

Technical Report

Nr. 10

hochschule 21

# **BIM in der Geotechnik**

## **Konzeptpapier**

**Olaf Möller und Klaus-Peter Mahutka**



hochschule 21 – Technical report, Nr. 10

2018

## **hochschule 21 – Technical report**

Buxtehude :  
hochschule 21 gemeinnützige GmbH  
Staatlich anerkannte private Fachhochschule  
Harburger Straße 6

21614 Buxtehude

Telefon: +49 4161 648 124  
Fax: +49 4161 648 123  
E-Mail: [bibliothek@hs21.de](mailto:bibliothek@hs21.de)  
<http://www.hs21.de>

ISSN 2196-5153

---

# BIM in der Geotechnik

## Konzeptpapier

**Dr.-Ing. Olaf Möller**, Arcadis Germany GmbH

**Prof. Dr.-Ing. Klaus-Peter Mahutka**, hochschule 21 Buxtehude

---

**ABSTRACT:** Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, 2015) sieht in dem Stufenplan Digitales Planen und Bauen die Einführung des Building Information Modelings (BIM) vor. Es handelt sich hierbei um eine kooperative Arbeitsmethode auf Grundlage eines digitalen Bauwerksmodells, das alle relevanten Informationen und Daten für den Lebenszyklus erfasst und verwaltet sowie zwischen allen Beteiligten ein reibungslosen Datenaustausch zulassen soll. Im Hochbau wurde BIM bereits bei einzelnen Projekten erfolgreich eingesetzt. Die Erfahrungen bei der Anwendung in der Geotechnik zeigen, dass meist nur ein Baugrundvolumenmodell aus den geologischen Bodenprofilen entwickelt wird. Ein Abgleich mit den derzeitigen gültigen Standards zeigt, dass ein einziges Baugrundvolumenmodell nicht ausreichend ist. Der vorliegende Bericht stellt Möglichkeiten dar, um BIM in der Geotechnik in Einklang mit den derzeitigen gültigen Standards umzusetzen.

**KEYWORDS:** BIM, Building Information Modeling, Volumenbaugrundmodell

**BIM in geotechnics, concept paper:** *The Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure envisages in the phased plan Digital Planning and Building the implementation of Building Information Modeling (BIM). The BIM is a cooperative work method based on a digital building model that collects and manages all relevant life-cycle information and data. It enables a smooth exchange of data between the parties involved in a project. In building construction the BIM has been used successfully in individual projects. For geotechnical engineering the BIM is mostly a underground volume model developed from the geological soil profiles. A correlation with the current standards shows that a single volume model is not sufficient. The following report presents possibilities to implement the BIM for geotechnics in accordance with current standards.*

**KEYWORDS:** *BIM, Building Information Modeling, soil volume model*

# 1 Einleitung

Gemäß dem Stufenplan Digitales Planen und Bauen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, 2015) bezeichnet das Building Information Modeling (BIM) eine kooperative Arbeitsmethode, mit der auf der Grundlage eines digitalen Bauwerksmodells die für den Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet sowie eine transparente Kommunikation zwischen allen beteiligten Fachdisziplinen vorsieht. Dies bedeutet insbesondere auch die Möglichkeit eines Austausches der Informationen bzw. Daten für die weitere Bearbeitung.

Nach dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur ist die Einführung des BIM in mehreren Phasen geplant.

In dem Zeitraum 2015 bis 2017 war die Vorbereitung zur Einführung geplant. Ab 2017 ist für drei Jahre die erweiterte Pilotphase, das sogenannte Leitungsniveau 1 vorgesehen.

Die Pilotphase soll dabei im Zeitraum von 2017 bis 2020 ablaufen und die Mindestanforderungen in den nach BIM zu planenden Projekten definieren. Die generellen Anforderungen werden in die folgende drei Bereiche unterteilt:

1. Daten
2. Prozesse
3. Qualifikation

Ab 2020 ist die BIM für alle neu zu planenden Projekte vorgesehen.

Bei der Anwendung der BIM hat der Auftraggeber grundsätzlich eindeutig zu definieren, welche Daten wann benötigt werden. Dies erfolgt in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA). In diesem Dokument sollen die Angaben der zu welchen Zeitpunkt erforderlichen Daten, mit der benötigten Detailtiefe und das gewünschte Datenformat beschrieben werden.

Basis der Daten sind geometrische Maße (Volumenmodelle), die durch relevante Bauwerks- bzw. Bauteilattribute, wie z. B. eingesetzte Baustoffe mitsamt deren Eigenschaften (z. B. Wärmedurchlässigkeit, Schallschutzeigenschaften oder den ökologischen Fußabdruck) ergänzt werden sollen.

Der Auftraggeber kann entscheiden, dass die digitale Beschreibung des Bauprozesses und die detailgenaue Aufgliederung der Kosten (5D-Modell) in die Leistung einzubinden sind. Bei der Erstellung der AIA ist generell mit dem späteren Nutzer bzw. Betreiber des Bauwerks eng zusammenzuarbeiten.

Das vorgenannte Dokument beschreibt die Daten, die vom Planer bzw. den ausführenden Unternehmen zu entwickeln bzw. zu liefern sind. Es fehlen derzeit aber die Vorgaben, die durch den

Sachverständigen für Geotechnik zu erbringen sind und die das Fundament jeglicher Baumaßnahme schaffen.

Es ist daher in dieser frühen Phase der Einführung des BIM dringend erforderlich, die Möglichkeiten und die Erfordernisse der geotechnischen Beratungsleistungen für BIM in Einklang mit den derzeitigen gültigen Standards zu bringen.

## **2 Allgemeine Anforderung**

Grundlage des BIM für jeden Fachbereich ist die Erstellung mindestens eines Volumenmodells (3D-Modell). In diesem Modell sind vorher zu definierende Informationen zu hinterlegen. Ggf. kann durch den Auftraggeber ein 4D- bzw. 5D-Modell gefordert werden. Hierbei werden zusätzlich zu den für die Planung benötigten Daten, der Zeitplan und die Kosten dem Modell hinterlegt.

Entsprechend den Forderung des BIM hat der für den Baugrund zuständige Sachverständigen für Geotechnik als Basis jeder Bauwerksplanung ein räumliches Baugrundmodell zu erstellen. Der Baugrund ist nach DIN 4020 (2003) definiert als

„Boden bzw. Fels einschließlich aller Inhaltsstoffe (z. B. Grundwasser und Kontaminationen), in und auf dem das Bauwerk gegründet bzw. eingebettet werden sollen bzw. sind, oder der durch Baumaßnahmen beeinflusst wird.“

Es ist zu definieren, welche und mit welchem Detaillierungsgrad die Modelle durch den Sachverständigen für Geotechnik zu erstellen sind. Es ist hierbei zu klären, welches räumliche Ausmaß das Modell haben sollte. Im Bereich der Geotechnik ist es nicht nur ausreichend die Bauwerksgrundfläche abzubilden, da beispielsweise für die Herstellung des Bauwerks eine Baugrube erforderlich ist, die ggf. Einfluss auf das Umfeld der Baumaßnahme hat. Weiterhin ist festzulegen, welche Daten in den Modellen zu hinterlegen sind.

## **3 Anforderungen gemäß Eurocode 7 (DIN EN 1997-1 (2009) und DIN EN 1997-2 (2010))**

### **3.1 Grundlagen**

Nach DIN 4020 (2010) sind der Umfang, die Ergebnisse, die Auswertung und Interpretationen von geotechnischen Untersuchungen in dem Geotechnischen Bericht zusammenzustellen. Der Geotechnische Bericht gliedert sich dabei in zwei Teile. Der erste Teil ist der Geotechnische

Bauwerk	Zu planende Aufschlüsse
Hoch- und Industriebauten	Rasterabstand der Aufschlusspunkte 15 m bis 40 m
Großflächige Bauwerke (z. B. Deponien)	Rasterabstand der Aufschlusspunkte < 60 m
Linienbauwerke	Abstand der Aufschlusspunkte 20 m bis 200 m
Sonderbauwerke (z. B. Brücken, Schornsteine)	Aufschlusspunkte je Fundament 2 bis 6
Staumauern, -dämme, Wehre	Abstand der Aufschlüsse 25 m bis 75 m in charakteristischen Schnitten

**Tabelle 1:** Mindestuntersuchungsumfang gemäß DIN EN 1997-2, B.3

Untersuchungsbericht. Der Untersuchungsbericht beschreibt die Art und den Umfang der durchgeführten Untersuchungen.

In der DIN EN 1997-2 wird genau beschrieben, welche Mindestanforderungen dieser Bericht zu erfüllen hat. In Abschnitt 6.3 (3) wird die tabellarische und grafische Darstellung der Ergebnisse von Feld- und Laboruntersuchungen in Querschnitten gefordert. Die vorgenannten geologischen Schnitte haben die wesentlichen Schichten und deren Grenzen einschließlich des Grundwasserspiegels in Bezug auf die Anforderungen an das Bauvorhaben zu enthalten. Weiterhin sind die geotechnischen Kenngrößen für jede einzelne Schicht aufzutragen. Bei der Modellbildung sind mögliche Schwächezonen zu erkennen und darzustellen.

Ein Zusammenfassung von feingeschichteten Lagen mit deutlich unterschiedlicher Zusammensetzung und/oder verschiedenen mechanischen Eigenschaften darf nach DIN EN 1997-2, Abs. 6.2 (7) als eine Schicht betrachtet werden, wenn das Gesamtverhalten maßgebend ist und das Gesamtverhalten angemessen durch die gewählten geotechnischen Kenngrößen abgebildet wird.

Die DIN EN 1997-2, Abs. 6.2 (7) beschreibt, dass Schichtgrenzen sowie der Grundwasserspiegel üblicherweise durch lineare Verbindung zwischen den Untersuchungspunkten ermittelt werden dürfen, wenn die Abstände der Untersuchungspunkte ausreichend klein und die Baugrundverhältnisse ausreichend homogen sind. Die Wahl der Interpolationsverfahren sollte dokumentiert und begründet werden.

Für die Anzahl der benötigten Felduntersuchungen gibt die DIN EN 1997-2, in Anhang B.3 eine Empfehlung. Die hier angegebenen Erkundungstiefen sind nach DIN 4020 als die Mindesttiefen der Erkundung zu werten. Die Lage der Aufschlusspunkte ist nach DIN 4020, Abs. 6.2 A(5) in einem Lageplan darzustellen. Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in maßstäblichen Schnitten

gemeinsam höhengerecht nach DIN 4023, der Normreihe DIN 4094 und der Normreihe DIN EN ISO 22476 aufzutragen. Die Darstellung hat eine für die Entwurfsbearbeitung erforderliche Zusammenschau der Schichtenfolge, der Grundwasserstände, von Diskontinuitäten und lokalen Besonderheiten im Baugrund zu ergeben.

Nach der DIN 4020, Abs. 6.2 A(7) sind die Aufschlusspunkte mit Hinweisen auf Gase und Schadstoffe in einem Lageplan darzustellen. Die Konzentrationen sind tabellarisch und zeichnerisch in Ihrem zeitlichen Verlauf zu erfassen.

Der zweite Teil des Geotechnischen Berichts gemäß DIN 4020, Abs. A7.2 ist die Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungen (sog. Baugrundbeurteilung) sowie die Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise (sog. Gründungsempfehlung).

Die Auswertung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse hat ein geometrisches Berechnungsmodell zu enthalten. Das Berechnungsmodell soll eine Vereinfachung der Baugrundverhältnisse für Standsicherheits-, Verformungs- oder sonstigen Berechnungen darstellen. Es sind dabei alle für die benötigten Nachweise maßgebenden Gegebenheiten des Baugrunds (z. B. Schichten Diskontinuitäten, Einschlüsse, Störungen) in der jeweils zu erwartenden ungünstigsten Geometrie zu berücksichtigen, vgl. DIN 4020, Abs. A7.3.1.

Für die jeweils anzugebende Schicht sind die für die Nachweise benötigten charakteristischen Bodenkenngrößen anzugeben. Nach DIN 4020, Abs. A7.3.2 sind den Schichten charakteristische Werte für Bodenkenngrößen unter Beachtung der in DIN EN 1997-1, Abs. 2.4.5 festgelegten Regeln zuzuordnen.

Weiterhin ist nach DIN 4020, Abs. A7.3.4 der charakteristische Wert für das Grundwasser (Grundwasserstand) nach DIN EN 1997-2, Abs. 3.6.3 anzugeben.

Nach BWK-Merkblatt Nr. 8 ist der Bemessungswasserstand der Grundwasserhöchststand, der sich witterungsbedingt einstellen kann. Bei der Ermittlung des Bemessungswasserstandes sind die dauerhaften verbindlich festgeschriebenen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zu unterscheiden und mit ihren Auswirkungen auf den Grundwasserstand zu berücksichtigen. Weitere Regelungen finden sich in der DIN EN 1997-1, Abs. 2.4.6.1.

## **3.2 Fazit**

Die generelle Forderung für das BIM ist die Erstellung eines Volumenmodells zur Planung, zur Ausführung sowie für den Betrieb des Bauwerks. Der Geotechnische Bericht hat alle geotechnischen Informationen zu enthalten, die für die Planung und Bemessung des Bauwerks erforderlich sind. In Rahmen des Geotechnischen Berichts sind generell zwei Baugrundmodelle zu erarbeiten. Das erste Modell resultiert aus dem in dem Geotechnischen Untersuchungsbericht (Teil 1 des

Geotechnischen Berichts) geforderten geologischen Schnitt mit den angetroffenen Grundwasser-Verhältnissen. Dieses Modell soll die in situ Verhältnisse des Baugrunds darstellen. Im zweiten Teil des Geotechnischen Berichts ist das geometrische Bemessungsmodell zu erstellen. Dieses Modell ist eine Vereinfachung der Baugrundsituation zur Durchführung der geforderten Nachweise.

Die Tiefe der Modelle ist durch die DIN 4020 mit Angaben der Mindestuntersuchungstiefe definiert. Für die Fläche des Modells sollte generell gelten, dass die Ausbreitung des geologischen bzw. geotechnischen Modells so gewählt ist, dass kein Einfluss des Bauwerks während des Baus und des Betriebs auf die Modellränder mehr zu erwarten ist. Mögliche Einflussfaktoren auf das Umfeld durch das Bauwerk können beispielsweise sein:

- Herstellen einer statischen Baugrubensicherung (Böschungen, vertikaler- oder horizontaler Verbau)
- Wasserhaltungsmaßnahmen während des Baus und des Betriebes
- Herstellung von Dichtwänden

### 3.2.1 Geologisches Volumenmodell

In dem geologischen Schnitt sind gemäß der DIN EN 1997-2 die Bodenprofile mit den gemessenen Grundwasserständen sowie die Messdiagramme der indirekten Aufschlussverfahren, wie z. B. das Rammdiagramm aufzutragen. Bei dem geologischen Modell handelt es sich um ein ebenes Modell. Im Rahmen des BIM ist dieses Modell in ein Volumenmodell zu überführen. Das räumliche Modell hat in Übereinstimmung mit den Vorgaben der DIN EN 1997-2 ebenfalls die Bodenprofile, die Diagramme der indirekten Aufschlüsse sowie die gemessenen Grundwasserstände zu enthalten.

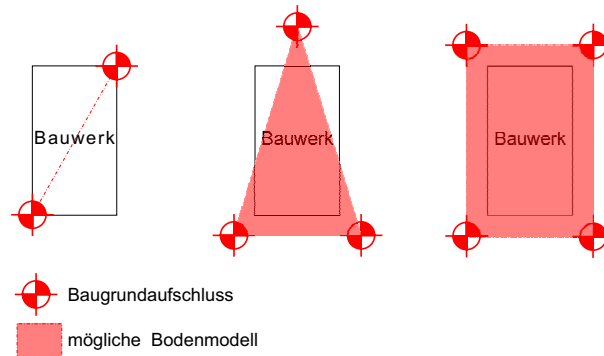
Es wird empfohlen, zur Erstellung eines Volumenmodells die Mindestanzahl der Aufschlusspunkte gemäß DIN EN 1997-2 einzuhalten. Generell gilt, dass eine Aussage zu den Baugrundverhältnissen zwischen zwei Aufschlusspunkten nur durch eine Interpolation zulässig ist. Die Extrapolation von Aufschlussergebnis ist gemäß der vorgenannten Norm nicht vorgesehen.

Bei der Planung der Baugrunduntersuchung ist bereits zu beachten, dass durch die Wahl der Aufschlusspunkte eine spätere Ermittlung der Baugrundverhältnisse im gesamten Untersuchungsgebiet möglich ist. Dies betrifft insbesondere die Eckbereiche des geplanten Bauwerks, die entweder durch Interpolation von Aufschlüssen oder auch durch durchgeführte Aufschlüsse selbst abgebildet werden können.

Die Forderung der DIN EN 1997-2 beispielsweise, bei Sonderbauwerken nur zwei Aufschlüsse auszuführen, ist bei der Erstellung eines räumlichen Modells nicht ausreichend, da aus mathematischer Sicht mit zwei Punkten nur ein ebenes Modell (2D-Modell) erstellt werden kann, vgl. Bild 1.



Die Mindestanzahl an Aufschlüssen sollte daher den Wert drei nicht unterschreiten. Die Maximalabstände der Aufschlüsse der vorgenannten Norm sollten dabei nicht unterschritten werden, sodass ggf. weitere Aufschlüsse erforderlich werden. Zur Optimierung der Anzahl der Aufschlusspunk-



**Bild 1:** Exemplarische Darstellung von Baugrundmodellen in Abhängigkeit der Aufschlussanzahl

te können Altaufschlüsse aus diversen Archiven herangezogen werden. Die Altaufschlüsse sind grundsätzlich zuvor auf Plausibilität zu prüfen. Die heute üblichen Geoportale enthalten teilweise Altaufschlüsse, die vereinzelt vor über hundert Jahren ausgeführt wurden. Vor der Verwendung von Altaufschlüssen ist allerdings nicht nur die geotechnische Ansprache auf Plausibilität zu prüfen, sondern die Höhe des Ansatzpunktes ist ggf. auf das derzeitige verwendete Höhenbezugssystem DHHN2016 umzurechnen.

Geologische Karten können und sollten generell zur Erarbeitung von geologischen Volumenmodellen herangezogen werden. Bei den geologischen Karten handelt es sich derzeit überwiegend um ebene Modelle (Lagepläne und Schnitte), sodass hier in der Regel keine bzw. nicht ausreichende Informationen über die Tiefenlage der Schichtgrenzen entnommen werden können. Geologische Karten eignen sich daher insbesondere für die Plausibilitäts- und Qualitätskontrolle. Sie sind aber grundsätzlich nicht geeignet, um die Anzahl der benötigten Aufschlusspunkte zu reduzieren.

Für die Erstellung eines geologischen Volumenmodells können die Bereiche zwischen den Aufschlusspunkten durch Interpolation ermittelt werden. Die DIN EN 1997-2 lässt generell eine lineare Interpolation der Daten zu. Hierbei sind ggf. Anomalien (Störungen, etc.) zu berücksichtigen. Es ist aber beispielsweise aufgrund von örtlichen Erfahrungen zu prüfen, ob andere Interpolationsverfahren günstiger sind. Die Wahl des Verfahrens hat durch den Sachverständigen für Geotechnik zu erfolgen und ist grundsätzlich zu begründen.

In dem geologischen Volumenmodell sollten die Bodenschichten beschrieben werden. Dies kann durch eine Verknüpfung der Schichten mit den Ergebnissen der durchgeführten Baugrundaufschlüsse erfolgen. Die Bodenbeschreibung ist ggf. durch die bei der Baugrunduntersuchung angetroffenen Besonderheiten zu ergänzen. Dies können beispielsweise organoleptische Auffälligkeiten oder angetroffene Fremd Beimengungen sein.

Das geologische Volumenmodell sollte über die Bodenschichtungen hinaus die gemessenen Grundwasserverhältnisse enthalten. Bei den geologischen Schnitten sind dabei sämtliche ermittelte Grundwasserleiter zu berücksichtigen. Ggf. sind dabei für gespannte Grundwasserleiter Grundwasserdruckhöhen anzugeben.

Die Grundwasserverhältnisse sind erfahrungsgemäß jahreszeitlich bedingt schwankend. Es können auch weitere Randbedingungen Einflüsse auf das Grundwasser haben, wie z. B. die Gezeiten. Diese zeitlich abhängigen Einflüsse sind durch ein einzelnes geologisches Modell nicht abzubilden. Es sind daher ggf. im Rahmen des BIM weiter geohydraulische Modelle erforderlich, die die zeitlichen Grundwasserstände sowie die Grundwasserfließrichtung darstellen.

### **3.2.2 Geometrisches Berechnungsmodell**

Im zweiten Teil des Geotechnischen Berichts ist nach DIN 4020 die Darstellung eines geometrischen Berechnungsmodells gefordert. Bei dem geometrischen Berechnungsmodell handelt es sich um ein mathematisches Hilfsmodell für die durchzuführenden Berechnungen und somit nicht wie bei dem geologischen Modell um eine möglichst genaue Darstellung der natürlichen Baugrundverhältnisse.

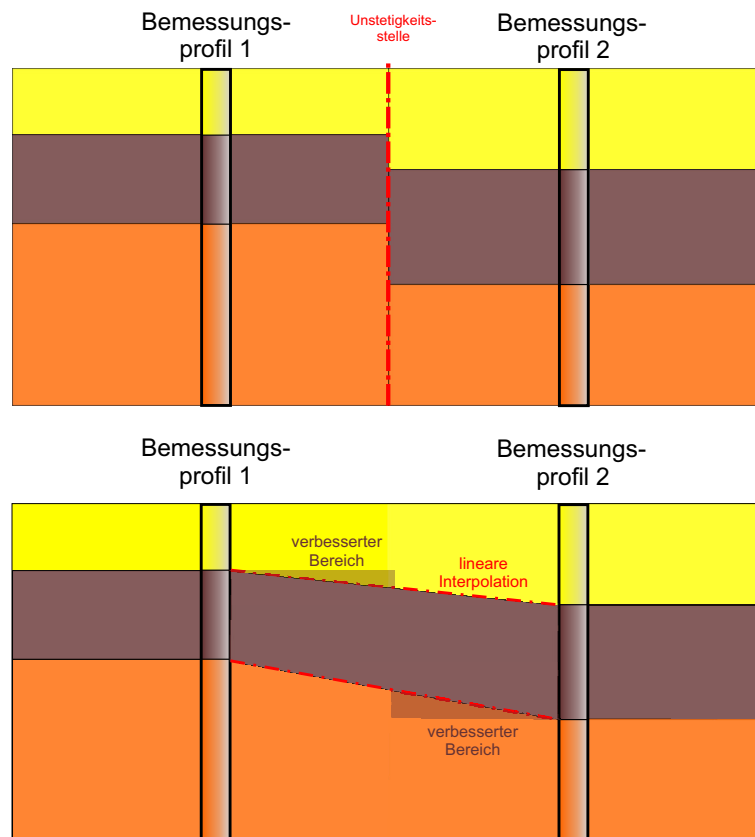
Das Berechnungsmodell stellt daher eine Vereinfachung der Baugrundverhältnisse für Berechnungen dar. Es sind dabei die für die benötigten Standsicherheitsnachweise maßgebenden Gegebenheiten des Baugrunds in der jeweils zu erwartenden ungünstigsten Geometrie zu berücksichtigen.

Bei einfachen Bodenverhältnisse kann das geometrische Berechnungsmodell aus sogenannten Bemessungsprofilen bestehen. Die Berechnungsprofile werden durch den Sachverständigen für Geotechnik ausgewählten Bereichen der Untersuchungsflächen zugeordnet. Im Bemessungsprofil sind die anzusetzenden Bodenschichtgrenzen sowie die für die Berechnungen erforderlichen charakteristischen Werte der Bodenkenngrößen anzugeben. Bei komplexeren Baugrundverhältnissen kann es erforderlich sein, statt einem Profil ein Bemessungsschnitt zu erstellen. Im Rahmen des BIM ist das geometrische Berechnungsmodell für die weitere Planung in ein geometrisches Volumenkörpermodell zu überführen.

Gemäß der DIN 4020, Abs. A7.3.1 ist bei der Erstellung des geometrischen Berechnungsmodells die jeweils zu erwartende ungünstigste Geometrie zu berücksichtigen, sodass für das Volumenmodell das Bemessungsprofil über den gültigen Flächenbereich aufgetragen werden kann. An den Grenzen zwischen den Einflussbereichen unterschiedlicher Bemessungsprofile kann es daher zu Unstetigkeitsstellen (Sprüngen) bei den Schichtgrenzen kommen. Teilweise kann eine Bodenschicht von dem Einflussbereich eines Bemessungsprofils zum Nächsten vollständig verschwinden.

Ggf. ist zu überprüfen, ob zwischen zwei Bemessungsprofilen eine Interpolation möglich ist. Zwi-

schen Bemessungsprofilen, die einen vergleichbaren Bodenaufbau haben, ist eine Interpolation generell möglich, bedarf aber einer kritischen Wahl des Interpolationsverfahrens. Beispielsweise kann durch eine lineare Interpolation zwischen Bemessungsprofilen ein Volumenmodell erzeugt werden, dass nicht wie in der DIN 4020 gefordert auf der sicheren Seite liegend ist, vgl. Bild 2. Für



**Bild 2:** Exemplarische Darstellung von geometrischen Berechnungsmodellen, oben: Bemessungsprofile mit den Einflussbereichen, unten: Bemessungsprofil mit linearer Interpolation der Zwischenbereiche

das BIM ist das geometrische Volumenmodell mit den charakteristischen Werten der Bodenkenngrößen zu ergänzen. Als Mindestumfang jeder Bodenschicht sollten folgen Bodenkennwerte den Schichten hinterlegt sein.

- feucht Wichte  $\gamma$  sowie effektive Wichte  $\gamma'$
- Reibungswinkel  $\varphi'$  und dränierte Kohäsion  $c'$
- undräßierte Kohäsion  $c_u$
- Steifemodul  $E_s$  und ggf. Steifemodul der Wiederbelastung  $E_{s,w}$

Bei einer Pfahlgründung sind die charakteristischen Werte für den Pfahlspitzendruck  $q_{b,k}$  und Mantelreibung  $q_{s,k}$  für die im Geotechnischen Bericht empfohlenen Pfahltypen mit aufzuführen.

Das geometrische Berechnungsmodell hat alle zur Bemessung von Bauteilen relevanten Angaben zu enthalten. Hierzu gehören neben den Kennwerten der Bodenkenngrößen auch die Grundwasserstände.

Es folgt hieraus, dass das geometrische Berechnungsmodell alle Wasserstände für die grundwasserführenden Bodenschichten mindestens für die Bemessungssituation BS-P (ständige Situation, Bemessungswasserstand) sowie für BS-T (vorübergehende Situation, Bauwasserstand) enthalten sollte.

## **4 Anforderungen gemäß VOB, Teil C-Homogenbereiche (VOB, 2016)**

### **4.1 Grundlagen**

Mit der Einführung der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) Ergänzungsband 2015 zur VOB Gesamtausgabe 2012 wurden zahlreiche Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) fachtechnisch überarbeitet. Die größte Änderung für die Bauverfahren in der Geotechnik erfolgte u. a. in den Normen DIN 18300 bis 18324 durch die Einführung der Homogenbereiche (VOB, 2016).

Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Bauverfahren vergleichbare Eigenschaften aufweist. Sind ggf. umwelttechnische Parameter zu beachten, so sind diese generell bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen, FUCHS und HAUGWITZ (2016).

Für die Homogenbereiche sind Eigenschaften und Kennwerte sowie deren ermittelte Bandbreite anzugeben. Die Verfahren zur Kennwertermittlung sind in der VOB (2016) vorgegeben. Wenn mehrere Verfahren zur Bestimmung möglich sind, ist die Norm oder die Empfehlung, nach der Eigenschaften und Kennwerte ggf. zu überprüfen sind, anzugeben.

### **4.2 Fazit**

Aus der Forderung, die Homogenbereiche für die einzelnen Gewerke des Tiefbaus im Rahmen des BIM darzustellen folgt, dass für jedes gewähltes Bauverfahren ein Modell zu erstellen ist.

Die Homogenbereiche sind in einem für jedes Gewerk spezifische Volumenmodell zu erfassen.

Nr.	Eigenschaften/Kennwerte	DIN 18300 (GK 2, GK 3)	DIN 18300 (GK 1)	DIN 18301	DIN 18304	DIN 18311	DIN 18312	DIN 18313	DIN 18319	DIN 18320	DIN 18321	DIN 18324
1	Ergänzende ortsübliche Bezeichnung	x		x	x	x	x	x	x		x	x
2	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern	x		x	x	x	x	x	x		x	x
3a	Massenanteil an Steinen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3b	Massenanteil an Blöcken	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1						Schildvortrieb		x			x
5	Dichte	x					x	x	x			x
6	Kohäsion			x			Schildvortrieb					
7	Undränierete Scherfestigkeit	x		x		x	x	x	x		x	x
8	Sensitivität						Schildvortrieb		x			
9	Wassergehalt	x		x	x	x	x	x	x		x	x
10	Konsistenzgrenzen		x			x						
11	Plastizitätszahl	x		x	x		x	x	x		x	x
12	Konsistenzzahl	x		x	x		x	x	x		x	x
13	Durchlässigkeit								x			x
14	Lagerungsdichte Definition und Bestimmung	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
15	Kalkgehalt					x		x				x
16	Sulfatgehalt											x
17	Organische Anteile	x				x	Schildvortrieb	x	x			x
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden					x			x			x
19	Abrasivität			x			x		x			x
20	Bodengruppe	x	x	x	x	x	x	x	x	DIN 18915	x	x

x nach VOB/C gefordert

DIN 18300 Erdarbeiten;      DIN 18301 Bohrarbeiten;      DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Verpressarbeiten;  
DIN 18311 Nassbaggerarbeiten;      DIN 18312 Untertagebauarbeiten;      DIN 18313 Schlitzwandarbeiten;  
DIN 18319 Rohrvortriebsarbeiten;      DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten;  
DIN 18321 Düsenstrahlarbeiten;      DIN 18324 Horizontalspülbohrarbeiten

**Tabelle 2:** Matrix mit den erforderlichen Kennwerten zur Baugrundbeschreibung für Boden gemäß VOB (2016) Teil C (FUCHS und HAUGWITZ, 2016)

Jedem Homogenbereich sind die nach der zugehörigen ATV geforderte Kennwerte mit Angaben über die Ermittlungsverfahren zu hinterlegen, vgl. Tabellen 2 und 3.

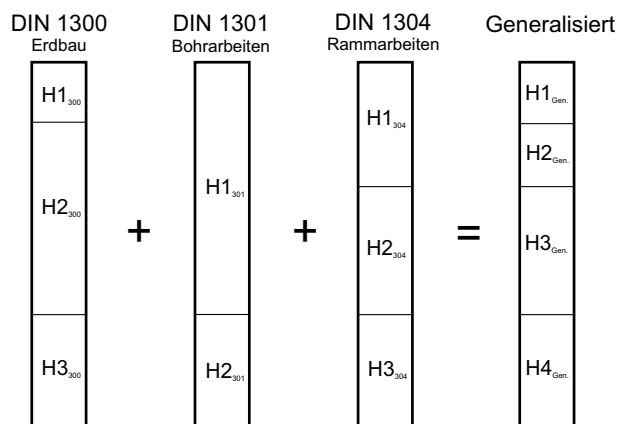
Es ist zu überlegen, ob nach Bildung der Homogenbereiche für sämtliche benötigte Gewerke generalisierte Homogenbereiche erzeugt werden sollten. Es sind hierbei die gewerkspezifischen Homogenbereiche aller Bauverfahren zu vergleichen und in dem generalisierten Homogenbereich unabhängig vom Gewerk zusammenzufassen. Eine schematische Darstellung einer Umwandlung von Homogenbereichen einzelner Gewerke in generalisierte Homogenbereiche wird in dem Bild 3 dargestellt. Der Vorteil der Generalisierung ist, dass für das BIM nur ein Volumenmodell mit Angabe der zugehörigen Kennwerte zu erstellen ist. Die Nachteile sind, dass die generalisierten Homogenbereiche aufgrund der Überlagerung der gewerkspezifischen Homogenbereiche eine feinere Schichtung und größere Bandbreiten der Kennwerte aufweisen.

Nr.	Eigenschaften/Kennwerte	DIN 18300 (GK 2, GK 3)	DIN 18300 (GK 1)	DIN 18301	DIN 18304	DIN 18311	DIN 18312	DIN 18313	DIN 18319	DIN 18320	DIN 18321	DIN 18324
1	Benennung von Fels	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
2	Dichte	x				x	x	x	x			x
3	Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit	x	x	x		x	x	x	x		x	x
4	Kalkgehalt							x				x
5	Sulfatgehalt											x
6	Druckfestigkeit	x		x	x	x	x	x	x			x
7	Spaltzugfestigkeit							x				
8	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	x	x	x		x	x	x	x			x
9	Öffnungsweite und Kluftfüllung von Trennflächen						x	x				
10	Gebirgsdurchlässigkeit								x			x
11	Abrasivität			x			x		x			x
12	Ergänzende örtliche Bezeichnung	x		x	x	x	x	x	x		x	x

x nach VOB/C gefordert

DIN 18300 Erdarbeiten;	DIN 18301 Bohrarbeiten;	DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Verpressarbeiten;
DIN 18311 Nassbaggerarbeiten;	DIN 18312 Untertagebauarbeiten;	DIN 18313 Schlitzwandarbeiten;
DIN 18319 Rohrvortriebsarbeiten;	DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten;	
DIN 18321 Düsenstrahlarbeiten;	DIN 18324 Horizontalspülbohrarbeiten	

**Tabelle 3:** Matrix mit den erforderlichen Kennwerten zur Baugrundbeschreibung für Fels gemäß VOB (2016) Teil C (FUCHS und HAUGWITZ, 2016)



**Bild 3:** Schematische Darstellung der Erstellung von einem generalisierten Homogenbereiche in Anlehnung nach FUCHS und HAUGWITZ (2016)

## 5 Zusätzliche Baugrundmodelle

Im Rahmen des BIM sollen alle für die Planung, die Ausführung und den Betrieb erforderlichen Modelle erfasst werden. Die Modelle des Baugrunds umfassen dabei nicht nur die o. g. geologischen und geotechnischen Modelle, sondern weitere den Baugrund betreffende Modelle.

Hierzu gehören u. a., wie bereits in Abschnitt 3.1 erwähnt, hydrogeologische Modelle oder auch Altlastenmodelle ggf. nach Schadstoffart getrennt.

Ein hydrogeologisches Volumenmodell sollte die Grundwasserstände bzw. -druckhöhen, die Fließ-

richtung, ggf. unter Berücksichtigung zeitlicher Änderungen, sowie die Geologie für alle vorhandenen Grundwasserleiter enthalten. Die Durchlässigkeit der Bodenschichten ist ebenfalls anzugeben.

Ein Altlastenmodell kann die räumliche Ausbreitung von Schadstoffen zeigen unter Angabe der Art der Schadstoffbelastung und ggf. Angabe von Schadstoffkonzentrationen.

## 6 Ergänzende Gedanken Anregungen

### 6.1 Detailtiefe

Generell kann der Auftraggeber die Detailtiefe der zu verwendeten Modelle festlegen. Nach dem BIM-Kompendium, Fraunhofer IRD Verlag, wird die Detaillierungstiefe (Level of Details, kurz: LoD) in folgende fünf Stufen eingeteilt:

1. LoD 100 (konzeptionell): Allgemeine Baukörpergeometrie mit Fläche, Höhe, Volumen, Positionierung und Orientierung, modelliert in 3D oder durch andere Daten beschrieben.
2. LoD 200 (ungefähre Geometrie): Modellelemente werden als vereinfachte Baugruppen oder Anlagen mit ungefähren Mengen, Abmaßen, Formen, Positionierungen und Orientierungen erstellt. Einige alphanumerische Informationen können den Modellelementen zugewiesen werden.
3. LoD 300 (genaue Geometrie): Modellelemente werden als Baugruppen oder Anlagen mit den exakten Mengen, Abmaßen, Formen, Positionierungen und Orientierungen erstellt. Weitere alphanumerische Informationen können den Modellelementen zugewiesen werden.
4. LoD 400 (Ausführung): Modellelemente werden als Baugruppen oder Anlagen mit den exakten Mengen, Abmaßen, Formen, Positionierungen und Orientierungen erstellt und mit allen Herstellungsinformationen, Bau- und Zubehörteilen und Ausführungsdetails ergänzt. Weitere alphanumerische Informationen können den Modellelementen zugewiesen werden.
5. LoD 500 (Bestandsdokumentation): Modellelemente werden als die gebauten Baugruppen und Anlagen mit den in der Ausführung realisierten Mengen, Abmaßen, Formen, Positionierungen und Orientierungen dokumentiert. Weitere alphanumerische Informationen können den Modellelementen zugewiesen werden.

Die vorgenannten Detaillierungsgrade wurde in Anlehnung an die Planungsphasen der HOAI entwickelt und können vereinfachend wie folgt eingeteilt werden:

Vorplanung	- Lph 1/2 $\approx$ LoD 100
Entwurfsplanung	- Lph 3 $\approx$ LoD 200/300
Genehmigungsplanung	- Lph 4 $\approx$ LoD 200/300
Ausführungsplanung	- Lph 5 $\approx$ LoD 400
Ausschreibung	- Lph 6/7 $\approx$ LoD 400
Bestandsplanung	- Lph 8/9 $\approx$ LoD 500

Die geotechnischen Leistungen sind nicht Bestandteil der Leistungsphasen, sodass die Vorgabe der Detailtiefe nach vorgenannter Skalierung für die geologischen und geotechnischen Modelle als unbrauchbar zu werten ist. Für die Detailtiefe sind die Vorgaben der derzeit gültigen Standards (Eurocode 7 inkl. der nationalen Ergänzungen und Erweiterungen) einzuhalten.

Für hydrogeologische Modelle sowie Altlastenmodelle kann die Vorgabe einer Detailtiefe sinnvoll sein. Für ein Altlastenmodell kann beispielsweise die Angabe der Schadstoffausdehnung ausreichend sein. In Rahmen einer Sanierungsmaßnahme ist es erforderlich, auch Schadstoffkonzentrationen mit Angabe der zeitlichen Veränderungen zu erfassen.

Es ist aber auch vorstellbar, dass ein Altlastenmodell nicht nur bei hochbelasteten Böden oder Grundwässer erstellt wird, sondern dass im Rahmen des vorgenannten Modells nur eine orientierende oder deklarierende Einstufung nach den Entsorgungsklassen gemäß LAGA (2003) vorgenommen werden kann. Bei einer fortschreitenden Planung kann den Modellen die Kosten für die Entsorgung des Bodenaushubs hinterlegt werden.

## 6.2 Geotechnisches 5D-Modell

Das BIM sieht vor, dass nicht nur ein Volumenmodell erstellt wird, sondern dies auch mit Daten zu hinterlegen ist. Die vierte und fünfte Dimension steht dabei für die Kosten sowie für die Zeitplanung.

Der Sachverständige für Geotechnik plant keine Bauleistungen, sondern wandelt die natürlichen Baugrundverhältnisse in ein mathematisches Modell sowie Empfehlungen für den Bau um, sodass die folgenden Fachplaner die Basis für rechnerischen Nachweise haben und das Verhalten für mögliche Bauverfahren abschätzen können.

Mögliche Kosten sowie Zeitpläne können daher erst bei Festlegungen von Bauverfahren durch den geotechnischen Fachplaner festgelegt bzw. in den Modellen ergänzt werden.



## 7 Zusammenfassung

Mit dem Fortschritt im Bauwesen wird eine stärkere Digitalisierung erforderlich und gefordert. Ein wesentlicher Schritt stellt dabei die Einführung des Building Information Modeling (BIM) dar. Für den Hochbau bzw. den konstruktiven Ingenieurbau wurden bereits verwendbare Konzepte und Vorgaben dafür entwickelt, was bei der Anwendung von BIM erarbeitet werden soll. Derzeit fehlen aber Konzepte bzw. Vorgaben, wie mit BIM in der Geotechnik umgegangen werden soll.

Die Erfahrungen zeigen, dass eine Vielzahl von Ingenieuren bei der Anwendung von BIM in der Geotechnik ausschließlich die Erstellung eines Volumenmodells des Baugrunds mit Verknüpfung von Bodenkennwerten verstehen. Dieses Modell soll dann der Planung, dem Bau und den Betrieb des Bauwerks dienen.

Ein Vergleich mit den derzeitigen Standards zeigt, dass ein solches Modell den Anforderungen der allgemeinen anerkannten Regeln der Technik nicht entspricht. Die Korrelation mit dem Eurocode 7 sowie mit den dazugehörigen nationalen Anhängen sowie Ergänzungen zeigt, dass mindestens ein geologisches Volumenmodell sowie ein geometrisches Berechnungsmodell zu erstellen sind. Es kann gezeigt werden, welche Datensätze mindestens in den Baugrundvolumenmodellen zu hinterlegen sind.

Für die Bauausführung kann nach Vorgabe des Bauherrn die VOB herangezogen werden. Hiernach sind Homogenbereiche für die geplanten Bauverfahren zu erstellen. Nach der VOB ist für jedes einzelne Gewerk ein Homogenbereich zu erstellen. Es ist zu prüfen, ob eine Generalisierung der Homogenbereiche, wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, eine Option für die Anwendung des BIM darstellt.

Unabhängig von der Art und Anzahl der geotechnischen Modelle für BIM kann das räumliche Ausmaß der Modelle durch die Vorgaben des Eurocodes 7 eindeutig definiert werden. Die Tiefe der Modelle wird durch die Mindesterkundungstiefe für die Baugrunduntersuchungen gemäß DIN 4020 bzw. DIN EN 1997-2 vorgeschrieben. Die horizontale Ausbreitung des Baugrundmodells sollte so gewählt sein, dass eine Beeinflussungen der Modellränder durch die geplante Baumaßnahme ausgeschlossen ist.

Es wird weiterhin gezeigt, dass weitere Baugrundmodelle ggf. nützlich sein könnten, wie beispielsweise hydrogeologische Volumenmodelle oder Altlastenvolumenmodelle.

## Literatur

- BMVI (2015). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Stufenplan Digitales Planen, Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken und Bauen.
- DIN 4020 (2003). Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke.
- DIN 4020 (2010). Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2.
- DIN EN 1997-1 (2009). Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009.
- DIN EN 1997-2 (2010). Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010.
- FUCHS, B. und HAUGWITZ, H.-G. (2016). Homogenbereiche: Aus Bodenklassen werden Homogenbereiche – technische und rechtliche Auswirkungen auf die VOB Teil C 2016.
- LAGA (2003). Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Abfall 20. Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralische Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln – Allgemeiner Teil, Endfassung vom 06.11.2003.
- VOB (2016). Vergabe- und Vertragsbedingungen für Bauleistungen.

## Kontakte

Dr.-Ing. Olaf Möller  
ARCADIS Germany GmbH  
Beim Strohhouse 27  
20097 Hamburg  
Tel.: +49 (0)173 288 94 21  
E-Mail: olaf.moeller@arcadis.com

Prof. Dr.-Ing. Klaus-Peter Mahutka  
hochschule 21  
Harburger Straße 6  
21614 Buxtehude  
Tel.: +49 (0)4161 648 -205  
E-Mail: mahutka@hs21.de