Elektronische Bauabrechnung mit digitalen Geländemodellen Erfahrungen aus der Prüfungstätigkeit und Empfehlungen

Verfasser: Florian **Funke**
Manfred **Schmid**

Inhaltsübersicht Seite

1 Einleitung 74

2 Elektronische Bauabrechnung – digitale Geländemodelle 75

2.1 Digitale Geländemodelle – Grundlagen 75

2.2 Geodätische Datenerfassung 77

2.2.1 Terrestrische Vermessung 77

2.2.2 Vermessung aus der Luft (airborne) 79

2.2.3 Das Feldbuch als Dokument 81

2.2.4 Die Vermessung als gemeinsames Aufmaß 82

2.2.5 Fehlerquellen bei der Datenerhebung 83

2.3 Digitale Geländemodelle – Mengen- und Flächenberechnungen 84

2.3.1 Verfahrensbeschreibungen, Datenarten bzw. Übergabeformate 85

2.3.2 REB-VB 21.003 Massenberechnung aus Querprofilen (Elling) 87

2.3.3 REB-VB 21.013 Massenberechnung zwischen Begrenzungslinien 88

2.3.4 REB-VB 22.013 Rauminhalte und Oberflächen aus Prismen 89

2.3.5 GAEB-VB 22.114 Ermittlung von Rauminhalten und Flächen aus Horizonten 91

2.3.6 Vergleichs- und Prüfberechnungen 92

2.3.7 Fehlerquellen bei der Datenbearbeitung 93

3 Vertragliche Grundlagen – Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung 94

3.1 Vereinbarung als Voraussetzung einer elektronischen Abrechnung 94

3.2 Was sollte bei der elektronischen Bauabrechnung geregelt werden? 95

3.3 VHB Bayern zur elektronischen Bauabrechnung (Abrechnung mit IT-Anlagen) 95

Seite

3.4 Vertragsbedingungen für die elektronische Bauabrechnung 96

3.4.1 Rechenverfahren und Abrechnungsprogramme 97

3.4.2 Bauabrechnung 97

3.4.3 Datenübergabe 97

3.4.4 Berichtigung der Berechnung bei festgestellten Fehlern 97

3.4.5 Toleranzen bei Prüfberechnungen und Vergleichsberechnungen 97

3.5 Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung vor Ausführungsbeginn 98

3.6 Pflichten des mit der Rechnungsprüfung beauftragten Ingenieurs/Architekten 100

3.7 Empfohlene Vorgehensweise zu den vertraglichen Vereinbarungen 101

4 Beispiele aus der Prüfungstätigkeit 101

4.1 Häufigste Feststellung: Digitale Abrechnungsdaten lagen dem Auftraggeber nicht vor 102

4.2 Weiteres Beispiel, bei dem die digitalen Abrechnungsdaten beim Auftraggeber nicht vorlagen 104

4.3 Digitale Abrechnungsdaten wurden nachgereicht, waren aber nicht prüfbar 107

4.4 Abrechnungsfehler bei der elektronischen Abrechnung eines Baugrubenaushubs 110

4.5 Auftraggeber zweifelte an der Aufmaßprüfung des Ingenieurbüros und ließ nachvermessen 112

4.6 Eigene Vertragsbedingungen zur elektronischen Abrechnung und Dokumentation 114

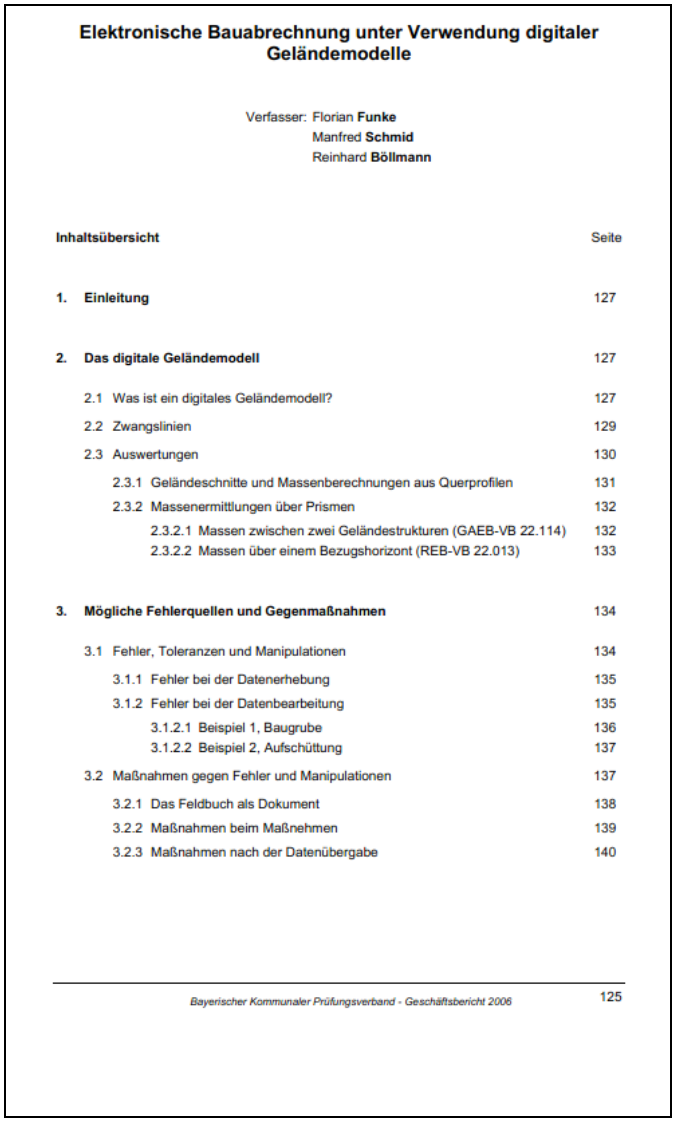
4.7 Digitale Planung, Ausschreibung und Bauleitung durch den Auftraggeber selbst 116

5 Zusammenfassung 118

Literaturverzeichnis 120

1 Einleitung

Die elektronische Bauabrechnung unter Verwendung digitaler Geländemodelle (DGM) ist mittlerweile Standard bei Hoch- und Tiefbaumaßnahmen. Im kommunalen Bereich werden aber der Umgang und die Kontrolle der elektronischen Bauabrechnung oft vernachlässigt und die Weiterbildung kaum gefördert. Wir wollen mit diesem Geschäftsberichtsbeitrag den Kommunen nahebringen, wie wichtig es ist, eigenes Grundwissen zur elektronischen Bauabrechnung aufzubauen. Hierzu ist Personal erforderlich, das sich für das Thema begeistern kann.



Elektronische Bauabrechnung unter Verwendung digitaler Geländemodelle

Verfasser: Florian **Funke**
Manfred **Schmid**
Reinhard **Böllmann**

Inhaltsübersicht Seite

1. Einleitung 127

2. Das digitale Geländemodell 127

2.1 Was ist ein digitales Geländemodell? 127
2.2 Zwangslinien 129
2.3 Auswertungen 130
2.3.1 Geländeschnitte und Massenberechnungen aus Querprofilen 131
2.3.2 Massenermittlungen über Prismen 132
2.3.2.1 Massen zwischen zwei Geländestrukturen (GAEB-VB 22.114) 132
2.3.2.2 Massen über einem Bezugshorizont (REB-VB 22.013) 133

3. Mögliche Fehlerquellen und Gegenmaßnahmen 134

3.1 Fehler, Toleranzen und Manipulationen 134
3.1.1 Fehler bei der Datenerhebung 135
3.1.2 Fehler bei der Datenbearbeitung 135
3.1.2.1 Beispiel 1, Baugrube 136
3.1.2.2 Beispiel 2, Aufschüttung 137
3.2 Maßnahmen gegen Fehler und Manipulationen 137
3.2.1 Das Feldbuch als Dokument 138
3.2.2 Maßnahmen beim Maßnehmen 139
3.2.3 Maßnahmen nach der Datenübergabe 140

Bayerischer Kommunaler Prüfungsverband - Geschäftsbericht 2006 125

Bild 1: Titelseite Geschäftsbericht 2006 „Elektronische Bauabrechnung unter Verwendung digitaler Geländemodelle“

Bereits Anfang der 2000er Jahre haben wir begonnen, uns mit der elektronischen Bauabrechnung im kommunalen Bereich zu beschäftigen.

Die Erfahrung damals war, dass viele Gemeinden, Städte und Landkreise mit der elektronischen Bauabrechnung nichts anzufangen wussten. Selbst die von den Kommunen beauftragten Ingenieure und Architekten waren damit vielfach überfordert. Die elektronischen Bauabrechnungen der Auftragnehmer blieben häufig ungeprüft. Wenn überhaupt, wurde uns mitgeteilt, dass man nur auf Plausibilität geprüft habe.

Wir haben im Jahr 2006 den Geschäftsbericht „Elektronische Bauabrechnung unter Verwendung digitaler Geländemodelle“ veröffentlicht, um den Kommunen eine Unterstützung im Umgang mit der elektronischen Bauabrechnung an die Hand zu geben.

(Hinweis: Unser Geschäftsbericht 2006 ist erhältlich zum Download unter www.bkpv.de).

Um das Wissen unserer Mitglieder über die elektronische Bauabrechnung weiter zu fördern, vertiefen wir in diesem Beitrag die Grundlagen, fassen unsere Erfahrungen aus den letzten 15 Jahren Prüfungstätigkeit zusammen und geben Hinweise zu möglichen Fehlerquellen.

Für die tägliche Praxis bei Ausschreibung und Abrechnungskontrolle weisen wir auf Möglichkeiten der Vertragsgestaltung in Bezug auf die elektronische Bauabrechnung hin.

2 Elektronische Bauabrechnung – digitale Geländemodelle

Erdarbeiten im Hoch- und Tiefbau werden zunehmend elektronisch mittels digitaler Geländemodelle abgerechnet. Hierzu werden viele Vermessungspunkte mit elektronischen Messverfahren wie z. B. der Tachymetrie erfasst und ein digitales Abbild des Geländes erzeugt.

Anhand dieser Geländeaufnahme lassen sich die einzelnen Bauzustände erfassen und digital bearbeiten. Die jeweiligen Abrechnungsmengen können dadurch präziser und mit weniger Aufwand ermittelt werden als mit konventionellen Aufmaßmethoden (z. B. Nivelliergerät, Maßband oder Messrad). Die Prüfung der Abrechnungsmengen ist ebenfalls mit weniger Aufwand möglich.

Die elektronische Bauabrechnung ist daher in der Regel wirtschaftlicher und insofern nicht nur bei größeren Baumaßnahmen zu empfehlen. Dies gilt insbesondere im Hinblick darauf, dass Erdbauleistungen vor allem bei Tiefbaumaßnahmen regelmäßig einen hohen Anteil an den Gesamtkosten haben und daher ein besonderes Augenmerk auf eine präzise und wirtschaftliche Abrechnungsmethode gelegt werden sollte.

2.1 Digitale Geländemodelle – Grundlagen

Digitale Geländemodelle sind graphische Datenmodelle zur lage- und höhenmäßigen Beschreibung des Geländes.

Bild 2: Draufsicht einer Deponie

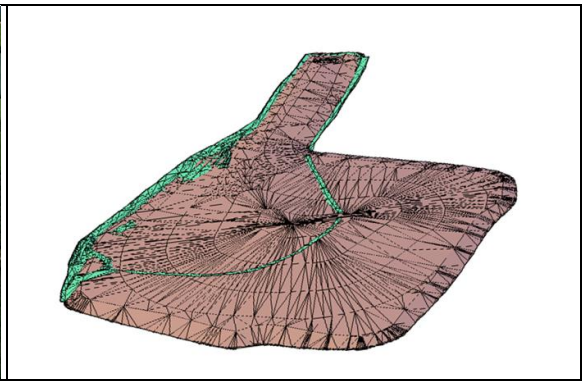


Bild 3: DGM dieser Deponie

Das Geländerelief wird hierbei durch ein Punktraster dargestellt. Jeder Rasterpunkt definiert sich durch seine Lage und die dazugehörige Höhe in der Horizontalebene, was es ermöglicht, eine 3D-Ansicht auf Basis einer Dreiecksvermaschung zu erstellen.

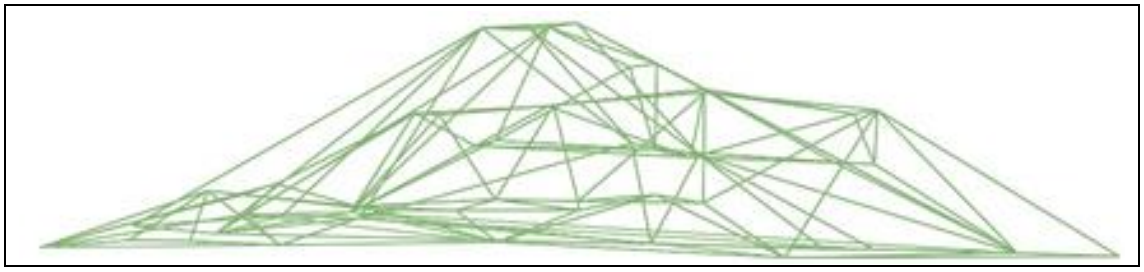


Bild 4: Digitales Geländemodell als Dreiecksnetz

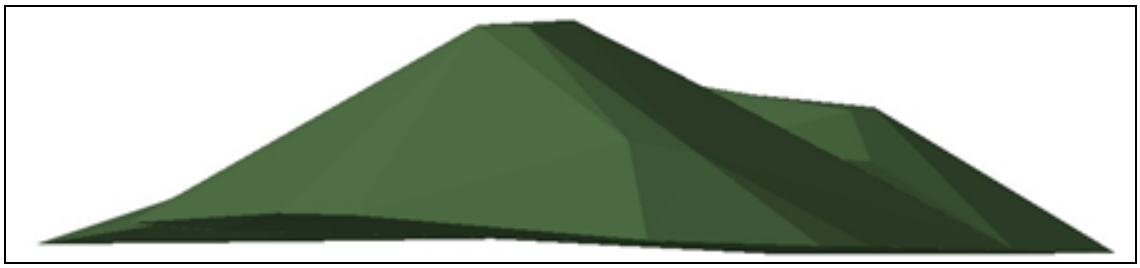


Bild 5: Digitales Geländemodell in schattierter Darstellung

Aus dem digitalen Geländemodell kann eine Vielzahl von grafischen Darstellungen und Auswertungen generiert werden. Beispielsweise kann eine Geländeform durch Geländeschnitte, Höhenlinien und Querprofile abgebildet werden. Straßen, Baugruben oder Deponien können konstruiert werden, um festzustellen, welche Flächen oder Mengen bei vertragsgerechter Ausführung anfallen.

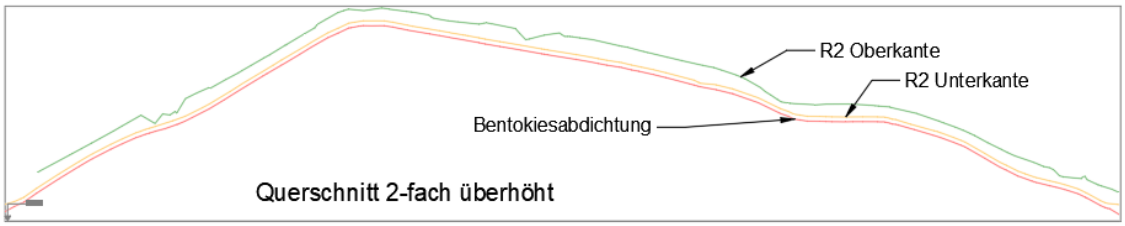


Bild 6: Querschnitt durch digitale Geländemodelle einer Deponie

Zu einem digitalen Geländemodell gehören sämtliche die Oberfläche bestimmenden Strukturen. Diese natürlichen und künstlichen Grenzlinien zwischen verschiedenen Flächen im digitalen Geländemodell nennt man Zwangslinien, wie z. B. der Umring als äußere und der Inring als innere Begrenzung eines digitalen Geländemodells (Umring als rote Linie in Bilder 7 und 8).

Die Modellberechnung berücksichtigt nur die Bereiche zwischen Umring und Inring, Bereiche außerhalb des Umrings und innerhalb des Inrings (z. B. Gebäude) werden ausgespart. Umring und Inring sind geschlossene Polygonzüge.

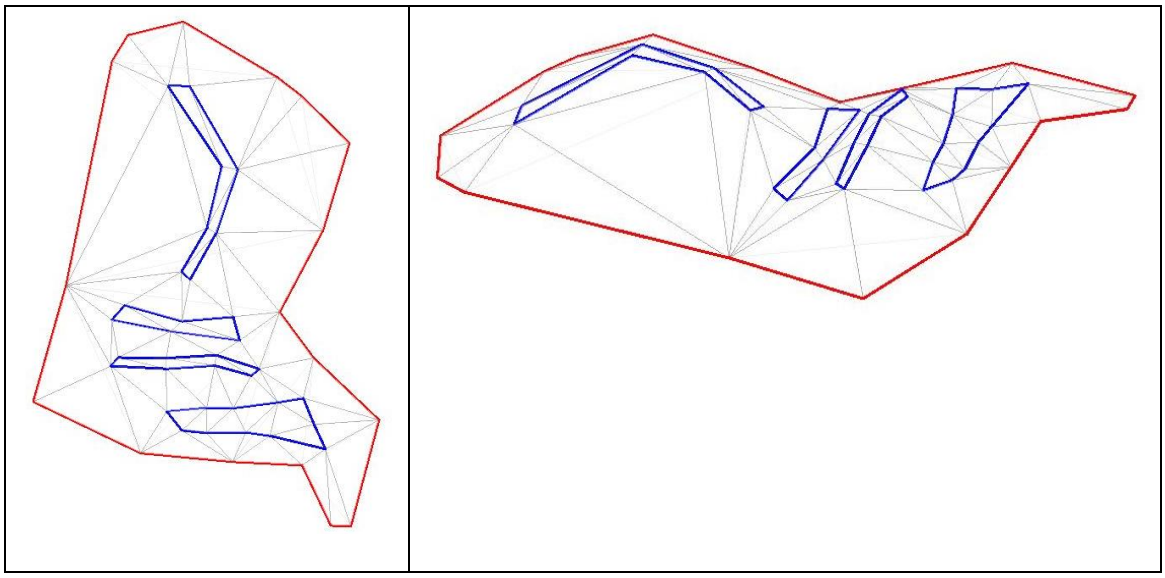
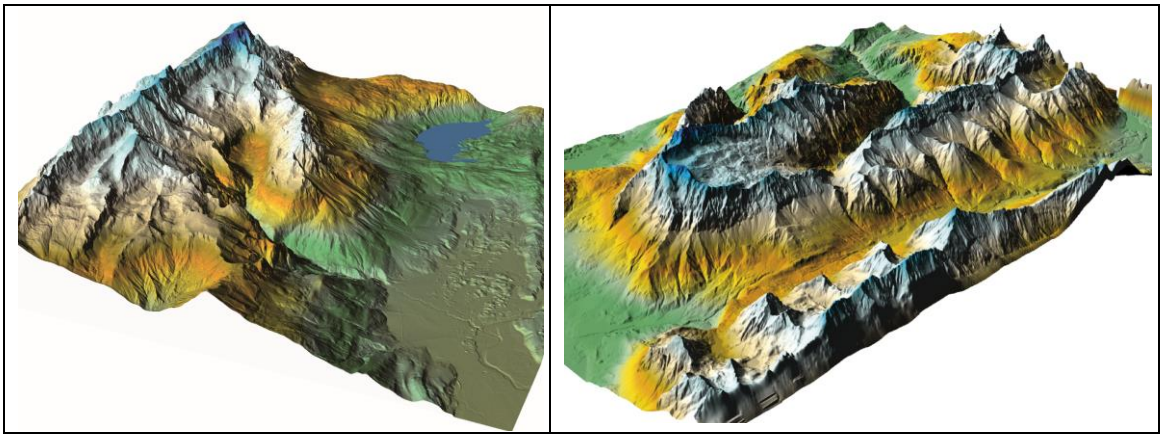


Bild 7: Dreiecksnetz im Grundriss Bild 8: Isometrische Darstellung (3D-Ansicht) des Dreiecksnetzes
Digitales Geländemodell als Dreiecksnetz mit Bruchkanten (blau) und Umring (rot).

Bruchkanten (blaue Linien in Bilder 7 und 8) sind Knicke im Geländeverlauf, wie z. B. Böschungskanten, Stützmauern, Mulden, Hügel, Wege, Hoch- und Tiefpunkte. Sie liegen nicht auf der geraden Verbindung benachbarter Punkte, sondern müssen für sich gemessen werden. Die Bruchkante begrenzt die Seitenlinie der anschließenden Dreiecke. Werden die Bruchkanten nicht als solche eingegeben, verbindet der Computer folgerichtig, aber inkorrekt Geländepunkte durch Dreieckslinien über die Bruchkante hinweg.

Vorhandene Bruchkanten müssen bei der tachymetrischen Geländeaufnahme im Feldbuch und bei der Punktcodierung korrekt vermerkt werden, damit sie bei der anschließenden Modellerstellung berücksichtigt werden können. Bruchkanten können offene oder geschlossene Polygonzüge sein.



Bilder 9 und 10: Digitale Geländemodelle in farbiger Darstellung mit wirklichkeitsgetreuer Abbildung der Oberfläche (hier die Zugspitze)

2.2 Geodätische Datenerfassung

Digitale Geländemodelle werden aus terrestrischen Höhenaufnahmen (Vermessung) generiert. Die luftgestützte Aufnahme von Daten (Vermessung aus der Luft) unterstützt oder ergänzt die terrestrische Vermessung; dies sind z. B. die Fotogrammetrie und das Laserscanning. Zum besseren Verständnis gehen wir nachfolgend auf die verschiedenen Arten der geodätischen Datenerfassung ein.

2.2.1 Terrestrische Vermessung

Die ursprüngliche Vermessungsweise in der Katasterverwaltung (Aufnahme Gebäude/-kanten, Grenzpunkte) war die Geländeaufnahme mit dem Nivelliergerät und Maßband oder Messrad (Orthogonalverfahren: Fluchtstäbe setzen, Winkelprisma, Abszisse, Ordinate usw.). Höhenunterschiede zwischen Gerätehorizont und Gelände wurden mit der Nivellierlatte und die Abstände der Messpunkte vom Nivelliergerät mit dem Maßband oder Messrad gemessen (siehe Bild 11: Messung mit dem Nivelliergerät).

Gemessene Abstände und Höhen der Messpunkte sowie die Linieninformation (z. B. Bordstein oder Straßenkante) wurden handschriftlich in ein „Feldbuch“ als Dokument eingetragen. Bild 12 zeigt ein Feldbuch zum Orthogonalverfahren. Ein gemessener Punkt definiert sich aus Strecke, Höhe und Winkel.

Bild 11: Messung mit dem Nivelliergerät

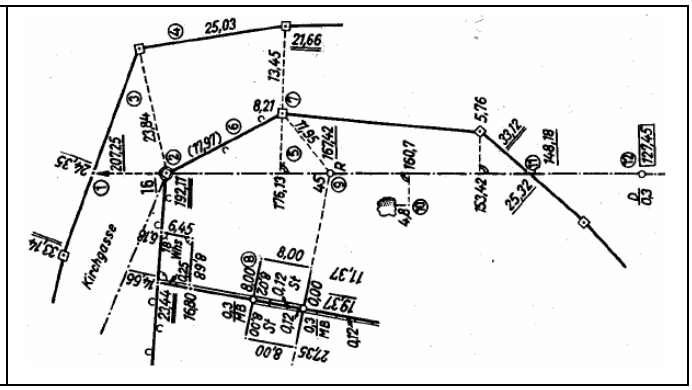


Bild 12: Feldbuch mit Abständen und Höhen der Messpunkte

Bild 13: Elektronisches Tachymeter

Weiterentwicklungen in der Vermessung waren das optische und elektronische Tachymeter. Damit konnten die Höhen- und Weitenmessung elektronisch durchgeführt und beim elektronischen Tachymeter die Messdaten auch automatisch gespeichert werden. Diesen Messdaten (Koordinaten) im UTM- oder Gauß-Krüger-System sind Informationen über deren Punktart hinterlegt, z. B. Bordstein, Böschungskante oder Baum („Codierung“). Diesen Datensatz nennt man „elektronisches Feldbuch“ und er kann nach der Vermessung in ein CAD-Programm eingelesen und weiterverarbeitet werden. Bei der Planerstellung werden Punkte mit gleicher Codierung durch Linien verbunden und ergeben dadurch sichtbare Geländeverläufe, beispielsweise von Wegen, Baugruben oder Bruchkanten (Gräben, Mulden, Dämme).

Heutiger Standard in der Vermessung ist das „grafische Feldbuch“.

Bild 14: Tachymeter mit mobilem Kleinrechner (Tablet)

Bilder 15 und 16: Tablet als grafisches Feldbuch

Der mobile Kleinrechner (meist Tablet) steuert das Tachymeter und erfasst die notwendigen Geometrieinformationen und Sachdaten. Die Kombination ermöglicht unter Zuhilfenahme von Software eine grafisch unterstützte und katasterkonforme vermessungstechnische Berechnung. Messpunkte und Grafik werden automatisch verknüpft und laufend aktualisiert.

Bild 17: Präzise GNSS-Erfassung mit Collector, Toughpad und GNSS

Der mobile Kleinrechner mit entsprechender Software bietet die Anschlussmöglichkeit an alle gängigen Tachymeter und GNSS-Empfänger (Antennen zur Positionsbestimmung, Vermessung und Navigation mittels globaler Satellitennavigationssysteme). Weiterhin können auch Koordinaten für eine Absteckung aus einem CAD-Plan ausgelesen, ins GNSS importiert und dann im Gelände verortet werden. Mit den Feldrechnern können auch Planungsmodelle eingespielt werden, mit denen eine flächige Überprüfung von beispielsweise einem Erdplanum erfolgen kann.

Die hier während der Geländeaufnahme eingetragenen Bruchkanten und sonstigen Geländeinformationen werden sofort grafisch verarbeitet und z. B. in den digital vom Vermessungsamt übernommenen Lageplan eingespielt. So lassen sich die Messergebnisse schon während der Geländeaufnahme vor Ort grafisch darstellen und auf Konsistenz prüfen. Der Auftraggeber kann dann nicht nur Datenpunkte, sondern zusätzlich die digitale Planzeichnung übernehmen.

2.2.2 Vermessung aus der Luft (airborne)

Zu den terrestrischen Höhenaufnahmen (Vermessung) gibt es noch luftgestützte Geländeaufnahmen (airborne). Bei der Befliegung mit Bildflugzeugen entstehen digitale Senkrechtaufnahmen der Erdoberfläche aus etwa 4.000 Metern Höhe. Diese Bilder sind Grundlage für sämtliche Luftbildprodukte des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung und ermöglichen eine dreidimensionale Auswertung der Geländeoberflächen.

Bis in die 1990er Jahre fand die Messmethode der topografischen Geländeaufnahme in Kombination mit Luftbildauswertungen Anwendung. Diese wurde durch das Airborne Laserscanning als neues Fernerkundungsverfahren von der Bayerischen Vermessungsverwaltung abgelöst. Die Erdoberfläche wird dabei durch einen Laser abgetastet, der sich an Bord eines Flugzeugs befindet.

Aus den Punkten auf der Erdoberfläche wird das digitale Geländemodell als dreidimensionales Gitter berechnet – und aus diesem lassen sich dann die Höhenlinien ableiten.[1]

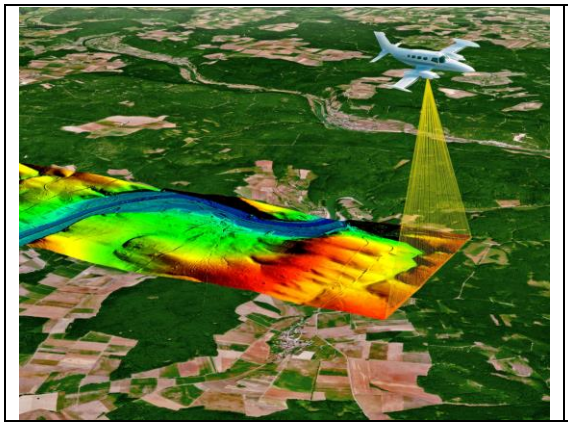


Bild 18: Prinzip Airborne Laserscanning bei Befliegungen

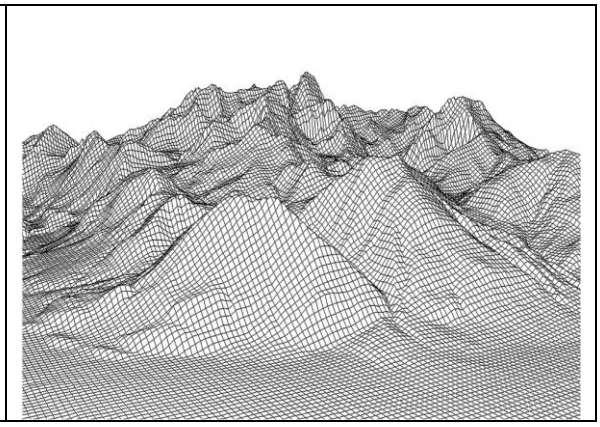


Bild 19: Digitales Geländemodell als dreidimensionales Gitter

Wo die Flächen für Geländeaufnahmen mit dem Tachymeter zu groß und die Befliegung mit Flugzeug oder Helikopter zu unwirtschaftlich wären, kommen Drohnen zum Einsatz. Diese neue Technologie ist die luftgestützte Aufnahme von Daten mit unbemannten Luftfahrtsystemen (Drohnen). Damit werden große Flächen in sehr kurzer Zeit und mit hoher Detailschärfe erfasst. Drohnen sind mit hochauflösenden Kameras und Laserscanner ausgestattet. Diese nehmen beim Überflug über das Objekt Daten in Form von Bildern (Fotogrammetrie) und Punktwolken (Laserscanning) auf.

Bild 20: Drohne mit Kameras und Laserscanner

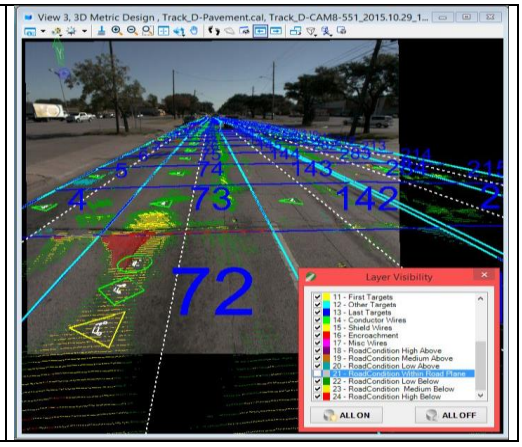


Bild 21: Auswertung Messdaten Laserscan

Die Fotogrammetrie nutzt diese Luftbilder, um aus deren Daten hochauflösende georeferenzierte Orthofotos zu erstellen und 3D-Modelle natürlicher oder künstlicher Objekte zu generieren. Erzeugte 3D-Modelle können zu Vermessungszwecken sowie zur Visualisierung herangezogen werden. Beim Laserscanning werden 3D-Punktwolken erfasst, deren Klassifizierung die Ableitung detailgetreuer Oberflächen- und Geländemodelle erlaubt. Die Datennutzer verwenden digitale Geländemodelle (DGM, DTM) und Oberflächenmodelle (DOM, DSM), die aus 3D-Punktwolken abgeleitet werden. Anwendungsprogramme entwickeln regelmäßige Rasterdatensätze mit konstantem Punktabstand. Für die Qualität der DGM ist die Qualität der Geländeaufnahme von entscheidender Bedeutung.

[1] Quelle Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung

Das Laserscanning findet aber ebenso Verwendung im Hochbau, beispielsweise für die Abbildung von Fassaden oder Gebäudeflächen. Durch GNSS-Unterstützung können alle Daten georeferenziert und präzise verortet und in GIS-Fachschalen eingelesen werden. Die Zukunft wird eine künstliche Intelligenz zur automatisierten Objekterkennung und Klassifizierung der erzeugten Punktwolken sein. „KI-basierte Auswerteverfahren“ sind bereits in vielen Bereichen der Industrie als Standard für die Zukunft gesetzt.

2.2.3 Das Feldbuch als Dokument

Gleichgültig, in welcher Form die Vermessungsdaten erhoben und dokumentiert werden,

– bei der Geländeaufnahme mit Nivelliergerät und Maßband oder Messrad (Feldbuch in Schriftform),

– als elektronisches Feldbuch oder

– als grafisches Feldbuch,

sollte das Feldbuch sofort nach der Messung als Kopie (bei Schriftform) oder als Datei (in digitaler Form) an den Bauherrn übergeben werden. Die digitale Datenübergabe (meist per Datenträger) sollte alle notwendigen Informationen (Punktnummer, y-, x- und z-Wert und Codierung) als Protokoll des Messvorgangs enthalten.

Pkt-Nummer	Y-Wert	X-Wert	Z-Wert	Code
1208-1017	4992.693	5010.124	499.508	40
1208-1016	4992.612	5010.003	499.542	41
1208-1015	4991.394	5007.843	499.549	41
1208-1014	4991.313	5007.721	499.624	40
1208-1013	4986.544	5010.429	499.818	40
1208-1012	4983.677	5008.930	499.753	30

Bild 22: Feldbuchauszug mit Punktdatei (ASCII-Datei). Die Punkte sind mit Nummern bezeichnet, mit Koordinaten lokalisiert und mit Codes – z. B. als Straßenrand oder Böschungskante – charakterisiert.

Pkt-CODE	LAYERNAME	SYMBOL
40;	G_GEBAEUDE__P;	SYMB6010
41;	G_GEB_EINGANG__P;	SYMB6042
30;	G_ZAUN__P;	SYMB6010
180;	G_KANAL_D__P;	SYMB6180
166;	G_WLTG_OFH__P;	SYMB6166
160;	G_WLTG_SSCH__P;	
330;	G_BEL_BITUMEN__P;	SYMB6010
53;	G_EINF_G_ZWEIZEILER__P;	SYMB6010
900;	G_GRENZE__P;	SYMB6900
7;	G_PP__P;	SYMB6007
1;	G_STDPKT__P;	SYMB6001

Bild 23: Derselbe Feldbuchauszug mit Entschlüsselung der verwendeten Codes (COD-Datei). Erst dieser Schlüssel ermöglicht es, die Bedeutung der angegebenen Einzelpunkte nachzuvollziehen.

2.2.4 Die Vermessung als gemeinsames Aufmaß

Grundlage einer jeden Vermessung zur elektronischen Bauabrechnung ist das gemeinsame Aufmaß. Gemäß § 14 VOB/B hat der Auftragnehmer seine Leistungen unabhängig von der verwendeten Aufmaßmethode prüfbar abzurechnen. Die für die Abrechnung notwendigen Feststellungen sind möglichst gemeinsam vorzunehmen, insbesondere wenn die Leistungen im weiteren Fortgang der Arbeiten nicht mehr feststellbar sind. Folglich muss der Auftragnehmer dem Auftraggeber auch bei einer elektronischen Bauabrechnung mittels digitaler Geländemodelle die Möglichkeit zur Kontrolle geben und nach § 14 Abs. 2 VOB/B die gemeinsame Feststellung (hier die Vermessung) beantragen. Auch bei der elektronischen Bauabrechnung mittels digitaler Geländemodelle kann es zu Fehlern oder Manipulationen kommen. Diese lassen sich regelmäßig nur dann aufdecken, wenn der Auftraggeber bzw. sein Vertreter an der Vermessung teilnimmt und sich direkt im Anschluss die ermittelten digitalen Datenpunkte übergeben lässt.

Der Auftraggeber muss immer die Kontrolle über die (Vermessungs-)Daten behalten!

Die mittels digitaler Geländemodelle abgerechneten Leistungen lassen sich nur dann sachgerecht kontrollieren, wenn die digitalen Abrechnungsdaten vorliegen. Sie stellen maßgebliche zahlungsbegründende Unterlagen nach § 71 KommHV-Kameralistik und § 67 KommHV-Doppik dar. Ohne diese Unterlagen ist schon die Feststellung der Zahlungsverpflichtung nach Grund und Höhe gemäß § 41 KommHV-Kameralistik oder § 37 KommHV-Doppik nicht möglich und eine Zahlungsanordnung unzulässig. Zum Schutz der Kommunen vor Überzahlung dürfen nicht prüfbare Unterlagen nicht akzeptiert werden. Die exakte Menge der mittels digitaler Geländemodelle abgerechneten Leistungen lässt sich im Nachgang meist nicht mehr feststellen. Die im Vorfeld ausgeschriebenen Mengen unterliegen zudem in der Regel einer höheren Schwankungsbreite als andere Positionen, weil sie selbst bei sachgerechter gewissenhafter Planung und Ausschreibung aufgrund der oft inhomogenen Baugrundverhältnisse regelmäßig nicht hinreichend genau ermittelt werden können. Nicht zuletzt deswegen kommt der Kontrolle der späteren Abrechnung dieser Leistungen eine besondere Bedeutung zu.

Das gemeinsame Aufmaß bei der Vermessung als Grundlage der elektronischen Bauabrechnung setzt einige Dinge voraus:

– Bereinigen der Sensordaten des Messinstruments vor der Aufnahme des Geländes: Die Messergebnisse dürfen nicht durch vorab gespeicherte Formeln umgerechnet und so verfälscht werden können. Dies wird kontrolliert, indem man mehrere bekannte Festpunkte aufnimmt, die gemessenen örtlichen Koordinaten dieser Kontrollpunkte auf das amtliche Koordinatensystem (UTM) umrechnet und mit den bekannten amtlichen Koordinaten der Festpunkte abgleicht.

– Zuverlässige Messanordnung: Eine Messanordnung muss Redundanzen hinsichtlich der Koordinaten (insbesondere der Höhen) enthalten, um eine unabhängige Überprüfung zu ermöglichen (z. B. zweiter Messdurchgang).

– Eintragung der Bruchkanten bei der tachymetrischen Geländeaufnahme im Feldbuch und bei der Punktcodierung, damit sie bei der anschließenden Modellerstellung korrekt berücksichtigt werden können.

– Beim gemeinsamen Aufmaßtermin sind mehrere Punkte einer Vermessung gemeinsam abzulesen. So könnte z. B. jeder 100. oder 500. Punkt (abhängig von der Gesamtpunktanzahl) der Vermessung gemeinsam abgelesen und im Feldbuch als gemeinsames Aufmaß vermerkt werden.

Die Geländeaufnahme als gemeinsames Aufmaß für die elektronische Bauabrechnung ist als Messprotokoll (Feldbuch) unmittelbar nach der Geländeaufnahme in digitaler Form (auf Datenträger) vom Vermesser des Auftragnehmers dem Auftraggeber auszuhändigen. Der Auftraggeber darf nicht abwarten, bis gemeinsame Feststellungen aufgrund des Baufortschritts nicht mehr möglich sind. Aufgabe des Auftraggebers ist es, sich von der Bauleitung regelmäßig informieren und die Daten übergeben zu lassen.

Wenn der Auftraggeber die (Vermessungs-)Daten bei der Aufnahme nicht erhält, ist eine nachträgliche Kontrolle der elektronischen Bauabrechnung nicht mehr möglich!

Wichtig: Gemeinsames Aufmaß und unmittelbare Datenübergabe!

2.2.5 Fehlerquellen bei der Datenerhebung

Bei der elektronischen Bauabrechnung mit digitalen Geländemodellen können eine Reihe von Fehlern, beispielsweise durch falsche Eingaben oder Messfehler, auftreten. Aber auch Fehler des Rechenprogramms oder Manipulationen am Vermessungsgerät und des Programms sind möglich.

Mögliche Fehler bei der Vermessung:

- Fehler bei der Herstellung des Polygonzuges (z. B. schon bei der Übernahme der vom Auftraggeber oder Vermessungsamt übergebenen Festpunktdaten)
- unzutreffende Stationsbestimmung des Tachymeters
- Auswahl nicht repräsentativer Punkte (Vorsprünge, Vertiefungen), die ein unzutreffendes Bild des Objekts ergeben
- falsche Eingabe der Instrumentenhöhe
- Meterfehler bei der Streckenmessung, Gonfehler bei der Winkelmessung
- Punktverwechslungen, Zahlendreher, Anschlussfehler
- unkorrekte Festlegung der Geländehöhe (Messlatte bzw. Prismenstab auf der Stiefelkappe vor einem Aushub, Einrammen in den Boden vor einer Aufschüttung)
- Voreinstellungen im frei programmierbaren Tachymeter – beispielsweise das Abspeichern von Vermessungspunkten höher oder tiefer als die Messung, um Abtrags- oder Auftragsvolumen zu vergrößern
- Eichfehler an Längenmessgeräten (z. B. Strecke ist immer zu lang)

Die Vermeidung einiger dieser Fehlerquellen ist weder durch bloße Teilnahme am gemeinsamen Aufmaß noch durch nachträgliche Prüfungen möglich. Hierzu sind Kontrollen am Gerät vor dem Aufmaßtermin und eigene Kontrollmessungen notwendig.

Die Aufdeckung fehlerhafter oder manipulierter Vermessungsdaten ist im Nachhinein allenfalls bezüglich offenkundiger Ausreißer möglich, der Auftraggeber muss deshalb entsprechend Vorsorge treffen und bereits die Vermessung begleiten.

Ein Zitat eines Auftraggebers bringt es auf den Punkt: „*Wir erstellen die Geländeaufnahme selbst. Wir übergeben dem Auftragnehmer unsere Festpunkte und lassen uns die durch die Auftragnehmer gesicherten Festpunkte übergeben und überprüfen diese. Allein das Wissen des Auftragnehmers, dass wir das machen und machen können, schützt schon vor Manipulation.*“

2.3 Digitale Geländemodelle – Mengen- und Flächenberechnungen

Für die Mengenberechnung werden verschiedene Bauzustände, beginnend mit dem Urgelände, als DGM erfasst und miteinander verglichen. Geländeab- oder -auftrag kann nach verschiedenen Verfahren ermittelt werden. Grundsätzlich ist zwischen der Berechnung der Mengen aus Querschnitten entlang einer Achse oder der Verschneidung (Differenzbildung) zweier Geländemodelle (Prismenmethode) zu unterscheiden.

Während die Abrechnung nach Querschnitten insbesondere bei Linienbaustellen (z. B. Straßenbau) angewandt wird, eignet sich die Prismenmethode besonders für kompakte Erdbaukörper (z. B. Baugruben, Halden, Entnahmestellen). Zur Vereinheitlichung der Datenübergabe und der Berechnungsverfahren der elektronischen Bauabrechnung wurden einheitliche Verfahrensbeschreibungen (VB) entwickelt:

2.3.1 Verfahrensbeschreibungen, Datenarten bzw. Übergabeformate

Die Regelungen für die elektronische Bauabrechnung (REB) haben das Ziel einheitlicher und eindeutiger Regelungen für geometrische Lösungen und typischer Berechnungsaufgaben und beschreiben unter anderem die Berechnungsmethoden und Methoden zum Austausch von Daten zur Mengenermittlung. Es werden hierüber Mengengrundlagen als zahlungsbegründende mathematisch richtige (Zahlungsbegründung von Rechnungen) Festlegungen ermittelt. Bezugsquelle ist die Homepage der BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen), der Herausgeber das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Folgende REB-Verfahrensbeschreibungen sind verfügbar:

Verfahrensbeschreibung	Bemerkung
Abschnitt 20:	**Messwertaufbereitungen**
REB-VB 20.003	Querprofilbestimmung durch Interpolation
REB-VB 20.073	Bestimmung von Begrenzungslinien in Querprofilen
REB-VB 20.103	Auswertung von Nivellements
REB-VB 20.214	Auswertung elektrooptischer Tachymeteraufnahmen
REB-VB 20.314	Auswertung elektrooptischer Querprofilaufnahmen
Abschnitt 21:	**Erdmassenberechnungen aus Querprofilen**
REB-VB 21.003	Massenberechnung aus Querprofilen (Elling)
REB-VB 21.013	Massenberechnung zwischen Begrenzungslinien
REB-VB 21.033	Oberflächenberechnung aus Querprofilen
Abschnitt 22:	**Besondere Erdmassenberechnungen**
REB-VB 22.013	Rauminhalte und Oberflächen aus Prismen
Abschnitt 23:	**Allgemeine Abrechnungsverfahren**
REB-VB 23.003	Allgemeine Mengenberechnung

Bild 24: REB-Verfahrensbeschreibungen

Die REB-VB 23.003 ist unter dem Begriff „Allgemeine Bauabrechnung“ eingeführt und bekannt. Mit dem REB-Verfahren „Allgemeine Mengenberechnung“ können, soweit nicht spezielle Verfahren besser geeignet sind, die Mengen (z. B. Längen, Flächen, Rauminhalte) verschiedenartiger Bauleistungen ermittelt werden.

In der REB-VB 23.003 ist festgelegt, mit welchen geometrischen Figuren zu rechnen ist und wie die Daten von Auftragnehmer zu Auftraggeber übergeben werden müssen, damit die typischen Abrechnungsaufgaben mit gleichen Ausgangsdaten unabhängig voneinander zu demselben Ergebnis kommen.

Die REB-Verfahrensbeschreibungen zur Prismenabrechnung beinhalten eine Beschreibung der zu verwendenden Datenformate (Datenarten), mit denen die Punkt-, Linien- und Vermaschungsdaten einer DGM-Fläche wiedergegeben werden, z. B. ist die DA 11-Datei das gültige Austauschformat der REB-VB 23.003 – Allgemeine Mengenberechnung. Einige Datenarten zeigen wir in nachfolgender Tabelle auf:

Formatbezeichnung Datenart	**Inhalt**	**Verwendet in VB REB und GAEB**
DA 11	Aufmaßerfassung	23.003
DA 30	Koordinaten und Höhe	20.214, 20.404, 22.114
DA 45	Punkte (x, y, z-Koordinaten)	20.003, 22.013
DA 49	Zwangslinien: Bruchkanten, Umringe, Inringe, Formkanten	20.404
DA 54	REB-VB 21.003 Koordinaten der Profilpunkte	21.003, 21.033
DA 58	Dreiecke(-vermaschung)	20.404, 22.013, 22.114
DA 66	Koordinaten der Profilpunkte - Begrenzungslinien	20.073, 20.314, 21.013, 21.014

Bild 25: REB-Datenarten

Es gibt weitere Verfahrensbeschreibungen. Der Gemeinsame Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB) ist eine Interessengemeinschaft mit Vertretern aller am Bauwesen beteiligten Instanzen. Die Arbeit des GAEB soll Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung von Bauleistungen (AVA) erleichtern. Der GAEB stellt Bauleistungsbeschreibungen und Regeln für den Datenaustausch von Baudaten auf Basis der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) auf. (Hinweis: Das bekannteste GAEB-Austauschformat ist die GAEB-Datei D 83 = Angebotsaufforderung als GAEB 90 Ausschreibungsdatei). Die GAEB-Verfahrensbeschreibungen

sind dem Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) zugeordnet. Folgende GAEB-Verfahrensbeschreibungen sind unter anderem vorhanden:

Verfahrensbeschreibung	Bemerkung
Abschnitt 20:	**Messwertaufbereitungen**
GAEB-VB 20.404	Automatische Dreiecksvermaschung
Abschnitt 21:	**Erdmassenberechnungen aus Querprofilen**
GAEB-VB 21.014	Mengenberechnung aus Begrenzungen
Abschnitt 22:	**Besondere Erdmassenberechnungen**
GAEB-VB 22.114	Ermittlung von Rauminhalten und Flächen aus Horizonten
Abschnitt 23:	**Allgemeine Abrechnungsverfahren**
GAEB-VB 23.004	Allgemeine Mengenberechnung

Bild 26: REB-Verfahrensbeschreibungen

Nachfolgend sind zum besseren Verständnis einige gängige Verfahrensbeschreibungen in Wort und Bild dargestellt:

2.3.2 REB-VB 21.003 Massenberechnung aus Querprofilen (Elling)

Die REB-VB 21.003 beschreibt die Mengenberechnung aus Querprofilen nach Elling. Dabei werden Oberflächen zwischen Querprofilen auf der Grundlage der Streckenberechnung aus Koordinaten ermittelt. Das Verfahren eignet sich für langgestreckte Bauwerke, die durch Querprofile bestimmt sind (z. B. Straßen, Böschungen, Dämme), es kommt aber auch bei Volumenberechnungen von Baugruben zum Einsatz.

Das Verfahren dient der Berechnung der Mengen aus geradlinig begrenzten Querprofilflächen und dem Querprofilabstand. Die Querprofilflächen werden durch die y- und z-Koordinaten ihrer Eckpunkte angegeben. Die Querprofile laufen entlang einer Achse, bei einer gekrümmten Achse wird ein Kurvenband benötigt. Für die Mengenberechnung aus Querprofilen wird der Bereich zwischen den Profilen nach dem Verfahren von Elling interpoliert. Querprofile (Geländeschnitte) können an beliebig vielen Stellen gelegt werden.

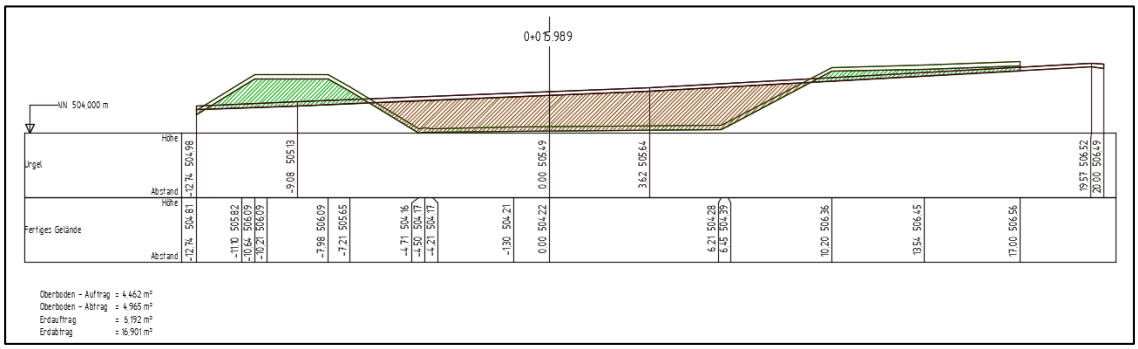


Bild 27: Mengenberechnung nach Verfahrensbeschreibung REB-VB 21.003

Positionsweise werden für jedes Querprofil die Mengen ermittelt. Die Grafikkomponente des Programms stellt die Querprofile einzelner oder aller Positionen pro Station grafisch dar und ermöglicht somit eine visuelle Prüfung.

2.3.3 REB-VB 21.013 Massenberechnung zwischen Begrenzungslinien

Die REB-VB 21.013 beschreibt die Mengenberechnung zwischen Begrenzungslinien. Das Verfahren dient der Berechnung der Mengen langgestreckter Baukörper aus geradlinig begrenzten Querprofilflächen und dem Querprofilabstand.

Für jede Position (z. B. Oberboden, Abtrag, Auftrag) werden die Querprofilflächen durch die Begrenzungslinien der einzelnen Bodenarten gebildet. Die Begrenzungslinien werden im Rahmen des örtlichen Aufmaßes durch die REB-Verfahrensbeschreibungen 20.003, 20.073, 20.103 und 20.314 in Form der DA 66 gewonnen.

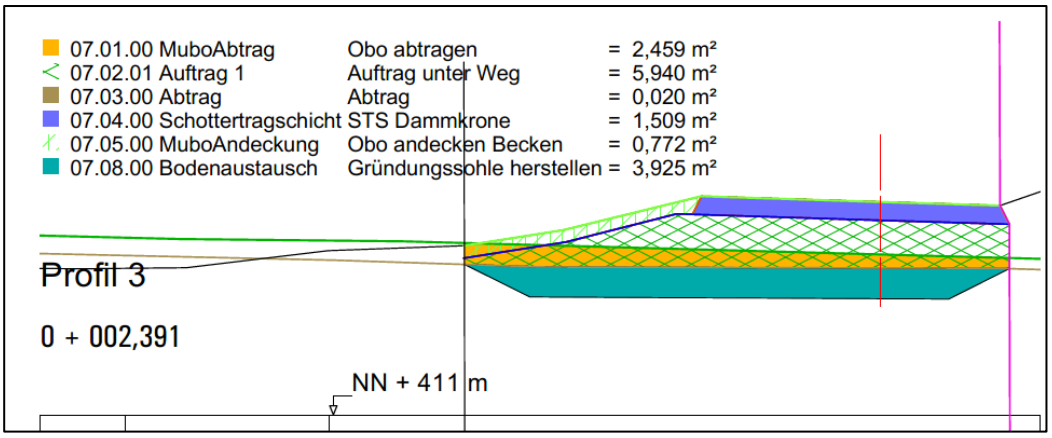


Bild 28: Beispiel REB-VB 21.013 Massenberechnung zwischen Begrenzungslinien

Die Querprofilflächen werden durch die y- und z-Koordinaten der Querprofileckpunkte beschrieben. Aus den Flächen und den Stationsangaben der Querprofile wird die Menge berechnet. Die Querprofile laufen entlang einer Achse, bei einer gekrümmten Achse wird ein Kurvenband benötigt. Positionsweise werden für jedes Querprofil die Mengen ermittelt.

--- Werte des Kurvenbandes (DA50) ---

Anfangsstation	Endstation	Radius	Parameter
0,000	0,759	0,000	0,000
0,759	7,674	58,009	0,000
7,674	9,961	0,000	0,000
9,961	10,851	0,000	0,000
10,851	30,489	201,991	0,000
30,489	31,190	0,000	0,000
31,190	39,029	0,000	0,000

Bild 29: Beispiel REB-VB 21.013: Auszug aus dem Kurvenband der gekrümmten Achse

--- Ergebnis der Mengenberechnung ---								
Position	Station	Fläche	Volumen	Radius	YS	Faktor	Menge	Mengensumme
07.01.00	0,000	2,234		0,000	-2,672	1,00000000		0,000
	0,940	2,298	2,130	58,009	-2,717	1,04683316	2,180	2,180
	2,391	2,459	3,451	58,009	-2,891	1,04984139	3,618	5,798
	4,175	2,676	4,580	58,009	-3,086	1,05319536	4,816	10,614
	6,719	3,306	7,609	58,009	-3,152	1,05433921	8,018	18,632
	8,887	3,048	6,888	0,000	-2,141	1,00000000	7,075	25,707

Bild 30: Beispiel REB-VB 21.013: Liste der Berechnungsergebnisse

Position	Positionstext	Vorgabemenge	Anfangsstation	Endstation	Gesamtmenge
07.01.00	Obo abtragen	0,000	0,000	39,029	82,707
07.02.01	Auftrag unter Weg	0,000	0,000	39,029	97,836
07.03.00	Abtrag	0,000	0,000	39,029	233,845
07.04.00	STS Dammkrone	0,000	0,000	39,029	45,578
07.05.00	Obo andecken Becken	0,000	0,000	39,029	18,712
07.08.00	Gründungssohle herst...	0,000	0,000	39,029	99,406

Bild 31: Beispiel REB-VB 21.013: Zusammenstellung der Ergebnisse

2.3.4 REB-VB 22.013 Rauminhalte und Oberflächen aus Prismen

Die REB-VB 22.013 beschreibt die Berechnung von Rauminhalten und Oberflächen von Erdbaukörpern. Ein Rauminhalt erstreckt sich dabei zwischen einem oberen und einem unteren Geländehorizont. Das Gelände wird rechnerisch in Prismen zerlegt, die von den oberen Dreiecksseiten des digitalen Geländemodells senkrecht bis auf eine vorher festgelegte Ebene (Bezugshorizont) reichen.

Der Rauminhalt des Erdkörpers über dem Bezugshorizont ergibt sich aus der Summe des Volumens jedes einzelnen Prismas. In beiden Fällen werden die betreffenden Geländehorizonte durch aus ebenen Dreiecken aufgebaute digitale Geländemodelle dargestellt. Eine Oberfläche wird durch einen einzigen Geländehorizont definiert.

Die Mengenberechnung basiert auf dem Vergleich zweier digitaler Geländemodelle. Das erste Modell stellt den Ausgangszustand vor der Baumaßnahme dar (Urgelände), das zweite Modell das Gelände nach der Baumaßnahme (Baugrube). Beide digitalen Geländemodelle werden miteinander verglichen, daraus entsteht die Mengendifferenz.

Der ermittelte Rauminhalt ist das Abrechnungsvolumen der Baugrube nach REB-VB 22.013 (Berechnung von Massen und Oberflächen aus Prismen). Bei diesem Verfahren ist es notwendig, dass beide digitalen Geländemodelle über die gleiche Grundfläche verfügen.

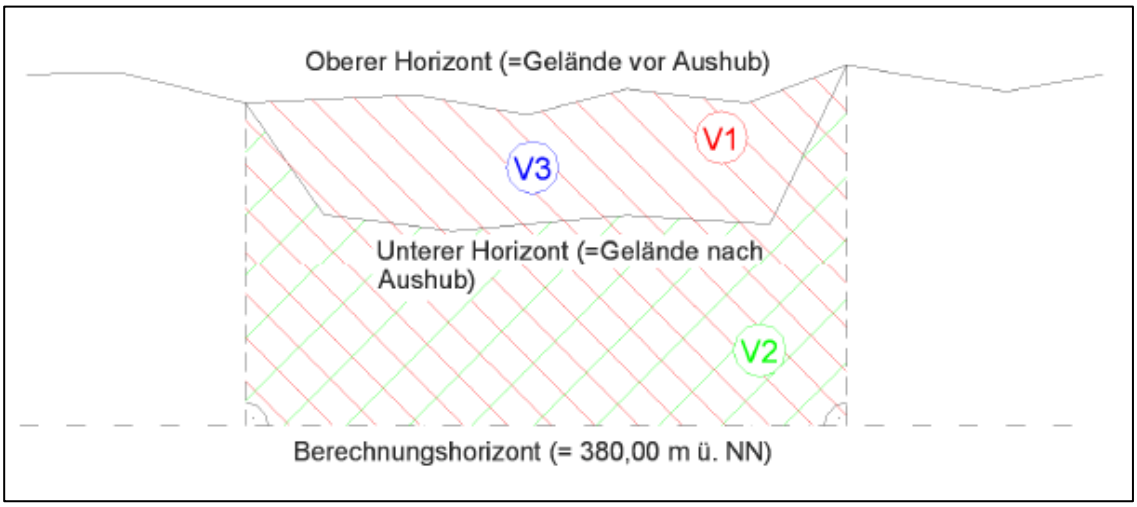


Bild 32: Beispiel Mengenberechnung nach Verfahrensbeschreibung REB-VB 22.013

Bei o. a. Beispiel wurden die Dreiecksvermaschung berechnet und die Abrechnungspläne erstellt. Bei der Einteilung der Dreiecke wurden die vorhandenen Geländebruchkanten berücksichtigt, also die Dreiecksseiten entlang der gegebenen Böschungskanten gelegt.

Zur Mengenermittlung des Baugrubenaushubs wurde vom oberen Horizont (= Gelände vor Aushub) und vom unteren Horizont (= Gelände nach Aushub) aus zum gleichen Berechnungshorizont (= 380,00 m ü. NN) das Differenzvolumen von V1 und V2 berechnet. Die Differenz beider Werte ergibt die Menge des Erdaushubs (V3).

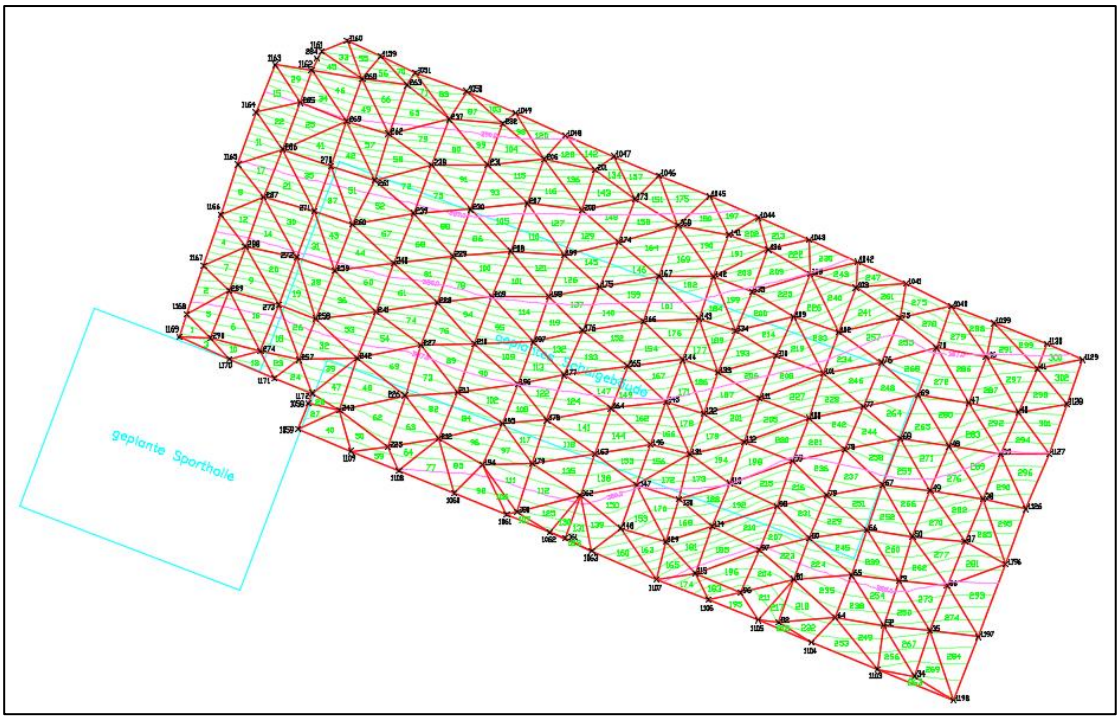


Bild 33: Beispiel REB-VB 22.013: Geländemodell oberer Horizont (= Gelände vor Aushub)

*** Position Gelände vor Aushub Bereich 1

Koordinatenverzeichnis

Punktnummer	Rechtswert	Hochwert	Höhe
1040	4453269.209	5407010.100	387.471
1041	4453260.257	5407014.598	387.474
1042	4453250.602	5407018.921	387.921
1043	4453241.041	5407023.222	388.406
1044	4453231.035	5407027.602	388.855

Bild 34: Beispiel REB-VB 22.013: Auszug aus Koordinatenverzeichnis oberer Horizont (= Gelände vor Aushub)

Dreieckverzeichnis

Volumen, konstanter Bezugshorizont 380.000 m

Dreieck	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Mittl.Höhe	Grundfläche	Oberfläche	Volumen
1	1169	290	1168	6.677	13.976	14.001	93.313
2	1168	289	1167	7.173	32.289	32.360	231.600
3	290	1169	1170	6.561	12.528	12.543	82.192
4	1167	288	1166	7.875	35.151	35.244	276.812
5	1168	290	289	6.887	30.415	30.463	209.476
6	289	290	274	6.804	50.790	50.871	345.593
7	289	288	1167	7.518	29.840	29.923	224.327
8	287	1165	1166	8.594	36.054	36.133	309.846
9	273	288	289	7.399	47.623	47.755	352.347
10	290	1170	274	6.572	15.621	15.634	102.667

Bild 35: Beispiel REB-VB 22.013: Auszug aus Dreiecksverzeichnis oberer Horizont (= Gelände vor Aushub)

Zusammenfassung: Diese Methode der Mengenermittlung besteht in der Errechnung eines Rauminhalts zweier Geländemodelle auf einen definierten Bezugshorizont. Die Differenz beider Mengen ergibt den Rauminhalt der Baugrube.

2.3.5 GAEB-VB 22.114 Ermittlung von Rauminhalten und Flächen aus Horizonten

Die GAEB-VB 22.114 beschreibt ebenfalls die Ermittlung von Rauminhalten und Flächen von Erdbaukörpern. Bei diesem Verfahren werden zwei DGM, z. B. das Urgelände und das fertige Gelände, gegeneinander „verschnitten“. Es werden Dreiecksprismen gebildet, die senkrecht zwischen dem einen und dem anderen digitalen Geländemodell stehen. Da die gemessenen Punkte und Dreiecke beider 3D-Modelle nur selten senkrecht übereinanderliegen, müssen die entsprechenden Dreiecke auf dem zweiten digitalen Geländemodell durch Interpolation konstruiert werden. Je nach Lage des zweiten digitalen Geländemodells ergibt die Verschneidung

beider Modelle entweder einen negativen Wert (z. B. Menge für den Abtrag einer Baugrube) oder einen positiven Wert (z. B. Menge für den Auftrag einer Dammschüttung).

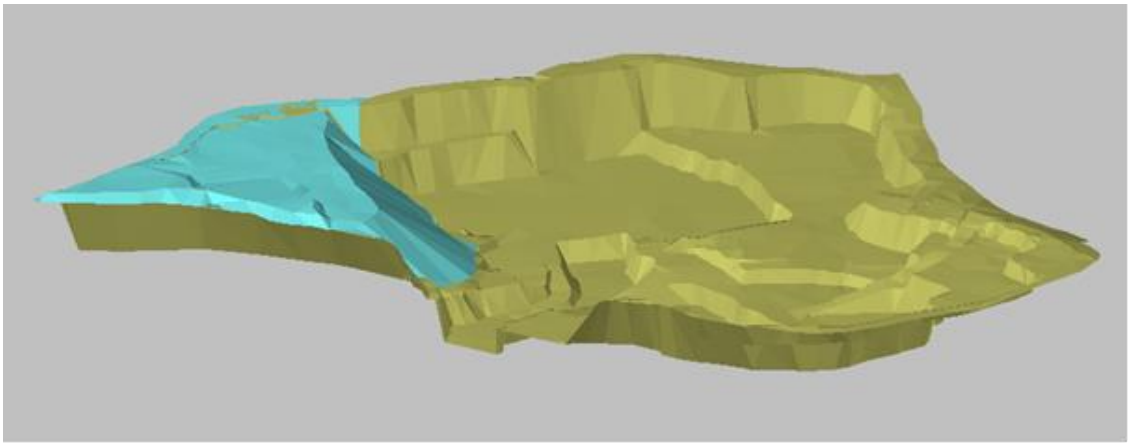


Bild 36: Mengenberechnung einer Auffüllung nach GAEB-VB 22.114 durch Verschneidung zweier DGM (Horizonte)

2.3.6 Vergleichs- und Prüfberechnungen

Wird die elektronische Bauabrechnung mit digitalen Geländemodellen vertraglich vereinbart, hat der Auftraggeber (oder dessen Vertreter/Beauftragter, z. B. Ingenieur- oder Architekturbüro) die elektronische Abrechnung zu prüfen. Dies kann durch Prüf- oder Vergleichsberechnungen erfolgen.

Prüfberechnung

Die Prüfberechnung erfolgt mit den Eingabedaten des Auftragnehmers und wird nach dem gleichen Rechenverfahren (z. B. REB-VB 22.013) durchgeführt. Die Berechnung erfolgt mit REB-Prüfprogrammen oder mit Programmen, welche die gleiche Ergebnisqualität liefern.

Prüfberechnungen werden hauptsächlich nur bei großen Baumaßnahmen Staatlicher Bauämter oder von Bauämtern des Bundes durchgeführt, im kommunalen Bereich kaum. Dabei prüft der Auftraggeber die Eingabedaten für die Berechnung. Der Prüfende bescheinigt auf der Auflistung der Eingabedaten oder in der Berechnung des Auftragnehmers, in der die Eingabewerte enthalten sind, die Richtigkeit dieser Daten. Es handelt sich dabei lediglich um eine Prüfung, ob die verwendeten Programme bei gleichen Datensätzen das gleiche Ergebnis erzielen.

Treten beim Vergleich von Mengen- und Prüfberechnung Differenzen auf, die die vereinbarten Toleranzen überschreiten, müssen die Unstimmigkeiten von den Partnern gemeinsam aufgeklärt werden.

Liegen die Differenzen innerhalb der vereinbarten Toleranz, gelten die Ergebnisse des Auftragnehmers. Liegen Abweichungen außerhalb der Toleranz, und verlangt der Auftragnehmer keine Korrekturen, gilt das kleinere Ergebnis. Elektronische Prüfberechnungen sind in der Regel nur für Mengenberechnungen von Teilschluss- und von Schlussrechnungen sowie für abgrenzbare Teile von Bauleistungen sinnvoll.

Vergleichsberechnung

Vergleichsberechnungen werden vom Auftraggeber auf Grundlage selbst erhobener Eingabedaten bzw. mit einem abweichenden Rechenverfahren durchgeführt.

Er kann beispielsweise bei digitalen Geländeaufnahmen selbst Querprofile erzeugen und vergleichende Mengenermittlungen aus Querprofilen vornehmen. Es spielt dabei keine Rolle, ob der Auftragnehmer seine Mengenermittlung aus Querprofilen oder aus der Verschneidung zweier Geländeaufnahmen anhand der Prismenmethode gebildet hat.

Unsere Prüfung erfolgt in der Regel durch Vergleichsberechnungen auf Grundlage der vom Auftragnehmer erstellten digitalen Geländemodelle.

Wir empfehlen grundsätzlich die Durchführung von Vergleichsberechnungen durch den Auftraggeber!

2.3.7 Fehlerquellen bei der Datenbearbeitung

Auch bei der Datenbearbeitung der gemessenen Punkte und der Entwicklung von Digitalen Geländemodellen sind Fehler möglich. Dazu gehören unter anderem:

– Übertragungsfehler (Eingabe eines anderen als des gemessenen Punktes)

– doppelte Punkteingaben (Eingabe desselben Punktes unter mehreren Bezeichnungen)

– Eingabe mehrerer Punkte mit derselben Punktnummer (z. B. wenn bei der Messung des Planums wieder dieselben Punktnummern vergeben werden wie bei der Messung des Urgeländes)

– Eingabe eines Punktes mit der Höhe 0. Das Prisma reicht dann bis zur festgelegten Nullhöhe. Was das Programm „rechnet“, ist ungewiss.

– keine Verschneidung der Geländemodelle bei der Mengenberechnung

– Bruchkanten und Umringe werden nicht oder nicht richtig berücksichtigt

– in die Berechnung werden konstruierte oder erfundene Punkte einbezogen (z. B. Geländepunkte nach Abtrag, indem vom gemessenen Urgelände eine willkürliche Höhe abgezogen wird)

Eine Kontrolle der Datenbearbeitung ist durch unsere bautechnische Prüfung in Teilen möglich!

3 Vertragliche Grundlagen – Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung

3.1 Vereinbarung als Voraussetzung einer elektronischen Abrechnung

Der Auftragnehmer muss seine Leistungen unabhängig von der verwendeten Abrechnungsmethode prüfbar abrechnen. Die für die Abrechnung notwendigen Feststellungen sind möglichst gemeinsam vorzunehmen,[2] insbesondere wenn der Umfang erbrachter Leistungen im weiteren Fortgang der Arbeiten nur schwer feststellbar ist, wie es beispielsweise bei den Erdarbeiten regelmäßig der Fall ist. Diese Grundsätze gelten selbstverständlich auch für die elektronische Bauabrechnung mittels digitaler Geländemodelle. Die gemeinsame Feststellung ist gegeben, wenn der Auftraggeber bzw. sein Vertreter an der Vermessung teilnimmt und sich direkt im Anschluss die ermittelten digitalen Datenpunkte übergeben lässt.

Die Richtigkeit der mittels digitaler Geländemodelle ermittelten und vom Auftragnehmer abgerechneten Mengen lässt sich nur dann sachgerecht kontrollieren, wenn die digitalen Abrechnungsdaten vorliegen. Sie stellen maßgebliche zahlungsbegründende Unterlagen dar,[3] da eine sachgerechte Prüfung der Abrechnung, beispielsweise durch eine Vergleichsrechnung, nicht durchgeführt werden kann. Ohne diese Unterlagen ist daher die Feststellung der Zahlungsverpflichtung nach Grund und Höhe nicht möglich und eine Zahlungsanordnung unzulässig.[4]

Die Praxis in der Prüfungstätigkeit zeigt, dass in den Bauverträgen die erforderliche schriftliche Vereinbarung fast immer fehlt, auch wenn diese nach den Weiteren Besonderen Vertragsbedingungen erforderlich war. Die Erfassung der Eingangsdaten (Vermessung) und die Gestaltung der Abrechnung (Rechenverfahren) wird in der Regel dem Auftragnehmer überlassen. Die zur Prüfung erforderlichen Daten liegen meistens nicht oder in einer vom Auftraggeber nicht prüfbaren Form vor.

---

2 siehe § 14 Abs. 1 und 2 VOB/B

3 § 71 KommHV-Kameralistik bzw. § 67 KommHV-Doppik

4 § 41 KommHV-Kameralistik bzw. § 37 KommHV-Doppik

3.2 Was sollte bei der elektronischen Bauabrechnung geregelt werden?

Der Auftraggeber hat hinreichende vertragliche Regelungen zur elektronischen Bauabrechnung mittels digitaler Geländemodelle in die Ausschreibung mit aufzunehmen. Bei der Verwendung von IT-Anlagen zur Leistungsfeststellung müssen vertragliche Regelungen

– zur gemeinsamen Leistungsfeststellung, d. h. zur Vermessung,
– zur Übergabe der gewonnenen Daten zu Prüfzwecken
– und zur Mengenermittlung (z. B. REB-Verfahren)

getroffen werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Leistung gemeinsam festgestellt wird und der Auftraggeber die Abrechnung anhand eigener Prüf- oder Vergleichsberechnungen prüfen kann. Nicht oder nicht rechtzeitig vorgelegte Abrechnungsdaten bergen das Risiko, dass die vom Auftragnehmer vorgelegten Abrechnungsmengen später nicht mehr prüfbar sind.

Kürzt der Auftraggeber die Schlussrechnung wegen fehlender Prüfbarkeit der Nachweise, kommt es unweigerlich zum Streit; denn die Tatsache, dass der Auftragnehmer Erdarbeiten erbracht hat, ist in der Regel unstrittig (nur die konkrete Menge ist nicht prüfbar).

Um Streitigkeiten bei der Aufmaßerstellung und Abrechnung zu vermeiden und den haushaltsrechtlichen Anforderungen zu genügen, sollten künftig bereits in den Vergabeunterlagen detaillierte Vereinbarungen zur elektronischen Bauabrechnung (gegebenenfalls getrennt für einzelne Positionen) getroffen werden.

3.3 VHB Bayern zur elektronischen Bauabrechnung (Abrechnung mit IT-Anlagen)

Für die Vergabe von Bauaufträgen sind die Behörden des Freistaates verpflichtet, das Vergabehandbuch Bayern (VHB Bayern) anzuwenden.[5] Den kommunalen Auftraggebern wird die Anwendung von der Staatsregierung empfohlen.

Das VHB Bayern[6] bietet für die Abrechnung mit IT-Anlagen Unterstützung bei der Erstellung der Vergabeunterlagen und bei der Baudurchführung in Form verschiedener Formblätter für die Vertragsbedingungen und die Abrechnung. Die Verwendung der Formblätter wird zusätzlich in verschiedenen Richtlinien erläutert.

Das VHB Bayern untergliedert sich grundsätzlich in vier Bereiche der staatlichen Bauverwaltung:

– Hochbau (H)
– Straßen- und Brückenbau (StB)
– Wasserwirtschaft (Wa)
– Ländliche Entwicklung (LE)

Für den Bereich Ländliche Entwicklung wird in den Besonderen Vertragsbedingungen (214.LE) die Abrechnung mit IT-Anlagen ausgeschlossen. Dieser Bereich ist in der Regel für kommunale Auftraggeber kaum von Relevanz.

---

5 Bekanntmachung der Bayerischen Staatsregierung vom 12.07.2011 (Az.: B II 2-G12/11)

6 Ausgabe Oktober 2019

Für die Gestaltung der Vertragsbedingungen bei der Vergabe und für Vereinbarungen bei der Bauausführung stellt das VHB Bayern folgende Formblätter zur Verfügung:

	Formblatt	Richtlinie zur Anwendung der Formblätter
Vergabe	2140.StB (Weitere Besondere Vertragsbedingungen)	Richtlinien zu 214.StB und 2140.StB (Besondere Vertragsbedingungen)
	2140.Wa (Ergänzung Besondere Vertragsbedingungen)	
Baudurchführung	451 (Datenträger Abrechnung)	Richtlinien 450 (Allgemeine Richtlinien zur Bauabrechnung) Richtlinien zu 451 (Datenträger Abrechnung)
	4510.StB (Ergänzung Vereinbarung zur Bauabrechnung)	Richtlinien zu 4510.StB (Abrechnung mit DV-Anlagen)

Bild 37: Übersicht Formblätter im VHB Bayern

Für den Bereich Hochbau sieht das VHB Bayern keine expliziten Regelungen für die elektronische Bauabrechnung vor. Bei der Herstellung von Baugruben von Hochbauten, bei Anschüttungen oder bei der Gestaltung der Außenanlagen kommt die elektronische Bauabrechnung mit Hilfe von digitalen Geländemodellen durchaus zum Einsatz. Daher können auch im Bereich des Hochbaus entsprechende Vereinbarungen erforderlich werden.

3.4 Vertragsbedingungen für die elektronische Bauabrechnung

Das den Kommunen zur Anwendung empfohlene VHB Bayern enthält für den Bereich des Straßen- und Brückenbaus und für den Bereich der Wasserwirtschaft Regelungen für die Bauabrechnung mit IT-Anlagen (Formblatt 2140.StB bzw. 2140.Wa Weitere Besonderen Vertragsbedingungen). Es genügt jedoch nicht, diese einfach der Ausschreibung beizulegen.

Beispielsweise muss bei den Weiteren Besonderen Vertragsbedingungen für den Straßen- und Brückenbau (2140.StB) der Punkt 5. Bauabrechnung mit IT-Anlagen von der Vergabestelle angekreuzt werden:

5. ☐[1)] **Bauabrechnung mit IT-Anlagen**

Führt der Auftragnehmer die Abrechnung ganz oder teilweise mit IT-Anlagen aus (Leistungsberechnung), so gelten zusätzlich folgende Bedingungen:

Hinweis: Bei den mit „ [1)] „ gekennzeichneten Feldern hat die Vergabestelle durch Ankreuzen und ggf. durch Eintrag festzulegen, ob und ggf. inwieweit die darin beschriebene Regelung Vertragsbestandteil werden soll.

Bild 38: Ausschnitt aus Formblatt 2140.StB VHB Bayern

Die Vergabestelle muss die Vertragsbedingungen zur elektronischen Bauabrechnung aktiv auswählen, um diese wirksam zu vereinbaren. In den Vertragsbedingungen finden sich nachfolgende Regelungen:

3.4.1 Rechenverfahren und Abrechnungsprogramme

Die vom Auftragnehmer für die Leistungsfeststellung angewandten Rechenverfahren und die verwendeten Abrechnungsprogramme müssen den Bedingungen der REB-VB entsprechen (siehe 2.3.1). Sollen abweichende Rechenverfahren zur Anwendung kommen, muss der Auftraggeber vorher schriftlich zustimmen.

3.4.2 Bauabrechnung

Vor Beginn der Ausführung ist mit dem Auftragnehmer eine schriftliche Vereinbarung zur Bauabrechnung abzuschließen. Diese Vereinbarung ist, falls erforderlich, nach einzelnen Positionen zu trennen.

3.4.3 Datenübergabe

Nach Abschluss der Vereinbarung zur Bauabrechnung, spätestens vor Beginn der Bauabrechnung sind vom Auftragnehmer für die vereinbarten Datenarten Testdaten an den Auftraggeber zu übergeben. Die Eingabedaten sind nach Durchführung der Leistungsberechnung auf Datenträger zu liefern.

3.4.4 Berichtigung der Berechnung bei festgestellten Fehlern

Werden bei Prüfung der Leistungsberechnung fehlerhafte Eingabedaten oder falsche Rechenergebnisse festgestellt, so ist die Leistungsberechnung vom Auftragnehmer im erforderlichen Umfang zu wiederholen.

3.4.5 Toleranzen bei Prüfberechnungen und Vergleichsberechnungen

Wird die Abrechnung vom Auftraggeber mittels Prüfberechnung geprüft, d. h. mit den Eingabedaten des Auftragnehmers nach demselben Rechenverfahren, gilt positionsbezogen bis zu einer Abweichung von 0,2 ‰ der Wert des Auftragnehmers. Bei größeren Abweichungen gilt der jeweils kleinere Wert, sofern die Abweichung nicht aufgeklärt und etwaige Fehler berichtigt werden.

Prüft der Auftraggeber die Abrechnung durch eine Vergleichsberechnung, d. h. mit eigenen Eingabedaten oder nach einem anderen Rechenverfahren, sind in der Vereinbarung zur Abrechnung entsprechende Toleranzen festzulegen.

3.5 Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung vor Ausführungsbeginn

Detaillierte Vereinbarungen zur Bauabrechnung sollten vor Ausführungsbeginn z. B. mit Hilfe des Formblatts 4510.StB (Ergänzung Vereinbarung zur Bauabrechnung) getroffen oder als Grundlage für eine frei formulierte Vereinbarung verwendet werden. Das Formblatt enthält unter anderem:

– Festlegungen zur Datenübergabe vom Auftraggeber an den Auftragnehmer

1. Datenübergabe vom AG an den AN (Haftungsansprüche sind ausgeschlossen.)							Termine/ Bemer-kungen
Auftrags-Leistungsverzeichnis	☐ GAEB 90	☐ GAEB XML	☐				
Ausführungs-/Entwurfsunterlagen							
Übergabe als ☐ **vollständiges CARD/1-Projekt**			☐		**VESTRA-Projekt** ☐		
	Format						
	DA	**dxf**	**dwg**	**pdf**	**OKSTRA**	**(sonstige)**	
Pläne/Verzeichnisse							
Lagepläne	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Höhenpläne	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Regelquerschnitte	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Querprofile	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Längsprofile	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Achsen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Gradienten	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Aufweitungen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Planumsbuch, Deckenbuch	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Lagefestpunktverzeichnisse	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Höhenfestpunktverzeichnisse	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Geländeaufnahmen							
Urgelände	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Querprofile	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Bauwerke	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Sonstige							

Bild 39: Ausschnitt aus dem Formblatt 4510.StB VHB Bayern mit Festlegungen zur Datenübergabe

– Festlegungen zur Vermessung (z. B. Übergabetermine an den Auftragnehmer; welches Koordinaten-/Höhensystem wird verwendet usw.)

– Festlegung der Rechenverfahren (REB/GAEB-Verfahrensbeschreibungen), der Berechnungsprogramme für die Bauabrechnung und des Formats der Datenübergabe

– Vorgesehene Abrechnung wesentlicher Positionen

4. Vorgesehene Abrechnung wesentlicher Positionen (Standard ist die Soll-Abrechnung nach DIN 18299, Abschnitt 5.)							Termine/ Bemer-kungen
Teilleistung	Leistungserfassung		Mengenberechnung nach REB-VB/GAEB-VB				
Bereich, Abschnitt oder Position (OZ)	nach Soll	nach Ist	Querprofile	Prismen, DGM	Allgemeine Men-gen-berechnung	Sonstige/ frei vereinbarte	
	Aus-führungs-unterlagen	Aufmaß-methode					
	(beschreiben)		VB	VB	VB		

Bild 40: Ausschnitt aus dem Formblatt 4510.StB VHB Bayern mit Festlegungen zur Abrechnung

– Festlegungen zu den Aufmaßverfahren

7. Aufmaßverfahren					
Aufmaßunterlagen					
Allgemeine Aufmaße (Längen, Flächen etc.)	☐ Aufmaßblätter ☐ Ausdruck digitaler Aufmaße ☐				
Aufmaßhorizonte	**Messverfahren**				
	Nivellement	Tachymeter	GPS	(sonstige)	
Urgelände	☐	☐	☐	☐	
nach Oberbodenabtrag	☐	☐	☐	☐	
Boden-/Felshorizonte	☐	☐	☐	☐	
Abtrag außerhalb Sollprofil	☐	☐	☐	☐	
Planum	☐	☐		☐	
Oberbauschichten	☐	☐		☐	
Sonstiges (siehe auch Anlage 4)	☐	☐	☐	☐	

Bild 41: Ausschnitt aus dem Formblatt 4510.StB VHB Bayern mit Festlegung der Aufmaßverfahren

Wir empfehlen grundsätzlich, folgende Regelungen in die Vereinbarung aufzunehmen:

„*Vermessungsarbeiten sind rechtzeitig vom Auftragnehmer anzukündigen, um die Teilnahme eines Vertreters des Auftraggebers zu ermöglichen. Unmittelbar nach der Vermessung ist dem Vertreter des Auftraggebers eine Datei mit den Rohdaten zu übergeben.*“

Hinweise aus der Praxis

Die Auftragnehmer setzen zunehmend zur Herstellung von Erd- und Frostschutzplanien auch GPS-gesteuerte Maschinen (Raupen und Grader) ein. Der Auftraggeber kann beispielsweise für den Neu- oder Ausbau von Straßen nicht nur digitale Pläne, sondern auch die Geländemodelle in den einzelnen Herstellungsschritten wie Urgelände, Erdplanum oder Böschungsflächen übergeben.

Dadurch haben die Auftragnehmer, die entsprechend eingerichtet sind, den Vorteil, dass sie daraus schnell Maschinensteuerungsdaten generieren können. Die Genauigkeit bei der Herstellung von Urgelände, Erdplanum oder Böschungsflächen wird mit Hilfe von in der Nähe aufgestellten Referenzstationen erreicht.

Bei Einbindung der Referenzstation des Auftragnehmers in die GPS-Gerätschaften des Auftraggebers kann anhand von Vergleichsmessungen mit GPS- und Tachymetermessung die Genauigkeit des Planums überprüft werden. Ist die überprüfte Genauigkeit ausreichend, bringt dies erhebliche Erleichterungen bei der Abnahme.

Die Maschinensteuerung bringt insbesondere im Straßenbau außerorts große Effizienzgewinne mit sich. Die Auftragnehmer mit entsprechenden Geräten sprechen hier von Leistungszuwächsen in Höhe von ca. 20 bis 30 % für die Erdbauarbeiten. Zusätzlich können herkömmliche Vermessungspflöcke und Einweiser eingespart werden. Hier wurden uns Kosten von rd. 5.000 € pro Kilometer Straße genannt.

Wird die elektronische Bauabrechnung von Seiten des Auftraggebers ausgeschlossen, so muss dies schon im Leistungsverzeichnis angegeben werden. Es müssen dann während der gesamten Bauzeit Achspunkte bereitgestellt werden, die der örtlichen Bauüberwachung ein herkömmliches Aufmaß ermöglichen.

3.6 Pflichten des mit der Rechnungsprüfung beauftragten Ingenieurs/Architekten

Für eine sachgerechte fachtechnische und rechnerische Prüfung der elektronischen Bauabrechnung sind unter anderem folgende Arbeitsschritte erforderlich:

– Prüfung der vom Auftragnehmer übergebenen Testdaten auf Kompatibilität mit dem vom Auftraggeber verwendeten Prüfprogramm

– Teilnahme an den Vermessungsarbeiten (entspricht dem gemeinsamen Aufmaß)

– Prüfung der Leistungsberechnung auf Vollständigkeit und formale Richtigkeit. Beispielsweise ist zu prüfen, ob die Eingabedaten in REB-gerechter Form vorliegen, die erforderlichen Unterlagen (z. B. Zeichnungen) beigefügt sind und der Bezug der Eingabedaten zu den Ausführungs- bzw. Abrechnungsunterlagen vorhanden ist (z. B. eindeutiger Positionsbezug).

– Die Eingabedaten sind auf Übereinstimmung mit den Daten der Leistungserfassung (z. B. den Rohdaten der gemeinsamen Vermessung) zu prüfen. Dabei ist auch zu prüfen, ob der Abrechnung das in der Vereinbarung zur Bauabrechnung festgelegte Urgelände und die freigegebene Ausführungsplanung zugrunde gelegt wurden. Zur Prüfung der Plausibilität sollten die der Ausführungsplanung zugrundeliegenden Querprofile mit den Abrechnungsprofilen mit Hilfe von Programmen grafisch verglichen werden. Das Ergebnis der Prüfung ist zu dokumentieren. Die zugehörigen Datenträger sind unter Angabe der verwendeten Programme der Schlussrechnung beizufügen.

– Prüfung der Leistungsberechnung mittels Prüf- oder Vergleichsberechnung und Aufklärung möglicher Abweichungen über den Toleranzbereich hinaus

Weiterführende Hinweise finden sich in den Richtlinien zu 4510.StB (Abrechnung mit DV-Anlagen).

Der Ingenieur/Architekt sollte im Ingenieur-/Architektenvertrag auf die sachgerechte Prüfung der elektronischen Bauabrechnung hingewiesen und verpflichtet werden. Für den Bereich Tiefbau empfehlen wir, auf die Beachtung der Richtlinien zu 4510.StB zu verweisen oder diese als Vertragsbestandteil in die Honorarvereinbarung aufzunehmen.

Sollen bei Hochbauvorhaben einzelne Leistungsbereiche, z. B. die Baugrube, mit Hilfe von Digitalen Geländemodellen abgerechnet werden, sollte vor Ausführungsbeginn eine Vereinbarung zur Abrechnung dieser Leistungspositionen abgeschlossen werden. Für diese Vereinbarung kann ebenfalls das Formblatt 4510.StB (Ergänzung Vereinbarung zur Bauabrechnung) verwendet werden.

Hinweis aus der Praxis für den Straßen-Tiefbau

Grundlage einer jeden Straßenplanung sollte die eigene Geländeaufnahme des Auftraggebers sein. Diese wird dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt. Sollte der Auftragnehmer eine eigene Geländeaufnahme wollen, so muss er dies vorher anmelden (gemeinsames Aufmaß).

Die Geländeaufnahmen des Auftragnehmers und des Auftraggebers können mit den üblichen CAD-Programmen, wie z. B. Vestra, Card oder Stratis, übereinandergelegt und so Abweichungen festgestellt werden. Anhand von Verschneidungen der beiden Geländemodelle können mögliche Abweichungen sehr schnell grafisch dargestellt werden.

3.7 Empfohlene Vorgehensweise zu den vertraglichen Vereinbarungen

Grundsätzlich muss sich der Auftraggeber vor Erstellung der Ausschreibungsunterlagen entscheiden, ob er bei der Baumaßnahme die elektronische Bauabrechnung zulassen will. Hat der Auftraggeber keine Möglichkeit zur sachgerechten Prüfung, sollte er die elektronische Bauabrechnung in den Vertragsbedingungen explizit ausschließen.

Will er die elektronische Bauabrechnung zulassen, muss er durch entsprechende Vertragsbedingungen und Vereinbarungen das Prinzip der gemeinsamen Leistungsfeststellung wahren und sicherstellen, dass er alle für die sachgerechte Prüfung erforderlichen Unterlagen vom Auftragnehmer erhält.

Wir empfehlen hierfür die Verwendung der Vertragsbedingungen und Formblätter aus dem VHB Bayern.

Bedient sich der Auftraggeber für Ausschreibung und Bauüberwachung der Hilfe von Ingenieuren/Architekten, sollte er die Beachtung der Vorgaben des VHB Bayern zur elektronischen Bauabrechnung vertraglich vereinbaren.

4 Beispiele aus der Prüfungstätigkeit

Wir haben nachfolgend einige Beispiele aus unserer Prüfungstätigkeit aufgeführt. Die im Geschäftsbericht dargestellten Texte, Bilder und Abbildungen wurden anonymisiert und dienen der besseren Veranschaulichung unserer Prüfungsfeststellungen bei den Gemeinden, Städten, Landkreisen oder Bezirken.

4.1 Häufigste Feststellung: Digitale Abrechnungsdaten lagen dem Auftraggeber nicht vor

Der überwiegende Teil von durch die Auftragnehmer eingereichten elektronischen Bauabrechnungen mit digitalen Geländemodellen wurde weder vom Auftraggeber noch von dessen Vertretern oder Beauftragten (Ingenieure oder Architekten) sachgerecht durch Prüf- oder Vergleichsberechnungen geprüft. Eine vertragliche Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung lag in der Regel nicht vor.

Die elektronischen Abrechnungen wurden ungeprüft anerkannt und ausbezahlt. Wenn überhaupt wurde uns mitgeteilt, dass man auf Plausibilität geprüft habe; denn auf den Umgang mit elektronischer Bauabrechnung sei man „nicht eingerichtet“.

Unsere häufigste Prüfungsfeststellung bei der elektronischen Bauabrechnung ist, dass die Kommunen elektronisch mittels digitaler Geländemodelle abgerechnete Leistungen bezahlt haben, obwohl die zur Überprüfung erforderlichen digitalen Abrechnungsdaten als zahlungsbegründende Unterlagen nicht vorlagen.

Hierzu ein konkretes Beispiel:

Bei der Prüfung einiger Tiefbaumaßnahmen stellten wir fest, dass der Auftragnehmer (Baufirma) die Mengen einiger Positionen (z. B. Oberboden- und Erdabtrag, Oberboden- und Erdauftrag, Frostschutz- und Schottertragschichten usw.) elektronisch mittels digitaler Geländemodelle ermittelt hat.

Zusammenstellung in m³

Position	1.	Oberboden - Abtrag	Gesamtmasse	2665.515
Position	2.	Erdabtrag	Gesamtmasse	144.761
Position	3.	Bodenaustausch	Gesamtmasse	4856.576
Position	4.	Erdauftrag	Gesamtmasse	11488.797
Position	5.	Frostschutz, 44cm	Gesamtmasse	1493.453
Position	6.	Oberboden - Auftrag, 20cm	Gesamtmasse	626.313

Bild 43: Mengenzusammenfassung der elektronischen Bauabrechnung einer Baumaßnahme, die nicht geprüft wurde

Es wurden mehr als die Hälfte der Bauleistungen der Schlussrechnungssumme elektronisch abgerechnet. Die fachliche und rechnerische Richtigkeit der Abrechnung dieser Positionen wurde von dem mit der örtlichen Bauüberwachung beauftragten Ingenieurbüro nur abgehakt und mit einem Prüfvermerk versehen und der Stadt zur Auszahlung vorgelegt.

--- Begrenzungslinien (DA54) ---

Position	Station		y1	z1	y2	z2	y3	z3	y4	z4
1. 1.1	0,000	1	-5,038	449,380	-4,998	449,356	-4,589	449,361	-3,914	450,028
		2	3,348	449,832	3,857	449,461	4,174	449,352	4,174	449,152
		3	3,857	449,261	3,348	449,632	3,348	449,832	-3,914	450,028
		4	-3,914	449,828	-4,589	449,161	-4,998	449,156	-5,038	449,180
		5	-5,038	449,380						
1. 1.1	20,000	1	-4,251	450,552	-4,143	450,487	-3,873	450,543	-3,112	450,957
		2	3,362	450,808	3,714	450,527	4,174	450,547	5,201	451,078
		3	5,511	451,075	5,511	450,875	5,201	450,878	4,174	450,347
		4	3,714	450,327	3,362	450,608	3,362	450,808	-3,112	450,957
		5	-3,112	450,757	-3,873	450,343	-4,143	450,287	-4,251	450,352
		6	-4,251	450,552						
1. 1.1	40,000	1	-4,157	451,532	-4,012	451,431	-3,785	451,466	-3,063	451,714
		2	3,261	451,520	3,881	451,326	4,227	451,315	5,037	451,676
		3	5,037	451,476	4,227	451,115	3,881	451,126	3,261	451,320
		4	3,261	451,520	-3,063	451,714	-3,063	451,514	-3,785	451,266
		5	-4,012	451,231	-4,157	451,332	-4,157	451,532		

Bild 44: Ausdruck Liste der Eingabedaten zur elektronischen Abrechnung. Werte wurden vom Ingenieurbüro nur abgehakt und nicht digital verarbeitet und geprüft.

Aufgrund der Empfehlung des Ingenieurbüros ordnete die Verwaltung die Rechnung zur Zahlung an.

Der Auftragnehmer hat die Vermessungsarbeiten als Grundlage der elektronischen Bauabrechnung mittels digitaler Geländemodelle alleine, d. h. nicht als gemeinsames Aufmaß mit dem Auftraggeber (die Stadt) oder seinem Bevollmächtigten (Ingenieurbüro) durchgeführt und dies gegenüber dem Auftraggeber auch nicht angekündigt.

Die digitalen Vermessungsdaten lagen weder dem Auftraggeber noch dem mit der Rechnungsprüfung beauftragten Ingenieurbüro vor. Eine IT-gestützte Prüfung der elektronischen Bauabrechnung konnte das Ingenieurbüro ebenfalls nicht vorlegen.

Es kommt vor, dass angesichts solcher Prüfungsfeststellungen von der geprüften Stelle eingewendet wird, dass ein Schaden ja nicht belegt sei; denn die abgerechneten Mengen könnten ja auch richtig sein und im Übrigen müsse man der Prüfung des beauftragten Ingenieur-/ Architekturbüros ja wohl vertrauen dürfen. Diese Argumentation verkennt, was es bedeutet, dass der öffentliche Auftraggeber öffentliche Mittel zu verwalten hat und hierbei zur Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit verpflichtet ist. Dass ein Prozedere, bei dem der Auftragnehmer erhebliche Zahlungen erhält, obwohl nicht prüfbar ist, ob die vom Auftragnehmer hierbei abgerechneten Mengen sachgerecht ermittelt wurden, also quasi ein haushaltsrechtlicher „Blindflug“, unzulässig ist, muss nicht weiter ausgeführt werden. Bei aller Wichtigkeit einer vertrauensvollen Zusammenarbeit mit den beauftragten Planern gilt hier: Vertrauen ist gut, (stichprobenartige) Kontrolle ist besser und gerade bei der Verwendung von Steuermitteln zwingend erforderlich.

4.2 Weiteres Beispiel, bei dem die digitalen Abrechnungsdaten beim Auftraggeber nicht vorlagen

Die Erschließung eines Gewerbegebiets wurde vom Auftraggeber mit einer Angebotssumme i. H. von rd. 2,2 Mio. € vergeben. Beim Vergleich der ausgeschriebenen mit den abgerechneten Mengen fiel bei unserer Prüfung auf, dass es bei einigen Positionen (z. B. Boden liefern, Bodenaustausch) zu erheblichen Mengenmehrungen kam.

Bei der Prüfung der Baumaßnahme Erschließung Gewerbegebiet haben wir festgestellt, dass der Auftragnehmer erhebliche Abrechnungsmengen (u. a. Oberbodenarbeiten, Bodenbewegungen, Frostschutz- und Schottertragschichten sowie Teile des Nachtrags Dammverbreiterung) mit Hilfe der elektronischen Bauabrechnung ermittelt hat.

Nachfolgende Aufstellung zeigt die digital ermittelten Abrechnungsmengen im Einzelnen:

OZ	Art	Kurztext / Bezeichnung	Menge Abrechnung	Einheit	EP Fa. W.	Abrechnung Fa. W.
1. 3.	**NG**	**Oberbodenarbeiten**				
1. 3. 1.	N -	Oberboden abtragen	5.048.737	m3	1.64	8.279.93
1. 3. 3.	N -	Oberboden andecken	2.581.153	m3	8.62	22.249.54
1. 4.	**NG**	**Bodenbewegungen**				
1. 4. 2.	N -	Boden liefern, Dammschüttung	15.858.549	m3	17.19	272.608.46
1. 4. 3.	N -	Recycling Material des AG einbauen	771.944	m3	6.37	4.917.28
1. 4. 4.	N -	Riesel Material des AG einbauen	703.815	m3	7.01	4.933.74
1. 4. 5.	N -	Boden lösen	10.973.865	m3	5.16	56.625.14
1. 4.12.	N -	Boden liefern, Bodenaustausch	7.064.161	m3	17.19	121.432.93
1. 4.15.	N -	Planum herstellen	13.167.270	m2	0.74	9.743.78
1. 7.	**NG**	**Ungebundene Schichten des Oberbaus**				
1. 7. 1.	N -	FSS herstellen, Fahrbahn	4.192.737	m3	19.66	82.429.21
1. 7. 2.	N -	FSS herstellen, Geh Radweg	185.161	m3	24.85	4.601.25
1. 7. 3.	N -	Schottertragschicht herstellen	1.424.260	m2	7.29	10.382.86
1.50		**Nachtragsvereinbarung 01**				
1.50.10		Abtreppung Dammverbreiterung	1.522.075	m3	12.13	18.462.77
1.50.20		Zulage 1.4.2 für Anbau an Bestandschüttung	5.027.870	m3	4.39	22.072.35
1.50.40		Abtrag Bestand auf UK FFS	2.433.945	m3	8.66	21.077.96
1.50.60		Verwend. Material Innenstadt Lagerplatz	890.207	m3	10.76	9.578.63
					Netto	**669.395,83**
					16 % Ust.	**107.103,33**
					Brutto	**776.499,16**

Bild 45: Aufstellung der digital ermittelten Abrechnungsmengen

Insgesamt wurden Bauleistungen für rd. 776 T€ (rd. 35 % der Schlussrechnungssumme) elektronisch abgerechnet. Die Abrechnungsmenge der Pos. 1.4.12 hat sich beispielsweise gegenüber der ausgeschriebenen Menge mehr als verdoppelt.

```
1.4.12          Boden liefern, Bodenaustausch

                Boden liefern und profilgerecht oder
                nach Angabe des AG einbauen und verdichten.
                Abrechnung nach eingebauter, verdichteter Menge.
                Bereich: Fahrbahn punktuell als Bodenaustausch nach
                Angaben des AG zur Verbesserung des Unterplanums.
                Aus Boden nicht bindig, grobkörnig oder gemischtkörnig,
                letzteren mit höchstens 15 M.-% Korn kleiner/gleich
                0,06 mm.

                3.300,00   m3                          17,19        56.727,00
```

Bild 46: Ausgeschriebene Position für Boden liefern, Bodenaustausch

1.04.12 ✓	Boden liefern, Bodenaustausch ✓ 7.064,161✓ m3		17,19 ✓	121.432,93 ✓

Bild 47: In der Schlussrechnung abgerechnete Position für Boden liefern, Bodenaustausch

Das Ingenieurbüro plante analog im 2D-Bereich und hatte die Ausschreibungsmenge für das Leistungsverzeichnis falsch berechnet.

Der Auftragnehmer hat die Baumaßnahme selbst vermessen und die Abrechnung digital im 3D-Bereich erstellt. Eine vertragliche Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung lag nicht vor.

Aus den Abrechnungsunterlagen war erkennbar, dass die Abrechnungsmenge anhand von Querprofilen als elektronische Bauabrechnung mit digitalen Geländemodellen ermittelt wurde.

REB - Mengenermittlung

Abrechnungen 01 bis 09

Ordnungszahl	K Mess-Ztext	Anzahl Faktor	For-mel	Freie Rechenansaetze nach Formel 91 oder 1.Wert	2.Wert	3.Wert	4.Wert	5.Wert	Ergebnis	AZ	Adresse
Oz 1.04.12							Übertrag :		0,000		m3
	*			Menge aus Pos. 1.4.05 Bodenaust ausbauen						01	0336A6
			00	7159,350 =					7.159,350 ✓	01	0336A8
	*			abzgl. aus Pos 2.1.018 Rohrgrabenverfüllung Aufm. Kanal						01	0336B0
		-1,000	00	1540,005 =					-1.540,005 ✓	01	0336B2
	*			lt. TH Aufmaß-Blatt Nr. 414						01	0414A0
	*			abzgl. Mengen aus 3. AR						01	0414A2
		-1,000	91	5619,345=					-5.619,345 ✓	01	0414A4
	Achse 1		91	1743,216=					1.743,216 ✓	01	0414A6
	Achse 2		91	7575,361=					7.575,361 ✓	01	0414A8
	abzgl OBB	-1,000	91	2565,831=					-2.565,831 ✓	01	0414B0
	Achse 3		91	387,398=					387,398 ✓	01	0414B2
	*			abzgl. Pos. 1.4.3 +1.4.4						01	0414B4
	Recycling	-1,000	91	771,944=					-771,944 ✓	01	0414B6
	Riesel	-1,000	91	703,815=					-703,815 ✓	01	0414B8
	*									09	0911A0
	*			Nullstellung 1-8 AR						09	0911A2
			91	-5664,385=					-5.664,385 ✓	09	0911A4
	*			AufmBl. 911 TH - SR					—	09	0911A6
	*			aus						09	0911A8
	Ax 01		91	3253,562= ✓					3.253,562 ✓	09	0911B0
	Ax 02		91	4856,576= ✓					4.856,576 ✓	09	0911B2
	Ax 03		91	429,782= ✓					429,782 ✓	09	0911B4
	*			Abzügl. Recyceling + Riesel						09	0911B6
	Recy		91	-771,944= ✓					-771,944 ✓	09	0911B8
	Riesel		91	-703,815= ✓					-703,815 ✓	09	0911C0
						1.04.12	Pos.-Summe		7.064,161 ✓	**	m3

Bild 48: Auszug aus der REB-Mengenermittlung

Das Ingenieurbüro hakte die REB-Mengenermittlung der Position 1.04.12 nur ab. Eine Kontrolle der Abrechnungsmengen kann ohne Vermessungs- und REB-Daten nicht erfolgen. Die mit grünen Haken versehene Abrechnungskontrolle des Ingenieurbüros hatte nur den Anschein einer Rechnungsprüfung.

Die Abrechnung des Auftragnehmers erfolgte nach REB-VB 21.003 Massenberechnung aus Querprofilen ohne Kontrolle des Ingenieurbüros. Nachfolgend ist ein Ausschnitt aus der REB-Mengenermittlung nach REB-VB 21.003 dargestellt:

Massenberechnung aus Querprofilen (nach REB 21.003)

Berechnungsabschnitt Nr. 2 Achse 2 (aufgeteilt)"

Zusammenstellung in m³

Position	15.	Erdauftrag - Links	Gesamtmasse	1889.128
Position	16.	Erdauftrag - Rechts	Gesamtmasse	534.271

Massenberechnung aus Querprofilen (nach REB 21.003)
Berechnungsabschnitt Nr. 2 Achse 2 (aufgeteilt)"

Position 15. "Erdauftrag - Links"

Station	LF	Y1	Z1	Y2	Z2	Y3	Z3	Y4	Z4
420.000	1	-9.000	442.308	-13.555	442.273	-10.482	444.322	-9.000	444.371
420.000	2	-9.000	442.308						
423.550	1	-11.477	442.219	-13.556	442.262	-10.511	444.292	-9.000	444.352
423.550	2	-9.000	442.188	-11.477	442.219				
426.600	1	-9.000	442.203	-13.491	442.296	-10.536	444.266	-9.000	444.336
426.600	2	-9.000	442.203						
427.900	1	-9.827	442.235	-13.464	442.310	-10.547	444.255	-9.000	444.329
427.900	2	-9.000	442.238	-9.068	442.238	-9.827	442.235		
440.000	1	-11.178	442.382	-13.274	442.400	-10.362	444.342	-9.000	444.381
440.000	2	-9.000	442.420	-9.865	442.411	-11.178	442.382		

Massenberechnung aus Querprofilen (nach REB 21.003)
Berechnungsabschnitt Nr. 2 Achse 2 (aufgeteilt)"

Position 16. "Erdauftrag - Rechts"

Station	Fläche	YS	Radius	Korr-Fakt	Einzelmasse	Gesamtmasse
620.000	0.000	9.265	-28.000	1.3309032	0.000	0.000
625.000	13.927	9.265	-28.000	1.3309032	46.340	46.340
629.000	4.731	11.060	-28.000	1.3949823	50.861	97.201
633.744	4.827	10.537	-28.000	1.3763358	31.416	128.617
633.744	4.827	10.537	0.000	1.0000000	0.000	128.617
640.000	4.816	10.519	0.000	1.0000000	30.165	158.782
660.000	4.885	10.481	0.000	1.0000000	97.016	255.799
680.000	4.779	10.491	0.000	1.0000000	96.649	352.448
700.000	4.656	10.463	0.000	1.0000000	94.359	446.808
710.000	4.566	10.481	0.000	1.0000000	46.114	492.922
715.000	4.373	10.441	0.000	1.0000000	22.349	515.271
717.700	5.522	10.682	0.000	1.0000000	13.359	528.630
719.743	0.000	10.682	0.000	1.0000000	5.641	534.271

Bild 49: Auszug von Ausdrucken digital ermittelter Abrechnungsunterlagen zur Mengenberechnung

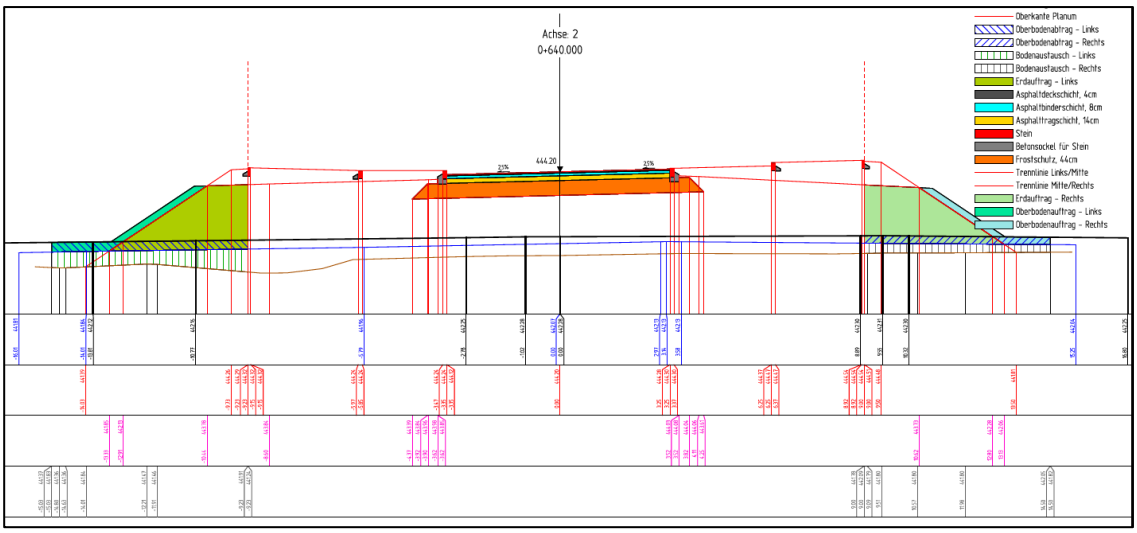


Bild 50: Querprofile zur digitalen Mengenberechnung

Die Abrechnung dieser Position wurde vom mit der örtlichen Bauüberwachung beauftragten Ingenieurbüro anhand ausgedruckter Querprofile überprüft.

Die Entwurfs- und Ausführungsplanung des Ingenieurbüros war nur analog, eine IT-gestützte Prüfung der elektronischen Bauabrechnung mit digitalen Vermessungsdaten lag weder dem Auftraggeber noch dem Ingenieur vor.

Der Auftraggeber hat aufgrund der Empfehlung des Ingenieurbüros die Rechnung zur Zahlung angeordnet. Der Auftragnehmer hat die Vermessungsarbeiten als Grundlage der elektronischen Bauabrechnung mittels digitaler Geländemodelle alleine und ohne Kontrolle durch den Auftraggeber oder das Ingenieurbüro durchgeführt. Es gab kein gemeinsames Aufmaß.

4.3 Digitale Abrechnungsdaten wurden nachgereicht, waren aber nicht prüfbar

Der Auftragnehmer hat bei der Straßenbaumaßnahme Abrechnungsmengen digital ermittelt. Die dazu notwendigen Abrechnungsunterlagen, nämlich die Daten zur elektronischen Bauabrechnung mittels digitaler Geländemodelle, lagen ebenso wenig vor wie eine vertragliche Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung.

Wir haben beim Auftraggeber nach entsprechenden Daten nachgefragt. Es wurden Daten übergeben, wie z. B. ein Lageplan, bestehend nur aus Bruchkanten und REB-Dateien mit den Datenarten DA 53 und DA 66. Die DA 53 enthielten Informationen zu Positionen und die DA 66 zu Querprofilen. Die Datei der Querprofile (DA 66) enthielt keine Informationen über die Längsachse, auf die sich die Profile bezogen. Um den Bezug zur Längsachse herzustellen, hätte die Längsachse eigens konstruiert werden müssen. Zudem wurden Dateien übergeben, die keine sinnvollen Informationen enthielten.

Zusammengefasst waren die übergebenen Dateien nicht prüfbar. Im Übrigen wurde uns in diesem Zusammenhang mitgeteilt, dass die Daten vom Auftragnehmer stammten und der Auftraggeber mangels Wissen die elektronische Bauabrechnung nicht prüfen könne. Außerdem lag diesem nur ein geringer Teil des Datensatzes zur elektronischen Bauabrechnung (z. B. nur Bruchkanten sowie DA 53 und DA 66) vor.
Da es für uns sehr aufwendig gewesen wäre, aus den DA 53 und DA 66 (Informationen zu Positionen und Querprofilen) den Bezug zur Längsachse herzustellen, sprich die Längsachse neu zu konstruieren, wurde der Auftraggeber gebeten, uns die elektronische Abrechnung nach der „Prismenmethode“ zu übergeben.

Bei der Verfahrensbeschreibung REB-VB 22.013 werden die Mengen aus digitalen Geländemodellen durch Rauminhalte aus Prismen ermittelt. Grundlagen dafür sind die Datenarten DA 45 Punkte (x-, y-, z-Koordinaten) und DA 58 Dreiecke.

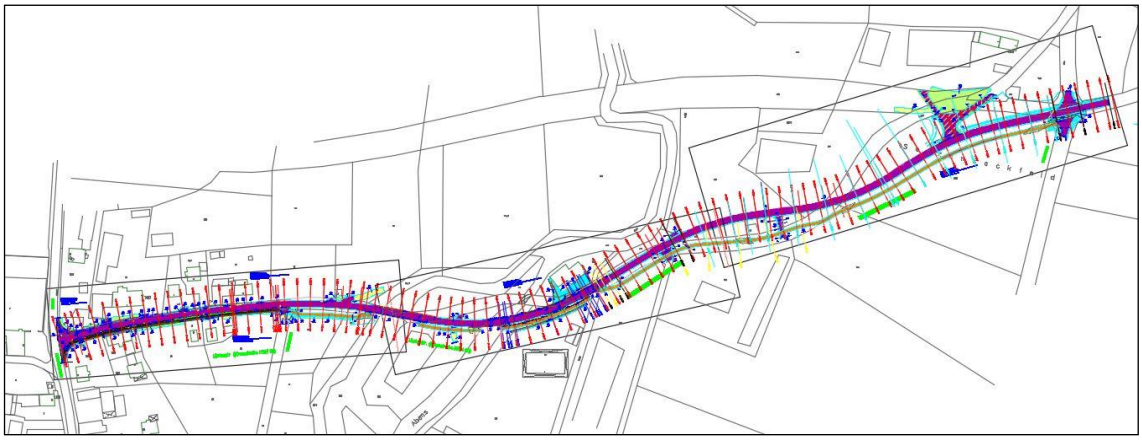


Bild 51: Übergebene Datei „Abrechnungsplan“ als Basisdatei im AUTO-CAD-Format

Wir haben die REB-Dateien in den CAD-Abrechnungsplan eingelesen. Grün dargestellt sind die eingelesenen digitalen Geländemodelle:

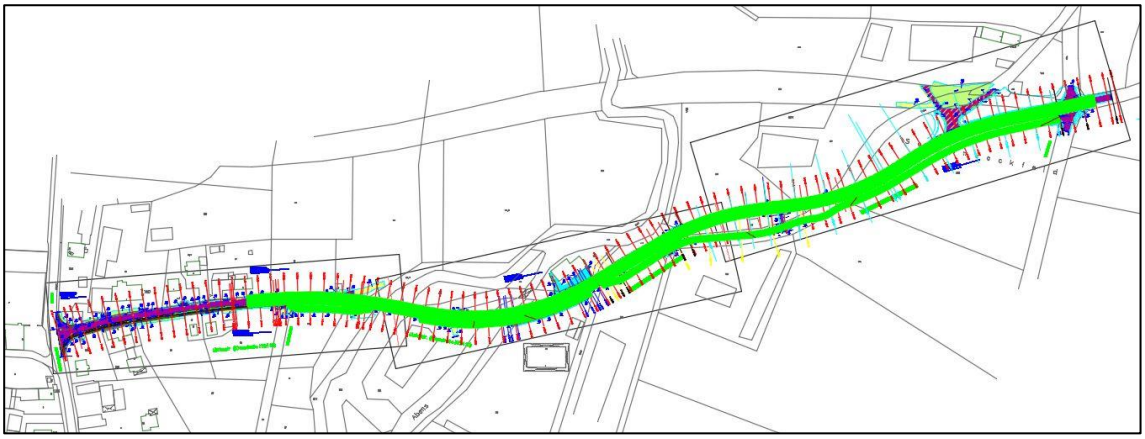


Bild 52: CAD-Abrechnungsplan mit eingelesenen REB-Dateien

In der Draufsicht liegt die Fahrbahn (z. B. 400 m ü. NN) direkt auf der Nullebene, ein Höhenunterschied ist nicht erkennbar. Visualisiert man den Lageplan mit den digitalen Geländemodellen dreidimensional im 3D-Orbit, kann man erkennen, dass für einen Teil der Fahrbahn (blau) kein DGM vorhanden ist.

	Visualisierung in 3D-Ansicht: Unten: Grundstücke, Lageplan und Konstruktionslinien auf der so genannten Nullebene. Oben: Über der Nullebene „schwebt“ die Fahrbahn mit den tatsächlichen Höhen. Nur in der 3D-Ansicht ist erkennbar, dass einige Prismen von der Fahrbahn bis zur festgelegten Nullhöhe reichen und für einen Teil der Fahrbahn (blau) kein DGM vorhanden ist. Welche Auswirkungen die rd. 400 m hohen Prismen auf die Mengenermittlung hatten, konnte nicht festgestellt werden.

Bild 53: Visualisierung der Straße in 3D-Ansicht

Beim nachfolgenden Bild ist das „Gitternetz“ der Prismen beim digitalen Geländemodell erkennbar. Wir haben eine Breite von 8,20 m und eine Höhe von 34 cm gemessen.

Der Regelquerschnitt wurde aber mit 5,50 m Breite und einem Aufbau von 65 cm ausgeschrieben. Außerdem bindet das DGM Gehweg in das DGM Straße ein.

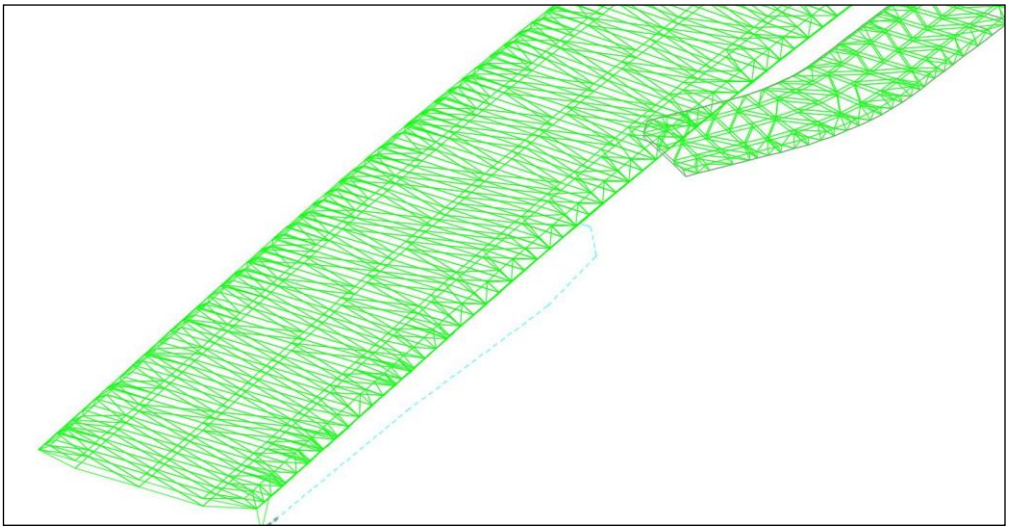
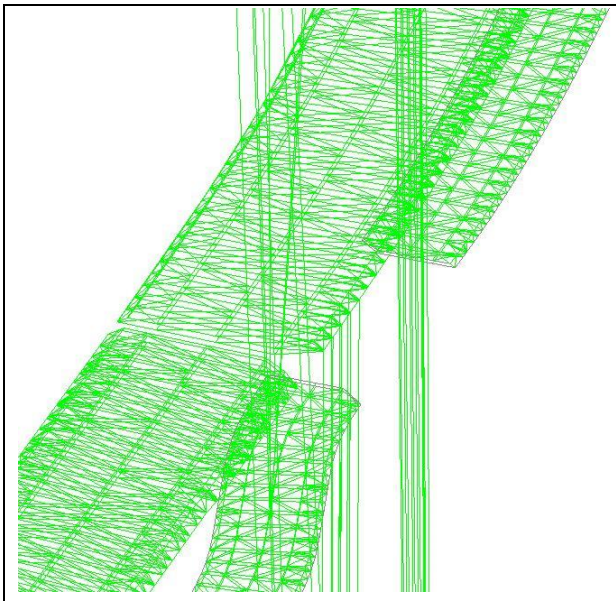


Bild 54: DGM Gehweg bindet in DGM Straße ein



Brückenbereich:

Das DGM Straße geht über die Brücke, das DGM Gehweg aber nicht.

In der 3D-Ansicht sind ebenfalls die Linien der rd. 400 m hohen Prismen bis auf die Nullhöhe erkennbar.

Bild 55: Brückenbereich: DGM Straße geht über die Brücke, DGM Gehweg aber nicht

Es waren in den vorhandenen und übergebenen Datensätzen eine erhebliche Anzahl an Fehlern und Unstimmigkeiten vorhanden. Eine nachvollziehbare Prüfung der über digitale Geländemodelle abgerechneten Mengen war nicht möglich. Insgesamt wurden 30 Positionsmengen mit einer Abrechnungssumme i. H. von rd. 452 T€ (rd. 46 % der Schlussrechnungssumme) elektronisch abgerechnet. Die digitale Abrechnung wurde vom Auftraggeber ungeprüft anerkannt, abgehakt und ausbezahlt.

4.4 Abrechnungsfehler bei der elektronischen Abrechnung eines Baugrubenaushubs

Bei dem Bau einer Parkgarage wurde der Baugrubenaushub mit Hilfe digitaler Geländemodelle elektronisch ermittelt. Eine vertragliche Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung lag nicht vor. Bei den digitalen Geländemodellen wurde jeweils das Volumen zwischen den Modellen „OK Kies“ (Gelände vor Aushub) und „Baugrubensohle -7,00 m“ (Modell der Baugrube) und einem Bezugshorizont ermittelt und die Differenz dieser Volumina gebildet. Diese Differenz ergibt die Aushubmenge. Die Berechnung des Auftragnehmers ergab folgende Mengen:

Aufmass Baugrube/08+19.06.2009 (OK Kies / Bezugshöhe 588,00 m ü. NN)	37.888,9m³
Berechnung Baugrubensohle –7,00/ Verbau (Bezugshöhe 588,00 m ü. NN)	10.495,0m³
Differenz = Aushub Baugrube (bis –7,00m=589,60m.ü.NN)	27.393,9m³

Bild 56: Mengenermittlung des Auftragnehmers

Wir haben aus den uns vorliegenden Abrechnungsdaten eigene Geländemodelle erstellt und mittels Vergleichsberechnung geprüft. Der Auftragnehmer berechnete die Mengen aus Querprofilen mit einem sehr engen Stationsabstand, unsere Vergleichsberechnung wurde nach REB-VB 22.013 „Massen und Oberflächen aus Prismen“ erstellt. Die Berechnungen des Auftragnehmers wurden zunächst bestätigt.

Bei Visualisierung der Baugrube als 3D-Modell zeigte sich, dass die Baugrube keine senkrechten Baugrubenwände aufwies. Tatsächlich wurde die Baugrube aber vollständig mit senkrechtem Verbau ausgeführt.

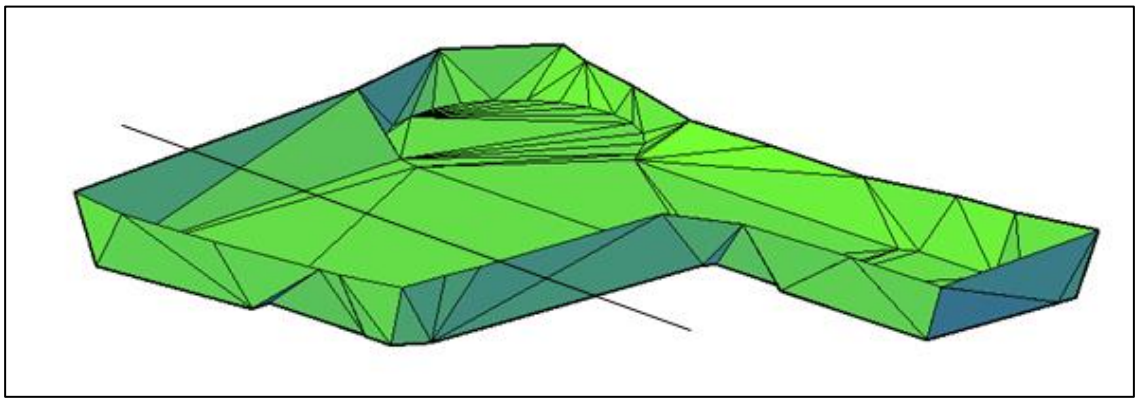


Bild 57: Modell der Baugrube mit ungefährer Lage des Kontrollschnitts

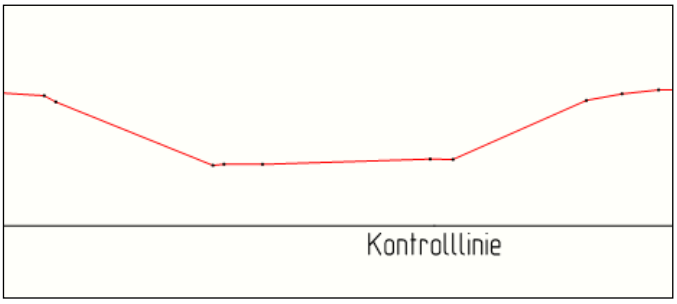


Bild 58: Kontrollschnitt

Das Baugrubenmodell wurde irrtümlich nicht mit der Verbauoberkante, sondern mit dem Umring des Urgeländes vermascht. Um die richtige Aushubmenge zu ermitteln, haben wir aus der Verbauunterkante und dem Urgeländemodell die Verbauoberkante mit den entsprechenden Höhen vor Aushub berechnet.

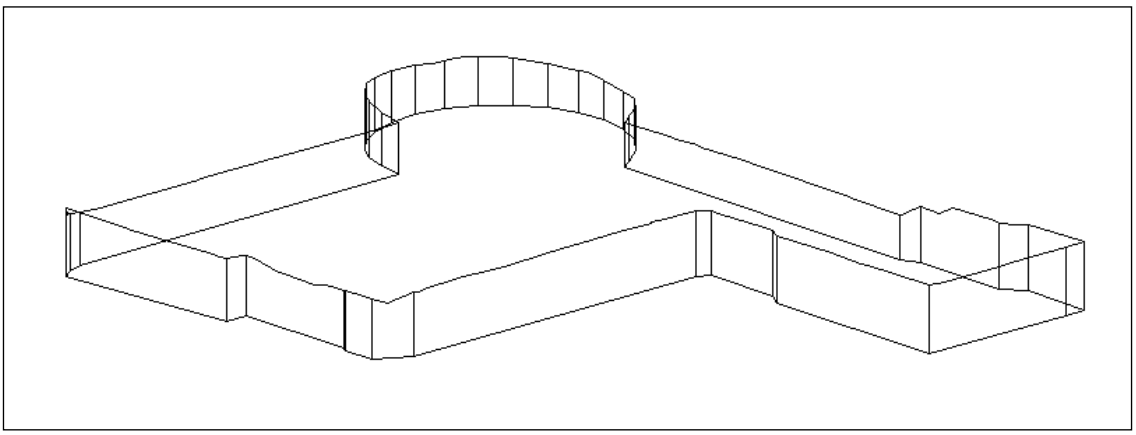


Bild 59: Verbau als Linienmodell

Ein Vergleich der Baugrube aus der Abrechnung mit der Verbaulinie zeigt, dass das Baugrubenmodell nicht mit dem Verbau übereinstimmt.

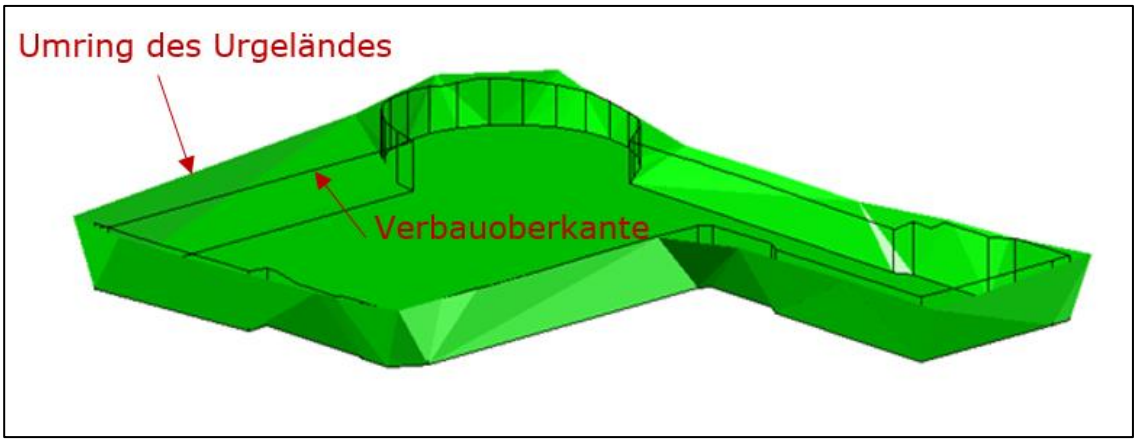


Bild 60: Baugrube aus Abrechnung mit Verbau

Für die vertragsgerechte Aushubermittlung haben wir zwei neue Geländemodelle erstellt. Modell 1 vor Aushub innerhalb des Verbaus und Modell 2 für die Baugrubensohle.

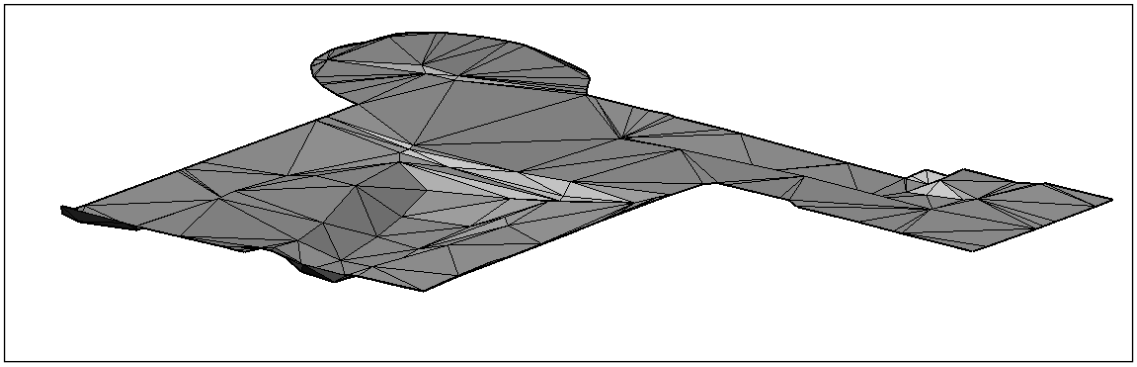


Bild 61: Modell „OK Kies“ (Gelände vor Aushub)

Das tatsächliche Aushubvolumen haben wir aus der Volumendifferenz des Modells 1 und des Modells 2 ermittelt. Abgerechnet wurden rd. 27.000 m³ Baugrubenaushub. Die Vergleichsberechnung führt zu einer Minderung des Baugrubenaushubs von rd. 3.400 m³.

Der Abrechnungsfehler i. H. von rd. 13 T€ bei der elektronischen Abrechnung des Baugrubenaushubs konnte im Rahmen der Prüfung vor Stellung der Schlussrechnung festgestellt werden und wurde bei der Prüfung der Schlussrechnung berücksichtigt.

4.5 Auftraggeber zweifelte an der Aufmaßprüfung des Ingenieurbüros und ließ nachvermessen

Bei einer Straßenbaumaßnahme hat der Auftragnehmer die Mengen mittels digitaler Geländemodelle anhand von Querprofilen ermittelt. Eine vertragliche Vereinbarung zur elektronischen Bauabrechnung lag nicht vor. Das Ingenieurbüro prüfte die elektronische Bauabrechnung und gab die Schlussrechnung zur Zahlung frei.

Die vom Ingenieurbüro geprüfte Schlussrechnung des Auftragnehmers wurde vom Auftraggeber nicht anerkannt. Diesem fielen bei der stichprobenartigen Prüfung der korrigierten Schlussrechnung Fehler bei den Abrechnungsprofilen auf und er veranlasste Kontrollmessungen mit eigenem Vermessungspersonal. Festgestellt wurden bei den Oberboden- und Erdmassen folgende Abrechnungsfehler:

– Bei den Dammschüttungen wurde über Regelsollprofile abgerechnet, tatsächlich wurden die Sollhöhen aber nicht eingehalten.

– Unter den stabilisierten Dammaufstandsflächen wurden Mengenverschiebungen mit Planumsquerneigungen falsch abgerechnet.

– Die Oberbodenarbeiten über die Muldenausbildung hinaus (z. B. Angleichungsarbeiten an den Bestand) wurden nicht vertragsgerecht abgerechnet.

– Nicht vertragsgerechte Abrechnung von „Oberboden andecken“ auf nachträglich hergestellten Mulden

– Die Verschneidung der einzelnen Achsen (Haupt- und Nebenachsen) wurde in der Mengenberechnung beim Erdauf- und -abtrag falsch berechnet.

Die Bauverwaltung übergab die eigenen Daten aus den Kontrollvermessungen an das Ingenieurbüro mit der Aufgabe der Einarbeitung der Daten in die Querprofile der Geländemodelle. Festgestellt wurden überhöhte Mengen in der Schlussrechnung im Bereich des Erdbaus.

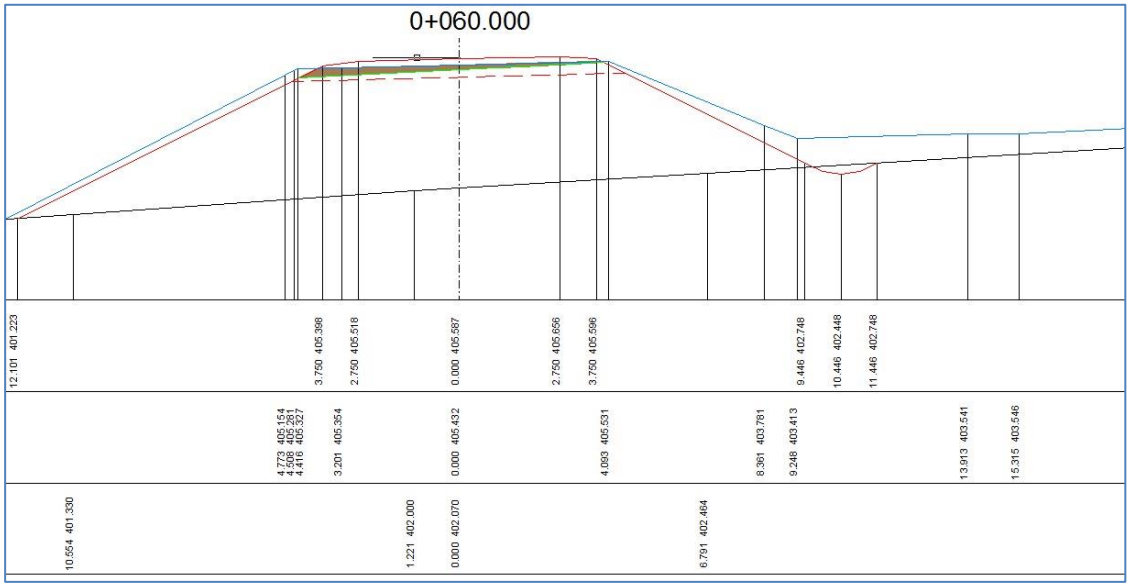


Bild 62: Auszug aus einem Querprofil mit Korrekturfläche (braun)

Der Auftraggeber bestand auf der Korrektur des digitalen Aufmaßes anhand der neuen Vermessungsdaten und Sollhöhen der Planung. Das Ingenieurbüro korrigierte die elektronische Bauabrechnung und die Abrechnungsmengen in der Schlussrechnung.

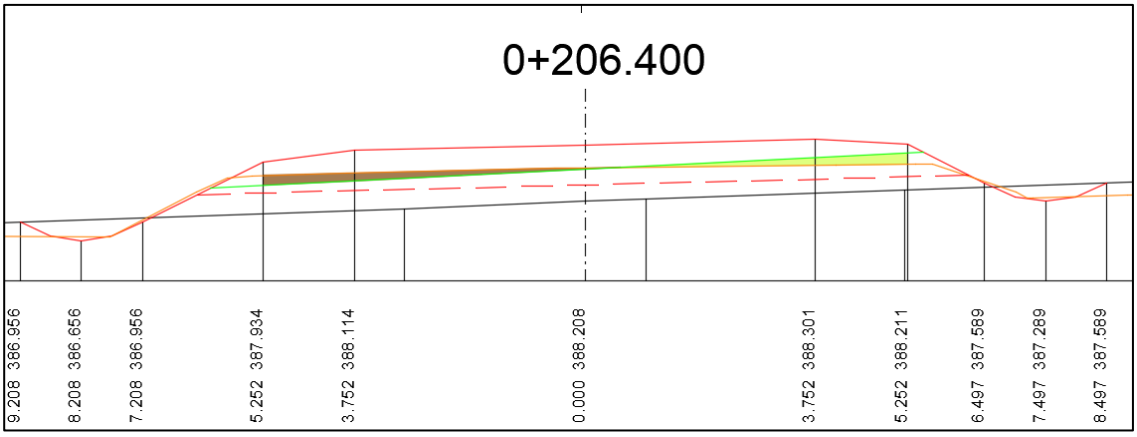


Bild 63: Auszug aus einem Querprofil mit Korrekturflächen – Mehrmengen (braun) und Mindermengen (grün)

Die Schlussrechnung des Auftragnehmers wurde vom Ingenieurbüro bei den Positionen Oberboden, Boden lösen, Dammschüttung und Bodenverbesserung korrigiert. Die Forderung in der Schlussrechnung wurde um insgesamt rd. 60 T€ gekürzt.

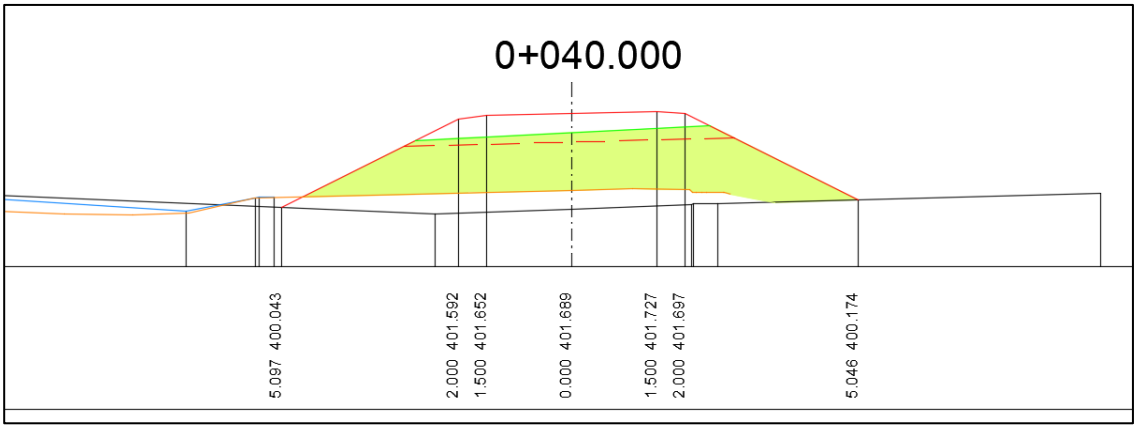


Bild 64: Auszug aus einem Querprofil mit Korrekturflächen – zu hoch eingebaute Dammschüttung, Abrechnungsmenge wurde auf das Sollmaß in der Planung gekürzt

Der Auftraggeber hat durch die Kontrolle der vom Ingenieur geprüften überhöhten Schlussrechnung des Auftragnehmers erhebliche Kosten eingespart. Das Verhalten des Auftraggebers war vorbildlich, er hat die Bauherrnaufgaben richtig wahrgenommen und die Rechnungsprüfung seines Ingenieurbüros nicht nur blind übernommen, sondern kritisch überprüft.

4.6 Eigene Vertragsbedingungen zur elektronischen Abrechnung und Dokumentation

Der Auftraggeber dokumentiert und verwaltet seine Ver- und Entsorgungsleitungen in einem Geografischen Informationssystem (GIS). Jede Baumaßnahme im Stadtgebiet ist durch den Auftragnehmer (ausführende Baufirma) digital zu dokumentieren. Die erfassten Daten werden von einer Firma für Geoinformationsverarbeitung, die die Daten für den Auftraggeber verwaltet, in das GIS eingepflegt. In den Ausschreibungen ist die vermessungstechnische Aufnahme, die Datenerfassung von Wasserversorgung, Kanal, Leittechnik (Kabel), Straßenbestand und Straßenausstattung genau beschrieben:

„Die Abrechnungsprofile für den Erdbau sind, an gleicher Stelle wie die der Ausführung zugrundeliegenden Querschnittsprofile, nach Oberbodenabtrag gemeinsam aufzumessen.

Beim gemeinsamen Aufmaß (Tachymetrie) mittels elektronischem Feldbuch ist mit dem AG der Ablauf des Aufmaßverfahrens abzustimmen.

Die Urgeländeaufnahme als Grundlage für die Erdmassenberechnung erfolgt erst nach erfolgtem Humusabtrag."

Mit dieser vertraglichen Vereinbarung wurde die Ermittlung der Abrechnungsmengen für den Erdbau mit der Querprofilmethode vereinbart. Das Ingenieurbüro hat dazu in der Ausführungsplanung die Querprofile stationsweise vorgegeben. Nachfolgend ist exemplarisch die Station 0+140 der Ausführungsplanung dargestellt:

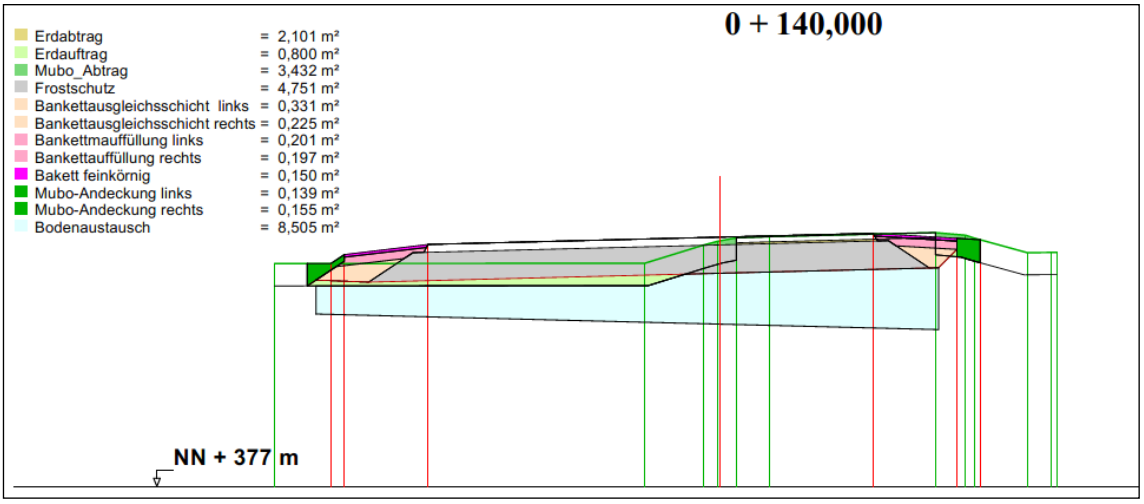


Bild 65: Auszug aus der Ausführungsplanung des Ingenieurbüros – Station 0+140

Die Baufirma erstellte anhand der digitalen Vermessungsdaten die Querprofile und berechnete daraus die Abrechnungsmengen. Das Ingenieurbüro übernahm die Daten und erstellte Kontrollquerprofile:

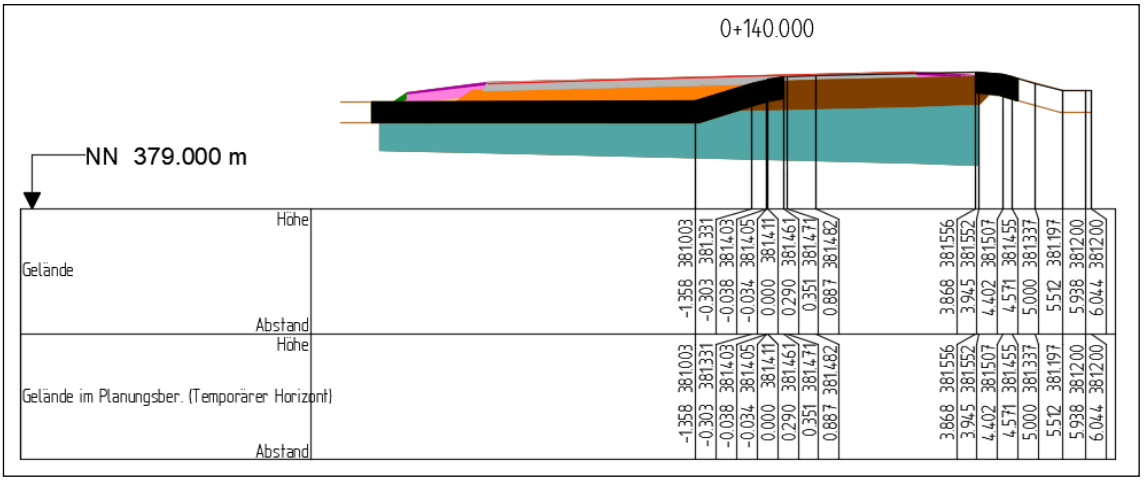


Bild 66: Auszug aus der Querprofilkorrektur des Ingenieurbüros (dwg-Datei Station 0+140)

Das Ingenieurbüro kontrollierte die aus den Querprofilen ermittelten digitalen Abrechnungsmengen durch eine Vergleichsberechnung und erstellte eine Übersicht aller digitalen Abrechnungsmengen des Auftragnehmers, der Kontrollergebnisse des Ingenieurbüros und der festgestellten Differenz:

VESTRA 7K Massenberechnung				Liste aller ermittelten Massen
Achse: 150 Kopie von Import_Straße zum Bauhof_VI				20.02.2020
für den Bereich:		0,000 m	bis	656,106 m
			Firma	Differenz zu Firma
1	Oberbodenabtrag	**2.330,154**	2367,494	-37
2	Erdauftrag	**2.278,851**	2193,918	85
3	Bodenaustausch	**1.190,157**	1160,831	30
4	Erdabtrag	**1.016,819**	991,554	25
5	ADS_ATS	**548,857**	-	-
6	Frostschutz	**2.365,653**	2368,85	-3
7	Bankettauffüllung links	**32,374**	32,385	0
8	Bankettausgleichsschicht rechts	**151,215**	152,196	-1
9	Bankettausgleichsschicht links	**220,723**	220,55	0
10	Bankettauffüllung rechts	**120,856**	122,252	-2
11	Mubo-Andeckung gesamt	**486,434**	486,104	0
12	Bankett	**61,435**	62,003	-1

Bild 67: Auszug aus der Datei „Profilabrechnung Kontrolle“ des Ingenieurbüros

Die elektronische Bauabrechnung mit der Ermittlung der digitalen Abrechnungsmengen war hervorragend nachvollziehbar. Der Auftraggeber – hier sein beauftragtes Ingenieurbüro – behielt immer die Kontrolle über die Vermessungs- und Abrechnungsdaten. Ein vorbildliches Beispiel für eine elektronische Bauabrechnung und eine digitale Dokumentation einer Baumaßnahme.

4.7 Digitale Planung, Ausschreibung und Bauleitung durch den Auftraggeber selbst

Der Auftraggeber plante den bestandsorientierten Neubau einer Straße anstelle der alten, zu schmalen und stark beschädigten Straße. Die neue Straße wurde in einer Breite von 6,00 m mit Fahrbahnverbreiterungen in Kurvenbereichen und neuen Banketten hergestellt.

Die Entwässerung der Straße wurde erneuert und ein Rückhaltebecken mit kontrollierter Einleitung in ein Oberflächengewässer errichtet.

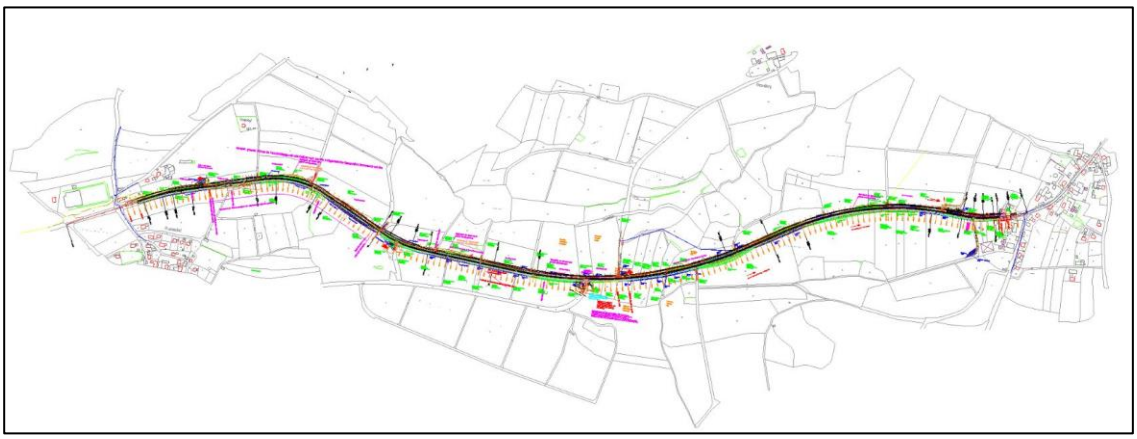


Bild 68: Lageplan des bestandsorientierten Straßenneubaus

Die Baumaßnahme wurde vom Auftraggeber selbst geplant, ausgeschrieben und überwacht. Die Planung der Baumaßnahme begann mit der Aufnahme, Dokumentation und Vermessung des Bestands. Die Entwurfs- und Ausführungsplanung wurden mit dem eigenen CAD-Programm erstellt.

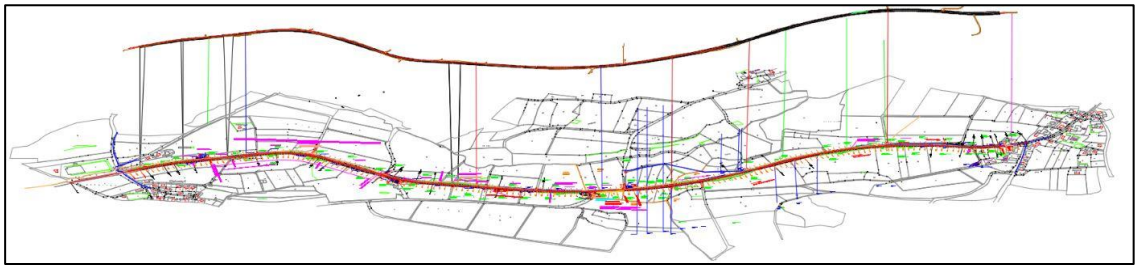


Bild 69: CAD-Planung in der 3-D-Ansicht. Bau-km 0+220 bis 2+020
Unten: Grundstücke, Lageplan und Konstruktionslinie auf der so genannten Nullebene (2D-Bereich)
Oben: Über der Nullebene „schwebt“ die Fahrbahn mit den tatsächlichen Höhen.

Die farbigen aufgehenden Linien sind senkrechte Projektionslinien. In der Draufsicht liegt die Fahrbahn direkt auf der Nullebene, ein Höhenunterschied wäre nicht erkennbar.

Nach Vergabe der Baumaßnahme und vor Beginn der Bauarbeiten wurden dem Auftragnehmer CAD-Daten für ein Lage- und Höhennetz als digitale Geländeaufnahme des Istzustandes für die Absteckungsarbeiten übergeben. Dies diente als Grundlage der Vermessungsarbeiten.

Die Abrechnung der Becken- und Straßenflächen und -volumina wurde vom Auftragnehmer in digitaler Form übergeben.

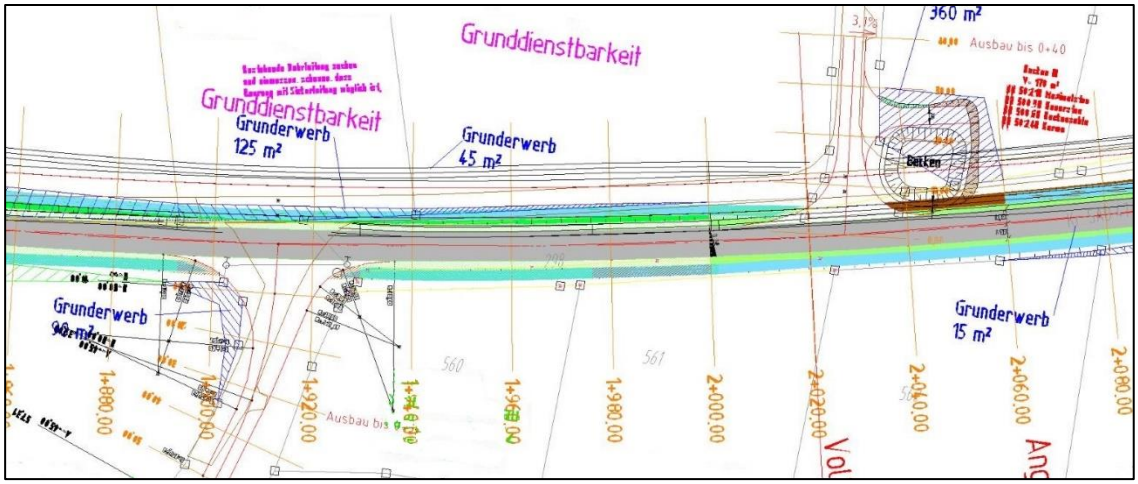


Bild 70: Teil des Lageplans mit Straße, Anschlüssen und Becken

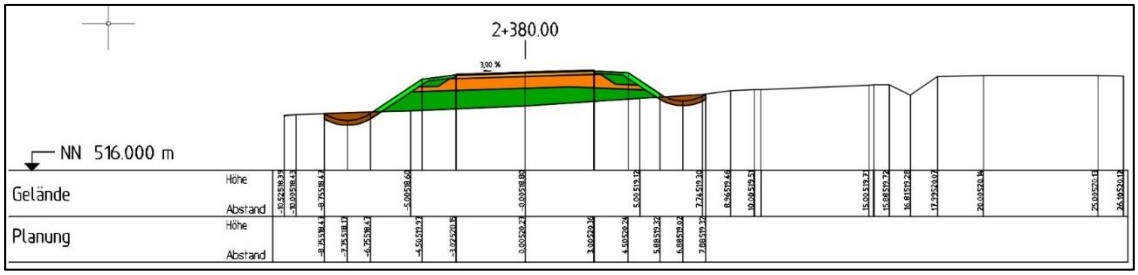


Bild 71: Querprofil der Fahrbahn, Auftrag grün, Abtrag braun, Oberbau orange

Der Auftraggeber hat im Rahmen der Aufmaßprüfung die digitale Abrechnung des Auftragnehmers mit seinem eigenen Programm überprüft. Nachfolgend sind nur die korrigierten Mengen aufgeführt:

Position	LV-Text	Abrechnungsmenge AN	Prüfung AG
Pos. 01.04.030	Erdabtrag	1.372,948 m^3	1.372,154 m^3
Pos. 01.04.070	Abtreppung	101,876 m^3	101,880 m^3^
Pos. 01.04.120	Boden lösen	119,825 m^3	119,850 m^3
Pos. 01.04.030	Erdabtrag unbrauchbar	268,349 m^3	268,353 m^3
Pos. 01.08.010	Frostschutz	1.890,225 m^3	1.890,242 m^3
Pos. 01.08.010	Auffüllung Mulde	56,650 m^3	56,651 m^3
Pos. 01.04.120	Boden lösen	771,095 m^3	771,103 m^3
Pos. 01.03.010	Oberbodenabtrag links	640,873 m^3	640,879 m^3
Pos. 01.03.010	Oberbodenabtrag rechts	213,988 m^3	213,994 m^3
Pos. 01.04.030	Erdabtrag unbrauchbar	633,816 m^3	633,807 m^3
Pos. 01.04.130	Boden lösen 30cm	472,875 m^3	472,884 m^3
Pos. 01.05.010	Abtrag Dammfußmulde	143,065 m^3	143,061 m^3

Bild 72: Übersicht der Positionen, die mit digitalen Geländemodellen elektronisch abgerechnet wurden

Der Auftraggeber hatte ständige Kontrolle über die Vermessungsdaten, das digitale Aufmaß und die elektronische Bauabrechnung der Baumaßnahme. Vorbildlich!

5 Zusammenfassung

Die elektronische Bauabrechnung mit Hilfe von digitalen Geländemodellen ist Stand der Technik. Die Auftraggeber müssen sich mit der elektronischen Bauabrechnung auseinandersetzen und sich Wissen dazu aneignen. Der Auftraggeber und seine beauftragten Ingenieure/ Architekten dürfen digitale Abrechnungen nicht ohne digitale Prüfung zur Zahlung freigeben. Die elektronische Bauabrechnung ist vertraglich zu vereinbaren. Abrechnungen, die nicht den Vertragsbedingungen entsprechen, sind zurückzuweisen.

Der Auftragnehmer hat seine Leistungen unabhängig von der verwendeten Aufmaßmethode prüfbar abzurechnen. Die mittels digitaler Geländemodelle abgerechneten Leistungen lassen sich nur dann sachgerecht kontrollieren, wenn die digitalen Abrechnungsdaten vorliegen. Sie stellen maßgebliche zahlungsbegründende Unterlagen nach § 71 KommHV-Kameralistik oder § 67 KommHV-Doppik dar. Dazu zählen bei der elektronischen Bauabrechnung unter anderem folgende Bau- und Abrechnungsunterlagen:

– schriftliche Vereinbarung zur Bauabrechnung gemäß Ziffer 5 Nr. 2 der Weiteren Besonderen Vertragsbedingungen, beispielsweise unter Verwendung des Formblatts „Ergänzung Vereinbarung zur Bauabrechnung“ (4510.StB aus dem VHB Bayern)

– Datenträger mit den Vermessungsdaten der einzelnen Aufmaße (Rohdaten)

– Datenträger mit den Testdaten vor Beginn der Bauabrechnung

– Datenträger mit den Eingabedaten für die Berechnungen

– Datenträger mit der Prüfberechnung oder der Vergleichsberechnung des mit der Rechnungsprüfung beauftragten Planers

– Datenträger mit den für die Berechnung verwendeten DGM im REB-Format (.reb oder .10D)

– Datenträger mit den Abrechnungsplänen im CAD-Format (z. B. .dxf oder .dwg)

Sollte der Auftraggeber nicht über entsprechendes Wissen über die elektronische Bauabrechnung verfügen oder keine entsprechende Software und Benutzer vorhalten, so ist dies zumindest Grundvoraussetzung für die beauftragten Ingenieur- und Architekturbüros.

Der Auftraggeber sollte sich aber im Klaren sein, dass zukünftig immer mehr die elektronische Bauabrechnung bei Baumaßnahmen zum Standard wird. Eine entsprechende Schulung und Weiterbildung der kommunalen Mitarbeiter im Bauamt ist daher unumgänglich.

Hinweis: Die im Geschäftsbericht dargestellten Bilder und Abbildungen wurden zum Teil von den Landkreisen, Städten und Gemeinden sowie dem Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Bildquelle "© Bayerische Vermessungsverwaltung") und der Firma "frox GmbH - www.frox-it.de" zur Verfügung gestellt. Diese haben der Veröffentlichung zugestimmt. Wir bedanken uns hierfür recht herzlich.

Literaturverzeichnis

[VHB Bayern]
Handbuch für die Vergabe und Durchführung von Bauleistungen durch Behörden des Freistaates Bayern, Ausgabe Oktober 2019, Stand: 30.12.2021

REB-Verfahrensbeschreibungen:
Bezugsquelle ist die Homepage der BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen),
der Herausgeber das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

Sammlung der Regelungen für die elektronische Bauabrechnung (Sammlung REB),
Ausgabe 2012

[REB-VB 21.003]
REB-VB 21.003 Massenberechnung aus Querprofilen (Elling),
Ausgabe 1979

[REB-VB 21.013]
REB-VB 21.013 Massenberechnung zwischen Begrenzungslinien,
Ausgabe 1979

[REB-VB 21.033]
REB-VB 21.033 Oberflächenberechnung aus Querprofilen,
Ausgabe 1979

[REB-VB 22.013]
REB-VB 22.013 Rauminhalte und Oberflächen aus Prismen,
Ausgabe 2012

[REB-VB 23.003]
REB-VB 23.003 Allgemeine Mengenberechnung,
Ausgabe 2012

[REB-VB 23.003]
REB-VB 23.003 Allgemeine Mengenberechnung,
Ausgabe 2012, Formelkatalog Straßenbau

GAEB-Verfahrensbeschreibungen:
Bezugsquelle ist der Gemeinsame[r] Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB),
Geschäftsstelle im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

GAEB Merkblatt zur elektronischen Bauabrechnung
Ausgabe Oktober 2000, überarbeitet Januar 2003

[GAEB-VB 22.114]
GAEB-Verfahrensbeschreibung 22.114 Ermittlung von Rauminhalten und Flächen aus Horizonten

Veröffentlichungen der Bayerischen Vermessungsverwaltung:

Arbeitshilfe Geodaten in der Praxis – Hauptdokument –,
veröffentlicht am 04.09.2009

Informationsbroschüre der BVV, Maßarbeit, Geodaten – die Welt in der wir leben,
veröffentlicht 2019

bayern 3-dimensional
veröffentlicht 2013

Wandkalender 2014, Impressionen aus 200 Jahren
veröffentlicht 2014

Wandkalender 2017, Trend Digitalisierung
veröffentlicht 2017

Wandkalender 2020, draußen
veröffentlicht 2020

Weitere Veröffentlichungen:

Modellierung der OKSTRA-Bauabrechnung Teil 1, Mengenberechnung – Schlussbericht –
Stand 21.06.2005,
Veröffentlichung der AKG-Software / BASt

VESTRA INFRAVISION AKGCAD
Veröffentlichung der AKG-Software zu den REB-Verfahrensbeschreibungen
VESTRA INFRAVISION-Hilfe © 2019 AKG Software