

## Erkundung von verfüllten Alt-Kalischächten mittels Schachtbohrungen

Andreas Jockel<sup>1)</sup>, Gerhard Jost<sup>2)</sup>, Jörg Martin<sup>3)</sup>, Heidrun Rauche<sup>1)</sup>,  
Thomas Triller<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH,

<sup>2)</sup>Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

<sup>3)</sup>Thüringer Landesbergamt Gera

<sup>4)</sup>Bergamt Stralsund

### ZUSAMMENFASSUNG :

*Insbesondere die im Zuge des Reichskaligesetzes in den 1920er Jahren aufgegebenen Alt-Kalischächte wurden nach ihrer Stilllegung teilweise oder vollständig verfüllt. Heute fehlen allerdings Dokumentationen über diese Verfüllarbeiten oft gänzlich oder sind hinsichtlich der Beschreibung der Verfüllmaterialien derart lückenhaft, dass eine fundierte Beurteilung der von den Schachtröhren möglicherweise noch ausgehenden Gefahren nicht möglich ist.*

*Vor allem im Hinblick auf die endgültige Verwahrung dieser Alt-Bergbauobjekte sind deshalb weiterführende Untersuchungen erforderlich. Im Rahmen von Planungsarbeiten für die Verwahrung solcher Alt-Kalischächte wurden im Auftrag der Bergbehörden der Länder Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Thüringen in den vergangenen 5 Jahren der Aufbau und Zustand von Verfüllsäulen mittels geführter Schachtbohrungen untersucht.*

*Der Vortrag soll an ausgewählten Beispielen die technische Ausführung der Bohrungen mit ihren spezifischen Problemen vorstellen sowie den zur Festlegung geeigneter Verwahrungskonzepte oftmals entscheidenden Kenntniszuwachs erläutern.*

### SUMMARY:

*A considerable number of old potash shafts, especially those being abandoned during the 1920's due to the State Potash Act, were partly or completely backfilled. Documentations about these backfill works are very often missing or only fragmentary present regarding a description of the backfill material. For an assessment of the potential risk originating from the shaft pipes respectively for a long-term safety or final abandonment of these shafts, information about backfill mode and composition are inevitable.*

*Within the context of closure planning for old potash shafts, the composition and current status of backfill was investigated by steered shaft drillings on behalf of the mining authorities of Mecklenburg-Western Pomerania, Saxony-Anhalt and Thuringia within the last 5 years.*

*The lecture will present the technical drilling with its specific problems and furthermore describe the derived increase of knowledge being often decisive for determining appropriate backfill concepts.*

## 1 Problemstellung

Seit dem Beginn der Förderung von Kalirohsalzen in Staßfurt vor mehr als 150 Jahren wurden in Deutschland mehr als 300 Schächte zur Gewinnung von Kali- und Steinsalz geteuft und überwiegend auch in Betrieb genommen.

Allein in den neuen Bundesländern existieren mehr als 170 Schächte, deren Schachtröhren aufsummiert eine Teufe von mehr als 85 km ergeben würden, wovon mehr als 25 km in leichtlöslichen Salinargesteinen stehen. Noch heute werden 42 dieser Schächte offen gehalten, stehen in Förderung oder werden im Zusammenhang mit der Gasspeicherung bzw. dem Betrieb von Untertageverwertungen (UTV) bzw. Untertagedeponien (UTD) genutzt.

Ein nicht geringer Teil der heute in den neuen Bundesländern vorkommenden Schächte wurde bereits in den 1920er Jahren stillgelegt, erfuhr spätere Voll- oder Teilverfüllungen oder wurde lediglich an der Tagesoberfläche gesichert. Die nachstehende Übersicht zeigt eine Darstellung zur Nutzung bzw. zum Sicherungs- und Verwahrungszustand der Kali- und Steinsalzschächte in den neuen Bundesländern.

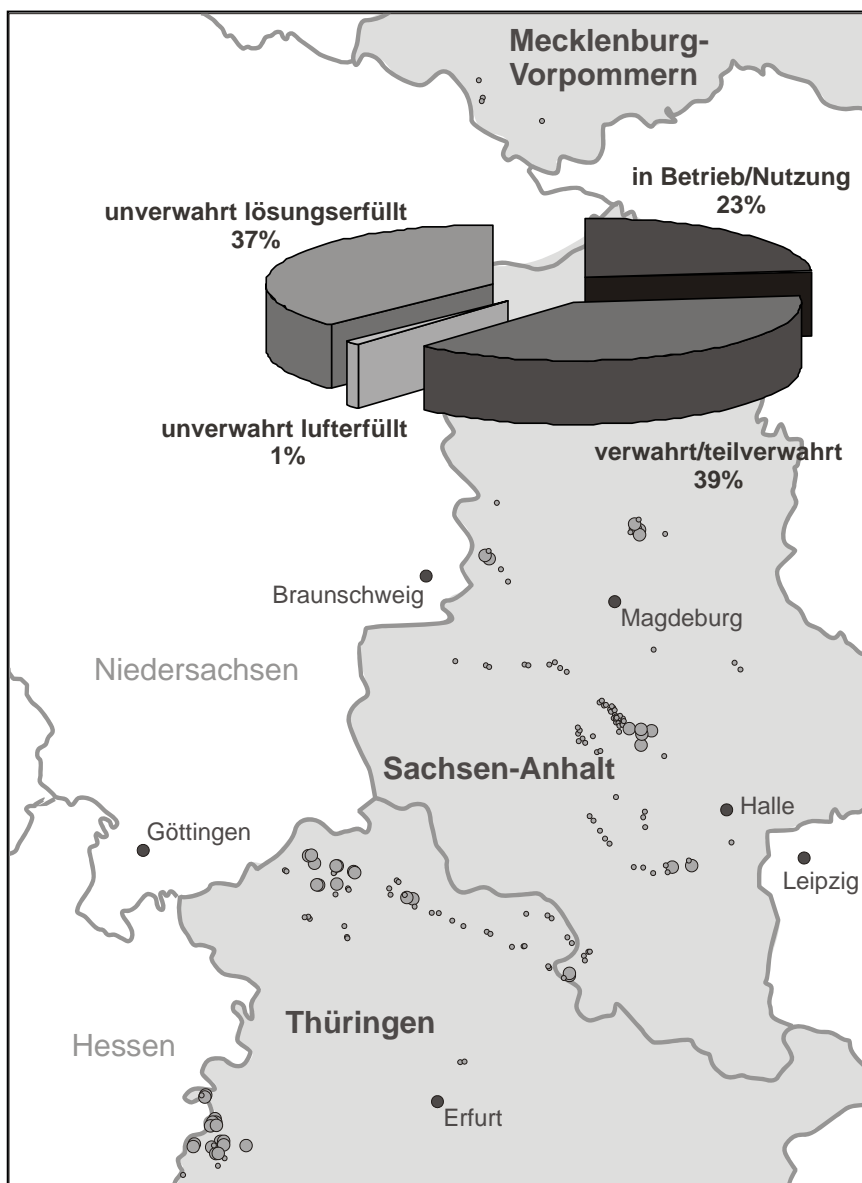


Abb.1 : Position der Kali- und Steinsalzschächte in den neuen Bundesländern

Der größte Teil, der zum Altbergbau zählenden, unverwahrten Schachtröhren ist mit Ausnahme der zwei einzigen luftgefüllten Schächte am Staßfurter Sattel, Brefeld I und II, lösungserfüllt und ihre Schachtröhren umfassen insgesamt ca. 25 km Teufenerstreckung. Fast ein Drittel der Teufenerstreckung dieser Schachtröhren befindet sich in löslichem Salinargestein und unterliegt demzufolge Lösungsprozessen, welche bis zum völligen Verbruch der Schachtröhren führen können. Erfahrungstatsachen belegen, dass von derartigen Alt-Kalischächten vielfältige Gefahrenmomente für die Tagesoberfläche einschließlich der dort befindlichen Bebauung und der dort lebenden und/oder arbeitenden Menschen ausgehen können.

Die an zahlreichen Alt-Kaliobjekten gesammelten Erfahrungen belegen ferner, dass eine fundierte Beurteilung der Gefährdungssituation allein durch die direkte Erkundung des Zustandes der Schachtsäule einschließlich ihrer zu früheren Zeitenpunkten eingebrachten Verfüllungen möglich ist.

In den letzten 10 Jahren konnten durch geeignete Untersuchungsprogramme insgesamt 22 der zum Zeitpunkt der Untersuchungen noch unverwahrten 69 Schachtröhren hinreichend erkundet werden.

Für eine heute vielerorts angestrebte dauerhafte Sicherung oder endgültige Verwahrung dieser Schächte sind weiterführende Angaben, die das Vorhandensein, Art und Aufbau der Verfüllsäule betreffen, jedoch unerlässlich. Solche für eine Verwahrung entscheidenden Kenntnisdefizite können teilweise durch die Erkundung der Schachtröhren mittels einer geführten Schachtbohrung dezimiert werden und schaffen hinsichtlich der Verwahrungstechnologie, der einzusetzenden Materialien sowie deren einzusetzenden Mengen weitere Sicherheiten.

Im Rahmen von Planungsarbeiten für die Verwahrung solcher unverwahrten Alt-Kalischächte wurden im Auftrag der Bergbehörden der Länder Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Thüringen in den vergangenen 5 Jahren der Aufbau und Zustand von Verfüllsäulen mittels geführter Schachtbohrungen untersucht bzw. befinden sich in Vorbereitung.

An ausgewählten Beispielen soll die technische Ausführung der Bohrungen erläutert werden und die für eine Erarbeitung eines Verwahrungskonzeptes entscheidenden Erkenntnisse ausgewertet werden. Ein weiteres Beispiel beschreibt die Erkundung eines teilverwahrten Schachtes hinsichtlich seines Zustandes im unverwahrten Bereich.

## **2 Erkundung der Schächte Leopoldshall-I und II**

### **2.1 Ausgangssituation**

Die am SW-Rand des Staßfurter Sattels gelegenen Schächte Leopoldshall I und II sind die ältesten auf anhaltischem Boden geteufte Kalischächte. Die Geschichte des Bergwerkes Leopoldshall spiegelt in vollem Maße die aus anfänglichen Fehlern des Kaliabbaus entstandenen Folgen in Form von Gebirgsschlägen, Tagesbrüchen und großflächigen Senkungen an der Tagesoberfläche wieder.

Die 1858 bis 1861 geteufte, bereits als Doppelschachtanlage konzipierten Schächte sind nach 38jährigem Betrieb durch starke Laugenzuflüsse in der Grube und einem fast 10 Jahre währenden Kampf gegen diese, abgesoffen. Beide Schächte besitzen eine Endteufe von 400 m, sind mit fast quadratischer, bzw. rechteckiger Schachtscheibe nur in den obersten Bereichen mit Mauerwerk, ansonsten durch Bolzenschrotzimmerung ausgebaut. An die Schächte sind jeweils ein Verbindungsquerschlag sowie weitere 9 Sohlen angeschlagen.

Eine Verfüllung der Schächte war aus den zugänglichen Archivalien nicht recherchierbar.

Auf der Grundlage durchgeführter Voruntersuchungen sowie Erkundungsarbeiten an beiden Schächten war im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt ein Sicherungskonzept für die Verwahrung der Schächte Leopoldshall I und II zu erarbeiten. Im Ergebnis erster Erkundungsarbeiten, welche für den Schacht I eine lotbare Endteufe von 88 m auswies und den Schacht II mit einer Verfüllung im obersten Bereich antraf, wurde gemeinsam mit

dem Auftraggeber die Entscheidung getroffen, dass die Zugänglichkeiten zur Erkundung des tatsächlichen Zustandes der Schachtröhren sowie möglicher Verfüllungen nur mit geführten Schachtbohrungen geschaffen werden können.

## 2.2 Durchführung der Schachtbohrungen

Im Vorfeld der Bohrarbeiten war es notwendig sichere Zufahrtswege zum Schacht für schwere Technik zu gewährleisten. Dazu wurde der tagesnahe Untergrund erkundet und die zahlreich aufgefundenen Hohlräume verfüllt. Des Weiteren war es erforderlich, eine Arbeitsbühne über den Schachtröhren zu errichten, welche den lt. statischem Nachweis zu realisierenden Lastabtrag zu gewährleisten und dabei die Schachtröhren nicht zusätzlich zu belasten hatten.

Die durchzuführenden Schachtbohrungen wurden so konzipiert, dass sie mit einem Einbau eines Führungsrohres (Schacht Leopoldshall I) oder Bohrgestänges (Schacht Leopoldshall II) mit einem hinreichend großen Durchmesser starteten, um auch bei möglichen Hindernissen in der Schachtröhre einen Enddurchmesser zu realisieren, der die Erkundung mit den verschiedenen Sonden gewährleisten konnte.

### Schacht Leopoldshall I

Im Schacht Leopoldshall I wurde bis zur lotbaren Endteufe von 88 m eine Führungsrohrtour eingeschweißt. Mittels Spülbohrung konnte die Barriere im Schacht bei 88 m durchbohrt werden. Sie bestand nicht, wie vorher angenommen, aus Verfüllmaterial, sondern aus hölzernen Verspiegelungen. Da bei Voruntersuchungen oberhalb der Verspiegelung sulfidreiche Lösungen nachgewiesen wurden und die Lösungen aus dem Schacht als Spülung benutzt wurden, war es erforderlich, beim Umschlag der Lösungen den H<sub>2</sub>S-Gehalt in unmittelbarer Schachtnähe permanent zu überwachen.

Wegen der Gefahr des Nachrutschens von Verspiegelungen und der Zerstörung von Bohrgestänge wurde eine zweite Führungsrohrtour mit einem kleineren Durchmesser eingebaut. Zur Überprüfung der Lage des Führungsrohres war es unerlässlich, durch Neigungsmessungen signifikante Abweichungen von der Lotrechten zu registrieren.

Anschließende Bohrarbeiten konnten keine Verfüllung des Schachtes nachweisen, lediglich verspiegelte hölzerne Schachteinbauten behinderten die freie Zugänglichkeit im Schacht.

In Abhängigkeit von der geschaffenen Zugänglichkeit wurden zahlreiche Untersuchungen wie

- Messungen der Temperatur und der Leitfähigkeit
- teufenorientierte Probenahme und chemische Analyse der Lösungen in der Schachtröhre

und

- echometrische Konturvermessungen der Schachtröhre

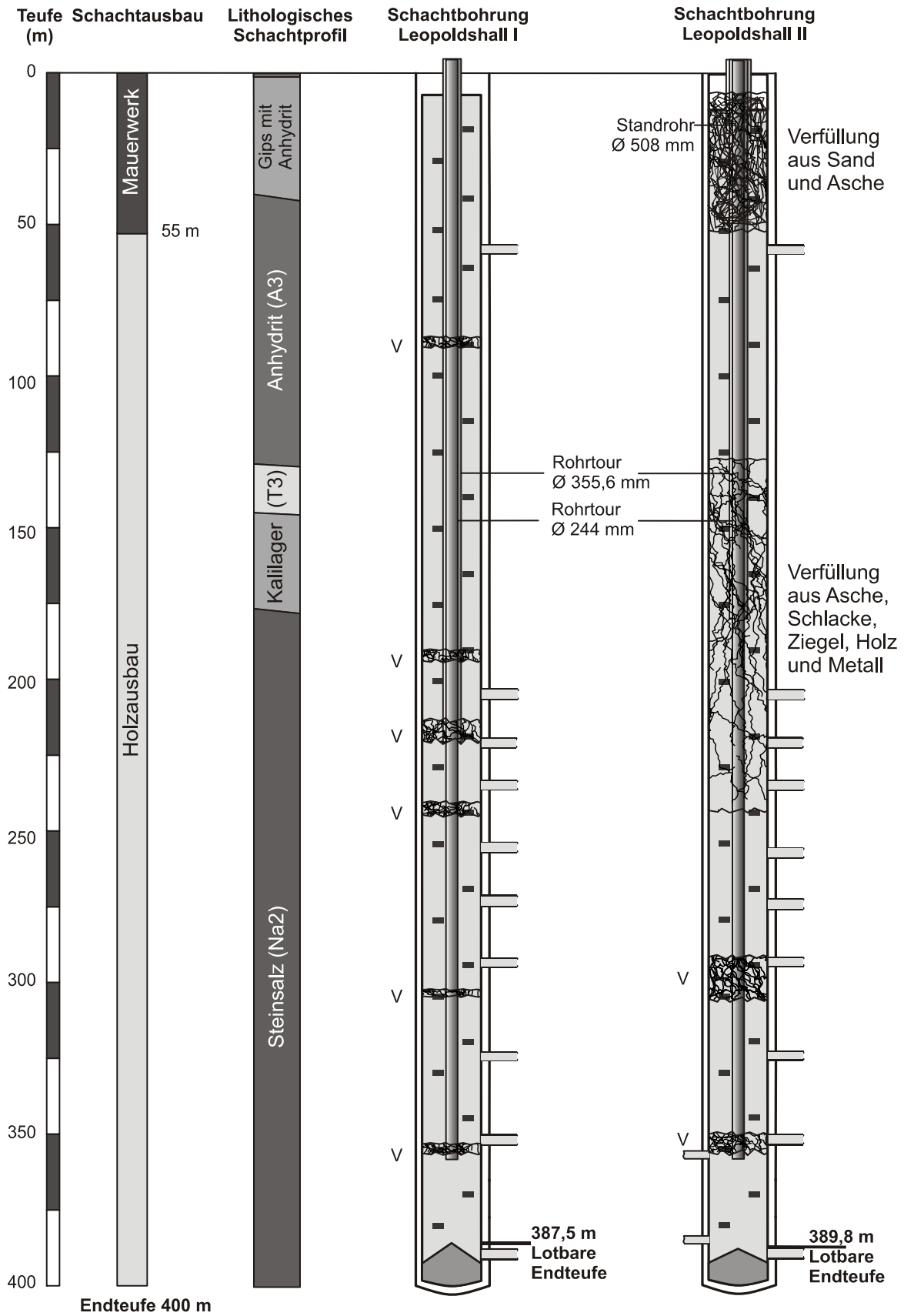
durchgeführt, in deren Auswertung eine detaillierte Beschreibung des Zustandes der Schachtröhre erfolgen konnte.

### Schacht Leopoldshall II

Der Schacht Leopoldshall II wurde nach Öffnung der Schachtabdeckung verfüllt angetroffen.

Die Bohrarbeiten begannen mit dem Einbau eines verschweißten Standrohres bis in 20 m Teufe. Mit dem Einbau eines zweiten Führungsrohres bis 180 m Teufe konnte eine aus Asche und Sand bestehende Verfüllung im Teufenbereich bis 52,5 m nachgewiesen werden. Der darunter befindliche Schachtabschnitt bis 128 m Teufe war frei von Verfüllungen (siehe Abb. 2)

Durch den Einbau einer dritten Rohrtour wurde der Nachfall im Schachtabschnitt von 128 m bis 246 m verhindert, welcher wiederum verfüllt angetroffen wurde.



V: Verspiegelung

Abb.2 : Schematische Darstellung der Schachtbohrungen in den Alt-Kalischächten Leopoldshall I und II

Im Gegensatz zum oberen Verfüllabschnitt setzte sich das Material aus größeren Ziegelbruchstücken, Steinen, Holz und Schlacke zusammen. Die Auflager der beiden Verfüllabschnitte konnten nicht näher definiert werden. Mit einem Abgehen der Verfüllsäulen, initiiert durch die Erschütterungen durch den Bohrvorgang musste ständig gerechnet werden. Der Schachtabschnitt von 246 m Teufe bis zur lotbaren Endteufe von 390 m wurde lösungserfüllt angetroffen. Lediglich Verspiegelungen aus Holz behinderten den freien Durchgang.

Je nach Zugänglichkeit wurden weitere Untersuchungen analog dem Schacht Leopoldshall I zum Zustand der Schachtröhre durchgeführt.

### **2.3 Erkenntnisse für eine zukünftige Verwahrung beider Schachtröhren**

Für die gezielte Planung von Sicherungsarbeiten für eine dauerhafte und nachsorgefreie Verwahrung beider Schachtröhren konnten mit Hilfe der erfolgreich durchgeführten Schachtbohrungen entscheidende Eingangsdaten definiert werden.

Die wichtigsten Erkenntnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

1. In den Schachtröhren konnten im Schacht Leopoldshall I keine Verfüllung und im Schacht Leopoldshall II abschnittsweise Verfüllungen nachgewiesen werden. Zahlreiche Verspiegelungen behindern den freien Durchgang.
2. Der Schachtausbau ist, soweit beobachtbar, intakt; einige Sohlenabgänge konnten durch Schachterweiterungen eindeutig als offen identifiziert werden.
3. Die Lösungen im Bereich des Kalilagers sind nahezu gesättigt an NaCl, KCl und MgCl.
4. Im untersten Schachtbereich (360 mT bis 390 mT) konnten durchgehende Erweiterungen der Schachtröhren beider Schächte bis zu einem Durchmesser von 16 m beobachtet werden. In diesem Bereich ist der Schachtausbau nicht mehr vorhanden.

Die abschnittsweise Verfüllung bzw. Behinderungen durch Verspiegelungen in den Schachtröhren stellen besondere Anforderungen an eine weitestgehend hohlraumfreie Verfüllung der Schachtröhren. Da aufgrund der Erkundungsergebnisse von unverschlossenen Sohlenabgängen bzw. Querschlägen ausgegangen werden kann, muss das Verfüllkonzept ein mögliches Abwandern von Verfüllmaterial im Bereich der Sohlenabgänge berücksichtigen. Durch die Erkundung der bereits bestehenden Verfüllsäulen konnte eine mengenmäßige Präzisierung des benötigten Verfüllmaterials erfolgen.

Basierend auf der Erkundung der Schachtröhren mittels Schachtbohrungen, konnte letztlich durch die geschaffenen Daten zum Zustand der Schachtröhren das zu erstellende Verfüllkonzept hinsichtlich der erforderlichen Verfülltechnologien und -materialien entwickelt und eine präzise Kostenschätzung geliefert werden. Damit werden für die öffentlichen Auftraggeber belastbare Planungsgrundlagen für die Ausführung der Verwahrungsarbeiten geschaffen. Die für die Schachtbohrungen in die Schachtröhre eingeschweißten Führungsrohre verblieben im Schacht und wurden an der ebenfalls belassenen Arbeitsbühne verankert. Für kommende Verwahrungsarbeiten bilden diese bereits bei der Erkundung geschaffenen Voraussetzungen eine optimale Ausgangsposition.

### 3 Erkundung des teilverwahrten Alt-Kalischachtes Conow

Der geflutete Alt-Kalischacht Conow wurde im Jahr 1996 durch den tagesnahen Einbau eines 54 m mächtigen Stahlbetonpfropfens gesichert. Bei der Konzept- und Ausführungsplanung für die Sicherungsarbeiten war das Vorhandensein einer intakten Schachtröhre vorausgesetzt worden.

Durch Untersuchungen an Alt-Kalischächten des mitteldeutschen Raums im Zeitraum zwischen 1998 und 2004 wurde jedoch festgestellt, dass zahlreiche geflutete oder ersoffene Schächte Beschädigungen des Schachtausbaus bzw. z.T. erhebliche Ausbrüche der Schachtröhre aufweisen. Ursache hierfür waren meist Löse- und Umbildungsprozesse in Folge des Kontaktes zwischen ungesättigten Lösungen und der Kalisalz-, vereinzelt aber auch den Steinsalzhorizonten. Als weitere Ursachen wurden fehlende Schachtausbauten sowie Quellprozesse im Einflussbereich jahrzeitlich bedingter Lösungspiegelschwankungen festgestellt.

Eine Studie zur Einschätzung der Standsicherheit der Schachtröhre des Alt-Kalischachtes Conow analysierte und bewertete die geologischen und geotechnischen Bedingungen im Bereich des Alt-Kalischachtes Conow im Hinblick auf mögliche Prozesse, die zu einer Beschädigung des Schachtausbaus bzw. der Schachtkontur führen können.

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass die Bildung einer an den Schacht angeschlossenen Lösungskaverne infolge von Löse- und Umbildungsprozessen im Bereich der kalisalzführenden Horizonte nicht ausgeschlossen werden kann. Aus dem Vergleich mit anderen lösungserfüllten Alt-Kalischächten wurde abgeleitet, dass eine akute Gefährdung der Tagesoberfläche durch die angenommene Kaverne nicht gegeben ist. Mittel- bis langfristig kann eine Gefährdung jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Unter Berücksichtigung der industriellen Nutzung der schachtnahen Tagesoberfläche wurden durch das Bergamt Stralsund zusätzliche Untersuchungen zur Verbesserung des Kenntnisstandes beauftragt. Ziel war es, Aussagen zum Zustand der Schachtröhre im Hinblick auf ggf. vorhandene Ausbruchsstrukturen zu erhalten.

Um eine gezielte Erkundung durchführen zu können, war es zunächst erforderlich, die Befahrbarkeit des Schachtes für Untersuchungs sonden durch eine geführte Schachtbohrung herzustellen und die bestehende Verfüllsäule im obersten Bereich zu durchbohren.

Als Führungsrohrtour wurde das verschraubte Bohrgestänge genutzt.

Beim Einbringen der Führungsrohrtour kam es zum Verlust des Rohrs aufgrund von Gestängebruch. Dieser Verlust kann sowohl durch Materialermüdung infolge sehr großer Abweichungen von der Lotrechten in einer Schachtröhre mit einem Durchmesser von 5,20 m, bedingt durch eine Vielzahl von Schachteinbauten oder durch zu großes Kraftaufbringen beim Überwinden von Verspiegelungen entstehen.

Die mit Hilfe der Schachtbohrung im Schacht Conow erreichte Teufe im Schacht betrug 700 m. Durch anschließende Untersuchungen im Schacht konnten keine Erweiterungen der Schachtröhre nachgewiesen werden, so dass für die beobachteten Bereiche ein intakter Schachtausbau angenommen werden kann. Damit konnten die bei der Teilverwahrung getroffen geotechnischen Annahmen einer weitestgehend unversehrten Schachtröhre bestätigt werden.

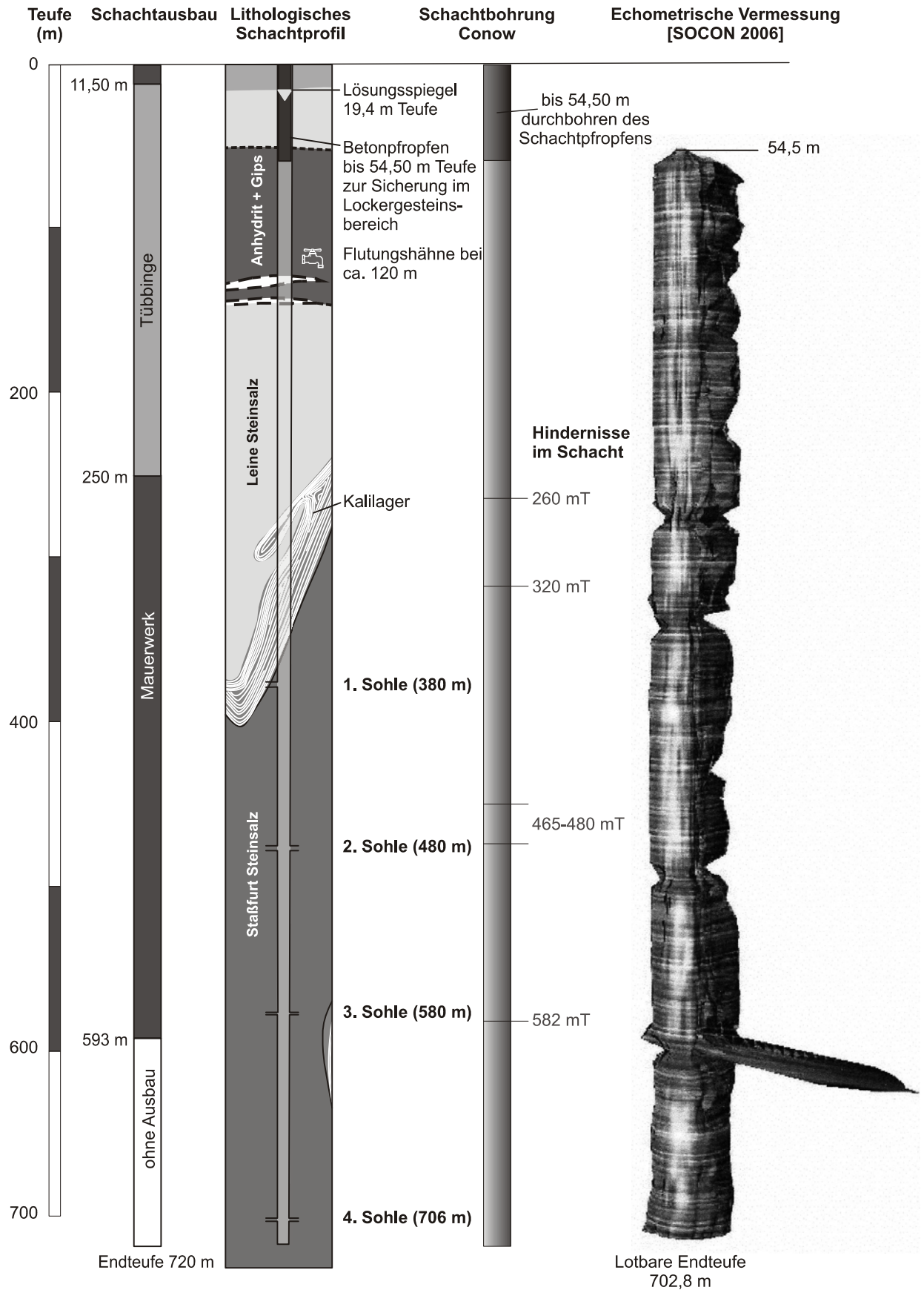


Abb.3 : Darstellung der Erkundungsergebnisse der Bohrung im Schacht Conow



## 4 Ausblick

Die bisher in insgesamt fünf Alt-Kalischächten durchgeführten Erkundungsbohrungen in Verfüllsäulen bzw. zur Schaffung von Zugänglichkeiten für echometrische Vermessungen haben alle den gewünschten Kenntniszuwachs und in den meisten Fällen, dadurch auch entscheidende Hinweise für die Beurteilung der Gefährdungssituation bzw. für die konzeptionelle Planung der Verwahrungsarbeiten erbracht.

Erst mit Hilfe der durch diese Bohrungen erkundeten Zustände bzw. der durch Probenahme und/oder *in situ* ermittelten Kenndaten war es möglich, die konservativen Annahmen von gebirgsmechanischen Modellrechnungen bzw. solchen zu Auflösungsprozessen soweit einzugrenzen, dass eine realistische Beurteilung der Standsicherheit möglich wurde.

Die Erfahrungen zeigen, dass kein anderes Erkundungsverfahren in der Lage ist, standortspezifische und verlässliche Ergebnisse zur Beschaffenheit der Verfüllsäule und zum Zustand der Schachtröhren unterhalb ihrer lotbaren Endteufen zu erbringen.

Es hat sich auch gezeigt, dass eine solide Planung der Bohrarbeiten, basierend auf Recherchen zu vorausgegangenen Verfüllarbeiten, letztlich den Erfolg dieser Bohrungen bestimmt. Besonders die Ausführung der Bohrarbeiten erfordert die entsprechende Fachkompetenz des beauftragten Bohrunternehmens, die einen sensiblen Umgang im Hinblick auf unbekannte Störfaktoren bedarf, mit denen im Altbergbau immer gerechnet werden muss.

Mögliche Gefährdungen hinsichtlich vorhandener Schadstoffe oder eingebrachter Fremdmaterialien in der Schachtröhre müssen in gebührendem Maße im Vorfeld berücksichtigt werden.

Die mittels Schachtbohrungen erhaltenen Kenntnisse zur Präzisierung eines Verfüllkonzeptes von lösungserfüllten Alt-Kalischächten rechtfertigten in jedem Fall den erhöhten Kostenaufwand für die im Vorfeld einer Verwahrung erforderlichen Erkundungsarbeiten.