

es möglich, die Struktur dieses Reservoirhorizontes besser aufzulösen und Störungen genau zu verfolgen. Bisher unbekannt Störungen konnten identifiziert werden und die Lage, Ausdehnung und Altersbeziehungen der Störungen zueinander konnten besser festgelegt werden.

Mit den interpretierten Reservoirhorizonten wurde ein statisches 3D-Modell mit einer Zellgröße von 50 x 50 x 0,5 m erstellt. Die daraus erhaltenen Zellen wurden anschließend stochastisch mit Eigenschaften belegt. Zunächst wurden Sand/Ton-Verhältnisse innerhalb des Cenomans modelliert. Anschließend folgte eine faziespezifische Zuweisung petrophysikalischer Eigenschaften unter Verwendung von Porositäts- und Permeabilitätsdaten von Bohrkernen. Bei der Reservoirsimulation wurde das Flow-Model mit Leverett-J skalierten Kapillardruck-Kurven von Kernanalysen initialisiert und mit Hilfe von relativen Imbibitions-Permeabilitätskurven mit der Methode von NAAR et al. (1962) berechnet. Eines der wesentlichen Ergebnisse ist, dass es möglich erscheint, durch verschiedene neue Entwicklungsstrategien wie zum Beispiel die Verwendung von Horizontalbohrungen den Gewinnungsfaktor der Lagerstätte zu erhöhen.

NACHTMANN, W. (1995): The Cenomanian beneath the Upper Austrian Molasse Basin - A reservoir-geological study. - Zentralblatt für Geologie und Paläontologie - Teil 1 Allgem. Angew. Region Histor Geologie, 1994/1: 271-282.

NAAR, J., WYGAL, R.J. & HENDERSON, J.H. (1962): Imbibition Relative Permeability in Unconsolidated Porous Media. - SPE Journal, 2/1: 13-17.

**Forschungsprojekt Verwertung von Tunnelausbruchmaterial - aktueller Projektstand aus technisch-rechtlicher Sicht**

RESCH, D. & GALLER, R.

Lehrstuhl für Subsurface Engineering,  
Montanuniversität Leoben

Zurzeit befinden sich in Österreich ca. 200 km Tunnel in Bau oder Planung. Das dabei anfallende Ausbruchmaterial wurde in der Vergangenheit hauptsächlich als Schütt-

material verwendet oder deponiert. Gründe für die Deponierung des Ausbruchmaterials waren die für eine Verwertung ungeeigneten Gesteinseigenschaften, oder ein zu geringer wirtschaftlicher Nutzen. Durch die Verknappung von Rohstoffreserven und den dadurch erhöhten Rohstoffpreisen besteht seit kurzem das öffentliche wie private Interesse, das Ausbruchmaterial einer wirtschaftlichen, d. h. gewinnbringenden Verwertung zuzuführen.

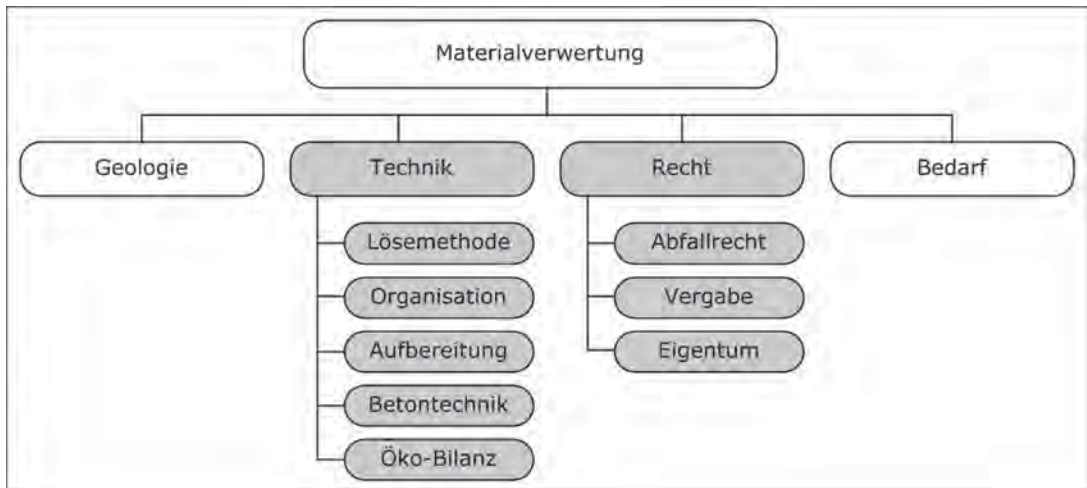
Ausgehend von den geologischen und geographischen Gegebenheiten eines Tunnelprojektes ist die Verwertung des Ausbruchmaterials heute auch noch abhängig von der Beantwortung offener Fragen auf den Gebieten der Materialtechnologie, des Baustellenmanagements, der Maschinenteknik und der rechtlichen Randbedingungen. Diese offenen Fragen sollen bis Februar 2012 im Rahmen eines von der Forschungsförderungsgesellschaft unterstützten und von der Montanuniversität Leoben bzw. dem österreichischen Betonverein geleiteten Forschungsprojektes beantwortet werden.

Als Ziele des Forschungsprojektes wurden eine maximale Verwertung des anfallenden Ausbruchmaterials, eine optimale Wirtschaftlichkeit der gesamten Materialbewirtschaftung und die Minimierung der Umweltbelastung durch Materialtransport und -aufbereitung festgelegt.

Um eine für Österreich möglichst allgemein gültige Aussage bezüglich der Verwertung von Tunnelausbruchmaterial geben zu können, wurden für das Forschungsprojekt zwölf Tunnelprojekte aus verschiedenen geologischen Zonen ausgewählt. Bei den Projekten handelt es sich um Tunnelbauten aus dem Straßen-, Eisenbahn-, U-Bahn- und Wasserbau. Anhand der ausgewählten Projekte sollen unterschiedliche Verwertungsszenarien untersucht werden. Die Verwertung von Ausbruchmaterial ist wesentlich abhängig von den Gesteinseigenschaften, dem Bedarf an mineralischen Rohstoffen in einem räumlich zum Tunnelbauprojekt definierten Umfeld und der Löse- und Aufbereitungsmethode des Gesteins. Weiters müssen die Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung und der Transportwege für mineralische Rohstoffe nachgewiesen bzw. gegenübergestellt werden; dasselbe gilt für die CO<sub>2</sub> - Bilanz.

Zusätzlich zu den technischen Fragestellungen sind bei der Verwertung des Ausbruchmaterials aber auch rechtlichen Rahmenbedingungen die Verwertung, den Besitz und

Abb.: Rahmenbedingungen der Verwertung von Tunnelausbruchmaterial



die Vergabe einer Verwertung betreffend zu berücksichtigen.

Im Unterschied zu Bergbaubetrieben gelten im Tunnelbau für das Ausbruchmaterial nicht die gesetzlichen Bestimmungen des Mineralrohstoffgesetzes (MinroG 2006), sondern jene des Abfallrechts.

Abfall wird im Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) mitunter als eine bewegliche Sache, welcher sich der Eigentümer oder Inhaber entledigen will, definiert. Zusätzlich wird der Tunnelausbruch dem Bodenaushub zugeordnet. Betrachtet man die Behandlung des Ausbruchmaterials in der Vergangenheit, so scheint die Zuordnung des Ausbruchmaterials zu Abfall gerechtfertigt.

Aufgrund der geltenden Regelungen wird jedoch teilweise eine Verwertung des Ausbruchmaterials erschwert. So ist z. B. für Ausbruchmaterial, welches länger als 3 Jahre vor einer Verwertung zwischengelagert wird, der Altlastensanierungsbeitrag zu entrichten. Aus logistischen Gründen und durch die innerhalb kurzer Zeit anfallende große Menge an Schuttermaterial bei einem Tunnelprojekt, kann jedoch eine längere Lagerung vor der Verwertung zwingend erforderlich sein.

### **Prähistorische Massenbewegungen in Hallstatt - Dendrochronologische Datierung und Auswirkungen auf den Salzabbau**

RESCHREITER, H.<sup>1</sup>, GRABNER, M.<sup>2</sup> & EHRET, D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Naturhistorisches Museum Wien, Prähistorische Abteilung, Burggring 7, A-1010 Wien;

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Holzforschung, Peter Jordan Straße 82, A-1190 Wien;

<sup>3</sup> Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Professur für Angewandte Geologie, Schlossgarten 5, 91054 Erlangen, Deutschland

Seit der mittleren Bronzezeit (1600 v. Chr.) ist die bergmännische Gewinnung von Steinsalz in Hallstatt belegt. Bis in römische Zeit wird mit wenigen Unterbrechungen abgebaut.

Durch die konservierende Wirkung des Salzes ist der gesamte Betriebsabfall dieser prähistorischen Bergbaue erhalten. All das, was die Bergleute im Bergwerk zurückließen, blieb im sogenannten Heidengebirge erhalten. Durch diese Funde (abertausend niedergebrannte Leuchtpäne, gebrochene Pickelstiele und anderes unbrauchbar gewordenes Gerät, Kleidungsbestandteile (Fell- und Ledermützen, Textilien, Leder- oder Hautschuhe), Tragsäcke aus Rinderhaut, Schnüre und Seile aus Gras und Bast) lassen sich beinahe alle Arbeitsschritte vom Brechen des Salzes mit Bronzpickeln bis zur Förderung erschließen.

Durch die Untersuchungen der letzten Jahrzehnte sind sowohl der bronzezeitliche als auch der ältereisenzeitliche Betrieb gut erforscht. Beide Bergbaue produzierten mehrere Jahrhunderte störungsfrei und erreichten dabei beachtliche Dimensionen. Obwohl das gleiche Material abgebaut wurde, unterscheiden sich die beiden Betriebe grundlegend in den Abbau- und Fördertechniken.

So einzigartige Funde wie die bronzezeitlichen Tragsäcke,

die älteste erhaltene Holzstiege Europas oder die Schuhfragmente der älteren Eisenzeit erlauben tiefe Einblicke in die Arbeitsorganisation. Aber nicht nur der Arbeitsablauf lässt sich rekonstruieren, auch die zeitliche Entwicklung der Bergbaue ist fassbar. Durch hunderte erhaltene Grubenhölzer und tausende Geräte und Werkzeuge aus Holz und deren Altersbestimmung mit Hilfe der Dendrochronologie ist die Abfolge der einzelnen Betriebsphasen nachvollziehbar.

An der mit Abstand reichsten bronzezeitlichen Fundstelle Christian von Tuschwerk kann das Wachsen der Abbauhalle über mehrere Jahrhunderte verfolgt werden. Mit dem Jahr 1245 v. Chr. brechen auf einmal alle Dendrodaten schlagartig ab. Diese Tatsache ist mit einer Katastrophe zu erklären. Durch einen Wassereinbruch in die Grube und einen vermutlich durch eine Massenbewegung ausgelösten Deckeneinbruch wurde der Bergbau vernichtet und alle Abbauhallen und Schächte mit Lehm und Steinen von der Oberfläche ausgefüllt.

Die Datierung dieser Katastrophe ist nicht nur indirekt durch das Abbrechen der Daten möglich, sondern auch direkt. Es sind komplette Bäume mit Wurzelstock, die am Rand des Einbruchtrichters gewachsen sind, mit in die Tiefe gerissen worden und finden sich nun über hundert Meter im Berg. Wenige dieser Stämme konnten dendrochronologisch synchronisiert werden. Es kann sein, dass die Pinge, die dieses Ereignis hinterlassen hat, bis heute im Gelände erkennbar ist.

Nach dieser Katastrophe um 1245 vor Chr. fehlen über mehrere Jahrhunderte Hinweise auf Bergbau in Hallstatt. Aber um 900 v. Chr. ist wieder ein voll entwickelter riesiger Betrieb fassbar. Die Abbautechnik wird nun von Schachtbau auf teilweise bis zu 200 m lange horizontale Abbauräume umgestellt. Auch dieser Bergbau ist dendrochronologisch datiert und produziert über Jahrhunderte. Durch den Handel mit Salz brachten es die Hallstätter Bergleute zwischen dem 9. und dem 4. Jhdt. v. Chr. zu beachtlichem Reichtum. Sie waren vermutlich die reichste Gemeinschaft nördlich der Alpen.

Aber auch die Abbauhallen dieses Betriebs der älteren Eisenzeit sind heute mit Lehm, Geröll und Sand von der Oberfläche ausgefüllt. Die Erklärung im Ende dieses florierenden Bergbaues ist wiederum in einer Massenbewegung zu sehen. Die imposanten Abrisskanten im oberen Bereich des Salzbergtales sind höchstwahrscheinlich mit dieser Katastrophe um die Mitte des 4. Jhdts. v. Chr. in Zusammenhang zu bringen.

Abgesehen von diesen geologischen Ereignissen, die im Bergwerk fassbar und durch Grubenfunde datierbar sind, ist auch an der Oberfläche ein Aufschluss bemerkenswert, der eine exakt datierbare Massenbewegung zeigt. Durch den Langmoosbach wurden in den letzten Jahren mehrere Kulturschichten freigespült, zwischen denen entwurzelte Baumstämme zu finden sind. Da nicht immer die Waldkante (d.i. der äußerste Jahrring unter der Rinde, die den Tod des Baumes angibt) zu finden war, können keine jahrgenaue Aussagen getroffen werden. Es zeichnen sich jedoch zwei Gruppen ab: 705 bis 679 v. Chr. und 612 v. Chr. Hierbei handelt es sich vermutlich um einen langsamen Schuttstrom, der mehrere Jahrzehnte aktiv war, oder um eine schnelle Hangrutschung, die über einen Zeitraum