



Implenia

**AKTUELLE
ARBEITEN IN DER
DAUB-AG
BAUGRUND-
MODELLIERUNG,
ERSTE BEISPIELE
AUS DER PRAXIS**

Wolfgang Fentzloff
BIM Cluster BW
15. Juni 2021

EINSTIMMUNG

- Modellieren Sie mal dieses Kunstwerk ...



- ... oder dieses



EINSTIMMUNG



AGENDA

1 Einordnung des Baugrundmodells

2 Aufbau des Baugrundmodells

3 Diskussionen rund um das Baugrundmodell

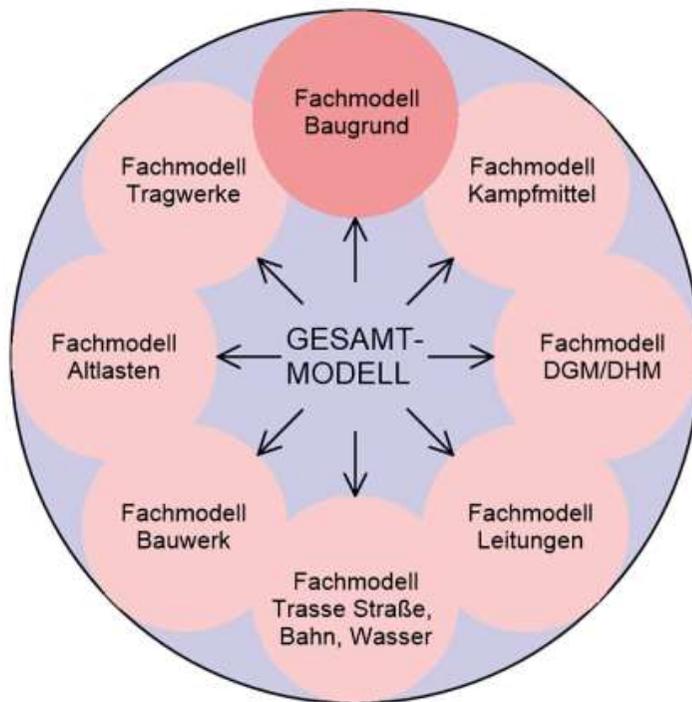
4 Beispiele aus der Anwendung



EINORDNUNG DES BAUGRUNDMODELL

EINORDNUNG DES BAUGRUNDMODELLS

DAS BAUGRUNDMODELL IN DER „MODELLLANDSCHAFT“



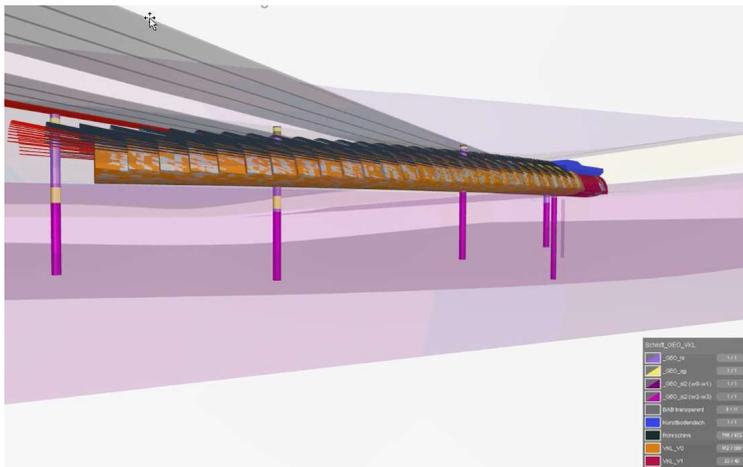
- Das Baugrundmodell ist ein Fachmodell des Gesamtmodells für ein Projekt
- Das Baugrundmodell wird üblicherweise im Kontext mit dem zu realisierenden Bauwerk erstellt
- Informationsaustausch zwischen den einzelnen Teilfachmodell im Projektzyklus
- Fokus liegt auf dem digitalen Datenaustausch
- Fachmodell Kampfmittel und Altlasten können ggf. Bestandteil des Baugrundmodells sein
- Eigene Modellierungssoftware in der Mining Industry bereits seit längerem in Anwendung (mit Einbindung von 4D und 5D)
- Initiativen in Deutschland z.B. von DGGT, building smart international und DE, DAUB

Quelle der Grafik:
Molzahn, M.; Bauer, J.; Henke, S.; Tilger, K. (2021) Das Fachmodell; Baugrund – Empfehlungen des Arbeitskreises 2.14 der DGGT „Digitalisierung in der Geotechnik“. geotechnik 44, H. 1, S. 41–51. <https://doi.org/10.1002/gete.202000040>

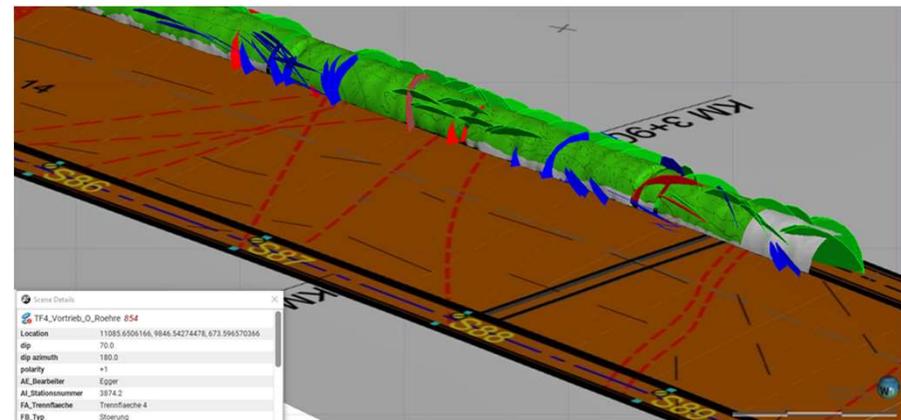
EINORDNUNG DES BAUGRUNDMODELLS

BAUSCHICHTENMODELL VS. BAUGRUNDINFORMATIONSMODELL

- Bauschichtenmodell



- Baugrundinformationsmodell



Quelle:
Karawankentunnel (ASFINAG u. ic Consulanten (Wien/Salzburg))

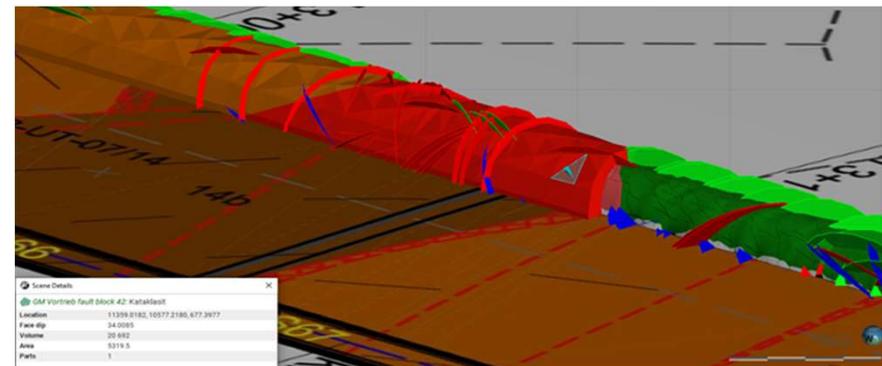


**AUFBAU DES
BAUGRUNDMODELL**

AUFBAU DES BAUGRUNDMODELL

OBJEKTE UND MERKMALE

- Definition von Objekten und Merkmalen analog Bauwerksmodell
 - Objekte / Teilobjekte
 - Bohrloch
 - Geotechnische Einheit (Volumenkörper)
 - Trennfläche (Flächen)
 - ...
 - Merkmale
 - Allgemeine Daten (Bohrfirma, Datum, Bohrlochdurchmesser, ...)
 - Kennwerte (Verwitterung, Porenvolumen, ...)

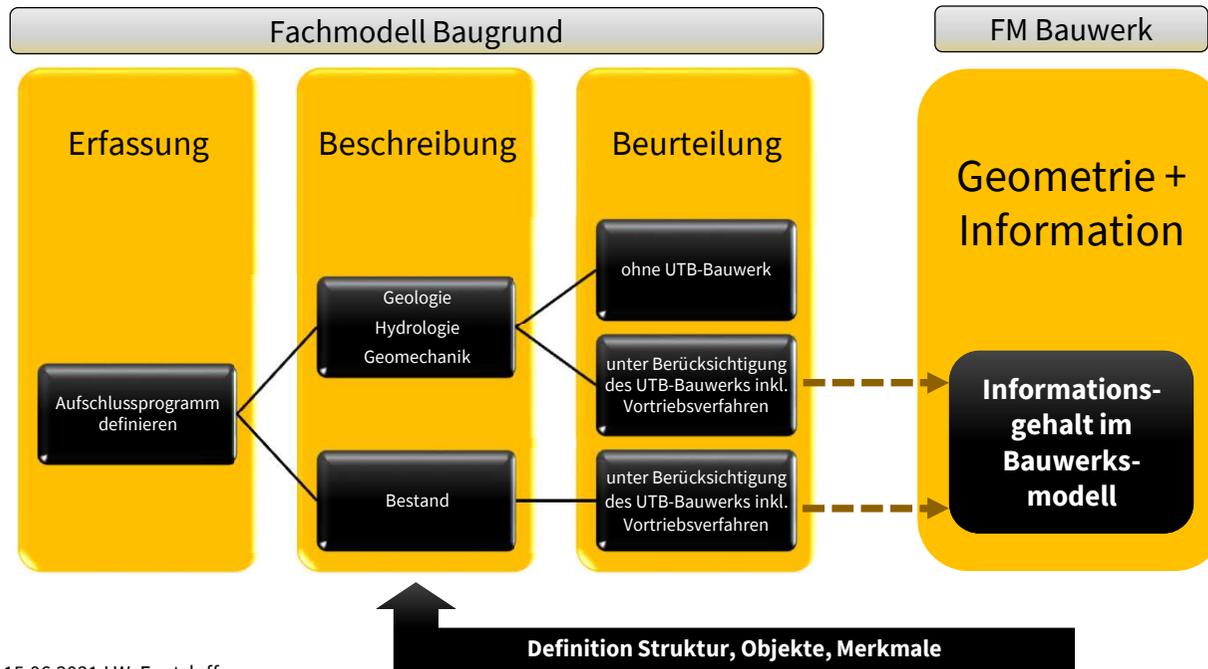


Quelle:
Karawankentunnel (ASFINAG u. iC Consulents (Wien/Salzburg))

AUFBAU DES BAUGRUNDMODELL

ANSATZ DER ARBEITSGRUPPE

- Fachmodell Baugrund muss mit anderen Fachmodellen und Gesamtmodell kompatibel sein
→ Taxonomie der Objekte und Merkmale gleichstellen



AUFBAU DES BAUGRUNDMODELL

MERKMALLISTE

- Ausarbeitung einer Merkmalliste der AG „Baugrundmodellierung“ beim DAUB als zukünftige Empfehlung

Konsolidierte Merkmalliste, Arbeitsstand	interne Anmerkung (z.B. ->Doppelte)	Datentyp	Einheit	Beispiel	Quelle/Referenzdokument	Anmerkungen	Kartierung Trennfläche Bohrung Schurf Baugrundsicht erkundet -> über Merkmale											
							Musteraufschluss	Trennflächenschar	Bohrung	Schurf	Intervallaufschluss	Bohrlochausbau						
Bohrlochdurchmesser		double	[m]															
Bohrfirma		string	[-]															
Bohrgeraet		string	[-]															
Bohrungstyp		string	[-]															
Bohrverfahren		string	[-]															
Bohrwerkzeug		string	[-]															
KoordinatensystemEPSG		integer	[-]															
Einfallswinkel		double	[°]															
Hoehefindung	? stimmt das ->	string	[-]	via DGM, geodätisch vermessen. etc.		Methode zur Ermittlung der	x	x	x	x								
XKoordinate	Einheit abhängig von KBS? ->	double	[m]				x	x	x	x								
YKoordinate	Einheit abhängig von KBS? ->	double	[m]				x	x	x	x								
ZKoordinate	Einheit abhängig von KBS? ->	double	[m]				x	x	x	x								
Hoehengenauigkeit	Einheit abhängig von KBS? ->	double	[m]			Genauigkeit der Z-Koordinat	x	x	x	x								
Hoehensystem		string	[-]			Meter über Adria o.ä.	x	x	x	x								
Koordinatenfindung		string	[-]			Methode zur Ermittlung von	x	x	x	x								
Lagegenauigkeit	Einheit abhängig von KBS? ->	double	[m]			Genauigkeit der X, Y-Koordin	x	x	x	x								
Loesemethode		string	[-]		Bezug zu Bohrdaten?	Sowohl für Aufschlussmethode als auch Abtragsmethode					x	x						
Spuelung	Soll das die Art der Spülung sein	string	[-]															
VerwitterungsgradGestein		string	[-]		EN ISO 14689 (2019)		x											x
VerwitterungsgradGebirge		integer	[-]		EN ISO 14689 (2019)		x											x
VerwitterungsgradTF		string	[-]															
DichteGesattigt		double	[kg/m³]															
DichteTrocken		double	[kg/m³]															
DichteFeucht		double	[kg/m³]															
DichteKorn		double	[kg/m³]															
Lagerungsdichte		string	[-]		EN ISO 14688-1 (2019)	bezogen I ₀ bzw. Beschreibung des Merkmals												x
Porenanteil		double	[-]															

AUFBAU DES BAUGRUNDMODELL

MERKMALLISTE

- 227 Merkmale in einem ersten Schritt aufgestellt (gem. ÖGG-Richtlinie, SIA 199, DAUB-Empfehlung TBM)
- Zuordnung der Merkmale zu Objekten
- Zuordnung von Merkmalen zu Anwendungsfälle und Projektphasen
- Identifizierte Objekte in die bestehende Objektstruktur der Modellanforderungen Teil 1 einpassen
- Definition LOD / LOI / LOG

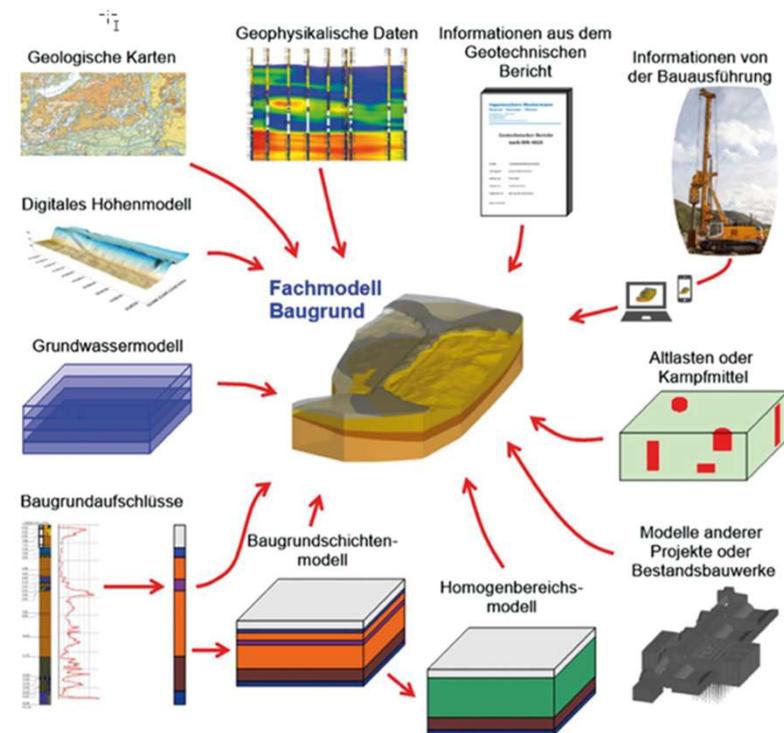
Konsolidierte Merkmalsliste, Arbeitsstand	Interne Anmerkung (z.B. >Doppelte)	Datentyp	Einheit	Beispiel	Quelle/Referenzdokument	Anmerkungen	Kartierung												
							Planung	Trennfähigkeit	Bohrung	Schurf	Bohrung	Schurf	Bohrung	Schurf					
Bohrlochdurchmesser		double	[m]																
Bohrfirma		string	[-]																
Bohrgerät		string	[-]																
Bohrungstyp		string	[-]																
Bohrverfahren		string	[-]																
Bohrwerkzeug		string	[-]																
Koordinatensystem/EPG		integer	[-]																
Einheitsmaßeinheit		double	[t]																
Hoehenfindung	? stimmt das	string	[-]	via DGM, geodätisch vermessen, etc.		Methode zur Ermittlung der													
Koordinate	Einheit abhängig von KBS? >	double	[m]																
Koordinate	Einheit abhängig von KBS? >	double	[m]																
Zwischenrate	Einheit abhängig von KBS? >	double	[m]																
Hoehengenauigkeit	Einheit abhängig von KBS? >	double	[m]																
Hoehensystem		string	[-]			Genauigkeit der Z-Koordinat													
Koordinatenfindung		string	[-]			Meter über Adria o.ä.													
Koordinatenfindung		string	[-]			Methode zur Ermittlung von													
Lagegenauigkeit	Einheit abhängig von KBS? >	double	[m]			Genauigkeit der X,Y-Koordinat													
Lösemethode		string	[-]	Bezug zu Bohrdaten?		Sowohl für Aufschlussmethode als auch Abtragmethode													
Spülung	Soll das die Art der Spülung	string	[-]																
Verwitterungsgrad/Gestein		string	[-]		EN ISO 14689 (2019)														
Verwitterungsgrad/Gebirge		integer	[-]		EN ISO 14689 (2019)														
Verwitterungsgrad/T		string	[-]																
Dichte/Gestein		double	[kg/m³]																
Dichte/Trocken		double	[kg/m³]																
Dichte/feucht		double	[kg/m³]																
Dichtekor		double	[kg/m³]																
Lagerungsdichte		string	[-]		EN ISO 14689-1 (2019)	bezogen ₁ bzw. Beschreibung des Merkmals													
Faseranteil		double	[-]																

AUFBAU DES BAUGRUNDMODELLS DATENQUELLEN

- Vielerlei Datenquellen zur Erstellung des BGM
- Informationsgehalt und Detaillierung steigt mit Status der Projektentwicklung
- Verlinkung der Informationen am Baugrundmodell möglich (Fotos, Aufschlussberichte, Bohrprotokolle, Laborergebnisse etc.)
- Geologiedatengesetz GeolDG v. 19.06.2020
Zuständige Behörde in BW ist das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB)

Quelle der Grafik:

Molzahn, M.; Bauer, J.; Henke, S.; Tilger, K. (2021) Das Fachmodell; Baugrund – Empfehlungen des Arbeitskreises 2.14 der DGGT „Digitalisierung in der Geotechnik“. geotechnik 44, H. 1, S. 41–51. <https://doi.org/10.1002/gete.202000040>



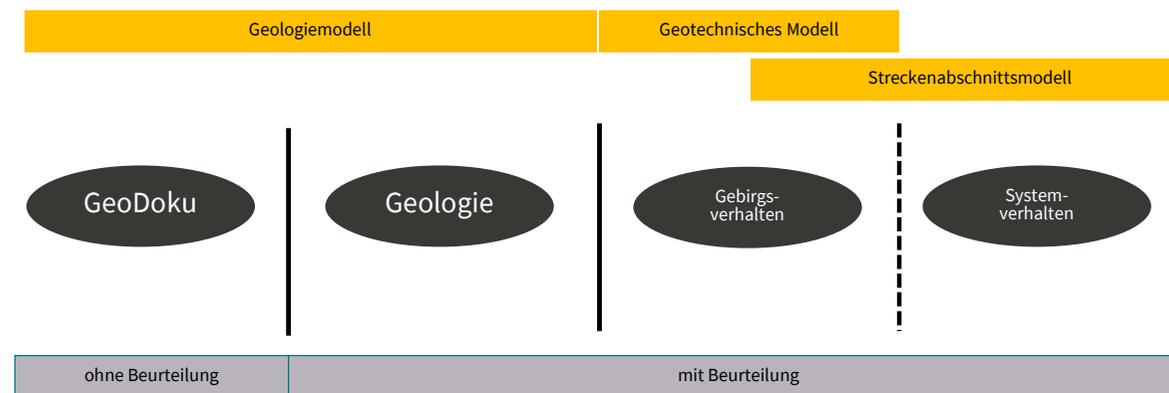


**DISKUSSIONEN
RUND UM DAS
BAUGRUNDMODELL**

DISKUSSIONEN RUND UM DAS BAUGRUNDMODELL

MODELLMANAGEMENT

- Das Fachmodell Baugrund wird sich in Teilfachmodelle für die Beschreibung bzw. Beurteilung der Geologie und des Einflusses aus dieser auf das Bauwerk strukturieren lassen (vgl. Ansatz aus Richtlinien und Normen, z.B. DIN 4022, ÖGG-Richtlinien, SIA199)
- Schnell wird man zu Beurteilungen hinsichtlich Geometrie und Kennwerte kommen
- Bei Verdichtung der Erkenntnisse sind alle Teilfachmodelle entsprechend zu überarbeiten



DISKUSSIONEN RUND UM DAS BAUGRUNDMODELL

MODELLMANAGEMENT

- Gewährleistung der **Nachverfolgbarkeit** von Änderungen am BGM mit all seinen Teilfachmodellen
Dokumentation einzelner Informationsstände mit Hilfe **Versionierung** z.B. bei
 - Wechsel des Bearbeiters
 - Einarbeitung Ergebnisse aus neuen Erkundungsprogrammen
 - Übergang in weitere Projektphase
 - Auswahl bestimmter Anwendungsfälle
- Festlegung von **Wertebereichen** und/oder charakteristischen Werten sinnvoll?
- Nutzung der Möglichkeit der digitalen Datenverarbeitung zur Untersuchung unterschiedlicher **Szenarien** durch Variation von Eingangsparameter. Dies sollte bei der Festlegung der Wertebereiche für weitere Projektphasen helfen.
- **Detaillierungsgrad** der geologischen Ist-Aufnahme wird immer höher sein als der des Prognosemodells.



DARSTELLUNG VON UNSCHÄRFEN

- Unschärfen beginnen bereits bei der Messgenauigkeit im Zuge der **Grunddatenerhebung**
- Im Zuge der Beurteilung von Geologie und Geotechnik ergeben sich z.B. **Unschärfen** bei der
 - Verortung der Kennwerte im Baugrund
 - Festlegung der Geometrie von Körper und/oder Flächen (Objekte)
 - Anwendung ermittelter Kennwerte für Objekte
- Der **Detaillierungsgrad der Erkundung** hängt ab von der Komplexität der zu erwartenden Geologie
- Je detaillierter das Modell mit seinen Informationen wird, desto mehr muss der Tatsache von Unschärfen Rechnung getragen werden bzw. desto mehr steigt die **Anforderung an die Auswahl der angesetzten Kennwerte**.
- Das BGM ist nur so gut, wie die **Qualität der Eingangsparameter** und deren **Beurteilungen**.
- Die Visualisierung im 3D-Modell hilft, birgt aber auch **Gefahren** in der Beurteilung der geologischen Situation zwischen gesicherten Aufschlussbereichen

DISKUSSIONEN RUND UM DAS BAUGRUNDMODELL

DARSTELLUNG VON UNSCHÄRFEN

Darstellung von Unsicherheiten in gesondertem Modell

Quelle:
Innovationsprojekt GEOL_BIM; Ergebnisbericht Arbeitspaket 1: Grundlagen BIM-Methode (Virtual Design and Construction); Stand: 31.03.2021; Version 1.04 – Abgabe

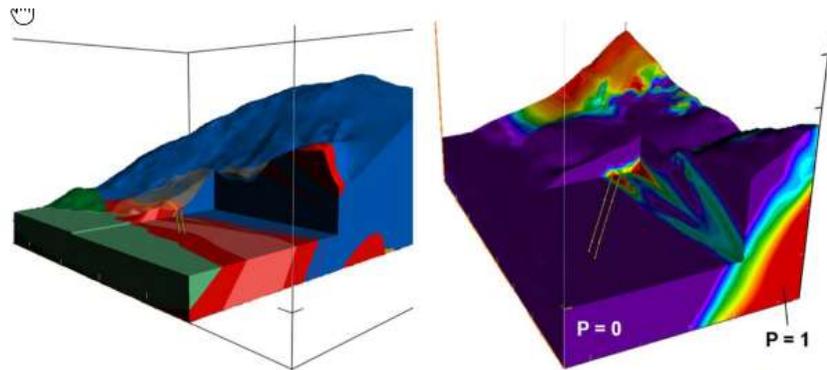


Abbildung 42. Visualisierung Wahrscheinlichkeits-basierter Unsicherheiten. Die Abbildung zeigt a) ein geologisches Modell (diskrete Werte einer Lithostratigraphie) und b) die Wahrscheinlichkeit des Auftretens für eine bestimmte Einheit. Auch auf diese Weise kann die Unsicherheit visualisiert werden (Tacher et al., 2006).

Darstellung von Unsicherheiten in gesondertem Modell (hier als Voxel-Modell)

Quelle:
Innovationsprojekt GEOL_BIM; Ergebnisbericht Arbeitspaket 1: Grundlagen BIM-Methode (Virtual Design and Construction); Stand: 31.03.2021; Version 1.04 – Abgabe

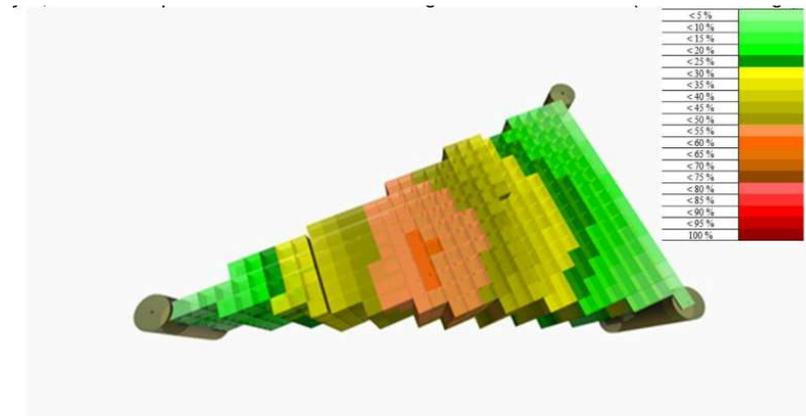


Abbildung 27: Visualisierung von Unsicherheiten mittels einem Voxelmodell (buildingSmart International, 2020b)

Angabe von Unsicherheiten über Semantik ebenfalls vorstellbar (Merkmale, Angabe von Wertebereichen)

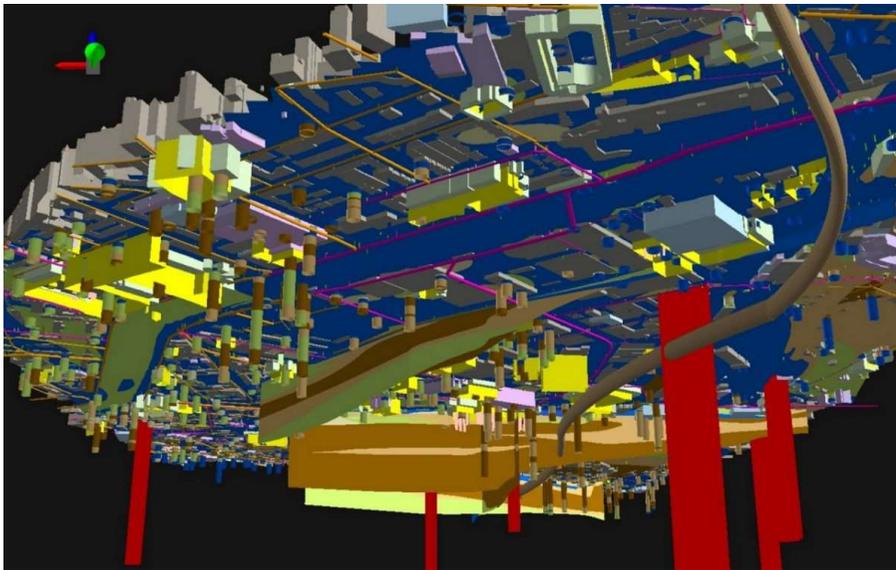
VERTRAGSRECHTLICHE ASPEKTE

- Wie können die Ansätze der BIM-Methode hinsichtlich **Transparenz** und **Kollaboration** speziell bei dem schwierigen Thema der Baugrundbeschreibung im heutigen Vergabe- und Vertragsrecht regime gewinnbringend (für das Projekt und nicht für eine Vertragspartei!) umgesetzt werden?
- Wem gehören die erfassten und interpretierten **Daten**?
- Wie wird mit der **Verantwortung** bei der Festlegung von Geologie und geotechnischem Verhalten auf Basis von Kennwerten und deren Interpretation in Zukunft umgegangen?
- Wie groß ist der Wunsch nach einer **konfliktfreien Vertragsabwicklung** der Vertragsparteien wirklich?
- Die BIM-Methode könnte Lösungsansätze hierzu liefern, wenn die ernsthafte Bereitschaft und ggfs. eine entsprechende **Anpassung im Vergabe- und Vertragsrecht** umgesetzt würde.
- **AIA** und in Folge der **BAP** müssen die Anforderungen, Inhalte Rollen und Prozesse gründlich formulieren



**BEISPIELE AUS DER
ANWENDUNG**

BEISPIELE AUS DER ANWENDUNG **GEOL_BIM IN CH**



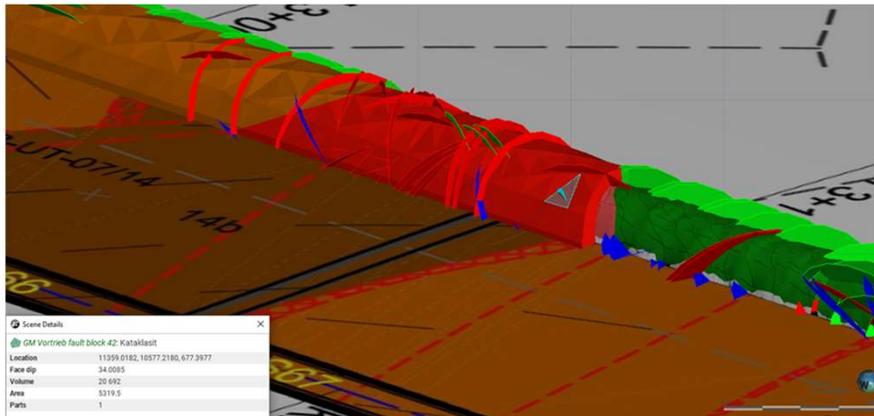
Quelle:
https://www.swisstopo.admin.ch/en/knowledge-facts/geology/geological-data/3d-geology/shallow/geo_bim.html

- Projekt GEOL BIM wurde vor über 1 Jahr vom Geologenverband der Schweiz lanciert. Es werden diverse BIM Anwendungsfälle an laufenden Tunnelprojekten (z.B. 2. Röhre Gotthard, Brüttener Tunnel) untersucht.
- 2. Röhre Gotthard (Bundesamt für Strassen (ASTRA) mit Ing. Büro Lombardi):
 - 3D/BIM Modellierung der bestehenden geologischen Unterlagen und Dokumentation aus der Phase Detailprojekt und Ausschreibung mit der Software Leapfrog (Sondierbohrungen, geologische Karten, geologische Aufnahmen beim Bau der ersten Röhre, etc.).
 - Erstellung 3D / BIM Geologie Modell vom gesamten Projektperimeter der 2. Röhre Gotthard.
 - Im Modell werden die Informationen gemäss SIA 199 («Erfassen des Gebirges») pro Homogenbereich/Lithologie eingepflegt. Dies geschieht «manuell» über Umwege mit Revit/Dynamo, da im **IFC-Format** Daten nicht komplett transferiert werden.
 - Im Modell werden die bestehende Bauwerksmodelle der 2. Röhre, 1. Röhre, S1Sto und Lüftungszentrale integriert.
 - Als Endergebnis soll ein 3D / BIM Modell der Geologie inkl. Bauwerksmodell erstellt werden. Das Modell soll die Informationen gemäss SIA 199 enthalten. Es sollen diverse **Workflows** getestet werden.

BEISPIELE AUS DER ANWENDUNG

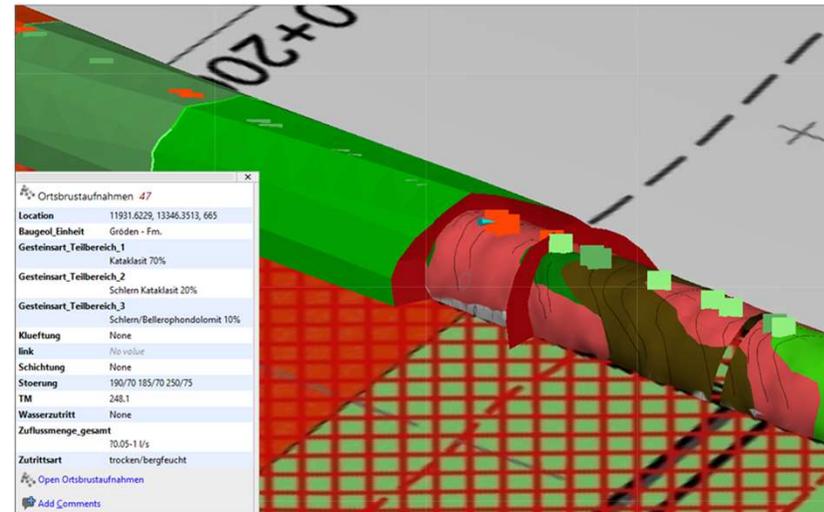
PILOTPROJEKT KARAWANKENTUNNEL (AT)

- Modellierte Volumen (z.B. Kataklastit in rot) mit orientierten Trennflächen (lagerichtig, als Scheiben dargestellt)



Verwendung der nächsten Folien mit freundlicher Erlaubnis der ASFINAG und iC Consulanten

- Tunnelsscans der Kalotte mit Felstextur (Dibit Messtechnik GmbH) und Wasserzutritten (verortete Punkte mit Attributen)



BEISPIELE AUS DER ANWENDUNG

GEOLOGISCHE DOKUMENTATION AM VORTRIEB

- Entwässerungsbohrung mit aufgenommenen Hohlräumen und Wasserzutritten

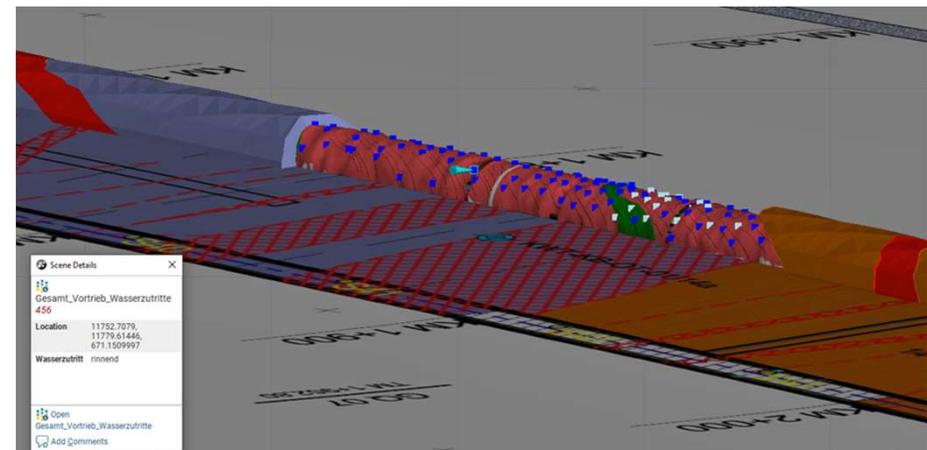
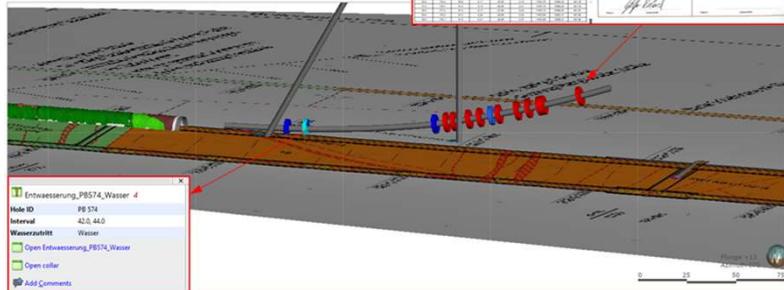
- Wasserzutritte entlang des Tunnels als Punktdaten mit Attributen.

➤ Entwässerungsbohrungen (optional)

Bericht – Entwässerungsbohrung als pdf

Daten der Entwässerungsbohrung lagerichtig im Modell

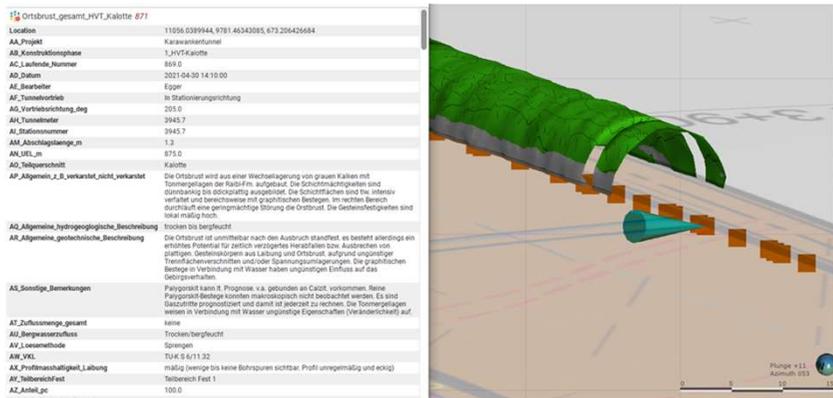
Bohrung	Bohrungstiefe	Bohrungsdurchmesser	Bohrungsmaterial	Bohrungszustand	Bohrungstermin	Bohrungsort	Bohrungszweck
101	100	100	100	100	100	100	100
102	100	100	100	100	100	100	100
103	100	100	100	100	100	100	100
104	100	100	100	100	100	100	100
105	100	100	100	100	100	100	100
106	100	100	100	100	100	100	100
107	100	100	100	100	100	100	100
108	100	100	100	100	100	100	100
109	100	100	100	100	100	100	100
110	100	100	100	100	100	100	100



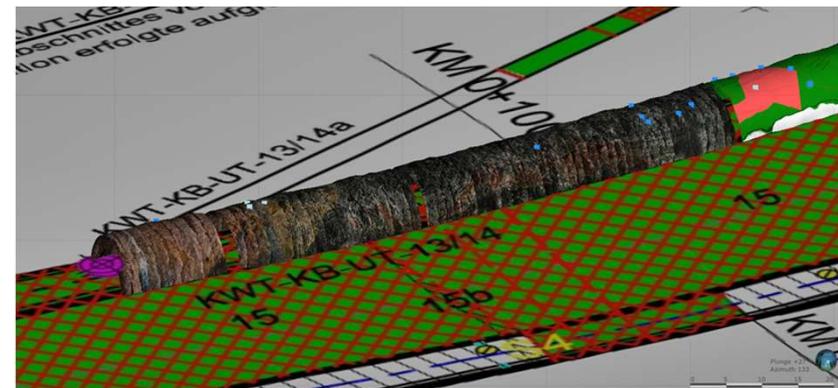
BEISPIELE AUS DER ANWENDUNG

GEOLOGISCHE DOKUMENTATION AM VORTRIEB

- Ortsbrustaufnahmen als Punktdaten mit sämtlichen Informationen der Tunneldokumentation im Modell verortet.



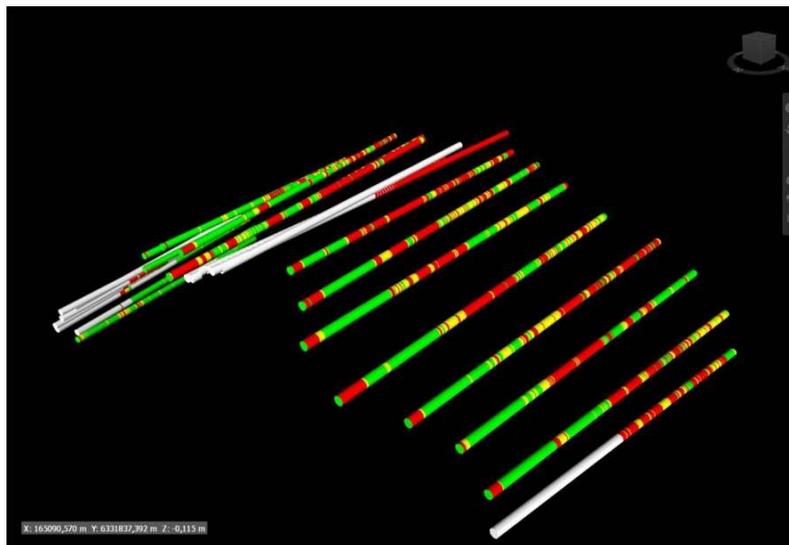
- Wasserzutritte entlang des Tunnels als Punktdaten mit Attributen.



BEISPIELE AUS DER ANWENDUNG

VERWENDUNG VON PRODUKTIONS DATEN ZUR VERIFIZIERUNG

- Auswertung Maschinendaten aus dem Bohrprozess (z.B. Anpressdruck) (Implenia Schweden)
- Erfassung der Ausbruchslaibung mit Scan (Implenia Schweiz)





Implenia

**VIELEN DANK FÜR
IHRE GESCHÄTZTE
AUFMERKSAMKEIT**

**Wolfgang Fentzloff
Leiter BIM Tunnelbau**