

ERFAHRUNGSBERICHT

über die praktische Ausführung
der Schonenden Sprengverdichtung
im Bereich der LMBV

Erfahrungsbericht über die praktische Ausführung der Schonenden Sprengverdichtung im Bereich der LMBV

Erarbeitet durch:

LMBV	Abteilung Grundsätze Geotechnik Wasserwirtschaft Abteilung Geotechnik Lausitz Abteilung Planung Nord Abteilung Projektmanagement Nordraum
BIUG GmbH	Dipl.-Ing. Kai Reinhardt (Sachverständiger für Geotechnik) Dipl.-Ing. Rico Erler (Sachverständiger für Geotechnik)

Senftenberg, 03.02.2022

Lucas Barthold
Abteilung Grundsätze Geotechnik/
Wasserwirtschaft (VT1)

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	3
2	Gültigkeit	4
3	Parameter, Einsatzbedingungen und Erfahrungswerte	5
4	Empfehlungen zur Gerätetechnik	9
5	Empfehlungen zum Bohren	14
6	Empfehlungen zum Ladungseinbau	16
7	Empfehlungen zum Arbeitsregime.....	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Körnungsband verflüssigungsempfindlicher Sande	5
Abbildung 2:	Bohrzeiten für ein BL in Abhängigkeit der BL-Tiefe	7
Abbildung 3:	Vortrieb während des Bohrens in Abhängigkeit der BL-Tiefe	7
Abbildung 4:	Beispiel für die beschriebene Gerätekombination.....	9
Abbildung 5:	Antriebsrad und Raupenketten	10
Abbildung 6:	Einbau des Gestänges – ringförmiges Magazin	12
Abbildung 7:	aufrechte stehende Gestänge im kastenartigen Magazin.....	12
Abbildung 8:	Einbau der verlorenen Krone	14
Abbildung 9:	Patrone mit $d = 50$ mm in Verrohrung mit ID = 65 mm	16
Abbildung 10:	Vorbereitung einer Patrone	17
Abbildung 11:	fertige Patrone.....	18
Abbildung 12:	mögliche Arbeitszeiten	19
Abbildung 13:	mögliches Arbeitszeitregime Variante 1	20
Abbildung 14:	mögliches Arbeitszeitregime Variante 2.....	21

1 Vorwort

Infolge der geotechnischen Ereignisse auf den Kippenflächen der LMBV sind Sanierungsmaßnahmen zur Sicherung dieser Flächen für die späteren Flächenfreigaben erforderlich. Zu den Sanierungsmethoden, die seit 2011 im Bereich Seese-Ost und -West sowie in Spreetal gezielt erprobt und angewendet wurden, zählt die sog. Schonende Sprengverdichtung – SSPV, wobei in eine oberflächennahe Variante (On-SSPV) und eine Variante mit tieferen Bohrungen (T-SSPV) unterschieden wird.

Die On-SSPV wird i. d. R. genutzt, um durch Sprengung Flächen mit geringen Grundwasserflurabständen (GWFA) soweit vorzuverdichten, dass eine ausreichende Tragfähigkeit für die Geräte der nachfolgenden Tiefenverdichtung gegeben ist. Sie ist in ihrer Anwendung als Sonderfall (Sondertechnologie) anzusehen und wird in diesem Erfahrungsbericht nicht weiter betrachtet. Als typisches Merkmal sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Bohrlöcher der On-SSPV in der Regel mittels handgeführter und meistens maschinell angetriebener Bohrverfahren (Rammkernsonde, Pressluft(ramm)hammer o. ä.) hergestellt werden und deutlich geringere Ladungsmengen zum Einsatz kommen als bei der T-SSPV.

Die hier zur T-SSPV dargelegten Erfahrungen gehen auf folgende Maßnahmen zurück:

- drei Testsprengungen in Seese-Ost 2011
- großflächige Feldversuche in Seese-West 2013 mit On-SSPV und T-SSPV
- Schonende Sprengverdichtung am Hauptwirtschaftsweg Seese-West 2014 bis 2016 mit On-SSPV und T-SSPV
- Schonende Sprengverdichtung in Seese-Ost als Trassensprengen mit T-SSPV 2014 bis 2016
- Schonende Sprengverdichtung in Seese-Ost mit leichter Bohrtechnik und T-SSPV 2017 bis 2018
- Schonende Sprengverdichtung in Seese-Ost mit leichter Bohrtechnik und T-SSPV 2019 bis 2020
- Schonende Sprengverdichtung in Spreetal mit leichter Bohrtechnik und On-SSPV sowie T-SSPV 2019 bis 2020
- Schonende Sprengverdichtung in Seese-Ost mit leichter Bohrtechnik und T-SSPV 2020 bis 2022

Es ist wünschenswert, dass die Erfahrungen, welche sich aus den durchgeführten SSPV-Maßnahmen ergeben haben, in die zukünftige Sanierung mittels Sprengverdichtung einfließen. Unter anderem sollen damit die Technologie weiter optimiert und die Kosten gesenkt werden.

Es hat sich gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit bei der Bauausführung neben den technischen Voraussetzungen (Geräte und Ablauf bei Bohren, Besatz sowie vorbereitendem und begleitendem Erdbau) insbesondere von der Baustellenlogistik (Bohr-/Sprengregime) sowie den Stillständen beim Sprengen (incl. Wartezeiten) und Umbauten von Messtechnik abhängt.

Diese Hinweise werden unter anderem gegeben, da die im Folgenden beschriebenen Arbeitsabläufe flüssiger und die empfohlene Gerätetechnik leistungsfähiger und zuverlässiger sind als bekannte Alternativen. Damit werden Synergieeffekte erreicht, die sowohl dem Auftragnehmer als auch dem Auftraggeber von Nutzen sind.

Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass die hier empfohlene Technik und Arbeitsweise im Rahmen der geotechnischen Vorgaben sehr sicher, flexibel, robust und leistungsstark sind.

2 Gültigkeit

Die Benennung der Erfahrungswerte in diesem Dokument dient als Orientierungshilfe für den Auftragnehmer, ist aber nicht als vertragsrelevant anzusehen, d. h. daraus ergeben sich keine Rechte und Pflichten für die LMBV und ihre Vertragspartner.

Die konkrete Ausführung hat sich immer nach den spezifischen Baustellenanforderungen sowie den Vorgaben des zuständigen Sachverständigen¹ (SfG/SfB) zu richten.

Sämtliche Empfehlungen und Erfahrungswerte, die im Folgenden dargestellt sind, spiegeln die Gesamtheit der bisher gesammelten praktischen Erfahrungen wider. Für jede Maßnahme gelten jedoch andere Rahmenbedingungen und insbesondere die spezifischen Vorgaben des zuständigen Sachverständigen. Daher ist es nicht auszuschließen, dass einige der hier aufgeführten Punkte im Einzelfall nicht für jede Maßnahme umsetzbar sind oder dass sich für die Anwendung projektspezifisch andere Grenzen und Festlegungen ergeben.

Ein Anspruch auf Vollständigkeit ergibt sich bezogen auf den Erfahrungsbericht daher nicht. Der Erfahrungsbericht hat keinen normativen Charakter, d. h. er enthält keine verbindlichen Vorgaben/Regelungen, sondern lediglich Empfehlungen und Erfahrungswerte.

Die folgenden Erfahrungswerte gelten grundsätzlich für Grundwasserflurabstände, die eine maschinelle Herstellung der Sprengbohrlöcher erlauben. Die Praxis hat gezeigt, dass dafür mindestens 2 m Grundwasserflurabstand nötig sind. Sollte dies nicht der Fall sein, so geben die Sachverständigen i.d.R. händisches Bohren oder zusätzliche Maßnahmen vor.

¹ Im Rahmen dieser Empfehlungen handelt es sich um von den Bergbehörden der Bundesländer Sachsen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt anerkannte / benannte / in Referenzlisten geführte Sachverständige für Geotechnik (SfG) oder Sachverständige für Böschungen (SfB).

3 Parameter, Einsatzbedingungen und Erfahrungswerte

Folgende Angaben ergeben sich aus den Erfahrungen zurückliegender Maßnahmen und dienen der Orientierung.

- | | |
|--|--|
| 1) <u>m_{\max} Bohrgerät/Servicefahrzeug²:</u> | 12 t |
| 2) <u>p_{\max} Bohrgerät/Servicefahrzeug²:</u> | 10 kN/m ² |
| 3) <u>Bohrtiefen:</u> | meist bis 35 m unter GOK |
| 4) <u>Schrägbohrungen:</u> | meist 30° |
| 5) <u>Anteil der Schrägbohrungen:</u> | <5 % |
| 6) <u>Notwendiges Drehmoment Bohrgerät³:</u> | Bohrtiefen ≤ 25 m: mind. 6.000 Nm
Bohrtiefen > 25 m: mind. 7.500 Nm |
| 7) <u>Bodenverhältnisse:</u> | |

Die Schonende Sprengverdichtung wird zur Sicherung unverdichteter Kippenbereiche genutzt, um die Gefahr einer Bodenverflüssigung zu beseitigen. Beim Bohren muss daher mit den Eigenschaften unverdichteter Kippenböden gerechnet werden, welche sich zwischen und innerhalb der Sanierungsbereiche stark unterscheiden können. Eine Übersicht zu Orientierungswerten geben Tabelle 1 und Abbildung 1.

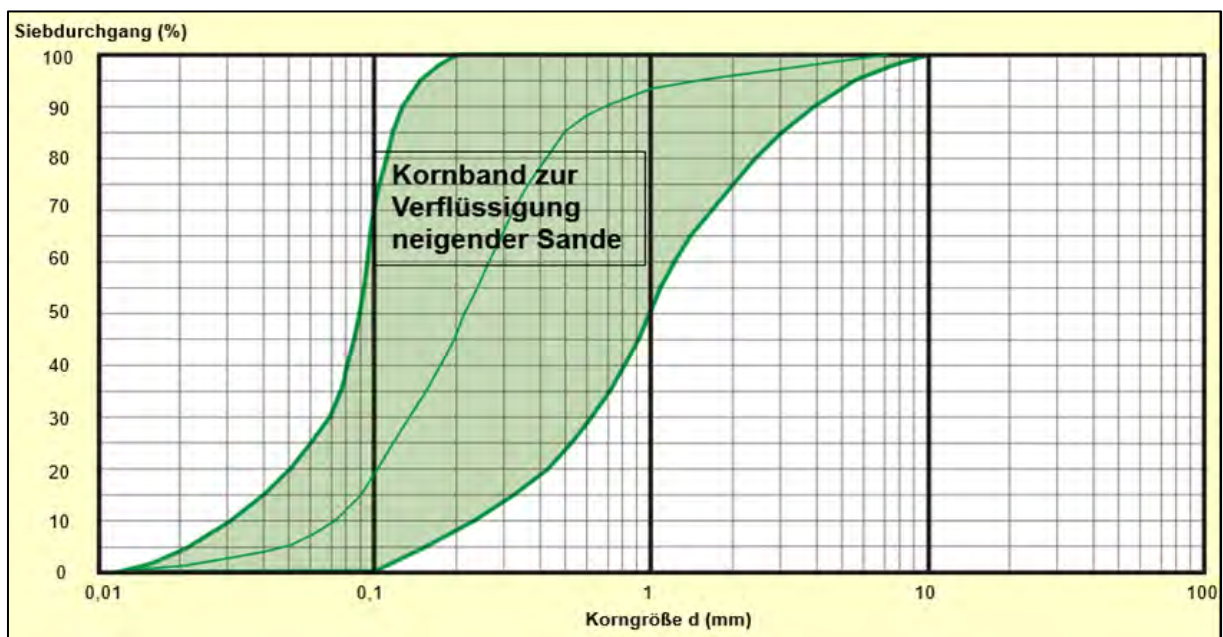


Abbildung 1: Körnungsbereich verflüssigungsempfindlicher Sande

Auch Sande, deren Körnungslinie nicht vollständig innerhalb des in Abbildung 1 gezeigten Kornbandes liegt, können verflüssigungsempfindlich sein.

² Angaben zum maximalen Einsatzgewicht und der maximalen Bodenpressung galten in den zurückliegenden Maßnahmen für einen Grundwasserflurabstand von mindestens 2 m.

³ Erfahrungswert für Vertikalbohrungen. Für Schrägbohrungen, siehe ff. Seiten.

Tabelle 1: Bodenverhältnisse entsprechend DIN 18 300 und DIN 18 301

Ortsübliche Bezeichnung	Tagebaukippe aus mineralischem Mischboden (unverdichtet)
Bodengruppe nach DIN 18196	überwiegen SW, SE, SU, SU*, ST, ST* (in Ausnahmefällen SI, GW, GI, GE, GU, GT, HN, UL, UM, TL, TM, GU*, GT*)
Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4	überwiegend wie in Abbildung 1, Abweichungen möglich
Massenanteil Steine größer $\varnothing = 63$ mm nach DIN EN ISO 14688-1 und -2	lokal möglich
Massenanteil Blöcke größer $\varnothing = 200$ mm nach DIN EN ISO 14688-1 und -2	lokal möglich
Massenanteil großer Blöcke größer $\varnothing = 630$ mm nach DIN EN ISO 14688-1 und -2	lokal möglich
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2	1,3 g/cm ³ - 1,6 g/cm ³
Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9	0 kN/m ² - 5 kN/m ²
undrÄnirte Restscherfest. nach DIN EN ISO 17892-9	0° - 10°
Wassergehalt [%] nach DIN EN ISO 17892-1	0 % - 60 %
Plastizitätszahl [-] nach DIN EN ISO 17892-12	-
Konsistenzzahl [-] nach DIN EN ISO 17892-12	-
Lagerungsdichte D [-] nach DIN EN ISO 14688-2	überwiegend 0 - 0,3
Abrasivität nach NF P18-579	kaum abrasiv
Organischer Anteil nach DIN 18128	in der Regel gering

Abweichend von diesen Eigenschaften ist stets mit der o. g. Inhomogenität von Tagebaukippen zu rechnen, sodass lokal (teilweise stark) abweichende Bodeneigenschaften vorliegen können. Beispielsweise traten in einigen der zurückliegenden Maßnahmen vereinzelt ausgeprägte bindige Bereiche auf, welche den Bohrprozess lokal und temporär erschwerten.

Auch das Bohrverfahren hat einen Einfluss auf den Bohrwiderstand, der aus den o. g. Eigenschaften resultiert. Für Schrägbohrungen ist beispielsweise zu berücksichtigen, dass ein locker gelagerter Boden zusätzliche Auflast auf das Bohrgestänge verursacht, da das Bohrloch kaum Eigenstabilität besitzt und der Bohrprozess dynamische Lasteinträge bewirkt. Das Bohren wird dadurch erschwert, derartige Zusammenhänge sind bei der Dimensionierung der Geräte zu berücksichtigen.

8) Orientierungswerte Bohrzeiten:

Abhängig von den Bodenverhältnissen und der Bohrteufe werden unterschiedliche Vortriebsgeschwindigkeiten und damit unterschiedliche Bohrzeiten realisiert. Aufgrund der Inhomogenität der Kippenböden sind auch während des Bohrvorgangs für ein einzelnes Bohrloch verschiedene Vortriebsgeschwindigkeiten zu erwarten. Insbesondere ausgeprägte bindige Linsen können den Bohrprozess stark verlangsamen.

Um eine Orientierung für die zu erwartenden Bohrzeiten und den Bohrfortschritt zu geben, wurden für die Abbildung 2 und Abbildung 3 insgesamt 600 einzelne Bohrprozesse (vertikale BL) grafisch dargestellt. Die dargestellten Prozesse verstehen sich inkl. Einbau der Verrohrung und Ausbau des Bohrgestänges, ausgehend von Bohrgeräten mit 6.000 Nm bzw. 7.500 Nm Drehmoment.

Einige Punkte sind **rot** markiert. Diese stellen rund 10 % aller ausgewerteten Bohrprozesse dar und weichen deutlich von der **grünen** Punktwolke ab. Bei diesen Bohrungen lief der Bohrprozess aus verschiedenen Gründen (schwierige Bodenverhältnisse z. B. ausgeprägte bindige Zonen, Defekte am Gerät, Unterbrechungen, große Bohrteufe, ...) deutlich langsamer ab, als in der überwiegenden Mehrheit aller Fälle (grüne Punktwolke).

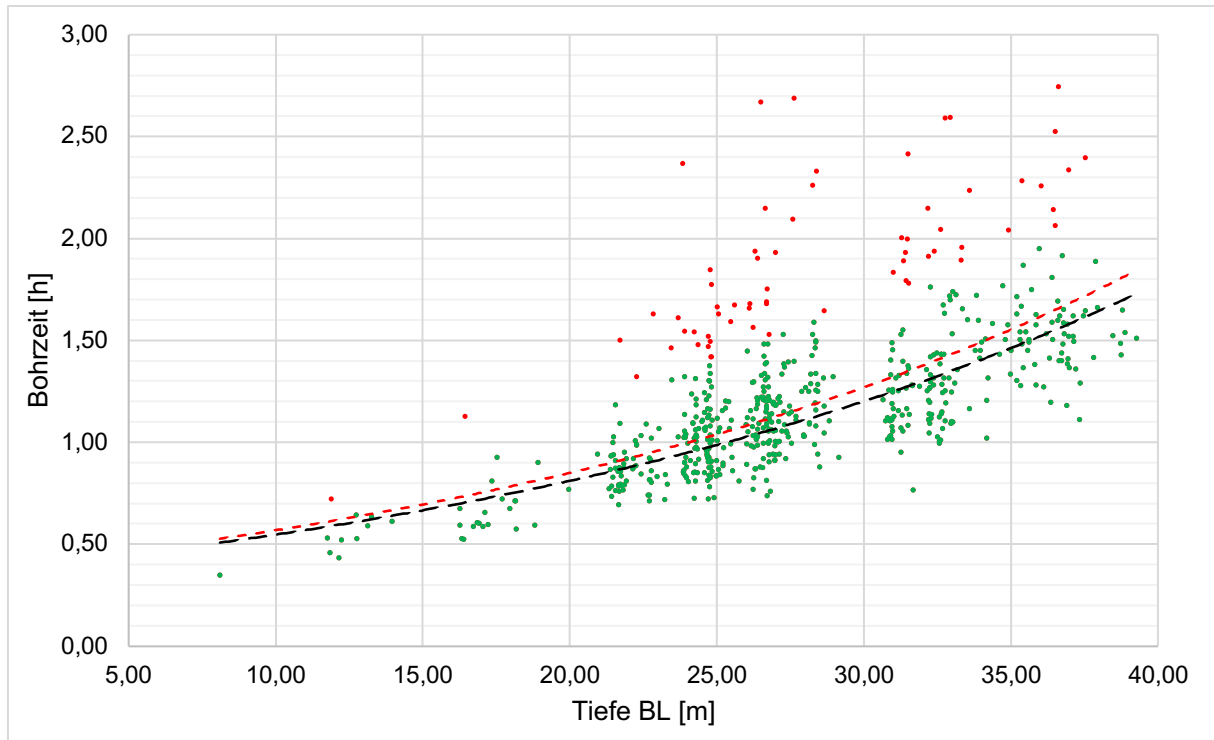


Abbildung 2: Bohrzeiten für ein BL in Abhängigkeit der BL-Tiefe

Die **schwarze Trendlinie** zeigt die zu erwartenden durchschnittlichen Bohrzeiten bzw. den Vortrieb für die überwiegende Mehrheit der Bohrlöcher. Die **rote Trendlinie** berücksichtigt zusätzlich die ca. 10 % der Bohrprozesse, welche ungewöhnlich langsam vorstättengingen.

Der exponentielle Anstieg der Bohrzeit bzw. der lineare Abfall der Vortriebsgeschwindigkeit in Bezug auf die Tiefe des hergestellten Bohrlochs ist auf die zunehmende Reibung am länger werdenden Bohrgestänge zurückzuführen. Diese Auswirkungen sind jedoch im Vergleich zur Streuung im Punktefeld sehr gering, sodass sie für die praktische Abschätzung und Realisierung kaum Bedeutung haben.

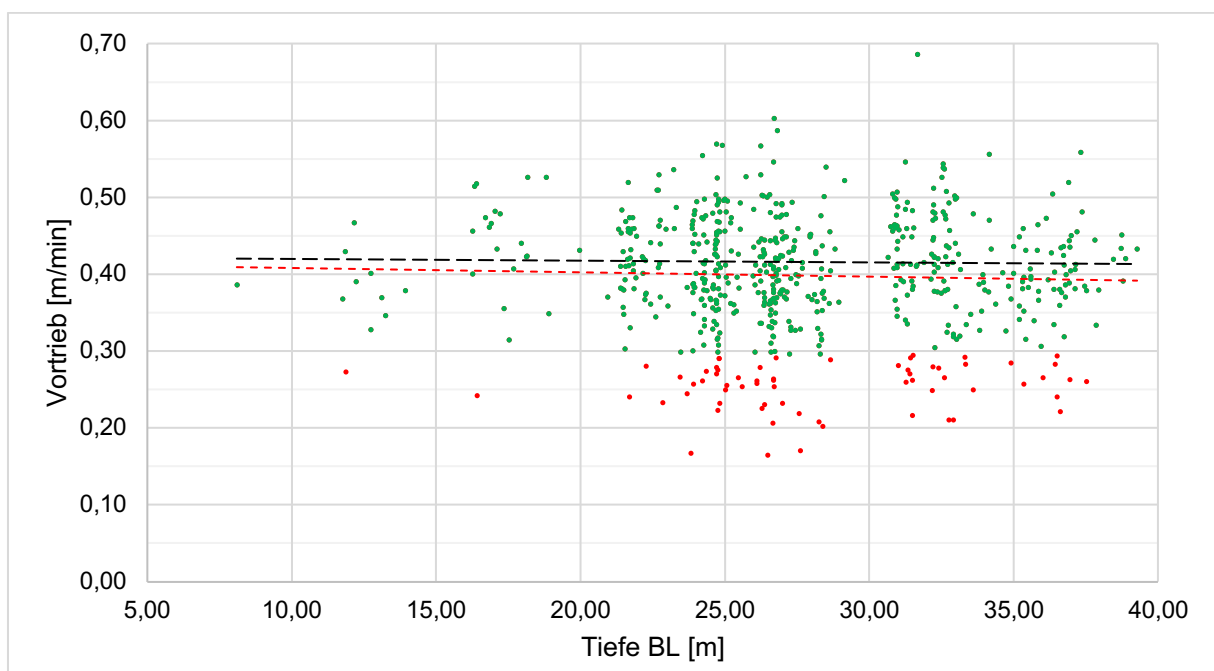


Abbildung 3: Vortrieb während des Bohrens in Abhängigkeit der BL-Tiefe

Davon ausgehend, dass keine besonderen, den Bohrfortschritt beschränkenden Situationen vorliegen, hat die Praxis gezeigt, dass Bohrgeräte mit Drehmomenten von 6.000 Nm bis ca. 25 m Teufe und Bohrgeräte mit 7.500 Nm bis ca. 35 m Teufe relativ kontinuierliche Vortriebsgeschwindigkeiten erreichen.

Daraus lassen sich folgende Orientierungswerte für Prozesszeiten (inkl. Einbau der Verrohrung und Ausbau des Bohrgestänges) bei typischen Bohrtiefen ableiten:

- 20 m ca. 0:50 h
- 25 m ca. 1:00 h
- 30 m ca. 1:15 h
- 35 m ca. 1:30 h

Jenseits der erwähnten exemplarischen Drehmoment-Teufen-Beziehung fallen die Vortriebsgeschwindigkeiten jedoch ab, was neben besonders ungünstigen Bodenverhältnissen Hauptursache für die teils deutlich erhöhten Bohrzeiten / geringeren Vortriebsgeschwindigkeit gemäß Abbildung 2 und Abbildung 3 ist (**rot**). Die entsprechenden Bohrprotokolle zeigen, dass ein unverhältnismäßig großer Anteil des Zeitaufwandes dieser Bohrungen in Teufenbereichen jenseits der (exemplarischen) Grenzen von 25 m und 35 m entsteht.

In den beiden Abbildungen sind je zwei **rote** Punktwolken erkennbar, welche die erhöhten Bohrzeiten für die beiden exemplarisch genannten Leistungsklassen zeigen.

Je höher das Drehmoment des Bohrgerätes, desto konstanter ist dessen Vortriebsgeschwindigkeit insbesondere in größeren Teufen.

Bei der Dimensionierung der zum Einsatz kommenden Geräte sind stets die durch den zuständigen Sachverständigen maßnahmenspezifisch festgelegten Einsatzgrenzen zu beachten!

9) Oberflächenbeschaffenheit:

- eben/flach
- teilweise Bohrungen in Böschungsbereichen (in zurückliegenden Maßnahmen Geländeneigung bis 1:3 vorgegeben)
- durch Verdichtungsarbeiten entstandene Mulden (Sprengmulden, Geländeabsenkungen)

4 Empfehlungen zur Gerätetechnik

Bei der Realisierung der Schonenden Sprengverdichtung hat die Praxis gezeigt, dass der Einsatz von zwei baugleichen Grundgeräten vorteilhaft ist. Eines der Geräte dient als Bohrfahrzeug und das andere als Servicefahrzeug, dessen wichtigste Aufgabe der Transport und das Anreichen der Bohrgestänge ist. In großangelegten Feldversuchen hat sich eine auf Pistenraupen basierende Technik als optimal für den Einsatzzweck und die beschriebenen Bedingungen erwiesen.

Diese Pistenraupen können zum einen die bislang am häufigsten definierten geotechnischen Vorgaben (Masse von max. 12 t und Bodenpressung von max. 10 kN/m²) erfüllen und verfügen zum anderen über die notwendige Mobilität in unebenem Gelände. Aufgrund der genannten Eigenschaften sind Pistenraupen insbesondere auf ungesicherten Kippen deutlich flexibler, unkomplizierter und damit effizienter einsetzbar als die üblichen selbstfahrenden Bohrgeräte. Letztere sind aufgrund ihrer deutlich höheren Bodenpressung und einzuhaltender geotechnischer Sicherheitsanforderungen in ihrer Bewegungsfreiheit auf unsanierten Kippen deutlich eingeschränkt.

Weiterhin erreicht die Pistenraupe deutlich höhere Geschwindigkeiten als selbstfahrende Bohrgeräte. Dieser Vorteil ist bedeutsam, wenn die Geräte zwischen weiter entfernten Bohransatzpunkten umgesetzt werden müssen, wenn sie täglich längere Wege zwischen ihrem Abstell- und Einsatzort zurücklegen müssen oder für etwaig notwendige Fluchtfahrten.

Die Pistenraupe verfügt über Winterketten (Gummiketten mit Alustegen) mit ca. 1,7 m Breite. Bei den Raupenkettensystemen handelt es sich um eine Art Steigeisenkette, deren Metallstege eine aus fünf Streifen bestehende Gummibahn verbinden. Antriebs- und Leitrad sowie die vier Laufrollen der Kette werden durch Führungswinkel fixiert. Diese Ketten ermöglichen einen flächigen und gleichmäßigen Lasteintrag und gewährleisten damit sicher die Einhaltung der geotechnischen Vorgaben. Die Stege der Ketten sinken dabei in den Boden ein, sodass die Aufstandsfläche über den gesamten Kettenquerschnitt gebildet wird.

Das Fahrwerk verfügt über einen hydraulischen Niveauausgleich. Damit wird auch bei Unebenheiten eine ausgeglichene Lastverteilung auf der Kettenaufstandsfläche ermöglicht. Dieses Ausgleichsvermögen ist jedoch u. a. durch die Fahrwerkgeometrie begrenzt. Daher sollte beispielsweise das Durchfahren stark ausgeprägter Sprengmulden vermieden werden.

In den bisherigen Maßnahmen haben sich Geräte als geeignet erwiesen, die über einen Dieselmotor mit einer Leistung von 264 kW sowie ein Hydrauliksystem mit 460 bar und 10/14 Hydraulikkreisläufen hinten/vorn verfügen.



Abbildung 4: Beispiel für die beschriebene Gerätekombination

Für die Herstellung der entsprechenden Pistenraupen und die Kalkulation für deren Einsatz ist allerdings zu beachten, dass die Arbeiten im Verantwortungsbereich der LMBV ausschließlich in sandigen Arealen durchgeführt werden. Sand kann an verschiedenen Stellen, insbesondere am Antriebsrad des Fahrwerks zu erhöhtem Verschleiß führen, wenn dieses (wie üblich) aus Kunststoff gefertigt ist, siehe Abbildung 5.



Abbildung 5: Antriebsrad und Raupenketten

Bohrfahrzeug:

= *technische Einheit aus Bohrgerät/Lafette und Pistenraupe*

In den bisherigen Anwendungsfällen wurde an einer Pistenraupe die (standardmäßig verbaut) hintere Anbaufräse durch eine Bohrlafette mit Seilzugwinde ersetzt. Weiterhin wurde (in Fahrtrichtung) linksseitig der Bohrlafette eine Arbeitsbühne montiert.

Die Pistenraupe bildet mit der Bohrlafette eine technische Einheit. Lafette und Pistenraupe verfügen über ein gemeinsames Hydrauliksystem und eine gemeinsame Stromversorgung.

Die Bedienung erfolgt von einem schwenkbaren Bedienpaneel aus. Dieses befindet sich (in Fahrtrichtung) rechtsseitig der Bohrlafette. Mit dem Bedienpaneel können sämtliche Bewegungen des Bohrvorganges (Vorschub, Drehen, Einstellen der Lafette, Verfahren des Bohrkopfes) und der Winde (Heben der Bohrgestänge) durchgeführt werden. Die Bedienung erfolgt in normaler Arbeitshöhe. Der Bediener steht auf der Geländeoberfläche (GOF) und bedient die Konsole im Stehen.

Die Lafette hat eine Länge von ca. 7 m, die Bohrgestänge (Hohlbohrschnecke) sind jeweils 1 bis 2 m lang. Zum Montieren und Demontieren der Gestänge dient die am Bohrgerät installierte Seilzugwinde.

Bisher wurde stets eine Lafette, basierend auf einem Bohrgerät mit hydraulischem Kraftdrehkopf, verbaut. Dieser erreichte Drehmomente von mind. 6.000 Nm bei 45 U/min bzw. 3.000 Nm bei 90 U/min, was in der Regel ausreichend war. Abweichend von diesen **Minimalanforderungen** sind höhere Drehmomente vorteilhaft, da der Bohrprozess in bindigen oder dichter gelagerten Bereichen erschwert wird oder gar nicht mehr vorankommt.

Grundsätzlich muss das Bohrfahrzeug immer in der Lage sein, unter den maßnahmespezifischen geologischen und geotechnischen Bedingungen die geforderten Bohrtiefen im zu vergrütenden Kippenkörper zu erreichen.

Bei der Lafette handelt es sich also **nicht** um ein Bohrgerät, welches ohne Fahrwerk auf die Ladefläche einer Pistenraupe montiert wurde. Dies wäre zwar technisch möglich, würde aber erhebliche Nachteile mit sich bringen. Das Einsatzgewicht wäre – trotz der Demontage nicht benötigter Bauteile (z. B. Fahrwerk) des Bohrgerätes – höher als bei einem Gerät wie z. B. in Abbildung 4. Damit wäre das Bohrfahrzeug unter Beachtung der geotechnischen Vorgaben voraussichtlich nicht uneingeschränkt einsetzbar. Weiterhin wären einige technische Einrichtungen (z. B. Aggregat und Hydraulikkreislauf) doppelt vorhanden, was ein erhöhtes Ausfallrisiko mit sich bringt und je nach Konfiguration auch zusätzliches Gewicht bedeutet.

Das Gewicht des Bohrfahrzeuges ist aufgrund der sicherheitstechnischen Vorgaben bedeutsam, gleichzeitig erfordert eine höhere Bohrleistung / ein höheres Drehmoment zumeist schwerere Bauteile. Eine durchdachte technische Einheit, bei der kein Bauteil unnötigerweise vorhanden ist, ermöglicht eine maximale Ausnutzung des möglichen Einsatzgewichtes für die Konfiguration eines möglichst leistungsstarken Bohrfahrzeuges.

Das Bohrfahrzeug sollte in der Lage sein, bei einer maximalen Geländeneigung von 1:3 Vertikal- und Schrägbohrungen (bis 30° Abweichung vom Lot) abzuteufen. Bei Schrägbohrungen ist mit erhöhtem Bohrwiderstand zu rechnen, was höhere Drehmomente erfordert, als beim vertikalen Bohren.

Servicefahrzeug:

Für die Zusammenarbeit mit dem Bohrfahrzeug ist es vorteilhaft, ein Servicefahrzeug einzusetzen, welches ebenfalls auf einer Pistenraupe basiert. Es hat sich als praktikabel erwiesen, eine Pistenraupe gleichen Typs als Grundlage für dieses Fahrzeug zu nutzen. Dadurch können beispielsweise Synergieeffekte bei Reparatur und Wartung erzielt werden.

Das Gewicht des Servicefahrzeuges fällt erfahrungsgemäß geringer aus als das des Bohrfahrzeuges. Unter Berücksichtigung der lokalen Einsatzgrenzen (Bodenpressung und max. Einsatzgewicht) ergeben sich damit zahlreiche zusätzliche Möglichkeiten für die Konfiguration (z. B. Anbauteile) des Servicefahrzeuges.

Das Servicefahrzeug verfügt anstatt einer Lafette über ein oder mehrere Magazine für die Bohrgestänge. Diese können am hinteren oder vorderen Teil des Fahrzeuges angebracht und hydraulisch auf die GOF abgesetzt werden.

Abbildung 6 zeigt ein Beispiel mit einem ringförmig gelagerten Magazin. Dieses lässt sich von Hand drehen und bietet beispielsweise Platz für 15 Bohrgestänge mit einer Länge von 2 m. Diese stehen aufrecht und leicht nach außen angewinkelt in den etwa 0,5 m tiefen Kammern des Magazins.

Über die Seilzugwinde an der Lafette lassen sich die Gestänge daher ohne großen Einsatz von Muskelkraft ein- und wieder ausheben. Allgemein läuft der Prozess dadurch deutlich flüssiger und schneller ab als bei der üblichen horizontalen Ablage der Bohrgestänge. Für Bohrlöcher bis 30 m Teufe sind in einem solchen Magazin ausreichend Gestänge vorhanden, sodass diese schnell, sicher und in starker ergonomischer Unterstützung des Bohrpersonals (im Sinne einer deutlichen Arbeitserleichterung) montiert und demontiert werden können.



Befestigung am Flaschenzug

Drehen des Magazins

Bedienung des Bohrgeräts

Abbildung 6:
Einbau des Gestänges – ringförmiges Magazin

Um die Effizienz des Bohrvorgangs zu verbessern, wäre bei diesem Beispiel das Mitführen von einem weiteren, 1 m langen Bohrgestänge sowie zwei bis drei Gestängen mit 2 m Länge als Reserve empfehlenswert.

Zudem ist die längere Bohrstrecke bei Schrägbohrungen zu berücksichtigen. Um mit einer Schrägbohrung bei einer Neigung von 30° zum Lot ein Teufenniveau von 30 m unter GOF zu erreichen, ist beispielsweise eine Bohrlänge von rund 34,6 m erforderlich.



Abbildung 7: aufrechte stehende Gestänge im kastenartigen Magazin

Abbildung 7 zeigt kastenartige Magazine, in denen die Gestänge aufrecht stehen. Bei dieser Variante ist darauf zu achten, dass ausreichend Abstand zwischen den Gestängen verbleibt. Stehen diese zu eng, kann es beim Herausziehen oder Einführen der Gestänge in das Magazin dazu kommen, dass diese sich aneinander verhaken. Dies würde zu Behinderungen und Zeitverlusten führen, weiterhin bestünde ein Verletzungsrisiko für Mitarbeiter, die in diesem Zusammenhang händische Arbeiten ausführen. Ein Vorteil dieser Variante ist die höhere Kapazität an Gestängen, bedingt durch die enge Lagerung.

Hinweis: *Anstatt einer Pistenraupe desselben oder ähnlichen Typs ein anderes Fahrzeug als Servicefahrzeug zu nutzen (z. B. einen Radlader), ist nicht empfehlenswert, da in der Regel strenge Einsatzgrenzen gelten. Im ungünstigsten Fall könnten deshalb Bohrfahrzeug und Servicefahrzeug nicht am selben Ort arbeiten.*

Sonstige Anbauteile:

Beim Einbau der Sprengbohrlochverrohrung in das teilweise wassergefüllte Bohrloch (Hohlbohrschnecke) sind die im Boden verbleibenden Sprengbohrlochrohre mit Wasser zu füllen, um ihr Aufschwimmen beim Ausbau des Bohrgestänges zu verhindern (siehe auch Kapitel 4). Daher ist das Mitführen eines ausreichend dimensionierten Wassertanks (ca. 1.000 l) empfehlenswert.

Um die lasttechnischen Einsatzgrenzen (Gewicht und Bodenpressung) einzuhalten, ist eine Montage des Tanks am Servicefahrzeug sinnvoll (siehe Abbildung 7), da das Bohrfahrzeug, bedingt durch die Lafette, in der Regel bereits ohne Wassertank schwerer sein sollte als das Servicefahrzeug.

Über eine Tauchpumpe im Wassertank und einen Schlauch wird das Wasser bis zum Bohrloch transportiert. Die Stromversorgung der Tauchpumpe erfolgt über die Pistenraupe.

Es ist weiterhin sinnvoll, einen Druckluftkompressor in das System des Bohrfahrzeuges zu integrieren. Mit der Druckluft lassen sich über eine entsprechende Vorrichtung die Bohrgestänge beim Ausbau von Schmutz befreien. Die Druckluftpistole verfügt über einen ausreichend langen Schlauch und sollte an der Bedienkonsole des Bohrfahrzeuges angebracht sein. Zusätzlich sollte ein Handfeger vorhanden sein sowie Schaufeln, welche zur Umlagerung des Bohrkleins dienen.

Um die Sicherung der Steckverbindung an der Bohrwendel zu erleichtern, ist die Verwendung eines pneumatischen Schlagschraubers sinnvoll.

5 Empfehlungen zum Bohren

Die Bohrungen werden in der Regel im Trockenbohrverfahren abgeteuft. Es wird mit Hohlbohrschnecke und verlorener Krone gebohrt. Als „verlorene Krone“ versteht sich in diesem Fall eine Kunststoffkappe/-scheibe, welche die Hohlbohrschnecke verschließt (siehe Abbildung 8). Mit dem späteren Einbringen der Verrohrung in das vollständig abgeteuft Bohrgestänge wird die Kappe/Scheibe herausgedrückt und verbleibt beim Ziehen der Hohlbohrschnecke im Boden. Nachdem die Hohlbohrschnecke aus dem Untergrund entfernt wurde, dient die im Boden verbliebene Rohrtour als (stützender) Verbau zur Stabilisierung der Bohrlochwand.



Abbildung 8: Einbau der verlorenen Krone

Das fertiggestellte Bohrloch soll vorzugsweise einen nutzbaren Durchmesser von $ID = 100 \text{ mm}$ aufweisen, jedoch mindestens $ID = 80 \text{ mm}$. Es ist eine Verrohrung (PE-HD/PVC-U) mit einem Rohrrinnendurchmesser von vorzugsweise $ID = 85 \text{ mm}$, jedoch mindestens $ID = 65 \text{ mm}$, einzubauen. Im Einsatz bewährt haben sich Rohre mit einer Länge von jeweils 6 m . Empfohlen werden Verbaurohre zum Zusammenstecken mit einseitiger Außenmuffe. Mittels geeigneten Klebebandes wird die Rohrverbindung zusätzlich gesichert.

Der Einsatz entsprechender Rohre von der Rolle ist ebenfalls möglich, insofern die dafür notwendige Technik (und das Rohr selbst) am Bohr- oder Servicefahrzeug angebracht werden kann und die geotechnischen Vorgaben dabei eingehalten werden (Masse und Bodenpressung). Der Einbau von ehemals auf einer Rolle befindlichen Plastikrohren ist im Vergleich zum zusammengesteckten Rohreinbau i. d. R. technologisch und meist auch zeitlich aufwendiger, da ein vorheriges in Form bringen (Geradebiegen) des Einbaurohres erforderlich ist. Nicht gänzlich entfernte Rohrkrümmungen können auch zum erschwerten Einbau der Rohrtour in die Hohlbohrschnecke (Verhaken) führen.

Die Geometrie der Verrohrung (Durchmesser) ist situationsspezifisch so zu wählen, dass die Sprengladungen sicher und tiefengerecht im Bohrloch platziert werden können. Dabei sind die einzubauende Ladungsmenge, der Patronendurchmesser, die resultierende Länge der (Teil-)Ladungen sowie der nötige Freiraum für die Kabel und den Ladungseinbau („Einschwimmen“) zu berücksichtigen.

Bei der Auswahl der Rohre ist auf Glattwandigkeit zu achten, um den Sprengstoff zuverlässig an die richtige Position im Rohr bringen zu können.

Das Verbaurohr wird vor dem Einbau am unteren Ende mit einer (verlorenen) Kappe/Spitze verschlossen, um den Einbau zu erleichtern und dabei das etwaige Eindringen von Bodenmaterial zu vermeiden. Um ein Aufschwimmen des Rohres zu verhindern, ist dieses beim Einbau mit Wasser zu füllen (siehe Kapitel 4).

Ein zusätzliches Transportfahrzeug ist grundsätzlich nicht nötig. Transporte können mit dem Bohr- oder Servicefahrzeug erfolgen, wenn dieses entsprechend vorgerichtet ist. Wenn der Transport über größere Entfernungen erfolgt und die geotechnischen Vorgaben es zulassen, ist es praktikabel, dafür ein zusätzliches (schnelleres) Fahrzeug zu nutzen, allein schon, um den Bohrprozess nicht für solche Fahrten zu unterbrechen. Das Bohr-/Servicefahrzeug kann für diesen Zweck beispielsweise zum Transport auf den letzten Metern genutzt werden, sollten die geotechnischen Vorgaben den Einsatz eines anderen Fahrzeuges auf dieser letzten Teilstrecke nicht zulassen.

Für die Arbeiten sind mindestens drei Arbeitskräfte notwendig, die das Bohrfahrzeug und Servicefahrzeug bedienen. Diese drei verteilen sich wie folgt (siehe auch Abbildung 6):

- Ein Mitarbeiter steht auf der GOF und ist für die Verbindung der Gestänge miteinander zuständig. Weiterhin „bedient“ dieser Mitarbeiter das Gestängemagazin.
- Ein zweiter Mitarbeiter steht auf der Arbeitsbühne und ist für das Ein- und Aushängen der Bohrgestänge an der Seilzugwinde sowie für die Verbindung der Gestänge mit der Lafette zuständig.
- Ein dritter Mitarbeiter steht an der Bedienkonsole und steuert die Seilzugwinde und den Bohrprozess.

Es hat sich aber gezeigt, dass die Arbeiten insgesamt deutlich flüssiger ablaufen, wenn vier Arbeitskräfte im Einsatz sind. Ein vierter Mitarbeiter kann als Springer überall mit zur Hand gehen, ist aber für den Prozess selbst nicht unabdingbar.

Hinweis: *Diese Angaben zur Anzahl der mit dem Bohrvorgang befassten Arbeitskräfte beinhalten nicht den personellen Aufwand für einen ggf. erforderlichen Riss- bzw. Böschungsbeobachter.*

Für die Kalkulation ist weiterhin bedeutsam, dass die Arbeiten zum größten Teil auf Freiflächen stattfinden. Dies führt insbesondere während der Sommermonate dazu, dass die körperlich anstrengenden Bohrarbeiten in der prallen Sonne durchgeführt werden. Hieraus kann ein erhöhter Aufwand durch zusätzliche Pausen und die Versorgung der Mitarbeiter mit ausreichend Flüssigkeit entstehen. Auch bei regnerischen und kaltem Wetter können sich Einschränkungen / Erschwernisse insbesondere (durch ungebremste) Windeinflüsse ergeben.

6 Empfehlungen zum Ladungseinbau

Der gelatinöse Sprengstoff wird mittels Patronen eingebaut, die ausreichend Raum zur Verrohrung lassen, sodass ein Steckenbleiben ausgeschlossen werden kann. Es ist zu beachten, dass neben den Patronen noch Freiraum für die Kabel der Zünder und die Aufhängung der Patronen notwendig ist.

Für Rohrrinnendurchmesser von $ID = 65 \text{ mm}$ sollte der Patronendurchmesser von $d = 50 \text{ mm}$ nicht überschritten werden. Bei einem Rohrrinnendurchmesser von $ID = 85 \text{ mm}$ können Patronen bis zu einem Durchmesser von $d = 65 \text{ mm}$ verwendet werden.



Abbildung 9: Patrone mit $d = 50 \text{ mm}$ in Verrohrung mit $ID = 65 \text{ mm}$

Zur Erhöhung der sprengtechnischen Sicherheit, d. h. dem weitestgehenden Ausschließen von Versagern, und um die notwendige Flexibilität bei der Festlegung bzw. Anpassung der Zündtechnologie (Zündzeitverzögerungen zwischen den Sprengladungen innerhalb eines Sprengbohrloches und zwischen den Sprengbohrlöchern) zu gewährleisten, sollten elektronische Zünder und Zündmaschinen verwendet werden.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die vorgegebenen Abstände zwischen den Sprengladungen bzw. die richtige Ladungstiefe sicherzustellen. Beispielsweise können entsprechend zugeschnittene Papierpfropfen oder Abstandshalterrohre zwischen den Ladungen platziert werden. Eine einfach umsetzbare, kostengünstige und schnelle Methode ist jedoch das Einhängen der Ladungen an einer ausreichend zugfest dimensionierten Schnur. Weiterhin ist ein Verdämmen zwischen den Ladungen oder oberhalb der obersten Ladung möglich, was jedoch Nachteile mit sich bringt, sollte es Probleme beim Zünden geben oder zu Versagern kommen. Beim Verdämmen mit Erdstoff bzw. Splitt o. ä. ist daher darauf zu achten, dass die Zündkabel bzw. -elemente nicht beschädigt werden.

Die Methode des Einhängens der Sprengladungen wurde bislang bevorzugt im Verantwortungsbereich der LMBV angewendet und hat sich als zuverlässig und effizient erwiesen. Diese Methode wird im Folgenden näher beschrieben.



Abbildung 10: Vorbereitung einer Patrone

Abbildung 10 zeigt die erste Teilladung des ersten Sprengbohrlochs (SBL) einer Gruppe. Wird, wie in diesem Fall, ein Trigger verwendet, welcher den exakten Sprengzeitpunkt erfasst (schwarzes Kabel), so wird dieser stets an der ersten Teilladung befestigt.

Der Zünder wurde in diesem Beispiel bereits vollständig in die Patrone hineingesteckt. Um einem Herausziehen/-rutschen des Zünders vorzubeugen, wird dieser mit dem Sprengkabel (gelb) an der Patrone verknotet, sodass eine eventuelle Zugbelastung von der Knotenverbindung aufgenommen wird (und nicht zum Herausziehen des Zünders führt).

Im Beispiel (Abbildung 10) ist die Patrone an derselben Stelle mit weißer Paketschnur fixiert. Diese dient dem Einhängen der Patrone; das Zündkabel bleibt unbelastet. Die Schnur wird außerhalb des Bohrloches befestigt (z. B. an einem Holzpflock wie in Abbildung 9). Statt einer Paketschnur kann beispielsweise auch Ballengarn verwendet werden. Wichtig ist, dass ein Reißen der Aufhängung ausgeschlossen werden kann und dass das Material unter Nässe und Zug weitgehend längentreu bleibt. Es ist empfehlenswert, die Patrone an mehreren Stellen (oben, mittig, unten) mit der Schnur zu fixieren. Dies gilt insbesondere für größere Teilladungen, die entsprechend längere/schwerere Patronen erfordern.

Die Knoten des Sprengkabels (im Fall der Abbildung 10 auch der Abrisstrigger für die exakte Ermittlung des Sprengzeitpunktes für die baubegleitenden hydraulischen und seismischen Messungen) sollten zusätzlich mit Klebeband gesichert werden, um ein Hängenbleiben im Rohr oder an anderen Kabeln und Schnüren zu verhindern. Die Länge des Sprengkabels ist entsprechend der Einbautiefe zu wählen, dabei ist der Kabelbedarf der Knoten und die Verbindung zur Zündleitung außerhalb des Bohrloches zu berücksichtigen.

Eine fertige Patrone mit zusätzlichem Schutz mittels Klebeband ist in Abbildung 11 dargestellt. Diese wurden im oberen und unteren Bereich mit Paketschnur fixiert.



Abbildung 11: fertige Patrone

Für 6 SBL mit je 3 Teilladungen erfordern die notwendigen Arbeitsschritte

- Vorbereitung der Zünder,
- Vorbereitung der Ladungen,
- Einbau der Ladungen,
- Programmieren der Zündzeitverzögerungen der elektronischen Zünder,
- Funktionstests (Überprüfung des Sprengzündkreises auf Fehlerfreiheit),
- Verbinden der Sprengladungen bzw. des Zündkreises mit der Zündmaschine

erfahrungsgemäß einen zeitlichen Aufwand von **ca. 3 h**. Das gilt für den Fall, dass ein einzelner Mitarbeiter mit dieser Aufgabe betraut ist. Der Einsatz von 2 oder mehr Mitarbeitern verkürzt den zeitlichen Aufwand.

7 Empfehlungen zum Arbeitsregime

Hinweis: *Es hat sich gezeigt, dass der Bohrfortschritt der entscheidende Faktor für die Abarbeitungsgeschwindigkeit der SSPV-Maßnahme ist.*

Der Auftragnehmer entscheidet, mit welchem Arbeitszeitregime er die Maßnahme fristgerecht abschließen kann. In der Regel unterliegen die Arbeiten einer Reihe von wiederkehrenden Einschränkungen, u. a. aufgrund der lokalen geotechnischen Verhältnisse, der Nähe zu Schutzobjekten, gesetzlicher Vorgaben und so weiter. Meist werden folgende Beschränkungen vorgegeben:

- Bohrarbeiten:
 - bei ausreichend Tageslicht (Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang)
 - Montag bis Samstag
 - Sonntag i. d. R. möglich, gesetzliche Bestimmungen (z. B. Einholung einer Sondergenehmigung) sind zu beachten
- Sprengarbeiten:
 - zwischen 9 Uhr und 16 Uhr, manchmal bis 18 Uhr
 - Montag bis Freitag
- Generell:
 - Das Betreten der Sprengfeldflächen nach erfolgter Realisierung der Sprengverdichtung ist erst nach Abklingen des Porenwasserüberdrucks (PWÜD) unter den vom Sachverständigen dazu festgelegten Grenzwert zulässig. Meist ist mit Wartezeiten von 0,5 h bis 2 h für das Abklingen der PWÜD und damit Vorliegen eines temporären Betretungsverbot zu rechnen.

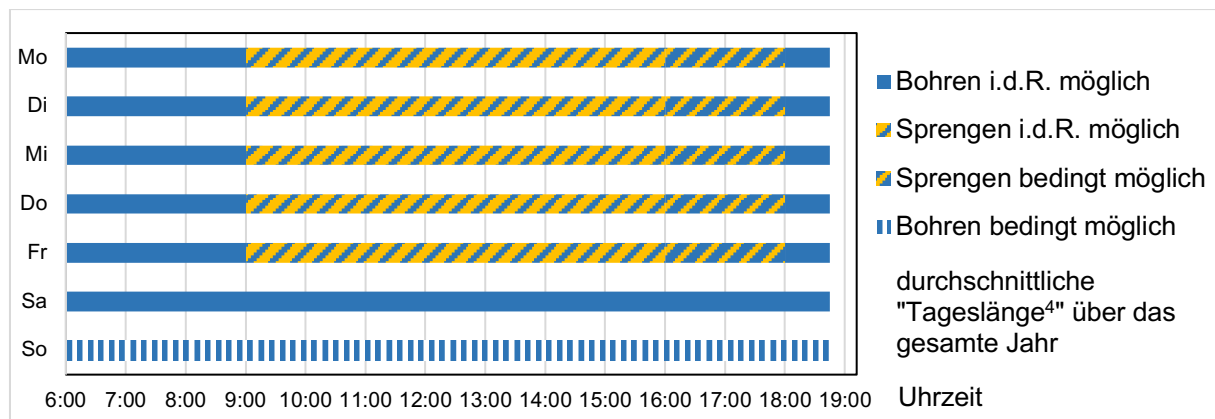


Abbildung 12: mögliche Arbeitszeiten

Die Abbildung 12 zeigt die o. g. Einschränkungen schematisch. Dafür wurde eine durchschnittliche „Tageslänge“ von 12:45 h angenommen (gilt auch für die folgenden Abbildungen). Für jede Maßnahme werden diese Beschränkungen zum Bohr- und Sprengregime durch den zuständigen Sachverständigen sowie im Rahmen der behördlichen Genehmigung festgelegt. Die hier aufgeführten Richtwerte dienen der Orientierung, müssen aber nicht zwangsläufig für jede Maßnahme in dieser Form gelten.

⁴ Tageslänge ist die pro Arbeitstag verfügbare Arbeitszeit unter ausreichend Tageslicht.

Wird ein Einschichtbetrieb gefahren und täglich erst gebohrt und anschließend gesprengt, so geht viel potenzielle Arbeitszeit durch das temporäre Betretungsverbot nach der Sprengverdichtung verloren.

Im Unterschied dazu wurden in vergangenen Maßnahmen zwei Arbeitsregime gefahren, welche jeweils einen Zweischichtbetrieb voraussetzen, deutlich effizienter waren und einen guten Sanierungsfortschritt gewährleisteten. Diese werden im Folgenden beispielhaft erläutert.

Dabei ist zu beachten, dass die Umsetzbarkeit dieser beiden Beispielsregime und anderer Arbeitsregime stets von den geotechnischen Vorgaben, der tatsächlich nutzbaren „Tageslänge“ zum Betrachtungszeitpunkt, der aktuellen Wetterlage, der Umgebung (Bauwerke/Be-siedlung) und insbesondere von der Bodenbeschaffenheit abhängig ist. Die Bodenbeschaffenheit hat direkte Auswirkungen auf den Bohrfortschritt (siehe Kapitel 3).

Sofern möglich, können Synergieeffekte genutzt werden. Beispielsweise können die Bohrmannschaften als Absperrposten eingesetzt werden, da vor, während und nach einer Sprengung Betretungsverbot herrscht.

Beispiel 1:

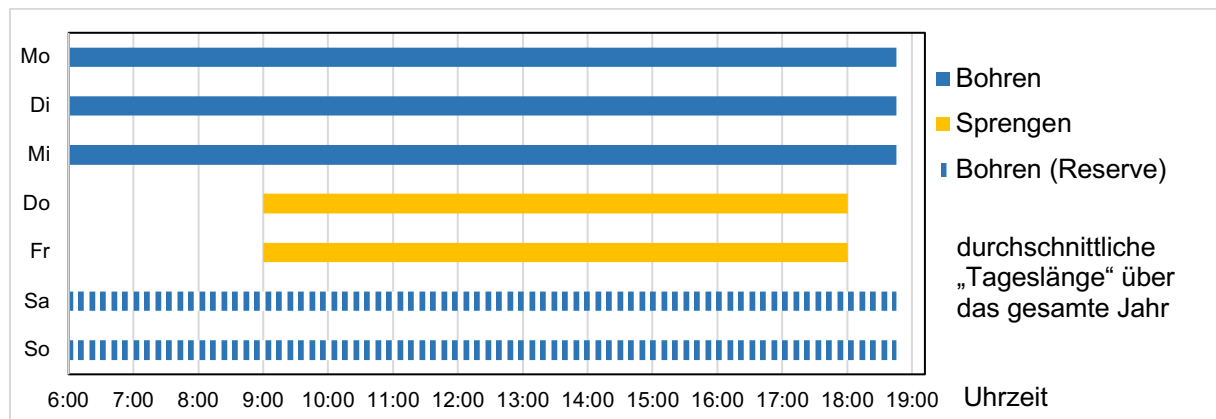


Abbildung 13: mögliches Arbeitszeitregime Variante 1

In Abbildung 13 ist ein Arbeitszeitregime dargestellt, welches reine Bohr- und Sprengtage vorsieht. An den Bohrtagen ist ein Zweischichtbetrieb notwendig. Alternativ kann das Bohrpersoneel Überstunden aufbauen, die dann an den Sprengtagen durch verkürzte Arbeitszeiten abgebaut werden. Das Arbeitszeitgesetz ist zu beachten.

Vorteil dieses Regimes ist, dass die Bohrarbeiten nicht durch die Sprengarbeiten und insbesondere durch unerwartet längere Abklingzeiten des Porenwasserüberdrucks beeinträchtigt bzw. unterbrochen werden. Dadurch, dass an Sprengtagen keine anderen Arbeiten erfolgen müssen, kann gegen Ende des zulässigen Sprengzeitrahmens noch einmal gesprengt werden, sodass die Abklingzeit in einen Zeitraum fällt, in dem (nach diesem Regime) ohnehin nicht gearbeitet werden würde.

Die Anwendung dieses Regimes setzt voraus, dass die Sicherheitsvorgaben ein entsprechendes „Vorbohren“ – und damit die u. U. größere Entfernung der Geräte vom bereits verdichteten Bereich bzw. Gewachsenen – zulassen. In den Sicherheitsvorgaben zurückliegender Maßnahmen wurde meist ein maximal zulässiger Abstand zwischen Bohrfahrzeug und gewachsenem / verdichtetem Bereich von ≤ 60 m festgelegt.

Sollte der Porenwasserüberdruck ausreichend schnell abfallen und damit mehr Sprengverdichtungsvorgänge an den Sprengtagen (Mo. – Fr.) möglich werden, könnte das Wochenende ebenfalls zum Vorbohren genutzt werden. Auch hierfür gelten das Arbeitszeitgesetz, die Sicherheitsvorgaben und das Beachten ausreichend großer zeitlicher und räumlicher Abstände beim Abarbeiten der Sprenggruppen.

Umgekehrt kann das Bohren am Wochenende genutzt werden, damit unter der Woche beispielsweise ein weiterer Sprengtag ermöglicht wird. Das wäre der Fall, wenn (sehr) lange PWÜD-Abklingzeiten an den Sprengtagen dafür sorgen, dass weniger Gruppen innerhalb des erlaubten Zeitraums gesprengt werden können.

Beispiel 2:

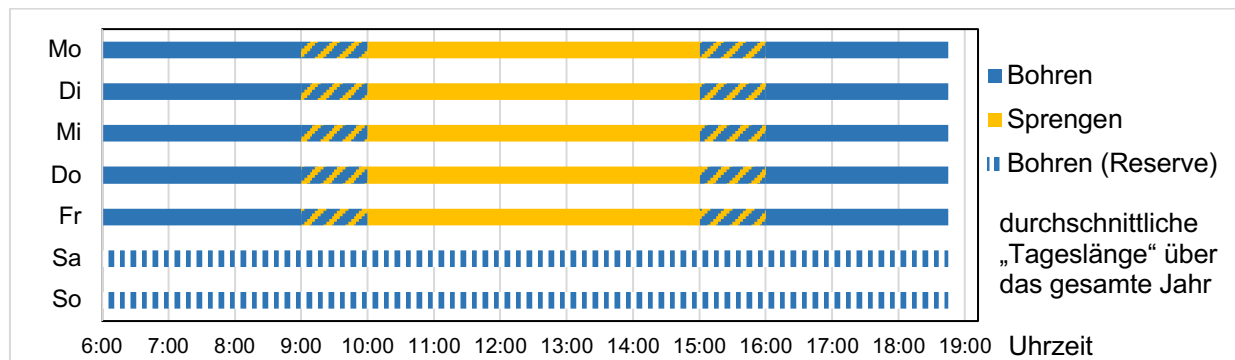


Abbildung 14: mögliches Arbeitszeitregime Variante 2

Das Beispiel gemäß Abbildung 14 sieht einen Zweischichtbetrieb sowie tägliches Bohren und Sprengen von Montag bis Freitag vor. Dieses Regime bietet sich vor allem an, wenn Sprenggruppen über einen längeren Zeitraum aus derselben Anzahl an Sprengbohrlöchern bestehen.

Bilden beispielsweise vier Sprengbohrlöcher (SBL) eine Sprenggruppe, so ergäbe sich der folgende Arbeitsablauf:

- Bohren von vier SBL
- Abarbeiten (Sprengen) einer Sprenggruppe von vier SBL, Abwarten der PWÜD-Abklingzeit
- Abarbeiten (Sprengen) einer weiteren Sprenggruppe von vier SBL, Abwarten der PWÜD-Abklingzeit
- Bohren von vier weiteren SBL

Dieses System benötigt im gezeigten Beispiel einen einmaligen Vorlauf von vier Sprengbohrlöchern.

Ein wesentlicher Vorteil ist, dass die erlaubte Sprengzeit flexibel ausgenutzt werden kann, wenn der Bohrprozess länger dauert als geplant. Sollten keine besonderen Bedingungen vorliegen, so ist es realistisch, dass die PWÜD-Abklingzeiten nach den Sprengungen kurz genug sind, sodass im Anschluss erneut gebohrt werden kann. Die konkreten Vorgaben (u. a. zum Mindestabstand zu dem soeben realisierten Sprengbereich) erfolgen durch den Sachverständigen. Sollte der Porenwasserüberdruck im Einzelfall über längere Zeit nicht ausreichend abklingen, kann der Sachverständige über die Freigabe der Flächen entscheiden.

Sollte der Bohrprozess langsamer vorangehen als zur Erfüllung der Leistungsansätze nötig, so ist es unter Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften und der erforderlichen Abstände zwischen vorzubohrenden Sprenggruppen auch möglich, am Wochenende einige Bohrlöcher vorzubohren – das Arbeitszeitgesetz ist zu beachten. Auf diese Weise kann der gewünschte Bau- bzw. Verdichtungsfortschritt mit diesem Arbeitsregime gesichert werden.

Dieses Regime kann an die tatsächlichen Gegebenheiten angepasst werden. Bestehen die Sprenggruppen beispielsweise aus sechs Sprengbohrlöchern, könnte an einem Tag eine Gruppe gebohrt, eine Gruppe gesprengt und anschließend eine weitere Gruppe gebohrt werden. Am folgenden Tag würde erst eine Gruppe gebohrt und anschließend zwei Gruppen gesprengt werden. Dieses Vorgehen setzt eine entsprechend kurze Abklingzeit des Porenwasserdrucks und eine ausreichende nutzbare „Tageslänge“ voraus.

- Hinweise:
- *Beide Arbeitsregime sind keine starren Systeme und können flexibel an die jeweilige Maßnahme angepasst werden.*
 - *Es ist auch eine Kombination beider Arbeitsregime möglich. Dies könnte temporär oder ortsbezogen erfolgen.*
 - *Die Beispielgrafiken berücksichtigen eine durchschnittliche nutzbare „Tageslänge“ über das gesamte Jahr. Dabei wurde eine Arbeitspause von zwei Wochen im Zeitraum von Weihnachten und Neujahr berücksichtigt.*
 - *Das Regime nach Variante 2 wurde in einem Oktober erfolgreich realisiert. Damit sollte erwiesen sein, dass dieses Regime – bezogen auf die Forderung nach dem Vorliegen von Tageslicht für die Arbeiten – für mindestens neun Monate im Jahr anwendbar ist.*
 - *Ist es im **Winter** aufgrund der kürzeren Tageszeiten nicht möglich, einen Zweischichtbetrieb nach den beiden Varianten zu fahren, so verringert sich die wöchentliche/monatliche Leistung. Diese Minderleistung kann vom Frühjahr bis zum Herbst durch die Ausnutzung der längeren Tageslichtphase wieder ausgeglichen werden.*



LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH

Knappenstraße 1
01968 Senftenberg

Telefon +49 3573 84-4302
Telefax +49 3573 84-4610

www.lmbv.de

Der Inhalt dieser Broschüre ist urheberrechtlich geschützt.
Jegliche Vervielfältigung, Verbreitung, Nachnutzung oder sonstige
gewerbliche Nutzung ohne Zustimmung der LMBV sind untersagt.