-DGMs zwischengespeichert und in einem anschließenden Schritt wieder zusammengesetzt. Den Teil-DGMs lassen sich über Attribute die jeweiligen Verwendungen zuweisen. Im Ergebnis entstehen 3D-Fächen (Dicke 0).

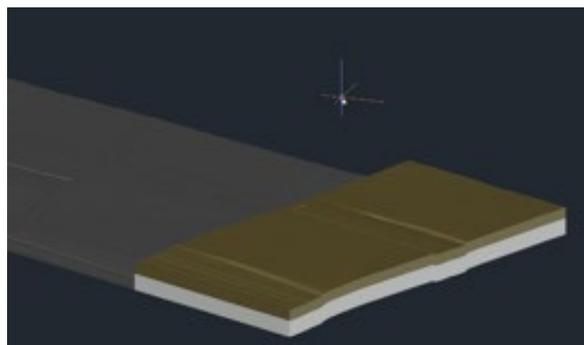
AutoCAD Civil 3D ermöglicht auch die Umwandlung eines DGMs zu einem Volumenkörper, indem eine Schichtdicke zugewiesen wird. Durch Kopie dieser DGM-Körper und Verschieben in der Höhe lässt sich ein Schichtenmodell aufbauen.



Ausgeschnittene DGM-Teilflächen dienen als Grundlage, um 3D-Flächen unterschiedlicher Verwendung zu erzeugen.



Aus DGM extrahierter Volumenkörper



Aus DGM extrahiertes Schichtenmodell

Abb. 17: Flächige Landschaftsobjekte

Grundsätzlich ist also die Ableitung von Teilflächen und auch deren Umwandlung in 3D-Körper möglich. Allerdings erfordert dieses Vorgehen sehr viel Handarbeit. Tools für automatisierte Verfahren wären wünschenswert.

5.1.4 Modellierung Räume

Das Objekt Raum (IfcSpace), das im Hochbau zur Unterscheidung unterschiedlicher Raumtypen in einem Gebäude verwendet wird, lässt sich für die Definition von Funktionsräumen im Freiraum verwenden. Beispiel sind Feuerwehrezufahrten, Bereiche für Geh- und Fahrrechte, Abstellflächen und andere (BRÜCKNER & REMY 2021). Hier dient der Raum zur Definition von Pflegeräumen (s. Kap. 6.4). Die Modellierung der Raumabgrenzungen erfolgt über Polylinien, die zu Volumenkörpern extrudiert werden. Diese können in weiteren Schritten über sogenannte Massenelemente zum Objekt Raum konvertiert werden [Workflow siehe Anhang 0]. Raumobjekte (AEC_Space) sind in Civil3D ausschließlich in der 2D-Draufsicht sichtbar (s. Abb. 20), werden jedoch beim anschließenden IFC-Export vollständig exportiert und im IFC-Viewer / in der BIM-Management-Software wieder als 3D-Objekte sichtbar.

5.2 Attributierung

Zum 'Anhängen' der Attribute an die 3D-Landschaftsobjekte gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Verfahren.

- 3D-Objekte können direkt in der 3D-Software attribuiert werden.
- Die Zuweisung der Attribute erfolgt nach dem Export der 3D-Modelle aus CAD-Software in das IFC-Format und anschließendem Import der erzeugten IFC-Dateien in einer gesonderten BIM-Managementsoftware (hier DESITE md pro). [zum IFC-Export siehe Kap. 5.3]

Die Definition von Merkmalen erfolgt in Civil 3D mit Hilfe des sogenannten Stil-Managers. Es lassen sich Eigenschaftensätze definieren, die mit den 3D-Objekten verknüpft werden. Exemplarisch zeigt dies Abb. 18 am Beispiel der Klasse Pflanze / Typ Hochstamm mit zugeordneten Eigenschaften.

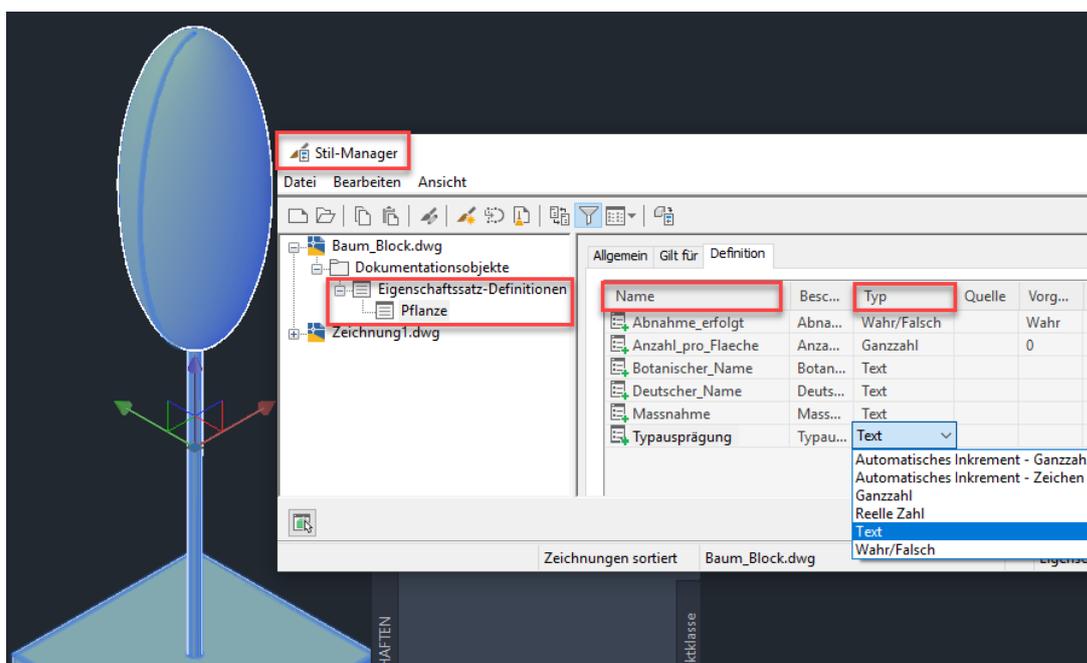


Abb. 18: Definition der Eigenschaftensätze in Civil 3D

Die zugehörigen Merkmalswerte werden anschließend in den Objekt-Eigenschaften als 'erweiterte Daten' manuell ausgefüllt siehe Abb. 19 am Beispiel des Baumes und Abb. 20 am Beispiel eines Raumobjektes.

Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass die definierten Attribute und ihre Werte auch in der CAD-BIM-Software bereits zugänglich sind. Bei Verwendung der BIM-Management-Software für die Attributierung sind die Eigenschaften und Werte ausschließlich Bestandteil der

IFC-Austauschdatei, die im weiteren Verfahren für die Koordination der Fachmodelle verwendet wird. Eine Rückübertragung der Daten aus der DESITE-Datei in die Civil 3D DWG-Datei ist nicht möglich.

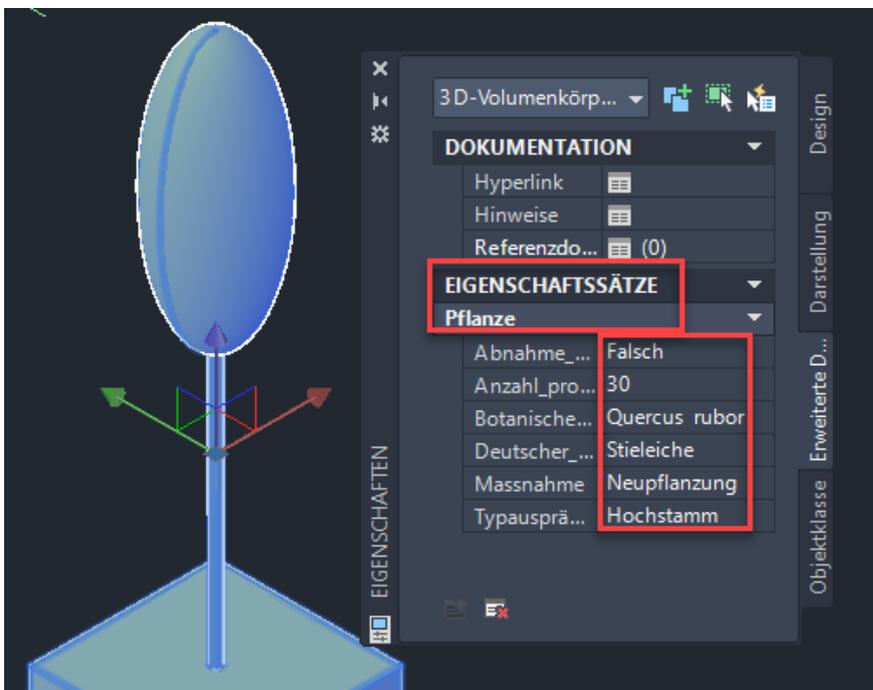


Abb. 19: Eingabe der Merkmalswerte in Civil 3D

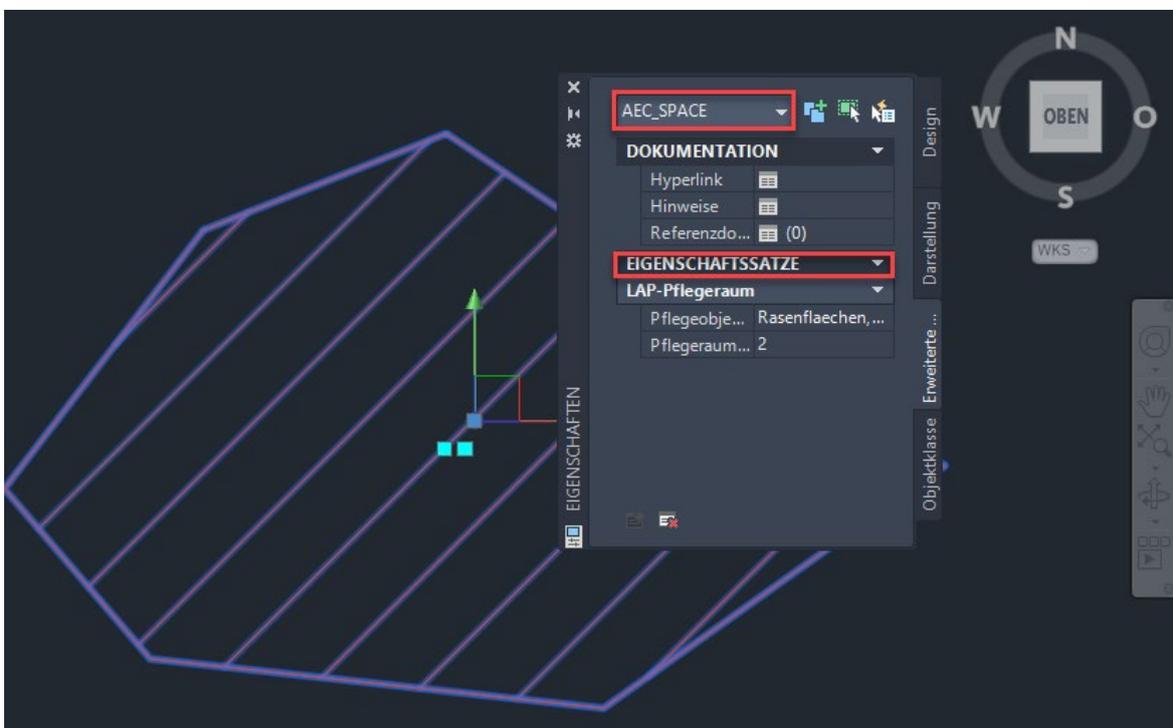


Abb. 20: Raumobjekt in der 2D-Ansicht mit zugeordnetem Merkmalsatz

Eine BIM-Management-Software bietet allerdings erheblich mehr Komfort beim Anlegen von Eigenschaftensätzen und Ausfüllen der Werte. Bei umfangreichen Modellen mit zahlreichen Merkmalen ist ausschließlich auf Basis einer BIM-Management-Software ein effizientes Vorgehen bei der Attributierung möglich. Mit Hilfe von Filter- und Sortierfunktionen lassen sich Merkmalsätze benutzerfreundlich auch ganzen Objektgruppen zuweisen (s. Abb. 21). Weitere Automatismen sind mit Hilfe von Skripten, in XML eingebettetes JavaScript, zu erzeugen (s. Abb. 37). Die Erstellung der Skripte verursacht zunächst größeren Aufwand, jedoch können sie in anderen Projekten wiederverwendet werden.

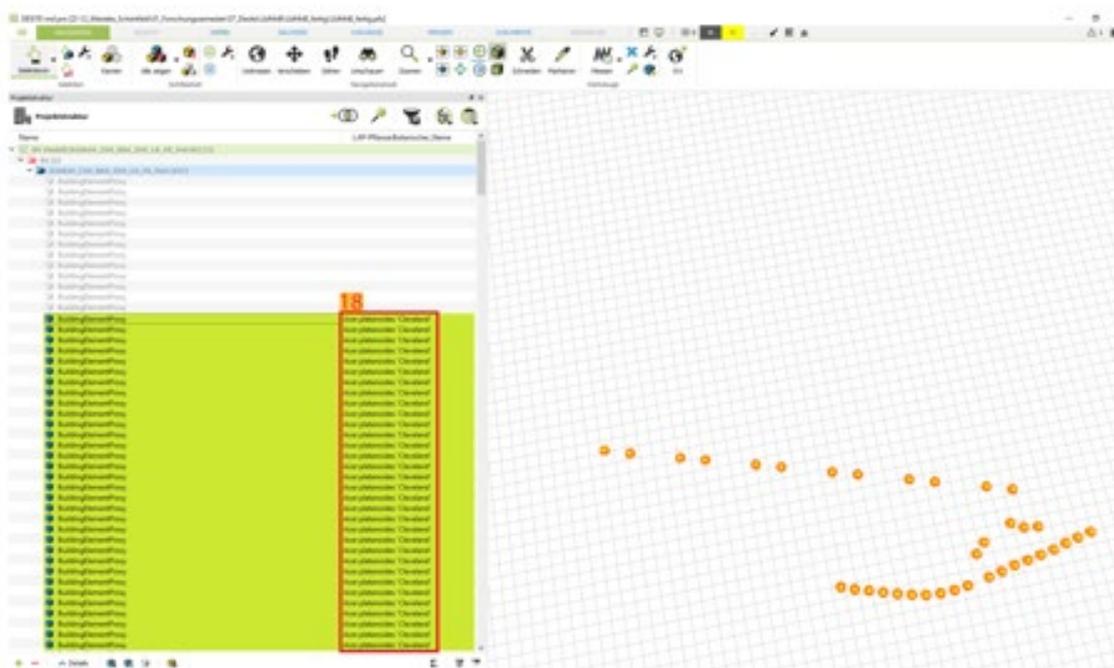


Abb. 21: Gruppenweise Zuweisung der Attribute in der BIM-Management Software DESITE md pro

5.3 Überführung in IFC

Für die Verwendung im Koordinationsmodell werden die Fachmodelle in das IFC-Format überführt. Das Export-Tool von Civil 3D bietet die IFC-Versionen IFC 2x3 sowie IFC 4 an. Verwendet wird hier die aktuelle Version IFC 4. Mit Civil 3D kann außerdem die Schemaversion IFC 4x1 erzeugt werden. Dies entspricht keiner offiziellen IFC Version, ermöglicht aber den Export von Civil 3D-Achsen und die zugehörigen Geländelängsschnittdaten.

Eine Überprüfung der Geometrien und Sachdaten der IFC-Datei findet sowohl im IFC-Viewer (FZKViewer x63 V 6.1) als auch in der BIM-Managementsoftware DESITE md pro statt.

Die angelegten Geometrien werden inklusive der zugehörigen Sachdaten vollständig übertragen.

Die beim Export erzeugte IFC-Datenstruktur wird zunächst für Einzelobjekte überprüft. Hierzu werden die erzeugten IFC-Exportdateien im IFC-Viewer sowie in der BIM-Management Software importiert und untersucht. Die Abb. 22 und Abb. 23. zeigen den IFC-Export aus Civil 3D exemplarisch für das Baum-Objekt.

Die beim Export angegebene Projektnummer ist relevant für die Entity *IfcProject*. Der Dateiname definiert den Namen von *IfcBuilding*. Alle generisch erzeugten Volumenkörper (Solid 3D) werden als *IfcBuildingElementProxy* exportiert. Die angelegten Räume werden in *IfcSpace* überführt.

Die in Civil 3D angelegten spezifischen Merkmale werden als *PropertySets from entity* übertragen. Neben der Einschränkung der zu übertragenden Objekte ermöglicht Civil 3D auch die Anlage der in der IFC-Datenstruktur vorgesehenen Standard-Eigenschaftensätze für *IfcBuilding*. Diese sind vorrangig für den Hochbau konzipiert. Hier ist zu beachten, dass keine für den Infrastrukturbau sinnlose Daten in den weiteren Prozess übergeben werden.

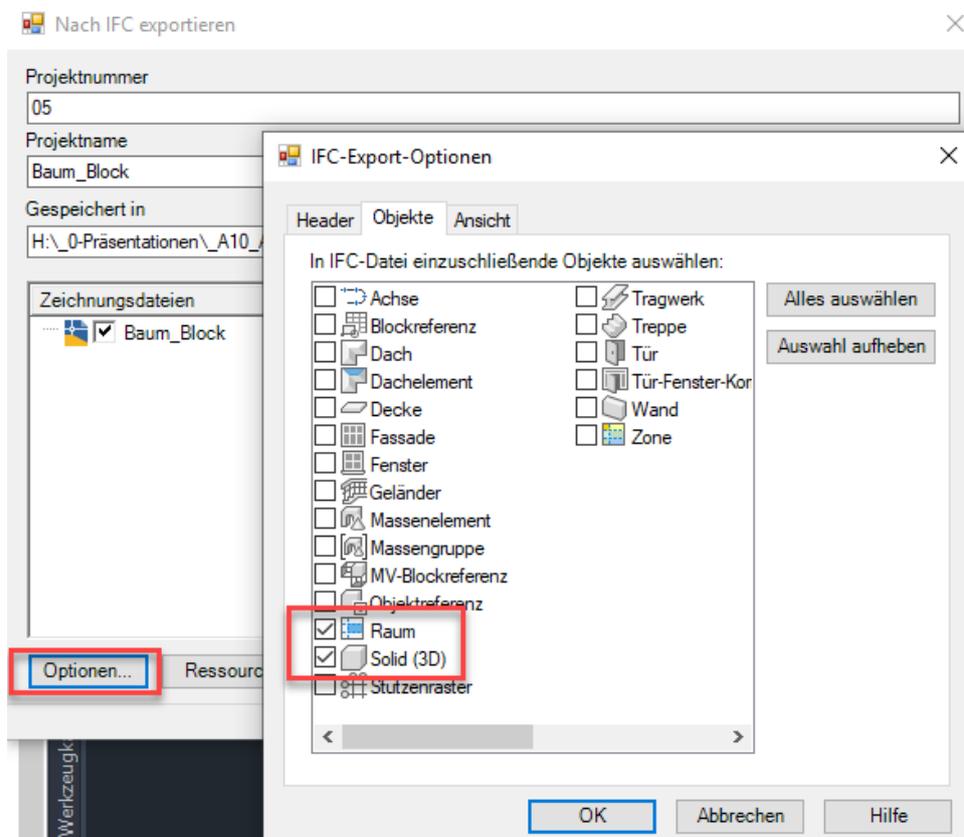


Abb. 22: IFC-Export in Civil 3D - Auswahl der zu exportierenden Objekte

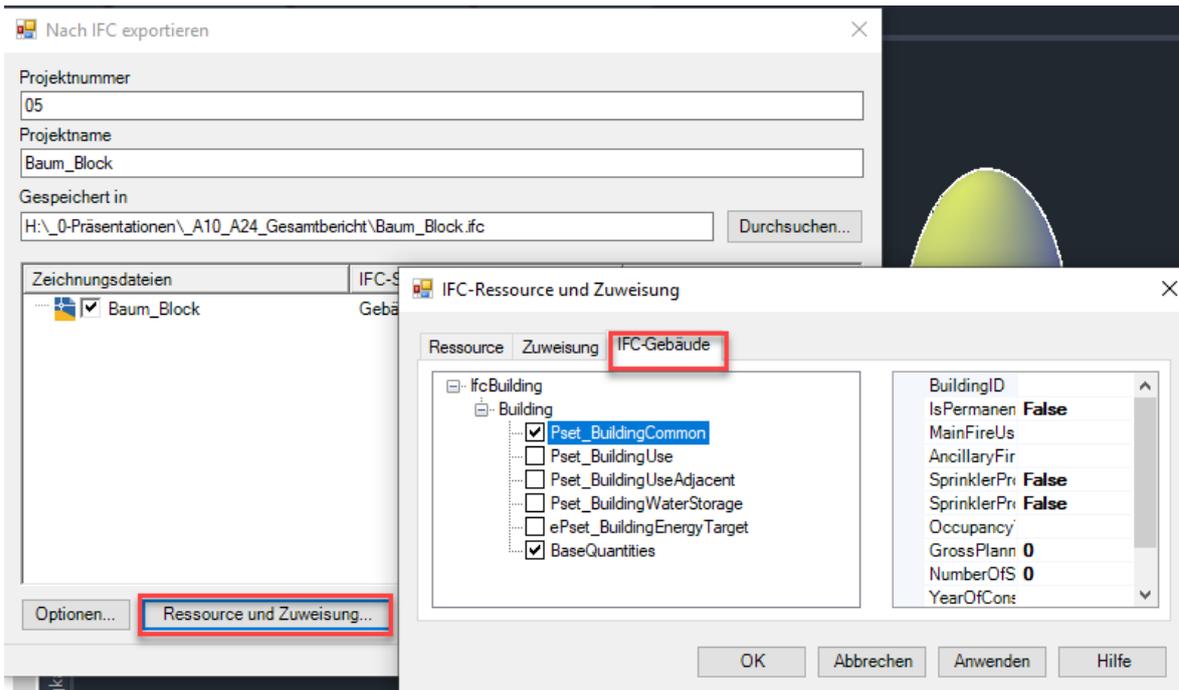


Abb. 23: IFC-Export in Civil 3D - Auswahl Eigenschaftensätze *IfcBuilding*

Die Layer-Zugehörigkeit der Objekte wird in die Objekt-Eigenschaft *Layer Name* übernommen und steht so als automatisch angelegtes Klassifizierungsmerkmal für weitere Sortierungen und Objektauswertungen zur Verfügung. Nur beim Raum-Objekt geht die Layer-information verloren und muss in der BIM-Managementsoftware neu angelegt werden.

Die Struktur des Gesamtmodells zeigt Abb. 24 im IFC-Viewer. Sämtliche Objekte liegen als *IfcBuildingElementProxy* vor, mit Ausnahme der Pflegeräume (Objektkasse *IfcSpace*). Zwar werden die Eigenschaften im *PropertySet from Entity* aufgelistet. Eine Auswertung ist auf dieser Basis jedoch nicht möglich. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit der weiteren Aufbereitung mit einer BIM-Management-Software.

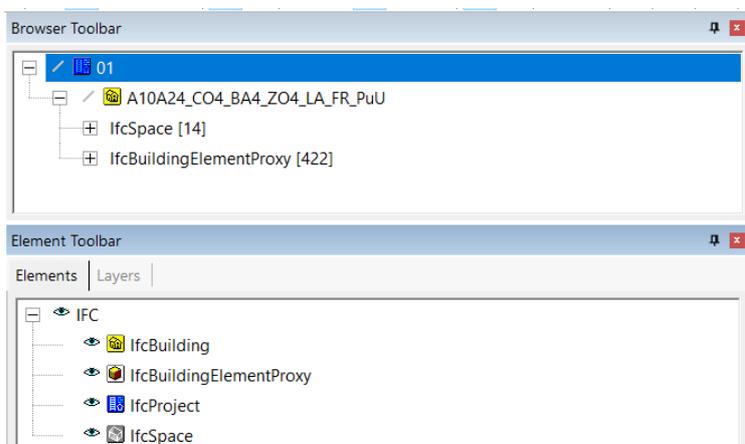


Abb. 24: Struktur des *Fachmodells Landschaft_Freianlage* im IFC-Viewer

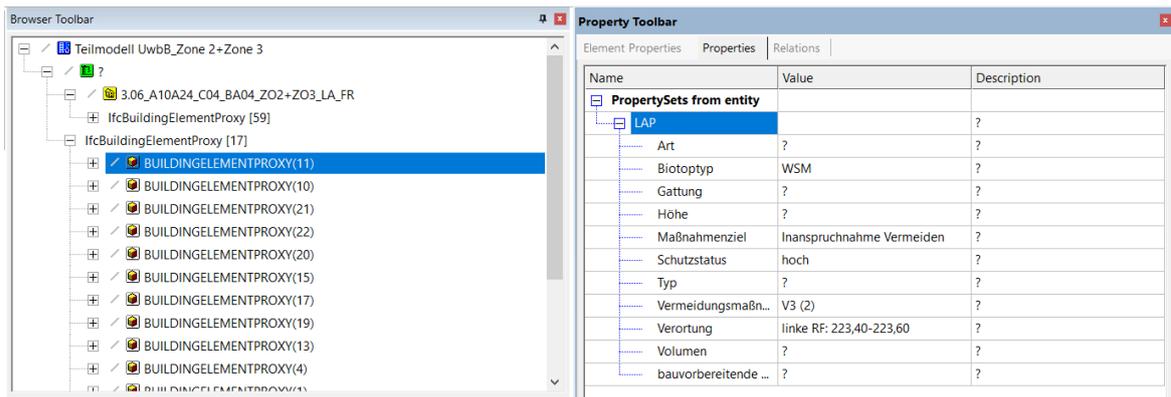


Abb. 25: Objekteigenschaften als *PropertySets form Entity* im FZKViewer

6 GENERIERUNG DER TEIL-FACHMODELLE

6.1 Allgemeines Vorgehen

Die Positionen der Landschaftsobjekte werden aus den 2D-Lageplänen übernommen. Diese werden hierzu georeferenziert als externe Referenzen eingebunden. Das Gelände des Bearbeitungsgebietes liegt abschnittsweise unterteilt in separaten Dateien vor (s. Abb. 11). Diese Abschnitte müssen in ein gemeinsames Geländemodell zusammengeführt werden. Nur so lassen sich Objekte für Schutzgebiete und Vegetationsflächen, die im Grenzbereich der DGM-Abschnitte liegen, ableiten. Abb. 26 zeigt dies beispielhaft für Teilmodell LAP 2, das Bereiche aus den DGM-Zonen 3 und 4 umfasst.

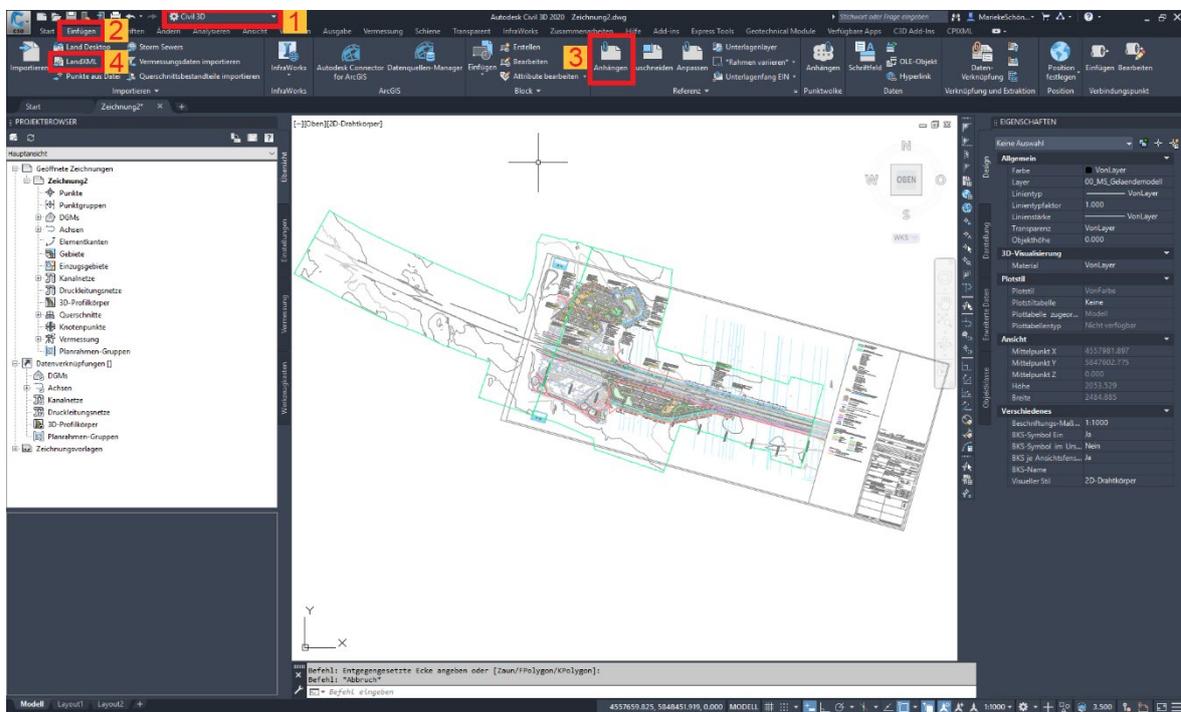


Abb. 26: Referenzierter Lageplan und Zusammenführung der DGM-Zonen für LAP 2

Die Modellierung der für die Teilmodelle erforderlichen Landschaftsobjekte erfolgt layerweise nach den in Kap. 5.3 beschriebenen Verfahren.

Tab. 12 demonstriert dies exemplarisch für LAP 1. Die PropertySets sind vollständig in Anhang 1 dokumentiert.

Abschließend lassen sich die Teilmodelle als separate IFC-Dateien exportieren. Sie stehen somit für weitere Auswertungen in der BIM-Managementsoftware zur Verfügung.

6.2 Teil-Fachmodell LAP 1 (vor und während der Bauphase)

Das Teil-Fachmodell LAP 1 wird in Zone 2 und Zone 3 erstellt und umfasst neben Schutzgebieten, Schutzeinrichtungen (Typausprägungen Biotopschutzzaun und Amphibienschutzzaun) und Pflanzen (Typ Baum) auch Lager-, Arbeits- und Einschlagsplätze sowie die 3D-Objekte der Mieten zur Zwischenlagerung des Oberbodens.

Nach § 32 BNatSchG klassifizierte 'Schutzgebiete' sind während des Ausbaus der Autobahn zu schützen (s. LANDESAMT FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2011). Die Darstellung der angrenzenden Schutzgebiete im BIM-Modell ist somit eine wichtige Grundlage für die Bauablaufplanung und dient einem verbesserten Schutz dieser Gebiete während der Bauphase. Eine Darstellung der Schutzgebiete als Volumenkörper bringt im vorliegenden Anwendungsfall keinen Mehrwert, sodass die Modellierung als 3D-Flächen erfolgt.

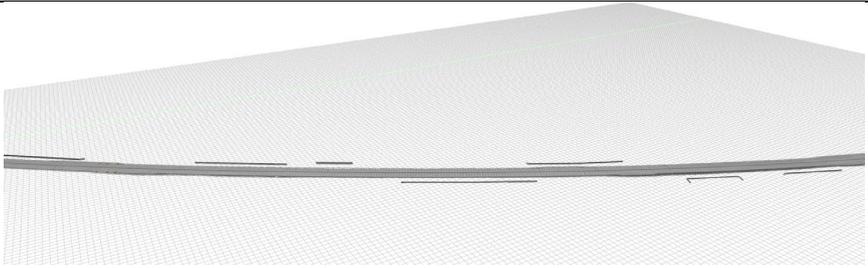
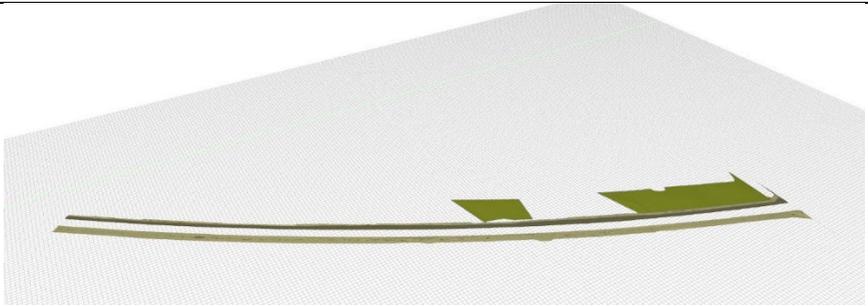
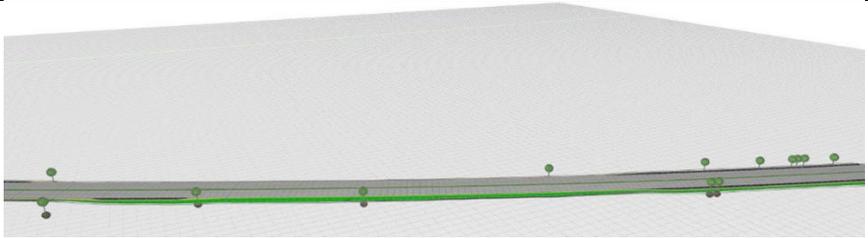
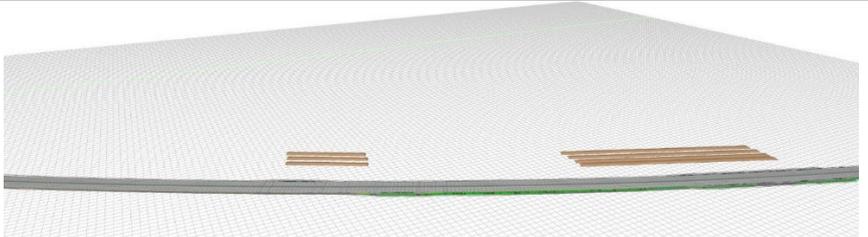
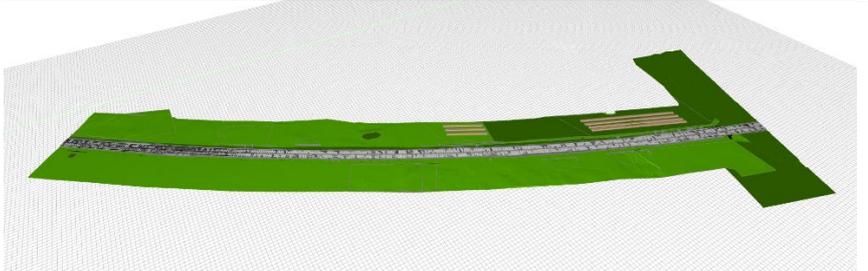
Laut Vorgaben aus dem LBP sind die Schutzgebiete während der Baumaßnahmen durch *Biotopschutzzäune* sowie in Zone 3 zwischen dem Abschnitt 224+500 und 225+600 an der rechten Fahrbahnseite von Hamburg nach Berlin durch einen *Amphibienschutzzaun* abzugrenzen (s. DEGES 2018, S. 5). Daher werden für alle Schutzgebiete in den Zonen 2 und 3 Schutzzäune modelliert (s. Kap. 5.1.3).

Für vorhandene Bestands-Bäume entlang des Autobahnverlaufs werden Baumsymbole an den jeweiligen Standorten platziert. *Bäume*, die aufgrund des Autobahnausbaus gefällt und gerodet werden, erhalten einen entsprechenden Eintrag im Merkmal 'Status' des PropertySets Pflanze_Stammdaten (Tab. 13)

Auf Basis des LBPs werden geeignete Flächen für die Bodenzwischenlagerung identifiziert. Da bei Arbeits- oder Lagerflächen auch Informationen zum Bodenschutz/Bodenabtrag notwendig sind, werden diese als Volumenkörper modelliert. Hierdurch lässt sich das Volumen des zu schützenden Oberbodens einfach ableiten und geeignete Lagerflächen können bestimmt werden.

Zur Sicherung des Oberbodens wird dieser auf den zuvor identifizierten geeigneten Bereichen als *Oberbodenmieten* zwischengelagert. Auch diese werden als 3D-Volumenkörper modelliert.

Tab. 12: Struktur des Teilmodells LAP 1

<p>Schutzgebiet /-objekt (Typausprägung geschuetztes Biotop)</p>	
<p>Schutzeinrichtung (Typausprägung Amphibienschutzzaun)</p>	
<p>Baustelleneinrichtung (Typausprägung Lagerflaechen)</p>	
<p>Pflanze (Typausprägung Baum)</p>	
<p>Miete (Typausprägung Oberbodenmiete)</p>	
<p>Gesamt-Teilmodell LAP 1</p>	

6.3 Teil-Fachmodell LAP 2 - Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes

Das Teil-Fachmodell LAP 2 wird in Zone 3 und Zone 4 erstellt und umfasst neben Baumobjekten (Bestand/Erhaltung und Neupflanzung), Vegetationsflächen in unterschiedlichen Typausprägungen (Gehoezbiotop, Ansaatflaeche und Ruderalflaeche), diverse Schutzzeinrichtungen (Typausprägungen Verbisschutzzaun, Drahtrose, Baumschutzbügel, Findling) sowie die Objektklasse Quartier_Fauna (Typausprägung Greifvogelstange).

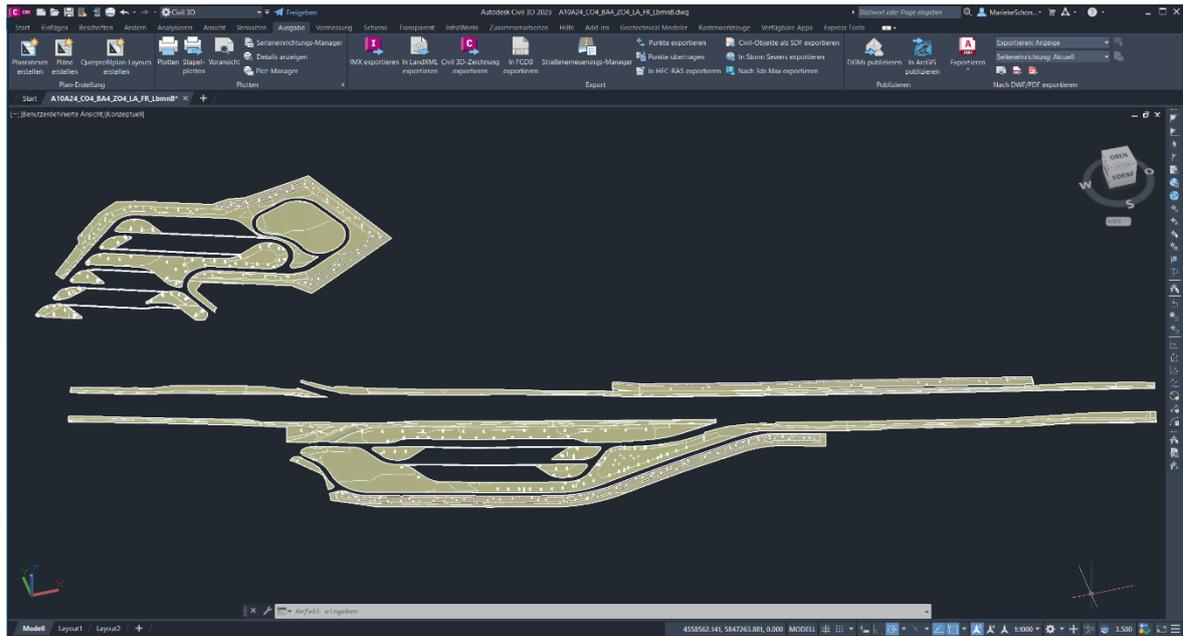


Abb. 27: Teil-Fachmodelle LAP 2 - Landschaftsbaumaßnahmen nach Fertigstellung des Bauprojektes

Charakteristisch ist für das LAP 2, dass die PropertySets der Objekte die für die Ausführung der Landschaftsbaumaßnahmen erforderlichen Informationen enthalten müssen. Dies führt zum Beispiel zu einer Erweiterung der PropertySets für neu zu pflanzende Bäume um Merkmale, die die erforderlichen Angaben zur Pflanzung umfassen (siehe

Tab. 13, PSet Pflanze_Ausfuehrung). Die erforderlichen Eigenschaften für die Ausführung können sich je nach Typausprägung und Status unterscheiden, sodass jeweils passende Psets formuliert werden müssen.

Die meisten der Eigenschaften sind nur für die Phase der Ausführung relevant. Diejenigen Eigenschaften, die neben den Stammdaten in der Pflege-Phase weiter gebraucht und übergeben werden, sind in im Pset LAP_Pflege_Pflanze zusammengefasst.

Tab. 13: Eigenschaftensatz für Baum-Neupflanzungen (Erweiterung farbig gekennzeichnet)

PSet Pflanze_Stammdaten			
Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
Typausprägung	Baum, Strauch, Staude, Wasserpflanze, Unterwasserpflanze	string	x
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Erziehungsform	Hochstamm, Halbstamm, Heister	string	x
Botanischer_Name	Quercus robur 'Timuki'	string	x
Deutscher_Name	Stieleiche 'Timuki'	string	x
Status	Erhaltung, Rodung, Faellung, Neupflanzung	string	x
Höhe	5, 25,5	real	m
PSet Pflanze_Ausfuehrung (bei Neupflanzung)			
Qualitaet	C 3 60-100, Hei. V 125-150 etc.	string	x
Pflanzvorbereitung	Pflanzstelle mit Pfahl markieren, Flaechen maehen, Abfall und Steine beseitigen, artspez. Pflanzschnitt, Entfernen von geschaedigten/gebrochenen Aesten	string	x
Pflanzzeit	Herbst, Frühjahr	string	x
Pflanzlochgroesse	mind. 1,0 x 1,0 x 1,0 m, bzw. das 1,5 fache des Ballendurchmessers	string	x
Pflanzloch_Vorbereitung	50 l guetegesicherter Fertigkompost, 2 kg / Gehoelz Wasserspeichergranulat; Wühlmausschutz aus Maschendrahtgeflecht	string	x
Baumscheibe	Rindenmulch, Körnung grob 10-80 mm	string	x
Stammschutz	Stammschutzfarbe Arboflex oder gleichwertig	string	x
Startduengung	100 g Langzeitduenger (Mineralduenger)	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
Anzahl	25, 30, 60	integer	St.
PSet LAP_Pflanze_Pflege (bei Neupflanzung)			
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Anzahl	25, 30, 60	integer	St.

6.4 Teil-Fachmodell L-Betreiben - Pflege und Kontrolle

Das Teil-Fachmodell *L-Betreiben* wird in Zone 3 und Zone 4 erstellt. Die Modellierung des Teilmodells *L-Betreiben* erfolgt auf Grundlage einer Kopie des Teilmodells *LAP 2*. Die enthaltenen Objekte sind laut der vorgenommenen Objektanalyse deckungsgleich. Neu modelliert und ausgetauscht werden jedoch alle Objekte des Modellelements *Pflanze* (Bäume als Hochstämme und Heister). Diese werden in ihrem ausgewachsenen Stadium modelliert, sodass geometrische Parameter wie Höhe, Stammumfang und Kronengröße direkt aus dem Modell abgeleitet werden können. Eine alternative Möglichkeit wäre, ein einziges Objekt für alle vorkommenden Hochstämme und Heister zu konstruieren. In diesem Fall könnten die genannten Parameter im entsprechenden PSet angegeben werden. Eine automatische Übernahme von geometrischen Daten wäre dann allerdings nicht möglich.

Hier stellt sich die Frage, ob dieser Arbeitsschritt notwendig ist. Der ursprüngliche Gedanke der doppelten Modellierung besteht darin, das Wachstum der Gehölze deutlich zu machen, die geometrischen Eigenschaften wie Höhe und Breite zu beiden Zeitpunkten möglichst real abzubilden und aus dem Modell ablesen zu können. Gegen die doppelte Modellierung sprechen neben dem zeitlichen Aufwand die konventionellen Pläne der LAP. Auch hier werden die Gehölze bereits im ausgewachsenen Zustand dargestellt und die Größe ausschließlich über die Angabe der Pflanzqualität angegeben. So kann gleichzeitig kontrolliert werden, ob die räumliche Anordnung und Abstände sinnvoll sind und eingehalten werden können. Ebenfalls zu hinterfragen ist die unterschiedliche Darstellung der Sorten der ausgewachsenen Gehölze. Auch hier müssen Aufwand und Nutzen gegeneinander abgewogen werden. Der zunächst hoch erscheinende zusätzliche Aufwand relativiert sich jedoch, beim Aufbau von Objektbibliotheken und Wiederverwendung der Modelle in weiteren Projekten.

Der entscheidende Unterschied zwischen den Teilmodellen *LAP 2* und *L-Betreiben* liegt in den verknüpften Sachdaten. Für die Pflege und Kontrolle sind zum Teil andere Informationen relevant als in der Ausführungsplanung. So sind beispielsweise Angaben zur Pflanzung wie die Pflanzqualität, Pflanzlochgröße, Startdüngung oder Anmerkungen zur Ausführung Informationen, die in diesem Teilmodell nicht mehr gebraucht werden. Umgekehrt waren vorher Angaben zur Pflege nicht relevant. Allgemeine Eigenschaften wie die Typausprägung oder der botanische und deutsche Name werden übernommen (siehe Tab. 13 PSets *Pflanze_Stammdaten*, *LAP-Pflanze_Pflege*). Zusätzlich werden für das Teilmodell *L-Betreiben* neue PropertySets angelegt. Hierfür werden die verbindlichen Regelwerke für die Pflege analysiert und notwendige Inhalte abgeleitet. Als maßgebliche Grundlage für die

PropertySets der Pflege und Kontrolle werden zudem die Inhalte des 'Anwenderhandbuchs, Kompensationsmaßnahmen-Informationssystem der Straßenbauverwaltung des Freistaates Sachsen KISS - 3 & Kompensationsflächenkatasters der Umweltverwaltung Sachsen KoKa-Nat - 3' aus dem Jahr 2022 genutzt (LIST 2019). Hier wird deutlich, wie die Struktur einer Datenbanklösung für die Verwaltung von landschaftspflegerischen Maßnahmen aussehen kann.

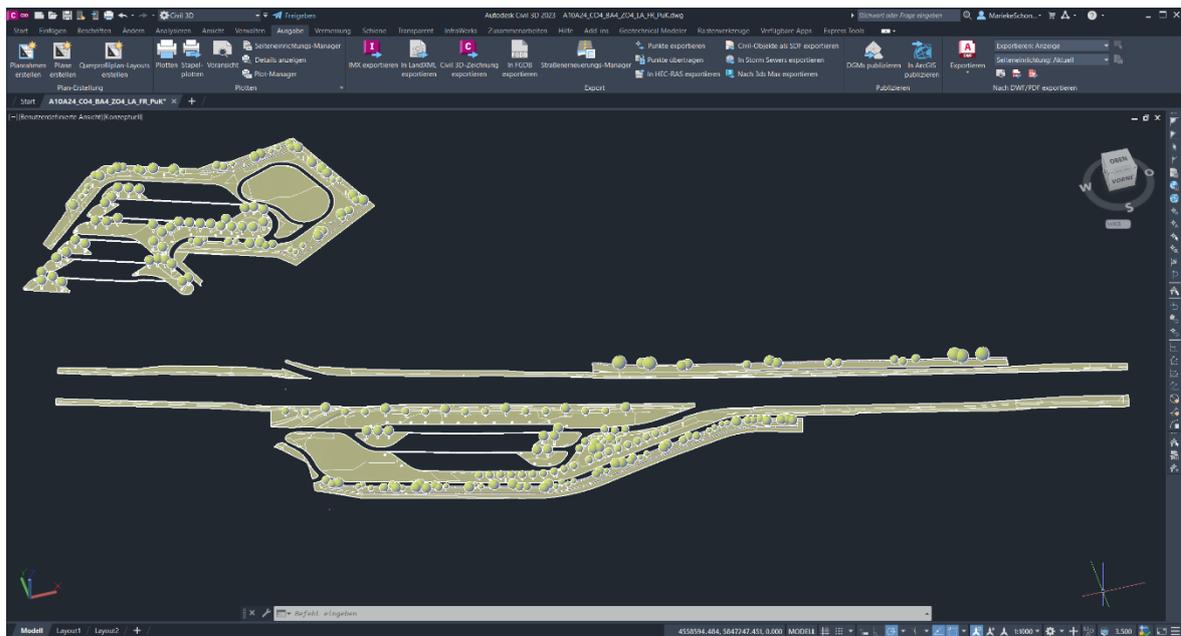


Abb. 28: Teil-Fachmodell Betreiben - Pflege und Kontrolle

Pflegeräume

Für eine Vereinfachung der Struktur werden in Autodesk Civil 3D sogenannte Pflegeräume erstellt. Ein Pflegeraum fasst räumlich zusammenhängende Modellelemente zusammen. Zur Modellierung der Pflegeräume werden aneinandergrenzende Vegetationsflächen zu einem Pflegeraum zusammengefasst und diese zu Volumenkörpern extrudiert (siehe Kap. 5.1.4 und Anhang 1). Die Pflegeräume werden als *IfcSpace* (Raum) angelegt. Nach buildingSMART ist *IfcSpace* als begrenzte Fläche oder Volumen mit einer bestimmten Funktion innerhalb eines Gebäudes definiert (s. BUILDINGSMART 2021b). Diese Definition lässt sich auf den Freiraum übertragen. Es wird zwischen vier verschiedenen Pflegeraumtypen unterschieden. Tab. 14 zeigt auf, welche Modellelemente jeweils vorkommen.

Tab. 14: Gliederung der Pflgeräume

Gliederung Pflgeräume	
Pflgeraum	Modellelemente
Pflgeraum Typ 1	Ansaatflaeche Hochstamm
Pflgeraum Typ 2	Gehoelzflaeche Hochstamm
Pflgeraum Typ 3	Ruderalflaeche
Pflgeraum Typ 4	Ansaatflaeche

Die PropertySets der *Fertigstellungspflege* werden in modellelementspezifischen Ausprägungen jeweils einmalig an den Pflgeraum angehängt. So kann vermieden werden, die PropertySets der Pflege mit jedem einzelnen Modellelement verknüpfen zu müssen.

Abb. 29 zeigt beispielhaft die Pflgeräume Typ1, welche Ansaatflächen und Hochstämme umfassen. Der Pflgeraumtyp 1 erhält das PropertySet *Fertigstellungspflege_Ansaatfläche* und das PropertySet *Fertigstellungspflege_Hochstamm* für alle im Pflgeraum vorkommenden Modellelemente, im Pflgeraum 1 beispielsweise für alle Ansaatflächen und Hochstämme.

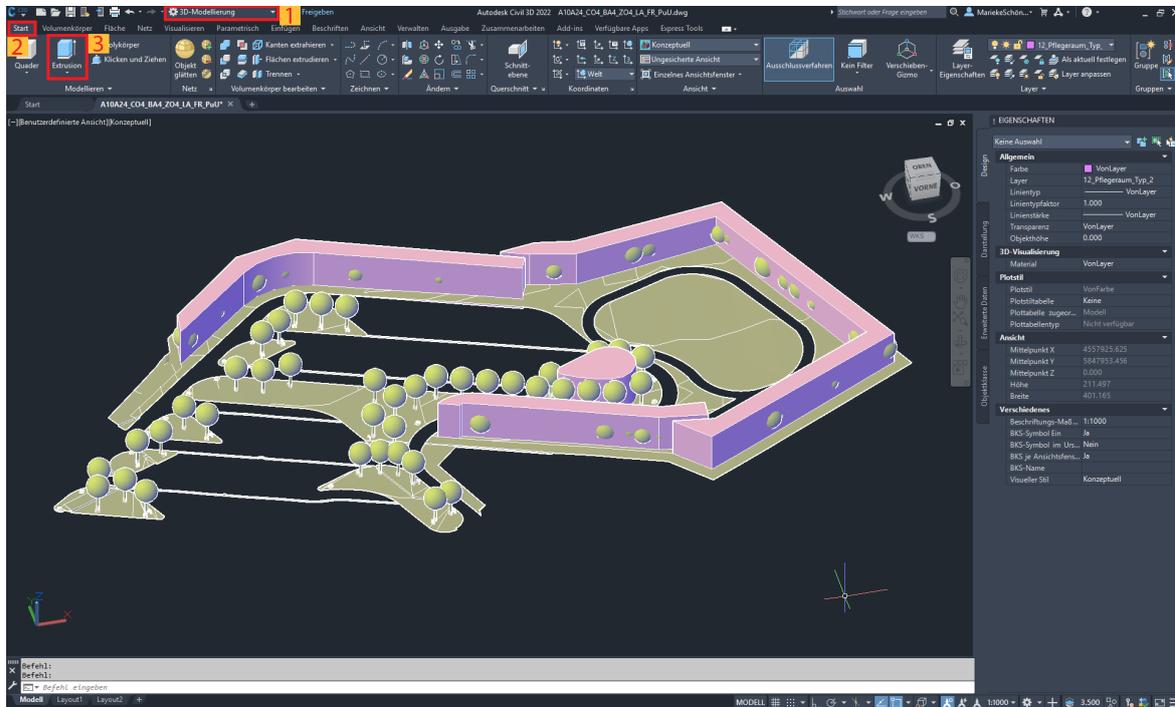


Abb. 29: Auswahl der Pflgeräume Typ 1

PropertySets Pflege und Kontrolle

Grundlage der PropertySets des Teilmodells *L-Betreiben* bieten die in Kapitel 2.1.4 Tab. 1 aufgeführten Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen zur Thematik der Pflege und Unterhaltung. Wie in Kapitel 2.1.2 erläutert, wird die Pflege von landschaftspflegerischen Maßnahmen in die Bereiche Fertigstellungspflege, Entwicklungspflege und Unterhaltungspflege aufgeteilt. Da die entsprechenden Pflegemaßnahmen außerdem von unterschiedlichen Unterhaltungsträgern durchgeführt werden, wird in dem Teilmodell in Form von PropertySets zwischen diesen unterschieden. Die Pflegemaßnahmen werden innerhalb der PropertySets gemäß den 'Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau' nach Art, Umfang, Anzahl (Häufigkeit) und Zeitpunkt aufgeschlüsselt. Weiterhin Einfluss nehmen außerdem die Themenblöcke *Herstellung*, *Unterhaltungspflege* und *Funktions- und Pflegekontrolle* der LIST-Datenbank (LIST 2019, S. 104 ff.).

Die Pflegebeschreibung basiert auf Grundlage der vorliegenden Maßnahmenblätter der LBP und der „Arbeitsgrundlage für die Erstellung der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung“ der DEGES (DEGES 2016). Hier wird zusätzlich auf die Vorgaben, Beachtung und Einhaltung der ZTV La-StB 05, der DIN 18916, DIN 18917 und DIN 18919 verwiesen.

Die Psets *Fertigstellungspflege*, *Entwicklungspflege* und *Unterhaltungspflege* werden in einer gemeinsamen Tabelle aufgeführt (s. Tab. 15). Das Property *Umfang_Jahre* gilt nur für die Entwicklungs- und Unterhaltungspflege, da die Fertigstellungspflege einmalig direkt an die Ausführung anschließt. Das Property *Abnahme_erfolgt* bezieht sich nicht auf das Pset *Unterhaltungspflege*, da hier keine Abnahme stattfindet. Hier kommt stattdessen das Pset *Pflege_beendet* zur Anwendung, falls eine Pflege zeitlich begrenzt, also nicht dauerhaft ist. Das PropertySet *Pflege- und Funktionskontrolle* wird im Teilmodell *L-Betreiben* nicht praktisch umgesetzt, da für diese Arbeit keine entsprechenden Daten vorliegen.

Die für das dritte Teilmodell entwickelten die sogenannten Pflegeräume erscheinen für die Umsetzung des Arbeitsablaufs in der Praxis sehr sinnvoll. Durch die Zusammenfassung gleicher räumlicher Pflegeraumtypen muss somit nicht jedes einzelne Element gesichtet und ausgewertet werden, um zu sehen, welche Pflege hierfür vorgesehen ist. Es kann ein schneller Überblick gewonnen werden.

Tab. 15: PropertySets für die Pflegeräume

PSet LAP-Pflegeraum			
Property	Datentyp	Mögliche Werte	Einheit
Typausprägung	Pflegeraum,....	string	x
Pflegeraum-Typen-Nummer	int	1, 2, 3, 4,	x
Verortung			
Pflegeobjekte_Vegetation	string	Rasenflaechen; Solitaerbaeume; Hecken	x

PSet Fertigstellungspflege, Entwicklungspflege & Unterhaltungspflege			
Property	Datentyp	Mögliche Werte	Einheit
(E-Pflege & U-Pflege) Umfang_Jahre	int	1	x
Anzahl_Haeufigkeit	int	3	x
Pflegegang_1_bis ... Pflegegang_n_bis	date	30.09.2021	x
Pflegebeschreibung_Jahr-1 ... Pflegebeschreibung_Jahr-n	string	Pflanzscheiben jaeten; Zwischenflaechen maehen; trockene, beschaedigte Pflanzenteile abschneiden und entfernen;	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	string	DIN 18916 ZTV La-StB 18	x
(F-Pflege & E-Pflege) Abnahme_erfolgt	boolean	true / false	x
(U-Pflege) Pflege_beendet	boolean	true / false	x

PSet Pflege- und Funktionskontrolle			
Property	Datentyp	Mögliche Werte	Einheit
Kontrolle im Rahmen	string	Kontrollzusammenhang	x
Durchzufuehren_ab	date	01.04.2021	x
Durchgefuehrt_am	date	31.05.2021	x
Durchgefuehrt_am	date	28.05.2021	x
Kontrollierender	string	Max Mustermann	x
Beurteilung_Funktionskontrolle	boolean	true / false	x
Beurteilung_Pflegekontrolle	boolean	true / false	x
Handlungsempfehlung	string	Reparatur; Gehoelzpflege; Zusaetzlicher Pflegegang, ...	

7 INTEGRATION IN DAS KOORDINATIONSMODELL

7.1 Aufbau Koordinationsmodell

Der Aufbau der Koordinationsmodelle erfolgt in der BIM-Managementsoftware DESITE md pro in den folgenden 4 Schritten.

Schritt 1: Aufbau der Struktur des Fachmodells in Teilmodelle, Gruppen und Klassen

Die Struktur des Fachmodells Landschaft Freianlage (s. Abb. 14) wird in die Projektgliederung von DESITE md pro überführt. Abb. 30 zeigt dies exemplarisch für das Teilmodell LAP 1.

Schritt 2: Verknüpfung der Modellelemente mit der zugehörigen Klasse

Dieser Arbeitsschritt ist wichtig, damit die Ordnung und Koordination aller Fachmodelle im BIM-Modell A10/A24 gewährleistet werden kann. Das Ergebnis zeigt Abb. 30. Die Anzahl der den Klassen zugeordneten Objekte wird jeweils in Klammern angezeigt.



Abb. 30: Projektstruktur *Fachmodell Landschaft_Freianlage* in DESITE md pro

Schritt 3: Zuordnung der modellübergeordneten Attribute zu allen Modellelementen

Anschließend werden alle Modellelemente mit den modellübergeordneten Attributen (Location Codes, Bauteil Codes, Identifikation, Statusinformationen gemäß AIA, Koordinatensysteme) verknüpft (s. Abb. 31). Abb. 32 zeigt exemplarisch am Beispiel des Baumes die Zuordnung modellübergeordneter sowie klassenspezifischer Attribute.

Schritt 4: Import der Fachmodelle anderer Gewerke

Abschließend findet das Zusammenführen der Teil-Fachmodelle mit den vorliegenden IFC-Modellen anderer Fachgebiete statt. Als Grundlagen werden hierfür die DESITE md pro Projekte der Teilmodelle genutzt. Die als IFC-Dateien vorliegenden Fachmodelle *Begleitende Straßen*, *Entwässerung* und *Strecke* werden jeweils importiert. Abb. 33 bis Abb. 35 zeigen die Ergebnisse aus der Zusammenführung.

Projektstruktur		LOC:01_BAB	LOC:02_Bauabschnitt	LOC:03_Zonierung	LOC:04_Richtungsf	LC	BTC:01_Fachmodell
BTC Modell [Export_A10A24_C04_BA04_702+70...							
LAP_Model [A10A24_C04_BA04_702+703_1...							
LAP_LA_FR (1)							
UWBB_Umweltbelange (4)							
SILP_Strukturelement LAP (3)							
Schutzgebiet (9)							
BUILDINGELEMENTPROXY(1)	A24-	A4	Z02	#		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(3)		A4	Z02	B		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(4)		A4	Z03	HH		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(10)		A4	Z02	HH		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(11)		A4	Z02	HH		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(12)		A4	Z02	B		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(13)		A4	Z03	B		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(14)		A4	Z03	B		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(20)		A4	Z03	B		LA_FR	
Lager_Arbeits_Linschlusspläne (8)							
BUILDINGELEMENTPROXY(15)		A4	Z03	HH		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(17)		A4	Z03	HH		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(21)		A4	Z02	#		LA_FR	
BUILDINGELEMENTPROXY(22)		A4	Z03	#		LA_FR	
BuildingElementProxy		A4	Z02	B		LA_FR	
BuildingElementProxy		A4	Z03	B		LA_FR	
BuildingElementProxy		A4	Z02	HH		LA_FR	
BuildingElementProxy		A4	Z03	HH		LA_FR	
Habitat (4)							
1_Fachmodell BTC:02_Teilmodell BTC:04_Bauteilgruppe BTC:05_Modellelem IND:Modeller IND:Erstellung KOR:Koordinaten KOR:Bezugssystem KOR:Hoech...							
UWBB	STFLP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STLLP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STLLP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STLLP	SG	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STFLP	LAEP	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STFLP	LAEP	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	LAEP	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	LAEP	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	LAEP	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STLLP	LAEP	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STLLP	LAEP	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	HB	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STFLP	HB	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STFLP	HB	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83
UWBB	STELP	HB	C004	28.01.2020	GK-54	42/83	42/83

Abb. 31: Projektstruktur mit verknüpften modellübergordneten Attributen

BTC		
19	: 01_Fachmodell	LA_FR xs:string
20	: 02_Teilmodell	UWBB xs:string
21	: 04_Bauteilgruppe	VEG xs:string
22	: 05_Modellelement	PFL xs:string
IND		
96	: Erstellungsdatum	28.01.2020 xs:string
97	: Modellersteller	C004 xs:string
KOR		
98	: Bezugssystem	42/83 xs:string
99	: Hoehensystem	42/83 xs:string
100	: Koordinatensystem	GK-54 xs:string
LAP_PFL		
101	: Art	xxx xs:string
102	: Gattung	xxx xs:string
103	: Höhe	xxx xs:string
104	: Maßnahme	Fällung xs:string
105	: Volumen	180,2702 xs:double
LOC		
106	: 02_Bauabschnitt	A4 xs:string
107	: 03_Zonierung	Z02 xs:string
108	: 04_Richtungsfahrbahn	HH xs:string

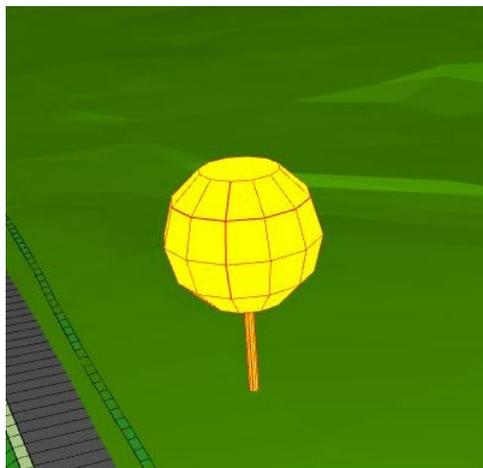


Abb. 32: Modellübergordnete und klassenspezifische Attribute am Beispiel des Baumes

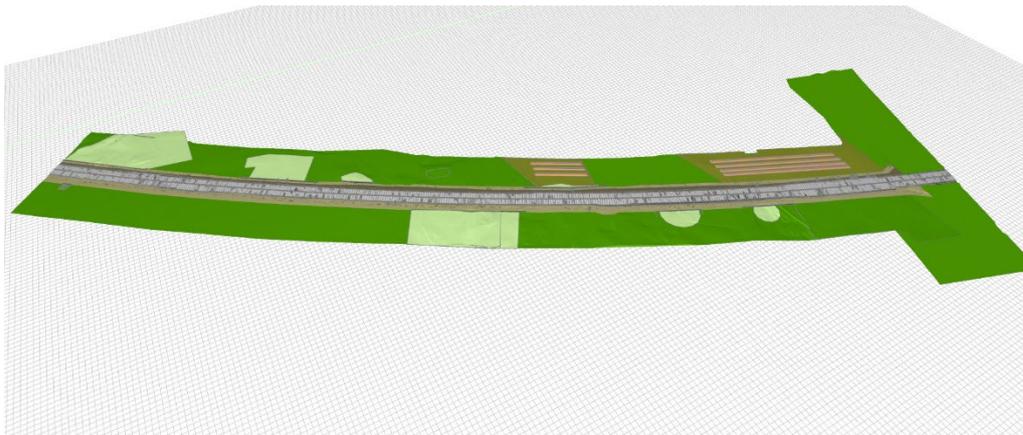


Abb. 33: Koordinationsmodell *LAP1*, Zone 2 und 3

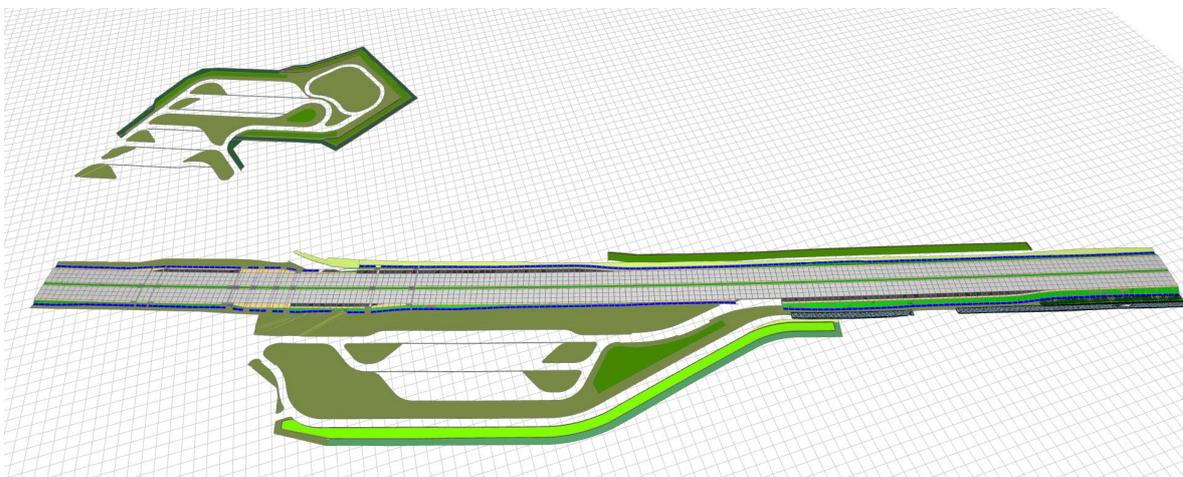


Abb. 34: Koordinationsmodell *LAP 2*, Zone 3 und 4

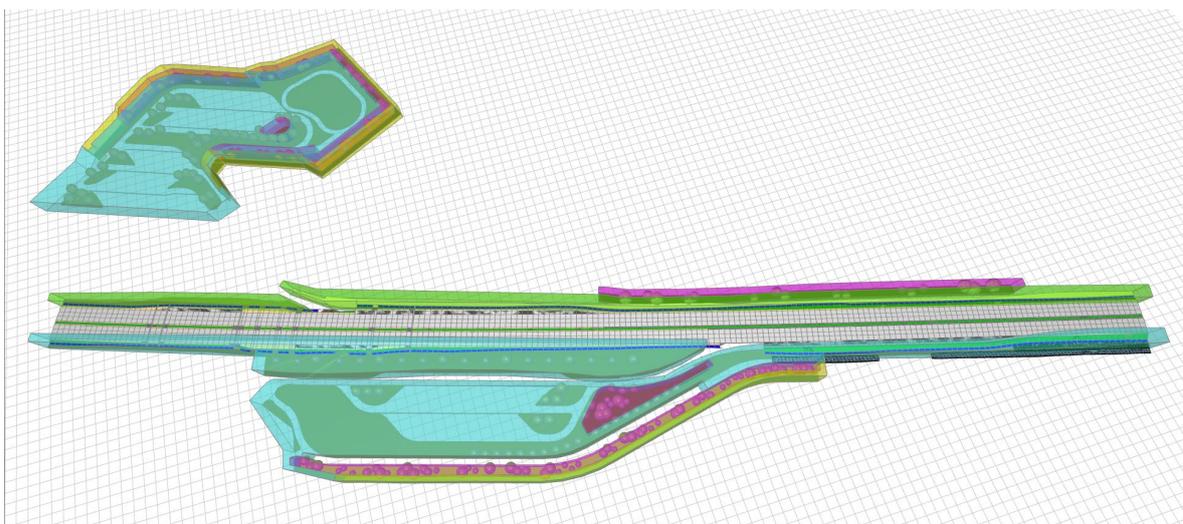


Abb. 35: Koordinationsmodell *L-Betreiben*

7.2 Interdisziplinäre Objektbeschreibung im DESITE md pro

Das folgende Beispiel veranschaulicht eine Möglichkeit der interdisziplinären Zusammenarbeit von Fachplanenden innerhalb des BIM-Modells des Projektes *Verfügbarkeitsmodell A10/A24*.

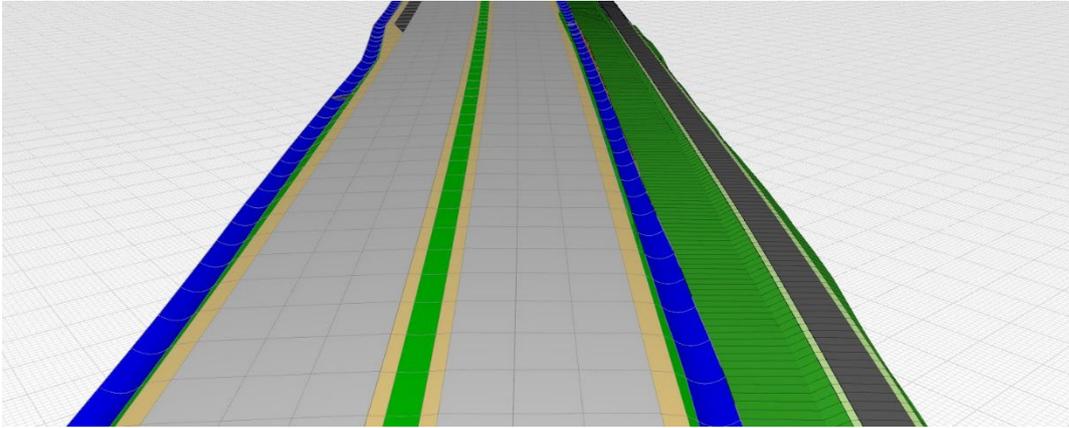


Abb. 36: Modell Straße (eigene Abbildung nach TSCHICKARDT et al. 2019)

Die Bodenmodellierung (s. Abb. 36, grün dargestellt) im Projekt *Verfügbarkeitsmodell A10/A24* ist dem Fachmodell *Baugrund* zugeordnet. Jedoch sind für die fachgerechte Bauausführung der angrenzenden Grünstreifen auch semantische Informationen der Landschafts- und Umweltplanung notwendig. In der folgenden Ausführung wird beschrieben, wie es gelingt, Objekte anderer Fachmodelle in DESITE md pro nachträglich mit Informationen der Landschafts- und Umweltplanung zu verknüpfen.

Wie in der Abb. 37 erkennbar wird, besteht in DESITE md pro die Möglichkeit, neue Objekteigenschaften zu erstellen. Für den Grünstreifen wurden beispielhaft die Objekteigenschaften *LAP: Oberflächenbehandlung*, *LAP: Saatgut-Typ* und *LAP: Aussaatmenge* erstellt.

Damit die neu definierten Objekteigenschaften nicht manuell jedem Objekt zugeteilt werden müssen, wurde in DESITE md pro ein Skript geschrieben. Die neu erstellten Eigenschaften werden in diesem Beispiel automatisiert jedem Objekt mit den modellübergeordneten Attributen: *BTC:05_Modellelement 'OBO'* (Oberboden) zugeordnet.

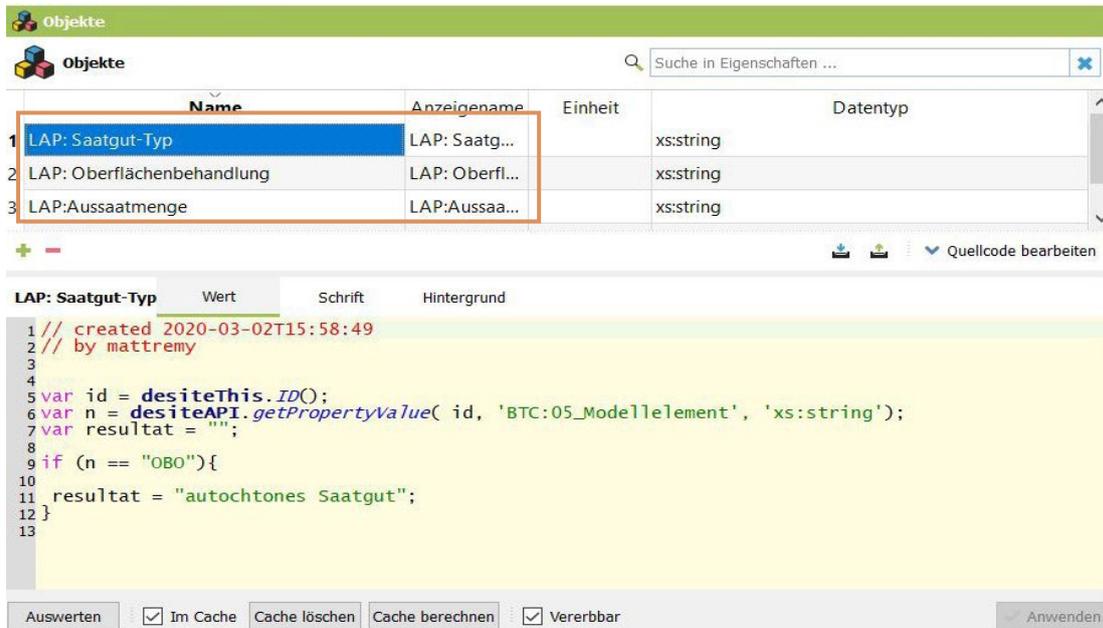


Abb. 37: Erstellung eines Skriptes in DESITE md pro

Abb. 38 zeigt, dass die erstellten Objekteigenschaften mit den Objekten des Fachmodells Baugrund verknüpft wurden.

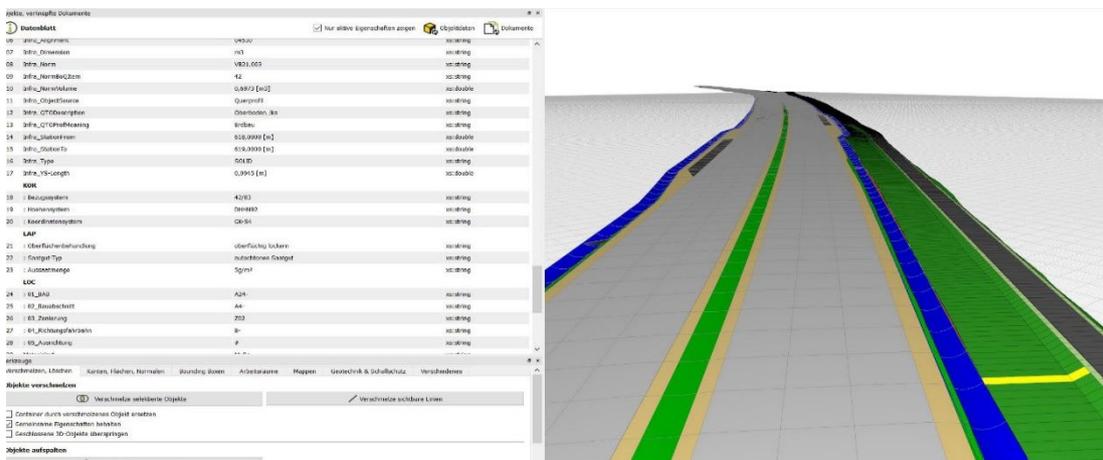


Abb. 38: Informationen LAP mit Objekt verknüpft

8 MODELLAUSWERTUNG

Nachdem die Teilmodelle aus dem Bereich Landschaft / Umwelt erfolgreich in das BIM-Koordinierungsmodell integriert wurden, können Sie hier für weitere Auswertungen genutzt werden.

8.1 Auswertung auf Basis von Farbschemata

Ziel ist es, eine komplexe Modellstruktur 'auf den ersten Blick' zu erfassbar zu machen. Eine grundlegende Auswertung besteht darin, Modellobjekte nach Typen oder nach bestimmten Eigenschaften thematisch einzufärben und damit die Struktur des Gesamtmodells zu verdeutlichen und 'erfahrbar' zu machen.

Beispielhaft demonstriert dies Abb. 39. Es erfolgte eine Einfärbung der Pflegeräum entsprechend der 4 definierten Pflegeraumtypen. DESITE md pro bietet hierzu die erforderlichen Tools zur Definition der gewünschten Farbschemata (auf der Basis von Materialdefinitionen) sowie der Selektion und Zuweisung zu den Objekten.

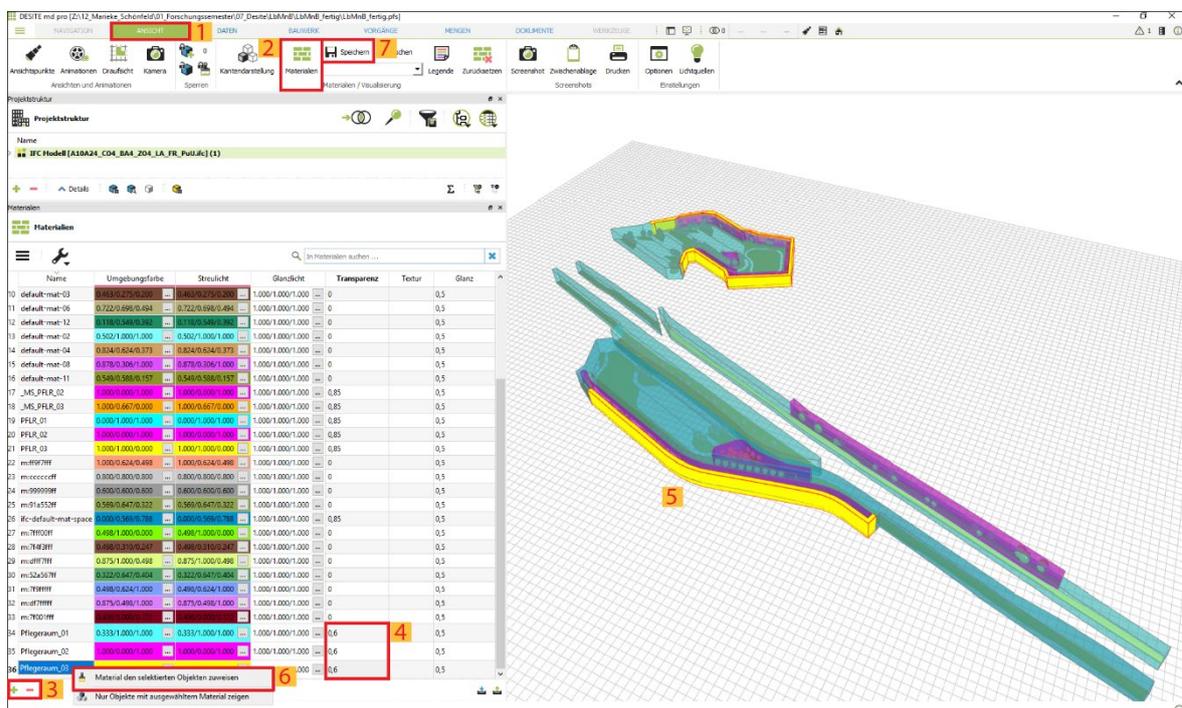


Abb. 39: Farbschema anlegen

Die Zuordnung über zuvor gebildete Auswahlmengen bietet eine gute Alternative zu selbst erstellten Skripten (vergl. Kap. 5.2, Kap. 8.2). Diese Methode funktioniert gut, solange es

sich bei der Zuordnung um nur eine Bedingung handelt. Vermutlich stößt man jedoch in komplexeren Projekten an Grenzen. Möchte man beispielsweise eine Eigenschaft an Objekte, für die mehrere Bedingungen gelten, zuordnen, kann das Erstellen eigener Skripte die Arbeit erleichtern.

8.2 4D-Bauablauf-Visualisierung

Die an die Baustelle angrenzende Landschaft ist geprägt von natürlichen, dynamischen Prozessen. Diese können auch auf den Bauablauf des Ausbaus der A10/A24 Einfluss haben. Exemplarisch werden zwei Fälle aus der Planfeststellung für den 6-streifigen Ausbau des Projektes Verfügbarkeitsmodell A10/A24 vorgestellt.

- *„Zum Schutz von Arten, von den im Artenschutzbeitrag genannten Vogelarten, erfolgt die Baufeldfreimachung im gesamten Trassenbereich im Zeitraum zwischen Anfang Oktober und Ende Februar (außerhalb der Brut- und Aufzuchtzeit).“ (Landesbetrieb Straßenwesen Niederlassung Autobahn Stolpe 2011)*
- *„Im Bereich zwischen km 228+800 bis km 229+400 sind die Bauarbeiten und bauvorbereitende Arbeiten zum Schutz eines Schwarzmilanhorstes vom 01.04. bis zum 30.06. auszusetzen“ (DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH 2016, S.11)*

Entsprechend den 'Empfehlungen zur landschaftsplanerischen Ausführungsplanung' ist bei der Maßnahmenplanung (ELA) zu beachten, dass die landschaftspflegerischen Maßnahmen einschließlich der während der Bauzeit erforderlichen Schutzmaßnahmen in einen integrierten Bauablaufplan zu übernehmen sind (FGSV 2013, S. 4).

Ein zentrales Ziel der 4D-Bauablauf-Visualisierung ist demnach, angrenzende Schutzgebiete oder zeitliche Beeinträchtigungen der Bauarbeiten aufgrund von Umweltbelangen, während der gesamten Bauphase für alle anderen Projektbeteiligten leicht verständlich zu visualisieren. Auf dieser Grundlage können die Terminpläne für die Bauausführung der Straße, auch im Sinne des Naturschutzes, leichter erstellt oder angepasst werden.

Da sich die Umweltbelange während der Bauphase an alle Projektbeteiligten richten, wird besonders bei der 4D-Bauablauf-Visualisierung ein interdisziplinärer Mehrwert erwartet.

Das Teilmodell *LAP 1 – Umweltbelange vor und während der gesamten Bauphase* bietet die Grundlage für eine 4D-Bauablauf-Visualisierung. Ziel ist es, einen Terminplan mit den

Modellelementen des Teilmodells LAP1 zu verknüpfen. Dies ermöglicht eine virtuelle Bauablaufsimulation im BIM-Modell.

Zur Umsetzung in DESITE md pro müssen dafür zunächst verschiedene Visualisierungsparameter definiert werden. Diese werden mit einzelnen Konfigurationen der 4D-Visualisierung bestimmt. Dabei wird festgelegt, wie ein Modellelement vor dem aktiven Vorgang, während des aktiven Vorgangs und nach dem Vorgang visualisiert dargestellt wird (s. TSCHICKARDT et al. 2019, S. 60). Neben den Schutzflächen werden auch alle anderen Modellelemente des Teilmodells LAP 1 mit einem Terminplan verknüpft und in die 4D-Planung einbezogen. Tab. 16 veranschaulicht die farbliche Konfiguration der Maßnahmen des Teilmodells LAP 1 nach Einteilung der Vorgangstypen: Anfang, Aktiv, Ende.

Tab. 16: Farbschema 4D-Bauablaufvisualisierung

Maßnahme/Modellelement	Anfang	Aktiv	Ende
Habitat	Modellfarbe		Modellfarbe
Baufeldfreimachung	Modellfarbe		Modellfarbe
Baumfällung	Modellfarbe		Ausblenden
Rodungsarbeiten	Modellfarbe		Ausblenden
Schutzgebiete	Modellfarbe		Modellfarbe
Schutzeinrichtungen	Ausblenden		Ausblenden
Baufeld Autobahnausbau	Modellfarbe		Modellfarbe
Technologiestreifen	Modellfarbe		Modellfarbe
Bodenzwischenlager	Modellfarbe		Modellfarbe
Oberbodenmiete	Ausblenden		Ausblenden

Die 4D-Bauablauf-Visualisierung wird am Beispiel der Baumfällung in Abb. 40 bis Abb. 42 dargestellt. Durch die Verknüpfung mit dem Terminplan sowie der farblichen Konfiguration wird für alle Fachplaner leicht erkennbar, wann welche Bäume geschützt sind und nicht gefällt werden dürfen und wann (außerhalb des Schutzzeitraums) eine Fällung erfolgt (rot). In entsprechender Weise lässt sich visualisieren, in welchen zeitlichen Phasen Flächen geschützt sind und wann Sie z. B. als Lagerplatz verwendet werden können, auch die dann erscheinenden Oberbodenmieten werden als Volumenkörper in ihren Ausmaßen sichtbar. Ebenso kann der Auf- und Abbau von Schutzzäunen zeitlich nachvollzogen werden.



Abb. 40: Anfang – Baufeldfreimachung

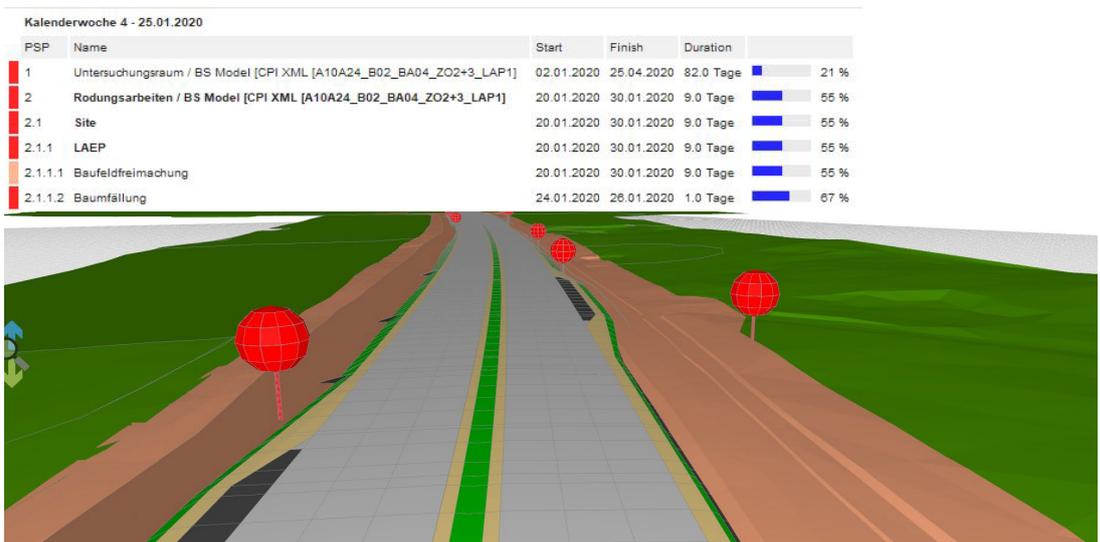


Abb. 41: Ende – Baufeldfreimachung

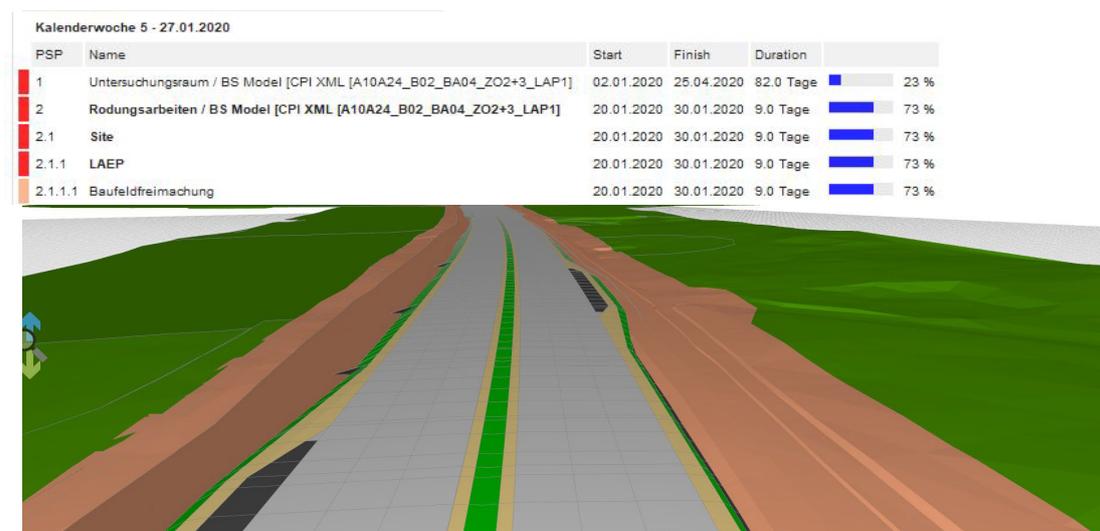


Abb. 42: Ende – Baufeldfreimachung

9 DISKUSSION UND FAZIT

Entwickelt wurde ein Konzept zur Einbindung der festgelegten und vordefinierten Umweltbelange und landschaftspflegerischen Maßnahmen für mit BIM umgesetzte Infrastrukturprojekte. Dieses umfasst die Strukturierung eines Fachmodells sowie einen Workflow mit vorhandener Software.

Die Bearbeitung erfolgt exemplarisch am Beispiel des Verfügbarkeitsmodells A10/A24. Durch das Vorgehen kann eine große Praxisnähe erreicht werden, sodass davon auszugehen ist, dass die Anwendungsfälle, BIM-Klassen und zugehörigen Merkmalen eine gute Ausgangsbasis darstellen, die jeweils projektspezifisch anzupassen sind. Die Bearbeitung konzentriert sich auf die Umsetzung der landschaftspflegerischen Begleitplanung (LBP) in die landschaftspflegerische Ausführungsplanung (LAP) sowie das Betreiben, da hier für den BIM-Prozess der intensivste Datenaustausch mit den anderen Gewerken identifiziert wurde.

Die Übergabe der landschaftspflegerischen Maßnahmen aus der LBP in die Fachmodelle der LAP und das Betreibens sichern die Verfügbarkeit der relevanten Umweltinformationen während des gesamten Bauprozesses. Der dadurch erzielbare Gewinn für alle Gewerke, und insbesondere für die Umweltbaubegleitung, wird anhand der 4D-Ablaufsimulation besonders anschaulich und plausibel. So können im Sinnes des Umweltschutzes abgestimmte Terminpläne leichter erstellt werden.

Das für drei Anwendungsfälle entwickelte Fachmodell mit den zugehörigen BIM-Klassen und Merkmalen entspricht Open BIM, ist also softwareunabhängig und prinzipiell in beliebiger Software anwendbar. Im A10/A24-Projekt wurden die Teil-Fachmodelle exemplarisch mit Hilfe des im Bereich Infrastruktur üblichen BIM-Anwendungssoftwares Autodesk Civil 3D sowie DESITE md pro erstellt. Grundsätzlich waren die Arbeitsschritte der Modellierung der Landschaftsobjekte, der Attributierung, des IFC-Exports und der Integration in das A10/A24-BIM-Kollaborationsmodell erfolgreich umsetzbar.

Allerdings stellen die für die Überführung in IFC vielfach verwendeten Proxy-Objekte nur eine Notlösung dar, die bei der Modell-Auswertung Grenzen setzt. Die fehlende Vorstrukturierung verursacht zusätzlichen Aufwand bei der Klassifizierung und Zuordnung der Objekte. Ziel wäre daher die Berücksichtigung expliziter Landschaftsobjekte im Zuge der internationalen Weiterentwicklung des IFC-Formates.

Für die Landschaftsplanung ist die 3D-Arbeitsweise noch weitestgehend Neuland. Die im Anhang 1 ausführlich dokumentierten Workflows können einen Einstieg geben. Ebenfalls sollte die Umsetzbarkeit der Workflows mit alternativer Software geprüft und bewertet werden.

Wünschenswert wären zusätzliche Tools, die z. B. die Modellierung von Teilflächen auf Basis des DGMs automatisiert unterstützen. Für einen effizienteren Workflow sind vordefinierte Bibliotheken, die die wichtigsten Landschaftsobjekte wie Pflanzen u. a. umfassen, unverzichtbar. Diese sollten mit vorbereiteten Merkmalslisten benutzerfreundlich spezifisch nach Anwendungsfällen ausstattbar sein. Eigene zeitaufwendige Modellierungen und die manuelle Erstellung von Eigenschaften könnten damit vermieden werden. Ein Konzept, wie dies am Beispiel von Bäumen verwirklicht werden kann, zeigt die Arbeit von HAVERLAND (2021).

Die erarbeiteten BIM-Klassen sind in den Katalog der 'BIM-Klassen der Verkehrswege' eingeflossen (BUILDINGSMART 2022). In einem intensiven Abstimmungsprozess wurde eine gemeinsame Terminologie über alle Gewerke des Infrastrukturbaus entwickelt, die die Kollaboration im BIM-Gesamtprozess, unter Integration der Landschafts- und Umweltplanung, sicherstellen soll.

Zukünftig sind ebenfalls die vorausgehenden Arbeitsschritte im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung zu berücksichtigen, die hier ausgeklammert wurden. Ein erster Schritt hierzu sind die von der Fachgruppe Landschaftsarchitektur entwickelten BIM-Klassen und Maßnahmen, die sich an der Systematik der Schutzgüter orientieren (BUILDINGSMART 2022). Für die softwaretechnische Umsetzung besteht weiterer Entwicklungsbedarf zu Schnittstellen zwischen GIS und BIM-CAD. Für ein umfassenderes Fachmodell Landschaft_Freianlage ist ein ganzheitliches Fachmodell der Landschaftsarchitektur anzustreben, das auch die Bereiche der Freiraum- und Stadtplanung adressiert.

Die abschließende Zusammenführung des erarbeiteten Fachmodells Landschaft_Freianlagen mit den bereits vorliegenden Fachmodellen in ein Koordinationsmodell funktioniert problemlos. Durch diese Arbeit wird deutlich, dass die Integration der Landschafts- und Umweltplanung in mit BIM geplante Straßenbauprojekte von den inhaltlichen Anforderungen und der technischen Umsetzung her möglich ist. Die Landschafts- und Umweltplanung sollte zukünftig in mit BIM umgesetzten Straßenbauprojekten von Anfang an integriert werden, um alle Vorteile der BIM-basierten Arbeitsweise nutzen zu können.

Grundvoraussetzung für die zukünftige Integration der Landschafts- und Umweltplanung in BIM-basierten Straßenbauprojekten ist die Erprobung der erarbeiteten Grundlagen in weiteren Pilotprojekten. Erst durch die vielfache Anwendung in der Praxis können Strukturen und Arbeitsweisen hinterfragt, weiter optimiert und ausgearbeitet werden. Der hier erarbeitete Ansatz sollte daher als Anstoß betrachtet und in weiteren Infrastrukturprojekten erprobt werden. Wünschenswert wäre, dass der Gedanke der Weiterführung der die Umweltmaßnahmen betreffenden Informationen bis zum Betreiben auch in der Weiterentwicklung des Masterplans Bundesfernstraßen einfließt.

10 QUELLENVERZEICHNIS

ARGE BIM4INFRA2020 (2019): Handreichungen und Leitfäden – Teil 6: Steckbriefe der wichtigsten BIM-Anwendungsfälle. https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil6.pdf (letzter Zugriff: 27.09.2021).

ARGE BIM4INFRA (2020): Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“. <https://bim4infra.de/> (letzter Zugriff: 03.08.2021).

AUTODESK (2022): Die wichtigsten Funktionen von Civil 3D. <https://www.autodesk.de/products/civil-3d/features> (letzter Zugriff: 14.09.2022).

BAST - BUNDESAMT FÜR STRAßENWESEN (2018): Anweisung Straßeninformationsbank – ASB (Version 2.04). <https://www.bast.de/DE/Publikationen/Regelwerke/Verkehrstechnik/Unterseiten/V-ASB.html> (letzter Zugriff 12.09.2022).

BAST - BUNDESAMT FÜR STRAßENWESEN (2022): OKSTRA Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen. <https://www.okstra.de> (letzter Zugriff 12.09.2022).

BERNEBURG, R. (2000): Landschaftspflegerischer Ausführungsplan Teil 1: Erd- bau- und Ingenieurbauwerke. Amt für Straßen und Verkehrswesen Kassel.

BFN - BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2021): Landschaftsplanung. <https://www.bfn.de/themen/planung/landschaftsplanung.html> (letzter Zugriff: 26.08.2021).

BIM4INFRA2020 (2019): Handreichungen und Leitfäden – Teil 6: Steckbriefe der wichtigsten BIM-Anwendungsfälle. https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil6.pdf (letzter Zugriff: 27.09.2021).

BLANKENBACH, J. & CLEMEN, C. (2020): BIM-Methode zur Modellierung von Bauwerken. In: DVW E. V. UND RUNDER TISCH GIS E. V., Hrsg., Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 2.1, Buhl/München: 20 – 32.

BMU - BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2010): Leitfaden zur Strategischen Umweltprüfung (Langfassung). https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Umweltpruefungen/sup_leitfaden_lang_bf.pdf (letzter Zugriff: 26.08.2021).

BMVBS - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2012): Richtlinien für die landschaftspflegerische Begleitplanung im Straßenbau, RLBP. FGSV Verlag, Köln, 111 Seiten.

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2015a): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken. Eigener Verlag, Berlin, 20 Seiten.

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2015b): Reformkommission Bau von Großprojekten – Endbericht. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/reformkommission-bau-grossprojekte-endbericht.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff: 29.08.2021).

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2019a): Teil 2: Leitfaden und Muster für Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA). Berlin, 40 Seiten.

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2019b): Teil 3: Leitfaden und Muster für den BIM-Abwicklungsplan (BAP). Berlin, 33 Seiten.

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2019c): Teil 1: Grundlagen und BIM-Gesamtprozess. Berlin, 26 Seiten.

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (Hrsg.) (2021a): Masterplan für die Digitalisierung im Bundesfernstraßenbau.

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2021b): Hintergrund und Ziele der Bundesverkehrswegeplanung. <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Infrastrukturplanung-Investitionen/Bundesverkehrswegeplanung/bundesverkehrswegeplanung.html> (letzter Zugriff 26.08.2021).

BORRMANN, A., KÖNIG, M. KOCH, C. & BEETZ, J. (2015): Vorwort. - In: BORRMANN, A., KÖNIG, M. KOCH, C. & BEETZ, J., Hrsg., Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. 1. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden: V – VII.

BRÜCKNER, I. & REMY, M. (2021): Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums für den BIM-basierten Bauantrag am Beispiel der Außenanlagenplanung des Bauvorhabens 'Elbtower' in Hamburg. Endbericht. <https://opus.hs-osnabrueck.de/front-door/index/index/docId/2591>

BuildingSMART (o. J): IfcBuildingElementProxy. <https://www.google.com/search?channel=crow2&client=firefox-b-d&q=translator> (letzter Zugriff: 20.02.2020)

BUILDINGSMART Deutschland e. V., Hrsg. (2020): BIM-Klassen der Verkehrswege, Vorstandardisierungsarbeit der buildingSMART Fachgruppe BIM-Verkehrswege. bsD Verlag, Berlin, 30 Seiten.

BUILDINGSMART Deutschland e. V., Hrsg. (2022): BIM-Klassen der Verkehrswege. Version 2.0. In Vorbereitung. Fachgruppe BIM-Verkehrswege, Mitwirkung: Fachgruppe BIM in der Landschaftsarchitektur, Fachmodell Landschaft.: bSD Verlag, Berlin.

BUILDINGSMART (2021a): IfcBuildingElementProxy. <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/TC1/HTML/ifcproductextension/lexical/ifcbuildingelementproxy.htm> (letzter Zugriff: 27.09.2021).

BUILDINGSMART (2021b): 5.4.3.49 IfcSpace. https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifcproductextension/lexical/ifcspace.htm (letzter Zugriff: 27.09.2021).

DEGES - DEUTSCHE EINHEIT FERNSTRAßENPLANUNGS- UND -BAU GMBH (Hrsg.) (2016): Arbeitsgrundlage für die Erstellung der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung. Berlin.

DEGES - DEUTSCHE EINHEIT FERNSTRAßENPLANUNGS- UND -BAU GMBH (2018): A 24, Beidseitige Erweiterung der Tank- und Rastanlage Linumer Bruch, Unterlage 9.3A, Landschaftspflegerischer Begleitplan, Maßnahmenblätter.

DEGES - DEUTSCHE EINHEIT FERNSTRAßENPLANUNGS- UND -BAU GMBH (2022): BIM-Anwendungsfälle - Version 2.6. https://www.deges.de/wp-content/uploads/2022/02/BIM-Anwendungsfaelle_V26.pdf (letzter Zugriff: 16.09.2022).

DEGES - DEUTSCHE EINHEIT FERNSTRAßENPLANUNGS- UND -BAU GMBH (2020): LOD-Konzept, Anhang 02a Verkehrsanlage und Umwelt Version 1.6. https://www.deges.de/wp-content/uploads/2020/11/BIM-LOD-Konzept_Anhang-2a_V16.pdf (letzter Zugriff: 16.09.2022).

DIE AUTOBAHN GMBH DES BUNDES (2021): Die Umweltverträglichkeitsprüfung der Straßenplanung. <https://rheinspange.nrw.de/umweltvertraeglichkeitspruefung-der-strassenplanung/> (letzter Zugriff: 26.08.2021).

- FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN (1993)
Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Landschaftspflege, Abschnitt: Landschaftspflegerische Ausführung, RAS-LP 2. FGSV Verlag, Köln, 67 Seiten.
- FGSV- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN (2008): Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen. FGSV Verlag, Köln, 48 Seiten.
- FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN (2013): Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau. FGSV Verlag, Köln, 169 Seiten.
- FRITSCH, M.; GRÖNE, HENDRIK; KADEN, R. (2019): Vom Design zum IFC. In: FLL-Fachtagung in der LA 2019 – Building Information Modeling in der Landschaftsarchitektur. Geisenheim
- GARTEN VON EHREN (2021): Amerikanische Stadtlinde Greenspire. https://garten-von-ehren.de/p/amerikanische-stadtlinde-greenspire-tilia-cordata-greenspire?msclid=b3f9f6aa7e5717d71aa597c4c0880e4e&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=DYNAMIC_Search&utm_term=https%3A%2F%2Fgarten-von-ehren.de%2Fp%2F&utm_content=GvE_Bing%20Dynamische%20Anzeige (letzter Zugriff: 27.09.2021).
- GRUBER, U. & DONAUBAUER, A. (2018): BIM und GIS Interoperabilität – Datenformate, Standards, Integrationsmöglichkeiten. In: Kaden, Robert u.a. (Hrsg.) (2018): Leitfaden Geodäsie und BIM. Vogtsburg-Oberrotweil. DVW - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V. (DVW-Merkblatt).
- GRÜNBERG, K. (2016): Sicherung der biologischen Vielfalt. - In: RIEDEL, W., LANGE, H., JEDICKE, E. & REINKE, M., Hrsg., Landschaftsplanung. 3. Aufl. Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg: 7 – 13.
- GNÄDINGER, J. & SCHALLER, J. (2019): GIS trifft BIM, Building Information Modeling und die Relevanz für Landschaftsplaner. Köln, 8 Seiten.
- HAUSKNECHT, K. & LIEBICH, T. (2017): BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Fraunhofer IRB Verlag, Bad Langensalza, 2. Auflage, 227 Seiten.

HAVELLANDAUTOBAHN GMBH & CO. KG (2021): Der Ausbau und die Modernisierung der A10/A24. <https://havellandautobahn.de/ausbau/> (letzter Zugriff: 06.09.2021).

RAMONA HAVERLAND (2022): Vegetation im Kontext von Building Information Modeling – Entwicklung eines Datenmodells für ausgewählte Baumarten. Masterthesis Hochschule Osnabrück. Betreuung I.Brückner, J. Bouillon. Download <https://opus.hs-osnabrueck.de>, Video <https://youtu.be/Azx3mPMu3Ng>

HEINS, M. & PIETSCH, M. (2010): Fachtechnische Standards für die vorhabenbezogene Landschaftsplanung - Ergebnisse aus dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt Weiterentwicklung und Implementierung des Objektkatalogs für das Straßen- und Verkehrswesen (OKSTRA) zu dessen Nutzung in Standardsoftware und Fachapplikationen im Fachgebiet Landschaftsplanung. Bernburg

IFUPLAN - INSTITUT FÜR UMWELTPLANUNG UND RAUMENTWICKLUNG (2021): Umweltbaubegleitung (UBB) / ökologische Baubegleitung. <https://www.ifuplan.de/de/kompetenzen/masnahmenplanung-erfolgskontrolle/umweltbaubegleitung> (letzter Zugriff: 27.08.2021).

KADEN, R. & SEUß, R. (2020): Einleitung. – In: DVW E. V. UND RUNDER TISCH GIS E. V., Hrsg., Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 2.1, Bühl/München: 18 – 19.

KIT KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (2022): FZKViewer. <https://www.iai.kit.edu/1648.php> (letzter Zugriff 12.9.2022).

LANDESAMT FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011): Liste der Biotoptypen. Brandenburg

LANDESBETRIEB STRAßENWESEN, NIEDERLASSUNG AUTOBAHN (2008): 6-streifiger Ausbau der Autobahnen A 24/ A 10, Nördlich der AS Neuruppin bis östlich der AS Oberkrämer, Unterlage 12.2.0, Anhang 1. Hohen Neuendorf, 42 Seiten.

LIST - GESELLSCHAFT FÜR VERKEHRSWESSEN UND INGENIEURBAUTECHNISCHE DIENSTLEISTUNGEN MBH (2019): Anwenderhandbuch, Kompensationsmaßnahmen-Informationssystem der Straßenbauverwaltung des Freistaates Sachsen KISS - 3 & Kompensationsflächenkataster der Umweltverwaltung Sachsen KoKa-Nat - 3. https://www.list.sachsen.de/download/KISS_KoKa-Nat_Handbuch.pdf (letzter Zugriff: 27.09.2021).

MLV - MINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND VERKEHR DES LANDES SACHSEN-ANHALT, Hrsg. (2012): Landschaftspflege und Naturschutz im Straßenbau. Wernigerode, 64 Seiten.

NLStBV - NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR (2021a): Bedarfsplan für die Bundesfernstraßen 2016. https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/projekte/bedarfsplan_fur_die_bundesfernstrassen_2016/bedarfsplan-fuer-die-bundesfernstraen-2016-107863.html (letzter Zugriff: 26.08.2021).

NLStBV - NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR (2021b): Vorplanung. <https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/projekte/verfahrensablauf/vorplanung/vorplanung-77256.html> (letzter Zugriff: 26.08.2021).

NLStBV - NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR (2021c): Genehmigungsplanung (Planfeststellungsverfahren). <https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/projekte/verfahrensablauf/genehmigungsplanung/genehmigungsplanung-planfeststellungsverfahren-75909.html> (letzter Zugriff: 26.08.2021).

NLStBV - NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR (2021d): Ausführungsplanung, Vergabe und Bau. https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/projekte/verfahrensablauf/ausfuhrungsplanung_vergabe_und_bau/ausfuhrungsplanung-vergabe-und-bau-75559.html (letzter Zugriff: 14.09.2022).

REMY, M. (2020): Entwicklung einer Methode zur Integration der Landschaftspflegerischen Planung bei mit der BIM-Methode umgesetzten Straßenbau-Projekten. Studienarbeit Modul Forschungssemester, Hochschule Osnabrück.

SCHALLER, J., REITH, L., FRELLER, S. & GNÄDINGER, J. (2020): Planungsoptimierung von Ingenieur- und Umweltplanung durch Integration von BIM und GIS. – In: DVW E. V. UND RUNDER TISCH GIS E. V., Hrsg., Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 2.1, Buhl/München: 181 – 183.

SCHÖNFELD, M. (2021): Entwicklung einer Methode zur Integration der Landschaftspflegerischen Planung bei mit der BIM-Methode umgesetzten Straßenbau-Projekten - Anwendungsfall landschaftspflegerische Ausführungsplanung. Studienarbeit Modul Forschungssemester, Hochschule Osnabrück.

THINKPROJECT (2021): DESITE BIM – Interaktives Informations-, Qualitäts- und Projektmanagement für Building Information Modelling. https://thinkproject.com/wp-content/uploads/2021/05/Desite_Brochure_DE.pdf (letzter Zugriff: 27.09.2021).

TSCHICKARDT, T., KRAUSE, D., HOCHREITER, L., RIEDEL, F. & JUNCKER, H. (2019): BIM-Abwicklungsplan für Planung, Ausführung und Erhaltung im Projekt ÖPP A10/A24. 70 Seiten.

ANHANG 1 – BIM-KLASSEN UND ZUGEHÖRIGE MERKMALE

Gruppe fachmodellübergreifend
Klasse: **Grenze**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LBP_Massnahme			
Typausprägung	Modellierungsgrenze, Planungsraum, besondere Flurstuecksgrenze, Leistungsgrenze; Untersuchungsraum	string	x

Gruppe fachmodellübergreifend
Klasse: **Massnahme**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LBP_Massnahme			
Typausprägung	Drahtrose, Baumschutzbuegel, Verbisschutzzaun, Findling, ...	string	x
Massnahmentyp	Ausgleichsmaßnahme, Ersatzmaßnahme, Gestaltungsmaßnahme, CEF-Maßnahme, FCS-Maßnahme, ...	string	x
Massnahmennummer		string	x
Massnahme_Bezeichnung		string	x
Massnahme_Beschreibung		string	x
Massnahme_Gesamtumfang	10 m; 20 ha, 50 Stk	real/integer	m/ha/St.
Zielzustand	Biotop- und Nutzungstyp	string	x
Zielbiotop_Umfang	10 m; 20 ha, 50 Stk	real/integer	
Ausgangszustand	Biotop- und Nutzungstyp	string	x
Ausgangsbiotop_Umfang	10 m; 20 ha, 50 Stk	real/integer	
Konflikt	Konflikt Nr.	string	x
Zeitliche_Zuordnung	Massnahme vor Beginn des Bauprojekts; Massnahme im Zuge des Bauprojekts; Massnahme nach Abschluss des Bauprojekts	string	x
Angaben_Terminplanung	z.B. Schutzzeiten		

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LAP_Massnahme			
Massnahmentyp	Vermeidungsmassnahme; Ausgleichsmassnahme; Ersatzmassnahme; Gestaltungsmassnahme	string	x
Massnahmennummer	G/A (2a)	string	x
Zusatzindex	FFH; CEF; FCS	string	x
Massnahme_Bezeichnung	Pflanzung autobahnbegleitender Hecken	string	x
Massnahme_Beschreibung		string	x
Massnahme_Gesamtumfang	10 m; 20 ha, 50 Stck.	real/integer	m/ha/Stk.
Zielzustand		string	
Ausgangszustand		string	x
Zeitliche_Zuordnung	Massnahme vor Beginn des Bauprojekts; Massnahme im Zuge des Bauprojekts; Massnahme nach Abschluss des Bauprojekts	string	x
Angaben_Terminplanung	z.B. Schutzzeiten	string	
Zuordnung_Fachbereich	Landschaftsbau; Erdbau; Konstruktiver Ing.-Bau; Sonstiges	string	x

Gruppe fachmodellübergreifend
Klasse: Schutzgebiet/- objekt

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet Schutzgebiet/-Objekt			
Typausprägung (Art des Schutzgebietes)	Naturschutzgebiet, Nationalpark, Biosphaerenreservat, Landschaftsschutzgebiet, Naturpark, Geschützter Bestandteil der Landschaft, Biotop, Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH-Gebiet), Europäisches Vogelschutzgebiet, Nationales Naturmonument, Naturdenkmal, Kulturdenkmal, Baudenkmal, Bodendenkmal, Bildstock, Feldkreuz, Huegelgrab, Findling	string	x
Verortung	links außerhalb, rechts außerhalb, Straße innerhalb, z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)		
Biotop- und Nutzungstyp	gemäß Landesliste		
Code Biotop- und Nutzungstyp	gemäß Landesliste		
Schutzstatus	gemäß Landesliste		
PSet LAP-Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme			

Gruppe fachmodellübergreifend
Klasse: LAP-Vegetationsflaeche

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet Vegetationsflaeche_Stammdaten			
Typauspraegung	Gehoelzflaeche, Ansaatflaeche, Ruderalflaeche	string	x
Verortung	links außerhalb, rechts außerhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Botanischer_Name_1 ... Botanischer_Name_n	Quercus robur ,Timuki'	string	x
Deutscher_Name_1 ... Deutscher_Name_n	Stieleiche ,Timuki'	string	x
Saatgut	Regio UG 4, Typ Magerrasen sauer	string	x
Massnahme	Neupflanzung, Rodung, Faellung, Ansaat	string	x
Flaechengroesse	100, 200	real	m ²
PSet Vegetationsflaeche_Ausführung (Gehoelzflaeche)			
Qualitaet_1 ... Qualitaet_n	C 3 60-100; Hei. V 125-150 etc.	string	x
Menge/Flaeche_1... Menge/Flaeche_n	25; 30; 60 etc..	integer	Stk.
Flaechenanteile_Bepflanzung	50	string	x
Pflanzverhaeltnis	85 % Sträucher, 15 % Heister	string	x
Anzahl_Pflanzreihen	3, 4, 6	integer	Stk.
Grenzabstand	3,50 m zum Zaun	string	x
Pflanzabstand	1,5	real	m
Pflanzreihenabstand	1	real	m
Art_der_Bepflanzung	Gruppenpflanzung, mind. 20, max. 40 Exemplare	string	x
Pflanzflaeche	Rindenmulch, Körnung grob 10-80 mm, Auftragsstaerke 10 cm	string	x
Pflanzvorbereitung	Flaeche maehen, Abfall und Steine beseitigen, artspez. Pflanzschnitt, Entfernen von geschaedigten/gebrochenen Aesten	string	x
Pflanzzeit	Herbst, Frühjahr	string	x
Pflanzlochgroesse	mind. 1,0 x 1,0 x 1,0 m, bzw. das 1,5 fache des Ballendurchmessers	string	x
Pflanzloch_Vorbereitung	50 l guetegesicherter Fertigkompost, 2 kg / Gehoelz Wasserspeichergranulat	string	x
Startduengung	20 g Langzeitduenger (Mineralduenger)	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	X

PSet Vegetationsflaeche_Ausfuhrung (Ansaatflaeche)			
Zertifizierung	RegioZert© oder gleichwertig	string	x
Flaechengroesse	60	real	m ²
Aussaatmenge	5	real	g / m ²
Saatgut_freigegeben	true / false	boolean	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
PSet LAP_Pflege (Gehoelzflaeche)			
Typauspraegung	Gehoelzbiotop, Ansaatflaeche, Ruderalflaeche	string	x
Botanischer_Name_1 ... Botanischer_Name_n	Quercus robur ,Timuki'	string	x
Deutscher_Name_1 ... Deutscher_Name_n	Stieleiche ,Timuki'	string	x
Menge/Flaeche_1... Menge/Flaeche_n	25; 30; 60 etc..	integer	Stk.
Pflanzflaechengroesse	100, 200	real	m ²
Flaechenanteile_Bepflanzung	50	string	x
Pflanzverhaeltnis	85 % Straeucher, 15 % Heister	string	x
Anzahl_Pflanzreihen	3, 4, 6	integer	Stk.
Art_der_Bepflanzung	Gruppenpflanzung, mind. 20, max. 40 Exemplare	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
PSet LAP_Pflege (Ansaatflaeche)			
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Vegetationsflaechen			

Gruppe fachmodellübergreifend
Klasse: Pflanze

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet Pflanze_Stammdaten			
Typausprägung	Baum, Strauch, Staude, Wasserpflanze, Unterwasserpflanze	string	x
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Erziehungsform	Hochstamm, Halbstamm, Heister	string	x
Botanischer_Name	Quercus robur ‚Timuki‘	string	x
Deutscher_Name	Stieleiche ‚Timuki‘	string	x
Status	Erhaltung, Neupflanzung, Rodung, Faelung	string	x
Höhe	5, 25,5	real	m
PSet Pflanze_Ausfuehrung (bei Neupflanzung)			
Qualitaet	C 3 60-100, Hei. V 125-150 etc.	string	x
Pflanzvorbereitung	Pflanzstelle mit Pfahl markieren, Flaeche maehen, Abfall und Steine beseitigen, artspez. Pflanzschnitt, Entfernen von geschaedigten/ebrochenen Aesten	string	x
Pflanzzeit	Herbst, Fruhjahr	string	x
Pflanzlochgroesse	mind. 1,0 x 1,0 x 1,0 m, bzw. das 1,5 fache des Ballendurchmessers	string	x
Pflanzloch_Vorbereitung	50 l guetegesicherter Fertigkompost, 2 kg / Gehoelz Wasserspeichergranulat; Wuhlmausschutz aus Maschendrahtgeflecht	string	x
Baumscheibe	Rindenmulch, Koernung grob 10-80 mm	string	x
Stammschutz	Stammschutzfarbe Arboflex oder gleichwertig	string	x
Startduengung	100 g Langzeitduenger (Mineralduenger)	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
Anzahl	25, 30, 60	integer	Stk.
PSet Pflanze_Pflege			
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Anzahl	25, 30, 60	integer	Stk.
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Pflanzen			

Gruppe: **Vegetation**
 Klasse: **Pflanzenreihe**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet Pflanzreihe_Stammdaten			
Typauspraegung	Allee, Baumreihe, dichte Hecke, lockere Hecke	string	x
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Botanischer_Name_1 ... Botanischer_Name_n		string	x
Deutscher_Name_1 ... Deutscher_Name_n		string	x
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	
Status	Erhaltung, Neupflanzung, Rodung, Faellung	string	x
Laenge	5, 25,5	real	m
PSet Pflanzenreihe_Ausfuehrung (für Neupflanzung)			
Qualitaet	C 3 60-100, Hei. V 125-150 etc.	string	x
Pflanzvorbereitung	Pflanzstelle mit Pfahl markieren, Flaeche maehen, Abfall und Steine beseitigen, artspez. Pflanzschnitt, Entfernen von geschaedigten/gebrochenen Aesten	string	x
Pflanzzeit	Herbst, Frühjahr	string	x
Pflanzlochgroesse	mind. 1,0 x 1,0 x 1,0 m, bzw. das 1,5 fache des Ballendurchmessers	string	x
Pflanzloch_Vorbereitung	50 l guetegesicherter Fertigkompost, 2 kg / Gehoelz Wasserspeichergranulat; Wühlmausschutz aus Maschendrahtgeflecht	string	x
Baumscheibe	Rindenmulch, Körnung grob 10-80 mm	string	x
Stammschutz	Stammschutzfarbe Arboflex oder gleichwertig	string	x
Startduengung	100 g Langzeitduenger (Mineralduenger)	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
Anzahl	25, 30, 60	integer	Stk.
PSet Pflanzenreihe_Pflege			
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, DIN 18915, ZTV La-Stb 18	string	x
Anzahl	25, 30, 60	integer	Stk.
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme, nur bei maßnahmenbezogenen Pflanzen			

Gruppe: **Pflege**
Klasse: **Raum**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet Pflegeraum			
Typausprägung	Pflegeraum,....	string	x
Pflegeraum-Typen-Nummer	1, 2, 3 ,...	string	x
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Pflegeobjekte	Rasenflaechen, Solitär, Hecken, ...	string	x
PSet Fertigstellungspflege			
Anzahl_Haeufigkeit	3	integer	x
Pflegegang_1_bis ... Pflegegang_n_bis	30.09.2021	date	x
Pflegebeschreibung_Jahr-1 ... Pflegebeschreibung_Jahr-n	Pflanzscheiben jaeten; Zwischenflaechen maehen; trockene, beschaedigte Pflanzenteile abschneiden und entfernen;	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, ZTV La-StB 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
PSet Entwicklungspflege			
Umfang_Jahre	1	integer	x
Anzahl_Haeufigkeit	3	integer	x
Pflegegang_1_bis ... Pflegegang_n_bis	30.09.2021	Datum	x
Pflegebeschreibung_Jahr-1 ... Pflegebeschreibung_Jahr-n	Pflanzscheiben jaeten; Zwischenflaechen maehen; trockene, beschaedigte Pflanzenteile abschneiden und entfernen;	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, ZTV La-StB 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
Pflege_beendet	true / false	boolean	x
Pset Unterhaltungspflege			
Umfang_Jahre	1	integer	x
Anzahl_Haeufigkeit	3	integer	x
Pflegegang_1_bis ... Pflegegang_n_bis	44469	Datum	x
Pflegebeschreibung_Jahr-1 ... Pflegebeschreibung_Jahr-n	Pflanzscheiben jaeten; Zwischenflaechen maehen; trockene, beschaedigte Pflanzenteile abschneiden und entfernen;	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	DIN 18916, ZTV La-StB 18	string	x
Pflege_beendet	true / false	boolean	x

PSet Pflege-und Funktionskontrolle			
Kontrolle im Rahmen von	Kontrollzusammenhang	string	x
Kontrollintervall	z.B. 5 Jahre	interger	Jahre
Durchzufuehren_ab	01.04.2021	date	x
Durchgefuehrt_am	31.05.2021	date	x
Durchgefuehrt_am	28.05.2021	date	x
Kontrollierender	Max Mustermann	string	x
Funktionskontrolle_durchgefuehrt	true / false	boolean	x
Pflegekontrolle_durchgefuehrt	true / false	boolean	x
Handlungsempfehlung	Reparatur; Gehoelzpflege; Zusaetzlicher Pflegegang, ...	string	x

Gruppe **Schutzeinrichtung_Umwelt**
 Klasse: **Schutzeinrichtung**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LAP-Schutzeinrichtung			
Typausprägung	Drahtrose, Baumschutzbuegel, Amphibienschutzzaun, Verbiss-schutzzaun, Findling	string	x
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Arbeitsgang	Herstellen, Entfernen, Einbauen	string	x
Position_1 ... Position_n	Maschendraht, Sechseckgeflecht, Maschenweite 25 mm	string	x
Durchmesser	1,5	real	m
Hoehe_gesamt	1,1	real	m
Hoehe_ueber_GOK	1	real	m
Hoehe_unter_GOK	0,1	real	m
Anwendung_Normen/Richtlinien	ZTV La-StB 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Schutzeinrichtungen			

Gruppe **Schutzeinrichtung_Umwelt**
 Klasse: **Querungshilfe**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LAP-Schutzeinrichtung			
Typausprägung	Gruenbruecke; Gruenunterfuehrung; Talbruecke; Gewaesserunterfuehrung; Amphibienleiteinrichtung; Trockendurchlass; Bachdurchlass; Kleintierdurchlass; Fledermausbruecke	string	
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	
Arbeitsgang	Herstellen, Entfernen, Einbauen	string	x
Material	Stahlblech; Beton; ...	string	x
Breite	130 m; 1,00 m	real	m
Laenge	430 m;	real	m
Hoehe	10 m; 0,70 m	real	m
Durchmesser	1,00 m	real	m
Gestaltung/Ausstattung	Gruenstreifen; Kleinstrukturen; Kraut- und Strauchvegetation; Gras- und Krautstreifen; Hecke	string	x
Anwendung_Normen/Richtlinien	STLK-LB-107_Landschaftsbauarbeiten; Merkblatt Querungshilfen (M AQ: FGSV)	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Querungshilfen			

Gruppe **Schutzeinrichtung_Umwelt**
 Klasse: **Biotopstrukturen**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LAP-Biotopstrukturen			
Typauspraegung	Stubbenhaufen, Totholz-Haufen, Totholz-Habitat, Reisighaufen, Steinhafen	string	
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	
Arbeitsgang	Herstellen, Entfernen, Einbauen	string	x
Material	Gestein Mindestdurchmesser 10 cm; Baumstubben und Wurzelreste; naturbelassenes Stamm- und Astholz; absterbendes oder gefälltes Stamm- und Astholz, Astwerk und Reisig	string	x
Laenge	1,00 m; 2,50m ...	real	m
Breite	1,00 m; 2,50m ...	real	m
Flaeche_Durchmesser	3,00 m; 5,00 m	real	m
Flaeche	40 m ² ; 60 m ²	real	m
Hoehe	1,00 m; 1,50m ...	real	m
Anwendung_Normen/Richtlinien	STLK-LB-107_Landschaftsbauarbeiten; ELA (FGSV)	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
PSet LAP-Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Biotopstrukturen			

Gruppe **Schutzeinrichtung_Umwelt**
 Klasse: **Quartier_Fauna**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LAP-Biotopstrukturen			
Typauspaegung	Stubbenhaufen, Totholz-Haufen, Totholz-Habitat, Reisighaufen, Steinhafen	sting	
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Position_1 ... Position_n	Nadelholz, buntgeschaelt, 5 m lang, Zopf-Durchmesser 10 - 12 cm	string	x
Anmerkungen_Ausfuehrung	Grundsaeztlich ausserhalb des Wildschutzzaunes	string	x
Ausrichtung	Sued-Ost	string	x
Hoehe_gesamt	5	real	m
Anwendung_Normen/Richtlinien	ZTV La-StB 18	string	x
Abnahme_erfolgt	true / false	boolean	x
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Quartieren für Fauna			

Gruppe **Erdbau**
Klasse: **Miete**

Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LAP-Miete			
Typauspaegung	Oberbodenmiete	sting	
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Volumen	420,5, 1000	real	m ³
Material		string	x
geplante_Verwendung		string	x
Angaben_Terminplanung	1.4.2022-15.6.2022		
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Mieten			

Gruppe: **Baustellenlogistik**
 Klasse: **Baustelleneinrichtung**

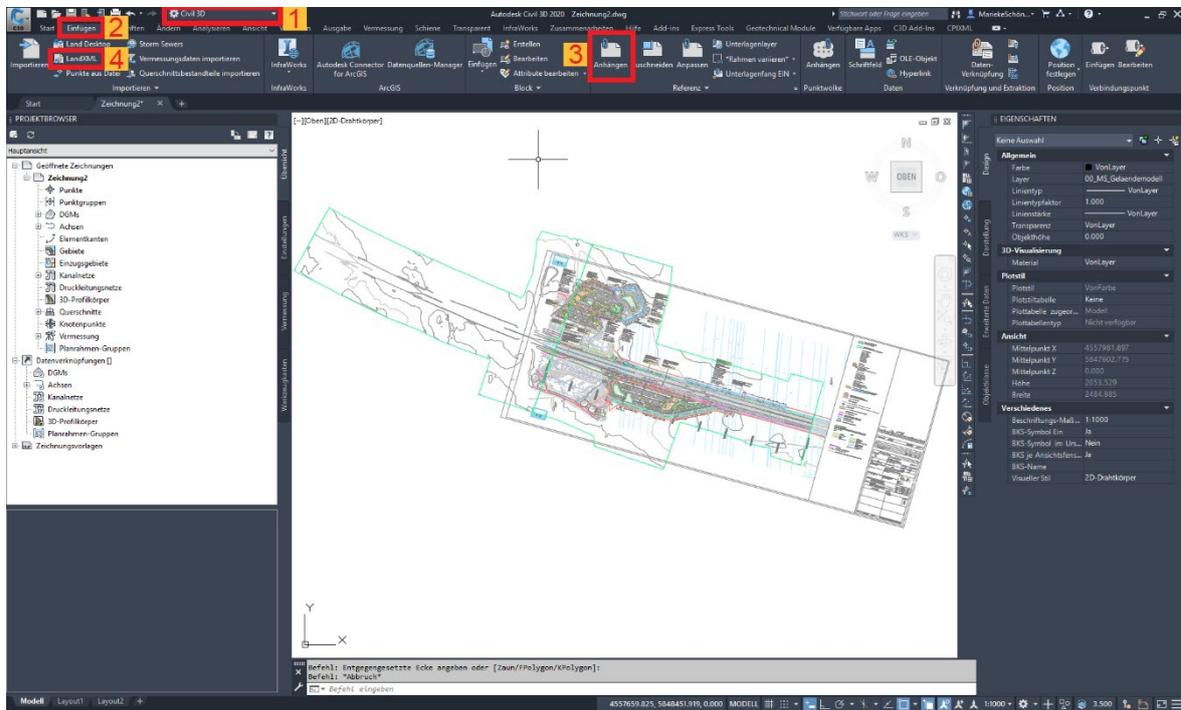
Property	Mögliche Werte	Datentyp	Einheit
PSet LAP-Baustelleneinrichtung			
Typauspaegung	Lager-, Arbeits-, Einschlagsplatz	string	
Verortung	links ausserhalb, rechts ausserhalb z.B. nach Auswahlliste BAST (2018)	string	x
Flächen			
Angaben_Terminplanung	1.4.2022-15.6.2022		
PSet LAP_Maßnahme			
s.o., Klasse Massnahme nur bei maßnahmenbezogenen Baustelleneinrichtungen			

ANHANG 2 – ANLEITUNGEN SOFTWARE

1	Modellierung in Civil 3D	104
1.1	Modellvorbereitung	104
1.2	Punktobjekte	106
1.3	Linienobjekte	115
1.4	Flächenobjekte	118
1.5	Modellierung Räume	123
2	Attributierung und IFC-Export in CIVIL 3D	125
2.1.	Attributierung in Civil 3D	125
2.2	Überführung in IFC aus Civil 3D	127
3	Weiterbearbeitung in DESITE md pro	130
3.1	Import von IFC in DESITE md pro	130
3.2	Attributierung in DESITE md pro	132
4	Modell-Auswertung in DESITE md pro	141

1 MODELLIERUNG IN CIVIL 3D

1.1 Modellvorbereitung

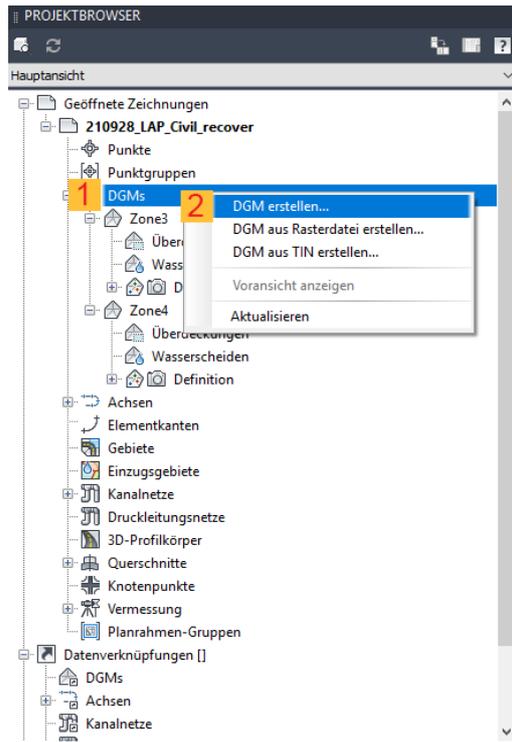


A2-Abb. 1: Modellvorbereitung 1

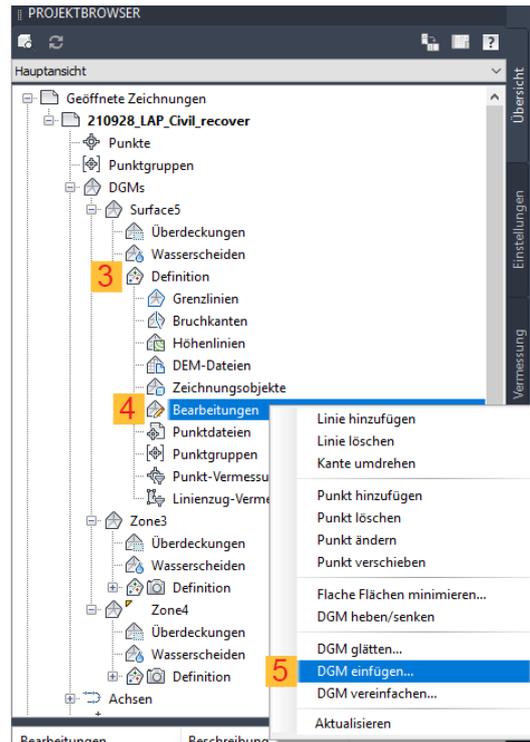
Über die Registerkarte **Einfügen** in der Gruppe **Referenz** wird zunächst der Lageplan als Blockreferenz **angehängt**. Die zugehörigen Geländemodelle der Zonen 03 und 04 werden in der Gruppe **Importieren** über den Befehl **LandXML importiert**.

Da die Objekte der Vegetationsflächen im späteren Verlauf aus den Geländemodellen abgeleitet werden und diese zum Teil beide Geländemodelle schneiden, wird ein drittes Geländemodell erstellt, das die Zonen 03 und 04 zusammenführt. Dazu wird im Arbeitsbereich **Civil 3D** im Projektbrowser mit Rechtsklick auf **DGMs** und der Auswahl **DGM erstellen** ein neues DGM angelegt. In der Unterfunktion **Definitionen** werden über einen Rechtsklick auf **Bearbeitungen** und anschließend über die Auswahl **DGM einfügen** die Zonen 3 und 4 ausgewählt.

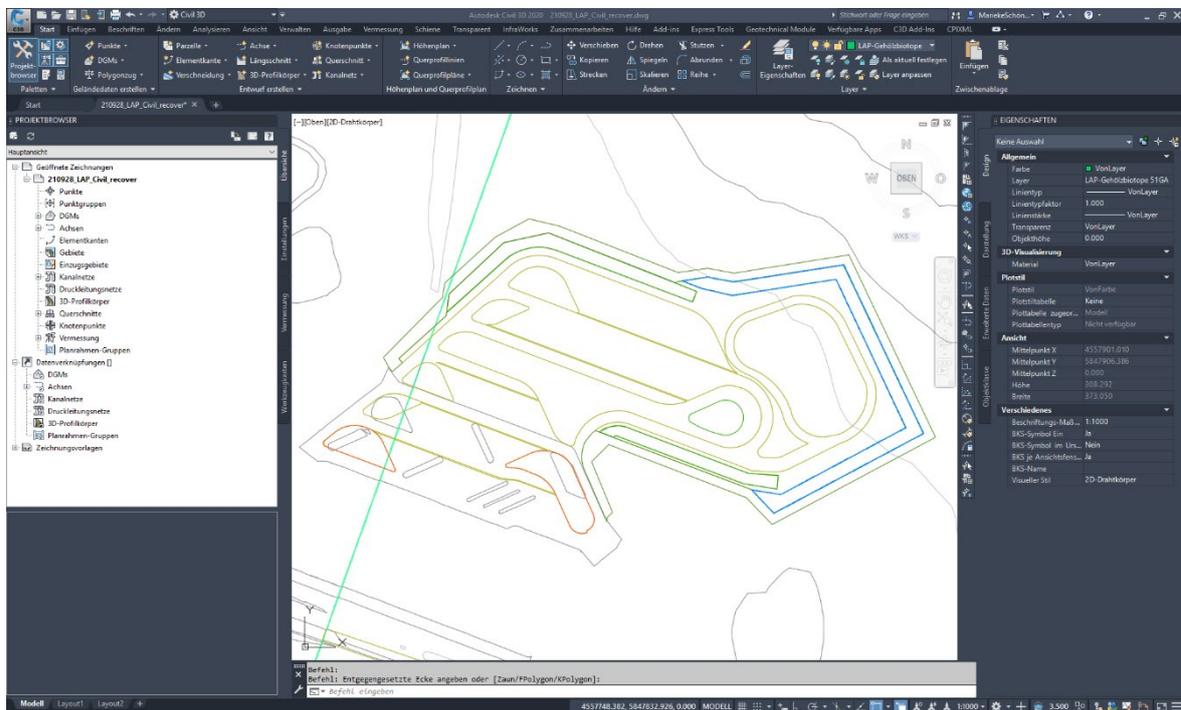
Falls nicht vorliegend, werden für eine vereinfachte Weiterbearbeitung geschlossene Polylinien um die Flächen erstellt, die im späteren Verlauf als Grundlage für die Modellierung dienen. Sie werden thematisch auf unterschiedliche Layer sortiert.



A2-Abb. 2: Modellvorbereitung 2



A2-Abb. 3: Modellvorbereitung 3



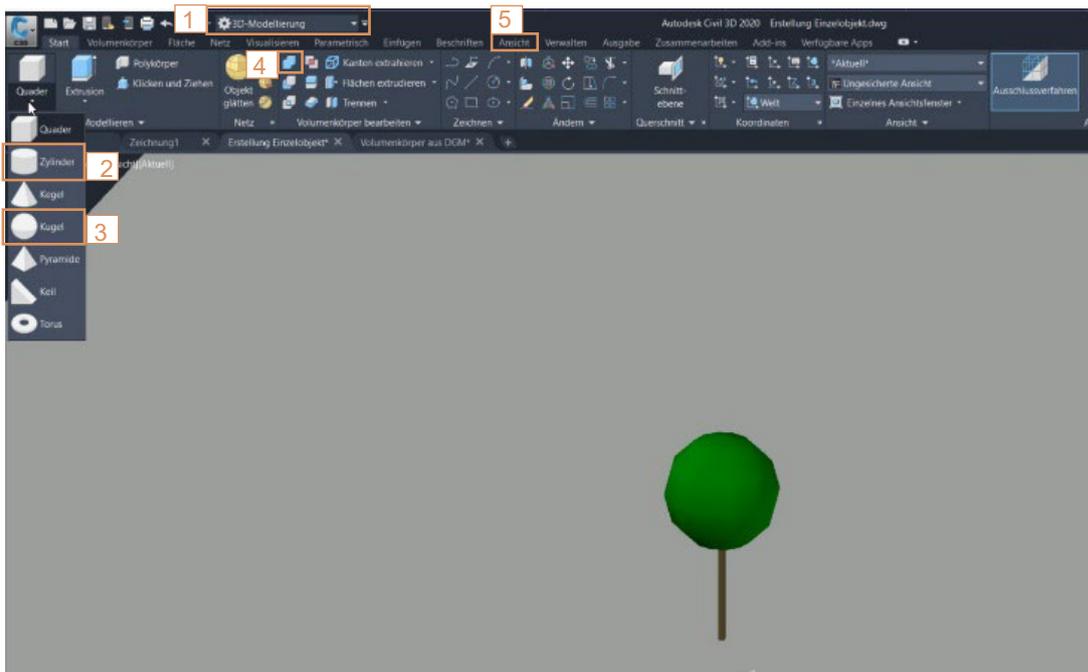
A2-Abb. 4: Modellvorbereitung 4

1.2 Punktobjekte

Modellelement *Pflanze* (Bestand)

In diesem Beispiel wird eine Pflanze aus zwei Volumenkörpern konstruiert. Dafür ist zunächst im AutoCAD Civil 3D der Arbeitsbereich **3D-Modellierung** auszuwählen. Anschließend wird der Stamm aus einem **Zylinder** und die Baumkrone aus einer **Kugel** modelliert. Beide Volumenkörper werden dann mit dem Befehl **Vereinigung** zu einem Objekt zusammengeführt. Unter Registergruppe **Ansicht** können zudem die visuellen Stile des erzeugten Objektes eingestellt werden. Zur Auswahl stehen beispielsweise: 2D-Drahtkörper, konzeptuell, realistisch oder skizzenhaft.

Die Farbe des Baumes kann entweder über die Layereigenschaften oder durch die Zuweisung von Materialien ausgewählt werden. Materialien können in der Registergruppe **Visualisierung** dem Objekt hinzugefügt werden.



A2-Abb. 5: Modellierung Pflanze

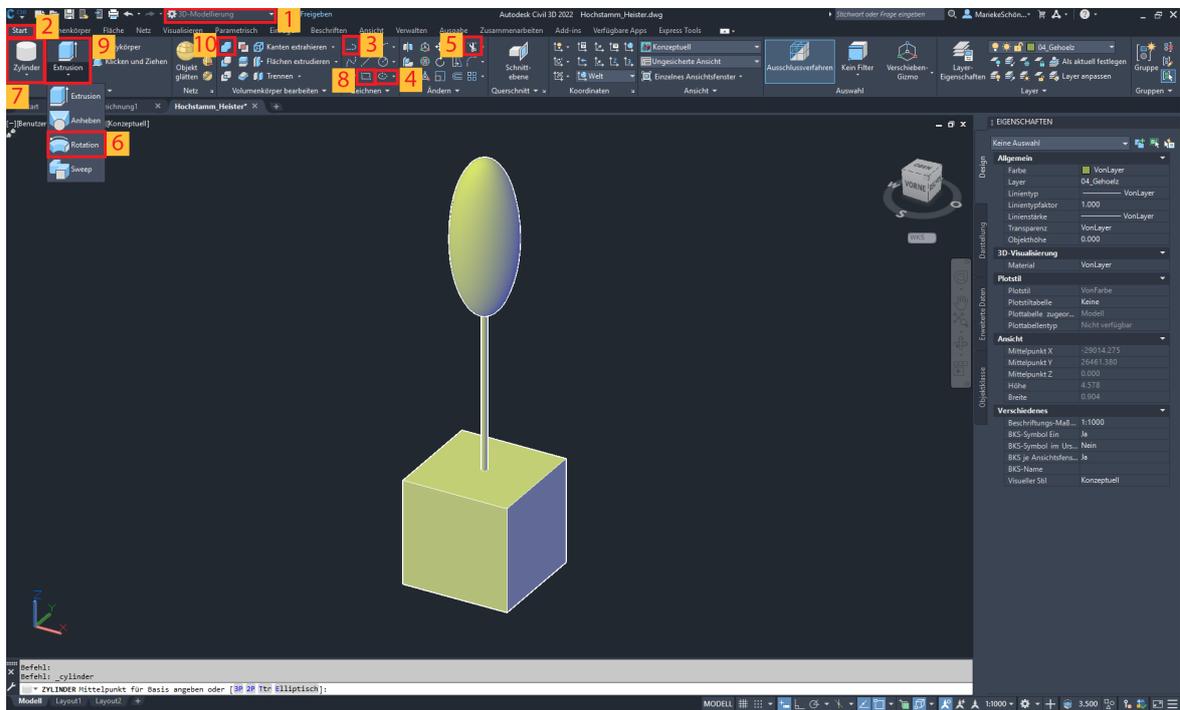
Modellelement *Pflanze* (Ausführung)

Die benötigten Größenangaben zur Modellierung der Hochstämme richten sich nach der vorgegebenen Pflanzqualität zum Zeitpunkt der Ausführung: HSt. 3xv.m.Db 16-18.

Aus den Vorgaben lässt sich ableiten, dass die Gehölze zum Zeitpunkt der Pflanzung ca. 2,00 m bis 3,00 m hoch sind (s. GARTEN VON EHREN 2021). Die Krone ist eher schlank und wird dementsprechend nicht als Kugel, sondern als Ellipse dargestellt. Der Stammumfang von 16 cm entspricht einem Radius von 0,025 m. Für die Pflanzung der Heister ist folgende Pflanzqualität vorgegeben: v.Hei 5cm 125-150. Dies entspricht einer Höhe zwischen 1,25 m und 1,50 m. Für eine Einschätzung des benötigten Volumenraums zur Pflanzung werden die Größen der entsprechenden Pflanzgruben mit modelliert. Eine alternative Lösung wäre eine separate Modellierung der Pflanzgruben als Modellelement *Aushub* der Gruppe *Erdbau*.

Typausprägung Hochstamm

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**

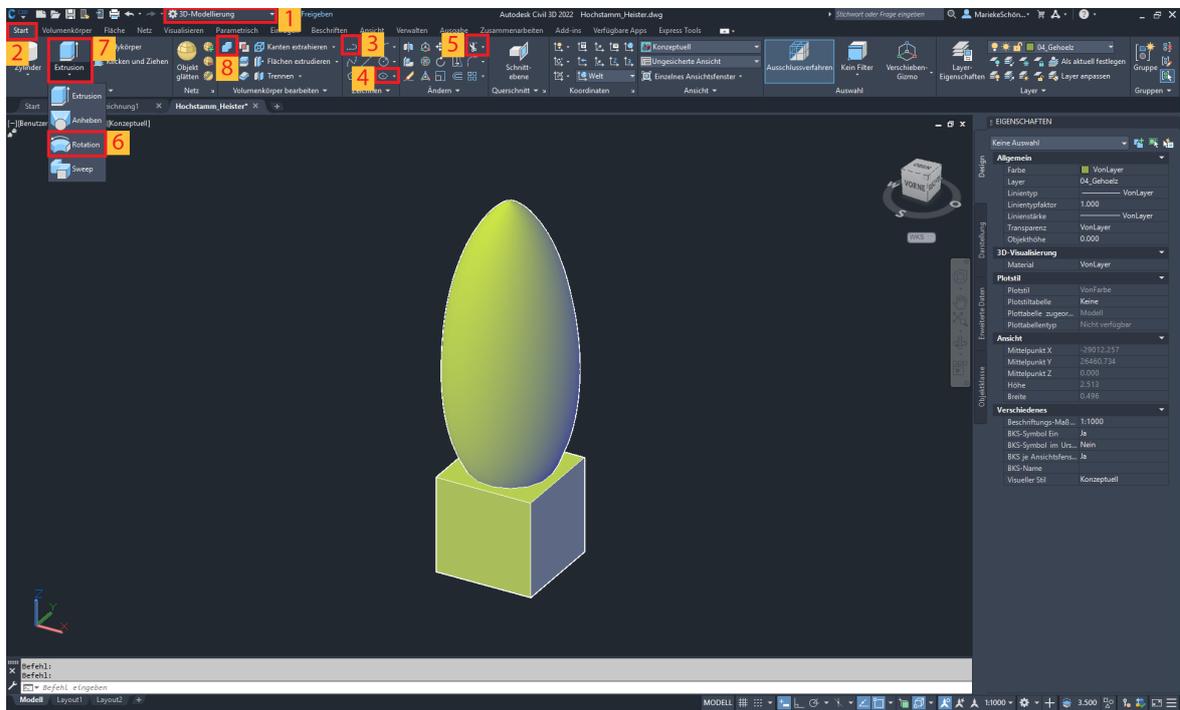


A2-Abb. 6: Modellierung Typausprägung *Hochstamm*.

Zunächst wird das Seitenprofil der Baumkrone gezeichnet. Mit einer **Polylinie** wird eine Achse mit einer Länge von 1,50 m angelegt. Anhand dieser Achse wird eine **Ellipse** aufgespannt. Der Radius beträgt am Mittelpunkt 0,3 m. Anschließend wird die Ellipse zur Hälfte **gestutzt**, die Polylinie wird **gelöscht**. Es folgt der Befehl **Rotation**. Dieser erstellt aus der halben Ellipse mit einem Wert von 360° einen 3D-Volumenkörper. Vom Mittelpunkt dieses Volumenkörpers aus wird ein **Zylinder** in negative Richtung mit einem Radius von 0,025 m und einer Länge von 2,25 m erstellt. Für die Pflanzgrube wird über den Befehl **Rechteck** ein Quadrat mit den Maßen 1,0 m x 1,0 m gezeichnet und anschließend als **Extrusion** mit einer Höhe von 1,0 m angelegt. Abschließend werden die einzelnen Elemente Stamm, Baumkrone und Pflanzgrube durch den Befehl **Vereinigung** zu einem Volumenkörper zusammengefasst. Die Gesamthöhe des Baums beträgt 3,00 m.

Typausprägung Heister

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**



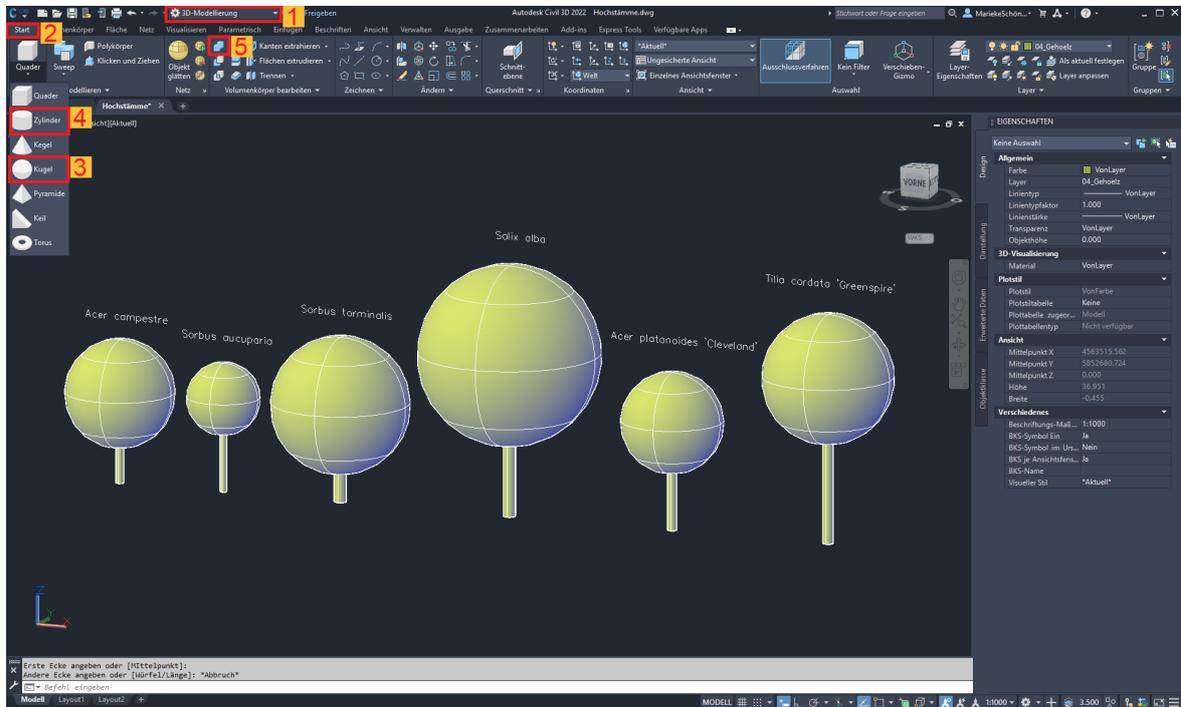
A2-Abb. 7: Modellierung Typausprägung Heister.

Bei der Erstellung des Heisters wird eine Auswahl identischer Befehle genutzt. Die Darstellung des Stamms entfällt in diesem Fall, da er im Gegensatz zum Hochstamm bei der Formgebung eines Heisters nur eine untergeordnete Rolle spielt. Das Seitenprofil des Heisters wird auf dieselbe Weise mit den Befehlen **Polylinie**, **Ellipse** und **Stutzen** erstellt und um **360° rotiert**. Durch seitliches Aufziehen des unteren Scheitelpunkts wird ein Plateau gebildet. Die Maße der Pflanzgrube betragen in diesem Fall 0,5 x 0,5 x 0,5 m und werden würfelförmig **extrudiert**. Heister und Pflanzgrube werden zu einem Volumenkörper **vereinigt**.

Modellelement *Pflanze* (Betreiben)

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**

Folgende Modellierung gilt sowohl für Hochstämme als auch für Heister.



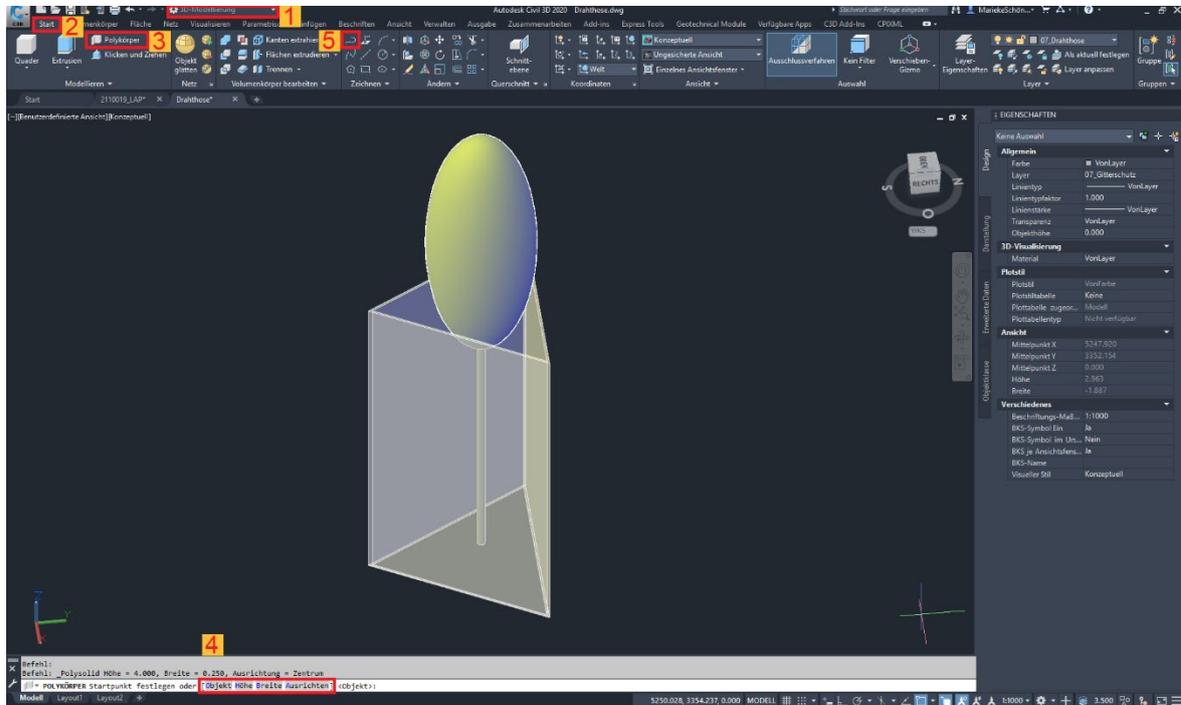
A2-Abb. 8: Modellelement *Pflanze* (Pflege).

Für die Krone wird der Befehl **Kugel** genutzt. Der Durchmesser der Kugel entspricht dabei einem Mittelwert der vorgegebenen Kronenbreite. Anschließend wird der Stamm mit dem Befehl **Zylinder** modelliert. Die Höhen des Zylinders ergeben sich aus der Gesamthöhe des Gehölzes minus der Kronenbreite. Die Durchmesser der Zylinder lassen sich aus den Stammumfängen ableiten. Im Anschluss werden beide Volumenkörper mit dem Befehl **Vereinigung** zu einem Volumenkörper zusammengeführt.

Modellelement *Schutzeinrichtung*

Typausprägung *Drahtrose*

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**

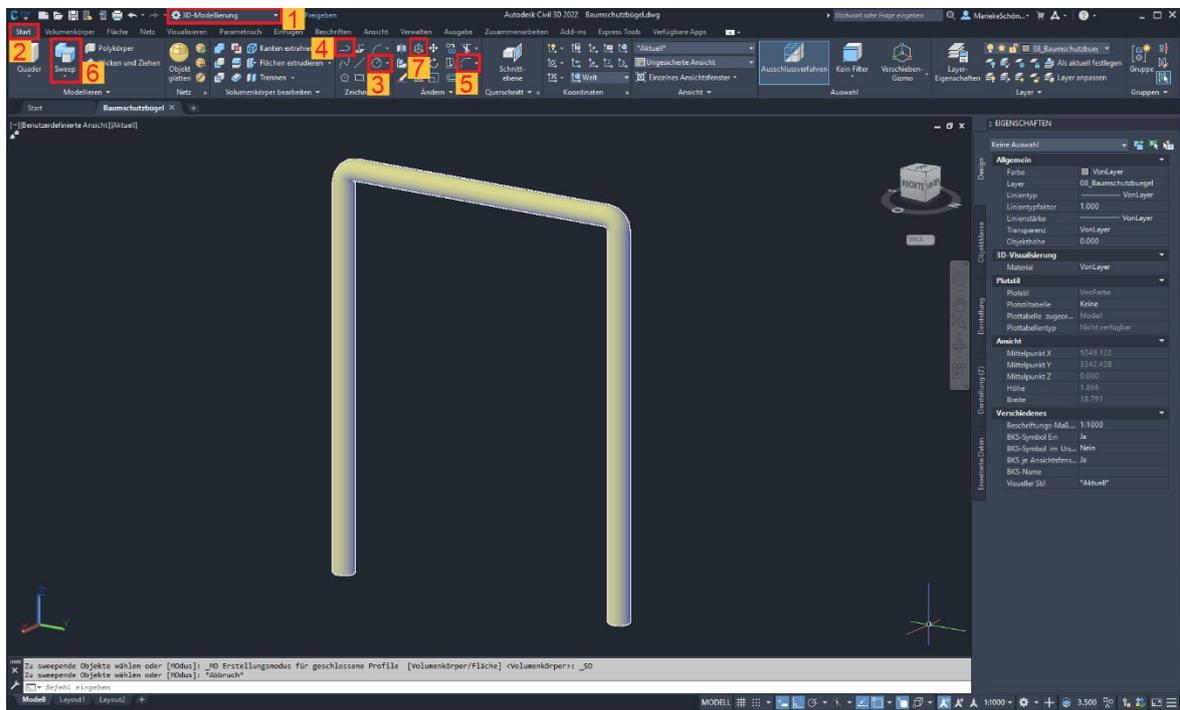


A2-Abb. 9: Modellierung Typausprägung *Drahtrose*.

Als Zentrum der dreieckigen Drahtrose wird ein zuvor modellierter Hochstamm genutzt. Mit Hilfe des **Winkelfangs** und einer **Polylinie** wird ein ausreichend dimensioniertes Dreieck (Höhe ca. 0,90 m) auf Höhe 0 um den Hochstamm gezeichnet. Anschließend wird der Befehl **Polykörper** aufgerufen. In der Befehlszeile können nun die Angaben zur **Höhe** (2,00 m) und **Breite** (0,10 m) festgelegt werden. Abschließend wird das Objekt um - 0,20 m auf der Z-Achse **verschoben**. Zusätzlich kann eine **Transparenz** des Objekts in den Layer-Einstellungen festgelegt werden, um den Hochstamm weiterhin einsehen zu können.

Typausprägung *Baumschutzbügel*

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**

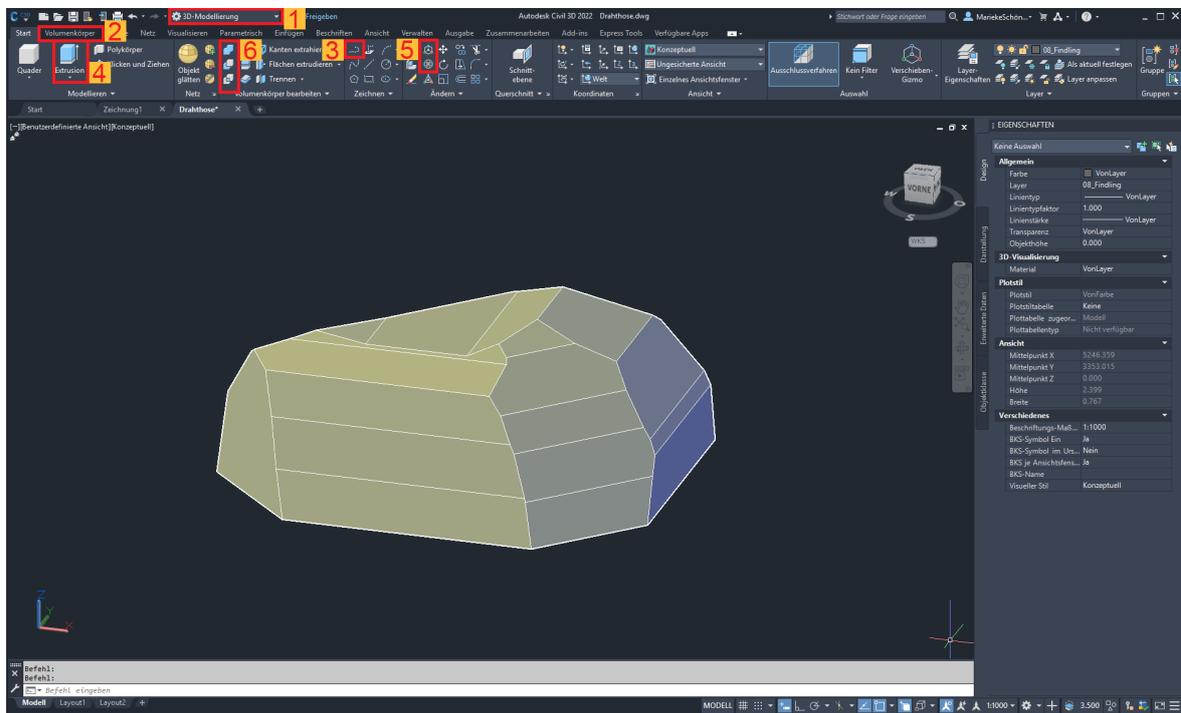


A2-Abb. 10: Modellierung Typausprägung *Baumschutzbügel*

Zunächst wird das Profil des Baumschutzbügels mit dem Befehl **Kreis** und einem Durchmesser von 0,076 m gezeichnet. Anschließend wird in der Vorderansicht mit einer **Polylinie** der Pfad des Bügels konstruiert. Die Höhe des Bügels beträgt 1,50 m, die Breite 1,20. Die Ecken **abgerundet**. Mit dem Befehl **Sweep** werden nacheinander der Kreis als Objekt und die Polylinie als Pfad ausgewählt. Nach dem Einfügen in die Projektdatei wird der Baumschutzbügel um 0,7 m auf der Z-Achse unter die Geländeoberkante **verschoben**.

Typausprägung *Findling*

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**



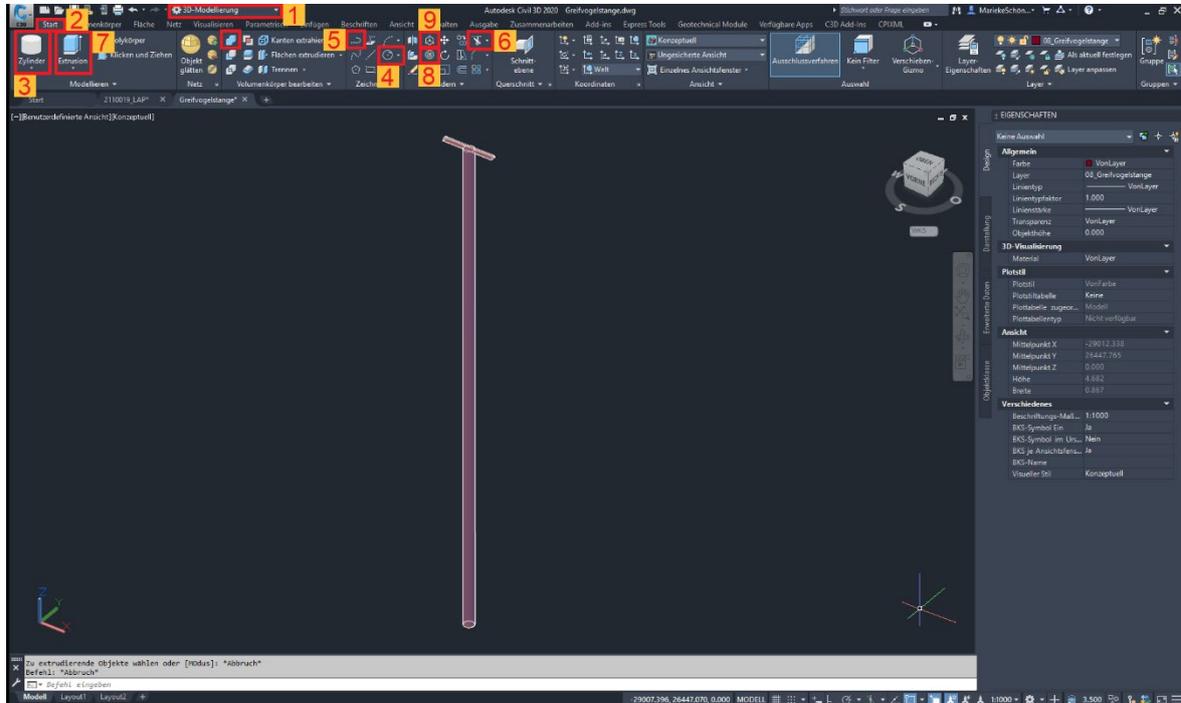
A2-Abb. 11: Modellierung Typausprägung *Findling*

Für die Modellierung des Findlings lässt sich aus dem Lageplan der LAP ein grober Durchmesser ableiten. Dieser beträgt ca. 2,00 m. Abgesehen von diesem Wert ist das Erscheinungsbild des Findlings als freies Zufallsergebnis zu betrachten. Das grobe Vorgehen und die Nutzung der Befehle können jedoch nachvollzogen werden. Mit dem Befehl **Polylinie** werden zwei unterschiedliche Profile eines Findlings über eine Breite von 1,00 m gezeichnet. Anschließend werden die Profile auf eine Länge von 2,00 m **extrudiert**. Für ein unregelmäßiges Kantenbild wird die eine Extrusion um ca. 45 Grad **gedreht** und in die zweite Extrusion **hineinverschoben**. Durch das Austesten und mehrmalige Anwenden der drei möglichen Booleschen Operationen **Vereinigung**, **Differenz** und **Schnittmenge** lässt sich eine entsprechende Form als Volumenkörper modellieren.

Modellelement *Quartiere_Fauna*

Typausprägung *Greifvogelstange*

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**



A2-Abb. 12: Modellierung Typausprägung *Greifvogelstange*

Für den Stamm der Greifvogelstange wird ein **Zylinder** mit einem Durchmesser von 0,10 m und einer Höhe von 5,00 m modelliert. Für das oben aufliegende Querholz wird zunächst ein **Kreis** mit einem Durchmesser von 0,05 m gezeichnet. Der Kreis wird mit Hilfe einer **Polylinie** und dem Befehl **Stutzen** halbiert und anschließend mit einer Höhe von 0,5 m **extrudiert**. Nun wird der Querbalken um 90 Grad **gedreht** und auf die korrekte Position auf die Stange **verschoben**. Abschließend werden beide Objekte zu einem Volumenkörper **vereinigt**.

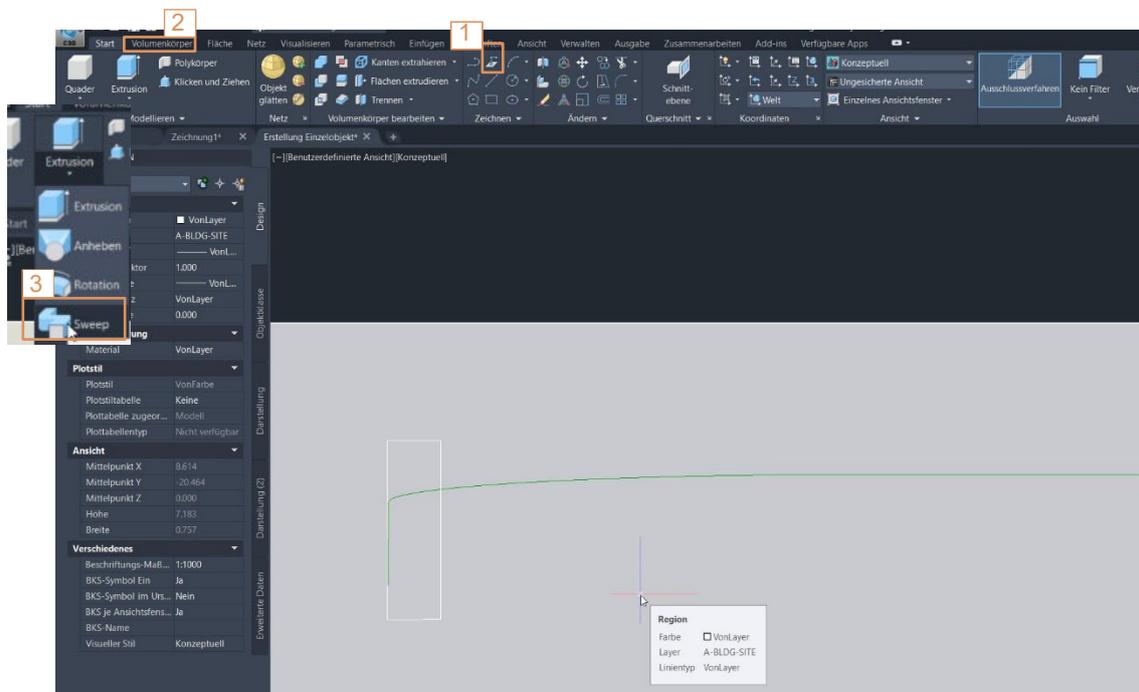
1.3 Linienobjekte

Modellelement *Pflanze*

Typausprägung *Hecke* (Sweep-Operation)

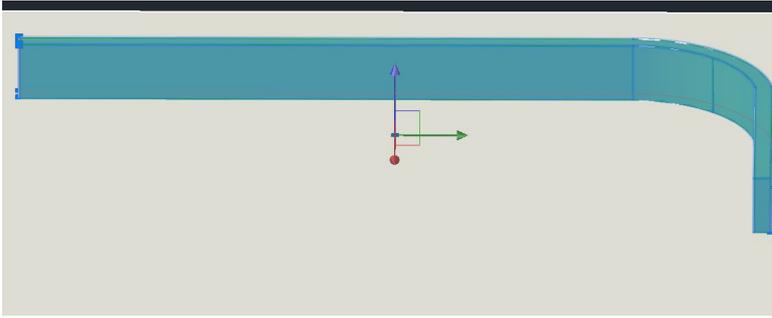
Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**

Die Methode Sweep-Operation eignet sich für die 3D-Modellierung von linearen Objekten (z. B. Hecke). In einem ersten Schritt wird dafür der Verlauf einer Hecke mit einer **Polylinie** gezeichnet. Dieser Verlauf wird in der Sweep-Operation als Pfad bezeichnet. Anschließend wird eine **2D-Fläche** definiert, welche als Sweep-Profil verwendet werden soll, beispielweise ein Quadrat oder ein Kreis. Die folgende Abbildung veranschaulicht den Pfad (in grün) und die 2D-Fläche (weiß).



A2-Abb. 13: Sweep-Operation Linienförmiges Landschaftsobjekt

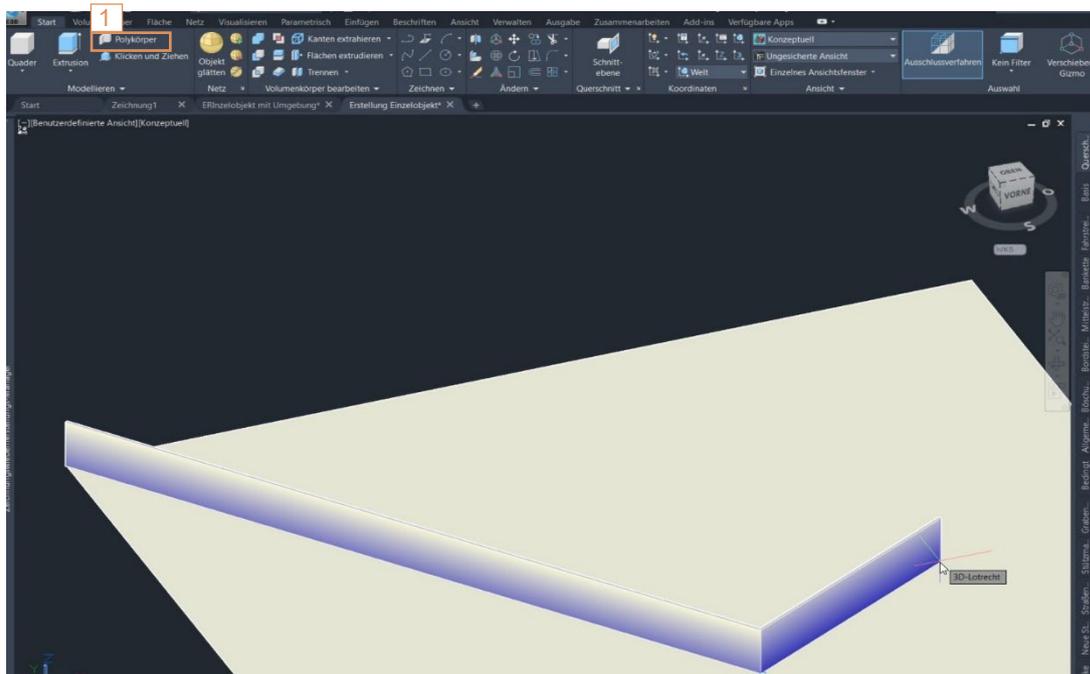
Mittels des Sweep-Befehls (Registerkarte **Start**, Gruppe **Modellieren**) entsteht aus dem definierten 2D-Objekt ein 3D-Volumenkörper. Dies wird in folgender Abbildung erkennbar.



A2-Abb. 14: Ergebnis Sweep-Operation (eigene Abbildung)

Typausprägung *Hecke* (Polykörper)

Eine weitere Möglichkeit zur Modellierung von linearen Landschaftsobjekten bietet die Funktion **Polykörper**. Mit Polykörper können 3D-Volumenkörper auf gleiche Art und Weise wie eine Polylinie erstellt werden. Die Systemvariable **PSOLHEIGHT** legt die Objekthöhe fest. In der Systemvariable **PSOHLWIDTH** kann die Objektbreite festgelegt werden. Mit der Funktion Polykörper können auch bereits vorhandene 2D-Objekte, wie Polylinie, Bogen oder Kreis in 3D-Volumenkörper umgewandelt werden (s. AUTODESK 2016).

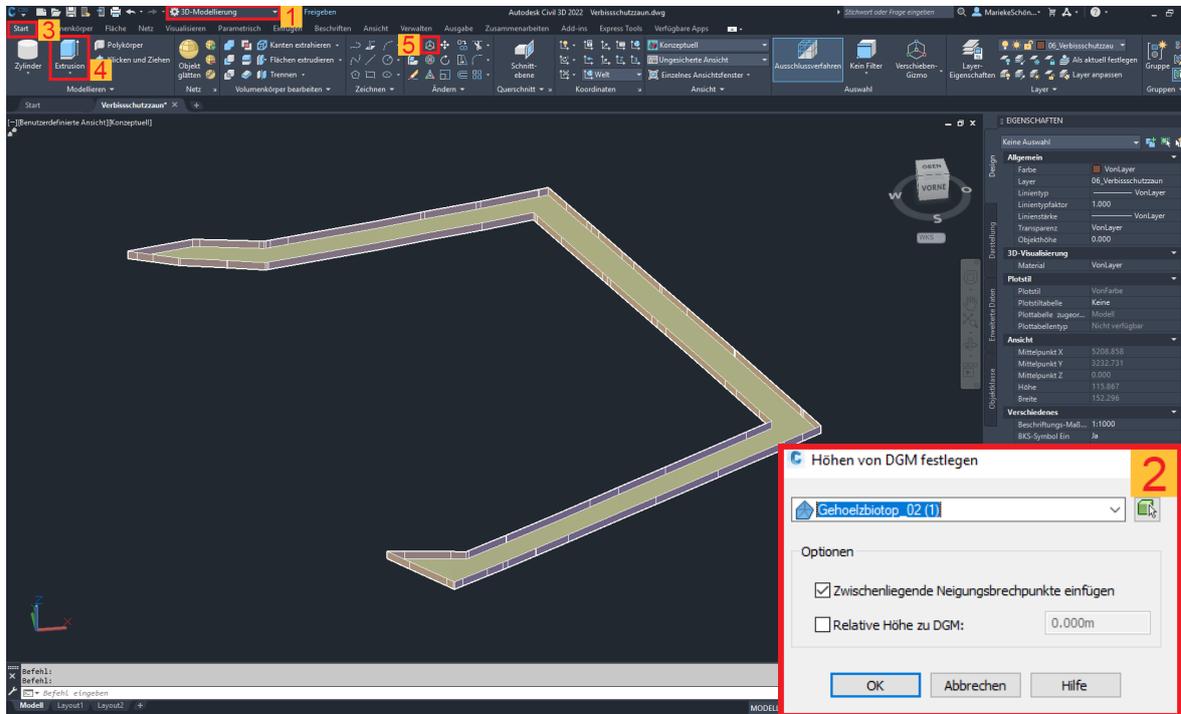


A2-Abb. 15: Linienobjekt mit der Funktion Polykörper

Modellelement *Schutzeinrichtung*

Typausprägung *Verbisschutzzaun (Extrusion)*

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**



A2-Abb. 16: Modellierung Typausprägung *Verbisschutzzaun*

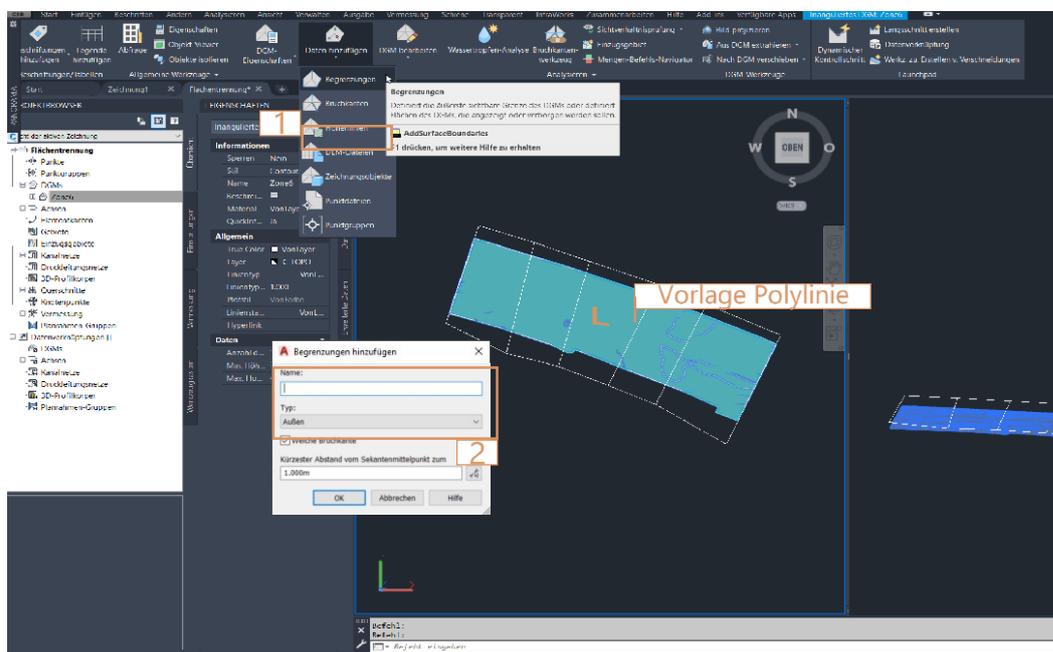
Grundlage für die Modellierung des Verbisschutzzaunes bieten die zugehörigen Polylinien aus dem Lageplan der LAP. Diese werden in die Projektdatei kopiert und an selber Position eingefügt. Um den Zaun an die Höhen des Geländes anzupassen, wird die entsprechende Polylinie auf das Gelände projiziert. Hierzu wird der Befehl **FeatureElevsFromSurf** aufgerufen. Mit Hilfe dieses Befehls können Elementkantenhöhen ausgehend von einem DGM erstellt werden. Es öffnet sich das Fenster **Höhen von DGM festlegen**. Hier wird das genutzte DGM ausgewertet. Es können nur DGMs gewählt werden, auf dessen Z-Achse das zu projizierende Element liegt. Es können die Optionen **Zwischenliegende Neigungsbrechpunkte einfügen** und **Relative Höhe zu DGM:** ausgewählt und angegeben werden. Der Befehl wird mit **OK** bestätigt. Nun kann die projizierte Polylinie mit einer Gesamthöhe von 2,00 m **extrudiert** werden. Die Verbisschutzzäune sollen 1,80 m über der Geländeoberkante hoch sein und 20 cm in den Boden eingelassen werden. Somit wird das Objekt um - 0,20 m auf der Z-Achse **versetzt**.

1.4 Flächenobjekte

DGM in Teilflächen teilen, unterschiedliche Flächenwidmungen zuweisen

Damit einem DGM unterschiedliche Flächenwidmungen zugewiesen werden können, muss dieses entsprechend bearbeitet werden. In AutoCAD Civil 3D gelingt dies nur, wenn das DGM in mehrere einzelne Teile zerlegt wird. Die einzelnen Teilflächen können dann in einer neuen Zeichnung wieder aneinandergesetzt werden.

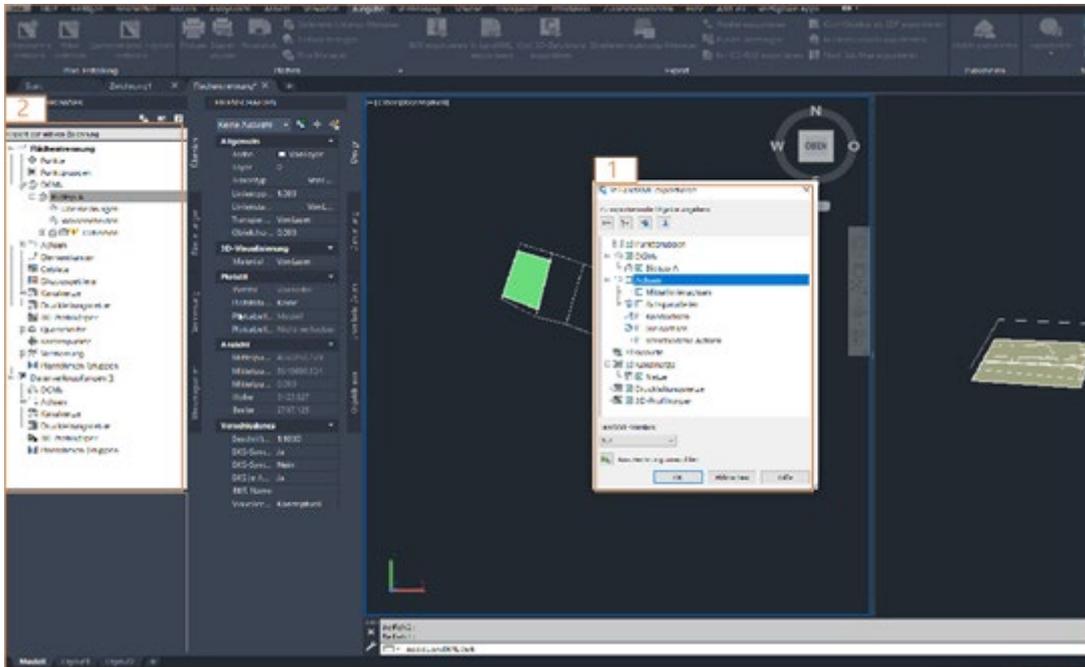
Zunächst ist es dafür notwendig, die Umriss der zu erstellenden Teilflächen mit einer 2D-Polylinie zu zeichnen. Anschließend wird das DGM ausgewählt. Dabei öffnet sich die Registerkarte **Trianguliertes DGM**. In der Gruppe **Ändern** befindet sich unter **Daten hinzufügen** der Befehl **Begrenzungen**. Mit Betätigen des Befehls erscheint ein Dialogfenster, in dem verschiedene Parameter wie Name oder Typ abgefragt werden. Damit der zuvor mit der Polylinie umgrenzte Bereich ausgeschnitten wird, ist bei **Typ** die Auswahlmöglichkeit **Außen** zu wählen. Nun fällt auf, dass das restliche DGM verschwindet. Falls das umgekehrte Ergebnis gewünscht ist, muss bei **Typ** die Auswahlmöglichkeit **Verbergen** ausgewählt werden.



A2-Abb. 17: Begrenzung des DGM's

In der Registerkarte **Ausgabe** und der **Gruppe Export** wird der ausgeschnittene Bereich im Format **LandXML** exportiert. Anschließend wird durch mehrmaliges Betätigen der Tastenkombination **Strg + Z** das ursprüngliche DGM wiederhergestellt.

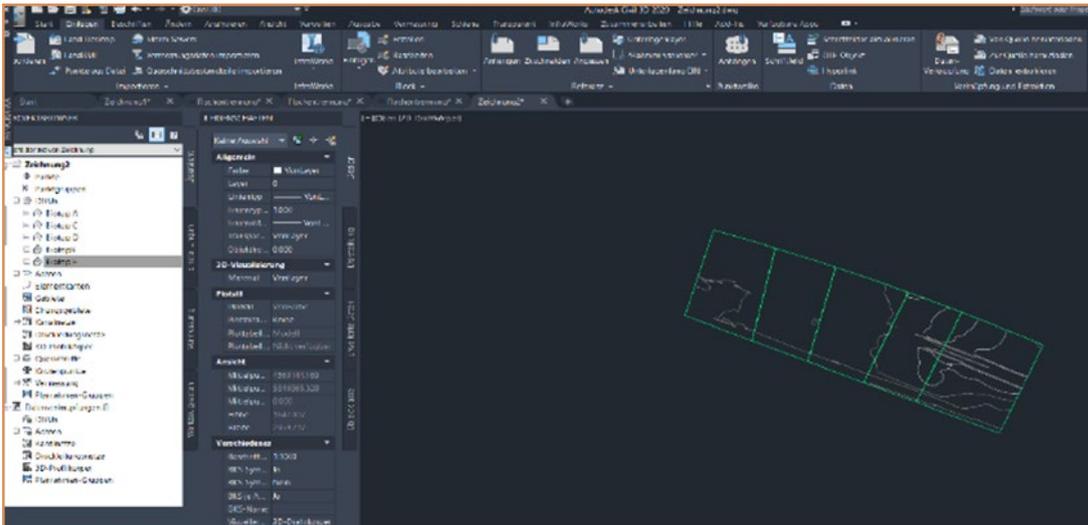
Durch das erneute Wiederholen dieses Vorgangs können nach und nach viele einzelne Flächen als LandXML exportiert werden. Zu beachten ist dabei allerdings, dass die DGM-Bezeichnung im Projektbrowser vor jedem Export geändert wird. Ansonsten kann es zu Überschreibungen von bereits exportierten Teilflächen kommen.



A2-Abb. 18: Export begrenztes DGM

in einer neuen Zeichnung können die erzeugten LandXML-Dateien wieder importiert werden. Automatisch werden diese an ihre Ursprungskoordinaten eingefügt, sodass sich nach und nach wieder das gesamte ursprüngliche DGM aufbaut.

Anschließend können den Teilflächen mit der Funktion **Eigenschaftssätze definieren** unterschiedliche Flächenwidmungen zugeteilt werden.

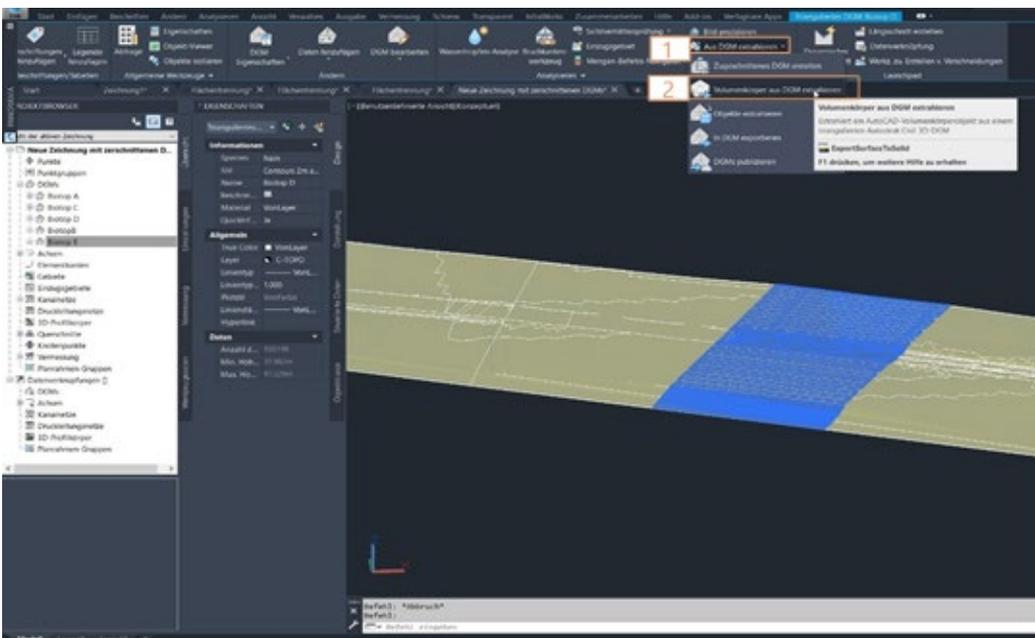


A2-Abb. 19: Zusammengeführte DGM's in neuer Zeichnungsdatei

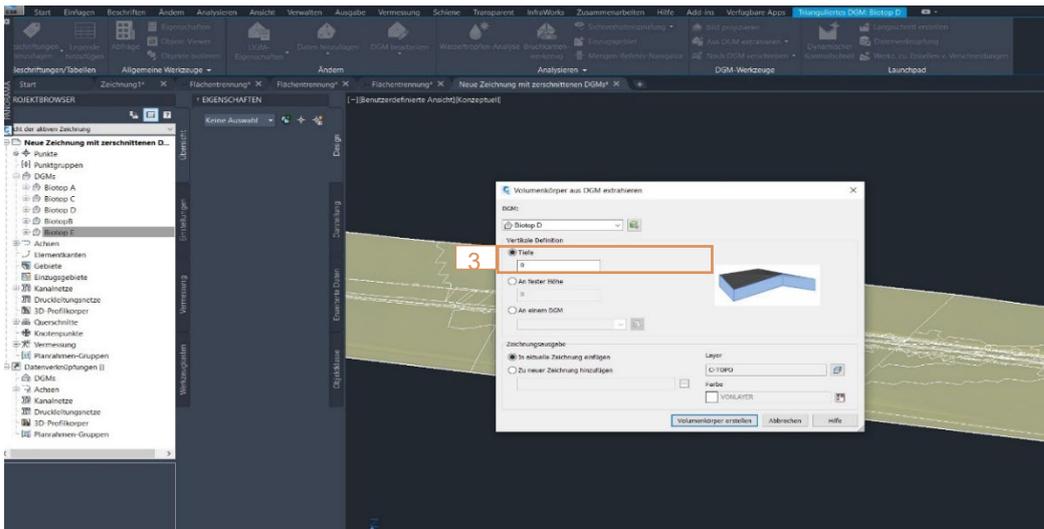
Digitales Gelände Modell (DGM) als Volumenkörper

AutoCAD Civil 3D ermöglicht es, aus einem DGM einen Volumenkörper zu extrahieren. In der Planungspraxis könnten so z. B. einfach Erdmassen berechnet werden.

Zunächst wird das DGM ausgewählt. Anschließend werden in der Gruppe **DGM-Werkzeuge** die Befehle **Aus DGM extrahieren** + **Volumenkörper aus DGM extrahieren** gewählt.

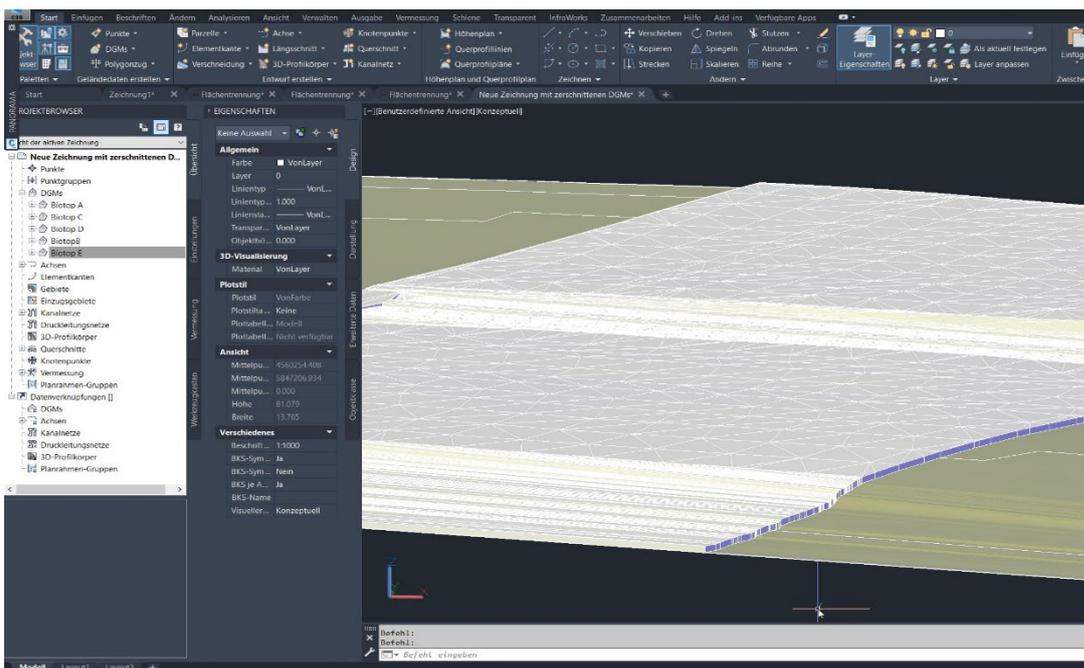


A2-Abb. 20: Volumenkörper aus DGM extrahieren



A2-Abb. 21: Volumenkörper aus DGM extrahieren - Einstellung Schichtstärke

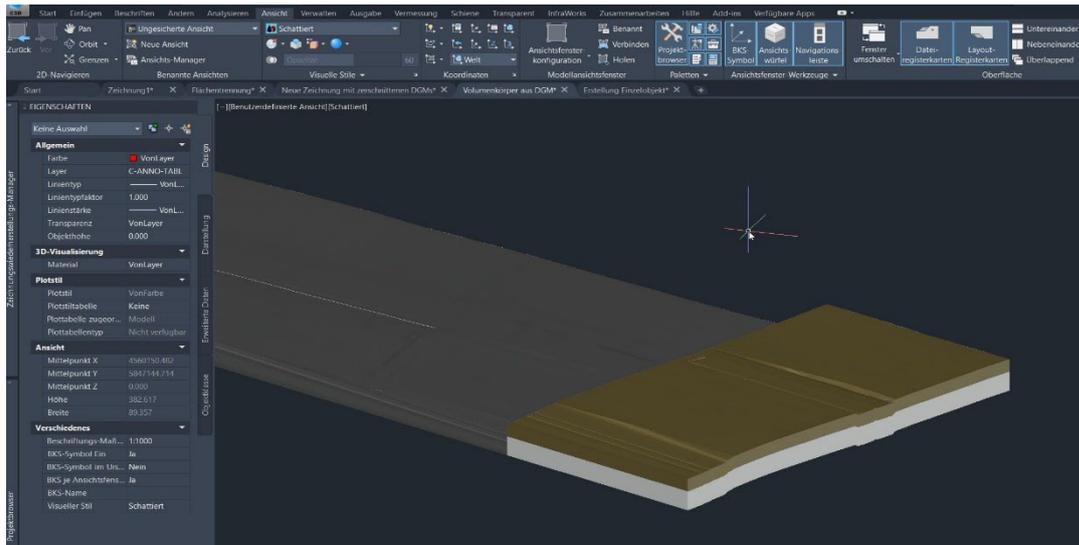
Entsprechend der vorgenommenen Einstellungen konnte aus einem DGM ein Volumenkörper erzeugt werden.



A2-Abb. 22: Aus DGM erzeugter Volumenkörper

Volumenkörper aus DGM als Schichtenmodell

Auf ähnliche Art und Weise kann in AutoCAD Civil 3D auch ein Schichtenmodell aus einem DGM erzeugt werden. Da der erzeugte Volumenkörper nicht mit dem Ursprungs-DGM verknüpft ist, besteht die Möglichkeit, aus dem DGM mehrere Volumenkörper zu generieren. Diese können anschließend in der Höhe verschoben werden, sodass unterschiedliche Volumenschichten visualisiert werden können.



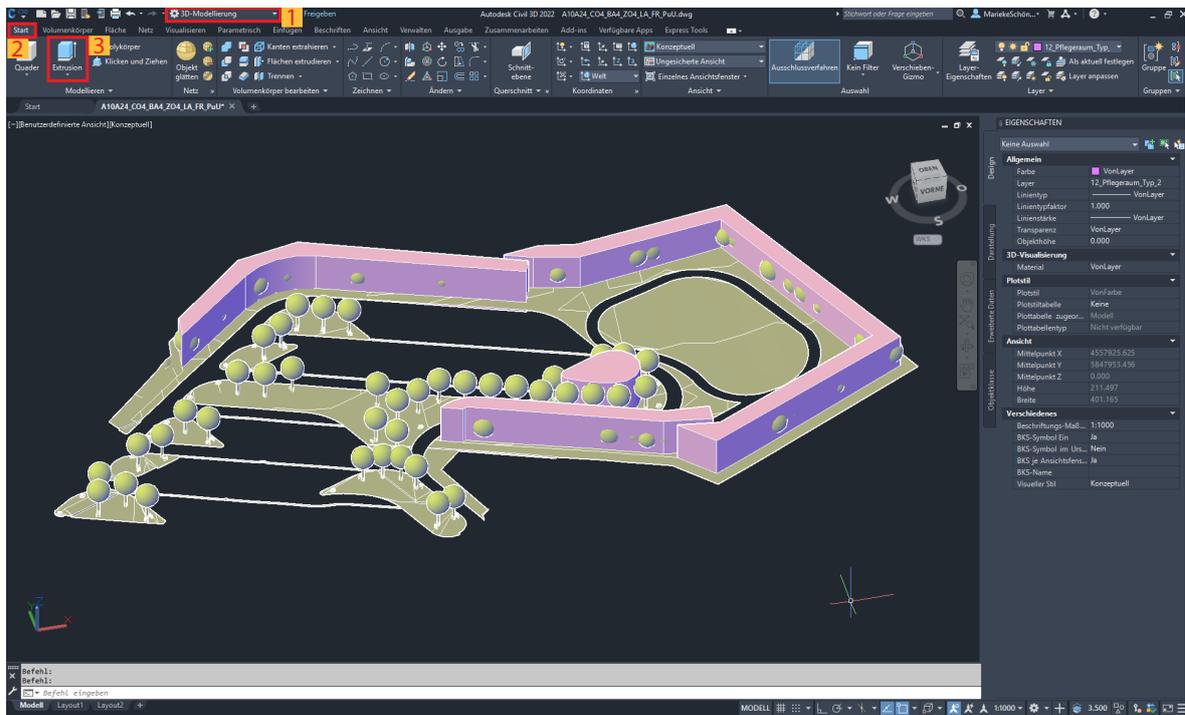
A2-Abb. 23: Aus DGM erzeugtes 3D-Schichtenmodell

1.5 Modellierung Räume

Modellelement *Raum*

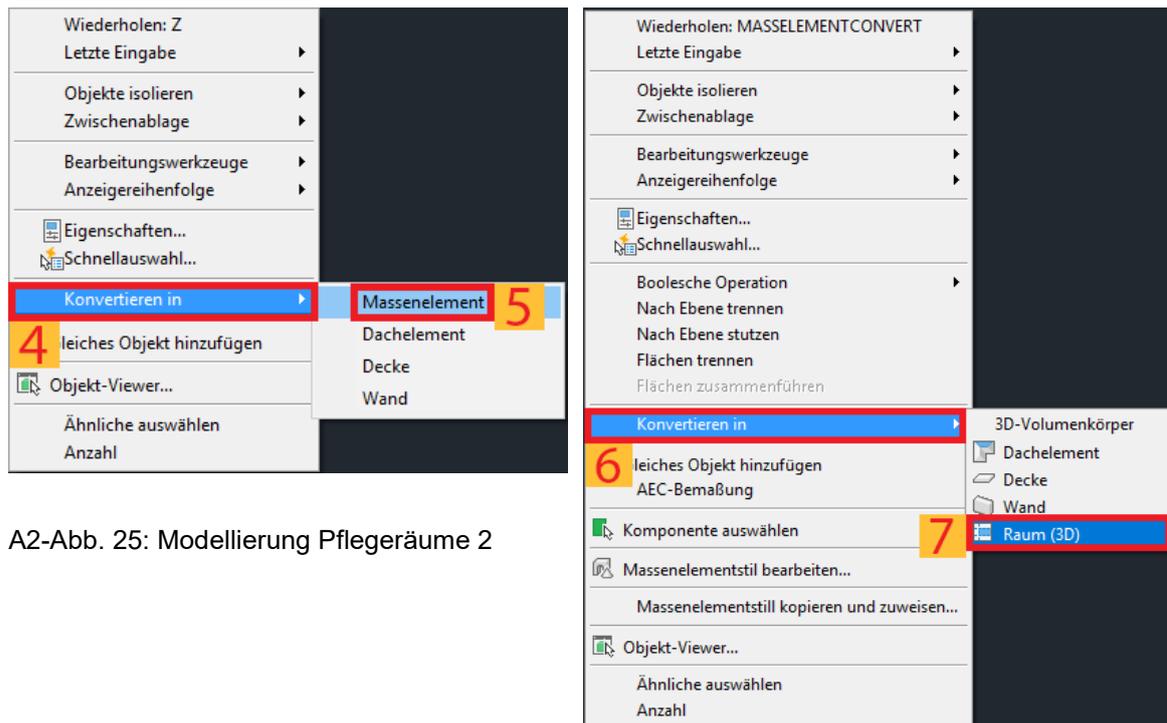
Typausprägung *Pflegeraum*

Arbeitsbereich: **3D-Modellierung** Registerkarte: **Start**



A2-Abb. 24: Modellierung Pflegeräume 1 –hier werde alle Pflegeräume, die zum Typ 1 gehören ausgewählt

Für die Modellierung der verschiedenen Pflegeräume werden dieselben Polylinien als Grundlage genutzt, die am Anfang für das Teilmodells *LbmnB* genutzt wurden. Da eine Extrusion von 3D-Polylinien nicht möglich ist, werden die 2D-Polylinien auf ungefähre Höhe des Geländemodells (Höhe: 35 m) gelegt. Aneinandergrenzende Vegetationsflächen werden zu einem Pflegeraum zusammengefasst. Die Polylinien werden mit dem Befehl **Extrusion** um 20 m auf der Z-Achse extrudiert. Für eine größere Übersichtlichkeit werden den Pflegeräumen über die Layer unterschiedliche Farben zugeordnet. Die nun vorliegenden 3D-Volumenkörpern werden anschließend in *IfcSpaces* umgewandelt.



A2-Abb. 25: Modellierung Pflegeräume 2

A2-Abb. 26: Modellierung Pflegeräume 3

Dafür wird der Volumenkörper mit Rechtsklick über den Befehl **Konvertieren in** in ein **Massenelement** umgewandelt. Die vorliegende Layoutgeometrie kann gelöscht werden. Die Massenelemente werden automatisch auf den aktuellen Layer gelegt und müssen gegebenenfalls umsortiert werden. Der Befehl **Konvertieren in** wird wiederholt. Jetzt steht die Auswahl **Raum** zur Verfügung und wird angewandt. Achtung, nach der Konvertierung werden die Räume in der 3D-Ansicht nicht angezeigt. Importiert man die Datei anschließend in DESITE md pro sind sie wieder zu sehen.

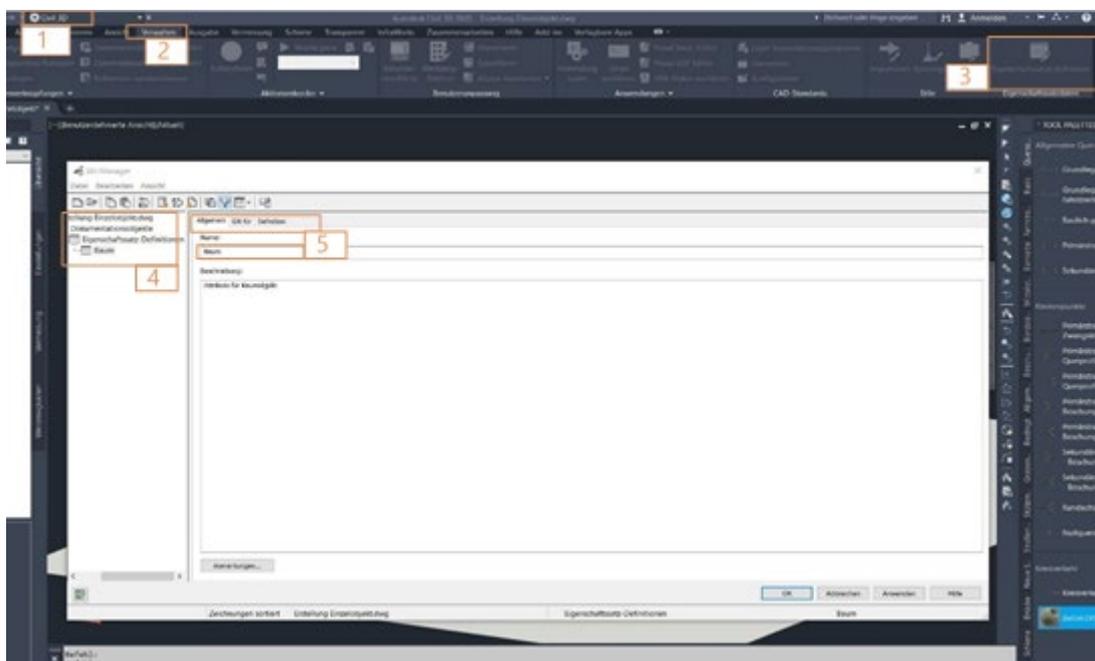
2 ATTRIBUTIERUNG UND IFC-EXPORT IN CIVIL 3D

2.1 Attributierung in Civil 3D

Am Beispiel des erzeugten 3D-Objektes 'Pflanze' wird im folgenden Abschnitt erläutert, wie das 'Property-Set' eines Objektes mit benutzerspezifischen semantischen Informationen erweitert werden kann.

Das erzeugte 3D-Objekt 'Pflanze' besitzt nach der Modellierung nur die Standardeigenschaften der Software. AutoCAD Civil 3D bietet daher die Funktion zur benutzerspezifischen Erweiterung des Property-Sets. Zunächst ist es dafür notwendig unter **Einstellung** den Arbeitsbereich **3D-Modellierung** wieder auf **3D-Civil** zu ändern. Unter der Registerkarte **Verwalten**, in der Gruppe **Eigenschaftssatzdaten**, befindet sich der Befehl **Eigenschaftssätze definieren**.

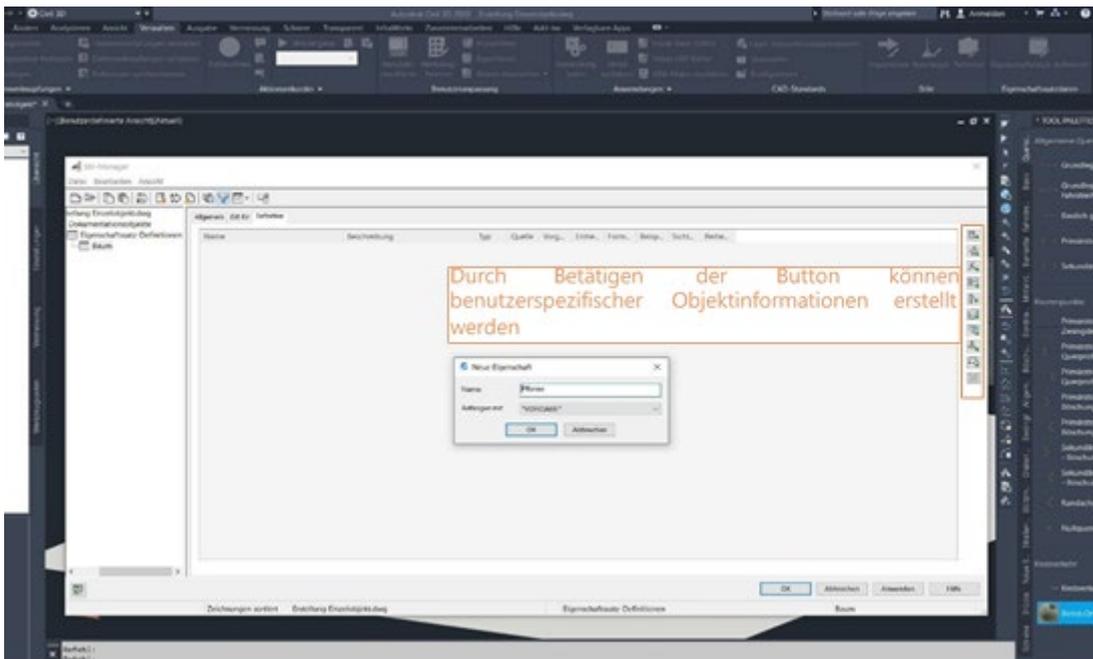
Im geöffneten Dialogfenster **Stil-Manager** wird in der linken Spalte die aktuelle Zeichnung angezeigt. Durch Betätigen des kleinen Plusymbols öffnet sich die Funktion **Eigenschaftssatz-Definition**. Mittels eines Rechtsklicks auf **Eigenschaftssatz-Definitionen**, kann im Kontextmenü die Funktion **neu** ausgewählt werden. Nun kann ein benutzerspezifischer Eigenschaftssatz erstellt werden.



A2-Abb. 27: Informationseigenschaften erstellen

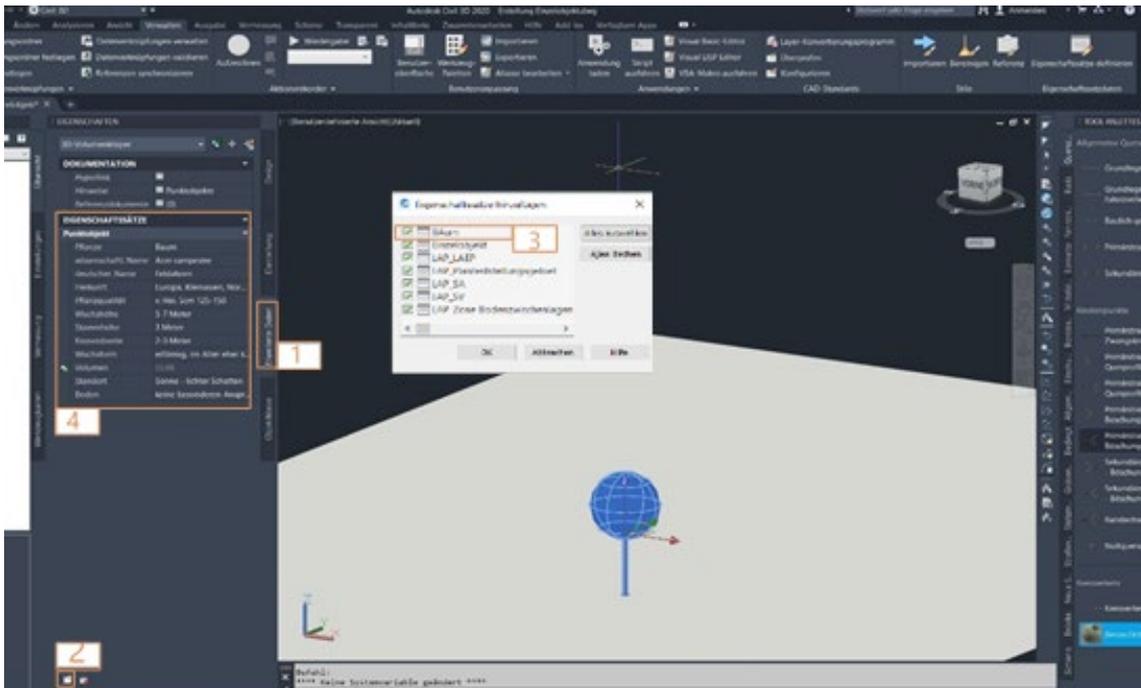
Im neu definierten Eigenschaftssatz werden die Reiter **Allgemein**, **Gilt für** und **Definition** angezeigt.

- **Allgemein:** Benennung und Beschreibung des neuen Eigenschaftssatz
- **Gilt für:** Objekte auswählen für die der neue Eigenschaftssatz gelten soll
- **Definition:** Erzeugen von Eigenschaftsdefinitionen durch betätigen der Buttons an der rechten Leiste



A2-Abb. 28: Definition neuer Objekteigenschaften

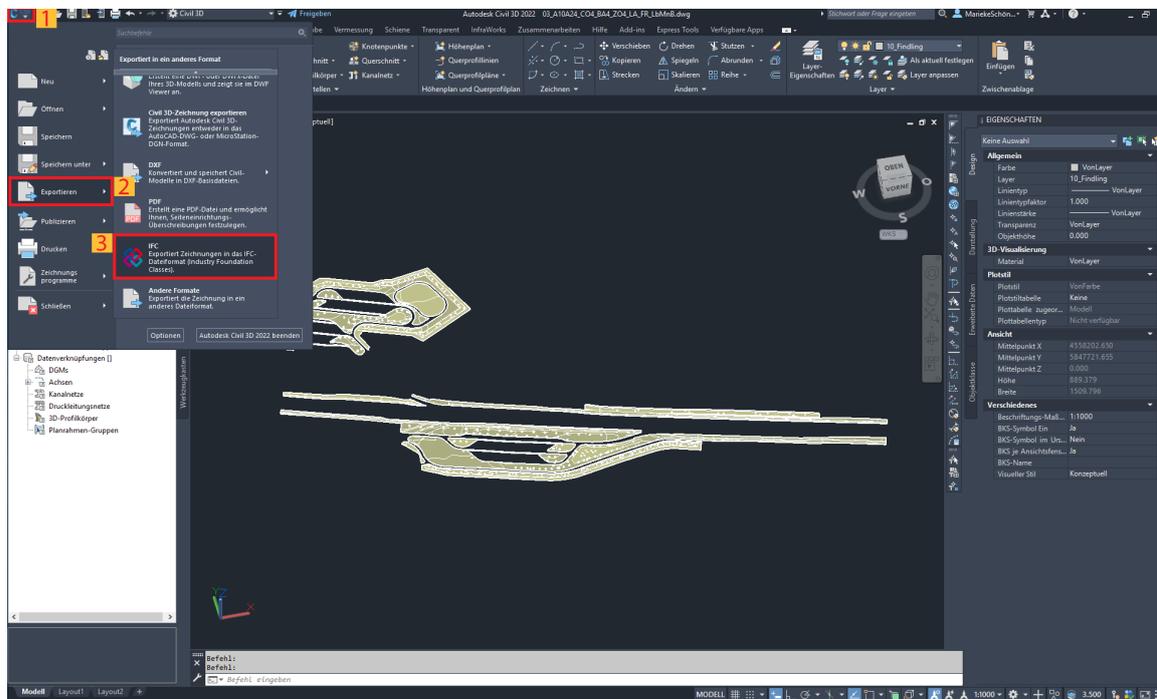
Nach der Erstellung eines neuen Eigenschaftsdatensatzes, können diese mit einem 3D-Objekt verknüpft werden. Dazu muss das 3D-Objekt ausgewählt sein. Außerdem ist im Fenster Eigenschaften an der rechten Seite der Button **Erweiterte Daten** zu wählen. Dabei erscheint unten ein unscheinbarer Button **Eigenschaftssätze hinzufügen**. Die erstellten Eigenschaftssätze können ausgewählt werden und mit dem Button **OK** dem Objekt hinzugefügt werden. Anschließend werden die Eigenschaftsdefinitionen manuell ausgefüllt.



A2-Abb. 29: Definition neuer Objekteigenschaften

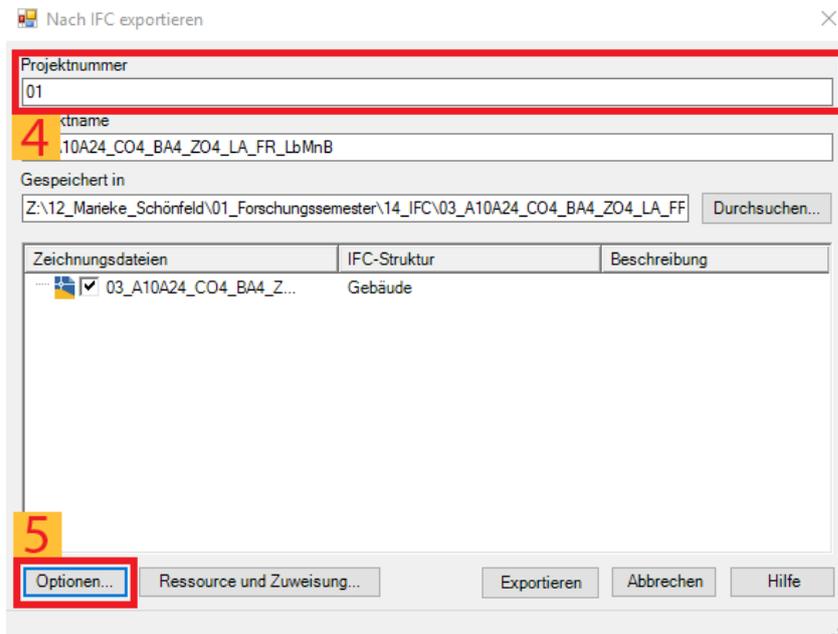
2.1 Überführung in IFC aus Civil 3D

Beide Teilmodelle *LAP 2* und *L-Betreiben* werden in Autodesk Civil 3D als IFC-Datei exportiert. Achtung, das Modell muss sich in einer 3D-Ansicht befinden, in der Draufsicht werden die DGMs nicht exportiert.



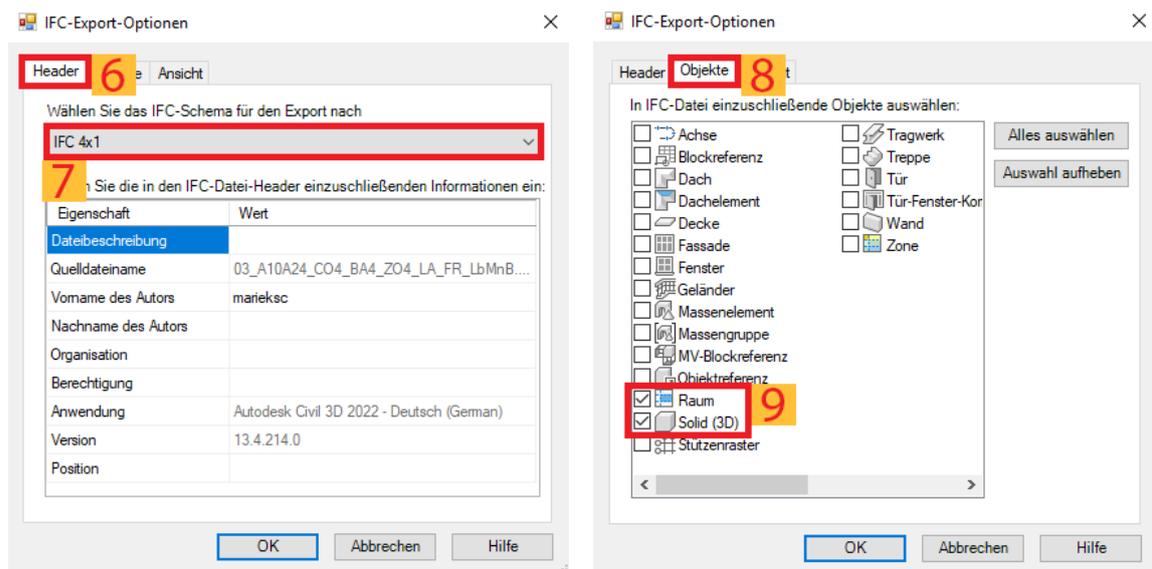
A2-Abb. 30: IFC-Export 1

Für den Export wird im Hauptmenü über die Auswahl **Exportieren** der Unterpunkt **IFC** ausgewählt. Es öffnet sich das Dialogfenster **Nach IFC exportieren**.



A2-Abb. 31: IFC-Export 2.

Wichtig an dieser Stelle ist die Vergabe einer **Projektnummer**, da der Befehl **Exportieren** ansonsten nicht ausgeführt werden kann. Über **Optionen** können Einstellungen für den IFC-Export vorgenommen werden.



A2-Abb. 32: IFC-Export 3

A2-Abb. 33: IFC-Export 4.

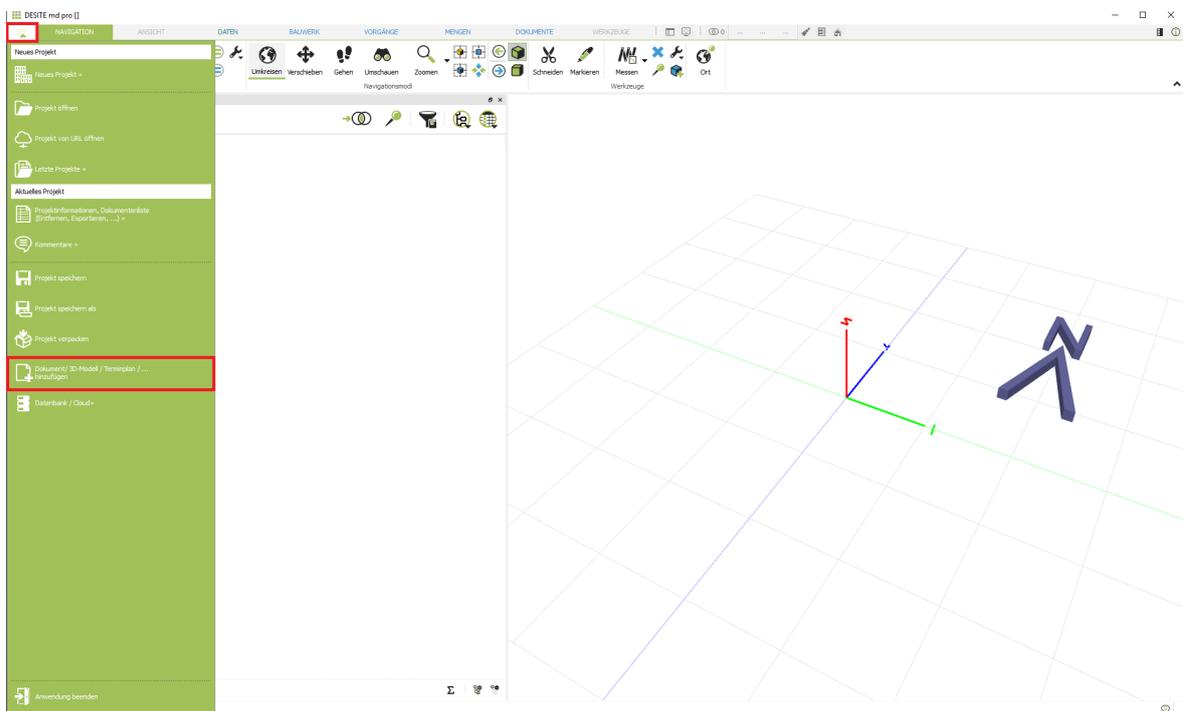
Im Reiter **Header** wird die aktuelle IFC-Version **IFC 4** ausgewählt. Wahlweise können weitere Informationen zu den Eigenschaften der IFC-Datei hinterlegt werden. Im Reiter **Objekte** werden die einzuschließenden Objekte ausgewählt. Da die modellierten Objekte als 3D-Volumenkörper angelegt wurden, werden diese als **Solid (3D)** exportiert. Dies ergibt in der IFC-Datei eine Klassifizierung als *IfcBuildingElementProxy*. Diese Klassifizierung gibt an, dass es sich um ein Bauteil handelt, für welches noch keine semantische Definition vorliegt (s. buildingSMART 2021a). Im Teilmodell *L-Betreiben* wird für die Pflegeräume zusätzlich das Objekt **Raum** (*IfcSpace*) ausgewählt. Anschließend wird der Export mit **OK** und **Export** durchgeführt.

3 WEITERBEARBEITUNG IN DESITE MD PRO

Die Workflows zur Weiterbearbeitung in der BIM-Managementsoftware DESITE md pro werden für die Teilmodelle gleichermaßen angewandt.

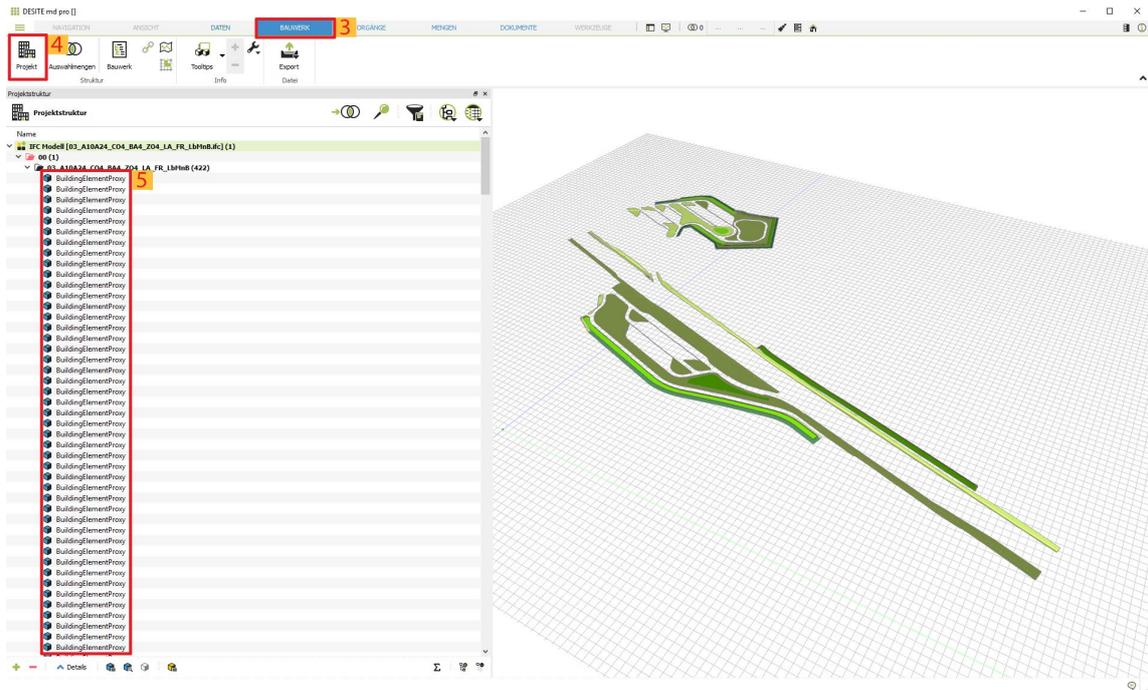
3.1 Import der IFC-Datei in DESITE md pro

Für den Import in DESITE md pro wird im **Hauptmenü** über die Auswahl **Dokument / 3D-Modell / Terminplan ... hinzufügen** die in Civil 3D erzeugte IFC-Datei in das Programm geladen.



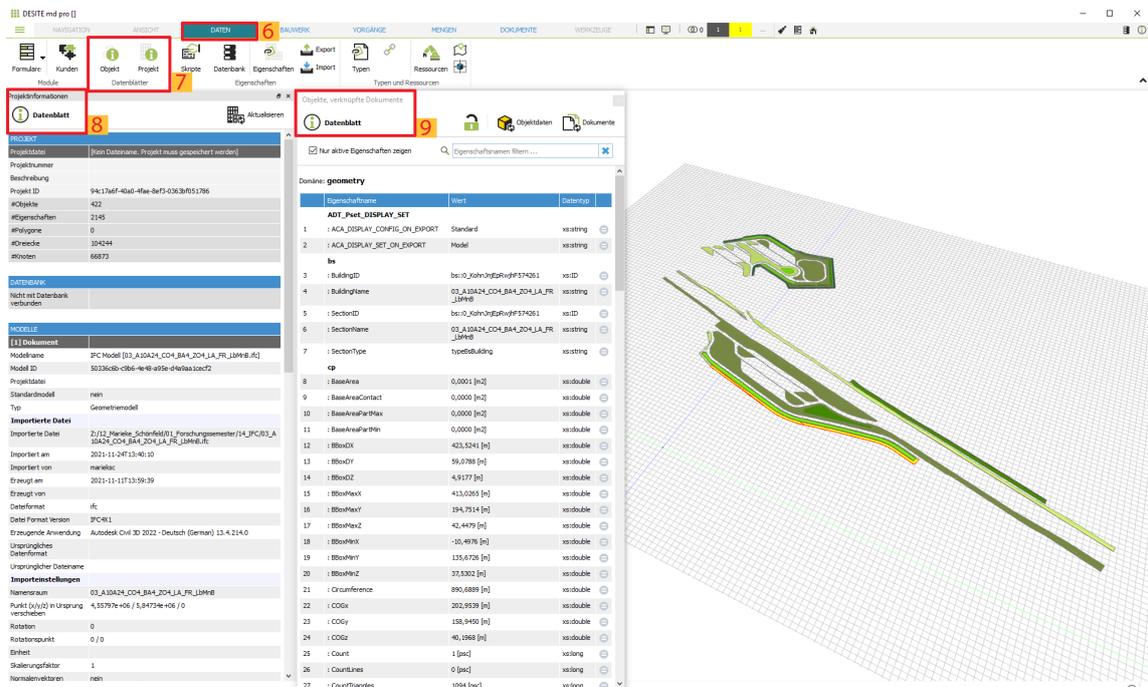
A2-Abb. 34: Import der IFC-Datei 1

Öffnet man die Menügruppe **Bauwerk** und trifft im Bereich Struktur die Auswahl **Projekt**, erscheint die **Projektstruktur** der hinzugefügten Dateien. Hier wird deutlich, dass alle 3D-Volumenkörper als **IfcBuildingElementProxy** und die Räume als **IfcSpace** in die IFC-Datei eingebunden worden sind.



A2-Abb. 35: Import der IFC-Datei 2

In der Menügruppe **Daten** im Bereich **Datenblätter** können über die Auswahl **Projekt** und **Objekt** mitgelieferte **Projektdaten** und mit den **Objekten verknüpfte Daten** eingesehen werden. Mit Erstellung der IFC-Datei wurden standardisierte PSets mit den Objekten verknüpft.



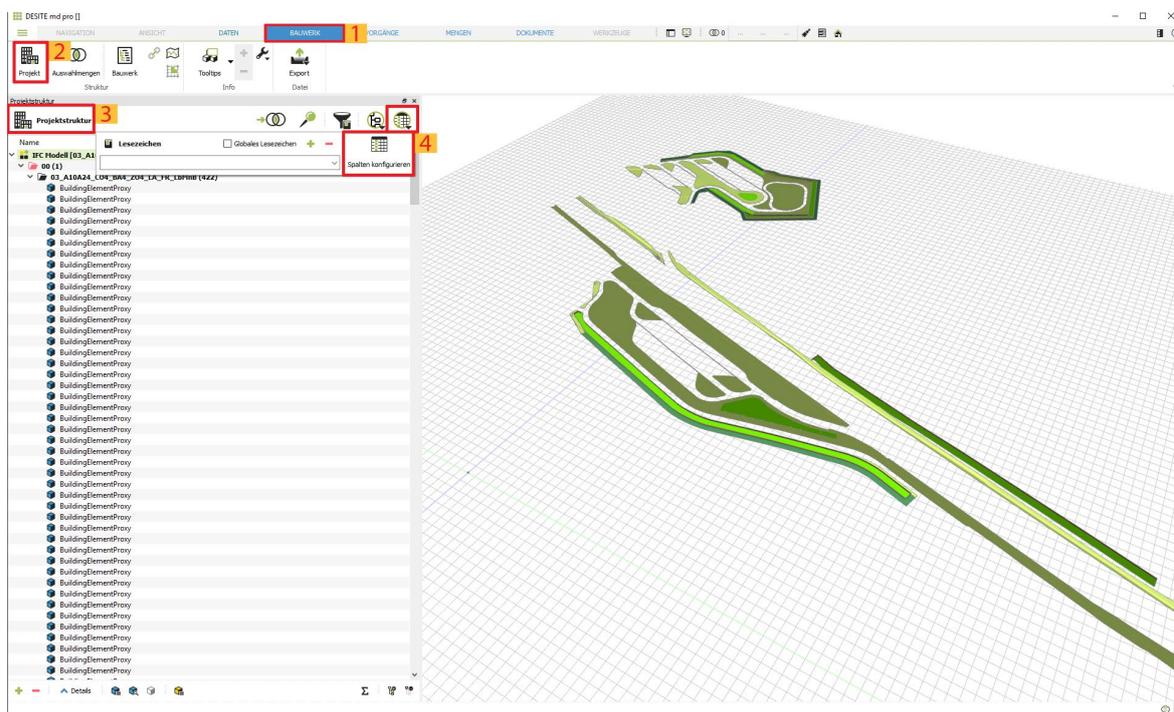
A2-Abb. 36: Import der IFC-Datei 3.

3.2 Attributierung in DESITE md pro

PropertySets und Eigenschaften anlegen

Im Folgenden wird anhand des Modellelements *Pflanze* der Workflow zum Anlegen neuer PropertySets und Eigenschaftstypen in DESITE md pro erläutert. Für eine möglichst schnelle und effiziente Zuordnung aller der in Kapitel 4.4 definierten Eigenschaften ist es sinnvoll, zunächst für jedes Modellelement eine Eigenschaft anzulegen, anhand derer im späteren Verlauf Auswahlmengen gebildet werden können. Hier bietet sich für alle Modellelemente die Eigenschaft *Typausprägung* an, diese wird für alle Objekte vordefiniert. Eine Ausnahme fordert das Modellelement *Pflanze*, da hier weiter in unterschiedliche Sorten unterteilt wird. Dementsprechend wird hier zusätzlich der Eigenschaftstyp *Botanischer_Name* angelegt. An diesem Beispiel wird der anzuwendende Workflow gezeigt.

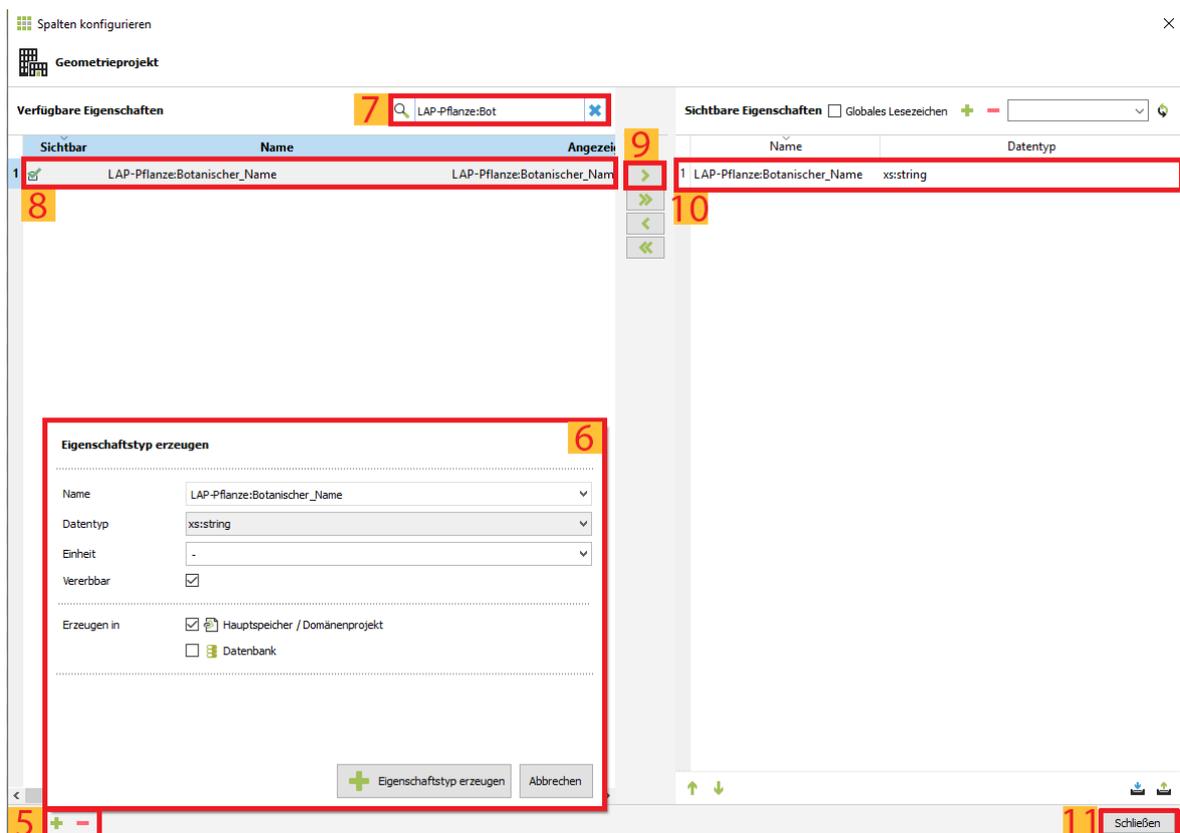
Zunächst wird in der Menügruppe **Bauwerk** im Bereich **Struktur** die Auswahl **Projekt** getroffen. Es öffnet sich die **Projektstruktur**. Am rechten oberen Rand wird die Auswahl **Spaltenkonfiguration** gewählt.



A2-Abb. 37: PropertySets und Eigenschaften anlegen 1.

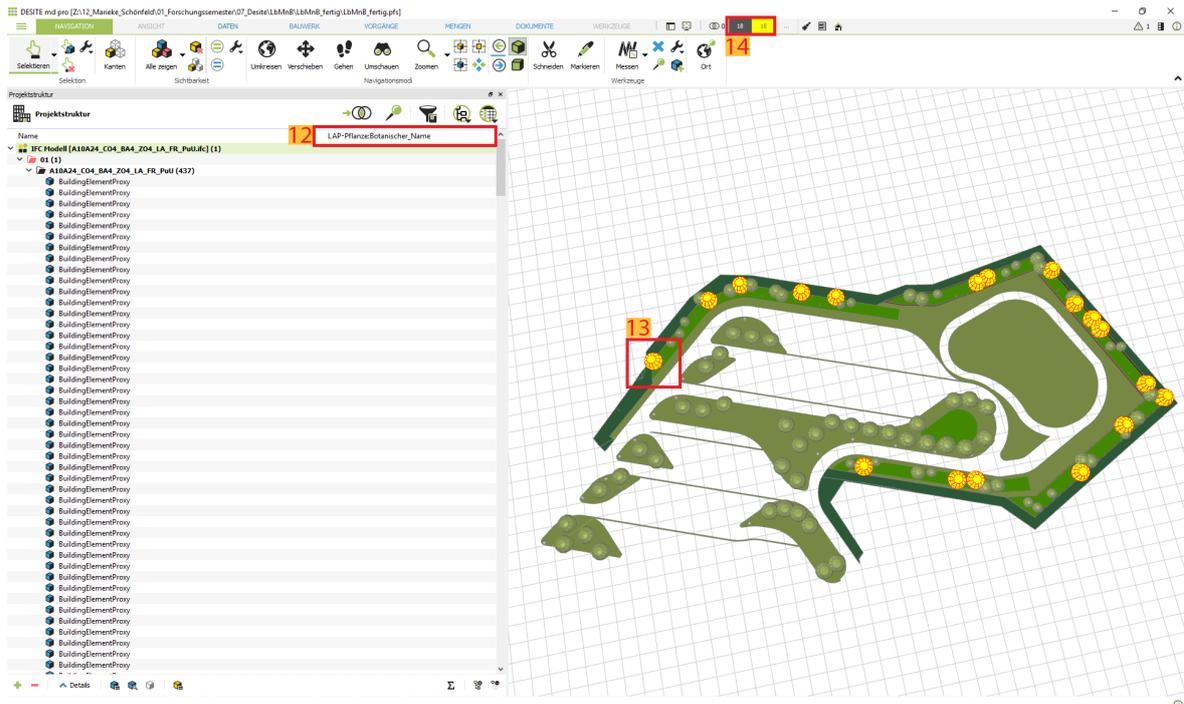
Es öffnet sich das Menüfenster **Spalten konfigurieren**. Über die Wahl des **grünen Plus-symbols** am linken unteren Rand öffnet sich das Fenster **Eigenschaftstyp erzeugen**. Hier werden Name, Datentyp und die Einheit der Eigenschaft definiert. Ein PSet wird erzeugt,

indem im Feld Name erst der Name des PSets, dann ein Doppelpunkt und anschließend der Name der Eigenschaft angegeben wird. Für das Beispiel *Botanischer_Name* wird somit folgender Name gewählt: *LAP-Pflanze:Botanischer_Name*. So wird die Eigenschaft *Botanischer_Name* dem PSet *LAP-Pflanze* zugeordnet. Aus den vordefinierten Datentypen wird *xs:string* gewählt. Eine Einheit gibt es in diesem Fall nicht. Anschließend **wird Eigenschaftstyp erzeugen** ausgewählt. Die Eigenschaft kann nun über die **Suchfunktion** in den **Verfügbaren Eigenschaften** gefunden werden. Die Eigenschaft wird ausgewählt und über den **Pfeil** den **Sichtbaren Eigenschaften** zugeordnet. Das Fenster wird **geschlossen**.



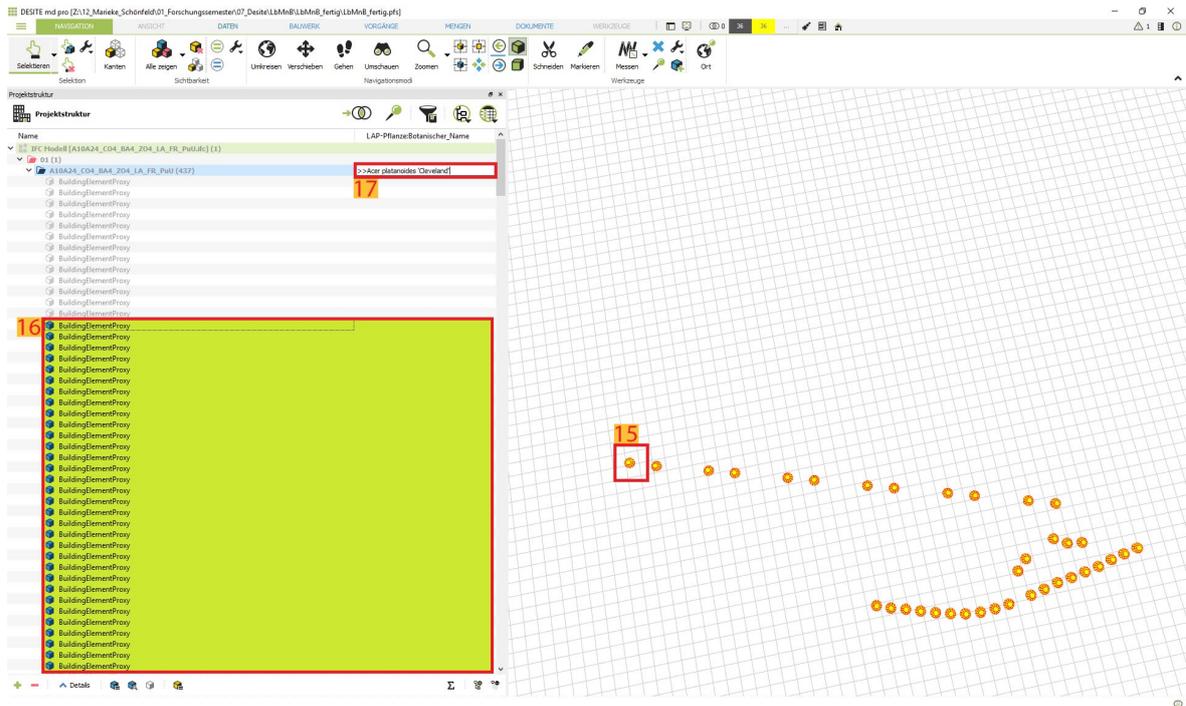
A2-Abb. 38: PropertySets und Eigenschaften anlegen 2.

Die ausgewählte Eigenschaft erscheint nun in der **Projektstruktur**. Im Modell werden alle Pflanzen mit der Eigenschaft *Botanischer_Name: Acer campestre, Cleveland'* **selektiert**. In der Navigationsmenüzeile wird angezeigt wie viele **Elemente selektiert** sind.



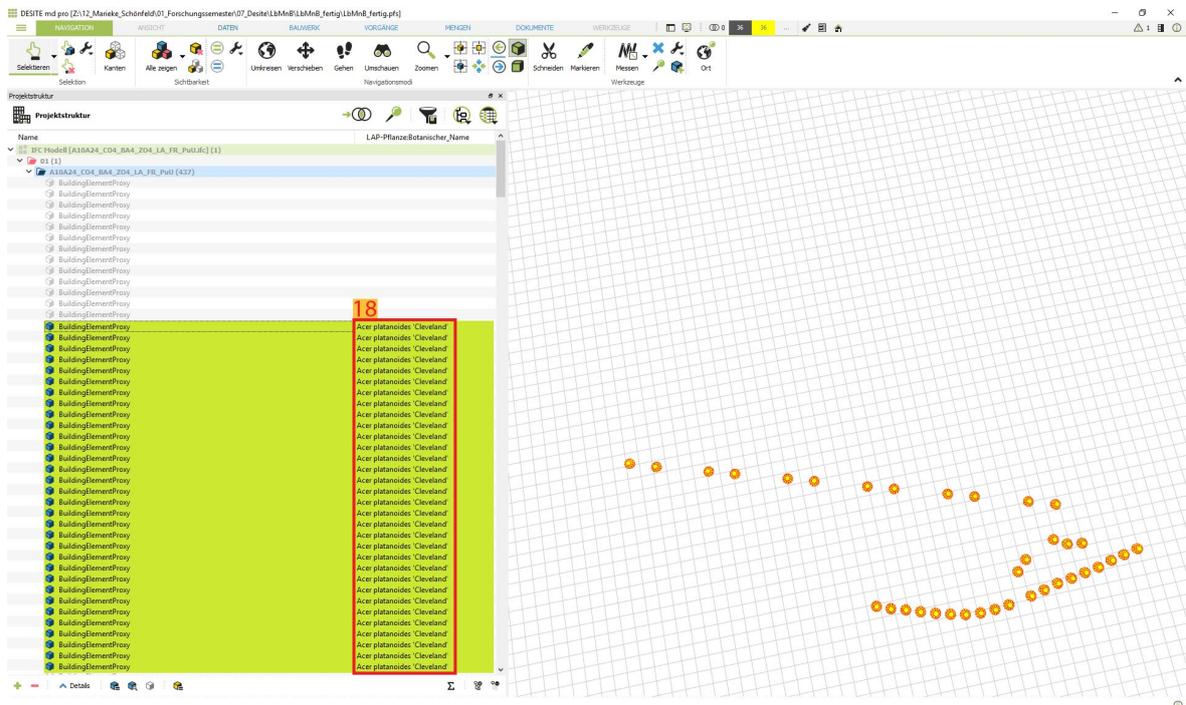
A2-Abb. 39: PropertySets und Eigenschaften anlegen 3.

Die selektierten Elemente werden in der **Projektstruktur** ausgewählt. Über den Befehl **Nur selektierte Objekte zeigen** werden die übrigen Objekte in Modell und Projektstruktur ausgeblendet. Diese Selektion bietet die Möglichkeit über die Eingabe eines Doppelpfeils einen Eintrag derselben Eigenschaft für alle selektierten Objekte zu erzeugen. Dafür wird im übergeordneten Ordner in der Spalte **LAP-Pflanze:Botanischer_Name** der Name wie folgt angegeben und mit Enter bestätigt. angeben: >>*Acer campestre 'Cleveland'*.



A2-Abb. 40: PropertySets und Eigenschaften anlegen 4.

Neben den selektierten Objekten erscheint der Name *Acer platanoides* 'Cleveland'.

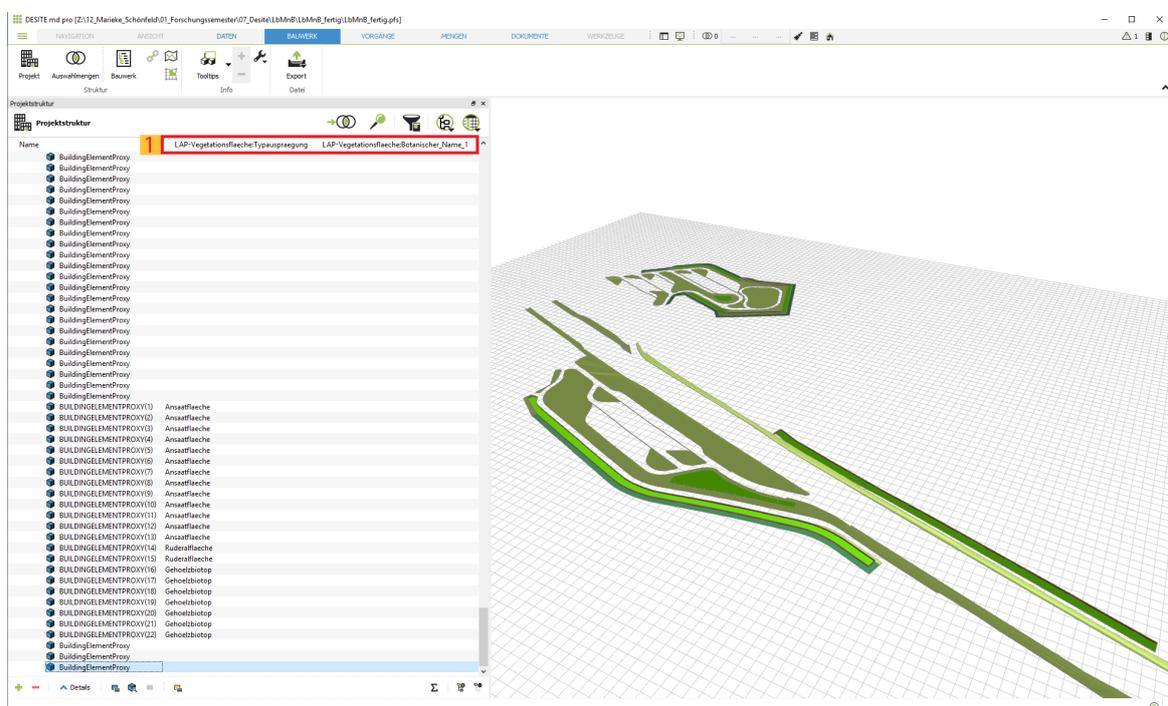


A2-Abb. 41: PropertySets und Eigenschaften anlegen 5.

Nach diesem Workflow wird der Eigenschaftstyp *Typauspraegung* für die PropertySets *LAP-Pflanze*, *LAP-Vegetationsflaeche*, *LAP-Schutzeinrichtung* und *LAP-Quartiere_Fauna* erzeugt und eingetragen.

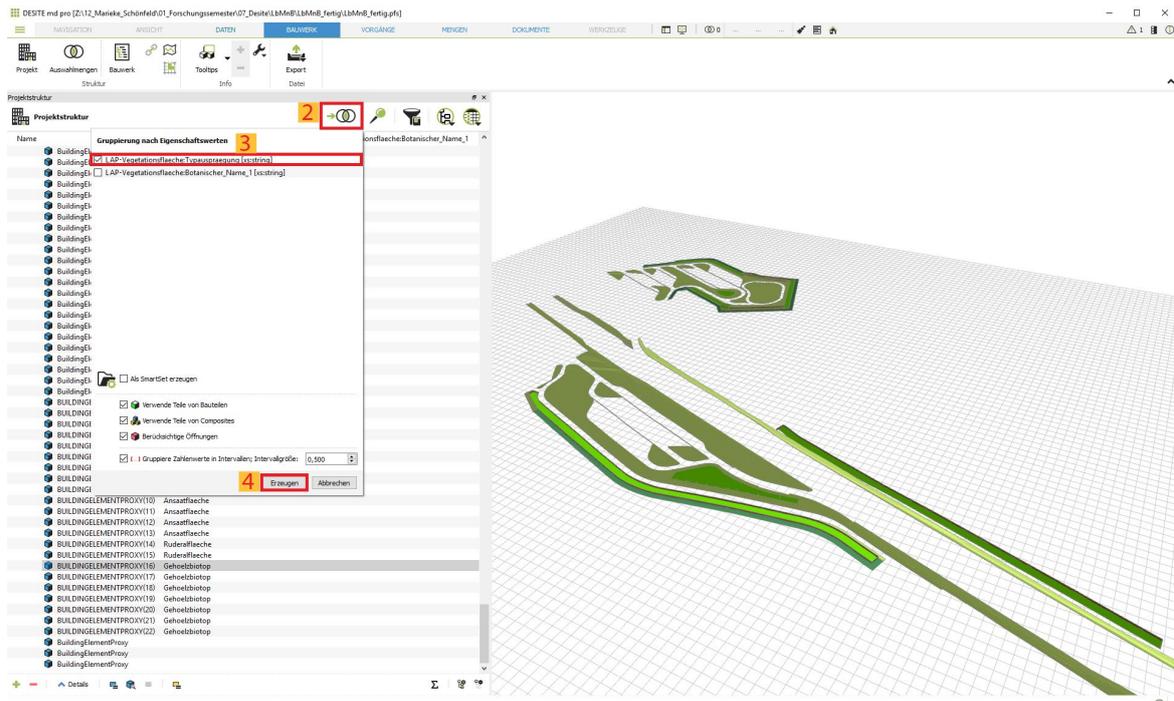
Eigenschaften über Auswahlmengen zuordnen

Durch den bereits eingetragenen Eigenschaftstyp *Typauspraegung* ist es nun möglich, alle weiteren Eigenschaften über Auswahlmengen zuzuordnen. Dieser Workflow wird am Beispiel der *Gehoezbiotope* und der Zuordnung *Botanischer_Name_1* erläutert. In der Spaltenkonfiguration der Projektstruktur sind die Eigenschaften *LAP-Vegetationsflaeche:Typauspraegung* und *LAP_Vegetationsflaeche:Botanischer_Name_1* bereits sichtbar.



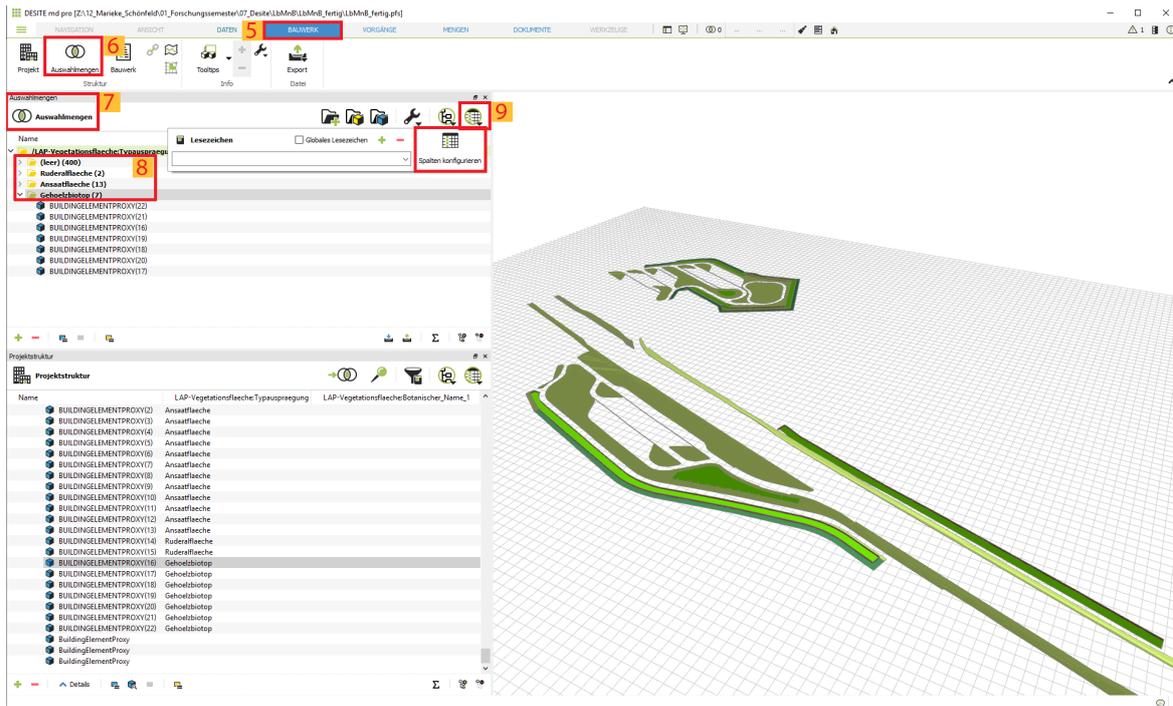
A2-Abb. 42: Eigenschaften über Auswahlmengen zuordnen 1.

Auswahlmengen können von Sichtbaren Eigenschaften erzeugt werden. Über die Auswahl **Gruppierung nach Eigenschaftswerten** wird die Auswahlmenge *LAP-Vegetationsflaeche:Typauspraegung* angehakt und erzeugt.



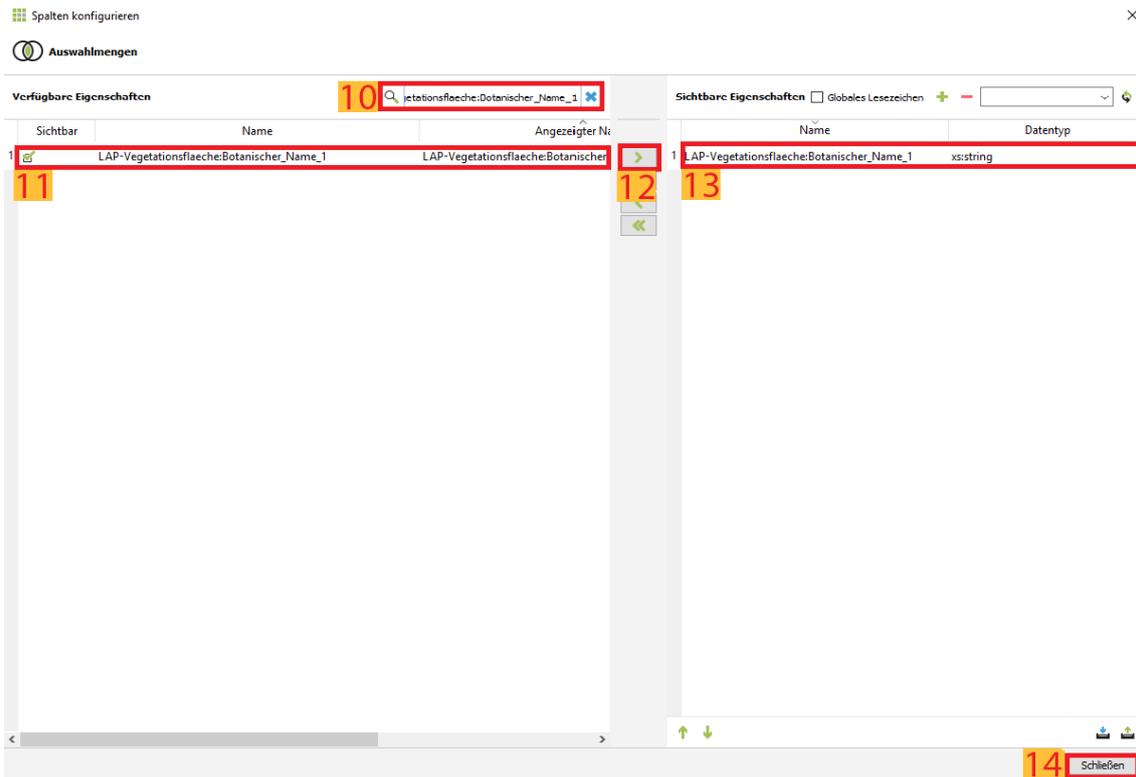
A2-Abb. 43: Eigenschaften über Auswahlmenü zuordnen 2.

Anschließend wird im Navigationsmenü **Bauwerk** unter Struktur das Werkzeug **Auswahlmenü** gewählt. Es öffnet sich das zugehörige Fenster. Das Ergebnis der erzeugten Auswahlmenge sind vier Ordner, in denen die Objekte nach *Leer*, *Ruderalfläche*, *Ansaatfläche* und *Gehoezbiotop* sortiert werden. Neben den Ordnern steht die Menge der enthaltenen Objekte. Der Ordner *Leer* wird nicht benötigt und kann gelöscht werden. Am rechten Rand der Auswahlmengen befindet sich das Werkzeug der **Spaltenkonfiguration**. Dieses wird geöffnet.



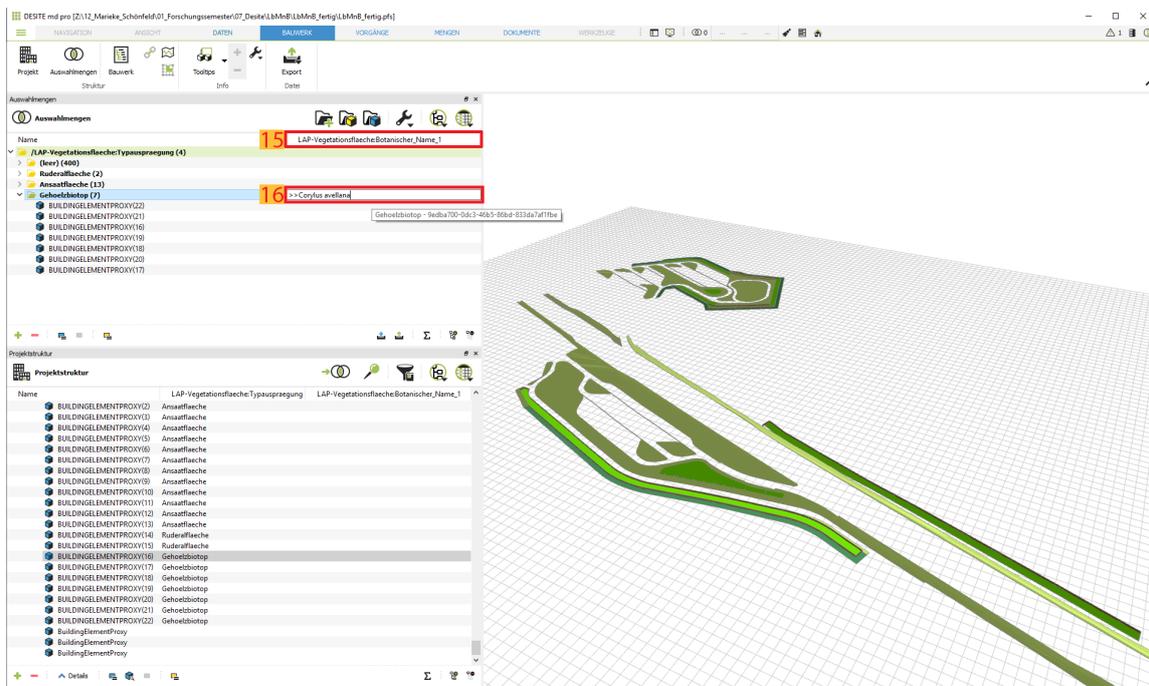
A2-Abb. 44: Eigenschaften über Auswahlmenü zuordnen 3.

Da alle Eigenschaftstypen bereits angelegt worden sind, kann im **Suchfeld** nach der Eigenschaft *LAP-Vegetationsflaeche:Botanischer_Name_1* gesucht werden. Die Eigenschaft wird angewählt und mit Hilfe des oberen **Pfeils** in das Feld der **Sichtbaren Eigenschaften** hinzugefügt. Die Spaltenkonfiguration wird **geschlossen**.



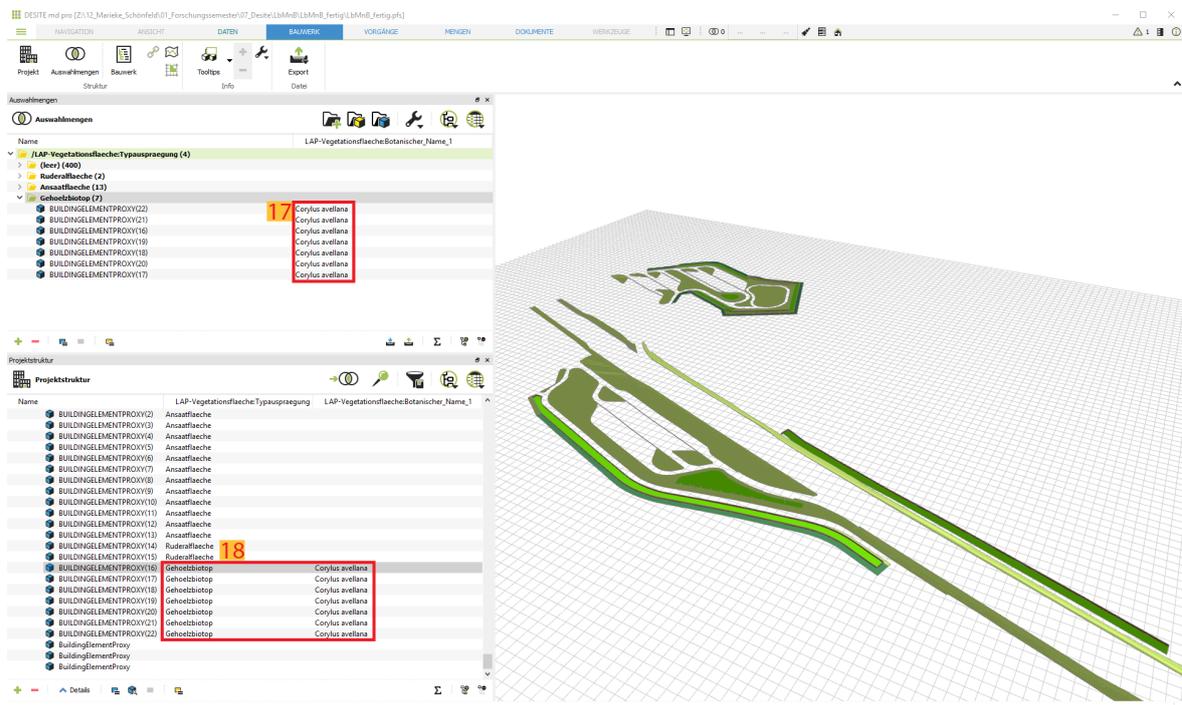
A2-Abb. 45: Eigenschaften über Auswahlmengen zuordnen 4.

Im Fenster Auswahlmengen ist nun die Spalte **LAP-Vegetationsflaeche:Botanischer_Name_1** zu sehen. In der Zeile des Ordners Gehoelzbiotop wird mit einem Doppelpfeil der Botanische Name (>>**Corylus avellana**) eingetragen und mit Enter bestätigt.



A2-Abb. 46: Eigenschaften über Auswahlmengen zuordnen 5.

Als Resultat ist zu sehen, dass der eingetragene Wert sowohl in den **Auswahlmengen** als auch in der **Projektstruktur** für alle Gehölzbiotope erscheint.



A2-Abb. 41: Eigenschaften über Auswahlmengen zuordnen 6.

Dieser Workflow wird für alle zu erzeugenden Eigenschaften angewandt. Dies beinhaltet auch die in Kapitel 3.1.3 vorgestellten modellübergordneten Attribute des *Verfügbarkeitsmodells A10/A24*.

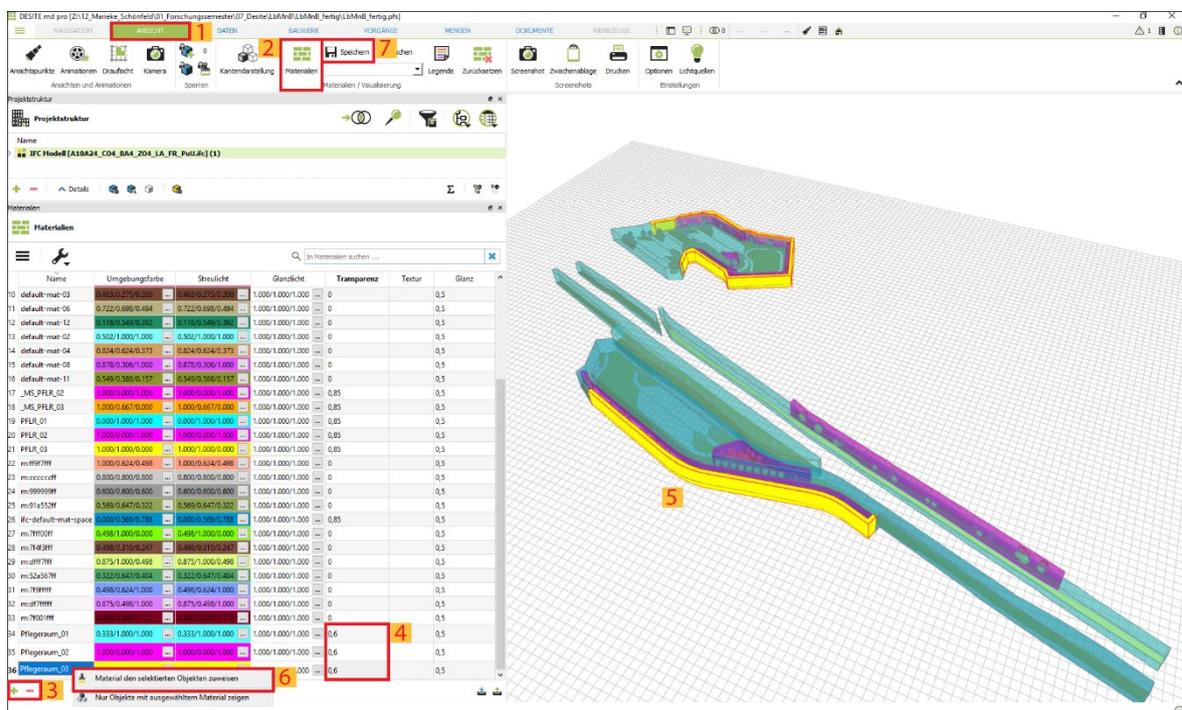
Die Ergebnisdatei (Modell-Geometrien inklusive der angereicherten Attribute) kann für das Koordinationsmodell wieder als IFC exportiert werden.

4. AUSWERTUNG IN DESITE MD PRO

Farbschema anlegen

Der Workflow zum Anlegen von Farbschemen bezieht sich auf das Teilmodell *L-Betreiben - Pflege und Kontrolle*.

Beim Import der IFC-Datei fällt auf, dass die zugeordneten Farbschemata der Layer aus Civil 3D für alle *IfcBuildingElementProxys* übernommen wurden, jedoch nicht für die *IfcSpaces*, also die Pflegeräume. In DESITE md pro gibt es die Möglichkeit Materialien und Farbschemata neu anzulegen und zuzuweisen. Dafür wird im Reiter **Ansicht** in der Gruppe **Materialien / Visualisierung** über **Materialien** das zugehörige Fenster geöffnet. Über das **grüne Plussymbol** am unteren linken Rand können neue Materialien definiert werden. Für die Pflegeräume werden drei neue Farben angelegt. Die **Transparenz** wird auf 0,6 gestellt, sodass die innenliegenden Objekte weiterhin einsehbar sind. Anschließend werden die entsprechenden Räume im Modell **selektiert**. Über einen Rechtsklick auf das Material kann die Option **Material den selektierten Objekten zuweisen** ausgewählt werden. Abschließend wird das angelegte Farbschema **abgespeichert**.



A2-Abb. 51: Farbschema anlegen