

Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

Verfahrensunterlage

Titel: ERA Morsleben
Systembeschreibung und Qualitätssicherungskonzept
Bohrlochverfüllung mit Magnesiabinder

Autor: Köster, R., Kaufmann, M. & Laske, D.

Erscheinungsjahr: 2002

Unterlagen-Nr.: G 148

Revision: 00

Unterlagenteil:



STICHWORTE: Bohrlochverfüllung, ERA Morsleben, Magnesiabinder, Qualitätssicherung, Stilllegung, Systembeschreibung

1, ZUSAMMENFASSUNG

Die Systembeschreibung „Bohrlochverfüllung mit Magnesiabinder“ beinhaltet die Beschreibung der Verfüllung von ausgewählten Bohrlöchern, die im ERA Morsleben im Rahmen der Stilllegung verfüllt werden, einschließlich der erforderlichen Misch- und Pumpanlage sowie einem Qualitätssicherungskonzept mit den dazugehörigen qualitätssichernden Maßnahmen..

Entsprechend der Ziele der Bohrlochverfüllung werden Anforderungen an die Baustoffsusension sowie an die einzelnen Anlagenkomponenten definiert, Neben der Charakterisierung eines geeigneten Baustoffs wird auf die notwendigen infrastrukturellen Maßnahmen, auf die Technologie der Bohrlochverfüllung sowie auf den Verfüllsbetrieb selbst eingegangen..

Darüber hinaus werden Maßnahmen zum Schutz von Personen und Einrichtungen beschrieben,

Am Ende der Systembeschreibung wird ein Qualitätssicherungskonzept vorgestellt, welches auf der Grundlage eines Überwachungskonzepts qualitätssichernde Maßnahmen beschreibt, die gewährleisten, dass die in den Anforderungen definierten Ziele der Bohrlochverfüllung sicher erreicht bzw., eingehalten werden können,

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
1. ZUSAMMENFASSUNG	3
INHALTSVERZEICHNIS	4
VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN	5
2. EINLEITUNG	6
3. GELTUNGSBEREICH	7
4. AUSLEGUNGSANFORDERUNGEN	8
4.1 MECHANISCHE ANFORDERUNGEN UND PERMEABILITÄT	8
4.2 THERMODYNAMISCHE ANFORDERUNGEN	8
4.3 RHEOLOGISCHE ANFORDERUNGEN	9
4.4 SONSTIGE ANFORDERUNGEN	9
5. CHARAKTERISIERUNG DES BAUSTOFFS	11
6. BOHRLOCHVERFÜLLUNG	12
6.1 INFRASTRUKTURELLE MAßNAHMEN	12
6.2 MISCH- UND PUMPANLAGE	13
6.3 BESCHREIBUNG DES VERFÜLLBETRIEBS	14
7. MAßNAHMEN ZUM SCHUTZ VON PERSONEN UND EINRICHTUNGEN	16
7.1 ARBEITSSCHUTZ	16
7.2 BRANDSCHUTZ	17
7.3 STRAHLENSCHUTZ	17
8. QUALITÄTSSICHERUNGSKONZEPT	18
8.1 ZIELE DES QUALITÄTSSICHERUNGSKONZEPTS	18
8.2 AUFBAU DES QUALITÄTSSICHERUNGSKONZEPTS	19
8.3 QUALITÄTSSICHERUNGSMÄßNAHMEN	19
8.3.1 KONTROLLE DES TROCKENBAUSTOFFS / DER BAUSTOFFKOMPONENTEN	19
8.3.2 KONTROLLE DER DOSIERUNG	20
8.3.3 KONTROLLE DES ANGEMISCHTEN BAUSTOFFS	21
8.3.4 KONTROLLE DER VERFÜLLUNG	22
8.4 DOKUMENTATION	24
9., LITERATUR	25
GESAMTBLATTZAHL DER UNTERLAGE:	25

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

ABAO	Arbeitsschutz- und Brandschutzanordnung
DBV	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.
EG	Europäische Gemeinschaft
E-Modul	Elastizitätsmodul
ERA	Endlager für radioaktive Abfälle
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
kf-Wert	Durchlässigkeitsbeiwert
MgCl ₂	Magnesiumchlorid
MgO	Magnesiumoxid
QS	Qualitätssicherung
StrISchV	Strahlenschutzverordnung

2. EINLEITUNG

Bei der vom BfS geplanten Stilllegung des ERA Morsleben ist vorgesehen, ausgewählte Bohrlöcher mit Magnesiabinder zu verfallen. Zu den ausgewählten Bohrlöchern gehören Bohrungen in Bereichen der geplanten Abdichtungen, Die Kriterien für die Auswahl der Bohrlöcher sind in der BfS Unterlage „Kriterien für das Verfallen von Bohrungen'^{1/1} genannt.

Darüber hinaus können mit dem Magnesiabinder auch Bohrungen verschlossen werden, die aufgrund von behördlichen Auflagen bzw., Sonderbetriebsplänen verfüllt werden müssen.,

Die zu verschließenden Bohrungen wurden in der Regel im Rahmen von Erkundungsmaßnahmen gestoßen und besitzen unterschiedliche Durchmesser, Längen, Richtungen sowie Neigungen., Die Bohrlochlängen können bis zu mehreren hundert Metern betragen und die Bohrlochdurchmesser variieren zwischen 46 und 183 mm.. Durch das Verfallen der Bohrlöcher wird erreicht, dass

- die Bohrlöcher mechanisch stabilisiert werden und dass
- die hydraulisch wirksame Länge der Abdichtungen erhalten bleibt bzw., Umläufigkeiten verhindert werden.,

¹ Die in Schrägstrichen aufgeführten Zahlen beziehen sich auf die Quellenangaben im Literaturverzeichnis

3., GELTUNGSBEREICH

Die Systembeschreibung „Bohrlochverfüllung mit Magnesiabinder" gilt für die im ERA Morsleben im Rahmen der Stilllegung zu verschließenden Bohrlocher, Die Auswahl und Festlegung der stilllegungsrelevanten Bohrungen erfolgt im Bericht „Kriterien für das Verfüllen von Bohrungen" *IM*.

Ergänzend kann die Systembeschreibung auch bei Bohrlochern angewendet werden, die aufgrund von behördlichen Auflagen verschlossen werden müssen.. Hierbei handelt es sich um Bohrungen, die aufgrund von Sonderbetriebsplänen oder die nach § 122 der Arbeitsschutz- und Brandschutzordnung (ABAO 126/2) infolge des Antreffens von Gasen oder Lösungen verfüllt werden müssen..

4,, AUSLEGUNGSANFORDERUNGEN

Die Auslegungsanforderungen ergeben sich aus der Aufgabe des Verschließens der Bohrlöcher mit einer gering viskosen Baustoffsuspension, Es leiten sich daher Anforderungen an die physikalischen Eigenschaften des Baustoffs, an die Verarbeitung und an die Einbringtechnologie ab,.

Zu den physikalischen Eigenschaften des Baustoffs zählen die Permeabilität, sowie die mechanischen und thermodynamischen Anforderungen,, Ausgehend von der Herstellung des Baustoffs und der Einbringung in die Bohrlöcher sind Theologische Anforderungen an den Baustoff sowie sonstige Anforderungen an die Einbringtechnologie zu berücksichtigen.

4.1 MECHANISCHE ANFORDERUNGEN UND PERMEABILITÄT

Die zu Grunde gelegten mechanischen Eigenschaften des erhärteten Baustoffs gewährleisten die mechanische Stabilität sowie eine geringe Permeabilität des Systems,, Folgende Anforderungen werden an den Baustoff gestellt:

- > E-Modul von > 5 bis < 25 GPa
- > einaxiale Druckfestigkeit von > 15 MPa
- > einaxiale zentrische Zugfestigkeit von > 1 MPa
- > k,-Wert < 10^{-10} m/s

Darüber hinaus wird erwartet, dass der Baustoff nach dem Abbinden nicht schrumpft sowie form- und kraftschlüssig in das Bohrloch eingebaut wird,, Das Quellen (Treiben) des Baustoffs darf nicht zu einer Schädigung (Frac) des Gebirges führen,,

4.2 THERMODYNAMISCHE ANFORDERUNGEN

Da das Abbindeverhalten und die Beständigkeit der Magnesiabinder unter anderem von der Temperatur abhängen, werden an den Magnesiabinder folgende thermodynamische Anforderungen gestellt:

- > Temperaturbeständigkeit des Baustoffs bis 80°C

- > adiabatische Temperaturerhöhung des Baustoffs infolge der Reaktionsprozesse beim Abbinden < 60 °C

Zusätzlich ist zu beachten, dass die Reaktionswärme beim Abbindeprozess des Baustoffs zu keinen unzulässigen thermischen Spannungen an der Bohrlochwandung führt und ein „Fraccen“ des Gebirges ausgeschlossen wird,

4.3 RHEOLOGISCHE ANFORDERUNGEN

Um das Ziel einer weitgehend vollständigen Bohrlochverfüllung zu erreichen, sind gute Fließeigenschaften der Baustoffsuspension erforderlich.. Folgende rheologische Anforderungen werden an die frisch angemischte Baustoffsuspension gestellt:

- > hydraulisch förderbar (pumpbar)
- > suspensionsstabil
- > Fließmaß /2/ > 550 mm
- > Verarbeitungszeit bei 25°C > 2 Stunden

Grundsätzlich wird die sichere Verarbeitung des Magnesiabinders bis zu einer Suspensionstemperatur von maximal 35°C gewährleistet,

4.4 SONSTIGE ANFORDERUNGEN

Sonstige Anforderungen beziehen sich auf die untertägige Herstellung und Verarbeitung des Baustoffs sowie auf die dazu notwendige Anlagentechnik.. Hieraus ergeben sich folgende Anforderungen:

- > schriftliche Mischanweisung (vor Ort) zur Herstellung des Baustoffs
- > Einhaltung der Rezepturvorgaben mit einer Dosiergenauigkeit von $\pm 3 \%$ der erforderlichen Menge
- > vollständige Dispergierung der Ausgangskomponenten des Baustoffs durch den Mischer
- > mobile Anlagentechnik
- > variable Durchsatzleistung der mobilen Misch- und Pumpanlage bis maximal 5 m³/h

- > Gewährleistung einer kontinuierlichen Verfüllung des Bohrlochs
- > Entlüftung während der Verfüllung der Bohrlöcher, insbesondere bei horizontalen und ansteigenden Bohrungen
- > vollständige Verfüllung des zugänglichen Bohrlochvolumens
- > die zugängliche Bohrlochlänge muss sicherstellen, dass nach Einbau des Baustoffs der erforderliche hydraulische Widerstand erreicht wird
- > wird für die Einbringung des Magnesiabinders eine Hochdruckpumpe verwendet, so darf der zulässige Frac-Druck des Gebirges (etwa 10 MPa bei Steinsalz bzw. 5 MPa bei Kalisalz) nicht überschritten werden

Da der Magnesiabinder mit einer hoch konzentrierten $MgCl_2$ -Lösung angemischt wird, können Wechselwirkungen mit den Salzgesteinen ausgeschlossen werden,

Im Auftrag des BfS wurde von der Bietergemeinschaft K-UTEC/ERCOSPLAN eine Baustoffrezeptur /3/ entwickelt, die die unter Kapitel 4 zu Grunde gelegten Anforderungen erfüllt. Im Rahmen der Nachweisführung behält sich das BfS vor, ggf, die Rezeptur zu modifizieren bzw., Komponenten auszutauschen oder zu ergänzen., Das Erstarren des Magnesiabinders beruht auf einer Sorelbindung (Oxychloridbindung), die auf eine chemische Reaktion zwischen dem Magnesiumoxid und der Magnesiumchloridlösung zurückzuführen ist.

Der als fließfähige Suspension angemischte Magnesiabinder besteht aus

- $MgCl_2$ -Lösung,
- Bindemittel (MgO) und
- Zuschlagstoffen.

Als Zuschlagstoffe sind vorgesehen Gewerbesalz (Steinsalz) sowie Gesteinsmehle. Die Zuschlagstoffe haben gerüstbildende Funktion, dienen der Stabilisierung der Suspension und gewährleisten eine hohe Fließfähigkeit.

Ausgehend von der Baustoffentwicklung bzw., entsprechend der Rezepturangabe /3/ enthält der Trockenbaustoff

- 10 Gew.,-% MgO,
- 55 Gew.,-% Anhydritmehl,
- 30 Gew.,-% feinkörniges Gewerbesalz (130 bis 400 μm) und
- 5 Gew.,-% Schiefermehl..

Pro Kilogramm Trockenbaustoff werden beim Anmischen ca. 260 bis 265 ml $MgCl_2$ -Lösung benötigt., Der $MgCl_2$ -Gehalt der Lösung sollte etwa 320 g/l betragen..

6., BOHRLOCHVERFÜLLUNG

6.1 INFRASTRUKTURELLE MAßNAHMEN

Unter infrastrukturellen Maßnahmen sind Tätigkeiten bzw, Voraussetzungen zu verstehen, die im Rahmen der Bohrlochverfüllung über Tage sowie unter Tage erforderlich sind., Diese beziehen sich im Wesentlichen auf die Bereitstellung und den Antransport der Materialien bis zum Ort der Verfüllung, die Herrichtung der Verfüllorte (Arbeitssicherheit), die in diesem Umfeld erforderliche Baustelleneinrichtung und die Versorgung mit Frischwettern (Bewetterung)..

Der Trockenbaustoff oder die Ausgangskomponenten des Magnesiabinders sowie die $MgCl_2$ -Lösung werden in Gebinden angeliefert, Die Gebindegrößen sind hierbei durch den Förderkorb und die nachgeschalteten Förderwege Untertage vorgegeben bzw.. begrenzt.. Besondere infrastrukturelle Maßnahmen für die Baustoffanlieferung und den Antransport zum Verarbeitungsort sind nicht erforderlich..

Eine Zwischenlagerung des Trockenbaustoffs bzw, der Baustoffkomponenten findet in geschlossenen Räumen statt, so dass Witterungseinflüsse auf den Trockenbaustoff bzw, auf die Komponenten ausgeschlossen werden können.,

Die Betriebspunkte (Verfüllorte) werden vor Einrichtung der Baustelle auf Arbeitssicherheit insbesondere auf First- und Stoßsicherheit kontrolliert und ggf.. durch Berauben oder Ankern gesichert. Darüber hinaus wird eine ausreichende Bewetterung gewährleistet und ggf, eine Sonderbewetterungsanlage eingerichtet. Die Bewetterung der einzelnen Betriebspunkte erfolgt unter Berücksichtigung klimatechnischer Gesichtspunkte entsprechend den bergrechtlichen Vorschriften..

Die mobile Anlage (Misch- und Pumpanlage) wird so aufgestellt, dass eine gefahrlose und sichere Bedienung gewährleistet ist und Flucht- und Rettungswege nicht versperrt werden..

Der Anschluss an die Elektroenergieversorgung erfolgt über das vorhandene Grubennetz, Ggf. ist eine mobile Trafostation erforderlich. Grundsätzlich werden alle Betriebspunkte / Verfüllorte ausreichend beleuchtet.

Die Reinigung der mobilen Anlage (Misch- und Pumpanlage) kann vor Ort oder auf Waschplätzen durchgeführt werden, Entsprechende Maßnahmen werden bei der Baustelleneinrichtung berücksichtigt.. Sollte vor dem Verfüllbeginn ein Ausblasen der Bohrlöcher notwendig sein, wird eine mobile Druckluftanlage bereitgestellt.

6.2 MISCH- UND PUMPANLAGE

Da sich die zu verfüllenden Bohrlöcher in unterschiedlichen Bereichen des Grubengebäudes befinden, wird grundsätzlich eine mobile Anlagentechnik bereitgestellt

Die mobile Misch- und Pumpanlage besteht aus den folgenden Komponenten:

- > ggf. Dosiermöglichkeiten für Feststoffe und Anmischflüssigkeit
- > Mischer zur Dispergierung der Feststoffe (unter Einhaltung einer Mischzeit von < 10 min)
- > Vorlagebehälter mit Förderpumpe
- > flexible Leitung (Verfülleitung) mit Anschlussmöglichkeit für den Packer (Kupplung)
- > Packer zur Bohrlochabdichtung mit Schlauchleitungsanschluss und Entlüftung (beide verschließbar)
- > ggf. Entlüftungsleitung für leicht einfallende, horizontale oder ansteigende Bohrlöcher

Werden vorkonfektionierte Gebindegrößen verwendet bzw., werden auf die Mischergöße und den Rezepturvorgaben abgestimmte Gebindegrößen der Ausgangskomponenten angeliefert, so können die Dosiereinrichtungen entfallen,,

Grundsätzlich wird beabsichtigt, einen entsprechend den Rezepturvorgaben übertägig vorgemischten Trockenbaustoff zur Herstellung des Magnesiabinders zu verwenden,. Dadurch wird der untertägige Dosieraufwand auf ein Minimum reduziert und die Baustoffherstellung erheblich vereinfacht,,

6.3 BESCHREIBUNG DES VERFÜLLBETRIEBS

Im Vorfeld der Bohrlochverfüllung wird das zu verfüllende Bohrlochvolumen ermittelt. Das Verfüllvolumen ist für eine ausreichende Bereitstellung des Baustoffs bzw. deren Komponenten erforderlich. Dieses kann z.B. mit Hilfe des Bohrlochkatasters oder mit Hilfe einer Lotung erfolgen,

Des Weiteren muss sichergestellt werden, dass die hydraulisch wirksame Länge bzw., die zugängliche Bohrlochlänge ausreichend ist und somit der nach der Bohrlochverfüllung erforderliche hydraulische Widerstand erreicht wird. Ist die zugängliche Bohrlochlänge nicht ausreichend, so wird die Bohrung aufgewältigt

Ansteigende, horizontale und leicht einfallende Bohrlöcher werden vor der Verfüllung mit einem Packer verschlossen.. Im Bereich des Packers wird das Bohrloch ggf., gereinigt und auf Brüche kontrolliert (Sichtprüfung)., Der Packer wird nie unmittelbar in das stoßnahe, entfestigte Gebirge gesetzt, da dieser dann während der Verfüllung herausbrechen kann,

Der Packer verfügt über eine Anschlusskupplung für die Baustoffleitung sowie über eine zweite Öffnung für eine Entlüftungsleitung.. Eine Entlüftungsleitung ist nur bei den leicht einfallenden, horizontalen und ansteigenden Bohrlöchern notwendig und wird bis in das Bohrlochtiefste eingebracht, Als Entlüftungsleitung wird bevorzugt ein Schlauch verwendet, der am Ende der Verfüllung wieder aus dem Bohrloch entfernt wird.,

Stark einfallende Bohrlöcher können ohne einen Packerverschluss mit Hilfe einer in das Bohrloch eingeführten Verfüllleitung verfüllt werden., Darüber hinaus ist der Einbau von Entlüftungsleitungen nicht notwendig., Sollte in einfallenden Bohrungen noch Salzlösung bzw, Lauge vorhanden sein, so wird diese durch die spezifisch schwerere Baustoffsuspension ($\rho = 2,0 \text{ g/cm}^3$) während der Verfüllung aus dem Bohrloch verdrängt. Um eine Vermischung von Lösung und Baustoffsuspension auszuschließen, wird bei lösungserfüllten Bohrlöchern eine Verfüllleitung benutzt, die bis in das Bohrlochtiefste geführt und mit dem Verfüllfortschritt zurückgezogen wird.

Vor Aufnahme der Verfüllarbeiten werden sämtliche Anschlüsse kontrolliert und der feste Sitz des Packers überprüft, Anschließend wird eine Funktionsprüfung der Misch- und Pumpanlage durchgeführt.

Die Baustoffkomponenten werden entsprechend der Rezepturvorgaben dosiert und im Mischer vollständig dispergiert, Die Dosierung der Komponenten kann vor Ort, z.B. gravimetrisch, oder mit Hilfe vorkonfektionierter Gebindegrößen erfolgen,. Die Mischzeit wird so kurz wie möglich gehalten, Nach dem Mischprozess bzw., im Vorlagebehälter wird die Suspensionstemperatur kontrolliert.. Um ein vorzeitiges Abbinden des Magnesiabinders zu vermeiden, sollte die Suspensionstemperatur $< 35^{\circ}\text{C}$ betragen..

Nach dem Anmischen wird die fertige Baustoffsuspension in einer Pumpenvorlage (Vorlagebehälter) zwischengestapelt, aus dieser kontinuierlich mit Hilfe der Förderpumpe abgezogen und über eine Schlauchleitung, die am Packer angeschlossen bzw, in das Bohrloch verlegt ist, in das Bohrloch gefördert, Das Anmischen der Baustoffsuspension kann unter Berücksichtigung der Größe der Pumpenvorlage chargenweise oder kontinuierlich erfolgen.. Die Bohrlochverfüllung wird dagegen ohne Verfüllpausen (kontinuierlich) durchgeführt.

Der Durchsatz der Misch- und Pumpanlage wird auf das Verfüllvolumen abgestimmt, so dass ein sicheres Verfüllen der Bohrlöcher innerhalb der Verarbeitungszeit der Baustoffsuspension möglich ist,,

Der Verfüllvorgang kann erst beendet werden, wenn das Bohrloch vollständig verfüllt ist bzw. keine Luft mehr verdrängt werden kann, Ist das Bohrloch mit einem Packer abgedichtet, so wird vor dem Verschließen der Verfüllleitung der eingebrachte Baustoff mit Hilfe der Förderpumpe überdrückt. Ist der maximale Förderdruck erreicht, so wird die Pumpe abgeschaltet und der Packer verschlossen bzw, abgeschiebert. Der Packer kann erst nach dem Erstarren des Baustoffs entfernt werden,

Eine Nachverfüllung kann nur bei einfallenden Bohrungen erfolgen.,

7. MAßNAHMEN ZUM SCHUTZ VON PERSONEN UND EINRICHTUNGEN

7.1 ARBEITSSCHUTZ

Grundsätzlich werden die im ERA Morsleben geltenden Verordnungen und Richtlinien zum Arbeitsschutz eingehalten.. Die Misch- und Pumpanlage ist so gestaltet, dass sich bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb keine Unfälle ereignen können und die Belastungen des Betriebspersonais minimiert werden,

Die Betriebspunkte werden vor Aufnahme der Tätigkeiten auf Arbeitssicherheit, insbesondere auf First- und Stoßsicherheit kontrolliert und ggf. durch Berauben oder Ankern gesichert,,

Der einwandfreie Zustand und die Funktion der einzelnen Anlagenteile werden vor Arbeitsaufnahme durch das Personal kontrolliert,. Darüber hinaus verfügt das mit dem Verfüllbetrieb beauftragte Personal über eine zusätzliche persönliche Schutzausrüstung, die im Wesentlichen aus

- Schutzbrille,
- Staubmaske und
- Schutzhandschuhen

besteht.. Zusätzlich werden in der Nähe von Misch- und Pumpanlage und am Verfüllort Augenduschen bzw., Spülflaschen bereitgestellt.,

Für den Verfüllbaustoff bzw, für dessen Komponenten werden Sicherheitsdatenblätter (EG-Sicherheitsdatenblätter) gemäß 91/155/EWG und §14 der GefStoffV (Gefahrstoffverordnung) am Verfüllort ausgelegt und die mit dem Verfüllbetrieb Beschäftigten entsprechend unterwiesen, Vom Baustoff selbst gehen keine besonderen Gefahren aus,

7.2 BRANDSCHUTZ

Von dem Trockenbaustoff bzw. von dessen Ausgangskomponenten und der Anmachflüssigkeit gehen sowohl als Einzelkomponenten wie auch als angemischte Suspension keine Brandgefahren aus., Besondere bzw.. zusätzliche Maßnahmen zum Brandschutz sind daher nicht erforderlich.,

Darüber hinaus gilt die für das ERA Morsleben geltende Brandschutzordnung.. An Orten mit elektrischen Anlagen werden Feuerlöscher bereitgestellt.

Die ständige Funktions- und Einsatzbereitschaft der Brandschutz- und Lösch-einrichtungen wird durch regelmäßig erfolgende Prüfungen und Wartung gewährleistet.,

7.3 STRAHLENSCHUTZ

Grundsätzlich werden die Dosisgrenzwerte gemäß der Anlage 3 der Dauerbetriebsgenehmigung in Verbindung mit den Anforderungen des § 55 StrlSchV (Strahlenschutzverordnung) eingehalten., Eine Gefährdung durch Strahlenexposition des mit der Verfüllung der Bohrlöcher beauftragten Personals kann daher ausgeschlossen werden.

Falls Arbeiten in bestehenden Kontrollbereichsgrenzen stattfinden, erfolgen diese unter Beachtung der entsprechenden betrieblichen Regelungen für dosimetrische Freigaben im ERA Morsleben.,

8. QUALITÄTSSICHERUNGSKONZEPT

Mit Hilfe der Qualitätssicherung, die aus einem Qualitätssicherungskonzept (QS-Konzept) sowie den daraus abgeleiteten Qualitätssicherungsmaßnahmen besteht, wird gewährleistet, dass die Anforderungen an die Materialeigenschaften des Magnesiabinders „sicher“ eingehalten werden können. Des Weiteren wird sichergestellt, dass neben der Betriebssicherheit der Misch- und Pumpanlage auch eine vollständige Verfüllung des zugänglichen Bohrlochvolumens stattfindet.

Das Ziel der Bohrlochverfüllung ist erreicht, wenn der in die Bohrlöcher eingebrachte Baustoff die Anforderungen erfüllt und in ausreichender Menge eingebracht wurde.

8.1 ZIELE DES QUALITÄTSSICHERUNGSKONZEPTS

Das Qualitätssicherungskonzept beschreibt die grundsätzliche Herangehensweise zur Ableitung bzw., Festlegung der einzelnen qualitätssichernden Maßnahmen. Die Ziele der Qualitätssicherung sind

- die Gewährleistung der erforderlichen Baustoffqualität,
- die Betriebssicherheit der Misch- und Pumpanlage,
- die sichere Verarbeitung des Baustoffs und
- die Einhaltung der Verfüllbedingungen.

Durch das QS-Konzept können Mängel bereits im Vorfeld der Verfüllung erkannt und abgestellt werden. Das Einbringen einer Baustoffsuspension, die die geforderten Qualitätsmerkmale nicht erfüllt, wird dadurch verhindert, Korrekturen am eingebrachten Verfüllbaustoff sowie ein Wiederausbau des erhärteten Baustoffs sind nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich und werden daher ausgeschlossen.

Durch das QS-Konzept wird sichergestellt, dass alle beeinflussenden Faktoren während der Betriebsphase derart überwacht werden, dass unzulässige Abweichungen frühzeitig erkannt und korrigierende Maßnahmen ergriffen werden können.

8.2 AUFBAU DES QUALITÄTSSICHERUNGSKONZEPTS

Das QS-Konzept beschreibt die allgemeine Vorgehensweise bei der Festlegung der Qualitätssicherungsmaßnahmen (QS-Maßnahmen). Für jeden Überwachungsschritt bzw. jede Kontrollmaßnahme sind die folgenden Fragestellungen zu beantworten:

- > **Gegenstand der Überwachung** (Was ?)
- > **Orte der Überwachung** (Wo ?)
- > **Verfahren der Überwachung** (Wie ?)
- > **Umfang der Überwachung** (Wie oft ?)

Darüber hinaus wird bei den Festlegungen der QS-Maßnahmen unterschieden zwischen der Kontrolle

- > **der Ausgangskomponenten bzw. dem Trockenbaustoff,**
- > **der Kontrolle der Dosierung,**
- > **der Kontrolle des angemischten Baustoffs und**
- > **der Kontrolle der Verfüllung.**

Ausgehend von diesen Fragestellungen werden für die Bohrlochverfüllung mit Magnesiabinder QS-Maßnahmen bzw.. Kontrollen abgeleitet, die das sichere Erreichen der Baustoffqualität und der Verfüllbedingungen gewährleisten,

8.3 QUALITÄTSSICHERUNGSMABNAHMEN

8.3.1 KONTROLLE DES TROCKENBAUSTOFFS/ DER BAUSTOFFKOMPONENTEN

Die für die Herstellung des Magnesiabinders erforderlichen Baustoffkomponenten sind Produkte, deren Eigenschaften z.B., in Produktdatenblättern definiert sind und deren Qualitätsmerkmale im Rahmen der Produktion durch Eigenkontrollen und Fremdüberwachung kontrolliert werden,, Das vom Hersteller für die jeweilige Komponente bzw., für den vorgemischten Trockenbaustoff

vorgelegte Produktdatenblatt dient als Grundlage für die Überwachung der Ausgangsstoffe.

Gegenstand der Überwachung (*was?*) bei den Ausgangsstoffen bzw. beim Trockenbaustoff ist eine Übereinstimmungsprüfung bzw. Konformitätsprüfung, Eine Überwachung findet beim Hersteller entsprechend seinem Qualitätsmanagementsystem sowie bei der Anlieferung der Ausgangsstoffe bzw. des Trockenbaustoffs statt [*wo?*]. Die Überwachung erfolgt anhand der Produktdatenblätter, der vereinbarten Lieferbedingungen und anhand der Lieferscheine (*wie?*).

Der Umfang der Überwachung (*wie oft?*) ist abhängig vom Ort der Überwachung, Im Rahmen der Produktherstellung findet eine regelmäßige Qualitätsüberwachung statt,, Bei Anlieferung der Baustoffkomponenten bzw. des vorgemischten Trockenbaustoffs findet eine ständige Überwachung anhand der Lieferscheine statt, Zusätzlich können ggf, Stichproben von den Stoffen genommen werden und auf die Übereinstimmung mit den Produktdatenblättern und den vertraglich vereinbarten Lieferbedingungen geprüft werden,,

Stoffe bzw, Komponenten, die weder den Liefervereinbarungen noch den Produktdatenblättern entsprechen oder anhand der Lieferscheine nicht zu identifizieren sind, werden nicht angenommen,,

Werden die Baustoffkomponenten vorgemischt als Trockenbaustoff angeliefert, so ist der Hersteller des Trockenbaustoffs verpflichtet, die Übereinstimmungsprüfungen der Ausgangsstoffe anhand der Produktdatenblätter durchzuführen und zu dokumentieren,, In diesem Fall trägt der Hersteller des Trockenbaustoffs die Verantwortung bei der Annahme der Ausgangsstoffe,

8.3.2 KONTROLLE DER DOSIERUNG

Die mechanischen bzw. physikalischen Eigenschaften des Magnesiabinders sind im Wesentlichen abhängig von den Stoffkomponenten sowie deren Mischungsverhältnissen (Dosierung) und sind aus der Rezepturentwicklung des Magnesiabinders hinreichend bekannt,, Wird das Verhältnis der Ausgangs-

komponenten zur Anmischflüssigkeit verändert, so wirkt sich dieses auf die Baustoffeigenschaften aus.

Fehler bei der Dosierung der Ausgangskomponenten des Magnesiabinders können ausgeschlossen werden, wenn der Trockenbaustoff bzw. die Ausgangsstoffe in auf die Mischergröße abgestimmten vorkonfektionierten Gebindegrößen angeliefert werden. Werden die Baustoffkomponenten vor Ort angemischt, so wird eine Dosiergenauigkeit von ± 3 Gew.-% vorausgesetzt (siehe Kapitel 4,4 „Sonstige Anforderungen“).

Eine Überwachung der Dosierung der Ausgangsstoffe (*was?*) findet bei Aufgabe der Komponenten im Mischer (*wo?*) durch die Erfassung bzw., Protokollierung der verbrauchten Stoffmengen (*wie?*) bei jeder Mischercharge bzw, kontinuierlich (*wie oft?*) statt.. Darüber hinaus kann über die erfassten Stoffmengen das tatsächliche Verfüllvolumen genau bestimmt werden..

Stellt sich bei der Erfassung der dosierten Stoffmengen heraus, dass die Rezepturvorgaben (siehe Kapitel 5 „Charakterisierung des Baustoffs“) einschließlich der Dosiergenauigkeit nicht eingehalten werden, so sind entsprechende Korrekturen vorzunehmen, Ist eine Korrektur nicht mehr möglich, so wird die Charge bzw, im ungünstigsten Fall der Inhalt des Vorlagebehälters verworfen,,

8.3.3 KONTROLLE DES ANGEMISCHTEN BAUSTOFFS

Die Suspensionseigenschaften des angemischten Magnesiabinders werden im Wesentlichen vom Verhältnis Feststoff zu Anmischflüssigkeit bestimmt und sind aus der Rezepturentwicklung des Magnesiabinders hinreichend bekannt. Wird das Feststoff-/Flüssigkeitsverhältnis verändert, so wirkt sich dieses auf die Baustoffkonsistenz bzw, auf die Verarbeitbarkeit aus.. Die Verarbeitbarkeit der Baustoffsuspension wurde im Rahmen der Baustoffentwicklung mit Hilfe des Fließmaßes /2/ charakterisiert,

Die Überwachung des Fließmaßes (*was?*) erfolgt am Vorlagebehälter der Förderpumpe (*wo?*) durch Beprobung der Suspension und einer anschließenden Bestimmung des Fließmaßes in einer Fließrinne /2/ (*wie?*). Die Bestim-

mung des Fließmaßes erfolgt stets vor Verfüllbeginn (*wie oft?*) und kann, falls erforderlich, zu jedem beliebigen Zeitpunkt wiederholt werden..

Liegt das gemessene Fließmaß nicht im vorgegebenen Bereich (> 550 mm), so kann die Baustoffsuspension durch Zugabe von Anmischflüssigkeit und nach erneuter Durchmischung auf den erforderlichen Wert eingestellt werden.. Ist eine Korrektur der Baustoffsuspension nicht mehr möglich, so wird der Inhalt aus dem Vorlagebehälter verworfen..

Das Abbinde- bzw. Erstarrungsverhalten des Magnesiabinders ist temperaturabhängig und wird mit steigender Suspensionstemperatur beschleunigt. Um ein vorzeitiges Abbinden des angemischten Mörtels auszuschließen, wird die Suspensionstemperatur (*was?*) im Vortagebehälter vor dem Verpumpen (*wo?*) mit Hilfe einer geeigneten Temperaturmessstelle (*wie?*) kontinuierlich (*wie oft?*) überwacht., Liegt die Suspensionstemperatur außerhalb des Bereichs einer sicheren Verarbeitung, so wird der Inhalt des Vorlagebehälters verworfen.,

Ggf. können die für physikalische Untersuchungen (z.B. Festigkeitsprüfungen) benötigten Baustoffproben aus dem Vorlagebehälter entnommen werden..

Beim Verarbeiten bzw., Verpumpen der Baustoffsuspension vom Vorlagebehälter aus bis hin zum Eintritt der Suspension in die Bohrlöcher können äußere Einwirkungen verfahrensbedingt ausgeschlossen werden,

8.3.4 KONTROLLE DER VERFÜLLUNG

Das Verfüllziel gilt als erreicht, wenn das Bohrloch vollständig mit dem Baustoff gefüllt ist und keine Luft mehr aus der Bohrlochentlüftung austritt., Mögliche Störungen bei der Verfüllung, z.B., bei Ausfall der Misch- und Pumpanlage bzw. einzelner Anlagenteile, können im Vorfeld durch eine Funktionsprüfung des Gesamtsystems (siehe Kapitel 6.3 „Beschreibung des Verfüllbetriebs“) verhindert werden.,

Durch eine vorbeugende Instandhaltung sowie regelmäßige Wartung und Reinigung der Misch- und Pumpanlage wird die Betriebssicherheit der Anlage gewährleistet..

Die Überwachung der Verfüllung bzw. des Füllstands der Baustoffsuspension (*was?*) erfolgt vor Ort am Bohrlochmund oder an der Bohrlochentlüftung (*wo?*) mit Hilfe einer Sichtprüfung (*wie?*), die während der Verfüllung kontinuierlich (*wie oft?*) durchgeführt wird..

Die Verfüllung wird erst beendet, wenn keine Luft mehr aus der Bohrlochentlüftung austritt oder das Verfüllniveau erreicht wird, Ggf., wird eine vollständige Verfüllung durch ein- oder mehrmaliges Nachverfüllen sichergestellt.

Kommt es während des Verfüllbetriebs infolge Betriebsstörungen zu Unterbrechungen und lässt sich der Verfüllbetrieb nicht innerhalb der zulässigen Verarbeitungszeit wieder aufnehmen, so kann der Verfüllbetrieb bei einfallenden und horizontalen Bohrlöchern auch nach dem Abbinden wieder aufgenommen werden, Sollte im Bohrloch eine Entlüftungsleitung vorhanden sein, so wird diese vor erneutem Verfüllbeginn auf Funktionstüchtigkeit geprüft und ggf. ersetzt,

Sollten bei der Verfüllung von ansteigenden Bohrlöchern Betriebsstörungen auftreten und eine Wiederaufnahme des Verfüllbetriebs innerhalb einer sicheren Verarbeitungszeit nicht möglich sein, wird der Packer entfernt und die noch nicht abgebundene Baustoffsuspension aus dem Bohrloch so weit wie möglich abgelassen.. Vor dem erneuten Verfüllbeginn wird die Entlüftungsleitung auf Funktionsfähigkeit geprüft und falls erforderlich ggf. ersetzt.

Bemerkung: Wird für die Verfüllung der Bohrlöcher eine Hochdruckpumpe verwendet, so darf der maximal zulässige Frac-Druck des Gebirges nicht überschritten werden.. Die Überwachung des Förderdrucks bedingt eine zusätzliche Überwachungsmaßnahme.,

8.4 DOKUMENTATION

Bei der Durchführung der dargestellten Überwachungsvorgänge fallen eine Vielzahl von unterschiedlichen Daten an, so dass an die Dokumentation dieser Daten besondere Anforderungen gestellt werden,

Das Dokumentationssystem sollte folgende Punkte gewährleisten:

- > einfache und zuverlässige Datenerfassung (Vermeidung von mehrfacher Datenerfassung)
- > Möglichkeit der Implementierung von vorliegenden Mess- und Betriebsdaten
- > Datensicherheit
- > einfache und zeitnahe Datenauswertung

Bei der Dokumentation der Daten wird berücksichtigt, dass die Daten nicht zentral an einer Stelle anfallen, sondern dezentral an verschiedenen Punkten (z.B., bei den Herstellern der Ausgangsstoffe bzw., beim Hersteller des Trockenbaustoffs, bei der Anlieferung dieser Stoffe sowie bei der Verarbeitung des Magnesiabinders).. Sämtliche Daten werden an geeigneter Stelle zusammengeführt und dokumentiert,, Die Dokumentation und Überwachung der anfallenden Daten sollte mit Hilfe eines datenbankgestützten Informations- und Management-Systems erfolgen, wobei auf entsprechende Erfahrungen z.B. aus der Zement- und Betonproduktion zurückgegriffen werden kann (siehe/4/),

9. LITERATUR

- /1/ Interner Arbeitsbericht des BfS - Kriterien für das Verfallen von Bohrungen; Stand: Juli 2002
- /2/ DBV-Merkblatt - Vergussmörtel; Merkblatt für die Anwendung von werkgemischtem Vergussmörtel des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins e.V.; siehe Kapitel 6,2.2: Fließmaß (Fassung September 1990/1996 redaktionell überarbeitet)
- /3/ Materialbericht „Verfüllen untertägiger Bohrungen mit Magnesiabinder“ der Bietergemeinschaft K-UTEC und ERCOSPLAN; PSP-Element: 9M 664 120 31; Stand 17.12.1999
- /4/ Meißner, D.
Zentralisierung von Daten aus Labor und Produktion durch neue Standardsoftware; ZKG International (Volume 53) No., 8/2000