

Neue Entwicklungen bei der Erstellung von Abschluss- und Dammbauwerken in Untertagedeponien und Endlagern

Von Helmut Mischo

Stand der Deponierung und Endlagerung unter Tage

Eines der meistdiskutierten Probleme der Entsorgungs- und Abfallkonzepte in den Industrienationen weltweit stellt der Umgang mit radioaktiven und chemotoxischen Abfällen dar. In Expertenkreisen herrscht ein allgemeiner Konsens darüber, dass die Verbringung nach unter Tage und die Einlagerung in geologischen Schichten die sicherste Möglichkeit darstellt, Abfälle mit hohem Gefährdungspotential dauerhaft einzuschließen. In den verschiedenen Industrienationen sind dafür unterschiedliche Wirtsgesteine für eine Erkundung und Einlagerung vorgesehen. So werden zum Beispiel in der Schweiz Ton- und Granitformationen und in den skandinavischen Ländern ebenfalls Granite untersucht. In Frankreich werden für die Einlagerung radioaktiver Abfälle Tonformationen betrachtet, in Deutschland ist die Einlagerung für nicht wärmeentwickelnde Abfälle im ehemaligen Eisenerzbergwerk Konrad genehmigt. In den USA werden die Tuff-Formationen des Yucca Mountain in Nevada für die Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle untersucht.

Die meisten Betriebserfahrungen liegen bei der Einlagerung von Abfällen in Salzformationen vor. Mit der versuchsweisen Einlagerung radioaktiver Abfälle im Forschungsbergwerk Asse in den Jahren 1967 bis 1978, dem Betrieb des Endlagers Morsleben von 1971 bis 1998 und der Inbetriebnahme der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) in Carlsbad, New Mexico, USA, am 26. März 1999 wurde bis heute in drei Projekten die Einlagerung radioaktiver Abfälle im Salzgebirge vorgenommen.

Darüber hinaus werden die Einlagerung chemotoxischer Abfälle zur Zeit in Deutschland in den Untertagedeponien Zielitz, Herfa-Neurode und Heilbronn durchgeführt. Die Untertagedeponien Borth und Niedersachsen-Rie-

del stehen ebenso zur Verfügung. In Frankreich erfolgte bis 2003 die Einlagerung in der Deponie Stocamine im ehemaligen Kalibergwerk Amélie. Die **Bilder 1** und **2** zeigen die geplanten und errichteten Endlager sowie die Untertagedeponien in Europa und in den USA.

Anforderungen an Baustoffe für Verschlussbauwerke

Bei einer Einlagerung von radioaktiven oder chemotoxischen Abfällen im Salzgebirge müssen die Bereiche, die in Entsorgungsbergwerken zur Aufnahme von Abfällen dienen, nach Abschluss der Einlagerung sicher und dauerhaft von der Biosphäre abgeschlossen werden. Ein Teil dieser Abschlussmaßnahmen ist die Errichtung von Verschlussbauwerken in den Zugangsstrecken. Die geplante Lebensdauer eines solchen Dammbauwerkes von mehreren 100 Jahren, die hohen technischen und sicherheitlichen Anforderungen über die gesamte Lebensdauer hinweg und die speziellen Eigenschaften des umgebenden Salzgesteins bedingen hierbei besondere Eigenschaften der einzusetzenden Baustoffe.

Diese Anforderungen sind im Einzelnen wie folgt definiert:

- Die Abbindefähigkeit und die Funktionsfähigkeit müssen auch im salinen Milieu gewährleistet sein. Die als Gebirge anstehenden Salze dürfen keinen negativen Einfluss auf die baustofftechnischen Kenndaten ausüben. Aufgrund der hohen Gebirgstemperaturen muss ein Dammbauwerk sowohl bei hohen Temperaturen sicher abbinden als auch über lange Zeiträume seine Funktionsfähigkeit bei hohen Temperaturen behalten. Die Dichtigkeit gegenüber möglicherweise anstehenden Gasen, Wässern und Laugen – und zwar sowohl aus dem Einlagerungsbereich heraus in das

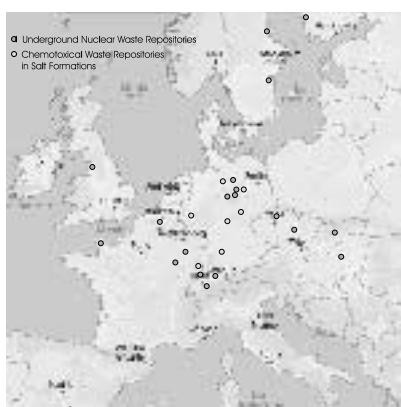


Bild 1: Endlager (stillgelegt, in Betrieb und geplant) und Untertagedeponien in Europa



Bild 2: Endlager (in Betrieb und geplant) in den USA

übrige Grubengebäude als auch auf dem umgekehrten Weg in den Einlagerungsbereich hinein – ist Funktionsziel des Dammbauwerkes. Erreicht wird dies durch eine Permeabilität im abgebundenen Baustoff, die es ermöglicht, den Damm technisch dicht auszuführen, und die dem anstehenden Gebirge entsprechen sollte.

- Um auch auf plötzliche Ereignisse im Grubengebäude während der Betriebsphase, beispielsweise Laugenzutritte, reagieren zu können, muss ein Dammbauwerk innerhalb kürzester Zeit erstellt werden können. Dies setzt voraus, dass der eingesetzte Baustoff zum einen maschinell einbringbar ist, zum anderen bei akutem Gas- und Laugenandrang die notwendige Fröhlichkeit ab Einbauzeitpunkt aufweist. Um diese Dichtigkeit auch für die gesamte Dammzone sicherzustellen, muss der Baustoff ein ausreichendes Quellvermögen – zur Raumauffüllung in der Dammzone und zur Vermeidung von Ringfugenundichtigkeiten – sowie ein ausgeprägtes Anbindeverhalten an das umgebende Salzgebirge besitzen.
- Aufgrund der geforderten langen Funktionszeit eines Dammbauwerkes im Salinar – bis zur vollständigen Konvergenz der Strecken und Kammern können mehrere Jahrhunderte vergehen – sind die Alterungsbeständigkeit und die Langzeitdichtigkeiten der eingebrachten Baustoffe eine unverzichtbare Bedingung. Dabei darf der Dammkörper auch bei unterschiedlichen Salzinventaren in den anstehenden Laugen nicht durch Löse- und Umlöseprozesse angegriffen werden. Die Laugenbeständigkeit muss sowohl für natriumchlorid- als auch für magnesiumchloridgesättigte Laugen gegeben sein.
- Die bei dem vollständigen Verschluss der Zugangsstrecken auftretende Konvergenz stellt besondere Herausforderungen an ein Dammbauwerk. Der Damm darf dem konvergierenden Gebirge keine zu hohen Widerstände entgegensetzen, um die Schaffung von Wegsamkeiten durch ein Umfließen des Dammes und ein damit verbundenes Aufreißen des bis dahin dichten Gebirgsverbandes zu vermeiden. Gleichzeitig muss die Funktionsfähigkeit des Dammbauwerkes auch bei der durch das konvergierende Gebirge verursachten Formänderung des Dammkörpers erhalten bleiben. Der Baustoffkörper im Damm sollte eine dem Salinar ähnliche Fließfähigkeit aufweisen.
- Als weitere Anforderungen an einen Baustoff für den Einsatz als Damm- baustoff unter Tage sind die gesundheitliche Eignung und die Zulassung für den Untertageeinsatz zu nennen.
- Da davon ausgegangen werden muss, dass sich im Einlagerungsbereich explosionsfähige Gasgemische bilden können, muss der Baustoff es erlauben, den Dammkörper als explosionsssicheren Damm ausführen zu können.

Untersuchung von Calciumsulfaten als Dammbau- stoffe im Salinar

Auf der Grundlage der formulierten Anforderungen an einen Dammbaustoff für den Einsatz als Streckenverschluss im Salzgebirge wurden am Institut für Bergbau der TU Clausthal Baustoffgemische untersucht, die den verschiedenen Anforderungen weitestgehend entsprechen. Die Wahl fiel hierbei auf einen Baustoff auf Salz-Anhydrit-Basis. Insbesondere die Verwendung lagerstättentypischer Materialien sowie die aus Fremdanwendungen bekannten positiven Eigenschaften der Einzelkomponenten ließen die Untersuchung dieser Baustoffgemische erfolversprechend erscheinen.

- **Physikalische Eigenschaften:**
Die physikalischen Eigenschaften für Calciumsulfatbaustoffe sind die Herausbildung einer festen und dichten Baustoffmatrix, das bekannte Kriechvermögen und die Kompressibilität, die mit einer Verringerung der Porosität einhergeht. Hinzu kommt das gute Quellvermögen bei gleich- zeitig begrenztem Quelldruck. Eine weitere Forderung ist die gute Wärmeleitfähigkeit, die sich auf dem Niveau des umgebenen Salzgebirges befindet oder besser ist, um beim Einschluss wärmeentwickelnder Abfälle eine schädliche Temperaturerhöhung im Nahbereich der Abfallbehälter bzw. im gesamten Baustoffkörper zu vermeiden.
- **Chemische Eigenschaften:**
Zu den chemischen Eigenschaften, die zur Auswahl der Baustoffgruppen führten, gehört die Zugehörigkeit zur natürlichen Salzfolge beim Calci- umsulfat-Baustoff, die zu erwartende Beständigkeit gegen Salzlösungsan- griffe beim Andrang gesättigter Laugen, die Alterungsbeständigkeit der Baustoffbestandteile sowie die Abbindefähigkeit und Beständigkeit im salinaren Milieu.
- **Mechanische Eigenschaften:**
An mechanischen Eigenschaften sind die sich ergebenden Zug- und Druckfestigkeiten maßgeblich, die gemäß der vorgegebenen Bedingun- gen durch Variation der Rezeptur einstellbar sind. Auch die leichte Verar- beitbarkeit und Einbringbarkeit sowie die einfache Erstellung eines Bau- stoffkörpers im monolithischen Block sind von Bedeutung.

Allgemein gilt, dass technisch eingesetzte Baustoffe auf Calciumsulfatbasis kein Endkriechmaß aufweisen und sich ständig bei relativ hoher Kriechrate in Abhängigkeit der herrschenden Umgebungsbedingungen verformen. Die schnelle Einsatzfähigkeit eines Dammes auf Calciumsulfatbasis beruht darauf, dass diese Baustoffe bei entsprechender Rezeptur relativ hohe Früh- festigkeiten aufweisen, raumbeständig hergestellt werden können und für eine geringe Permeabilität eine maschinelle Nachverdichtung nicht notwen- dig ist. Auf Grund ihrer guten Verdichtung und Volumenzunahme sofort nach dem Einbringen sind kaum Luftporen enthalten. Die für ein Dammbau- werk geforderte geringe Permeabilität der aus Anhydritbaustoffen erstellten Dammbauwerke wurde bereits beim Einsatz im Steinkohlenbergbau festge- stellt.

Zunächst wurden in einem umfangreichen Versuchsprogramm im Labor die erwarteten Eigenschaften der Baustoffe unter den besonderen Randbedin- gungen eines Endlagers im Salinar untersucht. Dabei wurden folgende Eigenschaften und Abhängigkeiten festgestellt.

- Festigkeitsentwicklung in Abhängigkeit
 - vom eingestellten Wasser-Bindemittel-Wert
 - vom NaCl- bzw. Inertzuschlag im Baustoff
 - vom Kornspektrum im Zuschlag
 - vom Anreger im Bindemittel (nur beim Calciumsulfatbaustoff) und
 - von der gewählten Anmachflüssigkeit
- Einfluss von Förderverfahren und Zuschlägen auf die Qualität des Bau- stoffs
- Laugenbeständigkeit
- Durchlässigkeit
- Kriechvermögen und Verzerrung
- Porosität
- Quellvermögen
- Anbindeverhalten an das umgebende Salzgebirge mit Anbindefähigkeit und Anbindequalität
- Funktionsfähigkeit bei hohen Temperaturen ▶

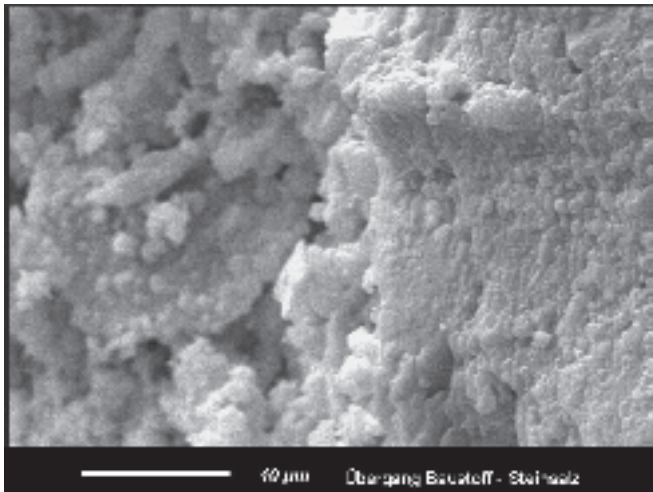


Bild 3: Aufnahme des Übergangs Baustoff-Steinsalz unter dem Elektronenmikroskop bei 2.500-facher Vergrößerung

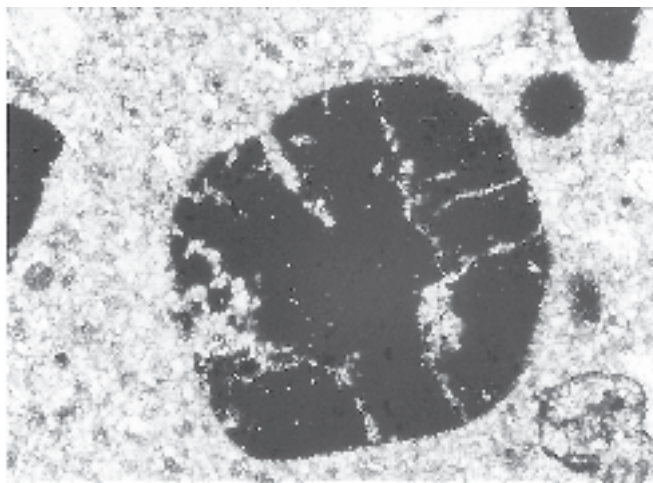


Bild 4: Rissausfüllung im NaCl-Korn mit Bindemittel im Dünnschliff bei 100-facher Vergrößerung

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen von Anhydritmörteln mit Steinsalzzuschlägen als Dammbaustoff im Hinblick auf den Einsatz in Salzbergwerken können in drei Abschnitten zusammengefasst werden.

- Als Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen kann die Anbindung des Baustoffs an anstehendes Salzgestein als dichtes Anhaften der feinstkörnigen hydratisierten Bindemittelfraktion des Baustoffs an das Steinsalzmineral beschrieben werden. **Bild 3** zeigt den Übergang Baustoff-Steinsalz für eine Bruchfläche senkrecht zur Anbindezone. Bei den untersuchten Proben konnte weder unter dem Elektronenmikroskop noch durch Einfärbeversuche ein Hinweis auf die Ausbildung von Trennflächen zwischen Nebengestein und Baustoff gefunden werden. Allgemein kann die Anbindung der Baustoffmatrix an das Steinsalz als sehr gut bezeichnet werden. Hierbei spielt es keine Rolle, ob das Steinsalz als Zuschlag in der Baustoffmatrix eingebettet ist oder als Salzgebirge an der Mantelfläche eines Baustoffkörpers ansteht. Die Bindemittelfraktion der Baustoffmatrix zeigt dabei sowohl am Zuschlagskorn als auch am kristallinen Salzgebirge ein hervorragendes Eindringvermögen in kleinste Spalten und Risse und füllt diese vollständig aus. **Bild 4** zeigt an einem Dünnschliff diese Rissausfüllung im NaCl-Zuschlag. In der Aufnahme des Dünnschliffs erscheint das NaCl-Korn schwarz, die feinkristalline Baustoffmatrix feinkörnig grau.

schliff diese Rissausfüllung im NaCl-Zuschlag. In der Aufnahme des Dünnschliffs erscheint das NaCl-Korn schwarz, die feinkristalline Baustoffmatrix feinkörnig grau.

- Im Rahmen der durchgeführten Laboruntersuchungen ist es gelungen, die Abbindefähigkeit anhydritbasierter Bergbaumörtel bei Temperaturen über 42° C im salinaren Milieu grundsätzlich nachzuweisen. Die ermittelten Abhängigkeiten und Variationsmöglichkeiten der baustofftechnischen Kenngrößen Druck- und Biegezugfestigkeit von Rezeptur, Anreger, Auswahl und Anteil der hydratisierenden Bindemittelanteile, Art und Anteil der Zuschläge sowie vom eingestellten Wasser-Bindemittel-Wert lassen auf Basis der vorliegenden Versuchsergebnisse die Aussage zu, dass diese Bergbaumörtel für konstruktive Baumaßnahmen in Salzbergwerken geeignet sind.
- Aufgrund des Einsatzes lagerstättentypischer Baustoffbestandteile ist ein Funktionsverlust durch die Alterung oder Dehydratation des eingebrachten Baustoffs nicht zu befürchten. Die nachgewiesene Kompaktions- und Kriechfähigkeit ohne Zerstörung der Baustoffmatrix lässt darüber hinaus die besondere Eignung der Anhydritmörtel für Bauvorhaben unter erwarteter Konvergenz der Grubenbaue erkennen.
- Die oben genannten Eigenschaften von Anhydritmörteln mit Steinsalzzuschlägen – insbesondere die einzustellenden Festigkeitswerte, die einfache Handhabung durch pneumatisches Einbringen sowie die Möglichkeit zur problemlosen Erstellung der geforderten geometrischen Formen – ermöglichen neben anderen konstruktiven Aufgaben auch die Konstruktion von Widerlagern in Dammbauwerken nach dem Mehrkomponentenkonzept. Dass die untersuchten Mörtel über den Einsatz als Baustoff für die Widerlager in Dammbauwerken hinaus auch eine abdichtende Funktion innerhalb eines Dammbauwerkes übernehmen können, wurde durch die Messung der Porosität und Permeabilität sowie durch die Beurteilung des Anbindeverhaltens an das Salzgebirge untersucht und bestätigt. Die untersuchten Anhydritmörtel sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse als technisch dicht zu bezeichnen. Die sich einstellenden Durchlässigkeitsbeiwerte (k-Werte) liegen mit 10^{-10} m/s bis minimal 10^{-12} m/s über den k-Werten des ungestörten Salzgebirges. Die Anbindung an das anstehende Gebirge entspricht den zu erwartenden Anforderungen. Unter Gebirgsdruck und Belastung durch Konvergenz bleibt die für eine Abdichtung geforderte Funktionalität erhalten.

In-situ-Versuch

Im Zuge der Laboruntersuchungen war es möglich nachzuweisen, dass Anhydritmörtel mit Steinsalzzuschlägen als Baustoff für den Einsatz im Salzgebirge geeignet ist. Die geringe Durchlässigkeit, das gute Quellvermögen und das nachgewiesene Kriechvermögen in Verbindung mit der einfachen Handhabung machen darüber hinaus Anhydritmörtel für einen Einsatz als Dammbaustoff interessant. Zur Überprüfung dieser Ergebnisse wurde auf dem Forschungsbergwerk Asse der GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH ein Technikumsversuch eingerichtet. Mit diesem Technikumsversuch wurden unter Real-Bedingungen das Abbindevermögen der bereits im Labor untersuchten Anhydritmörtel, der Durchlässigkeitsbeiwert des abgeordneten Baustoffs, die Qualität der Anbindung an das anstehende Salzgebirge und das Verhalten eines Dammbauwerkes bei mechanischer Belastung durch einseitigen Laugenandrang untersucht. Der Technikumsversuch fand in mehreren Teilversuchen von März 2000 bis Dezember 2001 im ehemaligen Dammbauversuchsfeld auf der 950 m-Sohle statt.

Für den In-situ-Test wurde eine Versuchsanordnung gewählt, die es erlaubt, die Eignung des Baustoffs für ein Dammbauwerk in Modellgröße zu ►

testen. Um die Fragestellungen der Qualität der Anbindung an das Salzgebirge sowie das Verhalten des Systems bei Laugenandrang möglichst anwendungsnah bearbeiten zu können, fiel die Entscheidung für einen Bohrlochverschluss als Modell eines Dammbauwerkes.

Der Technikumversuch ist als Doppelversuch in zwei Bohrungen auf der 950 m-Sohle (-752 m NN Sohlenniveau) im Dammbauversuchsfeld eingerichtet worden. Nach Abschluss des Doppelversuches wurde ein einzelner Referenzversuch nachgefahren. **Bild 5** zeigt die Versuchsanordnung des Technikumsversuchs im Dammbauversuchsfeld.

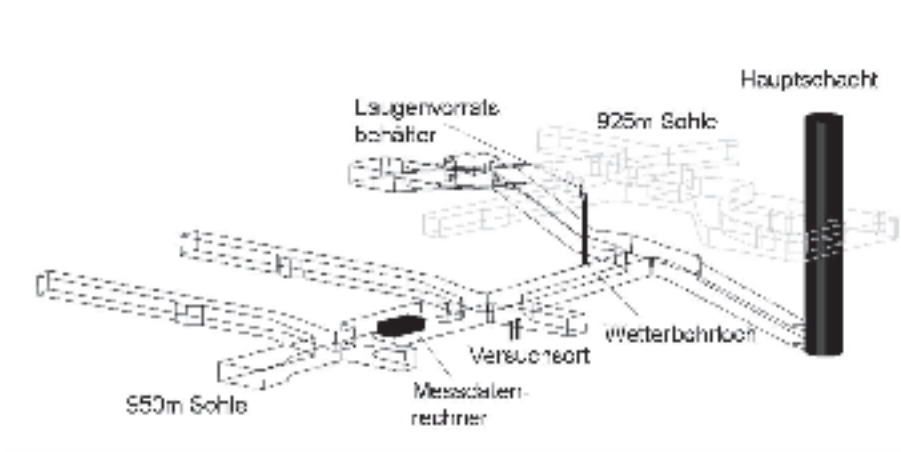


Bild 5: Versuchsanordnung im Dammbauversuchsfeld

Aufgrund der bereits mehrjährigen Standzeit des Streckensystems musste von einer erhöhten Permeabilität des anstehenden Salzgebirges innerhalb der Auflockerungszone um die Strecken ausgegangen werden. Um den Bohrlochverschluss möglichst außerhalb dieser Auflockerungszone einbauen zu können, wurden die Bohrlochansatzpunkte in eigens angelegten Bohrkellern positioniert. Mit diesen Bohrkellern sind die Bohrlochansatzpunkte um einen Meter in die Streckensohle abgesenkt worden. Der Bohrkeller und die Länge der Bohrlöcher erlaubten es, den einzubringenden Bohrlochverschluss in einer solchen Entfernung zum offenen Streckenquerschnitt einzubauen, in der durch die Auflockerung des Salzgebirges kein schädigender Einfluss auf den Versuchsablauf zu erwarten ist. Aufgrund der kurzen offenen Standzeiten kann die Auflockerung des Salzgebirges um die Bohrlöcher als vernachlässigbar angesehen werden. Den Aufbau der Versuche zeigt schematisch **Bild 6**.

Nach vollständigem Abbinden des Baustoffs wurde die Druckkammer mit Lauge gefüllt und mit Druck beaufschlagt. Die Bestimmung des Abbindezeitpunktes erfolgte über die induktive Messung der freien Feuchtigkeit im Baustoffkörper durch den an der Stirnfläche angebrachten Feuchtesensor. Für die Versuche kamen künstlich angesetzte ungesättigte NaCl-Lauge, Q-Lauge (MgCl_2 -gesättigte Lauge) und NaCl-gesättigte Lauge aus dem Lösungszutritt der Asse zum Einsatz. Zur Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte der eingebrachten Bohrlochverschlüsse wurde der Baustoffpfropfen einseitig mit einem Laugendruck von $3,13 \cdot 10^5$ bis $3,67 \cdot 10^5$ Pa, abhängig von der Dichte der jeweils eingesetzten Lauge, beaufschlagt.

Die Versuche wurden beim Einstellen eines stationären Durchlässigkeitsbeiwertes k im Baustoffkörper beendet. Die auf der Stirnfläche des Baustoffkörpers austretende Durchtrittslauge wurde abgeschöpft und analysiert. Nach Beendigung der Versuche und vollständiger Durchtrocknung des Bau-

stoffdammes wurden Bohrkern aus dem Baustoffkörper und dem Anbindebereich Baustoff-Salzgebirge gezogen und auf Veränderungen im Baustoffgefüge und auf die Qualität der Anbindung nach vorheriger Laugenbelastung untersucht.

Die aufgenommenen Messwerte wurden am Institut für Bergbau ausgewertet und ergaben zusammen mit den Kernbohrungen aus Baustoffkörper und Anbindezone ein Bild über die Eignung der untersuchten Baustoffe für einen Einsatz im Salinar.

Der Abbindevorgang des eingebrachten Baustoffs lief bei gleicher Temperatur und Luftfeuchte analog zu dem im Labor festgestellten Verlauf ab. Es

konnte bei den Calciumsulfatbaustoffen keine verfrühte oder verzögerte Ansteifung oder ein sonstiger Unterschied zu den Laborergebnissen beim Anmischen und Einbringen des Baustoffs beobachtet werden. Der Nachweis der Abbindefähigkeit des Baustoffs unter In-situ-Bedingungen wurde jedoch erbracht. Eine Aufnahme der Temperatur im Inneren des Baustoffkörpers wurde nicht durchgeführt, um etwaige künstliche Wegsamkeiten entlang der Datenkabel zu vermeiden.

Bei jedem der eingebrachten Baustoffkörper wurden die Biegezug- und -druckfestigkeit für den abgeordneten Anhydritmörtel bestimmt. Für die Beaufschlagung mit gesättigter NaCl-Lauge ergab sich im Labor ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert k von $7,759 \cdot 10^{-11}$ m/s. Im Technikumversuch wurden nur $4,415 \cdot 10^{-9}$ m/s erreicht. In der Baustoffmatrix verteilt fanden sich mehrfach große Luftporenräume. Zurückzuführen sind die erhöhte Porosität und das

Auftreten von Lunkerstellen vermutlich auf eine ungenügende Verdichtung des Anhydritmörtels beim Einbringen.

Bei allen Versuchen kann die Qualität der Anbindung des Anhydrit-Baustoffs an das gewachsene Salzgebirge, ähnlich wie bei den Laborversuchen, als sehr gut bezeichnet werden. Für die Anbindezone in den vorliegenden Bohrkernen ließ sich keine Trennfuge mit erhöhter Durchlässigkeit erkennen. Nur mit erhöhtem mechanischem Kraftaufwand war der Verbund Baustoff-Salzgebirge zu trennen. Die Analyse der Durchtrittslauge zeigte praktisch keine Veränderung des Salzgehaltes gegenüber der Beaufschlagungslauge.

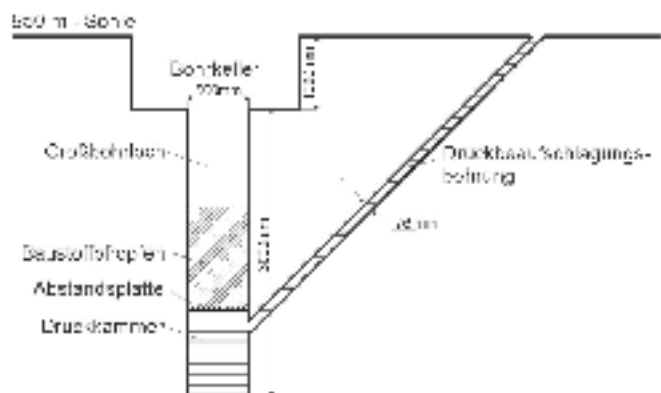


Bild 6: Technikumversuch: Schematischer Versuchsaufbau am Bohrlochverschluss

Ergebnis

Mit den Ergebnissen des Technikumsversuchs auf dem GSF-Forschungsbergwerk Asse konnte grundlegend die Eignung von Anhydritmörtel mit Steinsalzzuschlägen als Baustoff für den Einsatz im Salzgebirge nachgewiesen werden. Die positive Einschätzung des Baustoffs als möglicher Damm-Baustoff – wie auf Basis der Laboruntersuchungen zu erwarten – konnte in fast allen Punkten bestätigt werden. Die grundsätzliche Eignung und Abbindefähigkeit von anhydritbasiertem Bergbaumörtel sowie das Erreichen der zuvor definierten und gewünschten Baustoffkennwerte wurden bestätigt. Ebenso zeigte sich die geforderte Beständigkeit des Baustoffkörpers gegen Anlösung beim Andrang unterschiedlicher gesättigter Laugen.

Das Alterungsverhalten des Anhydritmörtels konnte unter den spezifischen Bedingungen im Salzgebirge im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht werden. Im Vergleich mit natürlichen Analoga aus Anhydritvorkommen im Salzgebirge muss davon ausgegangen werden, dass der Baustoff zu Anhydrit dehydratisiert. Allerdings sind hierfür geologische Zeiträume notwendig, die die geforderte Lebensdauer von Bauwerken aus Anhydritbaustoffen um ein Vielfaches überschreiten dürften.

Die untersuchten Anhydritmörtel sind für konstruktive Baumaßnahmen unter Tage ohne Frage geeignet. Einfache Handhabung und eine große Bandbreite an Variationsmöglichkeiten für die gewünschten Baustoffkennwerte ergeben weite Spielräume für mögliche Einsatzgebiete. Im Bereich des Dammbaus unter Tage ist Anhydritmörtel mit Steinsalzzuschlägen aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse sowohl als statisches Widerlager als auch als Dichtelement nutzbar. Für einen Einsatz als Dichtelement in einem Dammbauwerk müssen die hier vorgestellten Anhydritmörtel jedoch weiter untersucht werden. Besonders eine verbesserte Einbringtechnologie, z.B. durch pneumatisches Einbringen, führt sicherlich zu geringeren Durchlässigkeiten. Deshalb wird zur Zeit die notwendige Maschinenteknik und Einbringtechnologie unter Tage getestet und ein entsprechender In-situ-Versuch zur Erstellung eines Dammes im Originalmaßstab projektiert.

*Dr.-Ing. Helmut Mischo
Institut für Bergbau
Erzstraße 20
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-3108
Fax: 05323/72-3762*



Partner der Fahrzeugindustrie

einbaufertig:

- Fahrwerkskomponenten
- Getriebeteile
- Motorenteile

Wir verstehen uns als

Dienstleister unserer Kunden

- vornehmlich im Bereich der Automobilindustrie -

und

wir stärken Ihre Marktposition durch die Lieferung von entwickelten und einbaufertigen Komponenten.

FRÄGER GmbH

Über der Bahn 2
34393 Grebenstein
Tel: 05674 / 9983-0
Info@fraeger.de