

Tagungsband

12.-13. September

2023

Congress
Centrum Würzburg



- ▶ **23. Tagung für Ingenieurgeologie**
- ▶ **25. Symposium Felsmechanik und Tunnelbau**
- ▶ **4. Bodenmechanik-Tagung**
- ▶ **18. Informations- und Vortragstagung über Kunststoffe in der Geotechnik – FS-KGEO 2023**
- ▶ **10. Symposium Umweltgeotechnik**



Die ÖGG-Empfehlung für die baugelogische Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken (2022) und ihre Anwendung aus deutscher Sicht

Dr.rer.nat. Ralf J. Plinninger, Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried

Dr.rer.nat. Marcus Scholz, müller+hereth gmbH, Freilassing

Dr.-Ing. Fritz Hollmann, PORR GmbH&Co.KGaA, Abteilung Tunnelbau, Düsseldorf

Die im Oktober 2022 von der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik e.V. (ÖGG) veröffentlichte „Empfehlung für die baugelogische Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken“ wurde in den Jahren 2018 - 2022 von einer Arbeitsgruppe erarbeitet, der Geologen und Ingenieure öffentlicher und privater Auftraggeber, Behörden, Ingenieurbüros und bauausführenden Firmen angehörten, die mit der täglichen Planung und Ausführung untertägiger Hohlraum-bauwerke befasst sind. Neben Mitgliedern aus Österreich wirkten bei der Erstellung auch sechs Vertreter aus Deutschland mit, zu denen auch die Autoren des hier vorgeschlagenen Beitrags zählen. Der Beitrag stellt die grundlegende Motivation der ÖGG-Empfehlung und die Kernpunkte der empfohlenen Methoden vor. Dabei wird unter anderem auf die Rolle des Ingenieurgeologen in verschiedenen Aufgabenfeldern der Projektabwicklung, Grundlagen der Zusammenarbeit auf der Baustelle, Dokumentationsmethoden bei verschiedenen Vortriebsverfahren sowie Fragen der baubegleitenden Probenahme und Untersuchung von Boden, Fels und Bergwasser eingegangen. Der Beitrag stellt abschließend aus Sicht der Verfasser dar, welche Punkte der Empfehlung sich sinnvoll und problemlos auf die Bauabwicklung vergleichbarer Projekte in Deutschland übertragen lassen, bzw. in welchen Punkten aufgrund unterschiedlicher Normen- und Vertragslage eine Übertragung nicht, bzw. nur nach entsprechender Anpassung möglich erscheint.

1 Die Bedeutung baugelogischer Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken

Das Erfordernis einer baugelogischen Betreuung und Dokumentation im untertägigen Hohlraumbau ergibt sich unter Bezug auf die in Mitteleuropa übliche Aufteilung der Risikosphären aus der bauvertraglichen Schnittstelle zwischen dem vom Auftraggeber (AG) bereitgestelltem Baugrund und dem vom Auftragnehmer (AN) angebotenen Bauverfahren und -betrieb.

Diese Schnittstelle ist deswegen von besonderer Relevanz, da der über Jahrtausende bzw. Jahrmillionen gebildete, natürliche Baugrund über meist streuende physikalische sowie fels- oder bodenmechanische Eigenschaften verfügt und in der Regel nur stichprobenartig vorerkundet werden kann. Auch mit der detailliertesten und kompetentesten Standortuntersuchung wird daher im Tunnel- und Stollenbau stets ein Restrisiko unerwarteter Untergrundverhältnisse verbleiben. Der Baugrund stellt daher für beide Partner des Bauvertrags stets Risiko, aber auch Chance dar.

Die baubegleitende ingenieurgeologische Dokumentation stellt im Sinne der Umsetzung der Beobachtungsmethode eines der wesentlichen Instrumente des Risikomanagements für Untertagebauwerke dar. Die Dokumentation soll einen objektiven Befund der angetroffenen ingenieurgeologischen Verhältnisse liefern.

Obwohl sich das konkrete Aufgabenfeld des in der Bauausführungsphase tätigen Geologen naturgemäß entsprechend der Rollen im Projekt – sei es im Auftrag von Bauherr (AG), Baufirma (AN) oder Behörde – unterscheidet, lassen sich für alle Beteiligten dennoch folgende Kernaufgaben herausstellen:

1. die baugelogische Dokumentation im Sinne einer möglichst objektiven und transparenten "Beweissicherung" der angetroffenen Baugrundverhältnisse ("Blick zurück"),
2. sowie die Schärfung der Baugrundprognose mit dem Ziel einer sicheren und ggf. optimierten Bauausführung ("Blick voraus").

Eine dritte Kernaufgabe des Geologen wird stets der Vergleich der angetroffenen Verhältnisse mit der Prognose sein („SOLL-IST-Vergleich“). Diese Aufgabe baut zwar auf die Ergebnisse der Dokumentation auf, ist aber als Interpretation strikt von der objektiven Datenerfassung zu trennen.

2 Die ÖGG-Empfehlung (2022)

2.1 Entstehung

Normativer Hintergrund der im Folgenden vorgestellten Empfehlung sind die in Österreich geltenden Normen, Richtlinien (u.a. ÖGG-Richtlinien zur geotechnischen Planung von Untertagebauwerken, ÖNORMEN B2203-1 und -2) und Bauvertragsmodelle, wobei bei Letzteren zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Empfehlung fast ausnahmslos Einheitspreisverträge vorherrschten.

In den 2010er Jahren kulminierten Fragen der geologischen Dokumentation, der Einvernehmlichkeit geologischer Beobachtungen und der damit einhergehenden Bewertung der Risikosphären der Bauvertragspartner bei einer Reihe anspruchsvoller Großprojekte. Das Erfordernis für einen fachlichen Austausch und eine von einem breiten Konsens getragene Definition der geologischen Dokumentationsarbeit während der Bauausführung wurde spätestens auf dem Geomechanik-Kolloquium 2017 offenkundig, nachdem SCHOLZ & SPAUN (2017) mit ihrem Vortrag und Aufsatz „*Die gute Dokumentation ist stets objektiv*“ eine kontroverse Diskussion von in Planung und Bauausführung tätigen Geologen und Geotechnikern ausgelöst hatten.

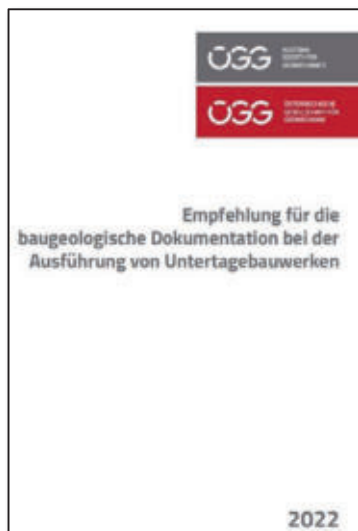


Abbildung 2-1: Titelblatt der ÖGG-Empfehlung für die baugeologische Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken (2022).

Die Fachsektion Ingenieurgeologie der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) setzte daraufhin im September 2018 den Arbeitskreis „*Baugeologisch-hydrogeologische Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauvorhaben*“ ein. Unter der Leitung von Hr. Dr. Höfer-Öllinger arbeiteten ins-

gesamt 32 Fachkollegen aus Hochschulen, Behörden, Bauherren, Baufirmen und Ingenieurbüros an der Erarbeitung der im September 2022 erschienenen, insgesamt 100 Seiten umfassenden Empfehlung (Abbildung 2-1).

Die Autoren des vorliegenden Beitrags waren als deutsche Vertreter mit einschlägiger Projekterfahrung bei österreichischen Großprojekten maßgeblich an dieser Erarbeitung beteiligt.

2.2 Zielsetzung

Die „Empfehlung für die baugeologische Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken“ hat zum Ziel, die bereits eingeführten ÖGG-Richtlinien zur Geotechnischen Planung in der Phase der Bauausführung zu ergänzen. Sie enthält eine Darstellung des Standes der Technik der baugeologischen Dokumentation und gibt darüber hinaus Empfehlungen zur technischen und organisatorischen Abwicklung der Dokumentationsarbeit, die ein einheitliches Verständnis aller Projektbeteiligten und eine harmonisierte Vorgehensweise fördern sollen.

2.3 Gliederung

Die ÖGG-Empfehlung (2022) gliedert sich in insgesamt 12 Kapitel und 6 Anhänge mit Beispielen und weiterführenden Informationen:

- Die einleitenden Kapitel 1 - 6 umfassen Vorbemerkungen, normative Verweise, Anwendungsbereich, Begriffsbestimmungen, die Zielsetzung sowie Grundlagen, die die Rolle des Geologen und dessen Qualifikation behandeln;
- Kapitel 7 stellt den Kern der Empfehlung dar, in dem Aufgaben und Inhalte der baugeologischen Dokumentation in Abhängigkeit der verschiedenen Vortriebsverfahren behandelt werden;
- Kapitel 8 behandelt Abläufe und Verfahren für die baubegleitende Kennwertermittlung mit Hilfe von Feld- und Laborversuchen inklusive der dafür erforderlichen Probenahme;
- In Kapitel 9 werden vortriebsbegleitende Erkundungsmaßnahmen behandelt;
- Kapitel 10 beschäftigt sich mit den zunehmend eingesetzten Verfahren der digitalen Erfassung der Ausbruchflächen, u.a. mittels Photogrammetrie, Laserscanning oder Videogrammetrie;
- Kapitel 11 beschreibt das Datenmanagement für geologische und geotechnische Daten;
- Kapitel 12 enthält schließlich das umfangreiche Literaturverzeichnis.

Bereits die Gliederung zeigt, wie komplex und umfassend eine geologische Dokumentation in Österreich gesehen und welcher Stellenwert ihr beigemessen wird. Aus Sicht der Verfasser dieses Beitrags wäre ein vergleichbares Bewusstsein auch in Deutschland erstrebenswert, wo sich der Eindruck aufdrängt, dass die baugeologische Dokumentation oftmals lediglich als „Nebenprodukt“ der Bauüberwachungsleistung angesehen wird.

2.4 Dokumentationsmethodik

Die ÖGG-Empfehlung (2022) enthält eine profunde Darstellung der verschiedenen Dokumentationstechniken für konventionelle und maschinelle Vortriebsverfahren. Es werden folgende methodische Grundsätze dargestellt (Abs. 7.1, S. 4):

- Die baugeologische Dokumentation braucht ausreichend Zeit an der Ortsbrust bzw. am Aufschluss. Diese Zeit ist den Geologen seitens AG und AN einzuräumen, soweit dies hinsichtlich der Standsicherheit des offenen Abschlags (*gilt übertragen auch für TBM / TVM*) vertretbar ist.
- Bei der baugeologischen Aufnahme soll stets vom „Großen“ ins „Kleine“ beobachtet werden. Die Beobachtung beginnt aus der Ferne, um die offensichtlichen Strukturen und Eigenschaften des anstehenden Gebirges zu erfassen. Im Fortlauf der Dokumentation nähert sich der Geologe dem aufgeschlossenen Gebirge (Ortsbrust, Laibung), im eigenen Ermessen, soweit es die Arbeitssicherheit erlaubt, an. Dies gilt übertragen auch für TBM / TVM-Vortriebe.
- Alle für die Durchführung der Feldversuche erforderlichen Hilfsmittel (z.B. Hammer, Lupe, Salzsäure, Taschenmesser, Kratzbesteck, Gefügekompas, Kartierbrett, Taschenpenetrometer, Taschenflügelsonde, Leitfähigkeits- und pH-Messgerät, Fotoapparat, etc.) sind entsprechend den geologischen Gegebenheiten bei der Kartierung vor Ort anzuwenden. Darüber hinaus kann auch der Einsatz von Gas- und Strahlenmessgeräten erforderlich sein.
- Die aussagekräftige Handskizze (Feldaufnahme) und eine ausführliche Klassifikation und Beschreibung der Verhältnisse gemäß geltender Normen ist das Ergebnis der baugeologischen Dokumentation vor Ort. Darüber hinaus werden auch projektspezifische Klassifikationen angewendet.

2.5 Mindestinhalte der Dokumentation

Nachfolgende Inhalte eines Feldaufnahmeblattes sind als Mindeststandard anzusehen (Abs. 7.1, S. 5):

- Rahmendaten, z. B. Projekt, Tunnel, Vortriebsrichtung und -art, Station, Art der Gebirgslösung,

Abschlagslänge, Regelquerschnitt, Teilquerschnitt, Teilflächen, Datum, Uhrzeit, Name;

- Maßstäbliche Skizze des aufgeschlossenen Gebirges;
- Gesteinsbeschreibung, getrennt für Locker- und Festgestein;
- Gebirgsbeschreibung, mit Erfassung der Orientierung und Charakterisierung des Trennflächengefüges;
- Charakterisierung der hydrogeologischen Verhältnisse;
- Erfassung der in der Planung definierten und vor Ort erhebaren Schlüssel- bzw. Identifikationsparameter und Bestimmung der „Gebirgsart“ (in Deutschland: Homogenbereich);
- Beschreibung der für das beobachtete Systemverhalten im Ausbruchsbereich maßgeblichen Baugrundverhältnisse;
- Sonstige jedenfalls durchzuführende Erhebungen: Probenahmen, Fotodokumentation.

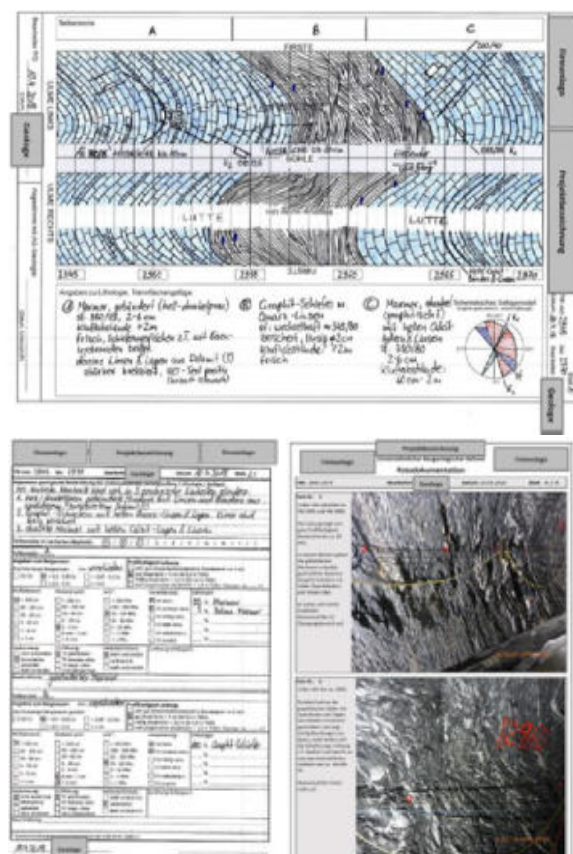


Abbildung 2-2: Beispiel für die Dokumentation eines Überleitungsstollens im Festgestein, TBM-Vortrieb, Deckblatt mit Laibungsabwicklung, Parameterblatt und Fototafel (ÖGG-Empfehlung, Anlage A2-1).



Abbildung 2-3: Beispiel für eine einvernehmliche Aufnahme an der Ortsbrust eines TVM-Vortriebs im Festgestein (ÖGG-Empfehlung, Anlage A2-3).

Hinsichtlich der Darstellung in Formblättern können sowohl frei auszufüllende Formulare als auch Multiple-Choice-Formulare angewendet werden. Entsprechend aussagekräftige Beispiele (siehe Abbildungen 2-2 und 2-3) sind im Anhang der Empfehlung dargestellt.

3 Zur Anwendbarkeit der ÖGG-Empfehlung (2022) in Deutschland

Die ÖGG-Empfehlung (2002) stellt eine praxistaugliche Zusammenstellung des aktuellen „Standes der Technik“ für die baugelogische Dokumentation in Untertagebau dar. In Ermangelung auch nur annähernd vergleichbarer Richtlinien in Deutschland wird die Empfehlung auch hierzulande bereits in einigen Projekten im täglichen Baustellenalltag angewendet.

Eine Umsetzung im Kontext deutscher - meist auf der VOB/C DIN 18312 ATV Untertagebauarbeiten basierender - Projekte führt jedoch dazu, dass althergebrachte Strukturen und organisatorische Abläufe ggf. hinterfragt und angepasst, bzw. eine sinnvolle Übertragung von in Deutschland nicht definierten Begriffen stattfinden muss. Auf einige aus Sicht der Verfasser besonders relevante Aspekte soll in den nachfolgenden Absätzen 3.1 bis 3.3 eingegangen werden.

3.1 Organisatorische Aspekte

Die ÖGG-Empfehlung (2022) enthält eine Reihe organisatorischer Empfehlungen, die sich in Österreich in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten bewährt haben und auch in Deutschland für eine nachhaltige Verbesserung der Projektkultur angewendet werden können. Hierbei sind v.a. folgende Empfehlungen anzuführen:

- eine objektive Dokumentation der baugelogischen Verhältnisse liegt unabhängig von der

Rolle des Geologen im Interesse aller Beteiligten. Die Dokumentation muss in Art und Umfang transparent und nachvollziehbar dargestellt werden (Abs. 6.2, S. 3).

- anfallende Teilaufgaben bei der Ausführung eines Projekts (z.B. Geologische Dokumentation und Bauüberwachung) sollen in fachlicher Hinsicht getrennt und für jede Aufgabe nur entsprechend qualifiziertes Personal eingesetzt werden (Abs. 6.2, S. 3).

Kommentar: Diese Empfehlung stellt explizit die in Deutschland gelebte Praxis des „Bauwartgeologen“ bzw. „Geologenbauwarts“ in Frage, der je nach Fachhintergrund meist nur für eine seiner beiden Aufgaben hinreichend qualifiziert ist.

- sofern auf einem Projekt auftraggeberseitig und auftragnehmerseitig Geologen tätig sind, sind diese angehalten, die Dokumentationsmethodik abstimmen und einvernehmliche Dokumentationen zu erstellen (Abs. 6.2, S. 3, siehe auch Abb. 3-1);

Kommentar: Diese Empfehlung erweitert das auch in Deutschland in vielen anderen Belangen des Bauens gelebte „Vier-Augen-Prinzip“ auch auf die Baugrundbeurteilung. Die Umsetzung dieser Empfehlung setzt aber voraus, dass beide Bauvertragspartner über entsprechende Fachleute vor Ort verfügen, was in der Regel nicht bauvertraglich gefordert ist und gerade bei kleineren Projekten auch nicht üblich ist.



Abbildung 3-1: Umsetzung des Vier-Augen-Prinzips bei der Dokumentationsarbeit (Foto: Vigil).

- die Dokumentation soll grundsätzlich dem aktuellen Stand der Technik, d.h. den aktuell gültigen Normen und Vorschriften, v.a. DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689, entsprechen (Abs. 7.1, S. 4);
- darüber hinaus sind im Sinne einer Durchgängigkeit und Vergleichbarkeit von Ausschreibung und

Ausführung auch spezielle Anforderungen aus der Projektplanung, z.B. ältere Normen oder Klassifizierungen, zu berücksichtigen (Abs. 7.1, S. 4);

Kommentar: Damit ist gemeint, dass Bandbreiten und Klassifizierungssysteme der Ausführungsdokumentationen sinnvollerweise denen der Ausschreibungsunterlagen entsprechen müssen, um einen eindeutigen Vergleich zuzulassen;

- die Ergebnisse der baugewissenschaftlichen Dokumentation sind während der Vortriebsarbeiten zeitnah zu erstellen und allen Projektbeteiligten zur Verfügung zu stellen (Abs. 7.7.1., S. 10);

Kommentar: Aus Sicht der Autoren wäre es wünschenswert gewesen, den Begriff „zeitnah“ zu präzisieren – um die Informationen noch im relevanten Vortriebsbereich nutzen zu können ist die Verteilung „noch am selben Tag“, oder zumindest der Austausch der Befundaufnahme unmittelbar im Anschluss an die Dokumentation notwendig;

- baubegleitende Feld- und Laboruntersuchungen sind so zu planen, durchzuführen und zu dokumentieren, dass sie für beide Parteien des Bauvertrags, als auch für Dritte transparent und nachvollziehbar sind (Abs. Abs. 8.1., S. 13);
- es besteht eine Mitwirkungspflicht beider Bauvertragspartner bei der Beprobung und Untersuchung geotechnischer Kennwerte, die sich zumindest auf die Prüfung vorgelegter Beprobungskonzepte und die Teilnahme an der Probenahme selbst bezieht. (Abs. 8.1., S. 13).

3.2 Interpretation und Extrapolation

Mit deutschen Gepflogenheiten kaum in Einklang zu bringen ist die Forderung der ÖGG-Empfehlung (2022), in der Dokumentation die Ausbruchfläche vollflächig (auch nicht einsehbare Bereiche) und bis rd. $\frac{1}{2}$ D außerhalb des Ausbruchsrands darzustellen (Abs. 7.1, S. 7; siehe unterstes Bild in Abb. 3-2).

Diese Forderung ist nicht im Arbeitskreis entwickelt worden, sondern setzt die Vorgaben der entsprechenden Planungsrichtlinien (ÖGG, 2021 & 2013) um. Obwohl die Vorgabe den Zweck erfüllt, den kartierenden Geologen zu einem modellhaften Gesamtverständnis des umgebenden Gebirges anzuhelfen, steht sie angesichts des Umfangs der erforderlichen Interpretation und Extrapolation in gewissem Widerspruch zur Kernaufgabe einer möglichst objektiven und nachvollziehbaren Dokumentation.

Auch bei einigen österreichischen Projekten ist daher – insbesondere im Kontext maschineller Vortriebe

mit entsprechend eingeschränkten Beobachtungsmöglichkeiten – bereits auf Dokumentationssysteme zurückgegriffen worden, bei denen eine eindeutige und nachvollziehbare Trennung von direkten Beobachtungen (oft als „Baugewissenschaftlicher Befund“ bezeichnet) und einer vollflächig und über den Ausbruchsrand hinausreichenden Darstellung in der „Baugewissenschaftlichen Dokumentation“ realisiert wurde (Plinninger et al., 2017, siehe Abb. 3-2).

TBM Bohrkopf-Auslegung



Befundsituation ("Baugewissenschaftlicher Befund")



Dokumentation über den Ausbruchsrand hinaus

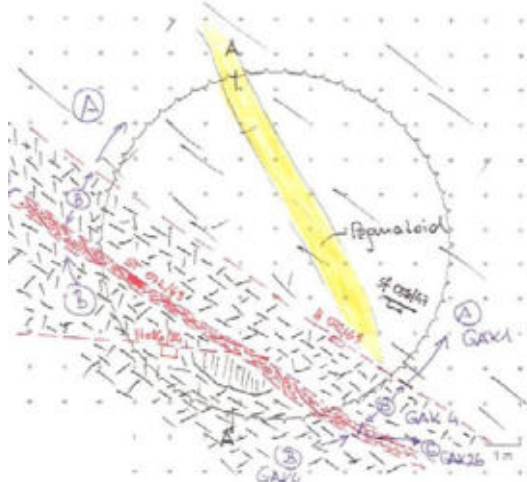


Abbildung 3-2: Gegenüberstellung von Befund und Dokumentation am Beispiel der Ortsbrust einer Hartgesteins-TVM (nach: Plinninger et al., 2017).

3.3 Begriffe

Die ÖGG-Empfehlung für die baugewissenschaftliche Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken basiert grundlegend auf den in den beiden ÖGG-Richtlinien für die Geotechnische Planung (2013, 2021) beschriebenen und in Österreich etablierten Planungsgrundsätzen. Sie bezieht sich daher direkt auf die dort definierten Begriffe, wie „Gebirgsbereich“, „Gebirgsart“, „Gebirgsverhalten“ oder „Systemverhalten“. Diese Begriffe sind in Deutschland nicht normativ definiert und werden hierzulande auch teilweise in abweichendem Sinne verstanden.

Hinsichtlich fachlicher Aspekte, bei denen die ÖGG-Empfehlung (2022) auf derartige Begriffe verweist, ist eine Anwendung und Übertragung auf deutsche Projekte und VOB-basierte Bauverträge zwar mit gewissen Unschärfen behaftet, aber nach Überzeugung der Verfasser möglich. So ist z.B. festzustellen, dass Kernbegriffe der deutschen Planung und Beschreibung, wie der „Homogenbereich“ im Sinne der VOB/C DIN 18312 ATV „Untertagebauarbeiten“ durchaus in sinnvoller Weise mit der „Gebirgsart“ der ÖGG-Richtlinie korreliert werden kann: Beide Begriffe beschreiben ein Gebirgsvolumen, das in seinen maßgebenden, das geotechnische Verhalten beeinflussenden Eigenschaften innerhalb einer festzulegenden Bandbreite gleichartig ist und für das ein definierter – weitgehend übereinstimmender – Satz boden-, bzw. felsmechanischer Kennwerte mit deren Bandbreite anzugeben ist.

4 Fazit

Die im Oktober 2022 von der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik e.V. (ÖGG) veröffentlichte „Empfehlung für die baugewissenschaftliche Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken“ stellt eine konsequente Ergänzung der bestehenden ÖGG-Richtlinien in die Phase der Bauausführung dar. In technischer Hinsicht reflektiert die Empfehlung den aktuellen Stand der Technik und bietet als umfangreiche Sammlung von Erfahrungen eine wertvolle Arbeitshilfe für den Untertage dokumentierenden Ingenieurgeologen. Die enthaltenen organisatorischen Empfehlungen verfolgen das Ziel, allen Projektbeteiligten zeitnah eine fachlich anspruchsvolle, transparente und objektive baugewissenschaftliche Dokumentation zur Verfügung zu stellen.

Die Umsetzung der in der ÖGG-Empfehlung dargestellten Grundsätze ist auch in Deutschland sinnvoll und möglich. Sie kann damit nach Überzeugung der Verfasser maßgeblich dazu beitragen, die Tätigkeit der am Projekt beteiligten Ingenieurgeologen wieder auf ihre eigentliche Aufgabe zu fokussieren, nämlich die fachlich kompetente, objektive und transparente

Beschreibung von Gebirgs- und Gesteinseigenschaften. Das ist wichtig, denn die objektive und korrekte Erfassung der angetroffenen Verhältnisse ist früher oder später für alle Projektpartner essenziell.

Literaturverzeichnis

DIN – Deutsches Institut für Normung e.V. (2018a): *DIN EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2018*, 40 Seiten, Berlin

DIN – Deutsches Institut für Normung e.V. (2018b): *DIN EN ISO 14689: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels (ISO 14689:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14689:2018*, 37 Seiten, Berlin

DIN – Deutsches Institut für Normung e.V. (2019): *VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - DIN 18312 „Untertagebauarbeiten“*, 21 Seiten, Berlin.

ÖGG – Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (2021): *Richtlinie für die Geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb - Gebirgscharakterisierung und Vorgangsweise zur nachvollziehbaren Festlegung von bautechnischen Maßnahmen während der Planung und Bauausführung*, 3. überarbeitete Auflage 2021, 44 Seiten + 2 Anhänge.

ÖGG – Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (2013): *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb - Gebirgscharakterisierung und Vorgangsweise zur nachvollziehbaren Festlegung von bautechnischen Maßnahmen während der Planung und Bauausführung*, 1. Auflage 2013, 49 Seiten.

ÖGG – Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (2022): *Empfehlung für die Baugewissenschaftliche Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken*, 1. Auflage 2022, 100 Seiten.

ÖNORM B 2203-1: *Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb*, 01.12.2001

ÖNORM B 2203-2: *Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm, Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, 01.01.2005

Plinninger, R.J., Sommer, P. & Poscher, G. (2017): *On the role of the Engineering Geologist in the Construction Phase of Challenging Tunnel Projects.* - in: Proceedings of the World Tunnel Congress 2017 – Surface challenges – Underground solutions. Bergen / Norway, S. 2313-2319.

Scholz, M. & Spaun, G. (2017): *Die gute Dokumentation ist stets objektiv.* - Geomechanik & Tunnelbau, 10 (2017), 5: S. 584-590, Berlin (Ernst & Sohn).