Molzahn, Michael; Bauer, Jörg; Henke, Sascha; Tilger, Klaus

**Entwicklungsstufen und Attribuierung des Fachmodells
Baugrund - Empfehlungen Nr. 2 des Arbeitskreises 2.14 der DGGT
„Digitalisierung in der Geotechnik“**

Originalveröffentlichung / Original Publication:

<https://doi.org/10.1002/gete.202100024>

Verfügbar unter / Available at:

<https://hdl.handle.net/20.500.11970/108270>

Vorgeschlagene Zitierweise / Suggested citation:

Molzahn, Michael; Bauer, Jörg; Henke, Sascha; Tilger, Klaus (2021): Entwicklungsstufen und Attribuierung des Fachmodells Baugrund - Empfehlungen Nr. 2 des Arbeitskreises 2.14 der DGGT „Digitalisierung in der Geotechnik“. In: Geotechnik 2021 (3). S. 209-218. <https://doi.org/10.1002/gete.202100024>.

Entwicklungsstufen und Attribuierung des Fachmodells Baugrund

Empfehlungen Nr. 2 des Arbeitskreises 2.14 der DGGT „Digitalisierung in der Geotechnik“

Im Rahmen der zweiten Empfehlung des Arbeitskreises 2.14 der DGGT „Digitalisierung in der Geotechnik“ werden Entwicklungsstufen über den Lebenszyklus des Fachmodells Baugrund definiert sowie davon abhängig Mindestanforderungen an die Zuführung von geometrischen und semantischen Fachdaten (Attribuierung) in das Modell vorgeschlagen. Voraussetzung für eine durchgehende Anwendbarkeit des Fachmodells Baugrund im BIM-Kontext ist die weitgehende Standardisierung der Fachdaten auf Modell- und Objektebene in Form von Eigenschaften. Die vorliegende Empfehlung zeigt die notwendigen Voraussetzungen für die noch zu entwickelnden, standardisierten, geotechnischen Eigenschaften auf und beschreibt die datentechnischen Anforderungen bei deren Erarbeitung sowie bei der Attribuierung des Fachmodells Baugrund durch den Anwender.

Stichworte Building Information Modeling; Fachmodell Baugrund; Entwicklungsstufen; Eigenschaften; Attribuierung; Datenstruktur; Empfehlungen

Level of development and attribution of the specialized model subsoil – Recommendations No. 2 of the working group 2.14 (DGGT) “Digitalization in geotechnical engineering”

The second recommendation of the working group 2.14 “Digitalization in geotechnical engineering” defines the level of development with respect to the life cycle of the specialized model subsoil. Furthermore, the minimum requirements regarding the implementation of geometrical and semantical data (attribution) into the model are discussed. For consequent use of the specialized model subsoil in context with BIM it is necessary to standardize the data with respect to the model level as well as the object level by means of properties which have to be defined. These recommendations describe the essential requirements for standardized geotechnical properties which still have to be developed. Therefore, data-related requirements for creation as well as the attribution of the specialized model subsoil are discussed.

Keywords Building information modeling; specialized model subsoil; level of development; properties; attribution; data-structure; recommendations

1 Einleitung

Aufbauend auf dem Stufenplan des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [1] für den Infrastrukturbau werden in darauf folgenden Veröffentlichungen des BMVI [2, 3] auch einige wenige Anforderungen an das digitale Baugrundmodell, betreffend insbesondere dessen Fachinhalte, gestellt. Zudem fordert das BMVI in [4]: „Es ist ein flexibles Datenbankmodell zu entwickeln, um standardisierte Merkmale für beliebige Modellobjekte definieren zu können.“ Diese Anforderungen wurden bereits in der ersten Empfehlung des AK 2.14 [5] berücksichtigt bzw. umgesetzt und sind – wie auch die darin erarbeiteten Begriffsdefinitionen – Voraussetzung für die hier vorliegende zweite Empfehlung.

Darüber hinaus stellt das BMVI in [4] fest: „Mit dem Aufbau einer Merkmalsdatenbank können die Eigenschaften von Modellobjekten für unterschiedliche Anwendungsfälle und Projektphasen einheitlich definiert werden.“ Und: „Die Merkmalsdatenbank ist elementar für alle BIM-Anwendungen der öffentlichen Vorhabenträger.“ Um diese, für BIM unabdingliche Standardisierung erfüllen zu können, werden im Folgenden mit Blick auf die Geotechnik die Voraussetzungen definiert. Dabei sind auch Normen wie [6] und [7] berücksichtigt.

Die vorliegende zweite Empfehlung des Arbeitskreises 2.14 beinhaltet folgende Themen:

- Definition der Entwicklungsstufen des Fachmodells Baugrund mit Verknüpfung der dafür notwendigen Fachinhalte und Zuordnung zu den Anwendungsfällen,
- Definition von Mindestanforderungen von Fachinhalten für die Entwicklungsstufen,
- Beschreibung der Voraussetzungen für die Standardisierung von Eigenschaften in der Geotechnik,
- Datentechnische Anforderungen an Eigenschaften bei deren Erarbeitung sowie bei der Attribuierung des Fachmodells Baugrund durch den Anwender.

Die vorliegende Empfehlung nimmt keine Beschreibung der Anwendungsfälle und überwiegend keine Zuweisung von Zuständigkeiten bei der Erstellung und Verwendung des Fachmodells Baugrund vor. Dies wird in noch folgenden Empfehlungen des AK 2.14 behandelt.

2 Entwicklungsstufen des Fachmodells Baugrund

Das Fachmodell Baugrund wird wie alle anderen Fachmodelle auch über den gesamten Lebenszyklus des Projekts fortgeschrieben. So existieren im Lebenszyklus des Fachmodells mehrere Entwicklungsstufen, die jeweils Vertragsbestandteil bei der Vergabe einer nächsten Planungsphase bis hin zur Ausführung und dem Betrieb sind. Alle Entwicklungsstufen sind innerhalb des Fachmodells Baugrund abrufbar. Es werden demnach keine früheren Entwicklungsstufen gelöscht oder aus dem Mo-

Bild 1 Beispiel für die Entwicklung von LOI von Fachobjekten des Fachmodells Baugrund innerhalb einer Entwicklungsstufe bzw. eines LOIN
Example for the LOI-development of specialist objects within the specialized model subsoil in one level of development or LOIN

dell entfernt. Die parallel stattfindende Versionierung der Entwicklungsstufen historisiert das Fachmodell in Gänze, ohne Informationen vorangegangener Entwicklungsstufen auszulagern. Innerhalb der jeweiligen Planungsphase wird demnach das Fachmodell Baugrund durch Integration von neu generierten Fachdaten weiterentwickelt und mit anderen, sich entwickelnden gewerk-spezifischen Fachmodellen im Gesamtmodell in Inter-aktion gesetzt. Die einzelnen Fachmodelle können sich dabei in unterschiedlichen Planungsphasen oder Versio-nen befinden. Das Fachmodell Baugrund kann in Anle-hnung an VDI 2552 Blatt 4 [8] die folgenden Entwick-lungsstufen aufweisen:

- Fachmodell in der Stufe Vorplanung:
Es enthält nur rudimentäre Informationen zu Bau-grundschichten, z.B. für eine Variantenuntersuchung für Trassierungen oder zur Planung der geotechni-schen Aufschlusskampagne.
- Fachmodell in der Stufe Entwurfsplanung und Geneh-migungsplanung:
Diese enthalten alle notwendigen Informationen aus dem Geotechnischen Bericht und ggf. dem Geotechni-schen Entwurfsbericht.
- Fachmodell in der Stufe Ausführungsplanung und Werksplanung:
Diese enthalten Informationen aus der Fortschrei-bung des Geotechnischen Entwurfsberichts infolge der fortgeschrittenen Planung, z.B. aus zusätzlichen Baugrunduntersuchungen und Probeversuchen. Das

finale Ergebnis ist ein Modell, das der Bauausführung übergeben wird.

- Fachmodell in der Stufe Fertigstellung:
Es enthält ergänzende, bei der Ausführung gewonnene Informationen, z.B. Anpassungen von Schichtverläu-fen nach Eingriffen in den Baugrund, u. a. infolge eines Informationsgewinns durch Baumaschinen (Herstell-daten), und Informationen aus der Bauüberwachung. Das finale Ergebnis ist das As-Built Modell, das dem Betrieb übergeben wird.
- Fachmodell in der Stufe Betrieb:
Es enthält Ergänzungen der Baugrundverhältnisse, die zum Zeitpunkt des Modells in der Stufe Fertigstellung nicht bekannt waren, z. B. Änderung der Grundwasser-verhältnisse.

Hinweis: Gemäß VDI 2552 Blatt 4 [8] fließen die Gelände-form und die Baugrundeigenschaften in das „Grundlagen-modell“ ein. Dieses Modell bildet die Basis für weitere Fachplanungen.

Die zunehmende Detaillierung eines Fachobjekts oder Fachmodells wird mit einem Level of Development (LOD) beschrieben. Dieses setzt sich aus dem geometrischen und dem semantischen Level zusammen, d.h. aus dem Level of Geometry (LOG) und dem Level of Information (LOI) [8, 9].

Dabei beziehen sich LOD, LOG und LOI auf Fachobjekte, wobei LOD vereinzelt auch auf Fachmodelle angewendet

Tab. 1 Zuordnung von Entwicklungsstufen zu Planungsphasen des Fachmodells Baugrund
Correlation between level of development and design phases of the specialized model subsoil

Entwicklungsstufe bzw. LOIN	Planungsphasen des Fachmodells Baugrund
Stufe Vorplanung	Grundlagenermittlung Vorplanung
Stufe Entwurfsplanung	Entwurfsplanung
Stufe Genehmigungsplanung	Genehmigungsplanung
Stufe Ausführungsplanung	Ausführungsplanung
Stufe Werksplanung	Werksplanung
Stufe Fertigstellung	Objektüberwachung
Stufe Betrieb	Objektbetreuung

Tab. 2 Beispiele für die Zuführung von Fachdaten in Abhängigkeit der Entwicklungsstufen des Fachmodells Baugrund
Example for implementing datas with respect to the level of development of the specialized model subsoil

Entwicklungsstufe bzw. LOIN	Beispiel: Bestimmung der Baugrundschichten	Beispiel: Kenngrößen für Baugrund-Bauwerk-Interaktion
Stufe Vorplanung	Literatur- und Kartenstudien sowie Altaufschlüsse	Zumeist Korrelationen und Erfahrungswerte
Stufe Entwurfsplanung	Baugrundaufschlüsse	
Stufe Genehmigungsplanung		
Stufe Ausführungsplanung	Ggf. verdichtende Baugrundaufschlüsse	Ergebnisse von Untersuchungsprüfungen wie Pfahlprobelastungen oder Herausziehversuchen von Verpressankern
Stufe Werksplanung		
Stufe Fertigstellung	Informationen, z. B. aus Pfahlherstellung oder Aushub	Kontrolluntersuchungen, z. B. bei Verpressankern
Stufe Betrieb	–	Langzeiterfahrungen

wird und dann die Granularität des Modells meint, d. h. dessen zunehmende Anreicherung mit weiteren (neuen) Fachobjekten. Aktuell ist in Diskussion, ob das LOD bei Fachmodellen zulässig sein kann, da dieses die Granularität definitionsgemäß nicht impliziert. Zur Beschreibung der Entwicklung eines Fachmodells mit Berücksichtigung der zunehmenden Granularität, der zunehmenden Anreicherung mit Fachdaten, Fachobjekten und Eigenschaftsobjekten und deren zunehmende Vernetzung wird das Level of Information Need (LOIN) eingeführt [7, 10]. Dieses definiert die geometrischen und fachlichen Mindestanforderungen (Informationsbedarf) auf Objekt- und Modellebene für spezifische Planungsphasen bzw. Entwicklungsstufen oder Anwendungsfälle im entsprechenden Lebenszyklus.

Für das Fachmodell Baugrund stellen sich einige Besonderheiten dar:

Beim Fachmodell Baugrund ist das Level of Geometry nicht sinnvoll anwendbar, da eine sich entwickelnde Geometrie bis hin zu einer realitätsnahen Abbildung eines Fachobjekts, wie bspw. bei Bauteilen, nicht vorliegt. Die Geometrie des Fachmodells Baugrund beruht neben dem Digitalen Geländemodell (DGM)/Digitalen Hö-

henmodell (DHM) der Geländeoberfläche ausschließlich auf in der Regel punktuellen Informationen aus Baugrundaufschlüssen, jeweils in Verbindung mit einer gewählten Interpolationsmethode zur Erstellung von Schichtgrenzen. Sofern sich die Geometrie in Form der Geländeoberfläche und der Schichtgrenzen im Projektverlauf verändert, ist dies ausschließlich dem Gewinn an Informationen geschuldet.

Die Anwendung des Level of Information ist beim Fachmodell Baugrund ebenfalls nicht zielführend. Zwar liegt bei einzelnen Fachobjekten, wie bspw. den Baugrundaufschlüssen einer Kampagne oder der daraus resultierenden Festlegung der Baugrundsichten, eine Entwicklung mit zunehmender Informationstiefe vor, jedoch findet diese Entwicklung in der Regel nur innerhalb einer Planungsphase und somit in einem speziellen LOIN statt (Bild 1). Dabei besteht sowohl für den Fachautor des Fachmodells als auch für den Auftraggeber des Fachmodells keine Notwendigkeit der Beschreibung der Entwicklung der einzelnen Fachobjekte. Lediglich die jeweils abgeschlossene Entwicklungsstufe des Fachmodells mit den neu generierten, vertraglich vereinbarten Fachobjekten und -daten ist bei der Übergabe zur nächsten Planungsphase von Interesse. Dieser erforderliche

Tab. 3 Fachdaten des Fachmodells Baugrund in Abhängigkeit der Entwicklungsstufen bzw. des LOIN und Zuordnung zu Anwendungsfällen
Specific data of the specialized model subsoil with respect to the level of development or LOIN as well as a correlation to use cases

Stufe Vorplanung	Stufe Entwurfsplanung	Stufe Genehmigungsplanung	Stufe Ausführungsplanung	Stufe Werksplanung	Stufe Fertigstellung	Stufe Betrieb
Literatur und Karten, sowie Altaufschlüsse						
Digitales Gelände- oder Höhenmodell						
Erstellung des geotechnischen Berichts						
	Erstellung des geotechnischen Entwurfsberichts					
Schichtenansprache, Festlegung Grundwasserschichten und Baugrundsichten mit Klassifizierung						
	Attribuierung der Homogenbereiche					
	Attribuierung der Baugrundsichten und ggf. Angabe der Kenngrößen der Baugrund-Bauwerk-Interaktion					
					Herstelldaten zur Anpassung von Baugrundsichten und Kenngrößen	
						Langzeitmessungen und -beobachtungen
Beispiele für Anwendungsfälle						
Bestandserfassung						
Planungsvariantenuntersuchung						
Koordination						
Fachliche Beurteilung						
Visualisierung						
Planableitung						
	Mengenermittlung					
	Kostenschätzung und Kostenberechnung					
	Bemessung und Nachweisführung					
	Grundwasserhaltung					
		Ausschreibung				
	Termin- und Logistikplanung					
					Baufortschrittskontrolle	
					Abrechnung	
					Bauwerksdokumentation	
						Nutzung für Betrieb und Erhaltung

Informationsbedarf ist durch das vorgegebene LOIN vollständig definiert.

Die Entwicklung des Fachmodells Baugrund kann vollständig über eine Korrelation der Planungsphasen zu den Entwicklungsstufen bzw. des LOIN des Fachmodells ausgedrückt werden (Tab. 1). Dabei ist auch eine Zuordnung zu Leistungsphasen der HOAI möglich [10]. Die Einteilung nach Tab. 1 stellt einen Regelfall mit einer linearen Entwicklung des Fachmodells Baugrund dar, kann aber je nach Eigenheiten des spezifischen Projekts oder der Vertragsgestaltung zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber von dieser Abfolge abweichen. So können unterschiedliche Entwicklungsstufen zusammengefasst bearbeitet oder ausgelassen werden.

Die Entwicklung des Fachmodells Baugrund geht im Allgemeinen einher mit

- der Anreicherung mit weiteren (neuen) Fachobjekten (Granularität), z. B. neue Baugrundaufschlüsse oder die Festlegung der Homogenbereichsschichten, und
- dem Gewinn bzw. der Festlegung von Fachdaten in Form von Eigenschaften, z. B. neue Laborversuchsergebnisse oder neue Kenngrößen, die mittels der Attribuierung und Referenzierung den Fachobjekten zugeführt werden.

Der Umfang und der Inhalt der Leistungen je Entwicklungsstufe des Fachmodells Baugrund werden als spezifische LOINs in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) vom Auftraggeber festgelegt und in Ausnahmefällen im BIM Abwicklungsplan (BAP) angepasst.

Die Zuführung neuer Eigenschaften und Fachobjekte führt beim Fachmodell Baugrund zu einem zu einer zunehmend genaueren Erkenntnis zu den Baugrundschi-

ten, Homogenbereichsschichten und Grundwasserschichten und zum anderen zu einer realistischeren Abschätzung bestimmter Kenngrößen des Baugrunds oder der Baugrund-Bauwerk-Interaktion (s. Beispiele in Tab. 2).

Hinweis: Die Kenngrößen der Baugrund-Bauwerk-Interaktion dürfen nicht den Baugrundsichten zugeordnet werden, da diese Kenngrößen nur für definierte Bauteile in klar abgegrenzten Bereichen des Baugrunds Gültigkeit haben. Vielmehr sind diese Informationen Objekten mit festgelegter und unveränderbarer Geometrie zuzuordnen. Die Lage und Art der Objekte sind vom Auftraggeber oder vom Planer der Bauwerke festzulegen.

Letztlich dient das Fachmodell Baugrund der Umsetzung von Anwendungsfällen. Diese können den Entwicklungsstufen des Fachmodells Baugrund zugeordnet werden (Tab. 3). Die Anwendungsfälle benötigen dabei in der Regel die Interaktion mit dem Gesamtmodell.

In Abhängigkeit von den vereinbarten Vertragsbedingungen, wie dem Bauvertrag oder den AIA, können sich die Zuordnungen in Tab. 3 auch davon abweichend darstellen.

3 Attribuierung, Eigenschaften und Datenkataloge

3.1 Attribuierung im Fachmodell Baugrund und Mindestanforderungen

Die Mehrzahl der Eigenschaften im Fachmodell Baugrund ergeben sich aus dem Geotechnischen Bericht bzw. Geotechnischen Entwurfsbericht gemäß DIN 4020. Darüber hinaus werden Eigenschaften u. a. bei der Ausführung oder beim Betrieb des Bauwerks gewonnen, bspw. der Zustand von Grundwassermessstellen im Le-

Tab. 4 Geometrische und fachliche Mindestanforderungen an das Fachmodell Baugrund in Abhängigkeit der Entwicklungsstufen
Geometrical and technical minimum requirements regarding the specialized model subsoil according to the level of development

Entwicklungsstufe bzw. LOIN	Geometrische und fachliche Mindestanforderung
Stufe Vorplanung	Aufschlüsse mit vorhandenen Daten und Planung der Aufschlusskampagne als Sub-Fachmodell der Aufschlüsse
Stufe Entwurfsplanung	– Aufschlüsse mit mindestens allen Fachdaten, welche die Grundlage zur Ableitung von Baugrundsichten bilden (Sub-Fachmodell der Aufschlüsse) – Erforderliche Fachdaten zu den Grundwasserverhältnissen (Sub-Fachmodell der Grundwasserschichten und -körper) – Bezeichnung und Klassifizierung der Baugrundsichten (Sub-Fachmodell der Baugrundsichten)
Stufe Genehmigungsplanung	
Stufe Ausführungsplanung	Homogenbereiche nach VOB/C mit allen für die geplante Baumaßnahme erforderlichen Kenngrößen (Sub-Fachmodell der Homogenbereichsschichten)
Stufe Werksplanung	Keine
Stufe Fertigstellung	Normativ geforderte Fachdaten, z. B. zur Auswertung weiterer Schichtinformationen wie Bohrprotokolle oder Abnahmeprüfungen
Stufe Betrieb	Keine Mindestanforderung, da nicht zwangsläufig ein Informationsgewinn generiert wird

benszeitraum, Ergebnisse von Langzeitmessungen oder langfristige Änderung der Grundwasserverhältnisse.

In Abhängigkeit der Entwicklungsstufen bzw. des LOIN sollte das Fachmodell Baugrund mindestens die in Tab. 4 zusammengestellten Eigenschaften aufweisen. Eine darüber hinausgehende Attribuierung des Fachmodells muss in den AIA vereinbart werden. Ein über die Vereinbarung in den AIA hinausgehender Informationsgewinn ist ebenfalls im Fachmodell zu erfassen.

Hinweis: Inwiefern die geotechnischen Kenngrößen für erdstatische Berechnungen und die Kenngrößen der Baugrund-Bauwerk-Interaktion dem Fachmodell Baugrund zugeführt werden sollten, ist umstritten. Im Geotechnischen Bericht und Geotechnischen Entwurfsbericht sind diese Kennwerte kommentiert und häufig nur für bestimmte Bereiche und/oder mit der Gültigkeit für bestimmte Nachweis- und Bauverfahren angegeben. Diese Einschränkungen von Kennwerten sind im Fachmodell Baugrund zwar umsetzbar, derzeit jedoch nicht in der gewohnten Prägnanz hervorhebbar. Über die Angabe dieser Kenngrößen im Fachmodell Baugrund sollte projektspezifisch entschieden werden.

3.2 Organisation von Eigenschaften in Datenkatalogen

Die Entwicklung des Fachmodells Baugrund über den Lebenszyklus ergibt sich aus der zunehmenden Anreicherung des Fachmodells mit weiteren (neuen) Fachobjekten (Granularität) und deren Anreicherung mit Attributen, Parametern und Referenzen (Eigenschaften). Der Prozess der Zuweisung von Attributwerten wird als Attribuierung bezeichnet und beinhaltet umgangssprachlich oftmals auch Parameter und die Referenzierung.

Eigenschaften sind über ihre Eigenschaftsobjekte Fachobjekten zugeordnet, die sich innerhalb von Sub-Fachmodellen im Fachmodell befinden. Beim Fachmodell Baugrund sind dies insbesondere das

- Sub-Fachmodell der Aufschlüsse,
- Sub-Fachmodell der Baugrundsichten,
- Sub-Fachmodell der Homogenbereichsschichten sowie
- Sub-Fachmodell der Grundwasserschichten und -körper.

Jedes Fachobjekt benötigt für eine sinnvolle Nutzung eine Mindestanzahl an Eigenschaften (LOIN). Darüber hinaus

Bild 2 Erforderliche Objekt- und Datenkataloge für das Fachmodell Baugrund
Required object dictionaries and data dictionaries for the specialized model subsoil

wird nach Abstimmung zwischen dem Auftraggeber und Auftragnehmer unterschieden in Eigenschaften, die definiert sein müssen (obligatorische Eigenschaften) und Eigenschaften, die definiert werden können (optionale Eigenschaften).

Die Festlegung der Namen der Eigenschaften sowie die Detaillierung der Fachdaten innerhalb eines Fachobjekts und einer Entwicklungsstufe des Fachmodells erfolgt in den AIA und kann im BAP angepasst werden. Optionale Eigenschaften können in einer nachfolgenden Entwicklungsstufe obligatorisch werden.

Eine thematisch zusammengehörige Menge an Eigenschaften ist gemäß DIN EN ISO 23386:2020-11 [6] in sog. Datenkatalogen organisiert, die jeweils von genau einer Kategorie gebildet und wiederum in Eigenschaftsobjekten zusammengefasst werden können. Überwiegend setzen sich die Datenkataloge aus Attributen zusammen. Bei IFC werden die zusammengefassten Eigenschaften als Eigenschaftssätze (Property Sets) bezeichnet, die ohne weitere Gruppierung an Objekte angehängt werden. Von dem Begriff der Datenkataloge abzugrenzen ist gemäß [4] der Begriff der Objektkataloge mit Definition der Fachobjekte. Da Objektkataloge einen erheblich geringeren Umfang als die Datenkataloge aufweisen werden und zudem die nachfolgenden Ausführungen zu Datenkatalogen auch auf Objektkataloge anwendbar sind, finden diese im Folgenden keine weitere Beachtung.

Um die Anforderung einer konsistenten Erfassung, Verwaltung und Austauschfähigkeit aller Fachdaten innerhalb des Lebenszyklus (auch in einem internationalen Arbeitsumfeld) gemäß BIM erfüllen zu können, ist eine projektübergreifende, allgemeingültige Definition aller Fachobjekte und Eigenschaften essenziell [4]. Sie sollten möglichst vollständig und öffentlich zugänglich sein und können in einer projektspezifischen Auswahl die Grundlage der Festlegung der Eigenschaften in den AIA werden.

Aus deutscher Sicht sind für das Fachmodell Baugrund mindestens die in Bild 2 zusammengestellten Standardisierungen erforderlich. Während diese zumeist ausschließlich von der Fachdisziplin der Geotechnik erarbeitet werden können, ist die Festlegung der Eigenschaften zur Baugrund-Bauwerk-Interaktion in Abhängigkeit der Fachobjekte (Bauteile wie Pfahl, Verpressanker, Streifenfundament etc.) in der Schnittstelle zum Spezialtiefbau und teilweise zum Hochbau angesiedelt.

Hinweis: Die Eigenschaften werden aktuell in Softwareapplikationen vom Fach- oder Modellautor den Fachobjekten zumeist in Form von Freitexten zugeführt. So weit möglich sollten jedoch auch bei diesem „händischen“ Arbeitsprozess die in Abschnitt 3.3 beschriebenen Anforderungen an Eigenschaften umgesetzt werden.

Im Rahmen von buildingSMART wird die Entwicklung von standardisierten Eigenschaften (Eigenschaftssätze) als ISO-Standard DIN EN ISO 16739:2017-04 [11] vor-

angetrieben, wobei bisher lediglich der Hochbau vollumfänglich betrachtet wurde (IFC4) und der Infrastrukturbau inkl. der Geotechnik zurzeit in der Entwicklung ist (IFC5). DIN EN ISO 23386:2020-11 [6] weist die Rolle zur Erstellung und Pflege einheitlicher Eigenschaften einer Sachverständigenkommission zu, deren Aufgaben und Managementstrukturen bzgl. der Hinzufügung, Änderung, Aktivierung oder Deaktivierung von Attributen in sog. Datenkatalogen, z. B. Data-Dictionaries, nach der Anfrage von End-Nutzern entsprechend geregelt sind.

3.3 Datentechnische Anforderungen an Eigenschaften

Die im Folgenden dargestellten datentechnischen Anforderungen finden ihre Grundlage in den Vorgaben der DIN EN ISO 23386:2020-11 [6] und richten sich an die Ersteller der datentechnischen Modellierung von Eigenschaften. Die dort formulierten Anforderungen beziehen sich auf Attribute, sind jedoch für Parameter und für Referenzen gleichermaßen anwendbar.

Die datentechnischen Anforderungen an die Entwicklung von Eigenschaften betreffen neben dem Ersteller der datentechnischen Modellierung gleichermaßen den Ersteller der fachlichen Inhalte. Ein gegensätzliches prinzipielles Verständnis beider Fachdisziplinen ist unumgänglich.

Das datentechnische Modell muss

- einen global eindeutigen Bezeichner für jeden Eigenschaftsnamen (Code) zuweisen,
- jede Eigenschaft nach Parameter, Attribut, Referenz typisieren,
- für jede Eigenschaft den geeigneten Datentyp standardisieren (s. u.) und
- die Möglichkeit der Historisierung mit Datum der Erstellung, Aktivierung, Überarbeitung, letzte Änderung oder ggf. Deaktivierung eines Eigenschaftsnamens realisieren.

Bevor die fachlichen Eigenschaften erfasst werden, sind grundsätzliche Eigenschaften vom datentechnischen Modellierer festzulegen, die jedem Fachobjekt zuweisbar sind. Diese Eigenschaften realisieren grundlegende Paradigmen der Datenmodellierung (Identifizierung, Name, Änderungsverfolgung) und stellen Schnittstellen (weitere Identifizierungen) zu externen Quellen in einer gleichartigen, standardisierten Weise sicher, u. a:

- Identifizierung des Eigenschaftsobjekts über eine global eindeutige GUID (Globally Unique Identifier),
- Name, Typisierung oder Klassifizierung des Fachobjekts,
- Datum der Erstellung, Aktivierung, Überarbeitung, letzten Änderung oder ggf. Löschung eines Eigenschaftswerts innerhalb des Fachobjekts (automatisiert bei Nutzung der Softwareapplikation),

- Identifizierungen des Fachobjekts in externen Systemen, z.B. anderen Datenbanken.

Zusammenfassend können diese nicht fachlichen Inhalte als „Base“ bezeichnet werden. Diese Anforderungen sind im BIM zwingend erforderlich, werden derzeit von Softwareapplikationen jedoch nur teilweise umgesetzt.

Demgegenüber existieren Anforderungen an Eigenschaften, die auch von dem Ersteller der fachlichen Inhalte zwingend zu beachten sind. Diese sind:

- Eine Eigenschaft ist ein festzulegender Name, dem ein Wert zuzuweisen ist, z.B. Attributname = Wassergehalt; Attributwert = 15,7 %.
- Jeder Eigenschaftsname darf in einer Datenbank nur einmalig angelegt werden und ist entsprechend seiner thematischen Zuordnung in einer Kategorie organisiert. Bei Mehrfachverwendung ist der Inhalt zu referenzieren.
- Jede Eigenschaft weist einen bestimmten Typ (Parameter, Attribut, Referenz) sowie einen bestimmten Datentyp (Text, Einzelwert, Wertebereich etc.) auf, die in der Datenbank festgelegt sind (Tab. 5).
- Der Datentyp „Text“ ist nicht computerinterpretierbar und damit nur in Ausnahmen zulässig, z.B. die ausführende Firma oder der Name einer Baugrundschrift. Bei Mehrfachverwendung eines Textes ist dieser zu referenzieren.

- Jede Eigenschaft kann nur genau eine konkrete Ausprägung besitzen, z.B. den Wert 15,7 %. So sind bspw. für Spannweiten von Werten zwei Eigenschaften anzulegen (Minimalwert und Maximalwert), oder es ist ein entsprechender Datentyp festzulegen (Wertebereich).
- Jeder Datentyp eines Zahlenwerts ist in einer grundlegend definierten Einheit anzugeben. Diese Einheit richtet sich danach, ob der Wert als Basisgröße oder als abgeleitete Größe vorliegt und weist entsprechend eine SI-Einheit, z.B. kg oder m, oder eine daraus abgeleitete SI-Einheit, z.B. g/cm³, auf. Unabhängig davon ist die Darstellung des Werts in einer Softwareapplikation, die Werte in SI-Einheiten oder in Nicht-SI-Einheiten, z.B. g, mm, anzeigen kann.
- Es ist für jede Eigenschaft zu definieren, ob diese obligatorisch oder optional ist. Dies ist auch abhängig von der Entwicklungsstufe des Modells (Abschnitt 3.2).
- Jeder Eigenschaftsname erhält eine Beschreibung, wie die Eigenschaft zu verwenden ist.
- Jeder Eigenschaftsname sollte mindestens ein Beispiel für einen möglichen Wert aufzeigen.
- Für die Möglichkeit einer internationalen Anwendung der Eigenschaften sollten die Eigenschaftsnamen und Beschreibungen auch in englischer Sprache vorhanden sein.

Beispielhaft zeigt Bild 3 einen nicht abschließenden Datenkatalog für das Sub-Fachmodell der Homogen-

Datenkatalog für die Bauleistung Erdbau gemäß DIN 18300:2019-09 (Beispiel)

Eigenschaftsname*	Beschreibung*	obligatorisch	Typ	Referenztyp	Datentyp	Einheit	Beispiel
Bezeichnung	ortsübliche Bezeichnung	ja	Attribut	–	Text	–	schluffige Mittelsande
Körnungsband	Körnungsbänder	ja	Attribut	–	Graphik	–	
Korngrößen_Vorschrift	Angabe der Vorschrift		Referenz	Vorschriftenliste	Dropdown	–	DIN EN ISO 17892-4: 2017-04
rho	Feuchtdichte	ja	Attribut	–	Wertebereich	g/cm ³	rho_min = 1,9 g/cm ³ rho_max = 2,1 g/cm ³
rho_Vorschrift	Angabe der Vorschrift		Referenz	Vorschriftenliste	Dropdown	–	DIN EN ISO 17892-2:2015-03
Konsistenz_von	kleinste Konsistenz	ja	Referenz	Konsistenzliste	Dropdown	–	Konsistenz_von: steif
Konsistenz_bis	größte Konsistenz		Referenz	Konsistenzliste	Dropdown	–	Konsistenz_bis: fest
Konsistenz_Vorschrift	Angabe der Vorschrift		Referenz	Vorschriftenliste	Dropdown	–	DIN EN ISO 14688-1:2020-11
Bodengruppe	Bodengruppe DIN 18196	ja	Liste	Bodengruppen	Friends	–	SE, SU, ST, SU*, ST*
Bodengruppe_Vorschrift	Angabe der Vorschrift		Referenz	Vorschriftenliste	Dropdown	–	DIN 18196:2011-05

Vorschriftenliste

Vorschrift	Beschreibung*
DIN 18196:2011-05	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN EN ISO 14688-1: 2020-11	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung...
DIN EN ISO 17892-2: 2015-03	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben – Teil 2: ...
DIN EN ISO 17892-4: 2017-04	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: ...
...	....

Konsistenzliste nach DIN EN ISO 14688-1:2020-11

Konsistenz*	Beschreibung*
breiig	Der Finger kann leicht bis zu 25 mm ...
weich	Der Finger kann leicht bis zu 10 mm...
steif	Der Daumen erzeugt leicht einen Eindruck...
fest	Der Boden kann nur leicht mit dem Daumen...
halbfest	Der Boden kann mit einem Daumnagel...

* Der Eigenschaftsname, die Beschreibung und die Konsistenz sind zudem in englischer Sprache anzugeben.

Bild 3 Ausschnitt eines Beispiels für einen Datenkatalog für das Sub-Fachmodell der Homogenbereichsschichten der Bauleistung Erdbau gemäß DIN 18300:2019-09 [12]

Example for data dictionaries of the discipline-specific model of homogeneous areas for earthworks according to DIN 18300:2019-09 [12]

Tab. 5 Häufig auftretende Typen und Datentypen von Eigenschaften
Frequently used types and data types of properties

Typ	Datentyp	Beschreibung	Beispiel
Attribut	Text	Freitext	Schichtname: schluffige Mittelsande
	Einzelwert	Einzelwert	Messwert Wassergehalt: 15,7 %
Attribut oder Parameter	Wertebereich	Werteintervall	Steifemodul einer Baugrundschrift: ES_min = 2 MN/m ² ; ES_max = 5 MN/m ²
	Wertetripel	Drei Werte	Ergebnis einer Rammsondierung: 5-%-Fraktil, Mittelwert, 95-%-Fraktil
Attribut	Wahrheitswert	Auswahl „ja“ oder „nein“	Messaufnehmer funktionsfähig?
Attribut	Dateireferenz/ Link	Verknüpfung eines Bilds	Homogenbereich: Korngrößenband
Attribut	Datum	Datum eines Ereignisses	Baugrundaufschluss: 23.01.2017
Attribut	Aufzählung	Automatisierte Aufzählung mit definierten Werten, z. B. Ordnungszahlen	Aufzählung von Homogenbereichen: Erdbau 01, Erdbau 02, ...
Referenz	Dropdown	Auswahl eines Einzelwerts aus einer Liste	Vorschrift Bodengruppe: DIN 18196:2011-05
Referenz (Liste)	Friends	Aufzählung von mehreren Einzelwerten aus einer Liste	Bodengruppe: SE, SU, ST, SU*, ST*

bereichsschichten für die Bauleistung Erdbau gemäß DIN 18300:2019-09 [12].

Hinweis: Eine standardisierte Beschreibung von Eigenschaften in Datenkatalogen für das Sub-Fachmodell der Homogenbereichsschichten für Bauleistungen nach VOB/C sind von der BAW in Vorbereitungen und werden zeitnah veröffentlicht [13].

Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [Hrsg.] (2015) *Stufenplan Digitales Planen und Bauen* [online]. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am: 31. Mai 2021].
- [2] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [Hrsg.] (2019) *Handreichung und Leitfäden – Teil 1: Grundlagen und BIM-Gesamtprozess* [online]. https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil1.pdf [Zugriff am: 31. Mai 2021].
- [3] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [Hrsg.] (2019) *Handreichung und Leitfäden – Teil 7: Handreichung BIM-Fachmodelle und Ausarbeitungsgrad* [online]. https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil7.pdf [Zugriff am: 31. Mai 2021].
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [Hrsg.] (2018) *Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“ – AP 5: Konzept für Datenbanken* [online]. https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2018/08/BIM4INFRA2020_AP5_Datenbankkonzept_FINAL.pdf [Zugriff am: 31. Mai 2021].
- [5] 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>
- [6] DIN EN ISO 23386:2020-11 (2020) *Bauwerksinformationsmodellierung und andere digitale Prozesse im Bauwesen – Methodik zur Beschreibung, Erstellung und Pflege von Merkmalen in miteinander verbundenen Datenkatalogen (ISO 23386:2020)*. Berlin: Beuth Verlag.
- [7] DIN EN 17412:2019-07 Entwurf (2019) *Building Information Modelling – BIM-Definitionsgrade – Konzepte und Definitionen*. Berlin: Beuth Verlag.
- [8] VDI 2552 Blatt 4:2020-08 (2020) *Building Information Modeling – Anforderungen an den Datenaustausch*. Berlin: Beuth Verlag.
- [9] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [Hrsg.] (2019) *Handreichung und Leitfäden – Glossar* [online]. https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Glossar.pdf [Zugriff am: 31. Mai 2021].
- [10] VDI 2552 Blatt 1:2020-07 (2020) *Building Information Modeling – Grundlagen*. Berlin: Beuth Verlag.
- [11] DIN EN ISO 16739:2017-04 (2017) *Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement (ISO 16739:2013)*. Berlin: Beuth Verlag.
- [12] DIN 18300:2019-09 (2019) *VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erarbeiten*. Berlin: Beuth Verlag.

[13] Bauer, J. (2021) *Standardisierte Beschreibung der Eigenschaften im Fachmodell Baugrund für Bauleistungen nach*

VOB/C (Homogenbereiche). BAWBrief (in Vorbereitung). Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.

Autoren

Dr. rer. nat. Michael Molzahn
michael.molzahn@deutschebahn.com
Obmann des Arbeitskreises 2.14
DB Netz AG
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Dr. rer. nat. Klaus Tilger
klaus.tilger@apluss.de
A+S Consult GmbH
Schaufußstraße 19
01277 Dresden

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jörg Bauer (Korrespondenzautor)
joerg.bauer@baw.de
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Sascha Henke
sascha.henke@hsu-hh.de
Helmut-Schmidt-Universität/UniBW, Hamburg
Professur für Geotechnik
Holstenhofweg 85
22043 Hamburg

Zitieren Sie diesen Beitrag

Molzahn, M.; Bauer, J.; Henke, S.; Tilger, K. (2021) *Entwicklungsstufen und Attribuierung des Fachmodells Baugrund – Empfehlungen Nr. 2 des Arbeitskreises 2.14 der DGGT „Digitalisierung in der Geotechnik“*. geotechnik 44, H. 3, S. 209–218.
<https://doi.org/10.1002/gete.202100024>