

Baugrunderkundung für Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrarbeiten

in Deutschland auf Basis der VOB 2016

Dr. Ralf Plinninger, Diplom-Geologe (Univ.), öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Leistung und Verschleiß bei Lösearbeiten im Fels, Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried/D

Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrverfahren stellen wesentliche Methoden des grabenlosen Rohrleitungsbaus dar, deren Ausschreibung und Vergabe in Deutschland durch die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) geregelt wird. Neben allgemeinen Vorgaben, z.B. zur Aufstellung von Baubeschreibung und Leistungsverzeichnis definieren die gewerkespezifischen Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) der VOB/C dabei auch die konkret anzuwendenden Methoden der Baugrunduntersuchung und -klassifizierung. Seit Erscheinen der VOB-Gesamtausgabe 2012 haben sich hierbei tiefgreifende Änderungen ergeben, die im vorgeschlagenen Beitrag vorgestellt und diskutiert werden. Im Detail eingegangen wird u.a. auf die Einführung der eigenen ATV für Horizontalspülbohrarbeiten, das Konzept der geotechnischen „Homogenbereiche“ sowie Neuerungen im Bereich der zu ermittelnden Kennwerte, u.a. der Abrasivitätsbewertung von Boden und Fels.

1. Baugrund – Chance und Risiko im grabenlosen Leitungsbau

Im grabenlosen Leitungsbau nimmt der Baugrund in mannigfaltiger Weise Einfluss auf die Kalkulation und Bauabwicklung (Abbildung 1). Dies beginnt in der Planungs- und Projektierungsphase, bei der in Abhängigkeit der örtlichen Baugrundverhältnisse zunächst geeignete Verfahren ausgewählt werden müssen. Da die Baugrundeigenschaften aber auch maßgeblich die Wahl der Werkzeuge, den Verschleiß und die erreichbaren Leistungen beeinflussen, sind sie wesentliche Elemente der Preisbildung und der tatsächlich entstehenden Bauzeit und Baukosten. Nach BAYER bestimmt der Faktor Baugrund zum Beispiel bei HDD-Maßnahmen die Kalkulation der gesamten Baumaßnahme mindestens zu 50 %, oft jedoch zu 66 %, bei Felsbohrungen bis zu 75 % (BAYER 2017, S. 103). Der Baugrund bleibt damit auch im Zuge der Vergabe, Bauausführung und Abrechnung stets „Knackpunkt“ des Bauvertrags – der insbesondere im Zuge von Mehrkostenforderungen oftmals auch kontrovers diskutiert wird.

Die Schnittstelle zwischen Baugrund und Bauverfahren 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 auch im grabenlosen Leitungsbau stets ein Restrisiko unerwarteter (ggf. ungünstiger) Baugrundverhältnisse verbleiben. Der Baugrund stellt daher für beide Partner des Bauvertrags stets Risiko, aber auch Chance dar.

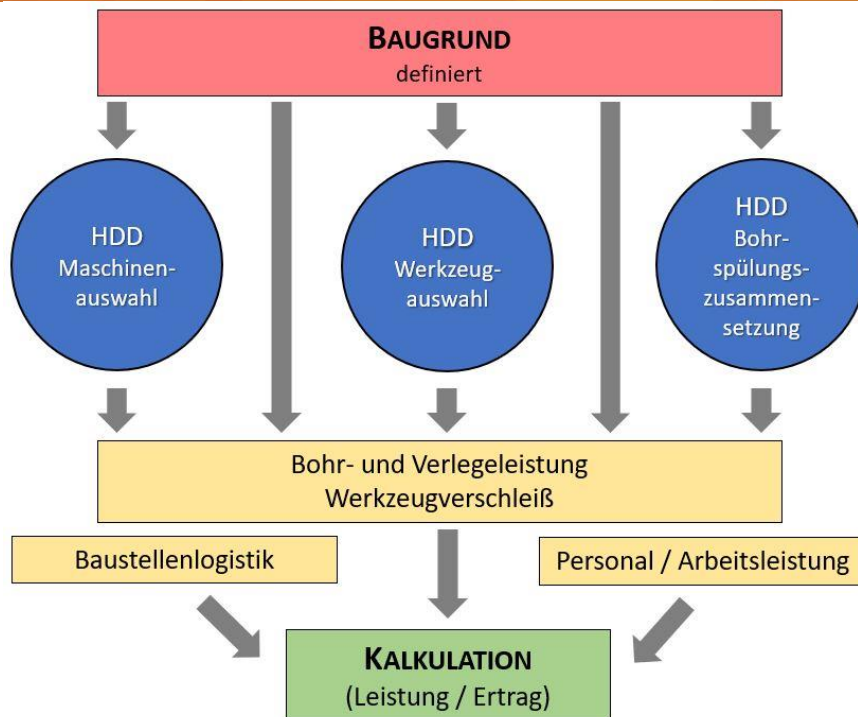


Abbildung 1: Schemazeichnung zum Einflussfaktor Baugrund (nach: BAYER, 2017, Bild 5.3, S. 102, verändert).

2. VOB und ATV - Basis des deutschen Bauvertrags

Bauvertrag, Vergabe und Vergütung von Bauleistungen werden in Deutschland in der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistung (VOB) geregelt, die in regelmäßigen Intervallen überarbeitet wird und sich als insgesamt ausgewogenes Vertragswerk erwiesen hat. Die aktuelle Ausgabe stellt die VOB-Gesamtausgabe 2016 dar. Bei der Vorläuferausgabe, der VOB-Gesamtausgabe 2012 ergab sich die Besonderheit, dass diese entweder alleine (mit „Bodenklassen“), oder in Kombination mit der Ergänzungsausgabe 2015 (dann mit „Homogenbereichen“) vereinbart werden konnte (Abbildung 2).



Abbildung 2: VOB-Ausgaben seit 2012: VOB-Gesamtausgabe 2012, VOB-Ergänzungsband 2015 zur VOB 2012 und VOB-Gesamtausgabe 2016.

Die in Teil C der VOB zusammengefassten Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen („ATV“) sind in den Status deutscher Normen (DIN) überführt. Sie beinhalten die allgemeinen (DIN 18299), bzw. gewerkespezifischen (DIN 18300 – DIN 18459) Festlegungen für die Aufstellung der Leistungsbeschreibung sowie die Ausführung und Abrechnung der Leistungen.

Für den grabenlosen Leitungsbau sind dabei insbesondere die VOB/C DIN 18319, ATV „Rohrvortriebsarbeiten“ und die VOB/C DIN 18324 ATV „Horizontalspülbohrarbeiten“ relevant, auf die im Folgenden näher eingegangen werden soll. Während die ATV „Rohrvortriebsarbeiten“ in der aktuellen Fassung vom September 2016 eine weitere Überarbeitung der erstmals 1992 erschienenen Norm darstellt, repräsentiert die ATV „Horizontalspülbohrarbeiten“ eine relativ junge Norm, die (in der Fassung August 2015) erstmals im Ergänzungsband 2015 veröffentlicht wurde und nunmehr in der ersten Überarbeitung (Fassung September 2016) vorliegt.

Gemäß Präambel gilt die DIN 18319 „Rohrvortriebsarbeiten“ *„für den unterirdischen Einbau von vorgefertigten Rohren und vergleichbaren Baukörpern beliebigen Profils durch Pressen, Rammen oder Ziehen“*. DIN 18324 „Horizontalspülbohrarbeiten“ gilt dagegen *„für gesteuerte Bohrungen zwischen einem Ein- und Austrittspunkt, bestehend aus einer Pilotbohrung und weiteren Aufweitungsbohrungen im Spülbohrverfahren mit anschließendem Einziehen von Leitungen, z.B. Rohre, Rohrbündel, Filter-, oder Sickerrohre und Kabel beliebigen Profils“*.

3. Das „Homogenbereich“-Konzept der VOB 2016

3.1. Homogenbereiche statt Bodenklassen

Seit dem Erscheinen des Ergänzungsbands 2015 zur VOB 2012, spätestens aber mit Erscheinen der VOB-Gesamtausgabe 2016 ergeben sich für die Ausschreibung und Vergütung von Bauleistungen im Tiefbau sowie die dafür erforderliche Baugrunderkundung umfassende Änderungen.

Mit der Einführung des Konzepts der sogenannten „geotechnischen Homogenbereiche“ hat ein grundlegender Paradigmenwechsel stattgefunden, der die Abkehr von den bis dato für jedes Gewerk vorgegebenen Boden- und Felsklassen bedeutet, bei denen Klassifizierungskriterien (z.B. Druckfestigkeit, Steinanteil, etc.) und Klassengrenzen (z.B. 80-200 MPa) verbindlich in der ATV vorgegeben waren. An die Stelle der bisherigen Boden- und Felsklassen tritt eine projekt- und gewerkespezifische Untergliederung des Baugrunds, die hinsichtlich der Eigenschaften eines Homogenbereichs und seiner Abgrenzung von benachbarten Homogenbereichen alleine im Ermessen des Baugrundgutachters liegt (Abbildung 3). Kernpunkt der Homogenbereichs-Definition ist dabei die in allen ATVen wiedergegebene Formulierung:

„Boden und Fels sind entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für [das jeweilige Gewerk] vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

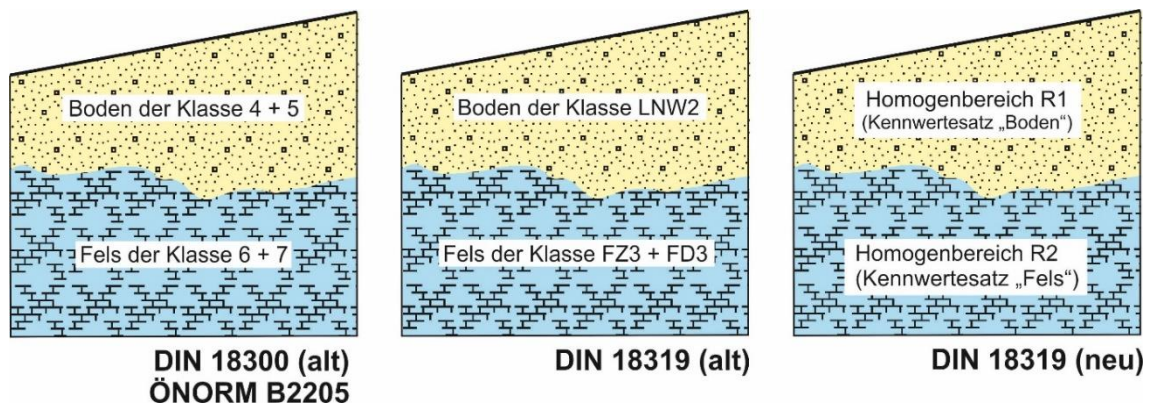


Abbildung 3: Beispiele für die Baugrundbeschreibung mit „Bodenklassen“ (links: DIN 18300 „alt“, Mitte: DIN 18319 „alt“) und „Homogenbereichen“ (rechts: DIN 18319 „neu“).

3.2. Bezeichnung von Homogenbereichen

Auch für die Bezeichnung der jeweiligen Homogenbereiche existieren keine normativen Vorgaben, diese erfolgt projektspezifisch und im Ermessen des Baugrundgutachters.

Im Sinne einer einheitlichen, allgemein verständlichen Bezeichnung sind von GROßE (2018) die in nachstehender Tabelle 1 dargestellten Kürzel vorgeschlagen worden, die eine eindeutige Zuordnung der gebildeten Homogenbereiche zum jeweiligen Gewerk erlauben. Die hier vorgeschlagenen Kürzel können dann z.B. mit Ziffern kombiniert werden, also z.B. H1, H2, H3, etc. für Homogenbereiche, die für Horizontalspülarbeiten gebildet wurden.

Tabelle 1: Vorschlag für die Bezeichnung von Homogenbereichen nach Gewerk (nach: GROßE, 2018).

VOB/C DIN	ATV	Kürzel
DIN 18300	Erdarbeiten	E
DIN 18301	Bohrarbeiten	B
DIN 18304	Ramm- Rüttel- und Pressarbeiten	P
DIN 18311	Nassbaggerarbeiten	N
DIN 18312	Untertagebauarbeiten	U
DIN 18313	Schlitzwandarbeiten	S
DIN 18319	Rohrvortriebsarbeiten	R
DIN 18320	Landschaftsbauarbeiten	L
DIN 18321	Düsenstrahlarbeiten	D
DIN 18324	Horizontalspülbohrarbeiten	H

3.3. Anzugebende Kennwerte

In Hinblick auf die Beschreibung der gebildeten Homogenbereiche enthält jede der „neuen“ ATVen nicht nur eine Zusammenstellung der für das jeweilige Gewerk in Boden und Fels als maßgeblich erachteten Kennwerte, sondern ebenfalls eindeutige Vorgaben der anzuwendenden Prüfnormen- bzw. -empfehlungen. Diese Vorgaben ersetzen die bis dato allenfalls in Absatz 0 „Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung“ aufgeführten, meist unspezifischen Forderungen nach Eigenschaften und Zustand von Boden und Fels, die sich in der Praxis als wenig zielführend erwiesen haben. Kernpunkt der Verpflichtung zur Kennwerteangabe ist dabei die in allen ATVen wiedergegebene Formulierung:

„Für die Homogenbereiche sind folgende Eigenschaften und Kennwerte sowie deren ermittelte Bandbreite anzugeben: (...)“

Nachstehende Tabellen 2 und 3 geben – getrennt nach Boden und Fels – einen Überblick über die in DIN 18319 und DIN 18324 geforderten Kennwerte und anzuwendenden Prüfnormen.

Tabelle 2: Kennwerteübersicht für Boden

Bodenkennwert	DIN 18319 Rohrvor- triebsarbei- ten	DIN 18324 Horizontal- spülbohrar- beiten	Referenzierte Prüfnorm
ortsübliche Bezeichnung	✓	✓	-
Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern	✓	✓	DIN 18123
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke	✓	✓	DIN EN ISO 14688-1
min. Zusammensetzung Steine und Blöcke	✓	✓	DIN EN ISO 14689-1
Dichte	✓	✓	DIN EN ISO 17892-2, DIN 18125-2
undränierbare Scherfestigkeit	✓	✓	DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137-2
Sensitivität	✓	⊗	DIN 4094-4
Wassergehalt	✓	✓	DIN EN ISO 17892-1
Plastizitätszahl	✓	✓	DIN 18122-1
Konsistenzzahl	✓	✓	DIN 18122-1
Durchlässigkeit	✓	✓	DIN 18130
Lagerungsdichte	✓	✓	DIN 18126
Kalkgehalt	⊗	✓	DIN 18129
Sulfatgehalt	⊗	✓	DIN EN 1997-2
Organischer Anteil	✓	✓	DIN 18128
Benennung, Beschreibung organischer Böden	✓	✓	DIN EN ISO 14688-1
Abrasivität (LCPC-Verfahren)	✓	✓	NF P18-579
Bodengruppe	✓	✓	DIN 18196

Tabelle 3: Kennwerteübersicht für Fels

Gesteins- / Gebirgskennwert	DIN 18319 Rohrvor- triebsarbei- ten	DIN 18324 Horizontal- spülbohrar- beiten	Referenzierte Prüfnorm
ortsübliche Bezeichnung	✓	✓	-
Benennung von Fels	✓	✓	DIN EN ISO 14689-1
Dichte	✓	✓	DIN EN ISO 17892-2, DIN 18125-2
Verwitterung und Veränderungen, Veränder- lichkeit	✓	✓	DIN EN ISO 14689-1
Einaxiale Druckfestigkeit	✓	✓	DIN 18141-1
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	✓	✓	DIN EN ISO 14689-1
Gebirgsdurchlässigkeit	✓	✓	DIN EN ISO 14689-1
Abrasivität (CERCHAR-Verfahren)	✓	✓	NF P94-430-1

Die praktischen Auswirkungen aus der Forderung, für die genannten Eigenschaften und Kennwerte auch „Bandbreiten“ anzugeben, wird in Fachkreisen kontrovers diskutiert. Kernpunkt der Diskussion ist die Frage, ob diese Forderung auch mit Erfahrungs- und Schätzwerten erfüllt werden kann. Nach Auffassung des Verfassers impliziert die Forderung nach der Darstellung von Bandbreiten in Kombi-
nation mit anderen mitgeltenden Regelwerken (u.a. DIN 4020, DIN 1997) sehr wohl eine umfassende Baugrunderkundung, die auch eine ausreichende Anzahl an Feld- und Laborversuchen umfassen muss und deren Ergebnisse idealerweise unter statistischen Gesichtspunkten, z.B. grafisch und mit Angabe von Mittelwert, Minimum, Maximum und Standardabweichung dargestellt werden (siehe Beispiel in Abbildung 4)

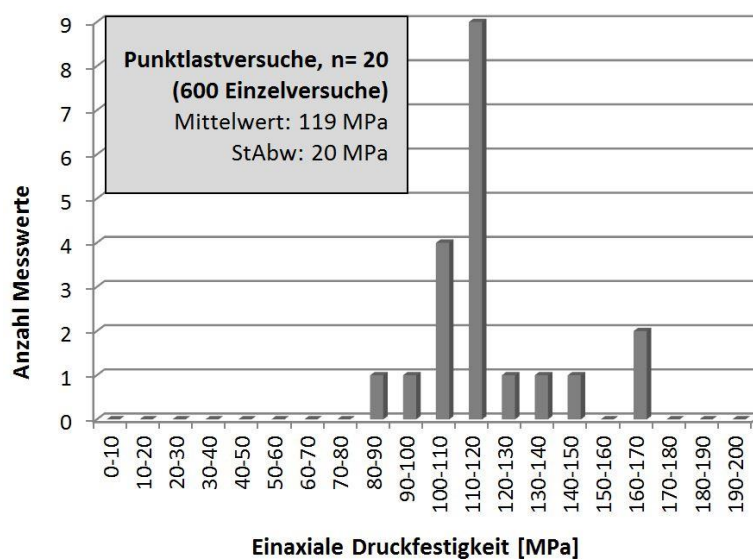


Abbildung 4: Beispiel für die Darstellung von Festigkeitskennwerten (hier abgeleitet aus dem Punktlastversuch nach DGGT-Empfehlung Nr. 5) als Histogramm.

4. Abrasivitätsbewertung im Kontext der VOB 2016

Unter „Abrasivität“ wird in der Ingenieurgeologie und Geotechnik die Fähigkeit des Baugrunds verstanden, Verschleiß an einem in Boden oder Fels eingesetzten Werkzeug hervorzurufen (PLINNINGER, 2002, PLINNINGER & RESTNER, 2008). Abrasivität und Werkzeugverschleiß stellen im komplexen, sog. „tribologischen System“ des Werkzeugverschleißes also Ursache und Wirkung beim Lösen, Laden und Transportieren von Boden und Fels dar. Vor dem Hintergrund der bauvertraglichen Risikoverteilung der VOB dient die Bestimmung und Beschreibung der Abrasivität des Baugrunds durch den Auftraggeber (Bauherrn) dem Zweck, dem Auftragnehmer (Bauunternehmung) Prognosen zum Verschleiß beim von ihm eingesetzten Bauverfahren und Werkzeug zu ermöglichen.

Im Bereich der Untersuchung und Bewertung der sogenannten „Abrasivität“ von Boden und Fels wurden mit dem Erscheinen des Ergänzungsbands 2015 zur VOB 2012 ebenfalls erstmals „Standards“ gesetzt. In den beiden hier diskutierten Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen, sowohl der DIN 18319, als auch der DIN 18324, werden für die Anwendung im Boden die französische Norm AFNOR NF P18-579, beziehungsweise der sogenannte „LCPC-Test“ und für die Anwendung im Fels die AFNOR NF P94-430-1, beziehungsweise der sogenannte „CERCHAR-Test“ referenziert. Beide Versuche sollen in den folgenden Absätzen kurz vorgestellt und diskutiert werden.

4.1. Der CERCHAR-Test (AFNOR NF P94-430-1)

Der sogenannte „CERCHAR-Test“ wurde in den 1980er Jahren am französischen Centre d' Etudes et Recherches de Charbonnages de France (Kürzel: CERCHAR) für den Steinkohlebergbau entwickelt. Der Versuch basiert auf einem hinsichtlich Material, Härte und Geometrie definierten Prüfstift aus Stahl, der bei konstanter Auflast über eine Strecke von 10 mm über die Oberfläche eines Gesteinsprobekörpers gezogen wird. Der Cerchar Abrasivitätsindex (CAI) errechnet sich als Mittelwert über meist 5 Einzelversuche aus der Breite der am Prüfstift entstandenen kegelstumpfförmigen Verschleißphase. Typische Prüfgeräte sind in Abbildung 5 dargestellt.

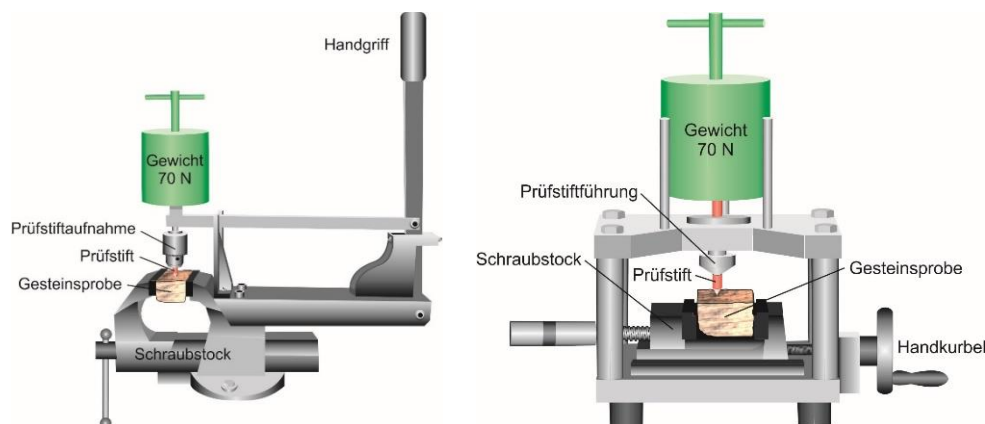


Abbildung 5: Gebräuchliche Prüfgeräte für die Durchführung des CERCHAR-Versuchs; links: ursprünglicher Versuchsaufbau nach CERCHAR, rechts: Versuchsgesetz nach WEST (nach: PLINNINGER & RESTNER, 2008, Bild 3, S. 63, deutsche Bezeichnungen ergänzt).

Die in der VOB-Gesamtausgabe 2016 referenzierte Norm NF P94-430-1 stellt zwar nach wie vor die Ausgangsnorm für die Anwendung des Verfahrens dar, gibt aber wesentliche Erkenntnisse und Entwicklungen der letzten 16 Jahre nicht zeitgemäß wieder. Neuere Richtlinien, wie die 2013 erschienene ISRM Suggested Method (ALBER ET AL, 2013) und die 2016 erschienene Empfehlung Nr. 23 des AK 3.3. „Versuchstechnik Fels“ der DGGT (KÄSLING & PLINNINGER, 2016) werden zu einer weiteren Vereinheitlichung der Prüfbedingungen und zur besseren Vergleichbarkeit von an verschiedenen Instituten ermittelten Prüfergebnissen beitragen. Es ist daher zu erwarten, dass die nächste VOB-Ausgabe auf die nationale DGGT-Empfehlung Nr. 23 verweisen wird.

Mit dem CERCHAR-Versuch liegt national und international eine Fülle von Erfahrungen vor. Das Verfahren zeigt eine baupraktisch sinnvolle Auflösung der relativen Abrasivitätsunterschiede von Festgesteinen, wie anhand entsprechender der dargestellten Zusammenstellung von Prüfergebnissen (Abbildung 6) deutlich wird.

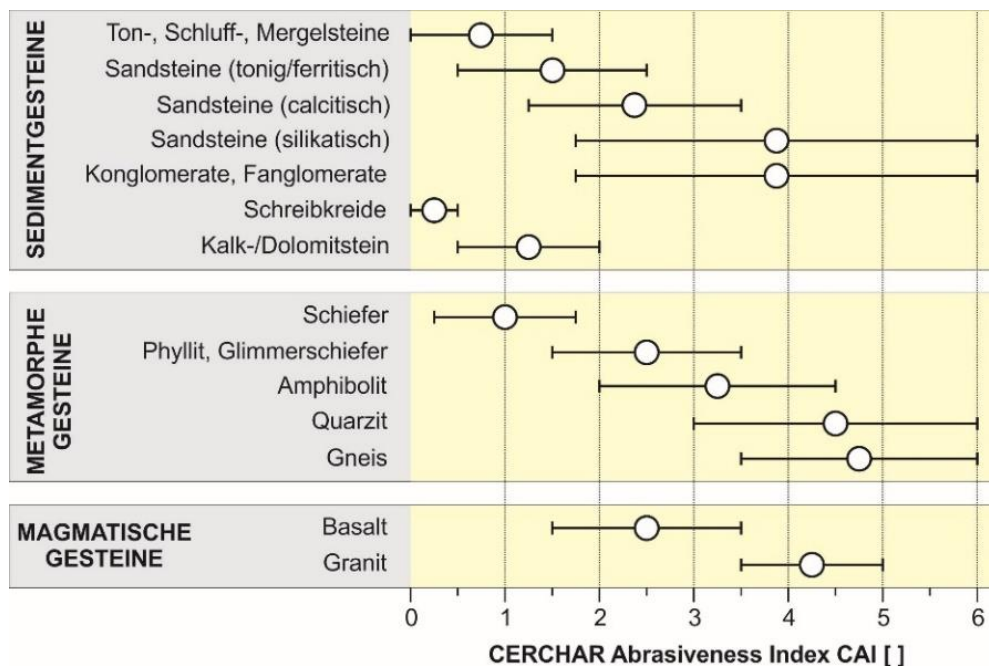


Abbildung 6 Typische CAI-Werte und Bandbreiten für einige weit verbreitete Gesteinsarten (nach: PLINNINGER & RESTNER, 2008, Bild 4, S. 64, deutsche Bezeichnungen ergänzt).

Bei der Interpretation des CAI ist zu beachten, dass der Modellversuchsindex nur Einflussgrößen im Maßstabsbereich des intakten Gesteins wiedergeben kann, also strenggenommen nur das Potential des Gesteins für mehr oder minder kontinuierlichen Abrasivverschleiß am Werkzeug beschreibt. Gebirgeinflüsse, wie Wechsellagerungen verschiedener Gesteine in einer Bearbeitungsfläche (sog. „mixed-face“-Bedingungen), „blockige“ Verhältnisse oder Spannungseinflüsse bleiben bei der Ermittlung des CAI unter „Laborbedingungen“ unberücksichtigt (PLINNINGER & DÜLLMANN, 2018).

4.2. Der LCPC-Test (AFNOR NF P18-579)

Der meist als „LCPC-Test“ bezeichnete Drehflügelversuch (Abbildung 7) des französischen Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (Kürzel: LCPC) eignet sich – im Gegensatz zu dem in Absatz 4.1 angeführten CERCHAR-Verfahren – grundsätzlich zur Prüfung von Lockergestein, weswegen er seit Mitte der 2000er-Jahre als Verschleißuntersuchungsverfahren für Lockergesteine propagiert und in dieser Funktion auch in der VOB/C referenziert wurde.

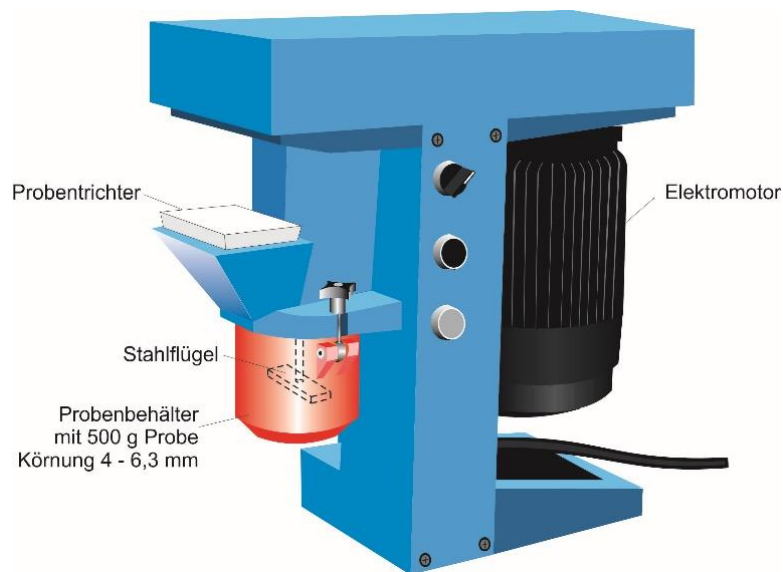


Abbildung 7: Ansicht des LCPC-Prüfgerätes (nach: PLINNINGER & RESTNER, 2008, Bild 8, S. 66, deutsche Bezeichnungen ergänzt).

Der LCPC-Test wird an 500 g gebrochenem Probenmaterial definierter Körnung ($\varnothing$ 4 - 6,3 mm; entspricht Feinkies) durchgeführt. Die Probe wird in einen zylindrischen Behälter eingefüllt und dort 5 Minuten lang bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 4500 U/min von einem Metallflügel definierter Geometrie und Härte durchgemengt, der dabei verschlissen wird. Das Ergebnis des Versuchs ist der ABR-Index, der sich aus dem Massenverlust [g] des Flügels bezogen auf die Probenmenge [t] errechnet und in üblicherweise 5 Klassen von „nicht abrasiv“ (< 50 g/t) bis „extrem abrasiv“ (> 1250 g/t) eingeteilt wird.

Der AK 3.3. „Versuchstechnik Fels“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) hat mit der Arbeit an einer entsprechenden Versuchsempfehlung begonnen, was angesichts der ungenügenden Spezifikationen in der AFNOR NF P18-579 erforderlich sein wird, um vergleichbare Versuchsergebnisse sicherzustellen.

Bei der Planung von Versuchen und der Interpretation von LCPC-Indexwerten ist dennoch zu berücksichtigen, dass bei Probenahme und Probenvorbereitung durch Trocknen, Sieben und ggf. Brechen und erneutes Sieben eine Vielzahl verschleißrelevanter Parameter, wie z.B. die natürliche Lagerungsdichte, der Wassergehalt, der Feinkornanteil (und damit zusammenhängende bindige Eigenschaften), Kornform oder geringfügige Verkittungen oder Zementierungen des Bodens bereits vor dem eigentlichen Versuch verworfen bzw. in signifikanter Weise verändert werden.

Ein weiteres Problem stellt die Untersuchung von Lockergesteinen mit Fein- und Grobkornanteilen dar, da bei einer normgemäßen Probenfraktion von 4 – 6 mm feinkörnige Böden in Ton-, Schluff- und Sandfraktion a priori nicht untersucht werden können. Grobkörnige Böden (Fraktion Grobkies und gröber) müssen vor Prüfung entweder verworfen oder gebrochen und klassiert werden.

Welchen Einfluss die Art der Herstellung der Versuchsprobe dabei auf das Versuchsergebnis haben kann, haben jüngst FEINENDEGEN & ZIEGLER (2018) aufgezeigt, die die Ergebnisse ein und derselben Bodenprobe gegenüberstellen, aus der auf 8 verschiedene Weisen Versuchsproben hergestellt wurden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Vergleich der ermittelten LCPC-Abrasivitätskennwerte (LAK) für verschieden vorbereitete Versuchsproben ein und derselben Bodenprobe (aus: FEINENDEGEN & ZIEGLER, 2018, Tab. 2, S. 119).

Variant Variante	Description Beschreibung	LAK [g/t]
1	according to AFNOR, only original fraction 4 to 6.3 mm <i>nach AFNOR, nur original Fraktion 4 bis 6,3 mm</i>	1,140
2	pure crushed grain 4 to 6.3 mm <i>reines Brechkorn 4 bis 6,3 mm</i>	1,620
3	fraction 0 to 4 mm completely <i>Fraktion 0 bis 4 mm komplett</i>	300
4	fraction 0 to 6.3 mm completely <i>Fraktion 0 bis 6,3 mm komplett</i>	660
5*)	break fraction > 6.3 mm and add crushed grain 4 to 6.3 mm proportionally to original fraction 4 to 6.3 mm <i>Fraktion > 6,3 mm brechen und Brechkorn 4 bis 6,3 mm anteilig zu original Fraktion 4 bis 6,3 mm zugeben</i>	1.360
6*)	break fraction > 6.3 mm and add it to original fraction < 6.3 mm, then separate sample 4 to 6.3 mm <i>Fraktion > 6,3 mm brechen und zu original Fraktion < 6,3 mm zugeben, dann Messprobe 4 bis 6,3 mm abtrennen</i>	1.520
7*)	break fraction > 6.3 mm and add it to original fraction < 6.3 mm, sample 0 to 6.3 mm <i>Fraktion > 6,3 mm brechen und zu original Fraktion < 6,3 mm zugeben, Messprobe 0 bis 6,3 mm</i>	1.080
8*)	break fraction > 6.3 mm and add crushed grain 4 to 6.3 mm to original fraction 0 to 6.3 mm <i>Fraktion > 6,3 mm brechen und Brechkorn 4 bis 6,3 mm zu original Fraktion 0 bis 6,3 mm zugeben</i>	1.280

*) nach [3]

Im Bereich der Bewertung der Abrasivität könnte daher eine sinnvolle Weiterentwicklung in der Berücksichtigung geologisch-geotechnischer Prognoseindizes bestehen, die auf herkömmlichen, „intrinsischen“, bodenmechanischen Kennwerten beruhen.

Diese Verfahren besitzen den Vorteil, dass die Einzelparameter einer empirischen fachlichen Bewertung leichter zugänglich sind und sich deren Ermittlung auf vorhandene Normen und Regelwerke abstützen kann. Neue Entwicklungen, wie der „Soil Abrasivity Index“ (SAI; KÖPPL, 2016) stellen vor diesem Hintergrund vielsprechende und zukunftsweisende Ansätze dar.

5. Fazit

Die mit Erscheinen des Ergänzungsbands 2015 und der Gesamtausgabe 2016 eingeführten Änderungen der deutschen Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistung (VOB) stellen einen Umbruch in der Baugrundklassifizierung dar, wie es ihn seit Einführung der VOB im Jahr 1926 bis dato nicht gegeben hat. Unter Bezug auf den grabenlosen Leitungsbau sind insbesondere folgende Änderungen hervorzuheben:

- Ö Ergänzend zur bereits existierenden ATV „Rohrvortriebsarbeiten“ erhält mit der VOB/C DIN 18324 auch die Horizontalspülbohrtechnik eigene Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV), die die vertragssichere Ausschreibung, Vergabe und Abwicklung zukünftiger Projekte sicherlich unterstützen wird.
- Ö Die Einführung des Konzepts der geotechnischen Homogenbereiche bedeutet eine Abkehr von gewerkespezifischen Boden- und Felsklassen mit vorgegebenen Klassifizierungsparametern und Klassengrenzen.
- Ö Das „Homogenbereich“-Konzept räumt dem Baugrundgutachter einen breiten Ermessensspielraum bei der Festlegung von Bodenschichten mit „gleichartigen Eigenschaften“ ein, fordert von ihm aber eindeutige Angaben und Bandbreiten zu einer Vielzahl relevanter Boden- und Felsparameter, für die auch eindeutige Prüfnormen vorgegeben sind.
- Ö Die Beurteilung der Abrasivität – d.h. des spezifischen Potentials eines Locker- oder Festgesteins, Verschleiß an einem zur Bearbeitung eingesetzten Werkzeug zu verursachen – ist zur Prognose von Werkzeugverschleiß, zur Preisbildung und zur Abgrenzung bauvertraglicher Risikosphären ein zunehmend relevantes Thema der Baugrunderkundung. Hier sind mit der Einführung des LCPC-Versuchs für Boden und des CERCHAR-Versuchs für Fels in der VOB erstmals „Standards“ gesetzt worden, auch wenn diese aus Sicht des Verfassers zumindest in Hinblick auf die Anwendung des LCPC-Verfahrens als Standardverfahren für die Beschreibung aller Lockergesteine teilweise hinterfragt werden müssen.
- Ö Die Vorgaben für die Kennwertedarstellung von Homogenbereichen sind grundsätzlich geeignet, eindeutige Preisermittlungsgrundlagen für die Kalkulation, wie auch für die Bewertung ggf. aufgetretener Folgen geänderter Baugrundverhältnisse zu schaffen. Diese kämen sicherlich einer besser nachvollziehbaren Preisbildung und einer objektiveren Diskussion auf der Baustelle zu Gute.

6. Literaturverzeichnis

- [1] AFNOR - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (1990): Granulats: Essai d'abrasivité et de broyabilité (P 18-579). Paris (AFNOR).
- [2] AFNOR - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (2000): Détermination du pouvoir abrasif d'une roche – Partie 1: Essai de rayure avec une pointe (NF P 94-430-1). Paris (AFNOR).

- [3] ALBER, M., YARAH, O., DAHL, F., BRULAND, A., KÄSLING, H., MICHALAKOPOULOS T.N., CARDU, M., HAGAN, P., AYDIN, H. & ÖZARSLAN, A. (2014): ISRM Suggested Method for Determining the Abrasivity of Rock by the CERCHAR Abrasivity Test. In: Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 47, S. 261-266. Elsevier Verlag.
- [4] BAYER, H.-J. (2017): HDD-Praxishandbuch – Grundlagen und vielfältige Anwendungen, 2. Auflage, Essen (Vulkan-Verlag).
- [5] DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2012): VOB 2012: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Ausgabe 2012. Beuth Verlag, Berlin, 2012.
- [6] DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2015): VOB 2012: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Ausgabe 2012, Ergänzungsband 2015. Beuth Verlag, Berlin, 2015.
- [7] DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2016): VOB 2016: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Ausgabe 2016. Beuth Verlag, Berlin, 2015.
- [8] FEINENDEGEN, M. & ZIEGLER, M. (2018): The significance of the LCPC test as a tool for the specification of homogeneous areas / Zur Aussagekraft des LCPC-Versuchs für die Festlegung von Homogenbereichen.- Geomechanics & Tunnelling, 11, 2: S. 113-122 (Ernst & Sohn).
- [9] GROßE, A. (2018): Neuigkeiten zu und Erfahrungen mit den Homogenbereichen im Teil C der VOB, in: VOGT, C. & MOORMANN, C. (2018, Hrsg.): Tagungshandbuch zum 11. Kolloquium "Bauen in Boden und Fels" der TA Esslingen, 16. und 17. Januar 2018, S. 13-18 (Technische Akademie Esslingen).
- [10] KÄSLING, H. & PLINNINGER, R.J. (2016): Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V: Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch.- Bautechnik, 93, 6: S. 409-415 (Ernst und Sohn)
- [11] KÖPPL, F. (2016): Abbauwerkzeugverschleiß und empirische Verschleißprognose beim Vortrieb mit Hydroschild-TVM in Lockergesteinen. Taschenbuch für den Tunnelbau 2016, S. 135-184, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- [12] PLINNINGER, R.J. (2002): Klassifizierung und Prognose von Werkzeugverschleiß bei konventionellen Gebirgslösungsverfahren im Festgestein. Münchner Geologische Hefte, Reihe B, Angewandte Geologie, B17, München.
- [13] PLINNINGER, R.J. (2017): Abrasivitätsuntersuchung von Boden und Fels auf Basis der neuen VOB/C.- in: ÖSTERREICHISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN (Hrsg., 2017): Tagungsbeiträge der 11. Österreichischen Geotechniktagung, 02./03. Februar 2017, Wien: S. 293-304.
- [14] PLINNINGER, R.J., ALBER, M. & DÜLLMANN, J. (2018): Rock mass scale factors with an influence on tool wear in the mechanised tunnelling process in hard rock / Gebirgsmaßstäbliche Einflussfaktoren auf den Werkzeugverschleiß bei maschinellen Tunnelvortriebsverfahren im Hartgestein.- Geomechanics & Tunnelling, 11, 2: S. 157-168 (Ernst & Sohn).
- [15] PLINNINGER, R.J. & RESTNER, U. (2008): Abrasiveness testing, quo vadis? - a commented overview of abrasivity testing methods.- Geomechanics and Tunnelling, 1, Heft 1, S. 61-70. Verlag Ernst und Sohn, Berlin.