



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

Autoren
Kevin Schwabe, M. Sc.
Dennis Clostermann, M.Sc.

Datum
15.11.2023

Vergleichende Untersuchung von Software zur Erstellung des Fachmodells Baugrund

Erstellung des Testprojekts mit der Software Civil 3D (Version 2022)

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
85521 Ottobrunn, Alte Landstraße 29, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, muenchen@dr-spang.de
14482 Potsdam, Walter-Klausch-Straße 25, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de
A-6330 Kufstein, Salurnerstraße 22, Tel. +43 (5372) 23 20-00, Fax 23 20-20, kufstein@dr-spang.at

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDEDB430
Sparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



DR. SPANG

Seite 2

INHALT	SEITE
1. EINLEITUNG	3
2. DATENGRUNDLAGEN	3
3. AUFSCHLUSSMODELL	4
4. BAUGRUNDSCHICHTENMODELL	6
5. HOMOGENBEREICHE NACH VOB/C	11
6. ATTRIBUIERUNG	12
7. 2D-SCHNITTABLEITUNG	13
8. IFC-EXPORT	14



1. EINLEITUNG

Dieses Dokument ergänzt die Veröffentlichung „Vergleichende Untersuchung von Software zur Erstellung des Fachmodells Baugrund“ in der Bautechnik 2023 (DOI: 10.1002/bate.202300076) um die detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise bei der Modellierung des Fachmodells Baugrund. Das Fachmodell Baugrund wird in diesem Projekt durch die drei Sub-Fachmodelle

- Aufschlussmodell,
- Baugrundsichtenmodell, und
- Grundwassermodell

aggregiert. Es handelt sich zwar um ein vereinfachtes fiktives Testprojekt, grundsätzlich kann die beschriebene Vorgehensweise aber auf weitere geotechnische Projekte übertragen werden. Einschränkungen bestehen bei geotechnischen Besonderheiten, wie etwa Bestandstunneln, Störungszonen, Verwerfungen, etc. Verwendet wird die Software *Civil 3D 2022* von *Autodesk* im Zusammenspiel mit dem Plug-In *geotechnical module* von *keynetix*. Zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung wurde das *geotechnical module* von *Bentley* übernommen und dadurch in späteren Versionen in *Civil 3D* nicht mehr standardmäßig unterstützt. Die von Autodesk angebotene Alternative *Geotechnical Modeler* umfasst zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung nicht denselben Funktionsumfang wie das *geotechnical module* und kann daher hier nicht vorgestellt werden. Grundsätzlich sind alle in dieser Beschreibung gezeigten Schritte mit den Standard-Funktionen von *Civil 3D* umsetzbar. Um diese zum Teil aufwändigen händischen Schritte zu automatisieren, werden selbstentwickelte *Dynamo*-Skripte verwendet. Darunter fallen z.B. die Vergabe von Farben der Bohrsäulen, das Anlegen von Property-Sets oder das Befüllen der Attribute mit Werten aus einer Tabelle.

2. DATENGRUNDLAGEN

Um die Modellierung des Fachmodells Baugrund mit *Civil 3D* durchführen zu können, sind einige Grundlagen notwendig. Dazu gehören:

- | | |
|--|-----------------|
| ▪ Einheitliche Festlegung eines Koordinatensystems | siehe Kapitel 2 |
| ▪ Bohrdaten in Tabellenform (speziell formatierte CSV-Datei) | siehe Kapitel 3 |
| ▪ Digitales Geländemodell (DGM) | siehe Kapitel 4 |
| ▪ Ggf. Geometrie von Bestandsbauwerken | siehe Kapitel 4 |
| ▪ Zu vergebende Attribute in Tabellenform | siehe Kapitel 6 |

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Datengrundlagen und ihre Verwendung ist in den entsprechend angegebenen Kapiteln zu finden.



3. AUFSCHLUSSMODELL

Die Grundlage zur Festlegung der Verläufe der Baugrundsichten bilden die Bohrungsdaten. Jeder Aufschluss wird i.d.R. als Zylinder dargestellt und die einzelnen erkundeten Schichten entsprechend als Teil-Zylinder. Um dies vom geotechnical module automatisiert modellieren bzw. erstellen zu lassen, sind speziell formatierte Tabellen notwendig. Diese im CSV-Format (comma separated values) vorliegenden Tabellen sind:

- Location Details → Koordinaten der Bohrungen
- Field Geological Descriptions → Schichteinteilung der Bohrungen
- Orientation and Inclination → Neigungswinkel der Bohrungen

Ein Beispiel für die ersten beiden CSV-Tabellen sind in Abbildung 1 dargestellt.

	A	B	C	D	E	F						
1	Location ID	Location Typ	Easting	Northing	Ground Leve	Final Depth						
2	BKF 1	BK	0,4	29,4	23,04	30						
3	BKF/GW 2	BK	8,9	58,6	22,94	30						
4	BKF 3	BK	54,1	58,4	25,7	30						
5	BKF 4	BK	99,2	59,3	28,16	30						
5	BKF 5	BK	89,7	30,8	23,4	30						
7	BKF 6	BK	99	0,7	23,14	30						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Location ID	Depth Top	Depth Base	Legend Code	Geology Cod	Geology Cod	BGS Lexicon	Description				
2	BKF 1	0	0,5	Auffuellung (Sand, Kies),	ska, grau							
3	BKF 1	0,5	1	Auffuellung (Feinsand, Mittelsand, kiesig, schwach schluffig, schwach mittelsandig bis schwach grobsandig), abgerund								
4	BKF 1	1	1,4	Auffuellung (Feinsand, Mittelsand, kiesig, schwach schluffig, schwach mittelsandig bis schwach grobsandig), scharfkar								
5	BKF 1	1,4	2,5	Auffuellung (Feinsand, Mittelsand, stark kiesig),	ska, graubraun							
6	BKF 1	2,5	5	Mittelsand, Grobsand, feinkiesig bis schwach mittelkiesig, abg, ocker								
7	BKF 1	5	6,8	Kies, schwach steinig, schwach grobsandig, schwach schluffig, abg, bunt								
8	BKF 1	6,8	7	Kies, stark sandig, schwach schluffig, abgerundet, hellbraun								
9	BKF 1	7	7,2	Mittelkies, Grobkies, grobsandig bis schwach mittelsandig bis schwach feinsandig, abgerundet, bunt								
10	BKF 1	7,2	7,4	Grobsand, kiesig, schwach mittelsandig, ueberw. abg, ocker								
11	BKF 1	7,4	7,6	Mittelkies, feinkiesig, grobsandig bis schwach mittelsandig, ueberw. abg, bei 7.50m 1X, ska, ocker								
12	BKF 1	7,6	10,2	Kies, schwach sandig, ska, abgerundet, bunt								
13	BKF 1	10,2	13	Feinkies, stark grobsandig bis schwach mittelsandig, schwach mittelkiesig, abgerundet, bunt								
14	BKF 1	13	14,4	Ton, schwach schluffig, schwach sandig, ausgepraegt plastisch, steif bis halbfest, braun, kalkhaltig								
15	BKF 1	14,4	16,3	Ton, feinsandig bis mittelsandig, ausgepraegt plastisch, steif bis halbfest, braun, rotbraun, kalkhaltig								
16	BKF 1	16,3	19,8	Ton, feinsandig bis schwach mittelsandig, ausgepraegt plastisch, steif bis halbfest, braun, rotbraun, kalkhaltig								
17	BKF 1	19,8	22,3	Ton, schwach schluffig, schwach sandig, ausgepraegt plastisch, steif bis halbfest, braun, kalkhaltig								
18	BKF 1	22,3	25,8	Sandstein, F3, hellbraun, kalkhaltig								
19	BKF 1	25,8	30	Sandstein, Schluffstein, F0-2, hellbraun, rotbraun, kalkhaltig								
20	BKF/GW 2	0	0,1	Auffuellung (Steine), (2 Pflastersteine), scharfkantig, grau								
21	BKF/GW 2	0,1	1,85	Auffuellung (Steine, Kies), (Schotter), in Matrix (gS, ms, fs', u'), scharfkantig, ocker, kalkhaltig								

Abbildung 1: Bohrdaten im CSV-Format (oben: Location Details / unten: Field Geological Descriptions)



Nach dem initialen Import der Bohrdaten erstellt das geotechnical module die einzelnen Teil-Zylinder und vergibt eine zufällige Farbe für gleiche Schichten. Da die Ansprachen in den Bohrdaten sehr detailliert sind, gibt es fast keine exakte Übereinstimmung zwischen den einzelnen Schichten. Daher entsteht im ersten Schritt erstmal ein buntes Durcheinander an Teil-Zylindern. Im Anschluss müssen die Zylinder entsprechend der Hauptbodenart eingefärbt werden. Dies kann entweder händisch erfolgen, oder, wie in diesem Projekt gewählt, mittels eines selbstentwickelten Skripts, welches mithilfe des Plug-Ins *Dynamo for Civil 3D* erstellt wurde. Die beiden Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

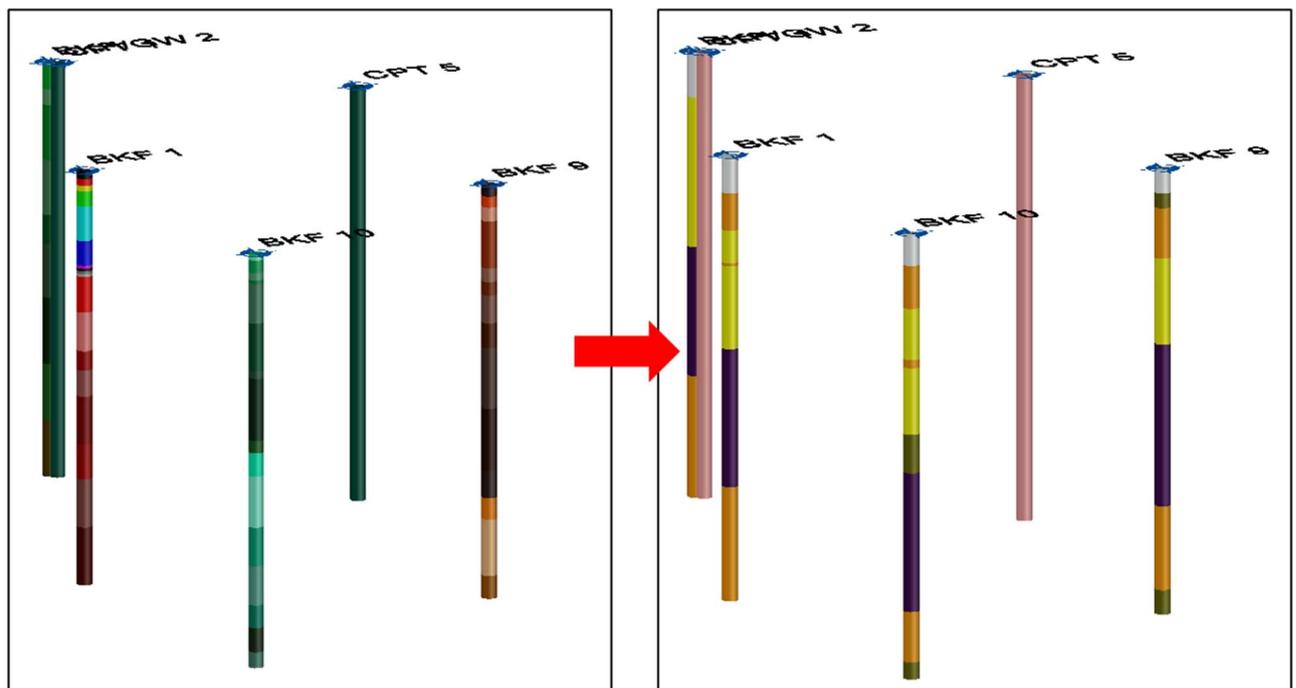


Abbildung 2: Bohrsäulen mit Teil-Zylindern (links: nach initialem Import / rechts: nach automatisierter Farbzweisung)

Neben den Zylindern der Bohrungen wird für jeden Ansatzpunkt ein Koordinatenkreuz als Objekt gesetzt und eine Beschriftung eingefügt. Beim IFC-Export geht diese Beschriftung verloren. Erst mit händischem Aufwand kann aus der Beschriftung ein 3D-extrudierter Text als 3D-Objekt modelliert werden, welcher dann im IFC-Export berücksichtigt werden kann. Dieses Vorgehen wurde aber in diesem Projekt nicht verfolgt, deshalb ist die Beschriftung in den Beispiel-IFC-Dateien nicht vorhanden.



4. BAUGRUNDSCHICHTENMODELL

Das digitale Geländemodell (DGM), teilweise auch Urgelände genannt, besteht aus einer Dreiecksvermaschung vom Gelände des untersuchten Baugebiets. Dieses kann aus unterschiedlichen Quellen stammen, z.B. eine aus einer Drohnen-Überfliegung generierte Punktwolke oder ein öffentliches Geländemodell des zuständigen Landesvermessungsamts. Das in diesem Projekt verwendete DGM ist in Abbildung 3 als Dreiecksnetz dargestellt.

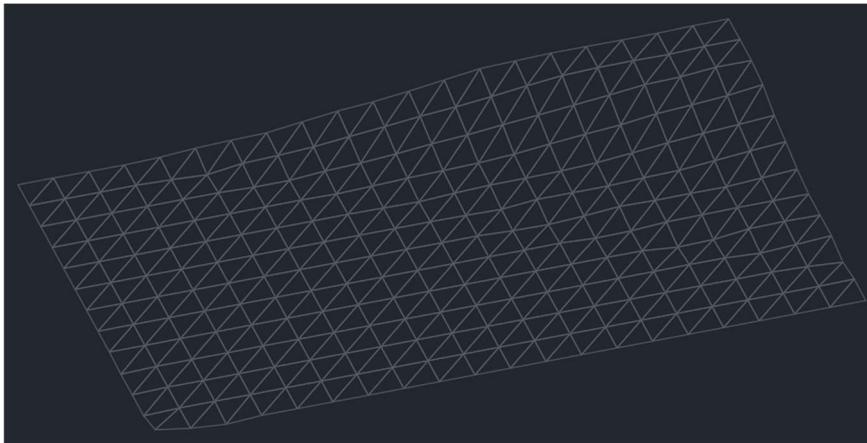


Abbildung 3: Digitales Geländemodell (DGM)

Beim DGM wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass es die oberste Begrenzung der Baugrundsichten abbildet. Das heißt, dass sich unterhalb dieser Fläche ausschließlich Boden, bzw. Fels befindet. Dies hat zur Konsequenz, dass etwaiger Bewuchs oder Bestandsbebauung aus diesem herausgerechnet wurde. Wenn es im untersuchten Gebiet Bestandsbebauung gibt, kann es unter Umständen sein, dass diese nicht nur oberhalb des DGMs herausragen, sondern auch in diesen hineinragen können (z.B. mehrstöckige Tiefgarage). In diesem Fall muss auch hier das DGM bis zur Unterkante des Bestands ausgeschnitten sein, damit es die Oberkante des Baugrunds bilden kann.



Wie in Kapitel 3 erläutert, bilden die Bohrungsdaten die Grundlage zur Festlegung der Verläufe der Baugrundsichten. Dazu müssen die Bohrungsdaten in den einzelnen Aufschlüssen zu den gewünschten Baugrundsichten zusammengefasst werden. Der Import dieser zusammengefassten *Hilfsaufschlüsse* erfolgt erneut mithilfe der CSV-Tabellen. Ein Beispiel ist in Abbildung 4 gegeben.

	A	B	C	D	E	F
	Location ID	Depth Top	Depth Base	Legend Code	Geology Cod	Geology Cod BG
	BKF 1	0	2,5		Auffuellung	
	BKF 1	2,5	13		Sand/Kies	
	BKF 1	13	22,3		Lösslehm	
	BKF 1	22,3	30		Sand- und Schluffstein	
	BKF/GW 2	0	3		Auffuellung	
	BKF/GW 2	3	13,1		Sand/Kies	
	BKF/GW 2	13,1	21,8		Lösslehm	
	BKF/GW 2	21,8	30		Sand- und Schluffstein	
0	BKF 3	0	2,2		Auffuellung	
1	BKF 3	2,2	13		Sand/Kies	
2	BKF 3	13	22,1		Lösslehm	
3	BKF 3	22,1	30		Sand- und Schluffstein	

Abbildung 4: Zusammengefasste Baugrundsichten als CSV-Datei: Field Geological Descriptions

Die importierten zusammengefassten Baugrundsichten sind im Vergleich mit den vorher detaillierten Aufschlüssen in Abbildung 5 dargestellt. Neben den Kernbohrungen sind auch hier die Ergebnisse der Drucksondierungen als Baugrundsichtung interpretiert. Die Farben der Schichten können frei festgelegt werden, entweder über das geotechnical module oder über die Layer-Definition.

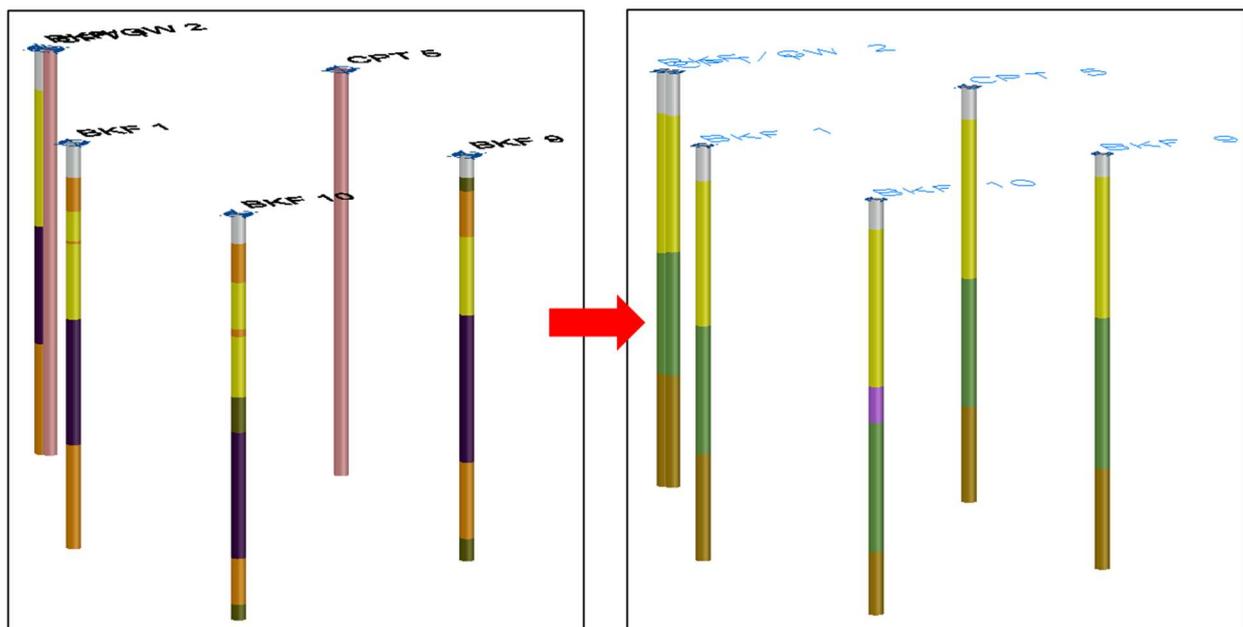


Abbildung 5: Baugrundsichtung in Bohrsäulen (links: detaillierte Ansprache / rechts: zusammengefasste Baugrundsichten)



Nachdem die Bohrungen importiert sind, berechnet das geotechnical module anhand dieser Daten initial Schichtgrenzflächen. Diese werden innerhalb von Civil 3D als DGM-Objekt definiert. Dabei werden pro Schicht jeweils zwei DGM-Objekte erzeugt: die obere Grenzfläche und die untere Grenzfläche der Schicht. Das Dreiecksnetz wird dabei jeweils aus den obersten bzw. untersten Punkten der entsprechenden Schicht innerhalb eines Aufschlusses trianguliert. Ein Beispiel für dieses Verhalten ist in Abbildung 6 zu sehen.

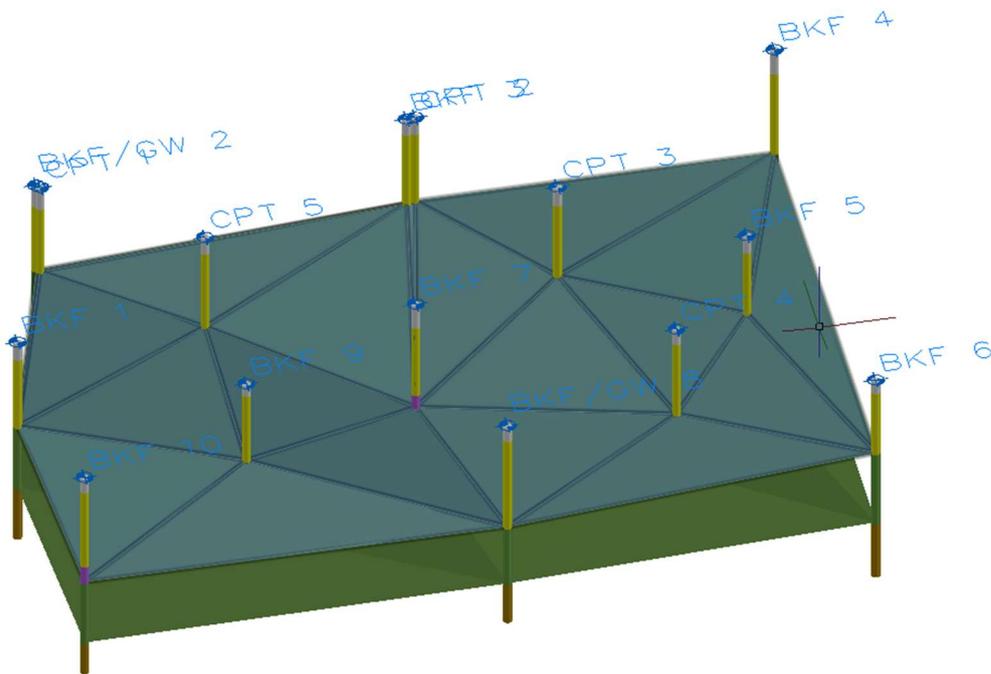


Abbildung 6: Initiale Triangulation der Grenzflächen einer Baugrundsicht

Um das Dreiecksnetz bilden zu können, sind entsprechend mindestens drei Punkte notwendig, das heißt es muss eine Schicht in mindestens drei Aufschlüssen vorkommen. Im Beispielprojekt ist dies für die Schlufflinsen nicht der Fall. In diesem Fall wird zwar ein DGM-Objekt angelegt, jedoch kann dieses nicht als Dreieck dargestellt werden. In einem solchen Fall ist es notwendig, dem DGM-Objekt weitere Punkte oder Kanten hinzuzufügen. Generell gilt das Hinzufügen oder Entfernen von Punkten und Kanten als notwendige Maßnahme für jede Bearbeitung von Schichtverläufen. Dies hat einen größeren händischen Aufwand zur Folge, ermöglicht dadurch jedoch eine große Freiheit in der Modellierung der Schichtgrenzen. Die initiale Triangulation beachtet dabei keine eventuellen Unterbrechungen von Schichten. Das heißt, dass die Triangulation alle Aufschlüsse im Dreiecknetz berücksichtigt, in denen die Schicht vorhanden ist. In diesem Fall ist es entsprechend notwendig, überflüssige Kanten aus dem noch durchgehenden DGM zu entfernen. Die äußersten Kanten der



Grenzflächen werden zu diesem Zeitpunkt noch aus den äußersten Aufschlüssen gebildet. Diese konvexe Hülle kann gegebenenfalls nach außen erweitert werden. Diese Erweiterung des Modell-Umrings entspricht einer Extrapolation der Bohrungsdaten. Obwohl die Extrapolation von Bohrungsdaten in der Fachwelt umstritten ist, hat es neben einem optisch ansprechenderem Modellrand den Vorteil, dass Modelle der nachfolgenden Planungsphasen nicht aus dem Baugrundmodell herausragen. An dieser Stelle ist bereits bei der Festlegung der Lage der Aufschlüsse während der Erkundungsplanung darauf zu achten, dass der Modell-Umring möglichst ausreichend ist, um die Extrapolation nach Möglichkeit zu vermeiden, oder zumindest zu minimieren. Die im Beispielprojekt verwendeten zusätzlich eingefügten Kanten für die Linsen und den Modell-Umring sind in Abbildung 7 dargestellt.

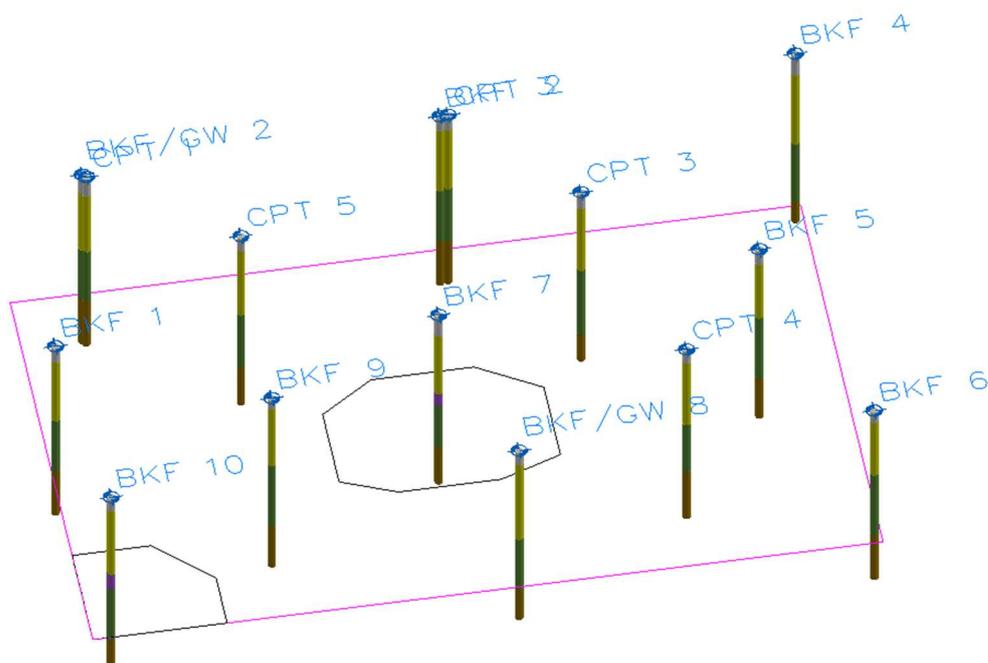


Abbildung 7: Zusätzliche Kanten für die Anpassung der Verläufe der Schichtgrenzen



Der anschließende Schritt ist das Erzeugen der Volumenkörper der Baugrundsichten aus den bearbeiteten Grenzflächen-DGMs. Diese Funktionalität ist standardmäßig in Civil 3D enthalten. Anschließend kann es notwendig sein, definierte Volumenkörper der Baugrundsichten, wie z.B. Linsen mit anderen Volumenkörpern zu verschneiden. Auch dabei hat Civil 3D Standardfunktionalitäten: die *booleschen Operatoren*. Boolesche Operatoren umfassen dabei die *Schnittmenge*, *Vereinigung* und *Differenz*. Diese können dafür verwendet werden, um die Volumenkörper entsprechend voneinander abzuschneiden oder gemeinsame Volumenkörper zu extrahieren. Achtung ist geboten, wenn die Größe und Komplexität der Volumenkörper, bzw. der zugrundeliegenden Dreiecksnetze, zu hoch werden. In solchen Fällen kann Civil 3D die Berechnung nicht durchführen und bricht diese mit leider wenig aussagekräftigen Fehlermeldungen ab. Dann ist die Kreativität des Modellierers gefragt, um die Operatoren nach dem Motto „teile und herrsche“ auf segmentierte Teilvolumenkörper anzuwenden. Die resultierenden Baugrundsichten sind in Abbildung 8 dargestellt.

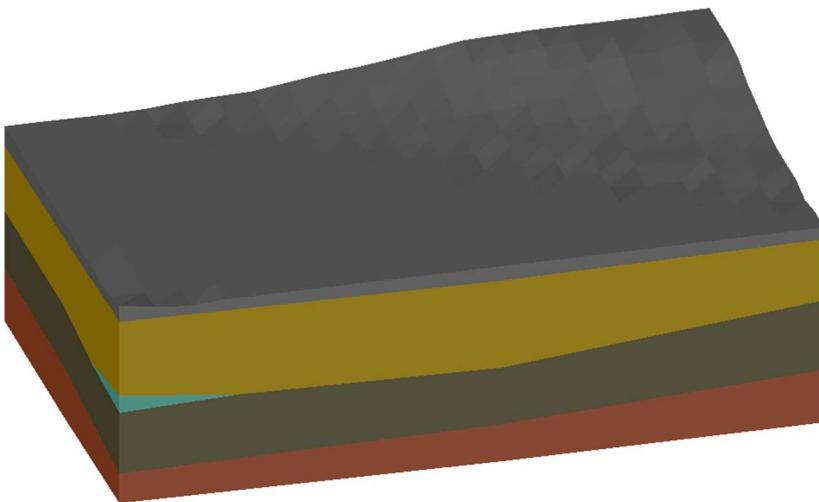


Abbildung 8: Resultierendes Volumenmodell der Baugrundsichten

Eine weitere Möglichkeit (die hier nicht gezeigt wird) ein Baugrundsichtenmodell zu modellieren, ist die Verwendung von *fiktiven Bohrungen*. Dabei werden die tatsächlichen Bohrungen um nicht reelle Bohrungen erweitert, die dann den entsprechenden Schichtenverlauf durch Anpassung der Schichttiefen in diesen Bohrungen bestimmt. Infolgedessen wird innerhalb von Civil 3D auf die automatische Triangulation vertraut. Dieses Vorgehen ist vor allem bei horizontal geschichteten durchgehenden Schichten vorteilhaft, da keine großen Modellierungskenntnisse notwendig sind. Das Verfahren stößt jedoch schnell an seine Grenzen, sobald nicht durchgehende Schichten, Störungen, Faltungen oder andere geotechnische Besonderheiten ins Spiel kommen. In diesen Fällen ist eine händische Bearbeitung der Schichtenverläufe in Civil 3D unumgänglich.



5. HOMOGENBEREICHE NACH VOB/C

Homogenbereiche nach VOB/C klassifizieren und beschreiben den Baugrund dahingehend, dass ausführende Baufirmen den Boden oder Fels, den sie in ihrem Gewerk (z.B. Erdarbeiten) antreffen, zum einen fachlich, aber auch bei der Ausschreibung monetär bewerten können. Dazu werden die Baugrundsichten, die aus bautechnischer Sicht vergleichbare Eigenschaften besitzen, zu einem Homogenbereich zusammengefasst. Je nach Gewerk werden dann für diese Homogenbereiche Eigenschaften mit eventuellen Spannweiten angegeben. Dies bedeutet, dass diese Zusammenfassung, Klassifizierung und Vergabe von Eigenschaften rein über die Attribuierung der Baugrundsichten erfolgen können. Dazu erhält jeder Volumenkörper ein oder mehrere Eigenschaftssätze, die dementsprechend die Einteilung in den gewerkspezifischen Homogenbereich (z.B. Bezeichnung und Nummer der Bauleistung: „Erd 02“) und die dazugehörigen Eigenschaften definiert. Das bedeutet, dass es sich nicht um ein eigenes Sub-Fachmodell *Homogenbereiche* handelt, sondern im Sub-Fachmodell der Baugrundsichten inkludiert ist. Dieses Verfahren ist im Beispielprojekt angewendet worden und ist in Abbildung 9 dargestellt.

Other						
Summary	Location	Clashes	Bohrarbeite...	Erdarbeiten...	Ramm-_Ruet...	>
Eigenschaft			Wert			▲
Bezeichnung Bauleistung			Erd			
Bodengruppe Erd-Grundbau			GW, GI, SW, SI, GU, GU*, SU, SU*			
Bodengruppe Erd-Grundbau_Vorschrift			DIN 18196_2011-05			
Einaxiale Druckfestigkeit_Vorschrift						
Einaxiale Druckfestigkeit_max			0			
Einaxiale Druckfestigkeit_min			0			
Massenanteil Co_Bo_Lbo_Vorschrift			DIN EN ISO 17892-4_2017-04			
Massenanteil Co_Bo_Lbo_max			10			
Massenanteil Co_Bo_Lbo_min			0			
Nummer Bauleistung			02			
rho_Fels_Vorschrift						
rho_Fels_max			0			
rho_Fels_min			0			

Abbildung 9: Eigenschaftssatz des Homogenbereichs "Erdarbeiten" einer Baugrundsicht

Eine zum Zeitpunkt der Veröffentlichung bestehende Einschränkung beim Themenkomplex Homogenbereiche nach VOB/C ist die nicht mögliche Abbildung sämtlicher relevanter Informationen, die einen Homogenbereich beschreiben. Dazu gehören zum Beispiel die Darstellung von Kornverteilungen. In der Regel werden diese als Abbildung des Sieblinien-Diagramms visualisiert. Aktuell kann in Civil 3D und ebenso im resultierenden IFC-Modell keine Bild-Datei angehängt werden. Ein solcher *Hyperlink* kann erst anschließend in einer geeigneten *Koordinations-Software* hergestellt werden. Die Alternative, die Grundlagendaten der Kornverteilung in tabellarischer Form oder kommasetrennt



als Attribut festzulegen ist zwar technisch möglich, aber nicht praktikabel. Um diese Daten praktikabel zu transportieren muss es in Zukunft ermöglicht werden, solche Messreihen eines Diagramms in einem geeigneten Datenmodell abzubilden. Weitere Beispiele für Informationen, die weiterhin ausschließlich im Text des Gutachtens transportiert werden können, sind etwaige Einschränkungen oder Annahmen bezüglich des Baugerätes, auf die sich die angegebenen Werte beziehen.

6. ATTRIBUIERUNG

Grundsätzlich ist in Civil 3D die Definition von beliebigen Eigenschaftssätzen möglich. Dabei können Eigenschaften mit folgenden Datentypen angegeben werden: *Ganzzahl*, *Reelle Zahl*, *Text* und *Boolean* (Wahr/Falsch). Im Anschluss können diese Eigenschaftssätze beliebigen Objekten, das heißt auch den Volumenkörpern der einzelnen Sub-Fachmodelle, zugewiesen und mit Werten befüllt werden. Dies kann standardmäßig händisch erfolgen, sprich durch Anklicken jedes Volumenkörpers und dem Eintippen der gewünschten Werte in die entsprechenden Attribute. Um dieses Vorgehen zu vereinfachen und zu beschleunigen kann mithilfe des Plug-Ins Dynamo for Civil 3D ein Skript erstellt werden, welches diese Arbeit automatisiert. Dazu werden im Vorfeld die Attribute in Tabellenform bereitgestellt (z.B. CSV-Datei) und mithilfe des Skriptes in die entsprechenden Attribute der Volumenkörper eingetragen. Im Falle der Baugrundsichten oder etwaiger Grundwasser-Oberflächen kann die Zuordnung der Attribute aus der Tabelle über den Layer-Namen des Volumenkörpers erfolgen. Im Falle der Aufschlüsse und deren Teilzylinder kann die Zuordnung der Attribute über die im geotechnical module standardmäßig vergebenen Attribute erfolgen. Zu den nach dem Import der Bohrdaten mit dem geotechnical module automatisch vergebenen Attributen gehören Kopfdaten der Bohrung, sowie die Ansprache des Aufschlussintervalls (siehe Abbildung 10).

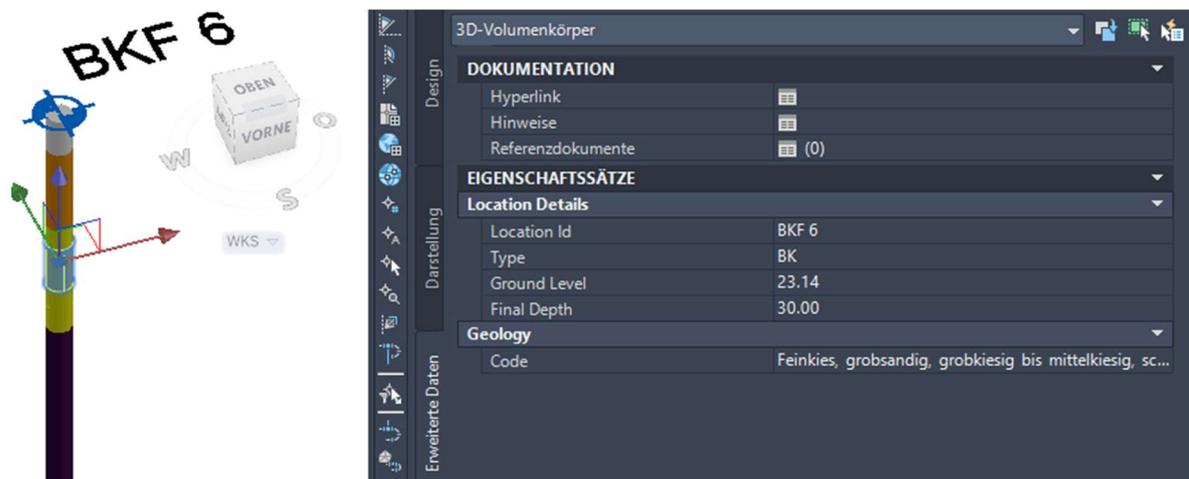


Abbildung 10: Automatisch vergebene Attribute durch das geotechnical module

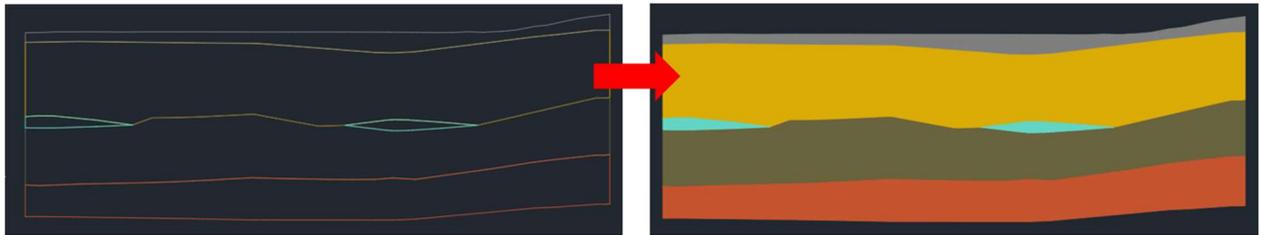


Abbildung 12: Ableitung des 2D-Schnittes im Höhenplan (links: automatische Schnitt-Polylinie / rechts: händisch eingefügte Schraffur in Farbe der Baugrundschiicht)

Das händische Nacharbeiten ist dabei relativ zeitaufwändig. Besonders, wenn Anpassungen am Modell vorgenommen wurden, resultieren diese nicht automatisch in einer Anpassung des Schnittes. Dies gilt in gleichem Maße für die Definition der Volumenkörper der Baugrundsichten. Diese verändern sich ebenso wenig dynamisch mit Anpassung der Schichtgrenzen, z.B. nach Import einer weiteren Bohrung. Das Einhängen, bzw. die Darstellung der Bohrungen im Höhenplan ist ebenfalls mit händischem Aufwand möglich. Ein automatisches Anzeigen der Bohrungen durch Projektion im Höhenplan ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung zwar in Civil 3D möglich, die Darstellung ist jedoch sehr minimalistisch und nicht anpassbar. Aus diesem Grund ist es im Beispielprojekt nicht erfolgt. Beim händischen Einfügen der Bohrungen, z.B. als X-REF, sind keine Grenzen gesetzt, da sich in Civil 3D beliebige Zeichnungs-Elemente einfügen lassen.

8. IFC-EXPORT

Der Datenaustausch im BIM-Workflow erfolgt mithilfe offener Datenaustauschformate. Das zum Zeitpunkt der Veröffentlichung etablierte Schema ist *IFC 4*. In diesem sind zwar keine Entitäten für baugrundspezifische Objekte definiert, dennoch lassen sich beliebige Volumenkörper aus Civil 3D beim Export in IFC 4 mithilfe der Entität *IfcBuildingElementProxy* abbilden. Diese generischen Entitäten lassen eine beliebige explizite Geometrie, sowie beliebige Eigenschaftssätze zu. Das heißt, dass das Fachmodell Baugrund in IFC 4 als generische geometrische Körper mit verknüpften Attributen exportiert werden kann. Das proprietäre Datei-Format von Civil 3D ist *DWG*.