

Leitfaden 3D-Datenaufbereitung

Vorbemerkungen:

Satelliten- oder tachymetergesteuerte Maschinen (Bagger, Raupen, Grader etc...) werden zunehmend eingesetzt und ermöglichen eine cm-genaue Umsetzung der Planung ohne aufwendige Absteckarbeiten. Maschinensteuerungen und Anzeigesysteme sind heute Stand der Technik.

Um eine präzise und reibungslose Abwicklung von der Planung bis zur Umsetzung auf der Maschine zu gewährleisten, ist die Zusammenarbeit aller Baubeteiligten empfehlenswert. Dieser Leitfaden hilft Auftraggebern, Planern und Bauunternehmern, effektiv und wirtschaftlich zusammenzuarbeiten.

Vertragliche Grundlagen: Art und Umfang planerischer Leistungen sind in der HOAI geregelt. In Abhängigkeit der Leistungsphase sind technisch mangelfreie Entwurfsplanungen (LP3), genehmigungsfähige Planungen (LP4) oder vollständige Ausführungsunterlagen (LP 5) zu erstellen. Sofern die VOB vereinbart ist, regelt Teil B die Übergabe von Ausführungsunterlagen und die vom Planer zu erbringenden Vermessungsleistungen (Festpunkte, Achsabsteckung). Der Bauunternehmer erbringt die weitere Bauvermessung in dem Maße, wie sie zur Bauausführung notwendig ist.

Dem Planer liegen vor Baubeginn vor:

Geländeaufnahme (Ist – Zustand): Topographische Punkte mit Höhen, Bruchkanten etc... in einer Genauigkeit, die der Planung (Bauantrag, Trassierung, Massenberechnung ...) genügt.

Bestandsaufnahme (Ist – Zustand): Verlauf von Ver- und Entsorgungsleitungen soweit erkundbar, z. B. Deckel – und Sohlhöhen. Ohne Höhenangabe liegen Kanalbefahrungsdaten, Lagedaten der Versorgungsträger, Straßeninventar, Gebäude – und Flurstückskataster vor.

Grundlagen der Fachplanung: Hydraulische Berechnungen, Informationen zu Einzugsgebieten, Hochwasserrisikogebieten, Abflussmengen, Massenermittlung zur Ausschreibung, Gestalterische Vorgaben.

Ausführungsunterlagen: Diese sind aus den vorher aufgeführten Punkten entstanden und zeichnerisch umgesetzt.

Das Bauunternehmen bekommt zum Baubeginn:

Ausführungspläne: vollständig und korrekt mit Höhenangaben an allen wesentlichen Punkten, als Papier/ pdf - oder 2D-dxf/dwg-Plan (zweidimensional), besser 3D gemäß Leitfaden

3 Lage- und 1 Höhenfestpunkte

Erst-/Achstabsteckung im Gelände (Auspflöckung), kann ggf. entfallen, wenn stattdessen 3D-Daten gemäß Leitfaden ausgegeben werden.

Absteckunterlagen (z.B Deckenbuch, Schachtkoordinaten...), ggf. 3D-Daten gemäß Leitfaden

Informationsverlust vermeiden: Der 3D-Leitfaden

Die umfangreichen 3D-Daten, die dem Planer vorgelegen haben, gehen bei der zeichnerischen Umsetzung oft leider vollständig verloren, sie werden nur zweidimensional umgesetzt (z. B. Geländepunkt mit Höhenbeschriftung in pdf statt echter koordinierter Punkt mit Höhe in CAD-Format) oder werden in Punktlisten abstrahiert. Der Grund für den Informationsverlust liegt oft bereits im Planungsbüro zwischen Fachplaner und Zeichner oder in einer zurückhaltenden Weitergabe der Daten an den Auftragnehmer. Fast immer sind unterschiedliche CAD-Systeme und Datenformate mit ursächlich. Dieser Leitfaden soll den Informationsverlust minimieren, ohne zu einem Mehraufwand oder einer Risikoverschiebung zu führen.

Vereinbarung zur Kosteneinsparung

Maschinensteuerungen ermöglichen wirtschaftlicheres Arbeiten und bedeuten im Wettbewerb sinkende Preise. Die Einsparungen kommen in erster Linie dem Auftraggeber zugute. Trotz der Vorleistung (Investition) profitiert auch der innovative Bauunternehmer, da er bessere Chancen auf einen noch auskömmlichen Auftrag hat. Der Planer hat keinen Kostenvorteil, aber Erleichterungen bei der Abnahme und Abrechnung. Auftraggeber, denen an günstigen Angeboten gelegen ist, sollten die 3D-gerechte Ausführungsplanung gezielt beauftragen. Auftragnehmer, die mit Maschinensteuerungen arbeiten, erstellen derzeit die fehlenden Unterlagen selbst neu – meistens aufwändig und personalintensiv von Hand. Ein sinnvoller Ausgleich ist nach Klärung der folgenden Fragen möglich:

- Wie groß ist der Mehraufwand beim Planer für die Ausgabe von 3D-Daten?
- Wie groß ist der Vorteil beim Auftragnehmer, wenn er 3D-Daten erhält?
- Übernimmt der Auftraggeber die Kosten?
- Übernimmt der Auftragnehmer die Kosten?
- Ist der Mehraufwand so gering, dass eine Übergabe sowieso vorhandener Daten kein Kostenfaktor ist?
- Kann ein Ausgleich durch Tausch einzelner Leistungen erreicht werden, z. B.:
 - Verzicht auf die Erstabsteckung gegen die Übergabe des passenden Geländemodells
 - Tausch digitaler 3D-Haltungsdaten gegen einen ebensolchen Bestandsplan nach Fertigstellung

Einheitliches Baustellenkoordinatensystem

Bauingenieure verfügen selten über das notwendige Vermessungswissen, um Koordinatentransformationen und Netzausgleichungen zu rechnen. Im Zuge der Umstellung der amtlichen Systeme von Gauss-Krüger auf UTM können fehlerhafte, einfache „Umrechnungen“ bereits bei kleinen Bauvorhaben merkliche Abweichungen verursachen. Netze, die tachymetrisch auf Sicht erstellt wurden, zeigen untereinander deutliche Spannungen, wenn übergeordnet über Satelliten gemessen wird. Die Empfehlung lautet daher, grundsätzlich in demselben örtlichen System zu arbeiten, in dem geplant wurde.

- Übergabe Festpunktfeld (ausgeglichen, Festpunkte räumlich um die Baumaßnahme verteilt und örtlich vorhanden)
- Übergabe Höhenbezug (mindestens ein verbindlicher Höhenpunkt)
- Abstimmung von Transformationsparametern bei Bauvorhaben mit großer Ausdehnung (>1km)
- Ggf. Übergabe der örtlichen Anpassung (Lokalisierung), Nutzung gemeinsamer GNSS-Referenzstationen
- Insbesondere bei Verwendung von Korrekturdatendiensten mit Transformation ("Trans"-Dienste) muss geprüft werden, ob hinreichend genau auch im Baustellenkoordinatensystem gemessen wird (Festpunkte prüfen).

gewerkspezifische Empfehlungen:

Unten sind für verschiedene Gewerke optimale Zusammenstellungen von Dateien aufgeführt. In **Fettdruck** gekennzeichnet ist der **empfohlene Mindestumfang der Daten**

Ingenieurbau:

Für Ingenieurbauwerke und deren Umgebung ist die Verwendung von Volumenelementen sinnvoll. Diese können derzeit von den gängigen Maschinensteuerungssystemen und Vermessungsinstrumenten nicht ausgewertet werden. Volumenelemente müssen aufgetrennt und als Digitale Geländemodelle ausgegeben werden. Die Ausgabe senkrechter Kanten und Elemente ist daher nicht möglich.

Straßenbau:

1. DGM über das Rohplanum ohne Berücksichtigung von kleinräumigen Elementen wie Sickerleitungen, Kabelgräben und ohne Böschungen, dafür aber unter Beibehaltung des Gefälles um 1 m verbreitert.
2. Kleinräumige Elemente als 3D Polylinie
3. DGM über die fertige Fahrbahn - und Geländehöhe incl aller Entwässerungsgräben, Böschungen etc...
4. **DGM über die fertige Fahrbahnhöhe, ohne Randsteinanschlag. auch hier unter Beibehaltung des Gefälles um min. 1 m über den Straßenrand hinaus verbreitert.**
5. **Straßenränder, Pflasterzeilen etc. als 2D - oder 3D-Polylinie**

Bei kleinen Bauvorhaben und wenn Rohplanum und Fahrbahn mit dem gleichen Gefälle angelegt werden, reichen die Punkte 4. und 5. aus. Bei Straßen ohne Knotenpunkte etc können auch Trassendaten (REB) verwendet werden.

Kanalbau:

1. Punktliste mit Koordinaten der Schachtbauwerke: Sohlpunkt, ggf. Deckelmitte jeweils incl. Höhe
2. **3D-Polylinie mit den Höheninformationen der Rohrsohle, incl. Berücksichtigung von Einlaufhöhen, Abstürzen und Anbohrpositionen**
3. Stufengräben entweder als DGM über den gesamten Graben oder als System aus 3D-Polylinien erstellen
4. DGM über die fertige Fahrbahnhöhe. Damit können Schachtabdeckungen höhengenaue unter Berücksichtigung des Gefälles angepasst werden.
5. Straßenränder, Pflasterzeilen etc. als 2D - oder 3D-Polylinie (vermeidet Kollisionen von Abdeckungen und Kappen mit dem Randstein)

Rohrwandstärke und Rohrbettung sind von Lieferant und Untergrund abhängig und können nicht vorherbestimmt werden. Der resultierende vertikale Versatz gegenüber der Rohrsohle kann vom Geräteführer selbst eingegeben werden.

Kabel - und Rohrleitungstiefbau:

1. Punktliste mit Koordinaten der Schachtbauwerke/Schieberkappen: Hauptpunkt, ggf. Deckelmitte jeweils incl. Höhe
2. **2D-Polylinie des Trassenverlaufes**
3. DGM über die fertige Fahrbahnhöhe. Damit ist die Mindestverlegetiefe nach Abschluss der Arbeiten sichergestellt.
4. Straßenränder, Pflasterzeilen etc. als 2D - oder 3D-Polylinie (vermeidet Kollisionen von Abdeckungen und Kappen mit dem Randstein)
5. Stufengräben bei gleichzeitiger Rohrverlegung als DGM über den gesamten Graben

Bei Trassen in freiem Gelände und ohne wesentliche Änderung der Geländehöhen gegenüber dem Bestand ist die 2D-Polylinie des Trassenverlaufes ausreichend.

Für Leitungstrassen mit definiertem Gefälle (z.B. Versorgungsleitungen mit Entüftungseinrichtungen etc...) gelten die Empfehlungen des Kanalbaus.

GaLa-Bau:

1. DGM über die gesamte Rohoberfläche ("Aushubplan")
2. **DGM über die fertige Geländehöhe incl. aller Böschungen und eingebauten Materialien wie Mutterboden, Pflanzsubstrat, Steinschüttungen etc..**
3. Straßen, Zufahrten etc. nach Abschnitt "Straßenbau"
4. **Straßenränder, Pflasterzeilen, Inventar wie Poller, Zäune, Hecken, Bäume, Sitzbänke etc. als 2D-Polylinien**
5. Einzelne Elemente mit relevanter Höhe als 3D-Polylinie, z.B. Stützmauerkrone, Entwässerungsleitungen

Die Dichte der Dreiecksvermaschung ist dem Gelände anzupassen. Kleinräumige Strukturen erfordern kleine Dreiecke, damit das Gelände nicht eckig wirkt. Besondere Aufmerksamkeit ist bei der automatischen Vermaschung von Höhenlinienmodellen erforderlich: Häufig entstehen fehlerhafte kleine, ebene Dreiecke, weil mehrere Punkte gleicher Höhe miteinander vermascht werden. Das muss manuell korrigiert werden!

Wasserlaufberechnungen ergänzen die Prüfung der Dreiecksvermaschung und zeigen Schwächen der Entwässerungseinrichtungen auf.

Baugruben:

1. **DGM über die gesamte Rohoberfläche ("Aushubplan") incl Arbeitsraum, mit oder ohne vordefinierten Böschungen**
2. DGM über Sauberkeitsschicht oder Tragschichtaufbau, falls diese sich nicht aus einer reinen Höhenverschiebung des Aushubplanes ergeben (unterschiedliche Dämmstärken etc...)
3. Gebäudeumriss, Lichtschächte und Versorgungsleitungen als 2D-Polylinien
4. Entwässerungsleitungen als 3D-Polylinie

Einfache Baugruben können in manchen Maschinensteuerungssystemen vom Geräteführer selbst erstellt werden, indem eine vorhandene Absteckung aufgenommen wird.

Böschungen müssen standsicher angelegt werden. Das geschieht anhand örtlicher Erfahrung oder durch einen Baugrundgutachter. Die Definition von Böschungsneigungen ohne Kenntnis der Untergrundverhältnisse ist nicht sinnvoll.

Inhaltliche Festlegung der Daten, Datenformate

Während Vermessungsingenieure i.d.R. mit Punktlisten arbeiten, braucht die Maschine lückenlose Daten (DGM oder 3D-Polylinien). Auch eine Absteckung durch Poliere etc.. erfolgt am einfachsten aufgrund solcher Daten, bei sorgfältiger Aufarbeitung kann die Maschinendatei auch für einen Vermessungsrover verwendet werden.

Anlage: Tabelle mit Datenformaten.

Definition und Datenformate:

Fett: empfohlene Formate für die Ausgabe von Daten an Bauunternehmer (Deutschland)

dwg -Dateien sind nur eingeschränkt empfehlenswert.

Ausgabe proprietärer Formate nur in Abstimmung mit dem Ausführenden!

	Beschreibung	Standardformat (Deutschland)	Auswahl proprietärer Formate	REB
DGM	Digitales Geländemodell aus einem unregelmäßigen Dreiecksnetz (auch TIN, DTM genannt)	.dxf, REB, landXML,	<i>MTS: .dg1 Trimble: .ttm -svd carlson: .tin Topcon: .tn3</i>	Punkte DA 45 + Bruchkanten DA 49+Dreiecke DA 58
Trasse	Kurvenband, Gradiente, Querprofil	da	<i>Trimble: .dc .pro carlson: .cl Leica: .lin Topcon: .rd3</i>	Achse DA 50 + Gradiente DA 21+Querneigung DA 22
2D-Linie	Linie ohne Höheninformation, aber mit Lageinformation	.dxf .dwg .txt .csv .xml	<i>Trimble: .svl microstation: .dgn Topcon: .ln3</i>	Achse DA 50
3D-Linie	Linie mit Höheninformation, d.h. mit Gefälle	.dxf .dwg .txt .csv .xml	<i>Trimble: .svl microstation: .dgn Topcon: .ln3</i>	Achse DA 50
Polylinie	Hier ungenau definiert als Linienzug. Es wird nicht zwischen aneinandergehängten Linien und echten Splines unterschieden. Linienzüge sind für Maschinensteuerungen besser geeignet als eine Folge von Einzellinien.	.dxf .dwg .txt .csv .xml	<i>Trimble: .svl microstation: .dgn Topcon: .ln3</i>	Achse DA 50, Ränder DA 23
Punkt:	Koordinatensatz mit x, y - Wert (oder R, H-Wert) und ggf. z-Wert (Höhe). Eine eindeutige Punktnummer ist erforderlich, eine Codierung optional	.dxf .dwg .xml diverse ASCII	<i>diverse ASCII</i>	Punkte DA 45
Lokalisierung/ Baustellenkalibrierung	Enthält Passpunkte und Transformationsparameter vom WGS84 ins lokale Koordinatensystem	---	<i>Trimble: .dc .cfg carlson: .dat .loc Topcon: .gc3</i>	----

