

# Hydrogeologische Risiken im Bergbau

*Hydrogeological Risks with Mining Activities*

R. HOLNSTEINER<sup>1)</sup>

## Inhalt

|   | Seite |
|---|-------|
| 1. Einführung .....                         | 153   |
| 2. Historischer Rückblick .....             | 153   |
| 3. Gefährdungserkennung und -bewertung..... | 156   |
| 4. Ausgewählte Maßnahmen.....               | 157   |
| Zusammenfassung.....                        | 158   |
| Literatur .....                             | 159   |
| Summary.....                                | 159   |

## 1. Einführung

Georisiken, die aufgrund einer unzureichenden Erfassung und Bewertung der hydrogeologischen Verhältnisse mangelhaft eingeschätzt wurden, sind mit großen Gefahren im Bergbau verbunden. Die Sicherheit im Bergbau ist oberstes Gebot, sowohl der betrieblichen als auch behördlichen Verantwortung. Es sind Fragen der Beeinträchtigung des quantitativen Wasserhaushaltes durch die bergbaulichen Eingriffe sowie der Wasserhaltung im Bergbau und auch Fragen, die die chemische Zusammensetzung der Wässer und mögliche qualitative Beeinträchtigungen durch die bergbaulichen Aktivitäten bzw. Schädigung von Bergbauinfrastruktur durch Einwirkung von Bergwässern spezieller Qualität (z. B. sulfat-aggressive Wässer) betreffen, zu beantworten. Daher ist einer sorgfältigen Erfassung und Bewertung der hydrogeologischen Verhältnisse in allen Betriebsphasen (von der Exploration über die Gewinnung, Stilllegung bis hin zur Nachsorge) eines Bergbaus größte Aufmerksamkeit zu widmen.

## 2. Historischer Rückblick

Im Laufe der Bergbaugeschichte waren Wassereintrüche in Bergbauhöhlräume oftmals die Ursache tragischer Unglücksfälle. Im Jahr 1361 ereignete sich im Silberberg-

---

<sup>1)</sup> Mag. Dr. Robert HOLNSTEINER, Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Abteilung Roh- und Grundstoffpolitik, Denisgasse 31, A-1200 Wien, Österreich.  
E-Mail: robert.holnsteiner@bmwfj.gv.at

bau Oberzeiring ein Wassereinbruch, der vermutlich 1400 Opfer forderte. Bei einem Einbruch des Bucherbaches in den Heiligkreuz Stollen in Schwaz im Jahr 1448 fanden etwa 260 Bergleute den Tod. Nach E. KROKER & M. FARRENKOPF (1999) waren in Bergbauen des deutschsprachigen Raums im 20. Jahrhundert zumindest 650 Tote durch Wassereinbrüche zu beklagen. Nach dem „Absaufen der Grube“ konnte häufig die Gewinnungstätigkeit nicht wieder aufgenommen werden. Die Schließung des Bergbaus war die Folge.

Wasserhaltung untertage war, ist und wird auch in der Zukunft eine bedeutende bergbaubetriebliche Aufgabe sein. Die technischen Methoden der Wasserbeherrschung, deren sich die Bergleute bedienten, haben sich im Laufe der Zeit stark verändert.

Bereits Gaius PLINIUS Secundus beschrieb in seiner „Historia Naturalis“ (77 n. Chr.) Systeme zur Hebung von Wasser. Ausführlich wurde die Wasserhaltung untertage von G. AGRICOLA (1556) in „De re metallica“ beschrieben.

Vor der Entwicklung der in Fig. 1 dargestellten maschinellen bzw. semimaschinellen Wasserhebung wurden untertägig anfallende Wässer in der Regel durch Wasserknechte handgeschöpft. Angetrieben wurden die maschinellen Wasserkünste zunächst durch Haustiere (hauptsächlich Pferde) die, teilweise zu Förderzwecken auch untertage eingesetzt, ein eher trauriges Dasein fristeten.

Durch den Bau von in der Regel die Lagerstätten unterfahrenden Entwässerungsstollen (Fig. 2) gelangte die Pumpen-, Fließ- bzw. Leitungslogistik stärker in den Fokus der Wasserhaltung.

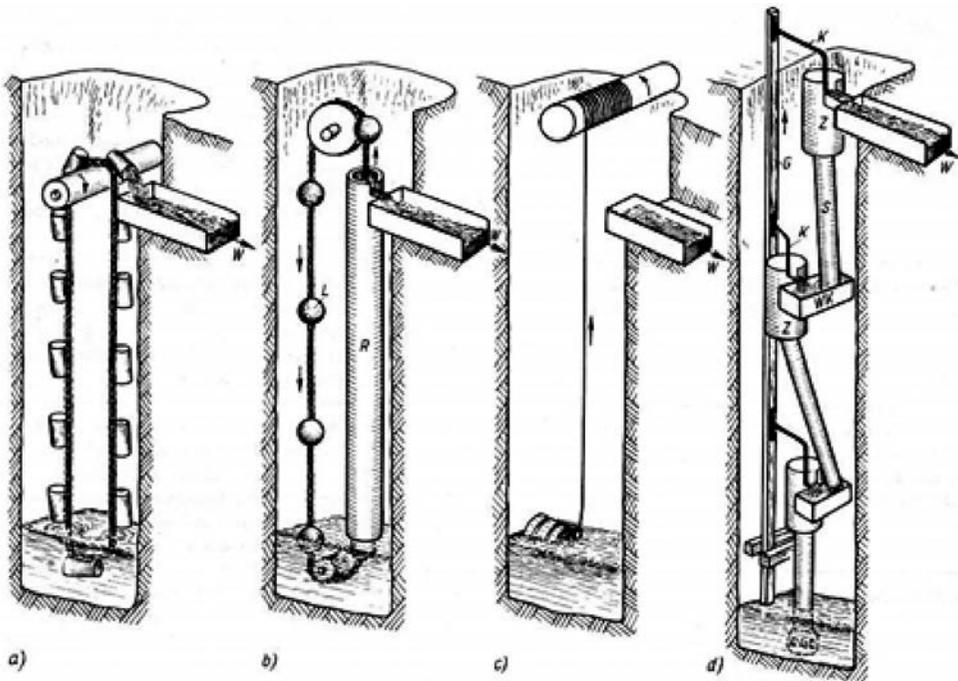


Fig. 1: Historische Wasserkünste: a) Bulgenkunst, b) Heinzenkunst, c) Wasserkübel, d) Pumpenkunst (aus: W. LIESSMANN, 2010).

Historic mine drainage systems (a–d; taken from W. LIESSMANN, 2010).

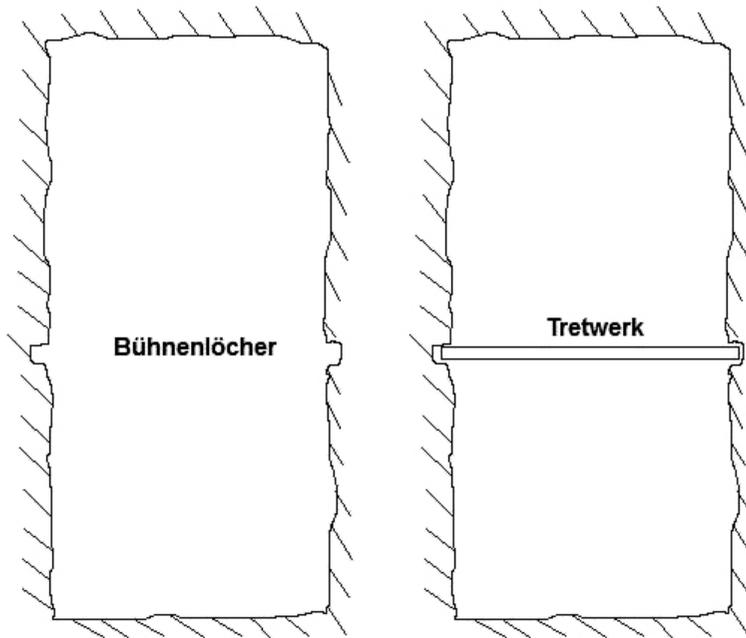


Fig. 2: Handgeschrämte Wasserlösungsstollen.  
Hand cutted drainage gallery.

Die positiven Eigenschaften des Wassers wurden und werden im Bergbau ebenso genutzt. Einerseits setzten die „Alten“ Wasser zum Antrieb der Künste ein, andererseits wurde im Bergbau die Wasserlöslichkeit mancher Rohstoffe genutzt und Lösung als Gewinnungsmethode eingesetzt. In der bergbaulichen Gewinnung von Salz ist der Einsatz von Wasser zur Lösung des Wertstoffes heute noch Stand der Technik. Auch bei modernen Aufbereitungsmethoden wird Wasser als Hilfsstoff genutzt.

Der älteste Grubeneinbau zur Solegewinnung untertags war der „Schöpfbau“, eine Art Brunnenanlage mit Hebewerk (vgl. Fig. 3, rechts). Ablasswerke, bei denen die Sole über ein Abflussrohr abgeleitet werden konnte, waren erst eine technische Weiterentwicklung zu Beginn des 17. Jahrhunderts (vgl. Fig. 3, links). Beim Laugwerksverfahren wird von den Häuern ein größerer Hohlraum als Laugkammer angelegt und in diesen Wasser eingeleitet, um das salzhaltige Gestein vor allem an der Firste und an den Ulmen der Kammer auszulaugen. Nunmehr wird die Laugung als Scheibensolung sowie Raumsolung im Bohrlochbergbau betrieben, sodass idealerweise zylindrische Hohlräume mit einer Firstkuppel in gebirgsmechanisch günstiger Geometrie entstehen.

Wie die Bergwasserexplosion von Nassereith im Jahre 1999 zeigte, können nicht nur Wassereinbrüche, sondern auch Wasserausbrüche enormen Schaden verursachen. Im Annastollen des ehemaligen Blei-Zink-Bergbaues Feigenstein in Nassereith kam es infolge eines Defektes des Ableitungsrohres für die Bergwässer, welches im vordersten, bereits versetzten Stollenabschnitt situiert war, zu einem Aufstau von Bergwässern und in weiterer Folge zu einer Bergwasserexplosion, wodurch im Mundlochbereich ein Krater im Ausmaß von etwa 30–40 m Länge, 20–30 m Breite und bis zu 20 m Höhe entstand (E. ECKART & F. RIEPLER, 2004).

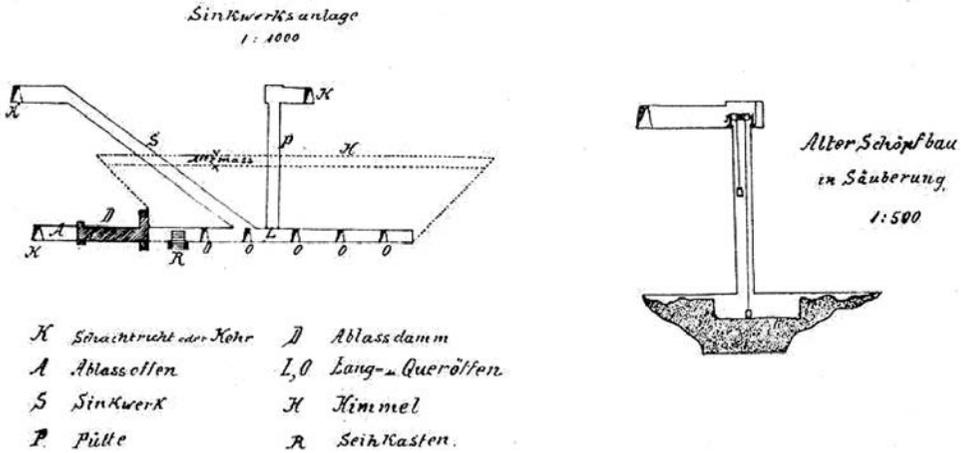


Fig. 3: Historische Werksanlagen im alpinen Salzbergbau: links Sinkwerk, rechts Schöpfbau (aus: K. SCHRAML, 1928; nicht maßstabsgetreu).

*Historic workings in alpine salt mine (taken from: K. SCHRAML, 1928; not true to scale).*

### 3. Gefährdungserkennung und -bewertung

Eine nachvollziehbare, plausible Aufnahme, Dokumentation und Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse im relevanten Einzugsgebiet vor Beginn der bergbaulichen Aktivität, das gewinnungsbegleitende Beweissichern der quantitativen und qualitativen hydrogeologischen Verhältnisse, einhergehend mit einer kontinuierlichen Verfeinerung des hydrogeologischen Modells, sowie eine Prognose hydrogeologischer Veränderungen nach Schließung des Bergbaus und ein nachsorgendes Monitoring sind unabdingbare Voraussetzungen um hydrogeologische Risiken erkennen und bewerten sowie entsprechende Maßnahmen zur Beherrschung der Risiken setzen zu können.

Zu den wesentlichen Elementen einer hydrogeologischen Aufnahme und Dokumentation im Zusammenhang mit Bergbauaktivitäten gehören:

- Niederschlagsverteilung, Abflussverhältnisse,
- Bestimmung bzw. Abgrenzung des hydrogeologisch relevanten Einzugsgebietes,
- Lage und Schüttung von Quellen im hydrogeologisch relevanten Einzugsgebiet,
- quantitative und qualitative hydrogeologische Beweissicherung,
- eventuell Wasserbilanzen zur Abschätzung der Grundwassererneuerungsrate,
- Prognose der dem Bergbau während der Auffahrung, Gewinnung und nach Beendigung der Tätigkeiten zuzutragenden Wassermengen,
- im Fall von Porengrundwasserkörper Angaben über:
  - Mächtigkeit und Beschaffenheit des/der Aquifer(s)e,
  - Flurabstand,
  - niederster Grundwasserstand, mittlerer Grundwasserstand, höchster Grundwasserstand,
  - Strömungsrichtung, -geschwindigkeit,
  - Durchlässigkeit,
- im Fall Kluft- bzw. Karstwasserkörper Angaben über:
  - Mächtigkeit und Beschaffenheit des/der Aquifer(s)e,
  - Lage des Bergwasserspiegels (Flurabstand vor und nach der bergbaulich bedingten Absenkung),

Strömungsrichtung, -geschwindigkeit,  
Gebirgsdurchlässigkeit,

- geologische Beschaffenheit der relevanten Gebirgsbereiche (inkl. der Überlagerung),
- Lage und Schüttung von Wasserzutritts- und Schwundstellen im Bergbau (regelmäßige Beobachtung und Aufbereitung der Daten in Wasserbilanzen),
- Lage (insbesondere im Bezug zu Bergbauinfrastruktur) und Abfluss relevanter Oberflächengewässer,
- eventuell Bestimmung und Prognose der Qualität dem Bergbau zuzitender sowie allfällige Bergbauabfallentsorgungseinrichtungen (Halden) durchströmende Wässer (Veränderung der Wasserqualität im Kontakt mit der Lagerstätte bzw. Bergbauabfall).

Die planliche Darstellung von oben angeführten Elementen im Raumbezug zur (geplanten) Bergbauinfrastruktur ist ein integraler Bestandteil der Dokumentation.

Eine sorgfältige Interpretation und Bewertung der dokumentierten hydrogeologischen Erhebungsergebnisse ist Voraussetzung für weitere bergbauliche Planungsphasen bzw. Aktivitäten. Dies umfasst auch Standortbewertungen und letztendlich die -auswahl für bergbauliche Abfallentsorgungseinrichtungen (vgl. Mineralrohstoffgesetz BGBI. I Nr. 38/1999, i.d.F. Bergbauabfallgesetz BGBI. I 115/2009 sowie Bergbauabfall-Verordnung BGBI. II 130/2010).

#### 4. Ausgewählte Maßnahmen

Als eine der häufigsten Georisiken im Bergbau sind unkontrollierbare, schwer beherrschbare Wasser- bzw. Schlammleinbrüche zu nennen, die aus dem in der Regel unbeabsichtigten Anfahren von Aquiferen bzw. wasser- oder schlammgefüllten „Alten Mann“ resultieren. Unbeabsichtigt deswegen, weil die hydrogeologischen Kenntnisse bzw. aufgegebene Grubenteile mangelhaft dokumentiert sind.

Durch überlappende Vorausbohrungen in hydrogeologisch kritischen Bereichen, mit allfälligem Preventerschutz bei prognostizierten hohen Wasserdrücken, eventuell kombiniert mit geophysikalischer Vorerkundung, können zu durchörternde Aquifere oder wasserführende Zonen rechtzeitig und lagegenau festgestellt werden (Fig. 4 und Fig. 5; L. WEBER & R. HOLNSTEINER, 2009).

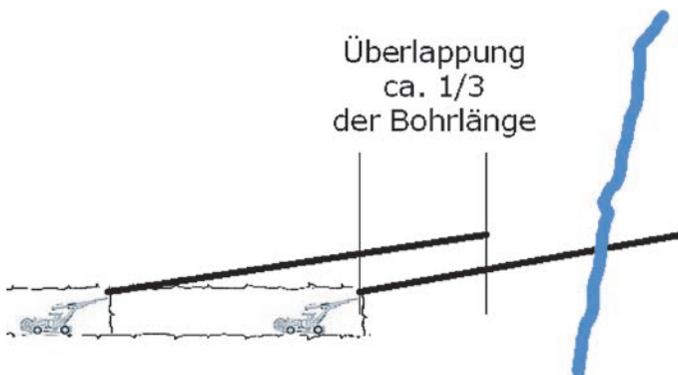


Fig. 4: Ausführung von überlappenden Vorausbohrungen.  
Schematic diagram of predrilling.

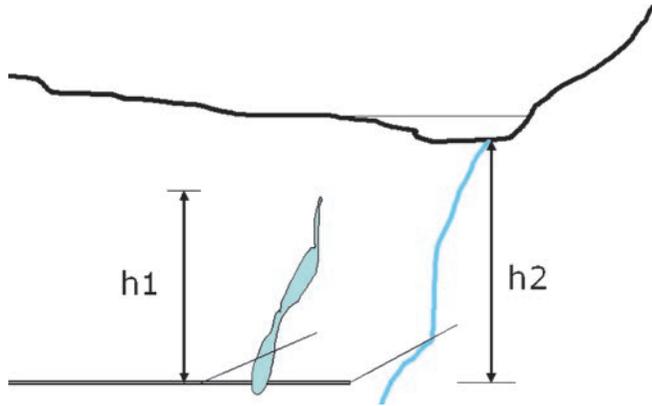


Fig. 5: Vorausboreungen. Druckhöhe  $h_1$ : Hinweis auf isolierten Bergwasserkörper, Druckhöhe  $h_2$ : Hinweis auf Zusammenhang mit Oberflächenwässer.  
*Predrilling. Hydraulic pressure level  $h_1$ : indication of isolated ground water body; hydraulic pressure level  $h_2$ : indication of communication with surface water body.*

Im Fall des Erschotens von Wässern sind Druckmessungen, Auslaufversuch (Beharungszustand) und eventuell (isotopen-)chemische Analysen der Wässer durchzuführen, um auf diesen Ergebnissen aufbauend, eine Abschätzung des quantitativen Beeinträchtigungsbereiches abzugeben (Fig. 5; L. WEBER & R. HOLNSTEINER, 2009).

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Vorerkundungen in Abschätzung einer allfälligen Beeinträchtigung von Schutzgütern können konkrete Maßnahmen von einer gezielten Entwässerung bis hin zur Abdichtung bzw. vorausseilenden Gebirgsvergütung geplant werden.

Im Akutfall des bereits eingetretenen Schadens ist oberstes Gebot, eine weitere Personengefährdung zu verhindern und der Gefahr nicht direkt entgegen zu arbeiten. Weiters ist für die geordnete Ausleitung von zusitzenden Wässern zu sorgen, daher gilt es, eine ausreichende, redundant ausgelegte Pumpenleistung bereit zu halten. Wie das Beispiel des Wassereintruches in das Werk Lobkowitz des Salzbergbaus Altaussee im Jahre 1978 zeigt, kann ein Abdichten des Wasserzutrittsbereiches mit Spitzenschüttungen von  $> 500 \text{ m}^3/\text{h}$  durch Ausinjizieren des Gebirges z. B. mit Kunststoffen, Kunstharzen, Bentonit- bzw. Zementsuspensionen von untertage oder von obertage aus den Fortbestand des Bergbaus garantieren. Die dafür notwendigen Arbeiten dauerten vom Feststellen des Wasserzutrittes in die Grube bis zum endgültigen Abschluss der Maßnahmen immerhin knapp drei Jahre.

## Zusammenfassung

Wassereintrüche stellen eine der größten Georisiken für den Bergbau dar. Durch eine nachvollziehbare, plausible Aufnahme und Dokumentation der hydrogeologischen Verhältnisse lassen sich Risikobereiche erkennen und bewerten. In der Bergbauplanung sind diese Erkenntnisse zu berücksichtigen. Hydrogeologische Veränderungen während der Bergbauaktivität sind zu dokumentieren und zu bewerten (z. B. Ausfall oder Verschlagen von Wasserorten). Geht der Bergbau in hydrogeologisch unbekanntem oder mit allfälligem Risiko behafteten Bereichen um, so ist durch Vorerkundung (z. B. Vorausboreungen) und auf deren Ergebnisse abgestimmte Maßnahmen das Risiko zu minimie-

ren. Das Bergbaukartenwerk ist auch die hydrogeologischen Verhältnisse betreffend aus Gründen der Nachvollziehbarkeit vollständig zu führen (historisch und aktuell).

## Literatur

- AGRICOLA, G. (1556): „De re metallica“.
- BGBI. Nr. 215/1959: Wasserrechtsgesetz 1959 – WRG. 1959 in der Fassung der Novelle BGBI. I Nr. 14/2011.– Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 57. Stück, Jg. 1959 (16.10. 1959), Nr. 215, 1526–1567, Wien.
- BGBI. I Nr. 38/1999: Mineralrohstoffgesetz – MinroG in der Fassung der Novelle BGBI. I Nr. 144/2011.– Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, Teil I, Jg. 1999 (19.1. 1999), Nr. 38, 327–394, Wien.
- BGBI. II Nr. 96/2006: Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG in der Fassung der Novelle BGBI. II Nr. 461/2010.– Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, Teil II, Jg. 2006 (2.3. 2006), Nr. 96, 1–4, Wien.
- BGBI. I 115/2009: Bergbauabfallgesetz.– Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, Teil I, Jg. 2009 (17.11. 2009), Nr. 115, 1–6, Wien.
- BGBI. II 98/2010: Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW.– Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, Teil II, Jg. 2010 (30.4. 2010), Nr. 98, 1–5, Wien.
- BGBI. II 130/2010: Bergbau-Abfall-Verordnung.– Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, Teil II, Jg. 2010 (30.4. 2010), Nr. 130, 1–5, Wien.
- ECKART, E. & F. RIEPLER (2004): Sicherungsmaßnahmen in den Altbergbauen Nassereith (Tirol) und Schläining (Burgenland) unter besonderer Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse.– 4. Altbergbaukolloquium Leoben, 154–170, Leoben ( ISBN 3-7739-5999-0).
- KROKER, E. & M. FARRENKOPF (1999): Grubenunglücke im deutschsprachigen Raum. Katalog der Bergwerke, Opfer, Ursachen und Quellen.– SV des Deutschen Bergbau-Museums 1998 (Veröffentl. aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 71). Der Anschnitt – Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau, **51**, 121–122, Bochum.
- PLINIUS, Sec. G. (77 n. Chr.): Naturalis Historiae.
- SCHRAML, K. (1928): Von den Anfängen der Salzgewinnung in den österreichischen Alpen.– Heimatgaue, Zeitschrift für oberösterreichische Geschichte, Landes- und Volkskunde, **9**, Jg., 250–268, Linz.
- WEBER, L. & R. HOLNSTEINER (2009): Umweltverträglichkeitsgutachten Brenner Basistunnel, Teil 7 – Exkurs, Fachgebiet Geologie und Hydrogeologie.– Genehmigungsbescheid GZ. BMVIT-220.151/0002-IV/SCH2/2009, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 4–346, Wien.

## Summary

Flooding of mines is one of the most important geohazard potential in mining. A transparent and plausible survey and documentation of the hydrogeological conditions enables to identify and evaluate areas bearing georisks. Mining operations plannings have to consider this informations. Changes within the hydrogeological conditions throughout the entire period of mining activities have to be observed, documented and evaluated (e. g. the absence or fence off of underground springs or dredge sumps). Major implications of georisks can be diminished by a high qualitative preliminary survey (e. g. predrilling) and measures based on the results of these investigations. Hydrogeological conditions should be fixed in mine cartography as well. This includes historic and current harmful events induced by hydrogeological problems.

Schlüsselwörter: Bergbau, Hydrogeologie, Georisiko, Vorerkundung  
Keywords: mining, hydrogeology, georisk, preliminary survey

