

Empfehlung Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten

Modellanforderungen – Teil 4 Modellbasierte Leistungsverzeichnisse

Ergänzung zur DAUB-Empfehlung BIM im Untertagebau

DAUB-Arbeitskreis



Empfehlung

Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten. BIM im Untertagebau Modellanforderungen – Teil 4: Modellbasierte Leistungsverzeichnisse Ergänzung zur DAUB-Empfehlung BIM im Untertagebau (2019)

Herausgeber

Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB)
German Tunnelling Committee (ITA-AITES)
Mathias-Brüggen-Str. 41, 50827 Köln
Tel. +49 - 221 - 5 97 95-0
Fax +49 - 221 - 5 97 95-50
E-Mail: info@daub.de
www.daub-ita.de

Erarbeitet von der Arbeitsgruppe „Modellbasiertes Leistungsverzeichnis“ innerhalb des Arbeitskreises „BIM im Tunnelbau“

Mitglieder des Lenkungskreises:

Dipl.-Ing. Lars Babendererde	BabEng GmbH
Dipl.-Ing. ETH Heinz Ehrbar (Leiter)	im Auftrag der DB Netz AG
Dr.-Ing. Stefan Franz	DEGES GmbH
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Maurhofer	Amberg Engineering AG
Dr.-Ing. Peter-Michael Mayer	Ed. Züblin AG

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Dipl.-Ing. (FH) Nicole Arndt	Amberg Engineering AG
Dipl.-Ing. Volker Becker	Ed. Züblin AG
Dipl.-Ing. Sascha Boxheimer	Wayss & Freytag Ingenieurbau AG
M. Eng. Torsten Brungsberg	BUNG Baumanagement GmbH
BA-BPM, MAS-Wirt.-Energie Marcel Chour	CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung
Dipl.-Ing. Wolfgang Fentzloff	Implenia Construction GmbH
Dipl.-Ing. Matthias Florax	DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH
Dipl.-Ing. Stephan Frodl	Ed. Züblin AG
Dipl.-Ing. Dr.techn. Karl Großbauer	iC consulenten ZT GmbH
M. Sc. Kang-Chi Jao	Wayss & Freytag Ingenieurbau AG
Dipl.-Ing. Alexander Kropp	Max Bögl
M.Sc. Helena Loga	DB Netz AG
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.Ing. Klaus Würthele (Leiter)	Ed. Züblin AG

Satz, Layout und redaktionelle Bearbeitung:

Gabriele Konopka	Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V.
Prof. Dr.-Ing. Roland Leucker	Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V.

August 2022

Titelbild: Unternehmensgruppe BUNG

Inhalt

Präambel.....	5	4.4 Nebenangebote	24
1 Einführung.....	6	4.5 Qualitätssicherung.....	26
1.1 Ausgangssituation	6	4.5.1 Modellgeometrie.....	26
1.2 Geltungsbereich und Zielgruppe.....	6	4.5.2 Zuweisung von Merkmalen.....	26
1.3 Abgrenzung	6	4.5.3 Vollständigkeitskontrolle objektbasierter Leistungen.....	27
2 Aktueller Stand der Praxis	6	4.5.4 Änderungsmanagement bei Planungsänderungen.....	28
2.1 Deutschland (D) – STLB und STLK	7	5 Handlungsfelder für Weiterentwicklungen.....	28
2.1.1 Struktur/Konzept	7	5.1 Modellbildung.....	28
2.1.2 Einschränkungen	8	5.1.1 Ausbruch und Sicherung	28
2.2 Österreich (A) – LB-VI	8	5.1.2 Innenschale.....	29
2.2.1 Struktur/Konzept	8	5.1.3 Offene Austauschformate.....	30
2.2.2 Möglichkeiten der Anwendung	8	5.2 Merkmale	30
2.3 Schweiz (CH) – NPK.....	8	5.2.1 Fortschreibung Merkmalkatalog	30
2.3.1 Struktur/Konzept, Mengen- und Kostenermittlung.....	11	5.2.2 Zusammenführung mit weiteren Gewerken.....	30
2.3.2 Pilotprojekte.....	11	5.3 Leistungsverzeichnis	30
2.3.3 Weiterentwicklung Regelsatz IFC – eBKP-T.....	12	5.3.1 Überarbeitung von Standard- Leistungsverzeichnissen	30
2.4 Nebenangebote	13	5.3.2 Anpassung von Abrechnungsregeln.....	30
3 BIM Anwendungsfälle für ein modellbasiertes Leistungsverzeichnis	14	5.3.3 Kombination mehrerer Modelle durch die AVA- Software.....	31
3.1 Planung, Planungsvariantenuntersuchung .	14	5.3.4 Anzahl möglicher Variablen.....	31
3.2 Mengen- und Kostenermittlung	15	6 Ausblick.....	31
3.3 Leistungsverzeichnis	15	6.1 Ausführung.....	31
4 Methodik für eine modellbasierte LV-Erstellung.....	16	6.1.1 Abrechnung.....	31
4.1 Anforderungen an das Modell	16	6.1.2 Controlling	31
4.1.1 Struktur.....	16	6.1.3 Geänderte und zusätzliche Leistungen.....	32
4.1.2 Objekte.....	17	6.2 Vertragsmodelle	32
4.1.3 Merkmale und Merkmalkatalog.....	18	6.2.1 Einheitspreisvertrag.....	32
4.1.4 Vorhaltemaße und Überhöhungen.....	18	6.2.2 Pauschalvertrag.....	32
4.2 Anforderungen an die Mengenermittlung .	18	6.2.3 Partnerschaftliche Vertragsmodelle	33
4.3 Anforderungen an das Leistungs- verzeichnis	20	7 Glossar	33
4.3.1 Verwendung von Standardleistungsverzeichnissen	21	8 Literaturverzeichnis.....	37
4.3.2 Merkmale	21	Anlagen	39
4.3.3 LV-Positionen	23	Anlage 1: Beispiele nicht-objektbasierter Leistungen.....	40
4.3.4 Nicht-objektbasierte Leistungen	23		

Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher, männlicher oder neutraler Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet.

Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Präambel

Zur Sicherstellung einer nachhaltigen Nutzung der vielfältigen Informationen im Infrastrukturbau ist es notwendig, dass auch im Untertagebau der zunehmenden Digitalisierung Rechnung getragen wird.

Empfehlungen des DAUB bilden üblicherweise „best practice“ Lösungen aus dem Untertagebau in Deutschland und aus Projekten mit deutscher Beteiligung ab. Geschuldet der Tatsache, dass im Untertagebau die digitalen Bearbeitungsmethoden zur Projektumsetzung in Teilen erst am Anfang der Entwicklung stehen, basieren die in diesem Dokument ausgesprochenen Empfehlungen auf den Erfahrungen erster Praxisanwendungen von Experten und sollen zur Standardisierung in der Umsetzung dienen. Des Weiteren sollen diese Empfehlungen auch Anregungen zu möglichen Einsparpotentialen liefern, die zu einem positiven Return on Invest (ROI) führen, auch wenn sich dieser im Gegensatz zu den Implementierungskosten der BIM-Anwendungen nur schwer messen lässt.

Die im Mai 2019 veröffentlichte DAUB-Empfehlung „Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten – BIM im Untertagebau“ [1] wurde mit der Zielsetzung erstellt, ein Grundverständnis über die Anwendung von BIM im Untertagebau zu vermitteln. Basierend auf dieser Empfehlung folgte ein Jahr später die Veröffentlichung der Modellanforderungen Teil 1 [2], die das grundlegende Verständnis der Modellstruktur mit einheitlichen Bezeichnungen für tunnelbautypische Objekte und zugehöriger Objektinformationen zum Inhalt hat.

Das vorliegende Dokument behandelt als Teil 4 der Empfehlungsreihe das Vorgehen bei der Erstellung eines Leistungsverzeichnisses mit Nutzung eines Modells, wie es aus den Vorphasen des Projektes erwachsen ist.

Nach einer Übersicht über die aktuelle Ausgangssituation in den drei D-A-CH-Ländern wird auf die maßgeblichen Anwendungsfälle im Zuge der Ausschreibung eingegangen. Es schließen sich die Erläuterungen zur Methodik einer modellbasierten LV-Erstellung sowie die Handlungsfelder für Weiterentwicklungen an. Im letzten Kapitel wird ein Ausblick auf spätere Anknüpfungspunkte in der Ausführungsphase gegeben. Weiterhin werden auch die möglichen Auswirkungen erörtert, die unterschiedliche Vertragsmodelle auf die Prozesse der modellbasierten LV-Erstellung haben können.

Es ist davon auszugehen, dass diese Empfehlung in den nächsten Jahren sukzessive an die sich weiterentwickelnden Praxiserfahrungen und Anforderungen angepasst wird.

Diese Empfehlung wird zusammen mit weiteren Empfehlungen (Teil 2, Teil 3 und Teil 5) zu „BIM im Untertagebau“ veröffentlicht, die hier zur besseren Übersicht gemeinsam aufgeführt sind:

BIM im Untertagebau	05/2019
Modellanforderungen Teil 1: Objektdefinition, Codierung und Merkmale	06/2020
Modellanforderungen Teil 2: Informationsmanagement	08/2022
Modellanforderungen Teil 3: Baugrundmodell	08/2022
Modellanforderungen Teil 4: Modellbasierte Leistungsverzeichnisse	08/2022
Modellanforderungen Teil 5: Vorhaltemaße und Überhöhungen	08/2022

Im Teil 2 dieser Veröffentlichungsreihe werden die Bezeichnungen und Abkürzungen der DIN EN ISO 19650-1/2 verwendet, um auch international die Konsistenz zu wahren. Im vorliegenden Dokument werden abweichend davon die bisher im deutschsprachigen Raum teilweise noch gebräuchlichen Bezeichnungen und Abkürzungen verwendet. Als Beispiel sei hier der BIM-Abwicklungsplan (BAP) genannt, der nach DIN EN ISO 19650-1/2 als BIM Executionplan (BEP) bezeichnet wird.

Im Glossar werden sowohl die im deutschsprachigen Raum gebräuchlichen als auch die normgemäßen Abkürzungen angegeben.

1 Einführung

1.1 Ausgangssituation

Building Information Modelling (BIM) im Untertagebau befindet sich nach wie vor in den frühen Phasen der Entwicklung; aktuell ist im D-A-CH-Raum kein Projekt vorhanden, in dem BIM vollständig und durchgehend über alle Projektphasen angewandt wurde.

Für die beabsichtigte Umsetzung von BIM bedarf es weiterer Konkretisierungen bzw. Standardisierungen, die hinsichtlich der modellbasierten Erstellung von Leistungsverzeichnissen (LV) folgende Aspekte betreffen:

- Erfordernis eines ausreichend hohen Detaillierungsgrades mit einer entsprechenden Anzahl von Objekten inklusive deren Informationen (Merkmale)
- Harmonisierung der LV- und Modell- bzw. Objektstruktur
- Lösungen für Positionen, die keinem Objekt direkt zugeordnet werden können
- Kompatibilität der Modelle im Austausch, unabhängig vom Autor und der verwendeten Software

Zum näherungsweisen Erreichen dieser Anforderungen werden bisher entsprechende Strukturen und Definitionen in den unterschiedlichen Planungsbüros und Unternehmen (projekt-)individuell entwickelt. BIM ist allerdings nur wertschöpfend, wenn die sich bietenden Möglichkeiten zur digitalen Zusammenarbeit in großem Maße einheitlich genutzt werden. Dies wiederum erfordert die Etablierung und Verwendung von Standards, die an die Stelle der derzeitigen Einzellösungen der jeweiligen Projekte bzw. der beteiligten Parteien treten.

Ein Modell mit seinen Objekten und seiner Struktur sowie der Möglichkeit der objektbezogenen Informationsbereitstellung ist eine gute Grundlage, um die vorhandenen Daten bei der Erstellung eines LV, das ebenfalls einer projektbezogenen logischen Struktur folgt, zu verwenden. Sowohl das Modell als auch das Leistungsverzeichnis dienen hierbei dem gleichen Zweck, nämlich die Abbildung der Erstellung eines Bauwerkes vor seiner Ausführung.

Die fortschreitende Entwicklung im Bereich der AVA-Software – AVA steht für die Prozessschritte Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung – erlaubt es, Modelle anhand definierter Merkmale an Objekten (z. B. Bauteile) zu durchsuchen und sie in Form von Auswahlgruppen zusammenzufassen. Die Auswahlgruppen können LV-Positionen zugeordnet werden. Auf diese Art und Weise ist eine weitgehend automatisierte LV-Erstellung aus dem Modell möglich.

Zielsetzung dieser Empfehlung ist, die Grundlagen für eine (Teil-)Automatisierung bei der LV-Erstellung zu legen, indem neben dem Objektkatalog auch ein standardisierter Merkmalkatalog zur Verfügung gestellt wird, der die zielgerichtete Informationsübertragung zwischen Modell und LV vereinfacht.

Bis zur technischen Umsetzung eines automatisiert erstellten Leistungsverzeichnisses können auch das Modell und das LV getrennt voneinander erstellt und letztendlich miteinander verknüpft werden.

1.2 Geltungsbereich und Zielgruppe

Mit der vorliegenden Empfehlung sollen grundsätzlich alle Projektbeteiligte im Untertagebau angesprochen werden, die mit der Erstellung und weiteren Verwendung von Leistungsverzeichnissen befasst sind.

Die vorgestellten Grundlagen können in der Projektierung und Planung sämtlicher Untertagebauwerke Anwendung finden. Sie sollten bereits in der Vorplanung berücksichtigt und spätestens ab der Entwurfsphase konsequent angewendet werden. Mit fortschreitender Planungstiefe wird dabei auch das LV detaillierter ausgearbeitet.

1.3 Abgrenzung

Die am Untertagebau beteiligten Gewerke sind abhängig von der Nutzungsart und dem Bauverfahren des jeweiligen Projekts. Sehr häufig sind Schnittstellen zum Ingenieurbau, Spezialtiefbau, Hochbau, Straßen- oder Gleisbau und zur Tunnelausrüstung vorhanden. Daher fokussiert sich diese Ausarbeitung auf das Untertagebauwerk in der Planungs- und Ausschreibungsphase.

Der im Rahmen dieser Empfehlung ausgearbeitete Merkmalkatalog (siehe Teil 2 der Empfehlungsreihe **[3]**) beschränkt sich bei den LV-relevanten Merkmalen auf die wesentlichen Materialien und bei den tunnel-spezifischen Objekten auf die Kerntätigkeiten Ausbruch, Sicherung, Abdichtung und Herstellung von Innenschale bzw. Tübbingauskleidung. In den ausgearbeiteten Bereichen ist der Merkmalkatalog derart ausdetailliert, dass die Leistungen mit diesen Merkmalen vollumfänglich beschrieben werden können.

2 Aktueller Stand der Praxis

Bis zum Jahr 2021 wurden in den D-A-CH-Ländern bis auf einzelne Pilotprojekte noch keine modellbasierten Ausschreibungen für Tunnelprojekte veröffentlicht. Die bisher „konventionell“ erstellten Leistungsbeschreibungen umfassen in der Regel neben vertraglichen Bestandteilen Baubeschreibungen, Plä-

ne und Gutachten sowie Leistungsverzeichnisse. Diese werden den Bietern elektronisch im pdf-Format und in einer dem jeweiligen landesspezifischen Datenaustauschformat entsprechenden digitalen Datei zur Verfügung gestellt. Die Abgabe der Angebote aus dem Bieterkreis erfolgt in der Regel ebenfalls elektronisch.

Ausschreibung und Vergabe erfolgen in der Regel im Offenen Verfahren oder im Verhandlungsverfahren. In vertragsrechtlicher Hinsicht sind die meisten Projekte in den D-A-CH-Ländern als Einheitspreisvertrag konzipiert. Bis auf einzelne Pilotprojekte sind Design & Build-Verträge sowie partnerschaftliche Vertragsmodelle in diesen Ländern noch nicht in der Anwendung.

Mit der Veröffentlichung der Ausschreibung werden den Bietern zur Leistungsbeschreibung Baubeschreibung, Pläne, Leistungsverzeichnis sowie weitere Unterlagen zur Verfügung gestellt. Die Bieter sind verpflichtet, Fehler und Unklarheiten in der Ausschreibung durch Fragen an den Auftraggeber aufzuklären. In diesem Zusammenhang werden die Ausschreibungsunterlagen häufig angepasst (ergänzt oder geändert). Hierüber werden die Bieter informiert und erhalten entweder geänderte Ausschreibungsunterlagen (z. B. durch geänderte Leistungsverzeichnisse oder Ergänzungs-LV), die sie bei der Erstellung der Angebote berücksichtigen müssen, oder sie erhalten textliche Zusammenstellungen der Änderungen, die der AG an den Ausschreibungsunterlagen vornehmen möchte, ohne die Unterlagen selbst in geänderter Form zur Verfügung zu stellen. Auch Mischformen kommen vor. Im Idealfall erhalten die Bieter bei der Bereitstellung geänderter Ausschreibungsunterlagen eine Übersicht über die durchgeführten Änderungen.

Vom Unternehmer sind auch häufig die Grundlagen der Preisermittlung (Urkalkulation) abzugeben. Diese dokumentieren die zur Ausschreibung gehö-

rende Angebotskalkulation und dient u. a. bislang als Grundlage für die Kostenermittlung bei zusätzlichen und geänderten Leistungen.

2.1 Deutschland (D) – STLB und STLK

Im Bereich des Tunnelbaus erfolgt die Erstellung von LVs bei Herausgabe dieser Empfehlung weitgehend manuell und nahezu ausschließlich unter Verwendung von eigenen, über die Jahre fortentwickelten und gepflegten Vorlagen der einzelnen ausschreibenden Ingenieurbüros. Die Mengen für das jeweilige LV werden konventionell aus den Plänen der Entwurfsplanung ermittelt. Das ausschreibende Ingenieurbüro formuliert dazu passende, in der Regel auf unternehmensinternen Vorlagen basierende LV-Positionen, in denen die Leistung umfassend und eindeutig beschrieben wird.

Dabei existieren in Deutschland durchaus Standardleistungsverzeichnisse (s. u.). Allerdings hat eine exemplarische Auswertung von 18 Ausschreibungen für Straßen-, Eisenbahn- und Leitungstunnel aus den letzten 10 Jahren eine Bandbreite von 0 bis maximal 45 % aller Positionen gezeigt, die aus Standardleistungstexten stammen – dies in der Regel auch nur für Tief- und Straßenbauleistungen außerhalb der Tunnel- und Ingenieurbauwerke.

2.1.1 Struktur/Konzept

Das in Deutschland bestehende Gesamtsystem standardisierter Leistungstexte für das Bauwesen gliedert sich gemäß STLK-Richtlinien entsprechend **Tabelle 2-1**: Im Folgenden werden die beiden meistverwendeten Leistungskataloge erläutert.

Standardleistungsbuch STLB-Bau

Das STLB-Bau wird vom DIN, Deutsches Institut für Normung in Berlin herausgegeben. Aufstellung, Ent-

Tabelle 2-1 Bestehendes Gesamtsystem standardisierter Leistungstexte für das Bauwesen in Deutschland

LN-Nr.	Inhalt
000 – 099	Standardleistungsbuch Bau – Dynamische BauDaten (STLB-Bau)
100 – 199	Standardleistungskatalog für den Straßen- und Brückenbau (STLK)
200 – 299	Standardleistungskatalog für den Wasserbau (STLK-W)
300 – 399	bisher Standardleistungsbuch – Bauen im Bestand (BiB), nun eingearbeitet im STLB-Bau
400 – 499	bisher Leistungsbereiche der Deutsche Bahn AG, Geschäftsbereich Netz, z. T. umgesetzt im STLB-Bau
500 – 599	bisher Standardleistungsbuch – Bauen im Bestand, Block und Plattenbau (BiB), nun eingearbeitet im STLB-Bau
600 – 699	Standardleistungsbuch für Zeitvertragsarbeiten – Dynamische BauDaten (STLB-BauZ)
700 – 799	z. Zt. nicht belegt
800 – 899	Entwurfsstände (Gelbentwürfe) des Standardleistungskatalog für den Straßen- und Brückenbau (STLK)
900 – 999	Regionalleistungskataloge (RLK) einzelner Straßenbauverwaltungen der Länder

wicklung und laufende Aktualisierung erfolgen über den GAEB, Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen, Bonn. Das Standardleistungsbuch gilt seit 1998 für Bauvorhaben des Bundes sowie der Hochbauverwaltungen der Länder, sofern sie für den Bund tätig sind. Die Bundesländer haben die Einführung des STL-Bau für den Landesbau individuell geregelt.

In der Praxis wird das STL-Bau bei Hochbauvorhaben des Bundes und der Länder angewendet, nicht jedoch für Infrastrukturprojekte. Trotzdem ist im STL das Leistungsbuch LB 007 Untertagebauarbeiten vorhanden, welches Leistungstexte in Anlehnung an die DIN 18312 Untertagebauarbeiten definiert. In diesem beschränkt sich der Inhalt auf die Themen Ausbruch und Sicherung, ohne weitere tunnelspezifische Themenfelder wie z. B. Tunnelabdichtungen, Entwässerung, Stillstände, Störfälle etc. zu beschreiben.

Die Struktur der Leistungstexte im STL ist aufgrund ihres modularen Aufbaus für eine modellgestützte LV-Bearbeitung geeignet. Die als DIN SPEC 91400 eingeführte BIM-Klassifikation nach STL-Bau ist ein bauteilorientiertes Klassifikations- und Beschreibungssystem für BIM und den IFC-Datenaustausch. Durch Anwendung dieser Klassifikation können Bauteile in Bauwerksmodellen mit standardisierten Eigenschaften (Merkmalen) inhaltlich kompatibel zu STL-Bau und zu IFC mit Daten gefüllt werden.

Standardleistungskatalog STLK

Der STLK ist eine nach Leistungsbereichen gegliederte Sammlung standardisierter, datenverarbeitungsge-rechter Texte zur Beschreibung von Standardleistungen im Straßen- und Brückenbau, die vom Bundesministerium für Verkehr und ab 1999 (Überarbeitungen, Neuausgaben) von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln herausgegeben und gepflegt wird. Die Einführung erfolgte durch das damalige Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, heute BMDV).

Für den Tunnelbau ist der Leistungsbereich LB 125 vorgesehen, der mit der 2. Auflage im März 2021 nach über 20 Jahren überarbeitet wurde. Aufbau und Struktur des STLK erscheinen für eine modellgestützte Arbeitsweise weniger geeignet als beim STL. Vorteilhaft ist aber der ganzheitliche Ansatz des LB 125 durch die Integration von weiteren Leistungsinhalten zu den Themenfeldern Baustelleneinrichtung, Wasserhaltung und Entwässerung, Abdichtung, zeitgebundene Gemeinkosten etc.

2.1.2 Einschränkungen

Bislang ist es im Bereich von Planung und Ausschreibung von Tunnelbauwerken in Deutschland nicht zu einer Standardisierung der LVs gekommen. In der Folge liegen innerhalb der Unternehmen auch keine durchgängig verwendbaren Musterkalkulationen vor.

2.2 Österreich (A) – LB-VI

2.2.1 Struktur/Konzept

Die Leistungsumfänge der Tunnelplanung werden in Österreich bei Planungs- und Ingenieurbüros an der „Honorarleitlinie Bauwesen – Tunnelbau“ (1. Teil Eisenbahntunnel, 2. Teil Straßentunnel) angelehnt, die zwar mit 2006 außer Kraft gesetzt wurde, jedoch immer noch praktische Bedeutung hat. In dieser wird eine Einteilung in die Projektphasen Vorprojekt, Einreichprojekt und Bauprojekt vorgenommen. Die standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur (LB-VI) stellt in großem Maße die Grundlage der Ausschreibung in der Projektierungsphase eines Tunnelbauwerks dar. Der Umfang der LB-VI geht weit über die für den Tunnelbau relevanten Leistungsbeschreibungen hinaus und umspannt Straßen-, Brücken- und Flussbau sowie weitere Baubereiche. Die LB-VI gründet sich auf dem Zusammenwirken von mehr als 170 Experten, wird in vertretbaren Zeitabständen zur Berücksichtigung sich ändernder Normen, Richtlinien und Gesetze aktualisiert und durch die Österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr (FSV) herausgegeben. Sie umfasst mit der Versionsnummer 006 (Versionsdatum 2021-05-01) knapp 26.000 Positionen, die in die nachstehenden Leistungsgruppen eingeteilt sind und von denen die Leistungsgruppen 62 bis 68 für den Tunnelbau besondere Bedeutung haben. Sofern die in den Leistungsbüchern vorhandenen standardisierten Beschreibungen nicht ausreichen, kann das Leistungsverzeichnis mit sogenannten Z-Positionen (Bezeichnung „Z“) erweitert werden. Jedoch ist es Ziel der LB-VI, für Klein- und Großprojekte gleichermaßen eine standardisierte Leistungsbeschreibung bereitzustellen.

2.2.2 Möglichkeiten der Anwendung

Die Themenvielfalt der LB-VI zeigt **Tabelle 2-2**. Ihre Module für Straßen- und Brückenbau, Tunnelbau, Wasserwirtschaft, Eisenbahnoberbau, Untergrunderkundungen und Landschaftsbau weisen die breite Anwendbarkeit der LB-VI aus.

2.3 Schweiz (CH) – NPK

In der Schweiz werden die Leistungsverzeichnisse anhand von standardisierten Positionstexten festgelegt. Der Normpositionen-Katalog (NPK) ist eine umfangreiche Sammlung von standardisierten Normpositionen, die alle je eine spezifische Arbeitsleistung auf der Baustelle beschreiben. Er bildet die Grundlage für standardisierte und rechtssichere Leistungsbeschreibungen.

Der Tunnelbau besteht aus zahlreichen umfassenden Bautätigkeiten. Je komplexer die auszuschrei-

Tabelle 2-2 Leistungsgruppen der LBVI mit Nummern und Bezeichnungen (Österreich)

1	Projektierung und Bauwerksprüfung	46	Amphibien- und Wildschutzeinrichtungen, Zäune
2	Baustellengemeinkosten	47	Instandsetzungsarbeiten Bauwerke
4	Untergrunderkundungen	51	Böschungs-, Ufer- und Sohlsicherung, Steinmauern
6	Vor-, Abtrags- und Erdarbeiten	52	Steinschlagschutznetzsysteme und Felsvernetzungen
8	Gräben für Rohrleitungen und Kabel	53	Landschaftsbau
9	Rohrleitungen, Wasserversorgung und Druckleitungen	55	Deponiebau
10	Rohrleitungen, Rinnen, Abwasserentsorgung und drucklose Entwässerungssysteme	57	Sanierung von Altlasten und kontaminierten Flächen
11	Kabelarbeiten	58	Materialverwertung
12	Schächte und Abdeckungen	62	Ausbrucharbeiten UT
13	Brunnenbau Wasserversorgung	63	Stützmaßnahmen UT
14	Unterirdische Wiederherstellung Rohrleitungen	64	Entwässerungsarbeiten UT
15	Unterirdische Neuverlegung Rohrleitungen	65	Abdichtungen UT
19	Baugrubenaushub und Baugrubensicherung	66	Betonarbeiten UT
20	Spezialtiefbau	67	Nebenarbeiten UT
21	Wasserhaltung und Wasserumleitung	68	Bauleistungen für Geotechnische Messungen UT
22	Verankerungs- und Injektionsarbeiten	70	Bohrungen und Versuche UT
23	Oberflächennahe Geothermie	72	Düsenstrahlverfahren UT
25	Unterbauplanum und ungebundene Tragschichten	73	Rohrschirm UT
26	Bituminöse Trag- und Deckschichten	74	Zusatzmaßnahmen UT
28	Betondecken, zementstabil. Tragschichten	75	Sondermaßnahmen kont. UT
29	Pflasterarbeiten, Randbegrenzungen	77	Geotechnische Messungen UT
31	Beton, Stahlbeton und Mauerungsarbeiten	81	Gleise Schotter
32	Oberflächenschutz und Abdichtung von Beton	82	Weichen Schotter
35	Stahlbau	83	Feste Fahrbahn
36	Oberflächenschutz von Metall	87	Nebenarbeiten Oberbau
37	Antriebe Stahlwasserbau	88	Bettung, Gleis- und Weichenanlage
40	Straßenausrüstung, Bodenmarkierungen	89	Komponenten (Lieferung)
41	Brückenausrüstung	90	Prüfungen
42	Lärmschutzbauten	91	Chem. Untersuchungen einmalig anfallender Abfälle und Wässer
43	Straßenausrüstung – Rückhaltesysteme	92	Reinigungsarbeiten
44	Verkehrslichtsignalanlagen (VLSA)	98	Regiearbeiten
45	Verkehrszeichen		

bende Tätigkeit ist, desto detaillierter fällt die Beschreibung der Einzelleistungen aus. Indem die ausschreibende Stelle auf standardisierte Normpositionen zu den bauspezifischen Arbeitsleistungen zurückgreifen kann, wird die Festlegung der Bauleistung vereinfacht und transparenter gestaltet. Die an der Ausschreibung beteiligten Personen (Bauherr, Ingenieur, Unternehmer usw.) können sich anhand einer einheitlichen

aufgebauten Struktur sehr leicht orientieren. Die einzelnen Kapitel sind so aufgebaut, dass sie dem Ablauf der verschiedenen, im jeweiligen Kapitel enthaltenen Bauleistungen folgen. So sind alle Kapitel des NPK dem Bauprozess entsprechend nummeriert. Die NPK 261 bis 276 enthalten sämtliche Leistungsbeschreibungen für den Untertagebau. Der NPK 113 deckt die Baustelleninstallationen ab (**Tabelle 2-3**).

Tabelle 2-3 NPK für Leistungsbeschreibungen im Untertagebau (Schweiz)

260		Ausbrucharbeiten unter Tag	270		Ausbauarbeiten unter Tag
261	D/15	Sprengvortrieb im Fels SPV	271	D/15	Abdichtungen im Untertagebau
262	D/15	Tunnelbohrmaschinen-Vortrieb im Fels TBM	272	D/15	Entwässerungen im Untertagebau
263	D/15	Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels MUF	273	D/15	Verkleidungen im Untertagebau
264	D/15	Maschinenunterstützter Vortrieb im Lockergestein MUL	274	D/15	Innenausbau im Untertagebau
265	D/15	Schildmaschinen-Vortrieb im Lockergestein SM	275	D/15	Kabelrohranlagen im Untertagebau
266	D/15	Ausbruchsicherungen im Untertagebau	276	D/15	Vorauserkundungen und Überwachungen im Untertagebau
267	D/15	Bauhilfsmassnahmen im Untertagebau			
268	D/15	Wasserhaltung im Untertagebau			

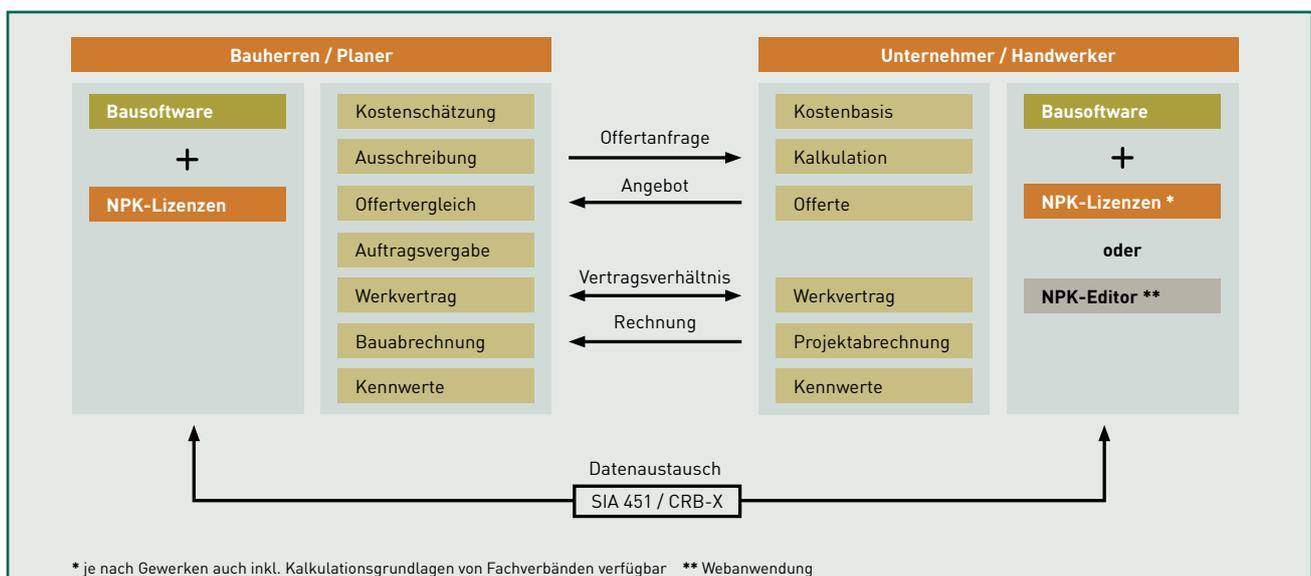
Unter Mitwirkung des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins SIA, zuständig für die Normierung im Fachbereich Bauwesen, und der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung CRB, zuständig für die Standardisierung im Bauwesen, erarbeiteten zahlreiche Tiefbauexperten eine praxisorientierte, breit abgestützte Kostengliederung für die Bedürfnisse im Tiefbau. Diese regelmäßig überarbeiteten Normpositionen-Kataloge werden veröffentlicht und mithilfe eines Index gekennzeichnet (z. B. NPK 261 D/15, Ausgabejahr 2015), wodurch sichergestellt wird, dass alle Beteiligten mit den gültigen Versionen arbeiten.

Mit heutigem Stand werden im Rahmen der Ausschreibung (SIA-Phase 41) auf Grundlage von Detailplänen das Leistungsverzeichnis (Devis) und Vorausmasse ermittelt, die alle Werkleistungen beinhalten,

die der Bauunternehmer zur Ausführung des Bauwerkes zu erbringen hat. Dabei sind die Anforderungen und die Projektiefe soweit erarbeitet und definiert, dass der Bauunternehmer die auszuführenden Werkleistungen kalkulieren und offerieren kann.

Ergänzt wird das LV durch den NPK 102 Besonderen Bestimmungen (BB), welche die SIA-Norm 118 (Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten) abbildet. Die BB gliedern sich in BB-Teil 1, welche das gesamte Bauwerk betreffen und in BB-Teil 2, die objektspezifischen Bestimmungen (Anforderungen an einzelne Arbeitsgattungen) sowie den Leistungsbeschrieb (Technischer Bericht). Der Werkvertrag gibt bei Widersprüchen die Rangfolge der Unterlagen vor.

Den an der Ausschreibung Beteiligten steht zudem ein digitaler Datenaustausch auf der Grundlage der SIA 451 Norm (**Abbildung 2-1**) für die Bearbei-


Abbildung 2-1 Datenaustausch SIA 451 (Quelle: CRB)

tung zur Verfügung. Über diese Norm können die LVs in eine entsprechende Software zur Kalkulation importiert werden und digital ausgetauscht werden.

2.3.1 Struktur/Konzept, Mengen- und Kostenermittlung

Bereits in frühen Projektphasen werden Kostenschätzungen bzw. Kostenvoranschläge nach dem NPK aufgebaut, um eine einheitliche Gliederung der Werkleistungen sicherzustellen.

Die sogenannte elementbasierte Baukostenermittlung im Tiefbau (Norm SN 506 512 eBKP-T) ist verknüpft mit den NPK-Kapiteln und ermöglicht eine effiziente Mengen- und Kostenermittlung in den dazugehörigen Sparten Spezialtiefbau, Verkehrswegbau, Brückenbau, Leitungsbau, Trassenbau und Untertagebau. Auf der Grundlage der elementbasierten Gliederung lassen sich Mengen und Baukosten, vom Pla-

nungsbeginn bis zur Inbetriebnahme, genau ermitteln, vergleichen und auswerten (**Abbildung 2-2**).

So ist schnell ersichtlich, bei welchen Bauteilen die höchsten Kosten liegen und wo es ggf. Potenzial zur Optimierung gibt. Darüber hinaus unterstützt der eBKP-T die Bildung von Kostenkennwerten. Die einheitlichen Definitionen von Begriffen, Kosten und Bezugsgrößen schaffen die Voraussetzung für eine transparente Tiefbau-Kostenplanung. Während der Realisierungsphase wird das Leistungsverzeichnis zur Kostenkontrolle, zur Rechnungsstellung sowie für das Baustellen-Controlling verwendet.

2.3.2 Pilotprojekte

Der Baukostenplan Tiefbau eBKP-T wird heute bereits für die Gliederung der Bauteile und für die modellbasierte Mengenermittlung in einem digitalen Bauwerksmodell verwendet. Verschiedene Bauherren

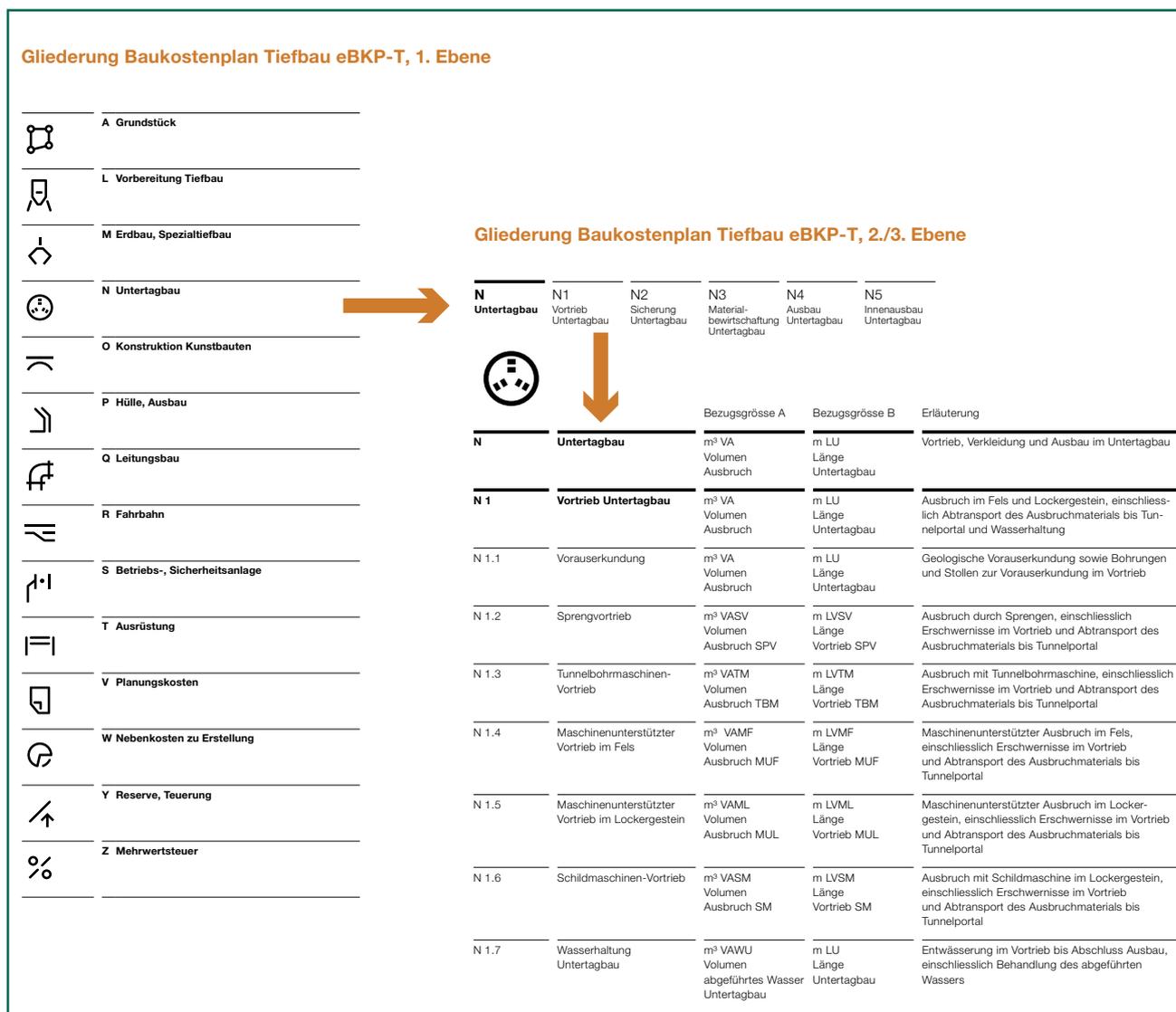


Abbildung 2-2 Gliederung Baukostenplan Tiefbau eBKP-T

(u. a. Bundesamt für Strassen ASTRA, Schweizerische Bundesbahnen SBB) haben derzeit mehrere Pilotprojekte einer elementbasierten Ausschreibung gestartet.

2.3.3 Weiterentwicklung Regelsatz IFC – eBKP-T

Infrastrukturmodelle entstehen im Entwicklungsprozess durch das Modellieren, Erfassen und Verwalten von Informationen und Daten. Dabei soll der Grundsatz „so wenig wie möglich, aber so viel wie nötig“ berücksichtigt werden. Mit dem IFC-Datenschema steht ein allgemein zugängliches und in der ISO 16739-1 „Industry Foundation Classes (IFC)“ dokumentiertes Datenmodell zur Verfügung.

CRB hat zusammen mit Schweizer Fachexperten einen Regelsatz für die Verbindung des Baukostenplans Tiefbau eBKP-T mit dem IFC-Datenschema entwickelt. Dadurch lassen sich z. B. Mengen und Kosten direkt aus dem Modell ermitteln. Zusätzlich gewährleistet die Anbindung an das IFC-Datenschema einen standardisierten Informationsaustausch zwischen verschiedenen Autoren-Tools, was der gesamten Branche eine höhere Datenqualität bringt (**Abbildung 2-3**).

Die erste Version des Regelsatzes wurde durch CRB erarbeitet und seitdem im Rahmen einiger Pilotprojekte getestet.

Verbindung von IFC und Untertagebau-Bauteilen

Aktuell enthält das IFC-Datenschema keine oder nur wenige Elemente für die Modellierung in Untertagebauwerken, da sich das IFC-Datenschema für den Untertagebau bei buildingSMART International noch

in Entwicklung befindet. Ein Informationsaustausch zwischen verschiedenen Autoren-Tools ist im Untertagebau daher nur in beschränktem Umfang möglich.

Bis ein IFC-Standard für Untertagebauwerke verfügbar und in der Modellierungssoftware implementiert ist, können als temporäre Übergangslösung Modellelemente über definierte, individuelle Regeln mit dem eBKP-T verbunden werden. Noch nicht vorhandene IFC-Größen werden dabei mit benutzerspezifischen Einheiten ergänzt. Aktuell ist dazu die Einheit „IfcCivilElement“ vorgesehen, mit dem PredefinedType „USERDEFINED“ und der individuellen Bezeichnung über den ObjectType. Mit diesem Vorgehen kann z. B. die Tunnelsohle über den ObjectType „BASE“ im IFC-Datenschema definiert werden. Einige Autoren-Tools verfügen jedoch noch nicht über die Einheit „IfcCivilElement“. In diesem Fall kann als Zwischenlösung die Einheit „IfcBuildingElementProxy“ verwendet werden, da diese in den meisten Autoren-Tools vorhanden ist (**Abbildung 2-4**).

Grundsätzlich sollen bei diesem Vorgehen bereits standardisierte IFC-Größen, wie z. B. „IfcPipeSegment“ für das Bauteil „Rohr“ verwendet werden. Über weitere Unterscheidungsmerkmale, die auch im IFC-Schema vorhanden sind, kann eine Einheit für weitere unterschiedliche Bauteile in einer Modellierung angewendet werden. Beispielsweise kann die Einheit „Rohr“ für eine Kanalisation, eine Wasserleitung, eine Gasleitung oder für weitere Leitungssysteme gleichzeitig in einem Modell verwendet werden. Dazu sind jedoch weitere Informationen notwendig,

Klassifikation nach eBKP-T	IfcEntity	PredefinedType	ObjectType
Q Leitungsbau			
Q 1 Entwässerung, Kanalisation			
Q 1.1 Entwässerungsrinne	IfcPipeSegment	GUTTER	*
Q 1.2 Entwässerungs-, Kanalisationsleitung	IfcPipeSegment	RIGIDSEGMENT	*
Q 1.2 Entwässerungs-, Kanalisationsleitung	IfcPipeFitting	*	*
Q 1.3 Entwässerungs-, Kanalisationskanal	IfcDuctSegment	*	*
Q 1.3 Entwässerungs-, Kanalisationskanal	IfcDuctFitting	*	*
Q 1.4 Ablauf, Schacht	IfcDistributionChamberElement	*	*
Q 1.5 Spezialbauwerk Entwässerung, Kanalisation	IfcInterceptor	*	*
Q 2 Wasserversorgung			
Q 2.1 Leitung Wasserversorgung	IfcPipeSegment	*	*
Q 2.2 Armatur Wasserversorgung	IfcPipeFitting	*	*
Q 2.2 Armatur Wasserversorgung	IfcDamper	*	*
Q 2.3 Schacht Wasserversorgung	IfcDistributionChamberElement	*	*
Q 2.4 Spezialbauwerk Wasserversorgung	IfcTank	*	*
Q 3 Gasversorgung			
Q 3.1 Leitung Gasversorgung	IfcPipeSegment	*	*
Q 3.2 Armatur Gasversorgung	IfcPipeFitting	*	*
Q 3.2 Armatur Gasversorgung	IfcDamper	*	*
Q 3.3 Schacht Gasversorgung	IfcDistributionChamberElement	*	*
Q 3.4 Spezialbauwerk Gasversorgung	IfcTank	*	*
Q 4 Fernwärme, Fernkälte			
Q 4.1 Leitung Fernwärme, Fernkälte	IfcPipeSegment	*	*
Q 4.2 Armatur Fernwärme, Fernkälte	IfcPipeFitting	*	*

Abbildung 2-3 Regelsatz IFC – eBKP-T, Beispiel: Leitungsbau (Quelle: CRB, Regelsatz IFC – eBKP-T, Version 1.5) [7]

Klassifikation nach eBKP-T	IfcEntity	PredefinedType	ObjectType
N Untertagebau			
N 1 Vortrieb Untertagebau	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	TUNNEL
N 1.1 Vorauserkundung	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	PILOT_GALLERY
N 1.1 Vorauserkundung	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	CROWN
N 1.1 Vorauserkundung	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BENCH
N 1.1 Vorauserkundung	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BASE
N 1.2 Sprengvortrieb	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	PILOT_DRIFT
N 1.2 Sprengvortrieb	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	CROWN
N 1.2 Sprengvortrieb	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BENCH
N 1.2 Sprengvortrieb	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BASE
N 1.3 Tunnelbohrmaschinen-Vortrieb	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	EXCAVATION
N 1.4 Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	PILOT_DRIFT
N 1.4 Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	CROWN
N 1.4 Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BENCH
N 1.4 Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BASE
N 1.5 Maschinenunterstützter Vortrieb im Lockergestein	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	PILOT_DRIFT
N 1.5 Maschinenunterstützter Vortrieb im Lockergestein	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	CROWN
N 1.5 Maschinenunterstützter Vortrieb im Lockergestein	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BENCH
N 1.5 Maschinenunterstützter Vortrieb im Lockergestein	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BASE
N 1.6 Schildmaschinen-Vortrieb	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	BALANCED_SHIELD
N 1.6 Schildmaschinen-Vortrieb	IfcBuildingElementProxy	USERDEFINED	SLURRY_SHIELD
N 1.7 Wasserhaltung Untertagebau	IfcPipeSegment	GUTTER	*
N 1.7 Wasserhaltung Untertagebau	IfcPipeSegment	RIGIDSEGMENT	*
N 1.7 Wasserhaltung Untertagebau	IfcPipeFitting	*	*

Abbildung 2-4 Verbindung IFC-Datenschema mit dem eBKP-T, Vortrieb Untertagebau (Quelle: CRB, Regelsatz IFC – eBKP-T, Version 1.5) [7]

wie z. B. das Attribut „System“ für eine eindeutige Zuweisung des Rohrs (Abbildung 2-5).

Durch die Publikation dieser Regeln und ihre Verbreitung kann ein standardisierter Informationsaustausch mit IFC sichergestellt werden, der auch dem openBIM-Grundsatz gerecht wird.

2.4 Nebenangebote

Die in einem Vergabeverfahren ausgeschriebenen Leistungen sind von den zugelassenen Wettbewerbsteilnehmern anhand des LVs und unter Berücksichtigung aller weiterer Beschreibungen und Bedingungen vollumfänglich zu bepreisen. Das somit erstellte Angebot ist das sogenannte Hauptangebot.

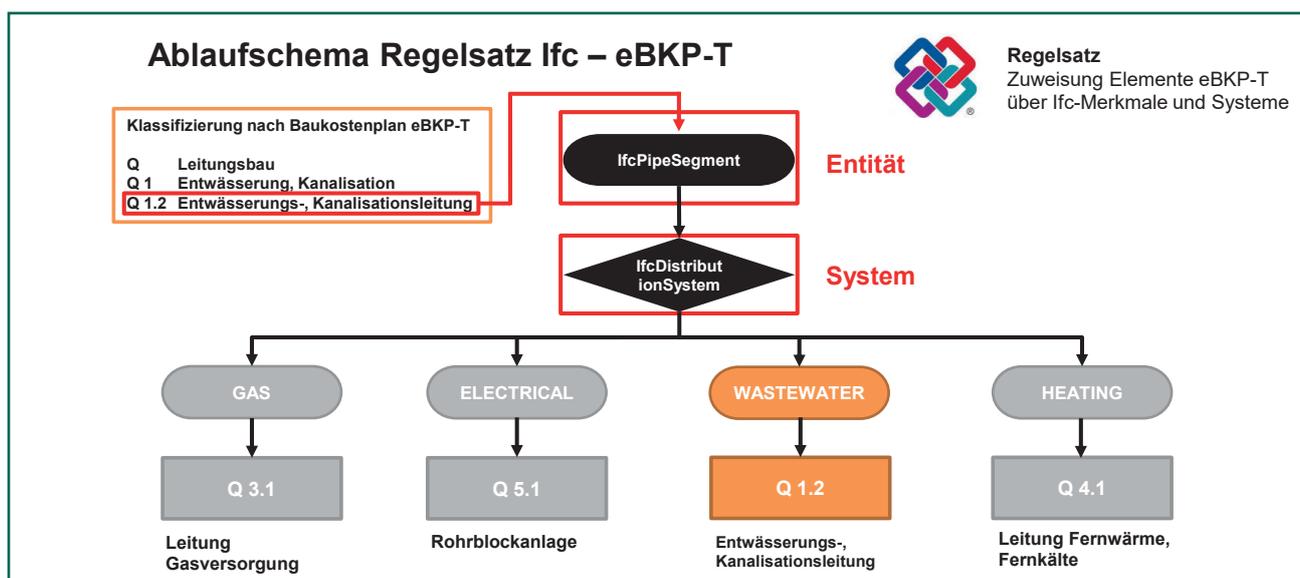


Abbildung 2-5 Ablaufschema Zuweisung weiterer IFC-Merkmale (IfcDistributionSystem) zur Entität „IfcPipeSegment“ (Quelle: CRB, Regelsatz IFC – eBKP-T, Version 1.5) [7]

Lässt die ausschreibende Stelle die Abgabe von Nebenangeboten zu, so können Bieter zusätzlich zu dem Hauptangebot bzw. der Amtslösung Änderungsvorschläge in Form von Nebenangeboten/Ausführungsvarianten einreichen. Grundsätzlich kann es sich bei den Änderungsvorschlägen um alle Themenbereiche handeln, die durch die Ausschreibung definiert werden (Technik von Bauwerk oder temporären Maßnahmen, kaufmännische Randbedingungen). In den meisten Fällen handelt es sich allerdings um Vorschläge zur technisch geänderten Ausführung der Bauleistungen.

Die Anforderungen an die Ausarbeitung eines Nebenangebotes sind hoch, da der Bieter in dem begrenzten Zeitraum der Angebotsfrist wirtschaftliche Alternativen identifizieren und deren Vergleichbarkeit mit der sogenannten ursprünglich ausgeschriebenen „Amtsvariante“ darstellen muss. Zu diesem Zweck ist für die Alternative eine Planung mit zeichnerischen Darstellungen, statischen Vorbemessungen, ggf. geändertem Bauzeitenplan und Erläuterungsberichten zu erstellen.

Zur Abbildung der preislichen Änderung infolge der alternativen Leistungen gegenüber der Amtsvariante ist vom Bieter aufbauend auf der Planung der geänderten Leistung ein eigenes LV in der AVA-Software aufzustellen und es sind die darin aufgeführten Positionen zu kalkulieren. Zur Abgrenzung der Nebenangebotsleistung von jener der Amtsvariante wird in der Regel ein sogenanntes Differenz-LV gebildet. Dieses enthält die folgenden Leistungen:

- Entfallende Leistungen (des Hauptangebots, die im Nebenangebot nicht erforderlich sind)
- Hinzukommende Leistungen (die im Hauptangebot nicht enthalten sind)
- Geänderte Leistungen (die im Hauptangebot grundsätzlich enthalten sind, aber im Nebenangebot abgeändert angeboten werden, z. B. im Hinblick auf die auszuführenden Mengen, technische Eigenschaften oder die Umstände der Ausführung)

3 BIM Anwendungsfälle für ein modellbasiertes Leistungsverzeichnis

Nachfolgend werden diejenigen Anwendungsfälle zusammengestellt und kurz beschrieben, die für eine modellbasierte Erstellung eines Leistungsverzeichnisses relevant sind. Diese Anwendungsfälle sind bereits ausführlich im Teil 1 der Empfehlungsreihe beschrieben [1].

Weitere Anwendungsfälle aus den Bereichen Planungsvorbereitung und Ausführung wie z. B. 3D-Baugrundmodellierung, Terminplanung der Ausführung

und Logistikplanung, werden in dieser Empfehlung nicht näher betrachtet, auch wenn diese ebenfalls (zumindest indirekt) Einfluss auf die LV-Erstellung haben. In Deutschland wurde im Oktober 2021 vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur ein „Masterplan BIM Bundesfernstraßen“ [8] herausgegeben, der in einem Anhang Steckbriefe der wichtigsten BIM-Anwendungsfälle definiert. Die nachfolgende Beschreibung der Anwendungsfälle aus der DAUB-Empfehlung „BIM im Untertagebau“ [1] wurde auf Basis der Definitionen im Masterplan BIM aktualisiert.

3.1 Planung, Planungsvariantenuntersuchung

Beschreibung	Erstellung von Planungsvarianten in Form von Modellen zur Vereinfachung der Analyse und Bewertung hinsichtlich der Bewertungskriterien mit anschließender Anfertigung der Modelle der Vorzugsvariante.
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transparente Darstellung von Planungsvarianten, die durch die visuelle Darstellung eine verbesserte Kommunikation mit Dritten ermöglicht ▪ Qualitätsvorteil bei einheitlicher Ableitung von Mengen und Kosten aus Modellen durch bessere Vergleichbarkeit der Varianten ▪ Verbesserte Entscheidungsgrundlage für Projekte

Zu Projektbeginn werden in der Regel verschiedene Planungsvarianten untersucht. Um deren Machbarkeit sowie die voraussichtlichen Kosten der einzelnen Varianten abschätzen und aus dem Modell ableiten zu können, sind die Anforderungen an das Modell in den AIA zu vereinbaren und im BAP umzusetzen. Weiterhin müssen aus den Bestandsmodellen sämtliche, für einen Vergleich der Planungsvarianten relevanten Informationen, wie z. B. Baugrundeigenschaften, Gebäudebestand im Trassenbereich etc., berücksichtigt werden. Der Vergleich alternativer Projektvarianten erfordert für die wirtschaftliche Bewertung, dass hierfür jeweils die Mengen ermittelt und hiermit die zugehörigen (Grob-)LVs für die Kostenschätzung erstellt werden.

Für die festgelegte Vorzugsvariante sind in späteren Planungsphasen sowohl das Modell als auch die Kostenstruktur weiter zu detaillieren, wodurch ein phasenübergreifender Abgleich möglich ist.

3.2 Mengen- und Kostenermittlung

Beschreibung	Aufstellung einer Kostenschätzung und/oder Kostenberechnung nach üblichen Kostengliederungen (DIN 276-4, eBKP-T SN 506 512, ÖNORM B 1801-1 etc.) auf Basis strukturierter und objekt-bezogener Mengen (Volumen, Flächen, Längen, Stückzahlen) aus den Modellen
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schnelle Mengenermittlung durch automatisierte Prozesse ▪ Planungsänderungen können berücksichtigt werden ▪ Ergebnisse können gut visualisiert, nachvollzogen und technisch geprüft werden ▪ Verbesserte Analyse von Projektrisiken durch Transparenz ▪ Erhöhung der Kostensicherheit

Auf Basis der in den AIA und im BAP definierten Anforderungen wird das zur Mengenermittlung verwendete Teil- oder Koordinationsmodell gewählt, um hieraus die objektbasiert ableitbaren Mengen entsprechend der Struktur der zugrundeliegenden Kostengliederung (z. B. DIN 276-4, eBKP-T SN 506 512, ÖNORM B 1801-1 etc.) zu ermitteln. Die Kostenermittlung erfolgt in der AVA-Software auf Basis eines modellgestützt erzeugten Leistungsverzeichnisses (**Kapitel 3.3**).

3.3 Leistungsverzeichnis

Beschreibung	Modellgestützte Erzeugung mengenbezogener Positionen des Leistungsverzeichnisses sowie modellbasierte Ausschreibung für Bauleistungen auf Basis der vorliegenden Planung
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierter Aufwand für die Erstellung von Leistungsverzeichnissen und bei wiederholter Erstellung von Mengenauszügen ▪ Erhöhte Kostensicherheit durch Vermeidung von fehlerhaften Mengenauszügen ▪ Erhöhte Prüfbarkeit und Transparenz von Positionen im Leistungsverzeichnis durch verbesserte Nachvollziehbarkeit anhand von Verweisen auf die entsprechenden Objekte der Leistungsposition ▪ Qualitätssteigerung durch eine einheitliche, projektübergreifende und maschinenlesbare Datengrundlage zur Erstellung der Vergabeunterlagen ▪ Grundlage für eine spätere modellbasierte Arbeitsweise in der Ausführungsphase, z. B. für Abrechnung und Controlling.

Ebenso wie bei der Mengen- und Kostenermittlung werden auf Basis der in den AIA und im BAP definierten Anforderungen das zur LV-Erzeugung dienende Teil- oder Koordinationsmodell gewählt. Für eine rationale und fehlervermeidende Arbeitsweise sollte das Leistungsverzeichnis auf Basis eines standardisierten Muster-LVs erzeugt werden. Für die Ergänzung nicht objektbasierter Leistungen werden in **Kapitel 4.3.4** dieser Empfehlung mögliche Methoden aufgezeigt.

Der maßgebliche Arbeitsschritt bei der Erzeugung des Leistungsverzeichnisses besteht aus der Verknüpfung der LV-Positionen mit den Modellobjekten und den zugehörigen Mengen.

4 Methodik für eine modellbasierte LV-Erstellung

Das LV stellt mit seinen Positionen einen zentralen Teil der Leistungsbeschreibung eines Projektes dar. Die prinzipielle Methodik für die modellbasierte LV-Erstellung ist in der folgenden **Abbildung 4-1** dargestellt.

In den Positionen wird neben den voraussichtlich anfallenden Mengen inkl. deren Einheiten das „Was“ und das „Wie“ zur Ausführung einer Teilleistung beschrieben.

Das „Was“ als technische Information wie z. B. Materialgüte, Abmessungen, Typenbezeichnung etc. kann das Ausschreibungsmodell liefern, das wiederum von einzelnen Fachmodellen mit relevanten Informationen/Daten angereichert wurde. Die Informationen sind in den Merkmalen der Modellobjekte enthalten und können gemeinsam mit den verwendeten Standardleistungsbeschreibungen aus der AVA-Software in einer Position zusammengefügt werden. Die Standard-Texte liefern hierbei den beschreibenden Teil, der das „Wie“ der Leistungsausführung darstellt.

Die nachfolgend beschriebenen Empfehlungen sollten zur modelltechnischen Umsetzung inklusive der damit verbundenen Prozesse und Rollen projektspezifisch so ausführlich wie nötig beschrieben werden, um eindeutige Projektvorgaben zu definieren. Dies bedingt die Formulierung der Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) inklusive der Modellierungsrichtlinien und des BIM Abwicklungsplans (BAP) entsprechend der jeweiligen Projektphase.

4.1 Anforderungen an das Modell

4.1.1 Struktur

Modelle im Untertagebau unterscheiden sich aus mehreren Gründen in Hinblick auf die Modellanforderungen zu anderen Bereichen des Bauwesens, insbesondere gegenüber Hochbauprojekten. Zum einen werden die Bauweise und die für die Stützung des Untergrundes erforderlichen Maßnahmen maßgebend von Baugrundverhältnissen bestimmt, die häufig im Voraus nur bedingt im Detail bestimmt werden können. Zum anderen werden die Baustrukturen (temporäre und permanente) aus statischen Überlegungen heraus mit kreis- und korbformenförmigen Elementen hergestellt. Daraus resultieren deutlich komplexere geometrische Modellelemente und Verschneidungen mit exponentiell ansteigendem Datenvolumen gegenüber den bei Hochbaukonstruktionen meist linearen und ebenflächigen Strukturen.

Tunnelbauwerke sind in der Regel langgestreckte Untertagebauten. Ähnlich wie bei anderen langen Linienbauwerken, kann es daher vorkommen, dass aufgrund der geometrischen Komplexität und der Anzahl aller modellierten Objekte eine sinnvolle und handhabbare Datenmenge überschritten wird. Die Modelle sollten daher in verschiedene Bauabschnitte und Fachbereiche unterteilt und strukturiert werden. Die grundlegende Strukturierung der Modelle mit Koordinationsmodellen, Fachmodellen, Teilmodellen bis hin zu den Objekten und Teilobjekten sollte dabei entsprechend der im Teil 1 der Empfehlungsreihe [2] beschriebenen Systematik eingehalten werden (**Abbildung 4-2**).

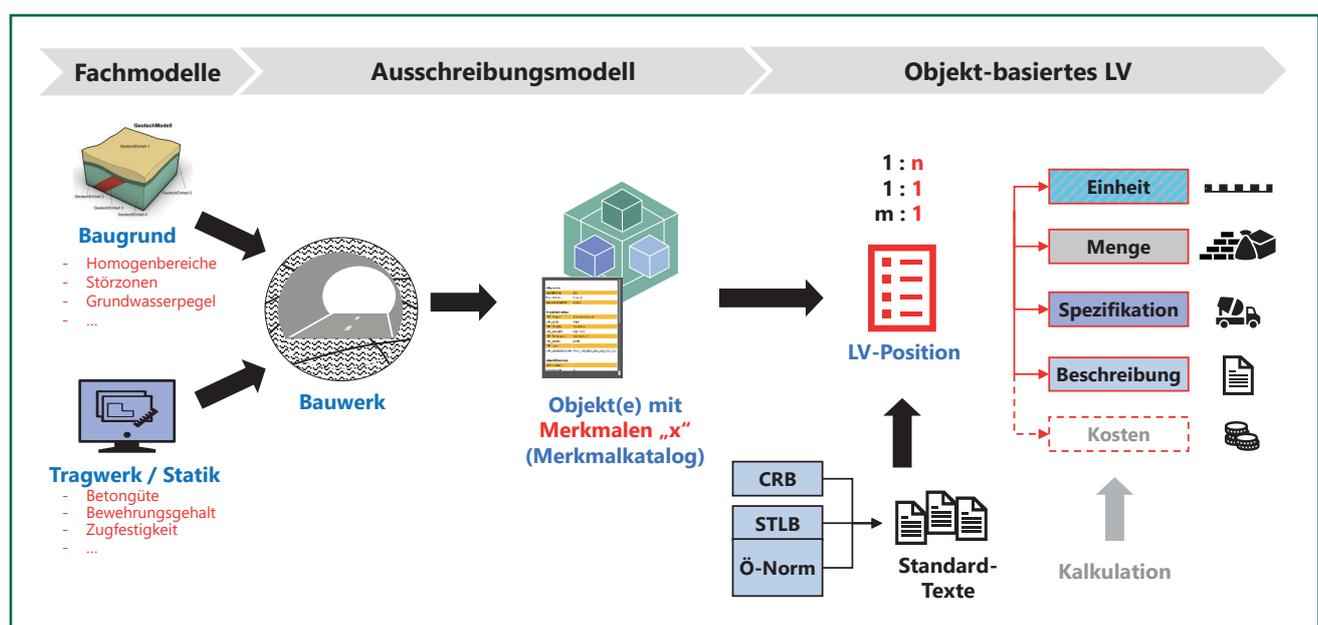


Abbildung 4-1 Schema zur objektbasierten LV-Erstellung

Eine genaue Zuordnung der prognostizierten Vortriebsklassen entlang eines Untertagebauwerks ist in vielen Fällen vor der eigentlichen Bauausführung nicht möglich. Die zu verwendenden Vortriebsklassen werden erst vor Ort auf Grundlage der tatsächlichen Untergrundverhältnisse und Randbedingungen festgelegt. Im Rahmen der Planung ist es üblich, entweder für die ganze Länge eines Bauwerks oder jeweils für definierte Bauwerksabschnitte eine prozentuale Verteilung der Vortriebsklassen anzugeben. In solchen Fällen ist es zielführend, die Modelle in ein Koordinationsmodell (welches wiederum aus verschiedenen Teilmodellen bestehen kann) und in Detailmodelle (Modelle der einzelnen Vortriebsklassen) aufzuteilen.

Im Koordinationsmodell kann dabei der Ausbruch je Vortriebsabschnitt als Objekt modelliert werden, der durch Verschneidung mit einem Baugrundmodell eine Mengenermittlung des Ausbruchmaterials in Abhängigkeit der jeweiligen Gebirgstypen erlaubt. In den Detailmodellen wird dann für jede Vortriebsklasse ein kurzer Abschnitt detailliert mit den jeweiligen Ausbruchvolumina und den verschiedenen Stützmaßnahmen (Spritzbeton, Anker, Spieße, etc.) modelliert. Wenn mit diesen Detailmodellen die Mengenermittlung der Stützmittel für den gesamten Tunnel durchgeführt werden soll, dann sind Merkmale mit Angabe der prognostizierten Länge der jeweiligen Vortriebsklasse erforderlich. Mit den jeweiligen Merkmalen der Stützmittel kann damit die Ermittlung der Gesamtmenge der Stützmittel erfolgen.

Bei der modellbasierten Arbeitsmethode erfolgt die Modellierung der Bauwerke vor einer LV-Erstellung. Der Detaillierungsgrad des Modells ergibt sich dabei aus der Anforderung, dass sämtliche Informationen und Mengen, die für die LV-Erstellung erforderlich sind, dem Modell bzw. den jeweiligen Objekten zugewiesen sind. Die Modell- und LV-Struktur müssen in den Bereichen, für welche die LV-Ableitung durchgeführt werden soll, kompatibel bzw. aufeinander abgestimmt sein. Dabei darf allerdings die Übersichtlichkeit des Modelles nicht verloren gehen. Die Einhaltung von Namenskonventionen ist hierfür unerlässlich, um immer dieselben Filterregeln anwendbar zu machen. Um dies zu erreichen, wird empfohlen den Objektkatalog aus Teil 1 dieser Empfehlungsreihe [2] zu verwenden.

In den Modellen sollten keine Kosten als Merkmale (z. B. für den AwF Ausschreibung) enthalten sein. Ansätze für Kostenschätzungen (z. B. Kosten pro Tunnelmeter) sind für ein effektives Informationsmanagement in einer AVA-Software vorzuhalten. Für den Fall, dass Anforderungen an eine differenzierte Kostenzuordnung (Kontierung) bestehen, sollte dies bereits durch Zuweisung entsprechender Merkmale im Modell berücksichtigt werden.

4.1.2 Objekte

Alle Modellelemente in einem Modell sollen gemäß dem Objektkatalog [2], Anlage 1 eindeutig benannt und identifizierbar sein und den entsprechenden Ob-

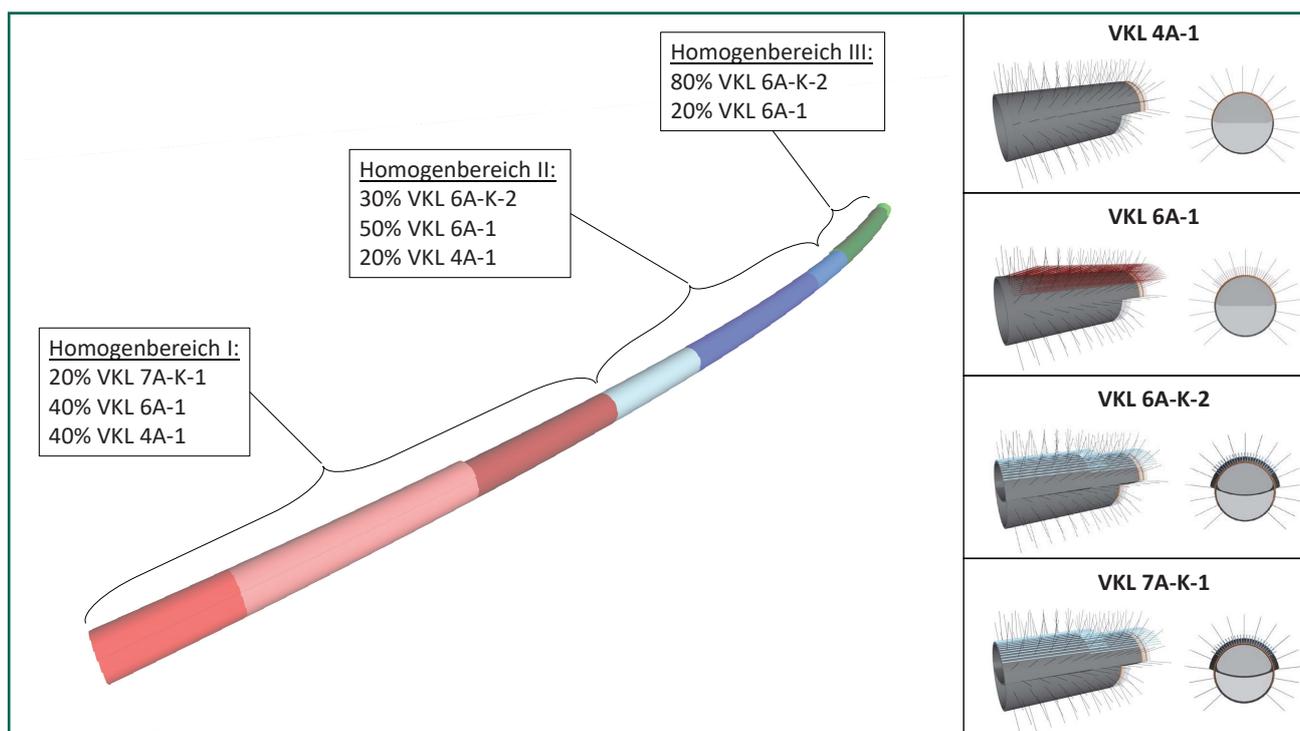


Abbildung 4-2 Vereinfachtes Grobmodell für LV-Erstellung mit Detailmodellen

jektcode verwenden. Mit Hilfe des Objektcodes ergibt sich zwangsweise eine logische und klare Strukturierung aller Modellelemente. Über den Objektcode und die Merkmale können in der AVA-Software die verschiedenen Objekte durch Filterregeln angesprochen und die entsprechenden Mengen, welche als Merkmale den Objekten zugeordnet sind, übernommen werden.

Für die Beschreibung von Leistungen mit einem Leistungsverzeichnis sind folgende drei Möglichkeiten vorhanden (siehe auch **Abbildung 4-1**):

- Aus einem bzw. mehreren gleichartigen Objekten mit unterschiedlichen Einheiten und Werten werden mehrere Leistungen (n) abgeleitet (1:n-Beziehung), z. B. gleichartige Innenschalenblöcke (Beton [m³], Bewehrung [t], Abdichtung [m²], Abdichtungsschutzvlies [m²], Fugenband [m], Nachbehandlung [St], Erdung [m, St])
- Objekte können genau durch eine Position beschrieben werden (1:1-Beziehung), z. B. Barbaranische
- Mehrere Objekte (m) werden durch eine Position beschrieben (m:1-Beziehung), z. B. Tübbingring inkl. Zubehör (Dichtung, Dübel, Verschraubung etc.)

Werden für einen Innenschalenblock neben der Tunnelschale auch die Abdichtung und Bewehrung als eigene Objekte modelliert, können diese direkt für eine Mengenermittlung verwendet werden. Andernfalls müssen die für die Mengenermittlung dieser Objekte erforderlichen Merkmale an den Innenschalenblock als zusätzliche Merkmale angehängt sein.

Die Art der Beziehungen sind allerdings nicht allein von der Modellstrukturierung bzw. dem Detaillierungsgrad abhängig. Es spielt auch der Aufbau des Leistungsverzeichnisses eine wesentliche Rolle. Je mehr Pauschalpositionen im LV vorgesehen sind, desto mehr m:1-Beziehungen sind notwendig.

Es ist empfehlenswert, auch temporäre Objekte bzw. Maßnahmen und Baubehelfe zu modellieren. Zum Beispiel können die Mengen und Aufwände für eine temporäre Kalottensohle oder für eine TBM-Anfahrkonstruktion direkt abgegriffen bzw. verknüpft werden, wenn diese im Modell separat modelliert wird.

4.1.3 Merkmale und Merkmalkatalog

Ein Merkmalkatalog ist eine Sammlung von Merkmalen und dient zur einheitlichen und eindeutigen Definition der Begrifflichkeiten. Somit enthält der Merkmalkatalog eine Festlegung für einheitliche Bezeichnungen der unterschiedlichen Merkmale und den zugehörigen Einheiten (SI-Einheiten), damit diese maschinenlesbar werden und von Softwareanwendungen automatisiert extrahiert werden können. Eine Standardisierung der Merkmale ist ebenso wichtig,

wie dies auch für Objekte der Fall ist und im Teil 1 der Empfehlungsreihe **[2]** erfolgt ist.

Der Merkmalkatalog sollte alle Merkmale und Eigenschaften enthalten, die in einem Standard-LV verwendet werden und dadurch erforderlich sind. Vom DAUB wurde im Zuge der Erstellung von Teil 2 der Empfehlungsreihe **[3]** ein derartiger Merkmalkatalog erarbeitet und wird in einer Datenbank zur Verfügung gestellt. Um für eine objektbasierte LV-Erstellung eine einheitliche und den aktuell geltenden Regelungen genügende Vorlage zu haben, wurden für die maßgebenden Objektgruppen des Untertagebaus (Vortriebsausbruch, Hohlraumsicherung, Innenschale, Abdichtung) sowie für die wichtigsten Materialien hier die entsprechenden Merkmale und deren Attribute aufgenommen. Bei einem verstärkten Einsatz der BIM-Methodik in der Ausschreibungspraxis ist hier eine systematische Erweiterung des Merkmalkatalogs notwendig.

Für eine Standardisierung sollte ein Mindestsatz an Merkmalen festgelegt werden, die im Modell bzw. den einzelnen Objekten vorhanden sein müssen. Es ist sinnvoll, eine Standardpalette mit zwingend erforderlichen und optionalen Merkmalen festzulegen (**Abbildung 4-3**).

4.1.4 Vorhaltemaße und Überhöhungen

Bei der Herstellung eines Tunnelbauwerkes werden Vorhaltemaße und Überhöhungen berücksichtigt, um die geforderte Bauwerksgeometrie innerhalb der vertraglich vereinbarten Toleranzen an jeder Stelle einzuhalten. Die Art des Modellierens und die Detailtiefe der Modelle beeinflussen jedoch die im Modell ermittelten Mengen wie z. B. Volumen, Flächen und Längen. Dies hat allerdings auch direkte Auswirkungen auf die Mengenermittlung. Deshalb sollte zum Projektbeginn festgelegt werden, ob die Modellierung

- unter Berücksichtigung festgelegter Vorhaltemaße und Überhöhungen oder
- ohne Berücksichtigung von Vorhaltemaßen und Überhöhungen erfolgt.

Nähere Erläuterungen zur Berücksichtigung von erforderlichen Vorhaltemaßen und Überhöhungen bei der Modellierung sind ausführlich im Teil 5 der Empfehlungsreihe beschrieben **[6]**.

4.2 Anforderungen an die Mengenermittlung

Die objektbasierte Mengenermittlung ist ein wesentlicher Baustein der automatisierten LV-Erstellung und -verwendung, der in allen Projektphasen zur Anwendung kommt. Beginnend in den frühen Planungsphasen, über die Ausschreibung und Vergabe bis hin zur

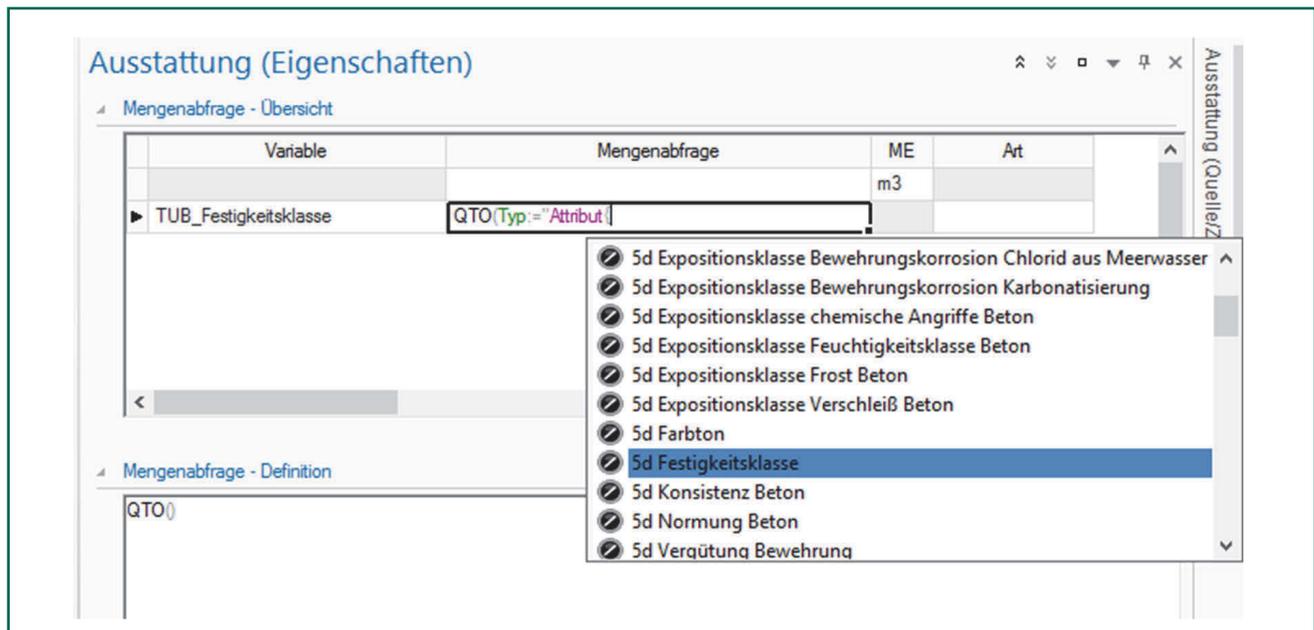


Abbildung 4-3 Vereinfachtes Grobmodell für LV-Erstellung mit Detailmodellen

Abrechnung, erfolgen wiederholt Mengenermittlungen an immer detaillierteren Modellen.

Die Modell- bzw. Merkmaldefinition soll auf Grundlage der standardisierten Objekt- und Merkmalkataloge (Kapitel 4.1.3) erfolgen. Durch eine dynamische objektbasierte Mengenermittlung können die LV-Mengen bei Änderungen von Objektgeometrien oder Merkmalen automatisiert angepasst werden.

Bei der modellbasierten Mengenermittlung sollten die Mengen in der Modellierungssoftware ermittelt

und als Merkmale den Objekten zugewiesen werden. Für die LV-Erstellung können dann die ermittelten Mengen mit der AVA-Software positionsbezogen als Merkmale abgefragt werden. Hierfür muss sichergestellt sein, dass alle benötigten Mengen auch als Merkmale den Objekten zugewiesen sind bzw. sich aus diesen ableiten lassen. Abbildung 4-4 stellt den Zusammenhang zwischen der LV-Position, der Mengenabfrage und den Modellobjekten mit den entsprechenden Merkmalen dar. Zunächst sind die Abfrage-

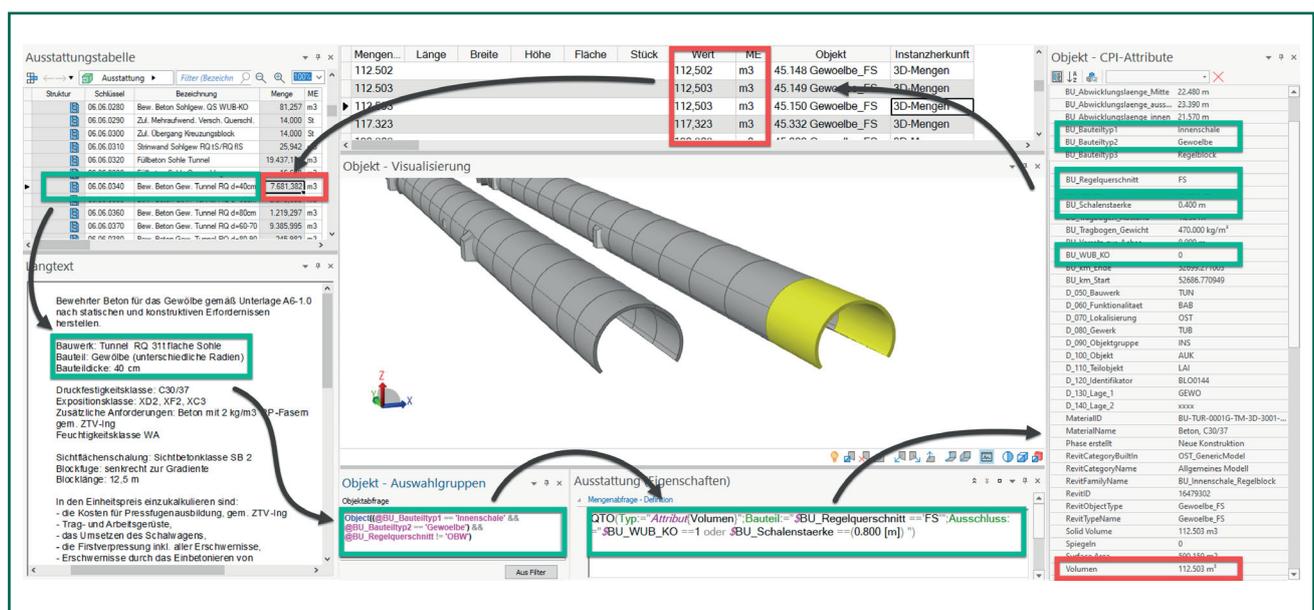


Abbildung 4-4 Mengenermittlung in der AVA-Software durch Abfrage entsprechender Merkmale (erstellt mit RIB-iTWO)

bedingungen (grün) der Position zu identifizieren und mittels Auswahlgruppe und Mengenabfrage (QTO, quantity take-off) zu definieren. Sofern ein Objekt den Abfragebedingungen entspricht, wird dieses für Mengenermittlung berücksichtigt (rot). Die Summe aller Objekte, die den Abfragebedingungen entsprechen, ergibt die letztendliche LV-Menge.

Das teilweise im Hochbau übliche Verfahren, das Modell in die AVA-Software zu importieren und daraus die benötigten Mengen zu berechnen, ist im Untertagebau aktuell noch herausfordernd, da die Algorithmen der AVA-Software die komplexen Geometrien in der Regel nicht oder nicht genau genug berechnen können.

Neben den begrenzenden Randbedingungen von Soft- und Hardware ist zudem auch der Umgang mit leistungsbezogenen Abrechnungsregeln wie beispielsweise Übermessungsregeln, Überstände, Toleranzen etc. zu berücksichtigen (siehe hierzu auch **Kapitel 5.3.2**). Auch dieser Aspekt kann durch Belegen eines zusätzlichen Merkmals, z. B. dass durch Übermessen von Aussparungen entstehende Abrechnungsvolumen, gelöst werden.

Grundsätzlich sollten nur die Mengen ermittelt werden, die entsprechend der landesspezifischen Regelungen auszuschreiben und abzurechnen sind. Sind beispielsweise Überhöhungen, Überstände oder Toleranzen in die spätere Leistungsposition einzurechnen und werden diese nicht gesondert vergütet, sollten sie auch nicht gesondert modelliert werden, zumindest nicht für den Anwendungsfall objektbasierte Mengenermittlung bzw. Abrechnung. Im Teil 5 der Empfehlungsreihe [6] wird auf den Umgang mit

Überhöhungen und Vorhaltmaßen detaillierter eingegangen.

Sollte projektspezifisch oder aufgrund des aktuellen Entwicklungsstands eine durchgängige objektbasierte Mengenermittlung nicht möglich sein, können als Übergangslösung die entsprechenden Mengen konventionell bestimmt und „händisch“ im Modell als gesonderte Merkmale hinterlegt werden (Bypass-Lösung). Beispielsweise liegt in der Ausschreibungsphase in der Regel noch keine Bewehrungsplanung vor, so dass die Bewehrung noch nicht als Objekt im Modell angesprochen werden kann und daher die Bewehrungsmengen über einen zugeordneten Bewehrungsgehalt abgeleitet werden müssen. **Abbildung 4-5** zeigt am Beispiel einer Bewehrungsposition, dass innerhalb einer Position verschiedene Rechenwerte (rot) abgefragt und miteinander verrechnet werden können.

4.3 Anforderungen an das Leistungsverzeichnis

Eine grundsätzliche Forderung an das Leistungsverzeichnis besteht sowohl für die modellgestützte wie auch für die konventionelle Arbeitsmethode: das Leistungsverzeichnis als Bestandteil der Leistungsbeschreibung muss die auszuführende Leistung so eindeutig und erschöpfend beschreiben, dass eine Kalkulation von Herstellkosten „sicher“ möglich ist und der auszuführende Leistungsumfang für die späteren Vertragspartner eindeutig feststeht.

Bereits in frühen Projektphasen wie der Variantenuntersuchung und der Genehmigungsplanung sollten Kostenermittlungen anhand des Modells erstellt wer-

The screenshot displays the AVA software interface for a reinforcement structure. It includes several key components:

- Ausstattungstabelle (Equipment Table):** A table listing items with columns for 'Menge' (Quantity), 'ME' (Unit), and 'Wert' (Value). The 'Wert' column contains values like 0.244, 0.282, 0.015, and 0.236, which are highlighted in red.
- Objekt - Visualisierung (Object Visualization):** A 3D model of a tunnel reinforcement structure with a yellow highlight on a specific section.
- Objekt - CPI-Attribute (Object - CPI-Attributes):** A list of attributes for the selected object, with values like 32.037275 and 190.043 m³ highlighted in red.
- Objekt - Auswahlgruppen (Object - Selection Groups):** A panel showing the selection criteria for the object, including 'QTO (Typ: "Attribut[Volumen]")' and 'QTO (Typ: "Attribut[BU_Bewehrungsgrad_Stabstahl]")'.
- Objekt - Eigenschaften (Object - Properties):** A panel listing various properties of the object, such as 'BU_Regelquerschnitt' and 'BU_Regelquerschnitt'.
- Objekt - Auswahlfarbe (Object - Selection Color):** A panel showing the selection color for the object.
- Objekt - Mengenabfrage (Object - Quantity Take-off):** A panel showing the quantity take-off formula: 'QTO (Typ: "Attribut[Volumen]") * QTO (Typ: "Attribut[BU_Bewehrungsgrad_Stabstahl]") * 1000'.
- Objekt - Text (Object - Text):** A text panel providing detailed information about the reinforcement structure, including 'Sorte: B500B (S) nach DIN 488' and 'Bauwerk: Tunnel alle Querschnitte'.

Abbildung 4-5 Mengenermittlung in der AVA-Software durch Abfrage und Verrechnung entsprechender Merkmale am Beispiel einer Bewehrungsposition (erstellt mit RIB-iTWO)

den. Obwohl Modell und LV in diesen Phasen noch weniger detailliert sind als zum Zeitpunkt der Erstellung der Ausschreibung, sollte der Aufbau von Modell und LV dergestalt erfolgen, dass später eine weitere Detaillierung ohne grundlegende Änderungen erfolgen kann.

4.3.1 Verwendung von Standardleistungsverzeichnissen

Die objektbasierte Ausschreibung wird nur dann effektiv zu nutzen sein, wenn hierfür ein Standardleistungsverzeichnis verwendet wird, welches einen großen Teil der auszuschreibenden bzw. anzubietenden Leistungen abdeckt. Aufbau und Strukturierung der Modelle sowie die Programmmodule zur automatisierten Mengenermittlung können bei Verwendung standardisierter Leistungstexte projektübergreifend aufgebaut und eingesetzt werden. Damit in einem Standard-LV für eine Leistung wie z. B. Beton für ein Innenschalengewölbe nicht für alle möglichen Kombinationen von Merkmalausprägungen separate Vorlagentexte definiert werden müssen, wird die Verwendung von Variablen in der AVA-Software empfohlen. Hierbei handelt es sich um die Möglichkeit, in der AVA-Software Eigenschaften nicht fest zu definieren, sondern diese aus dem Modell als veränderliche Eigenschaft (Variable) zu übernehmen, z. B. die Festigkeitsklasse des Betons (siehe **Abbildung 4-6**).

Diese Variablen sollten ebenfalls standardisiert sein, um Mengen, Materialeigenschaften usw. in den Positionen zu beschreiben. Hierfür ist ein mit den Standardleistungsverzeichnissen abgestimmter Merkmalkatalog erforderlich.

Um die jeweiligen landesspezifischen Gegebenheiten, Richtlinien, Normen usw. berücksichtigen zu können, wird es auf unabsehbare Zeit erforderlich sein, dass in den einzelnen Ländern individuelle Standardleistungsverzeichnisse zur Anwendung kommen werden. Diese Standard-LVs sollten auch die jeweiligen landestypischen Abrechnungsregeln berücksichtigen.

Da die meisten Tunnelprojekte auch Leistungen aus anderen Bereichen des Bauens wie z. B. dem Ingenieurbau oder dem Straßenbau umfassen, ist eine Kompatibilität der jeweiligen Standard-LVs und der zugehörigen Merkmalkataloge anzustreben.

4.3.2 Merkmale

Die Merkmale, die im Modell definiert werden müssen, ergeben sich auch aus den Positionen, die innerhalb des Projekts aus dem Standard-LV zur Anwendung kommen sollen. Für komplexe gekrümmte Strukturen, wie z. B. Tunnelgewölbe, ist eine Mengenermittlung in der AVA-Software aktuell noch herausfordernd. Daher kann es erforderlich sein, die LV-Mengen als Merkmale im Modell zu definieren, so dass sie bei der LV-Erstellung verarbeitet werden können.

Ortbeton WUB-KO, Gewölbebeton, Normalbeton DIN EN 206, DIN 1045-2, Ausführung gem. Zeichnung, Bewehrung wird gesondert vergütet, Blockfuge als Pressfuge, Schalung wird gesondert vergütet, Anschlussbewehrung im Bereich der Stirnschalung wird gesondert vergütet.

Ort: Bahnsteigröhre Süd

[Festigkeitsklasse Beton [{}]]

[Expositionsklasse Frost Beton [{}]]

[Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Chlorid [{}]]

[Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Karbonatisierung[{}]]

[Beton-eigenschaft speziell [{}]]

[Dicke Gewölbe [cm] [{}]]

[Konsolenausbildung [{}]]

Nr.	Formattyp	Typ	Einleitung	Text	Nachfolgender Text	Merkmal
69	Variable	Ausschreiber				TUB_Festigkeitsklasse
70	Variable	Ausschreiber				TUB_Expositionsklasse_XF
71	Variable	Ausschreiber				TUB_Expositionsklasse_XD
72	Variable	Ausschreiber				TUB_Expositionsklasse_XC
73	Variable	Ausschreiber				TUB_Betoneigenschaft_speziell
74	Variable	Ausschreiber				TUB_Dicke
75	Variable	Ausschreiber				TUB_Konsolenausbildung

Abbildung 4-6 Verwendung von Variablen in der AVA-Software

Für die Verknüpfung von Modellen mit standardisierten Leistungsverzeichnissen bedarf es einer einheitlichen Benennung der erforderlichen Merkmale mit deren Attributen (Wertebereich, Einheit).

Bei Pilotprojekten und in anderen Bausparten haben sich die Erstellung und Verwendung entsprechender Steckbriefe oder Formblätter für jedes Ob-

jekt bewährt. In diesen sind die zum Objekt gehörenden Merkmale und Attribute angegeben (Beispiel in **Abbildung 4-7**). Für eine eindeutige und nachvollziehbare Kommunikation im Projekt zwischen Modellersteller und LV-Ersteller werden die verwendeten Merkmale und Attribute in den Formblättern kenntlich gemacht.

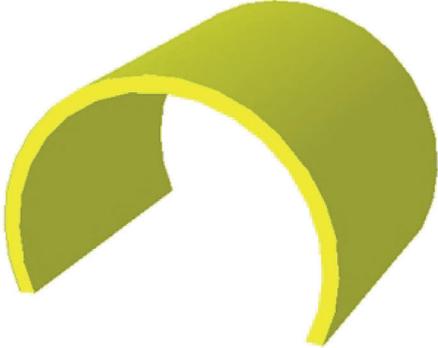
		5D TUN	Tunnelbau Content V2020.A – Formblätter			
		Element	Innenschalengewölbe			
Allgemein		Kategorie: Unterkategorie: Familie: Typen: cpiFitMatchKey: 5D-TUN-INS-AUK-GEWO cpiComponentType: Attribute				
						
Geometrie						
		Geometrie - - -				
Parameter		Angebotskalkulation derzeit verwendet: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> - Volumen - 5d Festigkeitsklasse - 5d Expositionsklasse Frost Beton - 5d Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Chlorid - 5d Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Karbonatisie - 5d Betoneigenschaft speziell - Dicke - 5d Konsolenausbildung </td> <td style="width: 50%;"> zukünftig benötigt: 5d Vergütung Bewehrung 5d Bewehrungsgehalt 5d Technologie Betonarbeiten 5d Normung Beton 5d Expositionsklasse chemische Angriffe Beton 5d Anforderung Baustoffgemisch </td> </tr> </table>			- Volumen - 5d Festigkeitsklasse - 5d Expositionsklasse Frost Beton - 5d Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Chlorid - 5d Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Karbonatisie - 5d Betoneigenschaft speziell - Dicke - 5d Konsolenausbildung	zukünftig benötigt: 5d Vergütung Bewehrung 5d Bewehrungsgehalt 5d Technologie Betonarbeiten 5d Normung Beton 5d Expositionsklasse chemische Angriffe Beton 5d Anforderung Baustoffgemisch
	- Volumen - 5d Festigkeitsklasse - 5d Expositionsklasse Frost Beton - 5d Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Chlorid - 5d Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Karbonatisie - 5d Betoneigenschaft speziell - Dicke - 5d Konsolenausbildung	zukünftig benötigt: 5d Vergütung Bewehrung 5d Bewehrungsgehalt 5d Technologie Betonarbeiten 5d Normung Beton 5d Expositionsklasse chemische Angriffe Beton 5d Anforderung Baustoffgemisch				
		cpi - cpiFitMatchKey - cpiDisableOpenings - cpiDisableExport				
	- cpiComponentType - cpiDisableCutOffs					
Auswertung		Angebotskalkulation (LV)				
		OZ	Kurztext	ME		
		4.52.11.10	Gewölbe Haupttunnel Ortbeton	m3		
	4.52.11.20	Gewölbe Haupttunnel Ortbeton WUB_KO	m3			

Abbildung 4-7
 Beispiel eines Formblatts für ein Innenschalengewölbe mit den verwendeten Merkmalen und Attributen

4.3.3 LV-Positionen

Für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses werden Objekte des Modells mit standardisierten Textbausteinen aus einem oder mehreren Standard-LVs verknüpft. Die Variablen in den Standard-LVs werden mit den Merkmalen der Objekte gefüllt, die entsprechend einheitlich definiert und aufeinander abgestimmt sein müssen. Falls in dem ausgewählten Abschnitt des Modells bei einem Merkmal unterschiedliche Ausprägungen vorhanden sind (z. B. ein Teilabschnitt mit Druckfestigkeitsklasse C30/37, ein weiterer mit C35/45), sollte die AVA-Software aus der einen Musterposition mit Variablen zwei unterschiedliche Leistungspositionen erzeugen, die für die jeweilige Teilmenge den zugehörigen Mengenvordersatz enthalten. Der prinzipielle Informationsfluss ist in **Abbildung 4-8** schematisch dargestellt. Der Datenaustausch kann einerseits über offene oder von der AVA-Software definierte Datenformate oder andererseits unter Verwendung von Applikationsprogrammierschnittstellen (API), wie hier abgebildet, erfolgen. APIs sind im Weiteren in der Anlage 5 zu [3] erläutert.

Zur Umsetzung einer rationellen und möglichst automatisierten LV-Erstellung ergibt sich das Ziel, dass sämtliche, in den Standard-LVs vorkommenden veränderlichen Eigenschaften der Leistungspositionen als Variablen definiert werden können. Dies können z. B. bei Betonpositionen für Betoninnenschalen bis zu 30 Merkmale sein. Falls die verwendeten AVA-Programme nur eine geringere Anzahl an Variablen ver-

arbeiten können, sind aus der jeweiligen Leistungsposition des verwendeten Standard-LVs diejenigen Merkmale zu identifizieren, die mit der größten Wahrscheinlichkeit im gegenständlichen Projekt in unterschiedlicher Ausprägung vorkommen. Diese sollten dann den möglichen Variablen zugeordnet werden. Weitere, im Projekt ohne Varianz auftretende, aber für eine eindeutige Leistungsbeschreibung notwendige Eigenschaften können dann als feststehender Positionstext erfasst werden (**Abbildung 4-9**).

Für Leistungen, für die keine passenden Positionen aus Standard-LVs vorliegen, müssen diese, wie bisher, als Freitext formuliert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Mengen und ggf. weitere Eigenschaften über die entsprechenden Objekte mit dem Modell verknüpft werden, damit eventuelle Änderungen am Modell auch zu einer Aktualisierung des LVs führen.

4.3.4 Nicht-objektbasierte Leistungen

Neben den Leistungen, die in den Objekten eines Modells abgebildet und verknüpft werden können, gibt es darüber hinaus auch Leistungen, die sich nicht bzw. nur schwer in einem Modell darstellen lassen (z. B. Erschwernis- oder Hindernispositionen, zeitgebundene Kosten).

Diese Leistungen können mit vereinfachten „Hilfselementen“ als Referenzflächen oder -körper verknüpft werden. Diese Arbeitsweise bietet den Vorteil, dass hiermit diese Leistungen im Modell auch Objekten zugeordnet sind. Dadurch können diese Leistun-

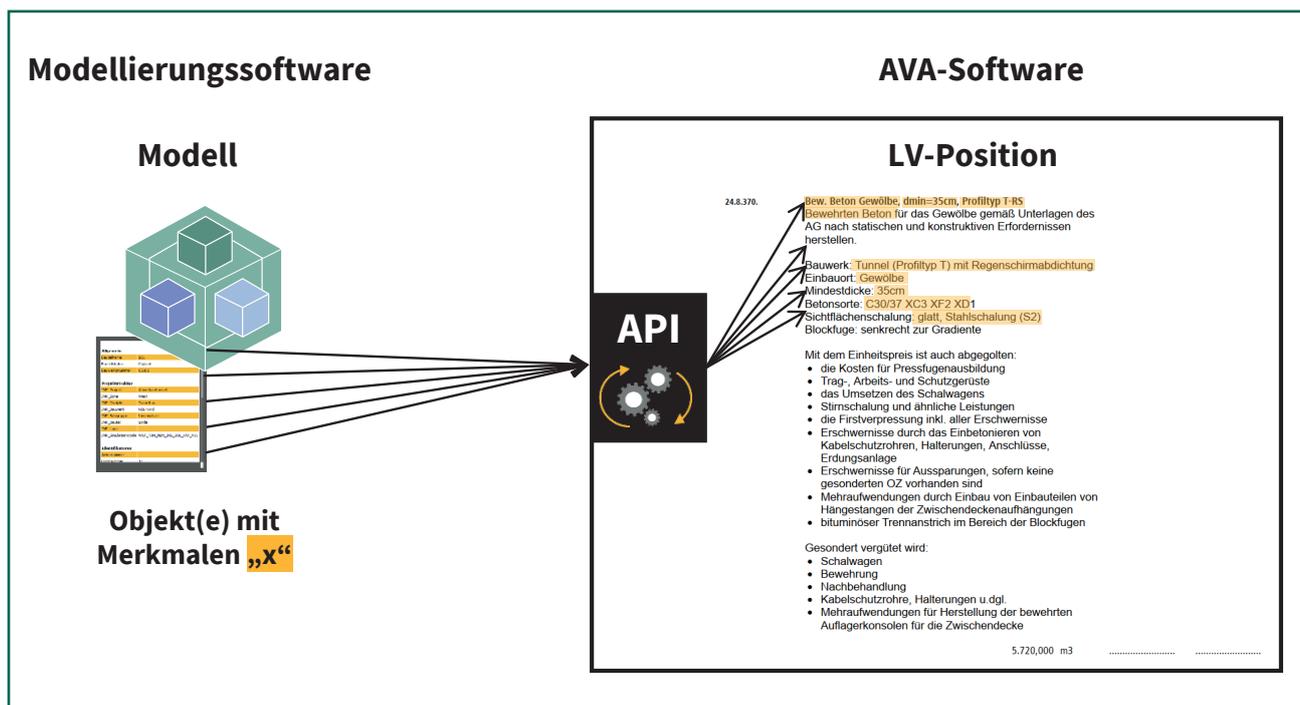


Abbildung 4-8 Schema für Datenübertragung aus dem Modell ins LV

4.52.11.	Innenschale Haupttunnel			
4.52.11.20.1	Gewölbe Haupttunnel Ortbeton WUB-KO; C30/37; XF1; XC 2; XC2; PP-Fasern; 50; Ohne Angabe			
Ortbeton WUB-KO, Gewölbebeton, Normalbeton DIN EN 206, DIN 1045-2, Ausführung gem. Zeichnung, Bewehrung wird gesondert vergütet, Blockfuge als Pressfuge, Schalung wird gesondert vergütet, Anschlussbewehrung im Bereich der Stirnschalung wird gesondert vergütet.				
Festigkeitsklasse Beton 'C 30/37'				
Expositionsklasse Frost Beton 'XF 1'				
Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Chlorid 'XC2'				
Expositionsklasse Bewehrungskorrosion Karbonatisierung 'XC2'				
Betoneigenschaft speziell 'PP-Fasern'				
Dicke Gewölbe (cm) '50'				
Konsolenausbildung 'Ohne Angabe'				
		657,623 m ³	0,00	0,00

Abbildung 4-9 Beispiel für eine Leistungsposition

gen ebenfalls über die Verknüpfung berücksichtigt und beim Austausch des Modells auch mit übergeben werden.

Alternativ können solche nicht-objektbasierten Leistungen direkt in einem gesonderten LV beschrieben werden, ohne dass eine Verknüpfung mit dem Modell vorgenommen wird.

Es ist nicht vorgesehen, mit dieser Empfehlung eine vollständige Liste von nicht-objektbasierten Leistungen vorzulegen. In **Anlage 1** sind einige Beispiele für Leistungen aufgeführt, die üblicherweise nicht Teil des ausgeschriebenen Bauwerks sind und in der Regel auch nicht als Modellelemente abgebildet werden.

Nachfolgend werden einige Beispiele für diese Leistungen, die regelmäßig bei Tunnelbauprojekten auftreten, genannt:

- **Erschwernisse**
 - Wassererschwernisse
 - Stillstände (vom AG zu vertreten)
 - Geologisch bedingter Mehrausbruch
- **Zeitgebundene Kosten**
 - Auf Bauzeittabellen basierende zeitabhängige Kosten (z. B. Betreiben und Vorhalten von Baustelleneinrichtungen)
 - Verknüpfung von Terminplan/Bauzeittabellen mit Positionen

▪ Pauschalpositionen

- Vermessung
- Technische Bearbeitung
- Baustelleneinrichtung

▪ Regie- und Stundenlohnleistungen

4.4 Nebenangebote

Sofern der Auftraggeber in einem Vergabeverfahren Nebenangebote zulassen möchte, stellt sich die prinzipielle Frage, ob die mögliche Ausarbeitung von Nebenangeboten durch den jeweiligen Bieter an einem Modell erfolgen und ob auch das Nebenangebots-LV vom Ausschreibungsmodell abgeleitet werden sollte. Im Zusammenhang hiermit ergeben sich weitere Fragestellungen, die in **Abbildung 4-10** als Entscheidungsbaum dargestellt sind.

Wenn die Nebenangebote modellgestützt bearbeitet werden sollen (Fall 1), so ist vom AG weiter zu entscheiden, ob die Bieter zu diesem Zweck das bestehende Ausschreibungsmodell des AG für die Ausarbeitung der Nebenangebote verwenden können (Fall 1.1) oder ob die ausschreibende Stelle ein Modell im offenen Austauschformat übergibt (Fall 1.2; openBIM).

Im Fall 1.1 stößt man an einen weiteren Entscheidungspunkt hinsichtlich des verwendeten Formates der Modellierungssoftware. Eine sinnvolle Verwen-

derung des Ausschreibungsmodells ist derzeit nur dann durch den jeweiligen Bieter möglich, wenn der Bieter das Nebenangebot in der gleichen Modellierungssoftware erstellt, mit der bereits das Ausschreibungsmodell erstellt wurde (Fall 1.1.1, closedBIM). Das so erstellte Modell des Nebenangebots kann dann zur LV-Erstellung für das Nebenangebot herangezogen werden.

Benutzt der Bieter eine andere Modellierungssoftware (Fall 1.1.2), muss wegen fehlender Interoperabilität in der Regel für die Ausarbeitung eines Nebenangebots ein eigenes Modell erstellt werden, aus dem wiederum das LV abgeleitet werden kann.

Sofern die Austauschformate es erlauben (**Kapitel 5.1.3**), Geometrien aus dem Ausschreibungsmodell auszulesen, um darauf basierend ein Nebenangebot zu erstellen, könnte auch im Fall 1.2 das Ausschreibungsmodell für die weitere Bearbeitung verwendet werden.

Im Fall 2, bei dem vom AG keine Anforderung an eine modellbasierte Nebenangebots-Ausarbeitung formuliert wird, bleibt es dem Bieter überlassen, ob er das Nebenangebot anhand eines eigens erstellten Modells erarbeitet oder nicht. Bei der eigenen modellbasierten Erarbeitung kann auch hier das LV aus dem Modell erstellt werden. Andernfalls ist die LV-Erstellung entsprechend **Kapitel 2.4** vorzunehmen.

Bei den einzelnen Fällen sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

Fall 1 (Anforderung zur modellbasierten Nebenangebotserstellung):

- Vom Auftraggeber sind Mindestanforderungen für die Einreichung von Nebenangeboten zu definieren, die transparent und verständlich dem Bieter Vorgaben liefern, nach denen das Modell bearbeitet und das Leistungsverzeichnis erstellt werden können. Zu diesem Zweck müssen durch die ausschreibende Stelle Richtlinien zur Modell- und LV-Erstellung vorgegeben werden, so dass Modell und LV auf definierte Qualitätskriterien geprüft werden können.
- Sofern die Bieter jeweils eigene Modelle für ihre Nebenangebote erstellen müssen, benötigen die Bieter mehr Zeit für die Anfertigung von Modellen im Ausschreibungsverfahren.
- Die Konsistenz zwischen Nebenangebots-LV und -Modell ist eine wesentliche Voraussetzung für die Wertung des Nebenangebotes und sollte bei konsequenter Umsetzung des Anwendungsfalles (siehe **Kapitel 3.3**) gegeben sein.
- Im Fall 1.2 ist zu definieren, wie das von dem jeweiligen Bieter erstellte Nebenangebotsmodell inkl. LV bei der späteren Beauftragung in das Ausschreibungsmodell und LV des AG übernommen wird (Überführung in Auftragsmodell und Auftrags-LV).

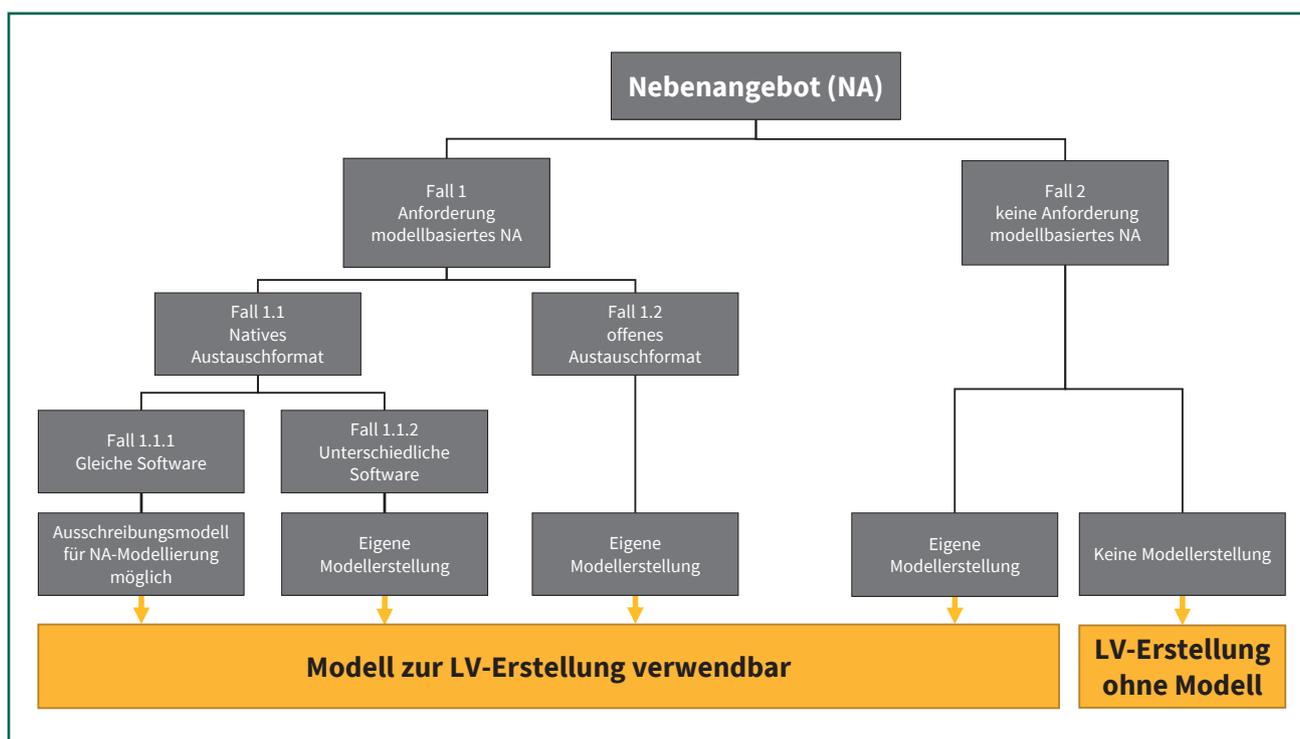


Abbildung 4-10 Übersicht zur modellbasierten Nebenangebotsbearbeitung

Fall 2 (keine Anforderungen zur modellbasierten Nebenangebotserstellung):

- Für diesen Fall ist zu bestimmen, wer im Fall der Beauftragung des Nebenangebots die dazu gehörenden Leistungen nachmodelliert und in das Auftragsmodell übernimmt.

Grundsätzlich ist eine durchgängige modellgestützte Bearbeitung zu empfehlen und damit die Fälle 1.1 und 1.2; der Fall 1.2 allerdings mit der Einschränkung, dass die Austauschformate noch leistungsfähiger werden müssen (siehe **Kapitel 5.1.3**).

Unabhängig davon, welche projektbeteiligte Partei Änderungen am Ausschreibungsmodell zum Zwecke der Abbildung eines Nebenangebots vornimmt, können diese im Modellvergleich sehr anschaulich visualisiert werden. Die angezeigten Änderungen beziehen nicht nur geometrische, sondern auch semantische Anpassungen ein (**Abbildung 4-11**).

Der Vollständigkeit halber sei darauf hinzuweisen, dass zu den Nebenangebotsunterlagen neben dem Nebenangebots-LV und -Modell ggf. weitere erläuternde Dokumente gehören (z. B. Erläuterungsbericht, geänderter Bauablaufplan, Gutachten etc.). Ein weiterer Bestandteil des Nebenangebots sollte eine Übersicht über die entfallenden, hinzukommenden und geänderten Leistungen sein, im Idealfall in Form eines Differenz-LVs, das in vergleichbarer Weise wie die Modelländerungen in **Abbildung 4-11** dargestellt werden kann.

Es gelten ansonsten grundsätzlich die identischen Anforderungen an Nebenangebote wie bei einer konventionellen Ausschreibung.

4.5 Qualitätssicherung

4.5.1 Modellgeometrie

Für die korrekte Ermittlung von volumen-, flächen- oder längenbezogenen Mengen sind Objekte mit konsistenten und geschlossenen 3D-Körpern entscheidend. Daher muss bei und nach Abschluss des Modellierungsprozesses die Modellgeometrie auf Plausibilität, Vollständigkeit und Fehlerfreiheit überprüft werden (**Abbildung 4-12**).

4.5.2 Zuweisung von Merkmalen

Bei der Verknüpfung des Modells mit dem LV erfolgt die Übernahme ausschreibungsrelevanter Eigenschaften über die den Objekten zugewiesenen Merkmale. Zur eindeutigen und fehlervermeidenden Definition der benötigten Merkmale sollten diese in Steckbriefen oder Formblättern dokumentiert werden.

Die einheitliche und eindeutige Bezeichnung und Zuordnung der Merkmale ist ganzheitlich über die unterschiedlichen Gewerke hinweg umzusetzen. Hierbei sind insbesondere die einzusetzenden Softwarelösungen, die damit einhergehenden Systemgrenzen und Schnittstellen stets im Blick zu behalten.

Gegenüber der konventionellen Mengenermittlung gewinnt im modellbasierten Ansatz eine enorme Bedeutung, dass alle modellierten Objekte mit den korrekten Merkmalen belegt sind. Falsch zugeordnete Merkmale werden von der Software nicht unbedingt als „falsch“ identifiziert, da diese nicht beurteilt, ob das hinterlegte Merkmal mit der visuellen Darstellung übereinstimmt oder davon abweicht. Eine Löschwasserleitung, die in den Merkmalen die Bezeichnung „Kabelschutzrohr“ beinhaltet, wird nicht

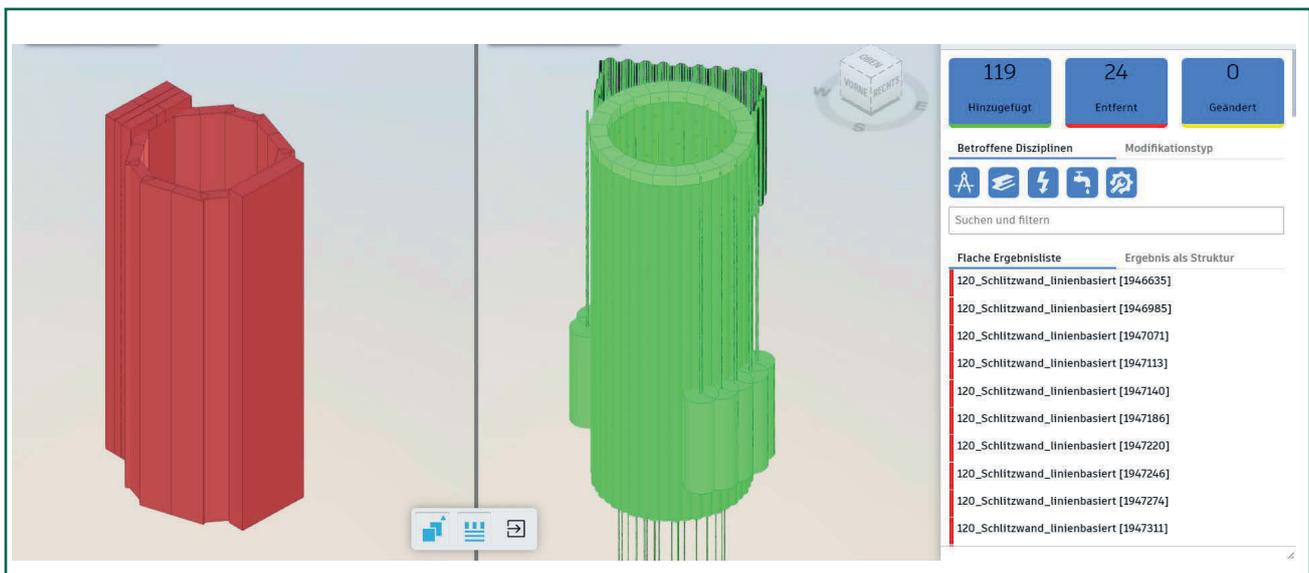


Abbildung 4-11 Abbildung zum Modellvergleich

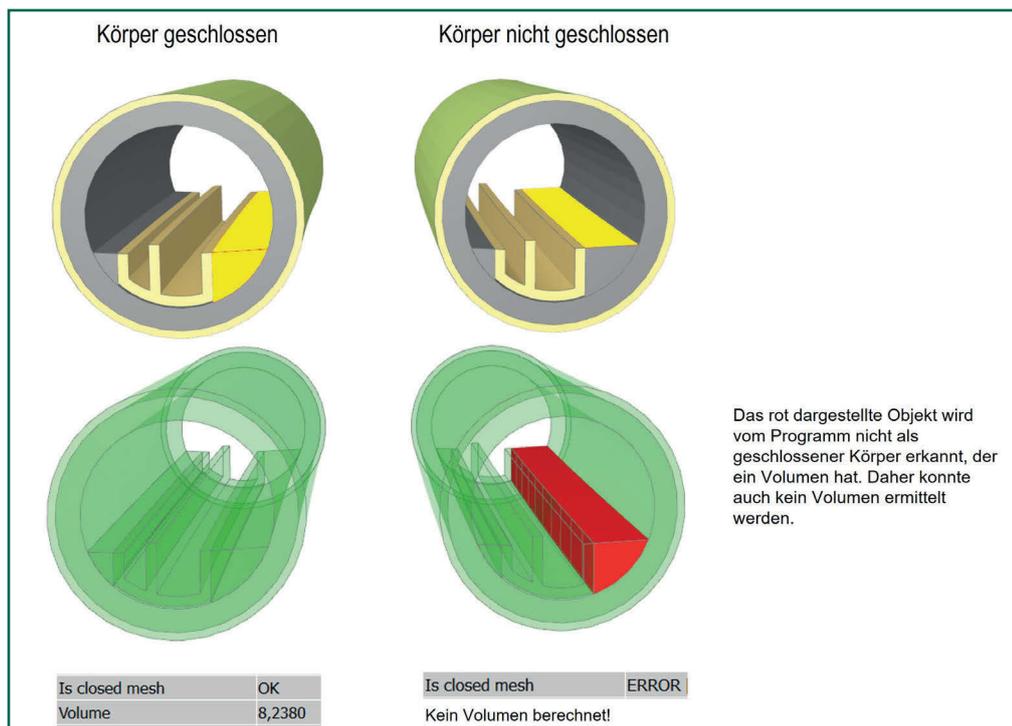


Abbildung 4-12
Beispieldarstellung geschlossener und nicht-geschlossener Körper. Bei nicht-geschlossenen Körpern können keine Volumina bzw. Mengen ermittelt werden

Das rot dargestellte Objekt wird vom Programm nicht als geschlossener Körper erkannt, der ein Volumen hat. Daher konnte auch kein Volumen ermittelt werden.

automatisch als falsch zugeordnet angesehen (**Abbildung 4-13**). Diese Problematik würde sich jedoch in einer fehlerhaften Mengenermittlung widerspiegeln. Vor der Mengenermittlung ist daher zur Identifikation von potenziellen Fehlern eine Plausibilitätskontrolle/Merkmalprüfung der Modelle unabdingbar.

4.5.3 Vollständigkeitskontrolle objektbasierter Leistungen

Um die vollständige Übernahme der im Modell enthaltenen Objekte und Teilobjekte in die Positionen des

LVs überprüfen zu können, sollte die AVA-Software bei einer Auswahl einer Position oder eines LV-Titels die zugeordneten Elemente im Modell anzeigen können. Zur Kontrolle der korrekten und vollständigen Übernahme der im Modell hinterlegten Informationen sollte eine Prüfung der in den Positionen bzw. LV-Titeln abgefragten Merkmale und deren Attribute möglich sein. Ebenso sollte in der AVA-Software die Möglichkeit bestehen, Modellobjekte anzuzeigen, welche noch keiner LV-Position zugeordnet wurden.

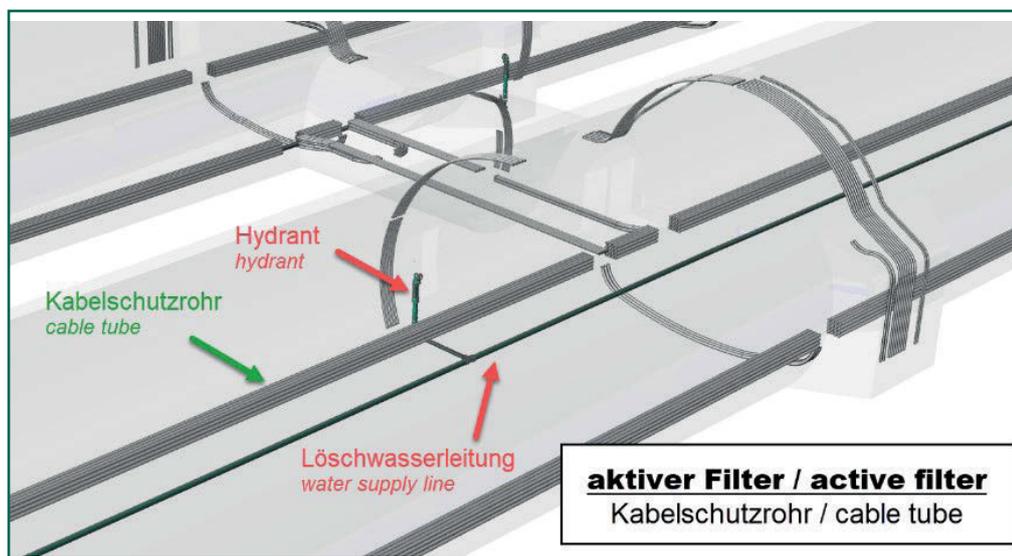


Abbildung 4-13
Visuelle Plausibilitätskontrolle

4.5.4 Änderungsmanagement bei Planungsänderungen

Von Beginn des Entwurfs- und Planungsprozesses an sollten Änderungen konsequent dokumentiert werden. Nach Abschluss einer Planungsstufe muss vor Beginn des weiterführenden Planungsprozesses für das Modell ein Versionswechsel durchgeführt und die abgeschlossene Version gesichert werden. Ab den Planungsstufen, bei denen das Modell zur Kostenermittlung mit einer AVA-Software verknüpft wird, müssen bei einem Versionswechsel zusammen mit der jeweiligen Modellversion auch eine Version des zugehörigen Leistungsverzeichnisses, der Mengenermittlung und der Kalkulation gesichert werden.

Wenn sich ein Korrekturbedarf im Zuge des laufenden Ausschreibungs- und Vergabeverfahrens z. B. durch Antwort auf eine Bieterfrage ergibt, wäre es zwar wünschenswert, dass das Modell entsprechend geändert und die hieraus resultierenden Modifikationen im Leistungsverzeichnis daraus abgeleitet werden. Die begrenzte Angebotsfrist kann jedoch dazu führen, dass die Anpassungen durch die ausschreibende Stelle nicht im Modell, sondern nur auf LV-Ebene erfolgen. In diesem Fall müssen die Korrekturen nachträglich im Modell vorgenommen und mit den zugeordneten LV-Positionen verknüpft werden. Für das Änderungsmanagement sei hier auf die besondere vergabe- und vertragsrechtliche Relevanz hingewiesen.

5 Handlungsfelder für Weiterentwicklungen

Bei den meisten Projekten ist es weiterhin sinnvoll und notwendig, der Ausschreibung zusätzlich zum Leistungsverzeichnis weitere Dokumente, wie z. B. eine Baubeschreibung, beizufügen.

Es wird empfohlen, den Bietern für die Bearbeitung von Nebenangeboten das Modell in bearbeitbarer Form zu übergeben. Dies sind in der Regel native Dateiformate der Modellierungssoftware, da offene Dateiformate (z. B. IFC, cpixml) für eine geometrische Bearbeitung und Anpassung nicht vorgesehen sind.

Nachfolgend werden die Handlungsfelder beschrieben, die für eine modellbasierte und möglichst weitgehend automatisierte Erstellung von Leistungsverzeichnissen wichtig erscheinen, um den Bearbeitern eine effektive und zeitsparende Arbeitsweise zu ermöglichen und somit die Akzeptanz und Verbreitung von BIM im Angebotsprozess zu verbessern.

5.1 Modellbildung

Zwischen dem Modellersteller und dem LV-Ersteller ist eine enge Abstimmung erforderlich. Der Model-

lersteller muss die Modelle so strukturieren und detaillieren, dass der LV-Ersteller in der AVA-Software die richtigen Merkmale für die jeweiligen Bauteile zur Verfügung hat. Hierzu muss der Modellersteller Kenntnisse über Aufbau und Vorgehensweise bei einer Kalkulation haben. Für eine vereinfachte Abstimmung können die in **Kapitel 4.3.2** erwähnten Formblätter bzw. Steckbriefe für die einzelnen Bauteile verwendet werden.

Sofern mit Muster-LVs gearbeitet wird, ergeben sich aus diesen Mindestanforderungen an die Detaillierung des Modells sowie die zugehörigen Merkmale.

5.1.1 Ausbruch und Sicherung

Mit den derzeitigen verfügbaren Leistungsmöglichkeiten der Hard- und Software ist es kaum möglich, einen (längeren) Tunnel mit allen Abschlüssen, Ankern, Ausbaubögen und sonstigen Details zu modellieren. Deshalb sind hier Grobmodelle (**Abbildung 5-1**) er-

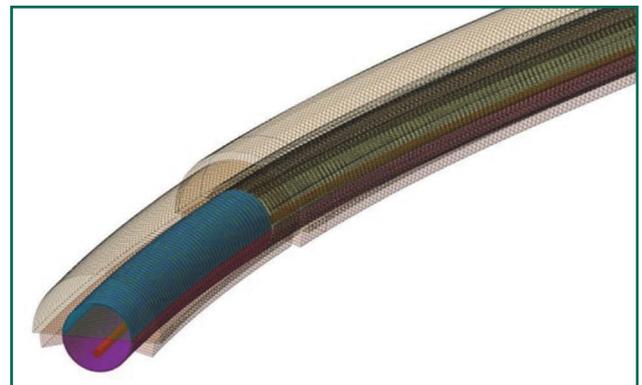


Abbildung 5-1 Beispiel für eine vereinfachte Modellierung des Ausbruchs und der Sicherungsmittel (Grobmodell)

forderlich, in denen die für eine LV-Erstellung notwendigen Informationen in Form von Merkmalen enthalten sind. Um dennoch eine gewisse Unterteilung der verschiedenen Ausbruchs- und Sicherungselemente (Teilquerschnitte, Spritzbeton, Anker, Spieße usw.) zu erhalten, können diese als separate vereinfachte Volumenkörper modelliert werden. Somit erhält man auch schon in einer frühen Planungsphase eine Visualisierung der Ausdehnungen z. B. der Anker, da diese als eine Umhüllende modelliert werden, sodass eine Kollisionsprüfung mit angrenzenden Gebäuden oder Installationen möglich wird. Für die Berücksichtigung temporärer Sicherungen, wie z. B. Ortsbrustanker, empfiehlt sich die Einführung und Verwendung von entsprechenden Merkmalen, die im Modell den Bauteilen der Hohlraumsicherung wie Kalotte, Strosse o. ä. zugeordnet werden.

Mit fortschreitender Planungstiefe nimmt auch der Detaillierungsgrad zu. Beispielsweise werden einzelne Vortriebsklassen in Detailmodellen geplant. Hierbei

werden die für die LV-Erstellung erforderlichen Angaben in den einzelnen Detailmodellen vorgehalten (z. B. Anzahl und weitere Eigenschaften der jeweiligen Sicherungsmittel je Abschlag). Diese Angaben werden als Merkmale an das Grobmodell übergeben. Bei der Erstellung eines LV wird demnach nicht ausschließlich auf das Grobmodell, sondern auch auf die Detailmodelle zurückgegriffen.

Mit den unterschiedlichen Planungsphasen und der zunehmenden Baugrundkenntnis gehen Änderungen notwendiger Stützmittelgattungen, Stützmittelmengen und Abschlagslängen einher. Lineare Infrastrukturbauwerke wie Tunnel werden sich in Zukunft aus Bauteilen, z. B. einer Kalotte, zusammensetzen, die in hohem Maße wiederholt entlang der Achse positioniert sind. Dies sollte in Form von parametrisierten Vorlagen für Objekte erfolgen, die sich automatisiert an sich ändernde Abschlagslängen anpassen lassen. Als Vorlagen können beispielsweise Objekte eines Vortriebs mit oder ohne Nischen und dergleichen vorgeschlagen werden.

Werden für unterschiedliche Tunnelabschnitte prozentuale Verteilungen von Vortriebsklassen angegeben, kann es auch sinnvoll sein, nicht die Vortriebsklassen getrennt zu modellieren. In diesem Fall werden die unterschiedlichen Tunnelabschnitte getrennt in vereinfachten Teilmodellen modelliert. Den Teilmodellen werden die Mengen und die prozentuale Verteilung der Vortriebsklassen für den entsprechenden Tunnelabschnitt hinterlegt. Sämtliche Objekte wie Anker, Abschlagslängen, Mengen usw. werden dabei als Merkmale vorgehalten. Eine visuelle Unterscheidung im Modell ist dabei allerdings nicht mehr möglich (**Abbildung 5-2**). In Modellanforderungen

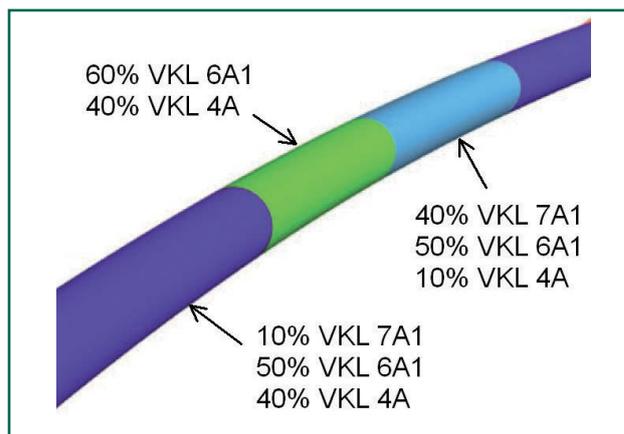


Abbildung 5-2 Beispiel für eine vereinfachte Modellierung von Tunnelabschnitten (Grobmodell)

Teil 3 - Baugrundmodellierung [4] wird auf diese Modellierungsmethode im Hinblick der Baugrundmodellierung näher eingegangen.

5.1.2 Innenschale

Die Anzahl der unterschiedlichen Bauteile einer Tunnelinnenschale sind begrenzt und die Blocklängen deutlich größer als die Abschlagslängen beim Ausbruch und der Sicherung. Daher ist es mit den derzeitigen verfügbaren Leistungsmöglichkeiten der Hard- und Software sinnvoll, die Innenschale blockweise zu modellieren (**Abbildung 5-3**).

Für die Modellierung der Innenschale ist ein Gesichtspunkt die Ansprache einzelner Bauteile der Innenschale wie Widerlager, Randweg, Sohlbeton etc. Die Modellierung als einzelnes Bauteil ermöglicht die

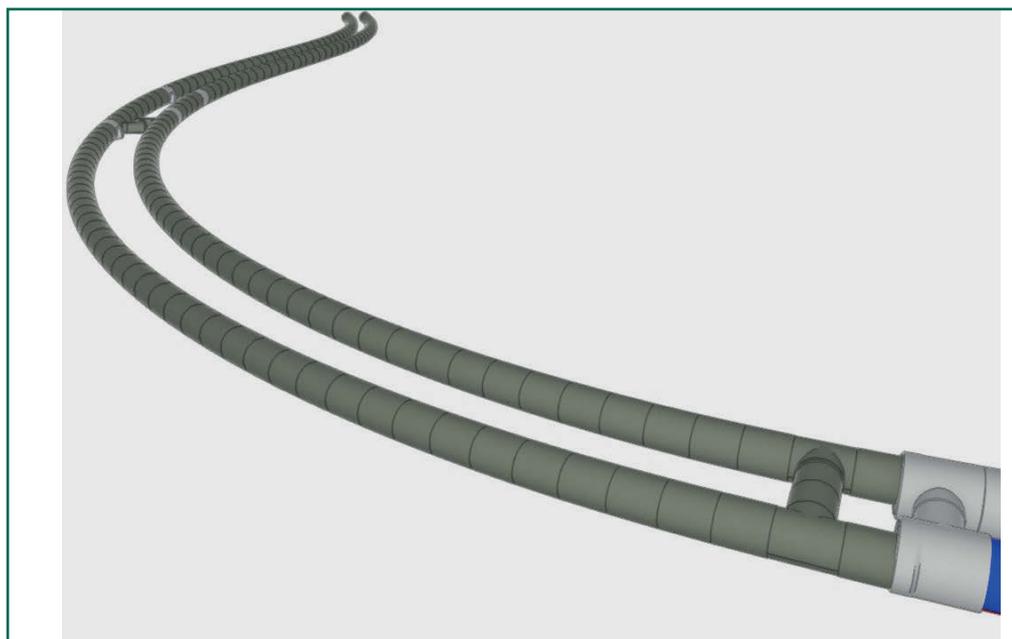


Abbildung 5-3 Beispiel für eine blockweise Modellierung der Innenschale

Weiterverwendung bei der Darstellung des Bauablaufs als Soll- bzw. als Ist-Dokumentation.

Auch die Innenschale besteht aus sich wiederholenden Bauteilen, sodass eine zweckmäßige Verwendung von Vorlagedateien die Modellierung beschleunigen kann.

5.1.3 Offene Austauschformate

Offene Austauschformate (z. B. IFC) ermöglichen einen von der verwendeten Software unabhängigen Modellaustausch zwischen unterschiedlichen Projektbeteiligten (openBIM). Bei diesem Austausch können die Informationen, die als Merkmale den einzelnen Objekten zugeordnet sind, relativ einfach bearbeitet werden. Veränderungen der Geometrie der Objekte sind derzeit allerdings schwieriger und aufwendiger und werden deshalb als problematisch bewertet.

Zur durchgängigen Bearbeitung an einem Modell – Grundgedanke der „single source of truth“ – ist es zielführend, auch die Bearbeitung der Geometrien an Modellen mit unterschiedlichen Softwarelösungen durchführen zu können. Dabei sollte es z. B. im Fall der Ausarbeitung von Nebenangeboten möglich sein, dass ein Bieter das Ausschreibungsmodell des Auftraggebers ohne Informationsverlust erhält, in seiner Software zu einem Nebenangebot überarbeitet und dem AG wieder übergibt, der damit die Änderungen gegenüber dem Ausschreibungsmodell prüfen kann.

Derartige offene Austauschformate werden dringend benötigt.

5.2 Merkmale

5.2.1 Fortschreibung Merkmalkatalog

Wie in **Kapitel 4.1.3** dargestellt, hat der DAUB in einem Muster-Merkmalkatalog für die maßgebenden Objektgruppen des Untertagebaus sowie für die wichtigsten Materialien die entsprechenden Merkmale und deren Attribute definiert. Um ein vollständiges LV für ein Tunnelprojekt modellgestützt erzeugen zu können, ist eine systematische Erweiterung dieses Merkmalkatalogs notwendig. Als Beispiele können die Leistungsbereiche Entwässerung, Erdung und Baustelleneinrichtung genannt werden.

5.2.2 Zusammenführung mit weiteren Gewerken

Da bei Tunnelprojekten in der Regel auch weitere Gewerke wie z. B. Ingenieur-, Spezialtief-, und/oder Straßenbau zur Ausführung kommen, müssen deren Merkmalkataloge mit dem des Tunnelbaus kompatibel sein bzw. müssen die verwendeten Materialmerkmale identisch sein.

Idealerweise wird für den Infrastrukturbau ein einheitlicher, gewerkeübergreifender Merkmalkatalog ausgearbeitet und für die Verwendung frei zur Verfügung gestellt.

5.3 Leistungsverzeichnis

5.3.1 Überarbeitung von Standard-Leistungsverzeichnissen

Wie bereits in **Kapitel 4.3.1** beschrieben, sollte bei der Erstellung von Leistungsverzeichnissen weitestgehend auf standardisierte Texte in Form von beispielsweise STLK, LB-VI oder NPK zurückgegriffen werden, um Leistungsbeschreibungen dadurch zu vereinheitlichen.

Auf Grund der Tatsache, dass Untertageprojekte in der Regel auch Leistungen anderer Gewerke wie z. B. Ingenieur-, Spezialtief- und/oder Straßenbau enthalten, muss für eine konsequente Anwendung von BIM der Inhalt der Leistungstexte in den Standard-LVs gewerkeübergreifend homogenisiert werden. Das bedeutet zum Beispiel, dass Betoneigenschaften in allen Gewerken einheitlich und vollständig beschrieben sowie informationstechnisch verarbeitbar sind. Weiterhin muss die zum Teil über Jahrzehnte gewachsene Struktur der Standardleistungsverzeichnisse auf ihre informationstechnische Verarbeitbarkeit überprüft und gegebenenfalls überarbeitet werden.

5.3.2 Anpassung von Abrechnungsregeln

Die derzeit geltenden Abrechnungsregeln (z. B. DIN 18312) basieren auf der konventionellen, meist 2-dimensionalen Planung und sollen den Aufwand reduzieren, die abzurechnenden Mengen zu bestimmen.

Bei einer modellbasierten Planung können die Mengen von komplexen Bauteilgeometrien exakt ermittelt werden. Somit sind die bisherigen, einer vereinfachten Abrechnung dienenden Übermessungsregeln nicht mehr erforderlich. Deren Anwendung würde in vielen Fällen sogar einen enormen Mehraufwand bei der Modellerstellung und Mengenermittlung verursachen.

Beispiel:

Aussparungen mit einer Einzelgröße kleiner $0,50 \text{ m}^3$ dürfen gemäß ATV DIN 18331 übermessen werden. Die aus dem Modell ermittelte Betonmenge würde in diesem Fall ein kleineres Volumen ergeben als die derzeit abrechenbare Menge. Um den geltenden Vorschriften gerecht zu werden, müsste das „Luft“-Volumen der Aussparung gesondert ermittelt und dem Netto-Betonvolumen hinzugerechnet werden, um das normgerechte Abrechnungsvolumen zu erhalten.

Für die objektbasierte Arbeitsweise bei LV-Erstellung und Abrechnung sollten die derzeit geltenden Abrechnungsvorschriften überprüft und ergänzt werden.

5.3.3 Kombination mehrerer Modelle durch die AVA-Software

Die im Tunnelbau zu erbringenden Leistungen werden in verschiedenen Fach- und Teilmodellen beschrieben. Die AVA-Software sollte daher in der Lage sein, bei der Mengenermittlung verschiedene Modelle zu verknüpfen und zu kombinieren.

Um eine vereinfachte und transparente Mengenermittlung auch bei langen Tunnelbauwerken zu ermöglichen, kann eine Kombination von Modellen mit verschiedenen Detaillierungsgraden notwendig sein (vgl. **Kapitel 4.1.1**). In diesem Fall werden in mehreren detaillierten Teilmodellen einzelne Objekte erzeugt, deren Mengen jeweils ermittelt werden können. In einem zugehörigen Grobmodell werden die Längen-Bereiche definiert, denen diese Teilmodelle zugeordnet werden (siehe **Abbildung 4-2**). Eine Mengenermittlung und Verknüpfung in der AVA-Software erfolgt daher durch die Ermittlung der Einzelmengen aus den detaillierten Teilmodellen und einer Multiplikation dieser Mengen mit der jeweiligen Gesamtlänge der im Grobmodell definierten Bereiche. Im Grobmodell kann die Zuordnung der Bereiche durch eine prozentuale oder eine geometrische Aufteilung erfolgen.

Die Mengenermittlung und die Zuordnung zu den LV-Positionen sollte in der AVA-Software assoziativ sein, d. h. bei Änderungen in der Planung der Teilmodelle oder der Definition der Bereiche im Grobmodell erfolgt die Aktualisierung der LV-Mengen automatisiert.

5.3.4 Anzahl möglicher Variablen

Es ist AVA-Software einzusetzen, welche eine möglichst große Anzahl an Variablen verarbeiten kann, um die Leistungspositionen weitgehend automatisiert aus den Merkmalen des Modells/der Modelle generieren zu können.

6 Ausblick

6.1 Ausführung

Um die Vorteile einer modellgestützten Arbeitsweise durchgängig über alle Phasen eines Projekts ausschöpfen zu können, sollten Modell und zugehöriges LV aus der Angebotsphase in die Ausführungsphase „transformiert“ und für die Projektabwicklung insbesondere für Abrechnung, Controlling und Leistungsänderungen eingesetzt werden.

6.1.1 Abrechnung

Bei der objektbasierten Abrechnung werden das Modell und das hiermit verknüpfte Leistungsverzeichnis für die Dokumentation und Plausibilisierung der in einem definierten Zeitraum erbrachten Bauleistungen

und die sich hieraus ergebende Abschlagsrechnung genutzt. Da im Bereich des Infrastrukturbaus hierzu wenig Erfahrungen aus Pilot- und Ausführungsprojekten vorliegen, wird im Folgenden keine objektbasierte Abrechnungsmethodik beschrieben, sondern es werden die sich aus heutiger Sicht erkennbaren Aufgabenstellungen und Randbedingungen dargestellt. Diese sollten in Zukunft näher untersucht und zu einer separaten Empfehlung ausgearbeitet werden.

Die Abrechnung von Leistungen im Untertagebau unterscheidet sich von den anderen Bausparten insbesondere durch die folgenden Aspekte:

- Die regelmäßig auftretenden Abweichungen von angetroffenen zu prognostizierten Baugrundverhältnissen führen zu Änderungen der Ausführung – insbesondere bei Ausbruch und Sicherung – weswegen das Modell und die Mengenermittlung entsprechend laufend angepasst werden müssen. Auf Basis dieser Fortschreibung erfolgt die Abrechnung.
- In der Ausschreibung als nicht-objektbasiert erfasste Leistungen, wie z. B. Wassererschwernisse, Hindernisse, Störfälle etc., konkretisieren sich im Zuge der Bauausführung und sind dementsprechend ebenfalls bei der Fortschreibung zu berücksichtigen.
- Die oben angeführten Änderungen der Ausführung haben Auswirkungen auf die in der Regel vertragsrelevante Bauzeit und somit auch auf die Abrechnung der zeitgebundenen Kosten.

6.1.2 Controlling

Bei der Durchführung des Controllings einer Baumaßnahme in der Ausführung unter Zuhilfenahme des Modells gestaltet sich die Situation komplexer als bei der Abrechnung.

Die in **Kapitel 6.1.1** aufgeführten Aspekte sind im Hinblick auf das Controlling ebenfalls relevant. Darüber hinaus sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Anforderungen an den Detaillierungsgrad des Controllings sind aus Sicht von AG und AN jeweils unterschiedlich gelagert.
- Neben der Ermittlung der voraussichtlichen Abrechnungssumme bzw. der Erlöse zum jeweiligen Stichtag ist auch ein Kostencontrolling durchzuführen, bei dem die Soll-Herstellkosten den Ist-Kosten gegenübergestellt werden.
- Zusätzliche bzw. geänderte Leistungen sind zu berücksichtigen.
- Vorauszahlungen, Vorleistungen etc. (z. B. Investitionen für Einrichtungen/Geräte, Liefermengen, unbeauftragte Nachtragsleistungen) müssen abgegrenzt werden.
- Teuerungen und eventuelle Gleitungsvereinbarungen müssen bewertet werden.

6.1.3 Geänderte und zusätzliche Leistungen

Mit dem Einsatz der BIM-Methode und Nutzung der damit verbundenen Vorteile, wie Einbindung der relevanten Beteiligten und Experten in frühen Planungsphasen, Visualisierung der Baumaßnahmen, Kollisionskontrollen am Modell etc., die zu einer gewinnbringenden Steigerung der Transparenz und Kooperation führen, können die zur Umsetzung erforderlichen Baumaßnahmen erheblich besser und früher erfasst werden. Die somit mögliche Arbeitsweise „erst virtuell und dann real bauen“ verringert das Auftreten vermeintlich unvorhersehbarer Ereignisse, die im Bauablauf bei der Ausführung zu Leistungsänderungen und damit zu empfindlichen Störungen in jeglicher Hinsicht führen.

Im Untertagebau sind für die regelmäßig auftretenden Abweichungen von angetroffenen zu prognostizierten Baugrundverhältnissen bereits in den Bauverträgen Regelungen zur Anpassung und Abrechnung dieser geänderten Voraussetzungen vorgesehen.

Darüber hinaus werden nicht nur bei großen Infrastrukturprojekten geänderte und zusätzliche Leistungen erforderlich, um die zweckmäßige Fertigstellung des Bauwerks zu erreichen.

Für den Fall einer erforderlichen Änderung der ursprünglich vorgesehenen Leistungen bzw. der Notwendigkeit, Zusatzleistungen ausführen zu müssen, sollte zuerst das Modell auf den aktuellen Stand gebracht werden. Hierbei kann analog zum Vorgehen bei Nebenangeboten (**Kapitel 4.4**) mit Teilmodellen gearbeitet werden. Der konkrete Prozess zur Übernahme der Leistungsänderungen bzw. -zusätzen in das Modell mit Angabe von Fristen und Verantwortlichkeiten ist in den AIA oder im BAP festzulegen. Die Ableitung des LVs (**Kapitel 4.3**) erfolgt dann aus dem überarbeiteten Modell.

6.2 Vertragsmodelle

Nachfolgend werden die im Anwendungsbereich dieser Empfehlung derzeit gebräuchlichen sowie neue, partnerschaftliche Vertragsmodelle, auf ihre Verträglichkeit mit den Anforderungen aus einer modellbasierten Projektbearbeitung beleuchtet (siehe auch DAUB Konfliktarmer Bauvertrag im Untertagebau **[9]**).

Für alle nachfolgend aufgeführten Vertragsmodelle gilt, dass diese Verträge bei einer modellbasierten Projektabwicklung, um entsprechende besondere vertragliche Vereinbarungen (AIA) zu ergänzen sind. Dies betrifft u. a. folgende Themen:

- Regelungen für das LOD und die Planungstiefe, insbesondere zu LoIN

- Prozesse, Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten und Haftung, wie z. B. Richtigkeit der Daten, Hol-/Bringschuld, Datenaustausch etc.
- Regelungen zum Urheberrecht

Das Leistungsverzeichnis dient zusammen mit dem BIM-Modell und weiteren Dokumenten der eindeutigen und umfassenden Leistungsbeschreibung und ist Grundlage für die Kostenermittlung. Bei allen nachfolgend aufgeführten Vertragsmodellen ist nach wie vor eine detaillierte und möglichst zielgenaue Kostenermittlung erforderlich.

6.2.1 Einheitspreisvertrag

Der Einheitspreisvertrag kommt im Anwendungsbereich dieser Empfehlung derzeit bei der überwiegenden Mehrheit der Bauverträge zum Einsatz. Dem Einheitspreisvertrag liegt eine detaillierte Leistungsbeschreibung in Form eines Leistungsverzeichnisses mit der Beschreibung der Leistung und der zu erbringenden Menge zu Grunde. Die Vergütung erfolgt nach dem mengenabhängigen Aufmaß der Leistungspositionen zu den vertraglich vereinbarten Einheitspreisen.

Beim Einheitspreisvertrag sind idealerweise das Modell und das hieraus abgeleitete detaillierte LV den Bietern vom AG zur Verfügung zu stellen, siehe hierzu auch die Ausführungen in **Kapitel 4.4**.

Der Einheitspreisvertrag bietet ein hohes Maß an Flexibilität, falls sich die auszuführenden Mengen gegenüber der Ausschreibungsplanung ändern. Insbesondere bei komplexen Bauvorhaben bleibt aber das Risiko bestehen, dass es in den Ausschreibungsunterlagen zu Widersprüchen oder zu einer unvollständigen Leistungsbeschreibung kommt.

Eine modellbasierte Beschreibung des Bau-Soll hat zum Ziel, die Änderung des Leistungsumfangs während der Bauausführung zu minimieren. Im Idealfall entspräche das Bau-Ist genau dem Bau-Soll aus der Planung. Sofern dies zukünftig realisiert werden kann, könnte der Einheitspreisvertrag an Bedeutung verlieren, da sich andere Vertragsmodelle besser für eine Projektabwicklung mit modellbasierter Planung und Ausschreibung eignen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass eine modellbasierte Projektabwicklung eine andere Projektkommunikation verlangt und dem auch vertraglich Rechnung getragen wird. Siehe hierzu auch die Ausführungen in **Kapitel 6.2.3**.

6.2.2 Pauschalvertrag

Beim Pauschalvertrag sind bereits bei Vertragsschluss die zu erbringende Leistung und die dafür zu zahlende Gesamtvergütung als Pauschalpreis bindend vereinbart. Der Pauschalvertrag ist charakterisiert durch seine Einfachheit, denn die Vergütung erfolgt men-

genunabhängig über Pauschalen. Die Basis für die Vergütung können sowohl ein Leistungsverzeichnis als auch eine funktionale Leistungsbeschreibung mit zugehörigen Planungsunterlagen sein. Bei Pauschalverträgen unterscheidet man je nach Projektanforderungen Detailpauschal- und Globalpauschalverträge.

Bei einem Pauschalvertrag, dessen LV nur eine oder wenige große Pauschalpositionen beinhaltet, wird das für die Kostenermittlung erforderliche Detail-LV vom Bieter erstellt, während das Modell entweder vom AG oder im Rahmen einer Design & Build-Ausschreibung von den Bietern zu erstellen ist.

Insbesondere für die Unternehmer kann eine modellbasierte Ausschreibung bei Pauschalverträgen helfen, das Mengen- und Massensisiko zu reduzieren, da die Mengenermittlung mittels eines Modells in der Regel genauer ist.

6.2.3 Partnerschaftliche Vertragsmodelle

Partnerschaftliche Vertragsmodelle mit modellbasierter Projektabwicklung kommen bisher überwiegend im Ausland zur Anwendung. Als Vorreiter können hier Großbritannien (Project Partnering, PP bzw. PPC und Early Contractor Involvement, ECI), die USA und Kanada (Integrated Project Delivery, IPD), Australien (Alliancing) sowie Skandinavien (Finnland, Schweden) genannt werden.

In den D-A-CH-Ländern ist hierfür ein grundlegender Kulturwandel erforderlich, der bereits begonnen hat. Ein erster Vorstoß wurde z. B. in Deutschland durch die „Reformkommission Bau von Großprojekten“ im Jahr 2015 [10] unternommen. Dabei wurden

verschiedene Aspekte zur Verbesserung der Umsetzung von Großprojekten beleuchtet und alternative Ansätze erarbeitet. Hierbei geht es unter anderem darum, im Rahmen einer vertrauensvollen Partnerschaft, integriert und gemeinsam zuerst zu planen und dann zu bauen. Dies zielt auf eine faire Risikoverteilung zwischen Bauherren und Auftragnehmern ab und sollte eine möglichst sachliche Lösung konfliktbehafteter Situationen gewährleisten. Im aktuellen Masterplan BIM Bundesfernstraßen [8] wird ebenfalls auf partnerschaftliche Vertragsabwicklung abgehoben.

Inzwischen werden auch in den D-A-CH-Ländern partnerschaftliche Vertragsmodelle in verschiedenen Pilot-Projekten eingesetzt. Nachfolgend sind hier die gängigsten aufgelistet:

- Early contractor involvement (ECI) mit gemeinsamer Projektoptimierung in der Vorbereitungsphase
- Cost-plus-fee-Verträge mit offengelegtem Kalkulations-LV
- Alliance-Verträge mit gemeinschaftlicher Projektabwicklung
- Mehrparteienverträge als integrierte Projektabwicklung oder als traditionelles Partnering

Bei Projekten, bei denen die BIM-Methodik zum Einsatz kommen soll, bietet sich die Anwendung von partnerschaftlichen Vertragsmodellen an. Hierbei wird das Detail-LV für die Kostenermittlung in gemeinsamer Verantwortung von AG und AN ausgearbeitet.

7 Glossar

Begriff	Abkürzung		Erläuterung
	deutsch	Norm/ englisch	
3D			Entspricht einer dreidimensionalen Geometrie, die mit Körpern im Raum konstruiert und dargestellt werden kann
Anwendungsfall	AwF	UC	Aus den BIM-Zielen abgeleitete Aufgaben zur Umsetzung der BIM-Methodik
Applikationsprogrammierschnittstelle	API		
Attribut			Alle Daten bezüglich der Beschreibung eines Merkmals, einer Merkmalsgruppe usw. (nach DIN EN ISO 23386)
Auftraggeber-Informationsanforderungen	AIA	EIR	Dokument, welches Informationsanforderungen des Auftraggebers in der Ausschreibung vorgibt, um die Rahmenbedingungen der BIM Anwendung festzulegen
Auftragsmodell			Modell, das den Zustand der Beauftragung von Bauleistungen abbildet
Ausschreibungsmodell			Modell, das zur Ausschreibung der Bauleistung verwendet wird

Begriff	Abkürzung		Erläuterung
	deutsch	Norm/ englisch	
Auswahlgruppe			Gezielte Filteroperation durch die Auswahl von Merkmalen zur Identifikation und Zuordnung von Objekten
AVA-Software			Software für die Prozessschritte Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung
Baugrundmodell			Modell mit Darstellung der geologischen/hydrogeologischen/geotechnischen Baugrundverhältnisse
Bauteil			Siehe Objekt
Bestandsmodell			Modell, welches den Bestand im Projektgebiet darstellt
BIM-Abwicklungsplan	BAP	BEP	Dokument, das die Rahmenbedingungen für die BIM-Anwendung in der Projektabwicklung festlegt
buildingSMART International	bSI		Internationale nichtstaatliche non-profit-Organisation; sie definiert „Industry Foundation Classes“ (IFC) zum BIM-Datenaustausch im Bauwesen
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	BMVI		Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur; abgelöst durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr, BMDV (ab 12.2021)
closedBIM			Bezeichnung für Kollaboration im beschränkten Datenaustausch mit nativen, proprietären Formaten
Construction Process Integration	cpixml		Dateiformat zum Ausgeben von geometrischen Objekten für Infrastrukturprojekte in 3D, um diese an 4D- und 5D-BIM-Prozesse und Koordinationsprozesse zu übergeben
D-A-CH			Akronym für Deutschland (D), Österreich (A) und die Schweiz (CH)
Detaillierungsgrad			Ausprägung der geometrischen und semantischen Informationen
Detailmodell			Teilmodell, das ein spezielles Detail mit ggfs. erhöhter Detaillierung abbildet (z. B. Vortriebsklassen, Übergangskonstruktion Tunnel-Schacht).
Element			gleichbedeutend mit Objekt
Fachmodell			Beinhaltet die gewerkespezifischen Informationen des Fachplanners. Für den Untertagebau können exemplarisch die Fachmodelle Tunnelbau, Ausbau, Entwässerung oder Brandschutz herangezogen werden
Industry Foundation Classes	IFC		Herstellerunabhängiges, offenes, standardisiertes und objektorientiertes Datenformat zum Austausch von Modellen
Klassifikation			Standardisiertes System für die Zuordnung/Strukturierung (Klassifizierung) von Elementen/Informationen
Koordinationsmodell			Modell, das aus unterschiedlichen Fach- und/oder Teilmodellen zusammengespielt wird, um die Koordination durchzuführen
Leistungsverzeichnis	LV	BoQ	Im Rahmen der Leistungsbeschreibung erstelltes tabellarisches Verzeichnis von Teilleistungen zur Definition einer im Rahmen eines Auftrages zu erbringenden Gesamtleistung
Level of Detail	LOD		Geometrischer Detaillierungsgrad von Modellen
Level of Information Need	LoIN		Geometrischer, alphanumerischer Detaillierungsgrad inkl. sonstiger dokumentierter Informationen

Begriff	Abkürzung		Erläuterung
	deutsch	Norm/ englisch	
LV-Ersteller			Person, die das Leistungsverzeichnis erstellt
Merkmal			Inhärente oder erworbene Eigenschaft eines Datenelements zur Beschreibung eines Objektes bzw. Teilobjektes (nach DIN EN ISO 23386)
Modell			Dreidimensionales Modell, welches physikalische, geometrische und funktionale Attribute enthält
modellbasiert			Bearbeitung unter Zuhilfenahme eines Modells
Modellersteller			Person, die das Modell erstellt
Modellierungsrichtlinie			Definiert die in einer Organisation oder einem Projekt einzuhaltenden Rahmenbedingungen zur Erstellung von Modellen
Modellierungssoftware			Software zur Erstellung eines geometrischen Modells
Modellstruktur			Definition des übergeordneten Aufbaus der einzelnen Teil(fach)modelle und deren Zusammenhang (Koordinationsmodelle)
nativ			Einer bestimmten Softwareanwendung zugeordnet (Verwendung im closedBIM)
Normpositionen-Katalog	NPK		Sammlung von Normenpositionen zur LV-Erstellung in der Schweiz
Objekt			Mit Informationen hinterlegtes, einzelnes Modellelement. Es kann sich z.B. um ein Bauteil, ein Gerät oder einen Raum handeln
objektbasiert			Bearbeitung unter Zuhilfenahme von Objekten
Objektcode			Alphanumerischer Wert zur eindeutigen Kennzeichnung unterschiedlicher Objekte; siehe Modellanforderungen – Teil 1 Objektdefinition, Codierung und Merkmale [2]
Objektgruppe			Gruppierung mehrerer Objekte, die aus unterschiedlichen Montagevorgängen zu einem Endprodukt führen
Objektkatalog			Strukturierte Sammlung aller Objekte bzw. Teilobjekte, die zur Modellierung in relevanter Detaillierung erforderlich sind; siehe Modellanforderungen – Teil 1 Objektdefinition, Codierung und Merkmale [2]
ÖNORM			Österreichische Norm herausgegeben von Austrian Standards International
openBIM			Bezeichnung für Kollaboration im offenen Datenaustausch mit neutralen, Softwareunabhängigen Formaten
Projektphasen			Abschnitte in der Entwicklung, Umsetzung und dem Betrieb eines Projekts, die mit zweckgebundenen Meilensteinen den Projektfortschritt beschreiben
quantity take-off	QTO		Mengenermittlung
semantisch			Mit Zeichen(folgen) erwirkte Bedeutung
single source of truth			Quelle aller aktuell gültigen Informationen

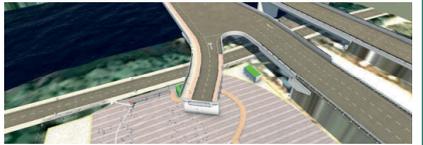
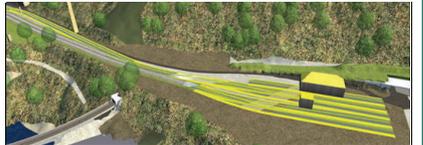
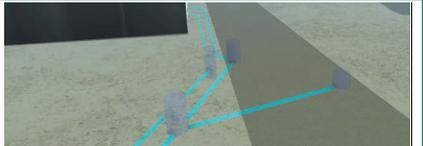
Begriff	Abkürzung		Erläuterung
	deutsch	Norm/ englisch	
Standardleistungsverzeichnis			Normiertes und für einen definierten Geltungsbereich eingeführtes Leistungsverzeichnis, welches als Basis zur Erstellung projektindividueller Leistungsverzeichnisse dient
Standardleistungsbuch	STLB		Standard-LV für Bauvorhaben des Bundes sowie der Hochbauverwaltungen der Länder (Deutschland), herausgegeben vom DIN, Deutsches Institut für Normung in Berlin. Aufstellung, Entwicklung und laufende Aktualisierung durch den GAEB, Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen, Bonn
Standardleistungskatalog	STLK		Standard-LV für den Straßen- und Brückenbau (Deutschland). Herausgabe und Pflege durch die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln. Einführung durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Deutschland)
Teilmodell			Teilmodelle bilden einen Teil des Gesamtmodells ab und beinhalten alle Fachmodelle in ihrem Bereich, z. B. Portalbereich, Schacht 1, Vortrieb Nord
Teilobjekt			Das kleinste Element, das im Modell vorhanden ist
Vorausmaß			Mengenvordersatz einer Position (Sprachgebrauch Schweiz)
Werkleistungen			Teilleistungen der Leistungsbeschreibung (LV) (Sprachgebrauch Schweiz)
Z-Position			Position für eine Leistung, die nicht in den standardisierten Leistungsbeschreibungen enthalten ist (Sprachgebrauch Österreich, in der Schweiz R-Position)

8 Literaturverzeichnis

- [1] DAUB (2019): Digitales Planen, Bauen und Betreiben - BIM im Untertagebau. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), Köln
- [2] DAUB (2020): Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten – Modellanforderungen – Teil 1 - Objektdefinition, Codierung und Merkmale. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), Köln
- [3] DAUB (2022): Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten – Modellanforderungen – Teil 2 – Informationsmanagement. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), Köln
- [4] DAUB (2022): Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten – Modellanforderungen – Teil 3 – Baugrundmodellierung. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), Köln
- [5] DAUB (2022): Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten – Modellanforderungen – Teil 4 – Modellbasierte Leistungsverzeichnisse. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), Köln
- [6] DAUB (2022): Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten – Modellanforderungen – Teil 5 – Vorhaltemaße und Überhöhungen,“ Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), Köln
- [7] CRB, Regelsatz IFC - eBKP-T, version 1.5
- [8] BMVI (2021): Masterplan BIM Bundesfernstraßen. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin
- [9] DAUB (2020): Konfliktarmer Bauvertrag. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), Köln
- [10] BMVI (2015): Reformkommission Bau von Großprojekten, Endbericht. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin ■

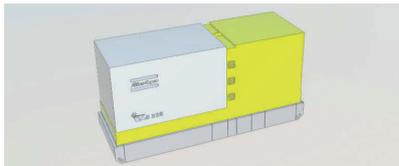
Anlagen

Anlage 1: Beispiele nicht-objektbasierter Leistungen (nicht vollständig oder abschließend)

Objektgruppe: Baustelleneinrichtung		
Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Übergeordnete und Gewerke-BE	Informationen können beispielsweise an die BE-Fläche angehängt werden	
Straßenreinigung öffentlicher Verkehrswege	Darstellung der zu reinigenden öffentlichen Wege im Modell	
Rückbauarbeiten	Darstellung der zurückzubauenden Strukturen im Modell	
Leitungen (Umverlegung, Sicherung, Entfernung)	Darstellung der einzelnen Leitungen im Modell, ggf. mit Angabe, ob zu sichern, umzulegen, zu entfernen	
Ausstattung des AG mit Fahrzeugen, Besucherausrüstung		
Ausstattung Dritter, z. B. Feuerwehren		
Kontrolldienst, Baustellenüberwachung	Darstellung einer Zugangskontrolle	
Einrichtungen für Materialaufbereitung		

Objektgruppe: Bauzeitabhängige Baustellengemeinkosten		
Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Baustellenpersonal		
Versicherungen, Bürgschaften, Finanzierung		
IT und Kommunikation, Zutrittskontrollsysteme		
Bürokosten (Reinigung, Kopierkosten, ...)		
Beratung, Gutachter		

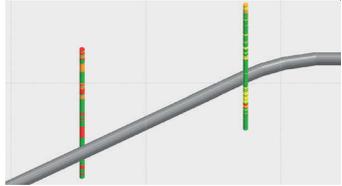
Objektgruppe: Medienversorgung

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Wasser		
Abwasser		
Löschwasser	Darstellung der Löschwasserversorgung, z. B. Saugstelle	
Elektrizität	(Prinzip-)Darstellung eines Stromerzeugers	
Telefon- und Datenanschluss		

Objektgruppe: Technische Bearbeitung, Planungscoordination

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Terminplanfortschreibung		
Bauablaufplanung		
BE-Planung		
Erstellung von projektspezifischen Konzepten, Störfallanalysen		
Planungscoordination		
Technische Bearbeitung (Ausführungs- und Bestandspläne, Betriebs- und Wartungspläne, ...)		
Bestandsdokumentation, Bauakte, ...		
Fortschrittsdokumentation, Fotos, Broschüren, Baustellenfilme, ...		
Datenbank/Managementsystem		
Abstimmungen (z. B. mit Behörden, Anwohnern, anderen Beteiligten)		

Objektgruppe: Ingenieurleistung

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Qualitätssicherung und Prüfungen	Kopplung mit den zu prüfenden Strukturen im Modell	
Herstellen von Bemusterungen, Probestkörpern, ...		
Durchführung von Versuchen, z. B. Brandversuche an Tübbing		
Beweissicherung	Darstellung der beweiszusichernden Strukturen im Modell	
Schalttechnische Berechnungen, Erschütterungsermittlungen	Darstellung der Strukturen im Modell, für welche die Immissionen zu ermitteln sind	
Setzungsprognosen	Darstellung der Strukturen im Modell, für welche die Setzungsprognosen zu erstellen sind	
Vermessungsleistung		
Mess- und Monitoringprogramme	Darstellung der einzelnen Messstationen im Modell	
(zusätzliche) Baugrunderkundung	Darstellung der einzelnen zusätzlichen Erkundungen im Modell	
Laboruntersuchungen für Bodenkennwerte, Grundwassereigenschaften		
Archäologische Untersuchungen		

Objektgruppe: SiGe-Leistung

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Stellen des SiGeKo		
Notfall- und Rettungsübungen		

Objektgruppe: Wasserhaltung

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Grundwasseranalysen		
Bauwasserhaltung		
Abwasserbehandlung	Kopplung mit der BE-Fläche	

Objektgruppe: Verkehrssicherung

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Maßnahmen für Verkehrssicherung, -management	Darstellung der einzelnen Maßnahmen für Verkehrssicherung und -management	

Objektgruppe: Stillstand

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
(planmäßige) Unterbrechung der Arbeiten (z. B. Tage der offenen Tür, Anschlag- und Durchschlagfeiern)		
Personalabstellung an AG für z. B. Qualitätssicherung, Führungen		
Warte-, Stillstandszeiten von Gerät, Personal, ...		

Objektgruppe: Kampfmittel

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodellldarstellung
Kampfmittelräumung	Kopplung mit den einzelnen Flächen, die zu untersuchen sind	

Objektgruppe: Erschwernisse, Zulagen, Mehraufwand

Teilobjekt	Anhängen an 3D-Modell teilweise möglich	Beispielmodelldarstellung
Wasserschwernisse (z. B. im Vortrieb)	Kopplung mit einzelnen Bereichen des Vortriebs, an denen die Erschwernisse erwartet werden	
Nachtsprengverbote	Kopplung mit einzelnen Bereichen des Vortriebs, an denen die Nachtsprengverbote gelten	
Zulagen für Logistik, z. B. Transportkilometer bei Entsorgung		
Zulagen bei der Entsorgung, z. B. Schadstoff- oder Deponieklassen		
Bodenverbesserung	Kopplung mit einzelnen Bereichen, bei denen Bodenverbesserung erforderlich wird	
Geologisch bedingter Mehrausbruch		
Zusätzliche Sicherungsmittel (z. B. dickerer Spritzbeton, Bewehrung, ...)		
Herstellen von Arbeitsebenen		
Durchbohren von Hindernissen (z. B. bei Kampfmittelsondierungen, Messprogramm, Ankerherstellung)		
Erkundungsbohrungen, auch mit Kerngewinn		
Mehrverbrauch Verpressgut u. ä.		