

Dr.habil. Ralf E. Krupp
Flachsfeld 5
31303 Burgdorf

Telefon: 05136 / 7846 — e-mail: ralf.krupp@freenet.de

**Gutachten
zur Flutung des Kali- und Steinsalzbergwerkes
Niedersachsen-Riedel**

Im Auftrag der Bürgerinitiative Umwelt Uetze

Burgdorf, 02.01.2008



Dr.habil. Ralf Krupp
(Diplom-Geologe, Geochemiker)

Inhalt

Vorbemerkungen und Veranlassung	S. 2
Grundlagen des Abschlussbetriebsplans	S. 2
Abriss der Bergbaugeschichte und Besitzstandsverhältnisse	S. 2
Gegenstand des Abschlussbetriebsplans und UVP-Pflicht	S. 3
Flutung und Versatz von Bergwerken	S. 4
Einführung	S. 4
Besonderheiten der Flutung von Kali- und Salzbergwerken mit Süßwasser	S. 5
Einige Grundlagen der Auflösungsprozesse	S. 6
Süßwasserflutung des Bergwerks Niedersachsen-Riedel.....	S. 7
Vorbemerkungen	S. 7
Kurze geologische Beschreibung des Bergwerkes	S. 7
Flutungsvolumen	S. 8
Lösungsvorgänge	S. 8
Lösungsangriff auf die Stützpfeiler und Schweben	S. 9
Lösungsangriff auf die Versatzmassen	S. 10
Weitere Lösungsangriffe.....	S. 10
Gesamt-Angriff	S. 10
Vorgelegte Berechnungen zu Standsicherheit und Konvergenzverlauf	S. 12
Rüstungsalasten	S. 14
Heeresmunitionsanstalt (MUNA), Blaukreuz-Kampfstoffe	S. 14
Gefährdungsmomente durch Arsen-Kampfstoffe	S. 14
Einschätzung durch das Verwaltungsgericht Lüneburg	S. 15
Rückstandshalden der Kaliindustrie	S. 17
Allgemeine Bemerkungen zu Kalihalden	S. 17
Kalihalde bei Wathlingen	S. 18
Szenarien	
Szenario 1: Flutung wie im Abschluss-Betriebsplan vorgesehen und genehmigt (Optimistische Variante)	S. 21
Szenario 2: Flutung wie im Abschluss-Betriebsplan vorgesehen und genehmigt (Pessimistische Variante)	S. 24
Szenario 3: Flutung mit Sole	S. 24
Szenario 4: Versatz der Untertage-Hohlräume mit dem Material der Rückstandshalde	S. 25
Zur Eilbedürftigkeit der Flutung	S. 26
Schlussfolgerungen.....	S. 26
Quellen	S. 29

Vorbemerkungen und Veranlassung

Die K+S AG, Abteilung Inaktive Werke, hat am 06. Oktober 2005 dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) einen Abschlussbetriebsplan für das Kali- und Steinsalzbergwerk Niedersachsen-Riedel vorgelegt. Demnach ist vorgesehen, das Bergwerk entsprechend § 7 der Allgemeinen Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen (ABVO) planmäßig zu fluten und anschließend die Tagesschächte zu verwahren. Die Flutung soll mit Süßwasser aus der Fuhse erfolgen. Die zum Bergwerk gehörende Rückstandshalde wird im Abschlussbetriebsplan nicht berücksichtigt.

Die mit Bescheid vom 11.09.2006 vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie erteilte bergrechtliche Genehmigung erfolgte ohne Rahmenbetriebsplan, ohne Umweltverträglichkeitsprüfung und ohne Öffentlichkeitsbeteiligung. Lediglich die Entnahme des benötigten Wassers aus der Fuhse wurde in einem getrennten, wasserrechtlichen Verfahren erlaubt, zu welchem die Öffentlichkeit und die Umweltverbände gehört wurden.

Sowohl gegen die bergrechtliche Betriebsplangenehmigung als auch gegen die wasserrechtliche Erlaubnis wurden seitens der Gemeinde und Samtgemeinde Wathlingen und des Landesverbandes Bürgerinitiativen Umweltschutz (LBU) Klagen eingereicht. Diese richten sich unter anderem gegen die fehlende Umweltverträglichkeitsprüfung bezüglich möglicher Folgen der Bergwerksflutung mit Süßwasser, gegen die fehlenden Regelungen bezüglich der Kalihalde, und gegen die mangelhafte Berücksichtigung der Rüstungsaltplast im Bergwerksteil Riedel.

Anfang April 2006 wurde der Verfasser von der Bürgerinitiative Umwelt Uetze mit einer kurzen wissenschaftlichen Einschätzung zu den bemängelten Punkten beauftragt. Das jetzt mit diesem Dokument vorgelegte neue Gutachten soll den aktuellen Kenntnisstand zusammenfassen und einige wesentliche Punkte vertiefen. Die Grundlagen und die Berechnungen werden etwas ausführlicher dargestellt. Auf rechtliche Aspekte soll nur in dem, den Umständen eines Verwaltungsverfahrens entsprechenden Maß hingewiesen werden.

Grundlagen des Abschlussbetriebsplans

Abriss der Bergbaugeschichte und Besitzstandsverhältnisse

Der Kalibergbau begann mit der Abteufung der Förderschächte *Niedersachsen* (1905) bei Wathlingen und *Riedel* (1906) im Ortsteil Hänigsen-Riedel. Die Förderung von Kalisalzen und Steinsalz begann um 1910 und wurde in Riedel bis 1928 betrieben. Von 1937 bis 1945 wurde das Bergwerk Riedel als Heeresmunititionsanstalt (Muna) genutzt. Bei Räumungsarbeiten durch die Alliierten erfolgte am 18.06.1946 eine verheerende Explosion auf der 650m und 750 m Sohle, bei der rund 11Tausend Tonnen Munition detoniert sind. Im Bereich der Rüstungsaltplast waren auch 60 Tonnen Blaukreuzkampfstoffe und Kampfstoff-Vorprodukte (Organoarsenverbindungen) gelagert, die bis heute im Bergwerk Riedel lagern.

Von 1950 an wurde der Bergbau auf Kali- und Steinsalz wieder aufgenommen. Die Zusammenlegung der beiden Bergwerke erfolgte 1962. Bedingt durch die deutsche Wiedervereinigung konnte die K+S Kali GmbH in Thüringen und Sachsen-Anhalt wirtschaftlich interessantere Kalilagerstätten übernehmen und hat daher den Gewinnungsbergbau im Bergwerk Niedersachsen Riedel, trotz noch vorhandener Kali- und

Steinsalz-Reserven, zum 30.06.1996 (Kali) bzw. Februar 1997 (Steinsalz) endgültig eingestellt.

Danach gab es Pläne einer Arbeitsgemeinschaft aus der Kali und Salz Entsorgung GmbH und der Niedersächsischen Gesellschaft zur Endablagerung von Sonderabfällen mbH (ARGE), die noch unversetzten Abbauhohlräume zur Einrichtung einer Untertagedeponie zu nutzen. Diese Pläne wurden jedoch, trotz des ergangenen, positiven Planfeststellungsbeschlusses vom März 2001, im Juni 2003 aufgegeben.

Hiernach, und fortdauernd bis heute, untersteht das Bergwerk Niedersachsen-Riedel der Abteilung Inaktive Werke, die unmittelbar bei der K+S Aktiengesellschaft angesiedelt ist und selbst keinen Gewinnungsbergbau betreibt. Die Abteilung Inaktive Werke der K+S Aktiengesellschaft ist auch Antragstellerin für den streitgegenständlichen Abschlussbetriebsplan, welcher der Bergwerksstilllegung dienen soll.

Somit haben die Besitzverhältnisse und Verantwortlichkeiten ebenso wie die Bergwerksnutzungen im Laufe der Geschichte mehrfach gewechselt, von einem Gewinnungsbergbau mit Unterbrechung durch die Nutzung als Heeresmunitioansanstalt, über die Genehmigung als Untertagedeponie für Sonderabfälle, bis hin zur geplanten Süßwasserflutung im Rahmen der Bergwerksstilllegung.

Fazit: Es haben mehrfach wesentliche Änderungen in den Besitzverhältnissen und im Betrieb des Bergwerkes stattgefunden. Gewinnungsbergbau hat zuletzt im Februar 1997 stattgefunden.

Gegenstand des Abschlussbetriebsplans und UVP-Pflicht

Gegenstand des betriebsplanpflichtigen Vorhabens ist lediglich die Flutung des Bergwerkes Niedersachsen-Riedel mit Süßwasser, um formal den Erfordernissen der Allgemeinen Bergverordnung, §7(3) nachzukommen, sowie die Verfüllung und Verwahrung der Tagesschächte. Bei diesen bergbaulichen Maßnahmen handelt es sich nicht mehr um die Gewinnung von mineralischen Rohstoffen im Tiefbau, sondern um ein sonstiges betriebsplanpflichtiges, bergbauliches Vorhaben gemäß §1, Ziffer 9 der UVPV-Bergbau. Hinzugefügt sei, dass es für den früher stattgefundenen Gewinnungsbergbau zu keinem Zeitpunkt jemals eine Umweltverträglichkeitsprüfung oder eine Öffentlichkeitsbeteiligung gegeben hat.

Ein Planfeststellungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung hat es aber für die Pläne der Untertagedeponie Riedel gegeben. Diese Planungen sahen eine trockene Verwahrung des Bergwerkes vor, also gerade keine Flutung. Die jetzt vorgelegten Pläne sehen wieder eine völlig andere Art der Bergwerksstilllegung vor, mit vollkommen anderen Fragestellungen und Auswirkungen auf die Umwelt. Es sind hier vor allem die von der Flutung ausgehenden Gefahren der Versalzung der Oberflächengewässer und des Grundwassers, Gefährdungen durch die Rüstungsalzlast, sowie die Gefahr von Bergschäden in Form von Tagesbrüchen und/oder großräumigen Bodensenkungen eingehend zu betrachten. Im Abschlussbetriebsplan müsste auch der Verbleib der Kalihalde und die damit verbundene Abwasserproblematik abschließend geregelt werden.

In seinem Beschluss vom 17. Juli 2007 geht das Verwaltungsgericht Lüneburg in der Rechtssache 2 B 35/07 auf Seite 8, Absatz 2 davon aus, dass der Abschlussbetriebsplan keiner

UVP bedürfe. Das Gericht begründet dies damit, dass die im Abschlussbetriebsplan geregelten Maßnahmen nicht unter Ziffer 9 des §1 der UVPV-Bergbau fielen, weil Ziffer 9 nur die *ihrer Art oder Gruppe nach nicht unter die Ziffern 1-8 fallenden betriebsplanpflichtigen Vorhaben* umfasst, es hier aber um die in Ziffer 1 geregelte Gewinnung von Bodenschätzen im Tiefbau ginge. – Dieser Argumentation kann aufgrund der voraus genannten Historie, der wechselnden Nutzungen, sowie der zur Stilllegung geplanten und nicht geplanten Maßnahmen, nicht gefolgt werden. Es spielt für die Anwendung des §1 wohl auch keine Rolle, dass die UVPV-Bergbau Abschlussbetriebspläne nach §53 BBergG nicht ausdrücklich nennt, denn es handelt sich bei Betriebsplänen um eine Kategorie von Verwaltungsverfahren, während die UVPV-Bergbau Kategorien operativer bergbaulicher Maßnahmen regelt und nennt. Im Übrigen bezieht sich der §1 ausdrücklich auf *betriebsplanpflichtige Vorhaben* wozu auch *Maßnahmen* der Abschlussbetriebspläne zählen. (Anmerkung: Die Ziffer 9 wurde erst nachträglich aufgenommen um die UVPV-Bergbau mit EU-Recht konform zu machen.)

Wenn also doch die Ziffer 9 des §1 der UVPV-Bergbau einschlägig ist, so verweist diese zurück auf das UVPG und dessen Anlage 1 über UVP-pflichtige Vorhaben. Einschlägig dürfte dort vor allem Ziffer 13.6.1 sein: *Bau eines Stauwerkes oder einer sonstigen Anlage zur Zurückhaltung oder dauerhaften Speicherung von Wasser, wobei 10 Mio. cbm oder mehr Wasser zurückgehalten oder gespeichert werden.*

Sofern die Auffassung des VG Lüneburg aber doch bestätigt werden sollte, läge aus anderem Grund dennoch eine UVP-Pflicht vor:

Die Flutung eines Gewinnungs-Bergwerks stellt aus fachlicher Sicht eine gravierende Änderung des Betriebs der Anlage dar. Aufgrund der Überschreitung von Schwellenwerten in der UVPV-Bergbau (§1; Fläche der Anlagen über Tage größer als 10 Hektar) in Verbindung mit §3e(1) des UVPG bedarf die Änderung des Betriebs eines Bergwerkes einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Auch bei zu erwartenden Absenkungen der Oberfläche von mehr als einem Meter (s.u.), die einen Einfluss auf die Vorfluter haben können, ist eine UVP zwingend erforderlich. Diese sachlichen Voraussetzungen sind bezüglich der Fläche objektiv erfüllt, bzw. nach Auffassung des Verfassers im vorliegenden Fall zu erwarten (s.u.).

Flutung und Versatz von Bergwerken

Einführung

Offene Hohlräume in Kali- und Salz-Bergwerken unterliegen der Konvergenz. Darunter versteht man ein langsames, überwiegend bruchloses Zusammengehen (Volumenverkleinerung, oder auch Verkürzung der lichten Weite eines Hohlraums) infolge des allseits einwirkenden, schwerkraftbedingten Gebirgsdruckes. Die Konvergenz-Rate beschreibt die Geschwindigkeit, mit der die Konvergenz abläuft. Im Unterschied zur langsam ablaufenden Konvergenz erfolgt ein mechanisches Versagen durch Bruch häufig spontan und wird von seismischen Erschütterungen (Bergschlag) begleitet.

Die in der Allgemeinen Bergverordnung (§7(3)) vorgesehene Flutung von Salzbergwerken kann grundsätzlich sinnvoll sein, weil damit der luftgefüllte Hohlraum mit einem Medium höherer Dichte erfüllt wird. Durch sein Eigengewicht übt dieses Flutungsmedium einen hydrostatischen Gegendruck zum Gebirgsdruck aus - wodurch die Konvergenz der

untertägigen Bergbau-Hohlräume („das Grubengebäude“) langsamer abläuft - und somit einem bruchhaften Kollabieren des Grubengebäudes entgegen wirkt. Dies ist möglich, weil sich Salzgesteine bei langsamen Deformationsraten und ab einem gewissen allseitig wirkenden (hydrostatischen) Druck nicht spröde, sondern infolge von Kriechprozessen plastisch verformen. Wegen der immer noch doppelt so großen Dichte des Salzgebirges (ca. 2200 kg/m³) gegenüber dem Flutungsmedium (Sole: ca. 1100 bis 1200 kg/m³) wird die Konvergenz jedoch nicht verhindert oder in ihrem Endbetrag vermindert, sondern nur verlangsamt.

Allerdings bewirkt die Durchfeuchtung des Salzgebirges auch eine Zunahme der Kriechraten und damit der Konvergenzraten. Die ausgelösten Effekte auf die Konvergenzraten sind also gegenläufig und heben sich teilweise auf. Insofern könnte man auf eine Flutung auch verzichten.

Grundsätzlich kommt die Konvergenz in einem nicht versetzten Hohlraum erst dann zum Stillstand, wenn sich gegenüberliegende Hohlraumwände großflächig und kraftschlüssig berühren. Bis zu diesem Zeitpunkt wird die gegebenenfalls enthaltene Sole aus den konvergierenden Hohlräumen hinausgepresst, d.h. zur Oberfläche oder ins Grundwasser.

Der Versatz von leer geförderten Hohlräumen, wie ihn die ABVO in §225 für Kaliabbau vorschreibt, stellt gegenüber der Flutung eine weitaus wirksamere Maßnahme dar, weil erstens die Dichte des Versatzes, je nach Verfahren bis zu 2000 kg/m³ betragen kann und deshalb den Gebirgsdruck weitgehend kompensiert. Die Flutung nach §7(3) der ABVO setzt vernünftigerweise auch den vorherigen vollständigen Versatz voraus. Vor allem aber handelt es sich bei Versatz um einen Festkörper, der nach einer anfänglichen Kompaktion (Verringerung des Porenraums, Verfestigung durch Rekristallisation) mechanisch ähnlich wie gewachsenes Salzgebirge wirkt und die Konvergenz frühzeitig stoppt.

Besonderheiten der Flutung von Kali- und Salzbergwerken mit Süßwasser

Bei einer Flutung kann die gewünschte zusätzliche Standsicherheit und Verbesserung des Konvergenzverlaufs aber nur dann erwartet werden, wenn sich das Flutungsmedium gegenüber dem Nebengestein (Steinsalz, Kalisalze) und den bereits eingebrachten Versatzmassen (Steinsalz-Rückstände der Kalisalz-Verarbeitung und Steinsalz-Grus aus der Streckenauffahrung) weitgehend inert verhält, was bei Süßwasser und Salzgesteinen niemals der Fall ist.

Durch Süßwasser werden vielmehr die vorhandenen Sicherheitselemente (Stützpfeiler, Schweben, Versatzmassen; Siehe Abbildung 1) ganz oder teilweise aufgelöst, und dies bedeutet eine gravierende Verschlechterung der Standsicherheit, die dem eigentlichen Ziel der Maßnahme zuwider läuft. Aus diesem Grund wurden nach Kenntnis des Verfassers stillgelegte Kali- und Salzbergwerke, mit Ausnahme einiger kleinerer Bergwerke, für die bisher keine Langzeit-Erfahrungen vorliegen, bis heute ausschließlich mit nahezu gesättigten Solen geflutet, wie sie z.B. bei der Herstellung von Solungskavernen zur Untergrundspeicherung im Salzgebirge anfallen.

Demgegenüber sind zahlreiche Beispiele für abgesoffene Kalibergwerke bekannt, als Folge von unbeabsichtigtem Eindringen von Süßwasser. Dabei sind besonders bei ausgedehnten Anlagen (Staßfurt, Vienenburg, Ronnenberg, etc.) regelmäßig gravierende Schäden an der

Tagesoberfläche aufgetreten, die ursächlich mit der Auflösung von Salzgesteinen durch das Süßwasser zusammenhängen.

Entscheidend für die Schäden an der Oberfläche ist dabei immer die Entstehung eines größeren, nicht mehr standsicheren Hohlraums unter Tage, dessen Dach unter der Last seines Eigengewichtes einbricht. Das Ergebnis sind kraterförmige Tagesbrüche, Senkungen und/oder Erdfälle. Ähnliche Bergschäden sind auch als Folge von Solegewinnung bekannt, z.B. Lüneburg.

Durch die Bruchbildungen tritt eine Beschädigung der geologischen Barriere ein, was dazu führt, dass weiteres Grundwasser in das Bergwerk eindringen kann. Dies kann bei weitläufigen Bergwerken kurzfristig zu einem Absacken des Grundwasserspiegels um mehrere Zehner Meter führen und anschließend zu einer Versalzung des Grundwassers. In der Folge haben solche Ereignisse auch erhebliche Auswirkungen auf den Naturhaushalt, aber auch auf Sachgüter und unter Umständen auf die Sicherheit von Personen.

Es ist daher in Sinne eines vorsorgenden Umweltschutzes unabdingbar, die Konsequenzen einer Flutung mit Süßwasser im Vorfeld genau zu klären und die möglichen Auswirkungen auf die Umwelt (und auf Sachgüter und die Sicherheit von Personen) gründlich zu untersuchen.

Einige Grundlagen der Auflösungsprozesse

Die meisten Salze und anderen Feststoffe haben bei Umgebungsbedingungen eine begrenzte, stoffspezifische Löslichkeit in Wasser. Reines NaCl beispielsweise hat eine Löslichkeit von ca. 356,9 kg/m³ Wasser (= 356,9 g/kg Wasser), reines KCl von 357,6 kg/m³ Wasser. (Man achte auf die Bezugsgröße Wasser, nicht Lösung!)

Löst man jedoch beide Salze gleichzeitig, so beeinflussen sich die Löslichkeiten gegenseitig, aufgrund unterschiedlicher physikalisch-chemischer Faktoren. Die Wechselwirkungen sind erheblich! Die wissenschaftlichen Grundlagen sind in dem Lehrbuch von Braitsch (1972) beschrieben. (Die darin enthaltenen Daten sind teilweise veraltet. Die hier verwendeten Daten entsprechen dem Stand der Wissenschaft (Plummer 1988; Harvie et al. 1984; Eugster et al. 1980). Die dem verwendeten Rechenprogramm Phrqpitz (Plummer, 1988) zugrunde liegenden Pitzer-Gleichungen zur Berechnung von Aktivitätskoeffizienten in hochkonzentrierten Elektrolyt-Lösungen sind z.B. in Pitzer (1991) beschrieben.)

Die Sättigungskonzentrationen einer solchen, gleichzeitig mit NaCl und KCl gesättigten Lösung betragen **100,58** kg KCl und **316,84** kg NaCl pro Kubikmeter Wasser. Das heißt, pro Kubikmeter Wasser (1000 kg Wasser) werden insgesamt ca. 418 kg Salze gelöst und es entstehen daraus 1418 kg Sole. Die Dichte dieser Sole liegt bei 1233 kg/m³. Die aus 1 m³ Wasser entstandene Sole nimmt demnach ein Volumen von 1,150 m³ ein. (1418 kg / 1233 kg/m³ = 1,150 m³) – Das Volumen der gebildeten Sole ist deutlich kleiner als die Summe der Volumina des verwendeten reinen Wassers und der kristallinen Salze, was an dem Elektrostriktionseffekt der Ionenladungen auf die Wasser-Dipole liegt.

Die Auswirkungen auf das Nebengebirge sind folgende: Pro m³ Wasser werden 100,58 kg KCl und 316,84 kg NaCl gelöst. Die Dichte von kristallinem NaCl beträgt 2200 kg/m³, die von KCl 1990 kg/m³. Durch Auflösung entstehen somit pro Kubikmeter Wasser (100,58 kg /

$1990 \text{ kg/m}^3 + (316,84 \text{ kg} / 2200 \text{ kg/m}^3) = 0,051 \text{ m}^3 + 0,144 \text{ m}^3 = 0,195 \text{ m}^3$ 0,195 m³ neuer Hohlraum.

Neben den Gleichgewichts-Zusammensetzungen (Sättigung) spielen auch die Auflösungsgeschwindigkeiten eine Rolle. Sylvin löst sich im Allgemeinen etwas schneller auf als Steinsalz. Kieserit dagegen etwa 1000 mal langsamer als Steinsalz. Wichtig ist dabei aber auch die Größe der Mineraloberfläche in Kontakt mit der Lösung: Steinsalzgrus z.B., mit einer hohen Porosität, löst sich viel schneller auf als gewachsenes, dichtes Steinsalz.

Süßwasserflutung des Bergwerks Niedersachsen-Riedel

Vorbemerkungen

Die zugrunde liegenden Daten sind im Wesentlichen den Antragsunterlagen zur UTD-Riedel (ARGE 1998) und Antragsunterlagen zur wasserrechtlichen Erlaubnis (Wasserentnahme aus der Fuhse bei Wathlingen (K+S, 2005)) entnommen. Der Abschlussbetriebsplan vom Oktober 2005 und das Gutachten des IfG (2005) lagen als Teilkopie (schwarz/weiß) vor.

Soweit im Text nicht anders erwähnt, wurden die Löslichkeitsberechnungen mit Hilfe der Phrqpitz-Software des US Geological Survey (Plummer et al. 1988) unter Verwendung der thermodynamischen Datenbasis von Harvie et al. (1984) durchgeführt.

Kurze geologische Beschreibung des Bergwerkes

Das Bergwerk befindet sich in dem pilzförmigen Salzstock von Wathlingen, der eine Nord-Süd-Erstreckung von ca. 8 km und eine Ost-West-Ausdehnung von ca. 4 km hat. Der Salzstock besteht überwiegend aus Steinsalz des Zechsteins, mit den eingelagerten Kaliflözen Staßfurt und Riedel (und lokal weiteren Kaliflözen). Durch die intensive Verfaltung des Salzstockes stehen die Kaliflöze überwiegend steil bis senkrecht („steile Lagerung“). Der Bergbau konzentrierte sich auf das Flöz Riedel und erfolgte zwischen ca. 300 und 1500 Meter Tiefe. Bis zur Einstellung des Gewinnungsbetriebs betrug die Förderung ca. 57,7 Mio. Tonnen Kalirohsalz und 17,9 Mio. Tonnen Steinsalz. Die verbliebenen Kali-Vorräte (die im Falle eine Flutung verloren gehen!) betragen ca. 13,8 Mio. Tonnen.

Der Abbau auf Kalisalze ging besonders in 3 Feldesteilen um: Im Süden das Feld Riedel, in der Mitte das Thöse-Feld, und im Norden das Feld Niedersachsen. Aufgrund der Versatzpflicht für Kali-Abbaue sollten diese vollständig versetzt worden sein. Tatsächlich ist aus dem Antragsverfahren zur UTD Riedel bekannt, dass die meisten Kali-Abbaue nur partiell versetzt worden sind. Das gleiche gilt auch für Steinsalzabbau, für die zwar keine generelle Versatzpflicht besteht, die aber aus Gründen der lokalen Standsicherheit dennoch versetzt worden sind. Schließlich gibt es noch eine Reihe von „Bergmühlen“, das sind Auffahrungen, die im Wesentlichen zur ortsnahen Gewinnung von Versatzmaterial hergestellt worden sind. Nach Angaben von K+S (2005) beträgt der gesamte aufgefahrene Hohlraum 43,7 Mio. m³, der davon versetzte Anteil 23,2 Mio. m³, also nur etwas mehr als die Hälfte.

Bei dem nicht gewonnenen Flöz Staßfurt liegt ein Hartsalz-Flöz vor, welches aus Steinsalz (NaCl), Kieserit (MgSO₄.H₂O) und Sylvin (KCl) besteht. Begleitet wird das Staßfurt-Flöz von

dem Haupt-Anhydrit, also einer Schicht die überwiegend aus Anhydrit (CaSO_4) besteht. Bei dem intensiv abgebauten Riedel-Flöz handelt es sich um einen Sylvinit, also ein Kalirohsalz, das hauptsächlich aus Steinsalz (NaCl) und Sylvin (KCl) zusammengesetzt ist.

Die Versatzmassen bestehen überwiegend aus Rückständen aus der Kalifabrik, wie sie auch auf die Kalihalde geschüttet worden sind. Ein geringerer Teil besteht aus Salzgrus, der bei Streckenauffahrungen angefallen ist. In jedem Fall bestehen die Versatzmassen also aus feinkörnigem Steinsalz, das lose in die Abbaue verfüllt worden ist und ein relativ hohes Porenvolumen aufweist.

Tabelle 1 – Übersicht der Massen und Volumina			
	Mio. t	Mio. m ³	Quelle
Kalirohsalze, insgesamt gefördert	57,7	(26,23)*	K+S(2005)
Steinsalz, insgesamt gefördert	17,9	(8,17)*	K+S(2005)
Verbliebene Kali-Reserven	13,8		ARGE (1998)
Rückstandshalde Wathlingen	22,4	11,5	K+S(2005)
Aufgefahrener Hohlraum, insgesamt		43,7	K+S(2005)
Versatz, eingebrachtes Volumen		23,2	K+S(2005)
- davon Versatz-Porenraum (30%)		6,95	K+S(2005)
Offener Hohlraum (ohne Porenraum)		18,35	K+S(2005)
Flutbarer Hohlraum vor Salzauflösung		25,3	K+S(2005)
Eingeleitetes Süßwasservolumen		25,3	K+S(2005)
Entstandenes Solevolumen		29,1	Berechnet (s.u.)
Zusätzlicher Hohlraum durch Salzauflösung		4,93	Berechnet (s.u.)
Gesamt-Hohlraum nach Salzauflösung		30,23	Berechnet (s.u.)
*) Geschätztes Volumen, bei einer angenommenen Dichte von 2200 kg/m ³			

Flutungsvolumen

Das flutbare Volumen des Bergwerks errechnet sich aus den Volumina der noch nicht (oder nur teilweise) versetzten Abbaue, der Strecken und der Schächte, sowie aus dem Porenraum in den Versatzmassen, der im Allgemeinen mit ca. 30 Volumenprozent der Versatzmasse angesetzt wird. Von K+S (2005) wird das so ermittelte flutbare Volumen auf ca. 25,3 Mio. m³ beziffert, wovon 6,95 Mio. m³ Porenraum sind. Die offen stehenden Hohlräume (ohne Porenraum) werden mit 18,35 Mio. m³ angegeben.

Im Falle einer Flutung mit Süßwasser werden größere Mengen Sylvin und Steinsalz in Lösung gehen, bis die sich bildende Sole sowohl mit NaCl als auch mit KCl gesättigt ist. Dabei wird sich auch der Hohlraum nochmals vergrößern (s.u.).

Lösungsvorgänge

Im konkreten Fall des Bergwerkes Niedersachsen-Riedel sieht die Antragstellerin die Einleitung von Süßwasser an neun verschiedenen Stellen in so genannte Rolllöcher (Siehe Abbildung 1) und Wetterlöcher vor, wo nach Vorstellungen der Antragstellerseite und des

LBEG eine Aufsättigung durch Nebengesteinsauflösung stattfinden soll, bevor das Flutungsmedium die kritischen Stellen wie Versatzmassen, Stützpfeiler und Schweben erreicht. Diese Annahmen der spontanen Aufsättigung und schadlosen Flutung sind aus verschiedenen Gründen kritisch zu sehen:

- Es ist vorgesehen, 350 m³/Stunde Süßwasser aus der Fuhse einzuleiten. Die einzelnen Rolllöcher haben einen Durchmesser von maximal 2 Meter und Höhen bis maximal einige Hundert Meter. Die eingeleiteten Wassermassen werden also innerhalb von Sekunden durch diese Großbohrlöcher hinabstürzen. Eine Aufsättigung in dieser kurzen Zeit ist unmöglich.

- Bei den Betrachtungen der Antragstellerseite wird von einer spontan einsetzenden und homogenen Salzsättigung ausgegangen. Dies ist auch deshalb nicht zu erwarten, weil sich Sole und Süßwasser aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichten nur schwer mischen. Vielmehr kann es, je nach Strömungsregime, zu mehr oder weniger ausgeprägten Überschichtungen der schweren Sole mit leichtem Süßwasser kommen.

- Die Rolllöcher sind unten offen und mit dem Streckennetz und den unmittelbar benachbarten Abbauen verbunden. Aus logistischen Gründen (Minimierung der Fahrstrecken) finden sich Rolllöcher immer in unmittelbarer Nähe zu Kali-Abbauen. Die herabgestürzten, weitgehend ungesättigten (s.o.) Lösungen werden dann anschließend, dem Weg des geringsten Widerstandes und der Schwerkraft folgend, über das Streckennetz in die Abbaue gelangen, die den größten Teil des flutbaren Volumens ausmachen. Erst dort werden die Kontaktflächen ausreichend groß und die Kontaktzeiten ausreichend lang sein damit sich eine Sättigung der Lösung einstellen kann. Wegen der leichten (schnellen) Löslichkeit werden bevorzugt die aus Kalisalz bestehenden Stützpfeiler und Schweben, sowie die porösen Versatzmassen (große Kontaktfläche) aufgelöst werden, während das gewachsene und dichte Steinsalz sehr viel langsamer angegriffen wird. Eine Abschätzung des Lösungsangriffs kann folgendermaßen erfolgen:

Lösungsangriff auf die Stützpfeiler und Schweben

- Das NaCl/KCl-Verhältnis der sich letztendlich einstellenden Gleichgewichtslösung (NaCl- und KCl-gesättigt; **316,84** kg NaCl und **100,58** kg KCl pro Kubikmeter Wasser) entspricht in etwa dem NaCl/KCl-Verhältnis im Sylvinit (30% KCl, 70% NaCl) des Riedelflözes, also auch der Stützpfeiler und Schweben. Die Stützelemente könnten also theoretisch fast ohne Rückstand in Lösung gehen, sofern genügend Wasser zur Verfügung steht. (Ist die Lösung bereits mit NaCl angereichert oder gesättigt, kann sie aus den Stützpfeilern und Schweben immer noch die gleiche KCl-Menge (100,58 kg KCl/m³ Wasser) heraus lösen, wodurch diese porös werden und ihre Festigkeit und damit Stützwirkung verlieren.)

- Wichtig für den Grad der Auflösung der Stützpfeiler und Schweben ist aber auch das Verhältnis von verfügbarem Wasser zu verfügbaren Kalisalzen:

Für die Kaliabbaue gilt: Das Kaliflöz Riedel wurde durchschnittlich zu 90 Prozent gewonnen (Vgl. IfG 2005, S.10) während 10 Prozent als Stützpfeiler und Schweben stehen geblieben sind. Man kann also auch den Ansatz machen, dass von je 100 m³ Kaliflöz jeweils 90 m³ gewonnen wurden und jeweils 10 m³ als Pfeiler und Schweben stehen geblieben sind. Wenn also bezogen auf 100 m³ Kaliflöz (30 % KCl-Anteil) 10 m³ stehen blieben, so sind darin 3 m³ KCl bzw. rund 6 Tonnen KCl (Sylvin-Dichte 1990 kg/m³) enthalten, die potentiell in Lösung gehen können.

Der eingebrachte Versatz von maximal 90 m³ (wieder bezogen auf ehemals 100 m³ Kaliflöz) hat einen flutbaren Porenraum von 30 Prozent, entsprechend 27 m³ Wasser. In 27 m³ Porenraum-Wasser können sich 27*100,58 kg KCl, also rund 2,7 Tonnen KCl lösen. Von den vorhandenen 6 Tonnen KCl werden also rund 45 Prozent von dem verfügbaren Wasser (27m³) aufgelöst. Das heißt, die Stützpfeiler und Schweben werden um etwa 45 Prozent geschwächt, wenn man nur die Kaliabbau für sich betrachtet.

Da der Porenraum der versetzten Abbaue aber mit den kalisalzfreien Strecken außerhalb der Abbaue in Verbindung steht und längerfristig ein Konzentrationsausgleich stattfindet, wird die Auflösung der Sylvinit-Anteile der Stützpfeiler und Schweben noch weiter gehen, bis das gesamte geflutete Bergwerksvolumen eine homogene und an NaCl und KCl gesättigte Zusammensetzung hat: Das Verhältnis von Streckenvolumen zu Porenvolumen beträgt laut der Anlage 3.2-3 des IfG-Gutachtens (IfG 2005) 12,2 Mill. m³ zu 6,9 Mill. m³, also ca. 1,8. Somit werden sich hochgerechnet langfristig 1,8*45 Prozent = 81 Prozent der Stützpfeiler und Schweben auflösen bzw. porös werden, wodurch ihre stützende Funktion definitiv verloren geht.

Lösungsangriff auf die Versatzmassen

Geht man davon aus, dass der Abbauhohlraum zwischen den Pfeilern und Schweben vollständig mit Steinsalz-Versatz mit einer Porosität von 30% gefüllt ist, so kommen auf einen Kubikmeter Porenraum-Wasser 2,33 m³ Versatzsalz (1 m³ Porenwasser entspricht 3,33 m³ Versatzvolumen, entspricht 2,33 m³ Salzvolumen). Auf einen Kubikmeter Porenwasser kommen dann (2,33 m³ * 2200 kg/m³ =) 5133 kg NaCl. Da 1 m³ Wasser aber maximal 356,9 kg NaCl lösen kann (s.o.), werden maximal 7 Prozent des Steinsalz-Versatzes aufgelöst. Somit erhöht sich die Versatzporosität von 30 auf maximal 37 Prozent, wodurch auch das Versatzmaterial seine durch Rekristallisation bereits erreichte Festigkeit und damit Stützwirkung weitgehend einbüßt. Vermutlich werden als Folge die Versatzmassen in sich zusammen sacken.

Weitere Lösungsangriffe

Außer dem Kaliflöz Riedel wurden auch Sylvinit der Ronnenberg-Gruppe gewonnen, die analog zum Flöz Riedel zu sehen sind. Nicht gewonnen wurde das Flöz Staßfurt, das aufgrund seiner mineralischen Zusammensetzung einen völlig anderen Lösungsverlauf ergibt und bei den Betrachtungen seitens der Antragstellerin (aus nachvollziehbaren Gründen) nicht berücksichtigt wurde.

Trotz des geringen Aufschlussgrades der Staßfurt-Hartsalze insgesamt können komplexe Auflösungsreaktionen (Na-K-Mg-Ca-Cl-SO₄-H₂O System) lokal aber durchaus von Bedeutung sein und zu Problemen führen, z.B. im Bereich der bekannten Laugenstelle auf der 353m-Sohle im Bergwerksteil Riedel (Krupp, 2005). Reaktionen mit dem Hartsalzflöz können auch zu weiteren Undichten und Instabilitäten in der Salzscheibe zwischen den obersten Sohlen und dem Salzspiegel führen.

Gesamt-Angriff

Lässt man bei einer globalen Betrachtung einmal die wenig aufgeschlossenen Hartsalze des Staßfurt-Flözes außer Acht und beschränkt sich auf das System NaCl-KCl-H₂O, so ist im Endstadium der Lösungsentwicklung mit einer an NaCl und KCl gesättigten Sole (s.o.) zu

rechnen. Wegen der Auflösung von Salzen vergrößert sich das solegefüllte Hohlraumvolumen von 25,3 Millionen m³ auf ca. 30,23 Millionen m³.

Als Fazit zu den Lösungsangriffen durch die Süßwasser-Flutung ist also festzuhalten:

- Es gehen bis zu 81 Prozent der Stütz Pfeiler und Schweben verloren.
- Die bereits eingetretene Stützwirkung durch die Versatzmassen geht wegen Zunahme des Versatz-Porenraums von 30 auf bis zu 37 Prozent wieder verloren.
- Das Hohlraum-Volumen wird durch Auflösungserscheinungen von 25,3 Mio. m³ auf 30,23 Mio. m³ vergrößert.

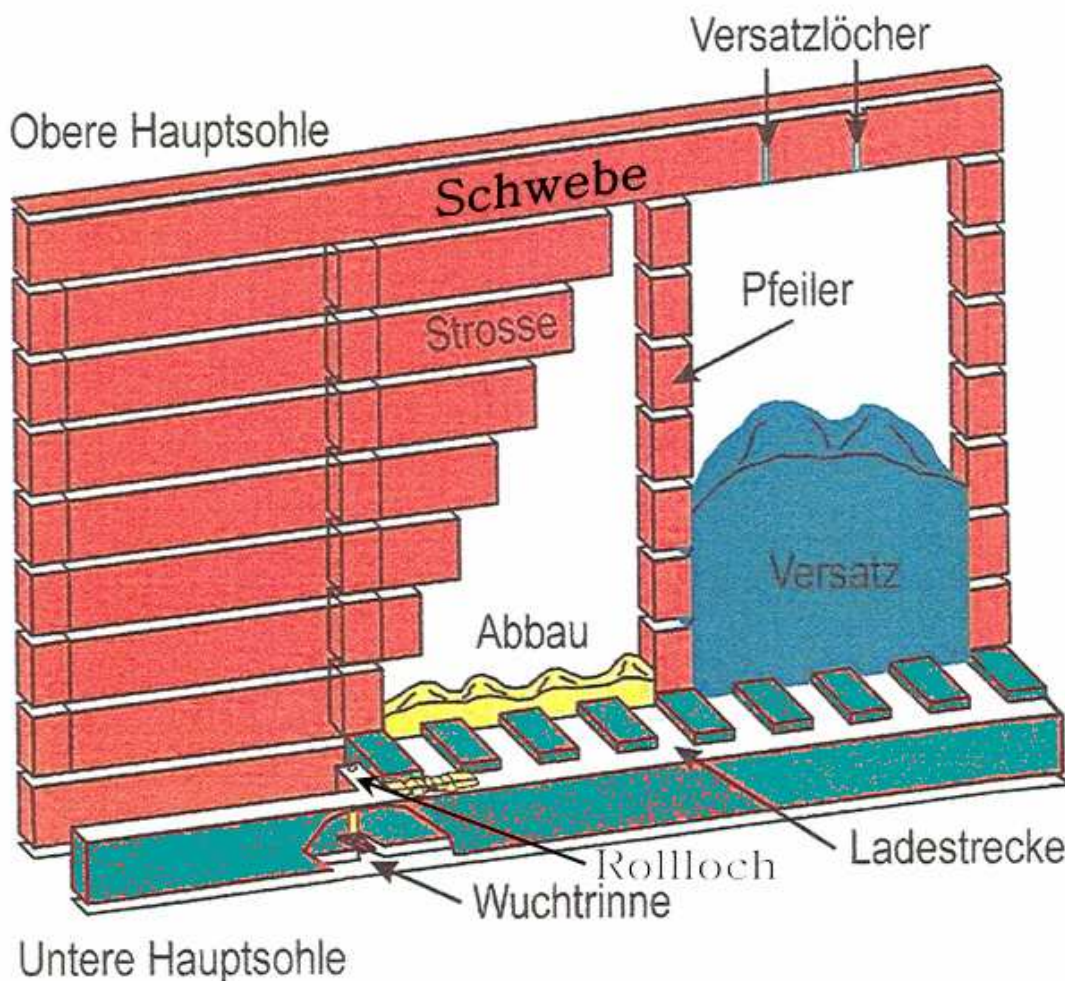


Abbildung 1 – Abbauverfahren (Strossenbau).

Das steil stehende Kaliflöz (rot) wird zwischen zwei Hauptsohlen in Form von Strossen abgebaut. Das Rohsalz (gelb) fällt herab auf die stehen gelassene untere Schweben, wird dort auf der im Nebengestein (Steinsalz; grün) aufgefahrenen Ladestrecke von der Seite her aufgeladen und dann durch das Rollloch auf die untere Hauptsohle (Wuchtrinne, Fördersohle) gekippt, von wo es zu Tage gefördert wird.

Aus Gründen der Standsicherheit bleiben außer den Schweben auch Stütz Pfeiler stehen. Beide bestehen aus Kalisalzen. Sobald ein Abschnitt völlig abgebaut ist, wird er (theoretisch) von oben bis hinauf zur Schweben mit Versatz (blau) gefüllt. Pfeiler, Schweben und Versatz verhindern, dass die schlitzförmigen Abbauhohlräume unter dem seitlich einwirkenden Gebirgsdruck zusammenbrechen. (Abbildung vom Verfasser ergänzt. Quelle: K+S)

Vorgelegte Berechnungen zu Standsicherheit und Konvergenzverlauf

Im IfG-Gutachten (IfG 2005) wird auf Seite 13 eingeräumt, dass einige Kaliabbau trotz Versatzpflicht überhaupt nicht versetzt worden sind! Das gleiche gilt für die großen Steinsalz-Abbaue, für die keine Versatzpflicht besteht. Bemerkenswert ist, dass trotzdem im Bereich des Riedel-Ostlagers die Steinsalzabbau weitgehend versetzt worden sind. Dies hätte der Unternehmer sicherlich nicht getan, wenn es keine zwingende Notwendigkeit dafür gegeben hätte, beispielsweise kritische Verformungsraten oder beobachtete Bruchbildungen. Aber auch die „versetzten“ Abbauhohlräume sind aus technischen oder sonstigen Gründen in der Regel nicht vollständig mit Versatz gefüllt.

Bei den Standsicherheitsberechnungen ist das IfG (2005; S. 21 unten bzw. S. 27) für die Kaliabbau davon ausgegangen, dass nach der Flutung 10 Prozent des Kaliflöz als Schweben und Pfeiler erhalten bleiben und dass der Versatz nach wie vor eine Porosität von 30 Prozent aufweist. Diese Zahlenwerte entsprechen aber genau der Situation vor der Flutung, d.h., die Auflösungserscheinungen an diesen Stützelementen wurden komplett vernachlässigt! Die Standsicherheitsberechnungen sind somit grob fehlerhaft.

Die methodische Vorgehensweise des IfG (2005) beim Nachweis der Standsicherheit und den Berechnungen des Konvergenzverlaufs ist nach bisheriger Kenntnis analog den Berechnungen zur Untertagedeponie Riedel (in ARGE, 1998), und ebenso die verwendeten Schnitte. Diese Vorgehensweise wurde bereits damals vom Verfasser kritisiert (Krupp, 2001), unter anderem weil das eingeführte Konzept einer fiktiven Ersatzschicht für die Abbau mit numerisch angepassten Eigenschaften für versetzte Kaliabbau nicht überzeugt. Im vorliegenden Fall ist es sogar falsch, weil die numerische Anpassung sich auf den Zustand vor der Flutung bezieht und nicht auf den durch Auflösung von Stützelementen verschlechterten Zustand nach der Flutung. Weiter wurden damals (in ARGE, 1998) Fehler bei der Diskretisierung des geologischen Aufbaues für die 2-dimensionalen Schnitte gemacht und relevante Abbauhohlräume wurden nicht berücksichtigt.

Das gleiche Ersatzschichtmodell (s.o.) wurde vom IfG auch für die Modellierung des Konvergenzverlaufs im Bergwerk Bergmannsseggen-Hugo (Sehnde-Lehrte) verwendet. Auch dort ergaben sich völlig unplausible Senkungsbeträge an der Oberfläche und im Konvergenzverlauf traten zu bestimmten Zeiten sogar Divergenzen auf (also Volumenausdehnungen!), die physikalisch völlig unrealistisch sind. – Die Berechnungen auf Grundlage des Ersatzschichtmodells sind also aus mehreren Gründen nicht belastbar.

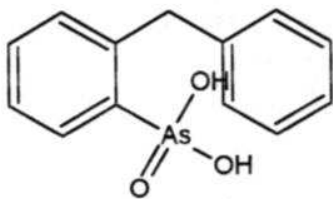
Das durch Konvergenz in die Abbauhohlräume einwandernde Nebengestein entspricht volumetrisch dem an der Oberfläche sich bildenden Absenkungstrog. Im Endzustand entspricht dieses Volumen nahezu dem ursprünglichen „flutbaren Volumen“, also rund 30 Mio. m³. Um eine größenordnungsmäßige Vorstellung von den zu erwartenden Oberflächenabsenkungen zu bekommen, kann man dieses Volumen gedanklich auf die Fläche der untertägigen Bergwerksausdehnung verteilen, die etwa 2 km * 5 km = 10 km² oder 10 Mio. m² beträgt. Die mittlere Absenkung der Oberfläche liegt demnach etwa bei 3 Meter (!), sofern kein Versatz in die Hohlräume eingebracht wird. Der vom IfG (2005) prognostizierte Senkungsbetrag von ca. 0,5 m gilt auch nur für den Zeitraum der Flutung, also von 2006 bis 2021. Doch auch danach werden die Konvergenz der Hohlräume und parallel dazu die Absenkungen an der Oberfläche weitergehen, und außerdem haben die Absenkungen bereits in der Vergangenheit zum Zeitpunkt der Hohlraumschaffung eingesetzt, sodass zum Flutungsbeginn die Absenkung nicht Null ist, sondern bereits einen erheblichen Betrag erreicht hat, über den das Gutachten auch keine Auskunft gibt.

Rüstungsaltslasten

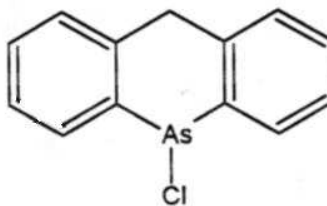
Heeresmunitionsanstalt (MUNA), Blaukreuz-Kampfstoffe

Von 1937 bis 1945 bestand auf der 650m- und 750m-Sohle des Bergwerks Riedel eine Munitionsanstalt der Deutschen Wehrmacht (MUNA). Neben 11.000 Tonnen an Munition und anderen Kriegsmitteln waren auch 10 Tonnen des Blaukreuzkampfstoffes „Excelsior“ (Acridarsinchlorid), sowie 50 Tonnen eines Kampfstoff-Vorproduktes (Diphenylmethan-o-Arsonsäure; militärischer Tarnname „Merodansäure“) eingelagert. Beides sind hochgiftige Organo-Arsen-Verbindungen.

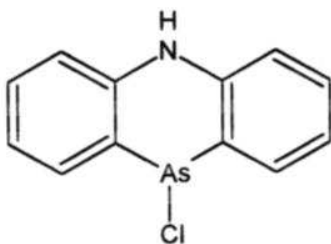
Während der Räumung und Delaborierung erfolgte am 18.06.1946 unter Tage eine gewaltige Explosion, bei der der größte Teil der Munition explodierte. Der genaue Verbleib des Excelsiors ist ungewiss; die 50 Tonnen „Merodansäure“ sind nach dem Explosionsunglück größtenteils in heute unzugänglichen Bereichen auf der 750m- und der 720m-Sohle versetzt worden.



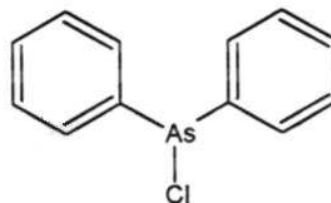
Strukturformel des Vorproduktes
"Merodansäure"
(Diphenylmethan-o-arsonsäure)



Strukturformel des Kampfstoffes
"Excelsior" (Acridarsinchlorid)



Strukturformel des Kampfstoffes
"Adamsit" (Phenarsazinchlorid)



Strukturformel des Kampfstoffes
"CLARK 1" (Diphenylarsinchlorid)

Abbildung 2 – Chemische Konstitution von Blaukreuzkampfstoffen und Vorprodukten.

Gefährdungsmomente durch Arsen-Kampfstoffe

Eine Gefahr für die Umwelt und den Menschen kann von den arsenhaltigen Blaukreuz-Kampfstoffen besonders im Fall eines Ersaufens oder einer Flutung des Bergwerks ausgehen.

Nach Haas (1999) ist das Verhalten der Diphenylarsinverbindungen durch folgende drei Faktoren geprägt:

- Die Phenyl-Arsen-Bindung ist sehr stabil und das Diphenylarsin-Grundgerüst bleibt bei den meisten Reaktionen, insbesondere Substitutions- und Oxidationsreaktionen erhalten.
- Diphenylarsin-Verbindungen werden durch Oxidationsmittel zu Diphenylarson-Verbindungen oxidiert. In Gegenwart von Wasser entsteht Diphenylarsonsäure. Diphenylarson-Verbindungen können durch Reduktionsmittel zu Diphenylarsin-Verbindungen reduziert werden.
- Chlorid kann leicht durch andere Gruppen substituiert werden. Die Substitutionsreaktionen verlaufen oft nicht quantitativ; es kann sich ein pH-Wert-abhängiges Gleichgewicht einstellen.

Tabelle 2 - Physikochemische Daten von Blaukreuz-Kampfstoffen

Bezeichnung	Adamsit	Clark I	Excelsior	Merodansäure
Synonyme	DM	DA	Ex	
chemischer Name	Phenarsazin-chlorid	Diphenylarsin-chlorid	Acridarsin-chlorid	Diphenylmethan-o-Arsonsäure
Dichte (g/cm ³)	1.65	1.42		
Siedepunkt (°C)	410	307 (1); 333 (2)		
Schmelzpunkt (°C)	195	44 (1); 38.8 (2) (labile Modifikation mit Schmelzpunkt 18.3°C (2))	114 – 115 °C (3)	
Löslichkeit in Wasser	„unlöslich“	0.2 %	fast unlöslich in kaltem und in siedendem Wasser	Keine Daten- In Analogie zu Phenylarsonsäure merklich löslich
Flüchtigkeit (mg/m ³ ; 20°C)	0.02	7.2 (1); 0.35 (2)		
Dampfdruck bei 20°C (Pa)		0.067 (2)		
Quellen: (1) Marquart H, Schäfer S (1994) (2) Haas R (1999) http://haas.purespace.de/F6a.html (3) Gump W, Stolzenberg H (1931)				

Die Tabelle 2 enthält relevante Löslichkeitsdaten und weitere Stoffdaten für die Arsen-Kampfstoffe. Für die Merodansäure selbst konnten in der Literatur keine Löslichkeitsdaten gefunden werden. Jedoch sind Analogieschlüsse auf Grundlage von Phenylarsonsäure und Diphenylmethan möglich. Phenylarsonsäure löst sich zu 1 Teil in 40 Teilen Wasser (EPA,

2007), also recht gut; Diphenylmethan hat mit 1.9 mg/l eher eine geringe Wasserlöslichkeit. Entscheidend für die Löslichkeit ist aber die polare Arsonsäuregruppe, so dass auch für die Merodansäure eine merkliche Löslichkeit in Wasser angenommen werden muss.

Unter Bedingungen, bei denen die Rüstungsalzlast mit Wasser oder Sole in Kontakt kommt, muss somit mit der Möglichkeit einer Mobilisierung des selbst gering wasserlöslichen Kampfstoffes Excelsior durch Umwandlung in das merklich wasserlösliche Diphenylarsinchlorid, also den chemischen Kampfstoff CLARK 1, gerechnet werden. Das Vorprodukt „Merodansäure“, das die Hauptmenge der Organoarsenverbindungen darstellt, verfügt selbst über eine merkliche Wasserlöslichkeit und kann ebenfalls mobilisiert werden.

Das auf diesen Wegen kontaminierte Flutungsmedium (oder das eingedrungene Grundwasser) könnte früher oder später den Grundwasserkörper über dem Salzstock erreichen, sei es durch einen Kollaps von Teilen des Grubengebäudes (Tagesbruch, Erdfälle), oder durch die langsame Verdrängung des Flutungsmediums infolge fortschreitender Konvergenz.

Einschätzung durch das Verwaltungsgericht Lüneburg

Unter Berufung auf eine Stellungnahme des Wehrwissenschaftlichen Instituts vom 19. Juni 2006 hat das VG Lüneburg eine Abschätzung der maximal zu erwartenden Arsenkonzentrationen im Grundwasser vorgenommen, die jedoch fehlerhaft ist:

Der vom Gericht in seinem Beschluss (2 B 35/07, S.11 erster Absatz) zugrunde gelegte Arsenwert beruht auf einer Abschätzung, die die vorhandene Arsenmenge auf das gesamte Flutungsvolumen bezieht und dabei von einer Gleichverteilung der As-Gehalte über dieses Volumen ausgeht. Der so erhaltene Wert von 0,5 ppm ($\approx 500 \mu\text{g/L}$) Arsen ist zwar rechnerisch richtig, aber sachlich nicht unproblematisch. Aufgrund der weitläufigen Untertage-Anlagen, die sich über viele Kilometer und zahlreiche Abbausohlen erstrecken, ist nicht mit einer Gleichverteilung zu rechnen, da es sich bei der Arsen-Altlast um eine Punktquelle handelt. Eine ausreichende Löslichkeit vorausgesetzt, könnte es vielmehr zu einem Teilvolumen mit höheren Arsenkonzentrationen im Bereich der Rüstungsalzlast kommen, während andere Teilvolumina geringere As-Gehalte aufweisen würden. Insofern ist der fiktive Konzentrationswert von $500 \mu\text{g/L}$ für eine Gefahrenabschätzung nur bedingt geeignet.

In seinem Beschluss (2 B 35/07, S.11 erster Absatz) geht das Gericht weiter davon aus, dass sich die einstellenden Arsenkonzentrationen ($0,5 \text{ ppm} \approx 500 \mu\text{g/L}$) im Bereich natürlicher Konzentrationen in normalen Wässern lägen (2 B 35/07, S.4 zweiter Absatz). Hier liegt eine Fehlinformation vor, wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich ist. Wässer mit geogenen Gehalten bis zu 5 ppm Arsen ($\approx 5.000 \mu\text{g/L As}$) sind extreme Ausnahmen und liegen etwa um das 1000-fache über den typischen Arsenkonzentrationen natürlicher Gewässer. – Vielleicht liegt hier einfach eine Verwechslung der Einheiten ppm ($\approx \text{mg/L}$) und ppb ($\approx \mu\text{g/L}$) vor.

Tabelle 3 – Arsen-Grenzwerte und Arsen-Konzentrationen in Gewässern		
Gewässer / Grenzwert	Arsen-Konzentration (µg/L)	Quelle
Angenommene As-Konzentration Bergwerk Riedel	500	VG Lüneburg (2 B 35/07, S.11 erster Absatz)
Angenommene As-Konzentration natürliche Gewässer/Böden	0-5000	VG Lüneburg (2 B 35/07, S.4 zweiter Absatz)
Trinkwasserverordnung	10	TrwVO
WHO Trinkwasser	10	WHO 1992
EU Trinkwasser	10	Richtlinie 98/83/EG
Ozeanwasser	3,7	Henderson (1982) Inorganic Geochemistry, p. 281
Ozeanwasser	2,3	http://www.webelements.com/webelements/elements/text/As/geol.html
Flusswasser	1	http://www.webelements.com/webelements/elements/text/As/geol.html
Grundwasser USA (31000 Brunnen - Überwiegender Teil)	1 – 5	http://water.usgs.gov/nawqa/trace/arsenic/ http://www.agiweb.org/geotimes/nov01/feature_Asmap.html
Grundwasser USA (31000 Brunnen - Problemgebiete)	> 50	http://water.usgs.gov/nawqa/trace/arsenic/ http://www.agiweb.org/geotimes/nov01/feature_Asmap.html

Das Gericht geht weiter davon aus (2 B 35/07, S.11 erster Absatz), dass in Salzlösungen eine Ausbreitung von Arsenverbindung nur über Diffusionsprozesse erfolgen könne, die aber in gesättigten Salzlösungen nicht stattfinden würde. Beides ist unzutreffend. Zunächst muss in dem Solevolumen durchaus mit Strömungen gerechnet werden. Diese werden ausgelöst durch Konvergenz der Hohlräume, durch thermische Konvektion aufgrund erheblicher Temperaturgradienten im Bergwerk und aufgrund von Unterschieden in der Lösungsdichte während der lange (Jahrzehnte) andauernden Gleichgewichtseinstellung zwischen Salzlösung und den anstehenden Salzmineralen. Zum zweiten gibt es aus physikalisch-chemischer Sicht keinen Grund, weshalb eine Diffusion in Salzlösungen nicht stattfinden sollte.

Rückstandshalden der Kaliindustrie

Allgemeine Bemerkungen zu Kalihalden

Rückstandshalden (umgangssprachlich „Kalihalden“) bestehen aus den Fabrikationsrückständen, die in der Kalifabrik bei der Rohsalzverarbeitung anfallen. Es handelt sich also nicht um so genannte „Berge“ oder um Abraum. Die Rückstände bestehen überwiegend aus Steinsalz. Soweit Hartsalze verarbeitet wurden, können die Rückstände auch noch bis ca. 20 Prozent Kieserit und Anhydrit enthalten. Bei sylvinitischen Kalisalzen (wie im Falle von Niedersachsen-Riedel), sind die Rückstände fast reines Steinsalz.

Es ist keineswegs so, dass es im Kalibergbau grundsätzlich üblich ist, die Rückstandshalden liegen zu lassen.

Die Potash Corporation of Saskatchewan (PCS), New Brunswick Division, ist bereits seit Jahren dazu übergegangen, alle Aufbereitungsrückstände in Form von Spülversatz in die leer geförderten Abbaue zurück zu fördern, weil die Aufhaltung zu Rückstandshalden durch die Provinz-Regierung verboten wurde (UNEP, 2001). Bei zwei neuen Kali-Projekten in Thailand ist die Rückführung der Rückstände mittels Spülversatz fest eingeplant, um Geländesenkungen zu vermeiden und den Umweltschutzstandards des Königreichs zu entsprechen (Kulabusaya, 2005). Auch in Russland (Berezniki) wird von Uralkali Spülversatz betrieben und Rückstände werden verwertet, aus Gründen des Umweltschutzes (<http://www.uralkali.com/en/Sustainability/environment/>). – Rückstands-beseitigung durch Spülversatz ist also längst Stand der Technik (BREF, 2004) und offensichtlich auch wirtschaftlich zumutbar (Siehe nachfolgende Tabelle, aus Krupp, 2007). Nach BREF (2004) und Schlotzhauer und Jacob (2005) wird auch am K+S Standort Unterbreizbach (Thüringen) das Spülversatzverfahren bereits seit Jahren praktiziert.

Quelle	Symonds & COWI (2001)	Symonds & COWI (2001)	UNEP (2001)	RP Kassel (2006)
Einheit	<i>Index</i>	<i>Euro/Tonne Rückstand</i>	<i>Index</i>	<i>Euro/Tonne Rückstand</i>
Einleitung in Flüsse	100	0,25 – 0,30		
Verpressung im Untergrund	400	1,00 – 1,20		
Aufschüttung zu Rückstandshalden	400	1,00 – 1,20	100	
Versatz steile Lagerung	1300	3,25 – 3,90		
Versatz flache Lagerung	2500	6,25 – 7,50	≤1000	8,00

Die Mines de Potasses d'Alsace (MDPA) haben 2003 wegen Erschöpfung der Vorräte den Kalibergbau eingestellt. Bereits lange zuvor hat man auf französischer Seite begonnen, die insgesamt 17 mittelgroßen Kalihalden („Terrils“) mit einer Gesamtfläche von 220 Hektar zu sanieren, und ebenso die davon verursachten, massiven Grundwasserschäden im Oberrheintal.

– Auf der gegenüberliegenden, deutschen Seite des Rheins befindet sich die Kalihalde Buggingen, die im Besitz von K+S ist. K+Sprozessiert in diesem Zusammenhang seit Jahren um behördliche Sanierungsaufgaben abzuwehren (BVG, 2006).

Im Elsass besteht eine Sanierungsstrategie darin, die Halden abzuflachen und mit Kunststoffbahnen, Bitumen und Ton vollständig einzukapseln, zu überdecken und zu begrünen. Die andere Strategie besteht in der künstlichen Beregnung und Auflösung der Rückstände, die dann als Sole in den Rhein entsorgt werden, der wegen seiner großen Wasserführung diese Salzmengen aufnehmen kann, nachdem die Einleitung von Fabrik-Endlaugen entfallen ist. Gleichzeitig wird über Brunnen das versalzene Grundwasser abgepumpt und ebenfalls in den Rhein entsorgt. So wurden bis 2000 bereits 1 Mio. Tonnen Chlorid-Ionen aus dem Grundwasserspeicher entfernt (UNEP, 2001; Ciglia, 2000; Elsass, 2000).

Aus der Tabelle 4 gehen die Kosten für verschiedene Beseitigungsverfahren hervor. Demnach würde der Versatz von Rückstand in Bergwerken der steilen Lagerung ca. 4 Euro/Tonne kosten. Bedenkt man, dass aus einer Tonne Rückstand ca. 2,8 m³ Haldenwasser entstehen (Annahme: gesättigte NaCl-Lösung), so entspricht dies Kosten von (4€ / 2,8m³ =) 1,43 €/m³ vermiedenem Abwasser. (Die deutschen Privathaushalte zahlen für ihre häusliche Abwasserbeseitigung wesentlich höhere Abwassergebühren, und müssen sogar für abgeleitetes Regenwasser Abgaben leisten!)

Eine weitere Möglichkeit besteht in der stofflichen Verwertung der Kalihalden, wie von Krupp (2002, 2003) vorgeschlagen wurde. Der wirtschaftliche Vorteil der Verwertung liegt vor allem darin, dass aus dem Verkauf der Produkte (Siedesalz) die Sanierungskosten bestritten werden können. Allerdings würden die Rückstände dann nicht mehr für den aus anderen Gründen notwendigen Hohlraum-Versatz zur Verfügung stehen.

Kalihalde bei Wathlingen

Die Kalihalde ist in dem rechtlich angefochtenen Abschlussbetriebsplan vollkommen ausgeklammert worden. Es drängt sich der Verdacht auf, dass seitens der Antragstellerin mit der Flutung des Bergwerks Niedersachsen-Riedel vollendete Tatsachen geschaffen werden sollen, die dann eine Rückführung der Rückstandshalde in das Bergwerk unmöglich machen sollen.

Die Planungen zur Stilllegung des Bergwerkes müssen aufgrund geltenden Rechts auch alle Anlagenbestandteile über Tage umfassen (Vgl. insbesondere: BBergG §§52(2a, 2b, 2c), 53(1), 55(1) Ziffern 4 bis 7 und 9, 55(2); Richtlinie 96/61/EG (IVU-RL) Artikel 1, 3f i.V.m. Artikel 5(1), Artikel 7; Richtlinie 2006/21/EG (Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie). Zu diesen Anlagenteilen zählt insbesondere die Kalihalde bei Wathlingen, aber auch die beiden kleineren Salzhalden auf dem Werksgelände in Riedel.

Die Wathlinger Rückstandshalde hat ein Volumen von 11,5 Millionen Kubikmeter, eine Grundfläche von 24,7 Hektar und eine Höhe über Gelände von ca. 96 Meter. Sie besteht zu 94% aus Steinsalz, 1-3% Sylvin, 0,5 % Kieserit, 0,2% Ton sowie geringen Anteilen von Gips, Anhydrit, Holz, Gummi, Metallschrott, etc.

Sofern die Kalihalde nicht beseitigt oder wasserdicht eingekapselt wird, wird sie im Laufe von ca. 1000 Jahren durch Niederschläge weggelöst. (Krupp (2003) hat gezeigt, dass die

Höhe ungedeckter Kalihalden um maximal ca. 10 cm pro Jahr durch niederschlagsbedingte Salzauflösung verringert wird. Eine 100 m hohe Halde hat demnach eine Lebenserwartung von ca. 1000 Jahren.)



Abbildung 3 – Rückstandshalde Wathlingen. Quelle Google Earth

Bis zur vollständigen Auflösung der Halde (ca. 22,4 Millionen Tonnen NaCl) würden mindestens 62,7 Millionen Kubikmeter gesättigte Salzlösungen anfallen, die zu entsorgen wären. Diese Mengen können nicht dem Grundwasser zugeführt werden, ohne dass massive Schäden eintreten. Die in der Halde abgelagerten Salzmenen reichen aus um bis zu 54 Milliarden m³ Süßwasser durch Überschreitung des Chloridgrenzwertes der Trinkwasserverordnung (250 mg/L Cl) unbrauchbar zu machen:

(22,4 Mio. t NaCl enthalten 13.6 Mio. t Cl.

13.600.000.000 kg Cl / 0,25 kg/m³ Cl = 54.400.000.000 m³.)

Das sind 54 Kubik-Kilometer!

Bisher wurden die aufgefangenen Haldenwässer über Schluckbrunnen ins tiefe Grundwasser versenkt, bzw. ins Bergwerk eingeleitet. Nach einer Flutung wäre letztere Möglichkeit genommen und die Haldenwässer würden bis ins 4. Jahrtausend hinein die Umwelt belasten. Auch eine Einleitung ins Grundwasser ist nicht unbegrenzt möglich und auch nicht zulässig

(Wasserrahmenrichtlinie und WHG: Verschlechterungsverbot, Pflicht zur Umkehr ansteigender Schadstofftrends im Grundwasser).

Daher ist es aus rechtlichen und sachlichen Gründen dringend erforderlich, die Frage des Verbleibs der Rückstandshalde im Rahmen der Bergwerksstilllegung abschließend zu regeln. Es sollte verhindert werden, dass Fakten geschaffen werden, die eine sinnvolle Gesamtlösung nicht mehr zulassen.

Szenarien

Szenario 1: Flutung wie im Abschluss-Betriebsplan vorgesehen und genehmigt (Optimistische Variante)

Selbst wenn die Bergwerksflutung gemäß den Vorstellungen der Antragstellerin und des LBEG ablaufen würde, könnte eine Flutung die Konvergenz nicht verhindern, sondern nur verlangsamen. Wenn also bei der Flutung rund 25 Millionen m³ Süßwasser eingeleitet und in der Folge zu ca. 29 Millionen m³ Sole aufmineralisiert werden, so werden diese 29 Millionen m³ Sole in der Folgezeit großenteils aufgrund der weiter fortschreitenden Konvergenz wieder aus dem immer kleiner werdenden Grubengebäude verdrängt.

Unter günstigen Umständen, wenn das Grubengebäude intakt bleibt (d.h. ohne Verbrauch konvergiert), wird diese Sole über die Schachtröhren zur Oberfläche gelangen, wo sie dann „entsorgt“ werden muss. Im ungünstigeren Fall wird die Sole irgendwo im Untergrund in den Grundwasserleiter verdrängt, von wo aus sie das Grundwasser versalzen wird. Die Verdrängung der Sole wäre theoretisch nur durch einen druckfesten Verschluss aller Schächte zu verhindern, der aber nicht vorgesehen ist und wahrscheinlich auch technisch nicht realisierbar wäre. Selbst wenn eine Realisierung möglich wäre, würde durch den sich in der Sole dann aufbauenden Druck die bereits vorgeschädigte geologische Barriere infolge hydraulischer Rissbildung undicht, sodass in jedem Falle mit einer Grundwasserversalzung zu rechnen wäre.

Die Vorschädigung der geologischen Barriere erfolgte durch die Explosion von 11 Kilo-Tonnen hochbrisanter Munition im Jahr 1946, also in unmittelbarer Nähe zu den Arsen-Kampfstoffen. Eine weitere Undichte besteht im Bereich der Tropfstelle auf der 353m-Sohle im Riedel-Ostlager (Krupp, 2001, 2005). Auch diese Undichte befindet sich in unmittelbarer Nähe zur Rüstungsalast. Die ins Grundwasser oder zur Oberfläche verdrängte Sole wird außer den gelösten Salzen daher auch Arsenverbindungen in schwer prognostizierbaren Konzentrationen enthalten.

Eine unvermeidliche Folge der Konvergenz des Grubengebäudes ist die Absenkung der Gelände-Oberfläche oberhalb der Abbaue. Das Absenkungsvolumen wird sich gegen Ende der Konvergenz zahlenmäßig dem konvergierten Hohlraumvolumen annähern, also auf rund 30,2 Millionen m³ zu bewegen. Dies entspricht volumetrisch z.B. einer Absenkung um ca. 3 Meter auf einer Fläche von 2 mal 5 Kilometern! Angeblich (IfG, 2005) sollen die Absenkungen aber in der Größenordnung von nur maximal 0,5 Meter bleiben, und dies nur lokal über den Einleitbereichen.

Als Fazit muss daher festgehalten werden, dass die maximalen Gesamt-Absenkungen weit größer als 0,5 Meter sein, und über den Abbaufeldern vermutlich deutlich über drei Meter liegen werden. Auch die von der Absenkung betroffenen Flächen werden weit größer sein als

im Gutachten angegeben ist (Vgl. IfG 2005; Anlage 8.2-1). Die erwarteten Auswirkungen der Flutung auf die Oberfläche sind also gravierend. Dies hat auch mit der praktisch tisch-ebenen Landschaft im betroffenen Gebiet zu tun, das nach Westen durch Dammfleth und Thöse in Richtung Aue, im Osten zur Erse und Fuhse hin entwässert und durch eine Anzahl ausgedehnter Gräben zusätzlich drainiert wird. Durch die flächenhaften Absenkungen kommt es zu Gefälleänderungen im Gelände und wahrscheinlich zu Umkehrungen von Fließrichtungen. Außerdem wird durch die Geländeabsenkung eine Verringerung des Flurabstandes und damit eine generelle Vernässung bis Überflutung eintreten. Soweit bebaut Gebiete betroffen sind, kann dies z.B. bedeuten, dass Keller nass werden oder die öffentliche Kanalisation beeinträchtigt wird.

Die Kalihalde wird im Abschlussbetriebsplan nicht berücksichtigt. Sie würde vermutlich auf unbestimmte Zeit liegen bleiben.

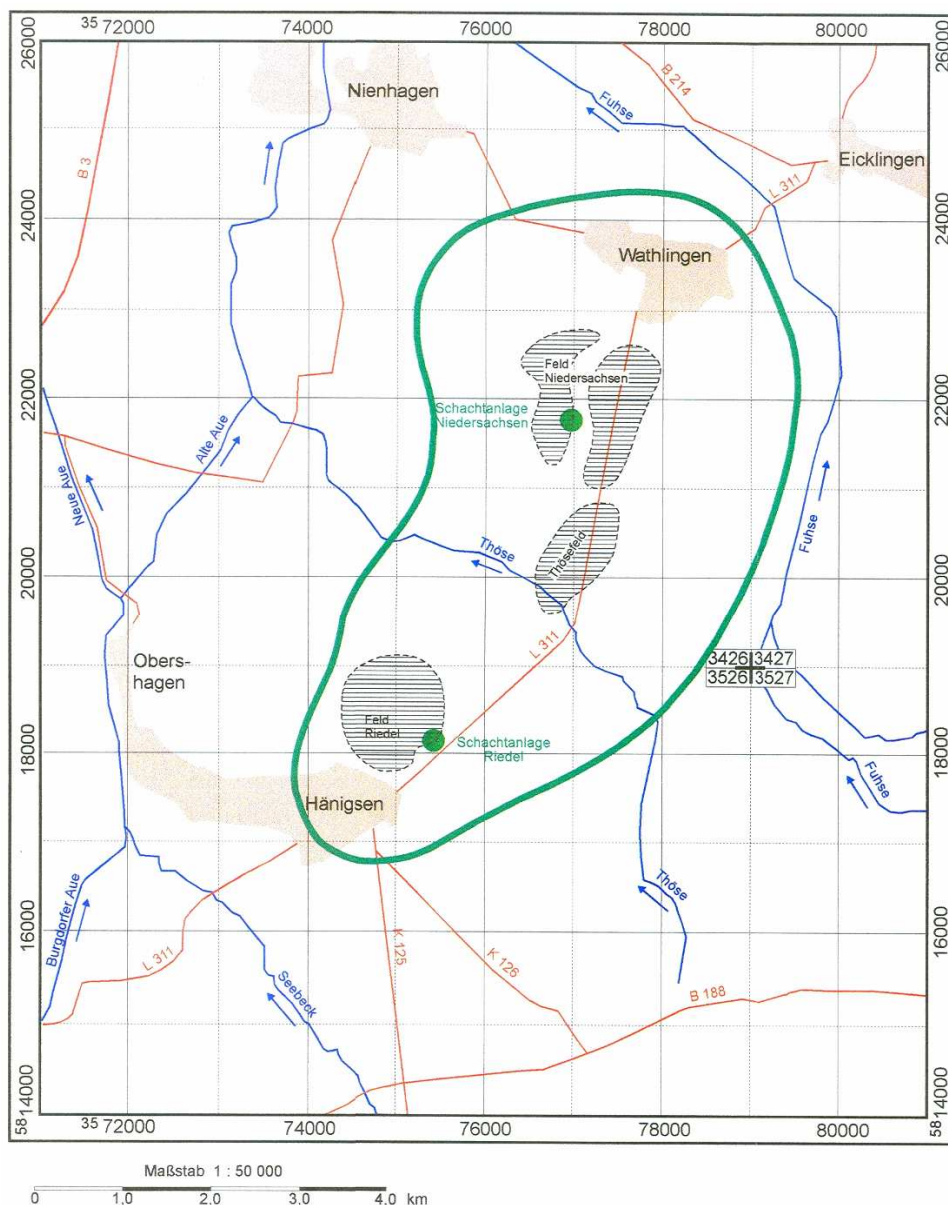


Abbildung 4 – Lage der Haupt-Abbaufelder Riedel, Thöse und Niedersachsen im Salzstock von Wathlingen (grüne Umriss-Linie). Die maximalen Absenkungsbereiche werden sich oberhalb dieser Abbaufelder entwickeln. (Quelle der Karte: K+S)

Szenario 2: Flutung wie im Abschluss-Betriebsplan vorgesehen und genehmigt (Pessimistische Variante)

Ein bruchhaftes Versagen des Bergwerks („Kollaps“) kann eintreten, wenn infolge der induzierten Auflösungserscheinungen an Stützelementen größere Bereiche unter Tage ihre Standsicherheit verlieren und zu Bruch gehen. In diesem Fall würde wahrscheinlich auch die geologische Barriere zwischen den oberen Abbau-Niveaus und dem Salzspiegel Schaden nehmen, so dass in kurzer Zeit große Mengen Grundwasser in die noch luftgefüllten Hohlräume eindringen könnten und das Bergwerk unkontrolliert absaufen würde. Der Verfasser konnte zeigen (Krupp, 2001, 2005), dass die aktive Tropfstelle auf der 353m-Sohle (im Bereich des Ostlagers im Steinsalzrevier Riedel) eine Vorschädigung der geologischen Barriere darstellt, an der schon seit geraumer Zeit Grundwasser in bisher noch geringen Raten zutritt und die Laugenstelle speist. Jede weitere Störung der Spannungsverhältnisse in diesem Bereich, z.B. durch Auflösung von Stützelementen, kann zu einem weiteren Verbrauch und zu nicht mehr kontrollierbaren Grundwassereintrüben führen.

Ein solcher Kollaps mit nachfolgendem Absaufen der Grube hätte u.a. folgende Konsequenzen:

- Ein kurzfristiges und weiträumiges (Kilometer) Absacken des Grundwasserspiegels um mehrere Zehner Meter. Durch Wegfall des Auftriebs würde es im Baugrund zu Setzungen kommen wodurch auch noch in einiger Entfernung Gebäudeschäden auftreten könnten (wie beispielsweise beim Absaufen des Kalibergwerkes in Ronnenberg, 1975).
- An der Oberfläche könnte es zu Erdfällen und Tagesbrüchen kommen, die das Ausmaß von Fußballfeldern übertreffen können und viele Meter tief sind, wie beispielsweise in Neu-Staßfurt, nach einer kontrollierten (!) Flutung mit Halbsole.
- Es käme zu einer Vermischung des Grubenwassers (Sole inklusive Salzgehalten und chemischen Kampfstoffen etc.) mit dem oberflächennahen Grundwasser.
- Durch die in geschlossenen Firstbereichen komprimierte Luft könnten bei deren Entweichen Gesteinsbrocken in die Umgebung geschleudert werden.

Die infolge Konvergenz stattfindende Verdrängung von arsenhaltiger Sole aus den Grubenhohlräumen würde analog dem Szenario 1 ablaufen. Auch die Oberflächensenkungen wären die gleichen.

Szenario 3: Flutung mit Sole

Eine Flutung mit angelieferter oder vor Ort hergestellter Sole hätte den Vorteil, dass die Auflösungserscheinungen an Stützelementen weniger gravierend ausfallen würden. Insbesondere würden die Versatzmassen nicht geschädigt. Bei den Stützpfeilern aus Kalisalzen würde nur das KCl heraus gelöst. Dadurch könnte der Lösungsangriff ab einer gewissen, schwer prognostizierbaren Eindringtiefe zum Stillstand kommen. Die Stützpfeiler und Schweben würden jedenfalls weniger geschädigt als bei einer Süßwasserflutung.

Sofern die Sole vor Ort mit Material der Kalihalde Wathlingen hergestellt würde, könnten ca. 9 Mio. Tonnen Haldenmaterial (oder 40 Prozent der Halde) verwertet werden.

Die infolge Konvergenz stattfindende Verdrängung von arsenhaltiger Sole aus den Grubenhohlräumen würde analog dem Szenario 1 ablaufen. Auch die Oberflächensenkungen wären die gleichen.

Szenario 4: Versatz der Untertage-Hohlräume mit dem Material der Rückstandshalde

Das primäre Ziel ist die Stabilisierung des Bergwerks und die Minimierung der Konvergenz und den daraus resultierenden Beeinträchtigungen der Oberfläche, unter Berücksichtigung der Rüstungslast. Genau so wichtig ist aber auch die Sanierung der Kalihalde Wathlingen, die bei den bisherigen Überlegungen Kaliindustrie und des LBEG systematisch ausgeklammert worden ist.

Beide Ziele könnten durch Anwendung des Spülversatzverfahrens erreicht werden. Beim Spülversatz (Schlotzhauer und Jacob, 2005) wird aus Sole und zerkleinertem Salz eine pumpfähige Suspension hergestellt, die in die zu versetzenden Hohlräume eingespült wird. Die Salzpartikel sedimentieren ab und die Sole wird abgepumpt und wieder zur Herstellung neuer Suspension verwendet. Das heißt, die Sole wird im Kreislauf geführt.

Beim Spülversatz wird erstens die Dichte des Versatzmediums gegenüber Sole deutlich erhöht. Zweitens setzt sich das eingebrachte Salz aus der Suspension zu einer dichten Masse ab, die nach kurzer Zeit bereits eine gute Festigkeit erlangt. Im Gegensatz zum Flutungsmedium Sole kann dieser Feststoff durch Konvergenz nicht verdrängt werden, sondern er wird kompaktiert und nimmt frühzeitig die Kräfte auf, welche die Konvergenz bewirken. Das heißt, die Konvergenz kommt frühzeitig zum Stillstand wodurch weitere Absenkungen an der Oberfläche weitgehend vermieden werden können. Eine Auflösung bereits bestehender Versatzmassen wäre so gut wie ausgeschlossen, weil die flüssige Komponente des Spülversatzes bereits mit NaCl, und nach kurzer Zeit aufgrund der Kreislaufführung auch mit KCl gesättigt ist.

Die benötigten Versatzmassen, d.h. das zerkleinerte Salz und die Sole für den Spülversatz, könnten aus der Kalihalde Wathlingen gewonnen werden, das benötigte Wasser, dessen Menge wesentlich kleiner als bei der Flutung wäre, könnte aus dem Haldenwasser bereitgestellt werden, gegebenenfalls ergänzt durch Wasser aus der Fuhse oder aus Brunnen.

Durch den Spülversatz würde gleichzeitig die Kalihalde vollständig beseitigt. Die Kalihalde hat ein Volumen von ca. 11,5 Mill. m³, während das Volumen der unversetzten Abbaue und Strecken zusammen 18,3 Mill. m³ beträgt. Somit könnte die Halde vollständig oder zumindest weitgehend als Versatzmaterial verwertet werden. Damit wäre auch gleichzeitig eine Lösung für die bisher ausgeklammerte Kalihalde und die davon ausgehenden Haldenwässer gefunden, indem die Halde entfernt würde.

Die weitere Konvergenz des Bergwerkes würde sicher verhindert. Es könnte auch keine Verdrängung von arsenhaltiger Sole aus den Grubenhohlräumen erfolgen, weil erstens der Versatz eine Konvergenz verhindern würde und zweitens nur eine geringe Solemenge im Porenraum des Versatzes vorhanden wäre. Die Oberflächensenkungen würden gestoppt, sobald der Versatz den Gebirgsdruck aufnimmt, d.h. sie würden nur einen kleinen Bruchteil des bei einer Flutung zu erwartenden Ausmaßes annehmen.

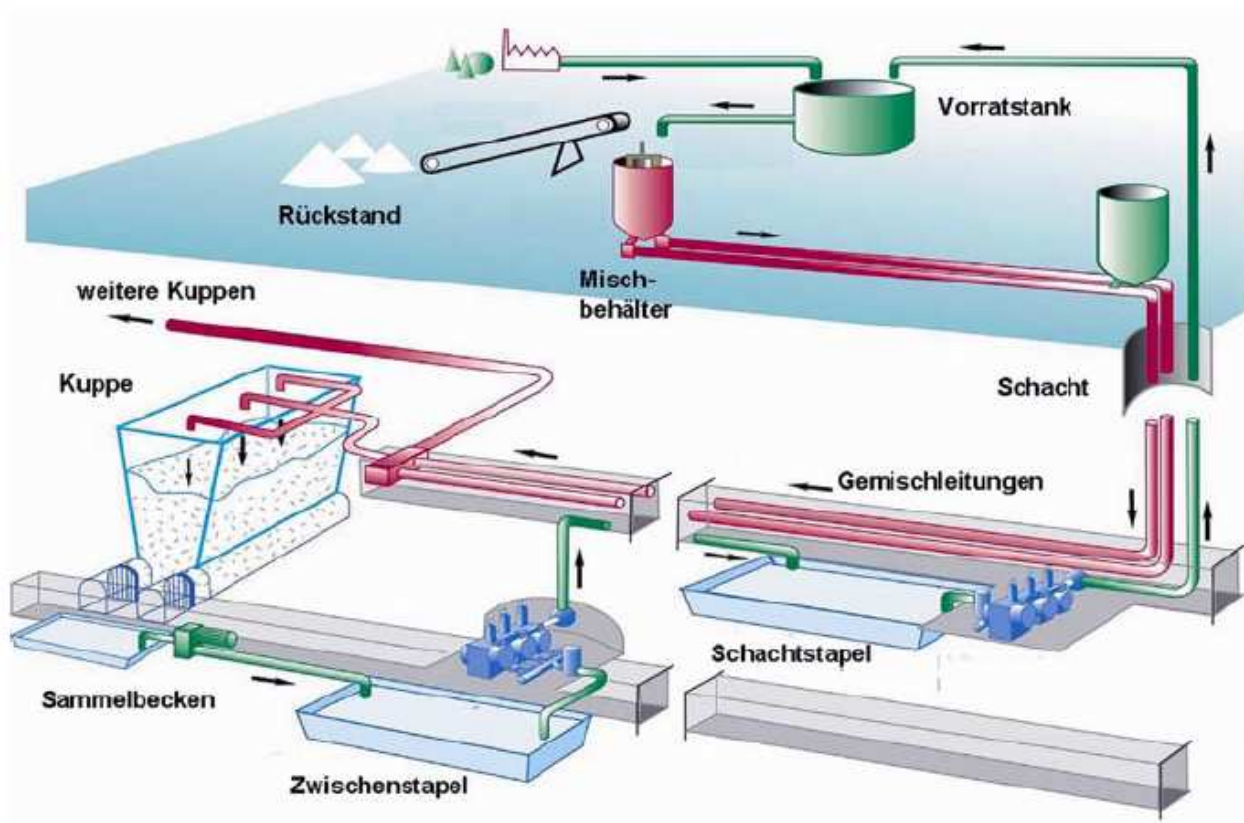


Abbildung 5 – Schema des Spülversatz-Verfahrens, wie es heute im Versatzbergbau Stand der Technik ist. Rot: Leitungen für Sole-Salz-Gemisch. Grün: Rückleitung für Solekreislauf.
Quelle: Schlotzhauer und Jacob (2005)

Zur Eilbedürftigkeit der Flutung

Das VG Lüneburg stellt zutreffend fest (2 B 35/07, Seite 3 oben), dass K+S zusammen mit der NGS in dem Bergwerk Niedersachsen-Riedel eine Untertagedeponie in trockener Verwahrung einrichten wollte. Die Betriebsdauer war auf ca. 30 Jahre vorgesehen. Mit anderen Worten, damals (2001) sah man keine Gründe für eine rasche Flutung des Bergwerks. Vielmehr wurde dieses gutachtlich für die nächsten 30 Jahre als standsicher und auch als langzeitsicher dargestellt und sollte zu keinem Zeitpunkt geflutet werden. Von der bekannten Tropfstelle ging damals nach Auffassung des LBEG und von K+S keine Gefahr für ein Ersaufen des Bergwerkes aus, während Krupp (2001) eine solche Gefahr schon damals gesehen und nachfolgend darüber auch publiziert hat (Krupp, 2005).

Es überrascht daher, dass heute, wenige Jahre später, die rasche Flutung gefordert wird, wegen der sonst zu besorgenden Senkungen und der Gefahr des Ersaufens (Vgl. 2 B 35/07, Seite 5, vorletzter Absatz), und dies unter Berufung auf das gleiche Gutachter-Büro (IfG Leipzig) und gestützt auf dessen damals für die UTD angefertigte Gutachten und Grundlagen. Es ist weiter bemerkenswert, dass trotz der mittlerweile offenbar eingetretenen Besorgnis des Ersaufens, ausgerechnet der Versatz des Bergwerkes mit der Rückstandshalde weiterhin abgelehnt wird (2 B 34/07, Seite 11, vorletzter Absatz, unten), wo doch allein ein Versatz der Hohlräume die Konvergenz, die Senkungen und bei zügiger Durchführung auch das Ersaufen des Bergwerkes sicher verhindern kann. Eine Flutung hingegen vergrößert während der Flutungsphase die Gefahr des vorzeitigen Ersaufens (s.o.).

Die vom LBEG am 10.10.2007 ergangene Anordnung des sofortigen Vollzugs (Aktenzeichen W 2005 W Bh. 11 2007-003) ist in ihrer Begründung sachlich falsch: Die Konvergenz und die damit zusammenhängende Absenkung der Geländeoberfläche wird durch die Flutung weder verhindert noch im Endbetrag gemindert (s.o.). Die Flutung beeinflusst nur die Konvergenz-Rate, bzw. Senkungs-Rate, also deren zeitlichen Verlauf, weil Sole aufgrund ihres Gewichtes zwar dem Gebirgsdruck hydrostatisch entgegenwirkt, aufgrund ihrer fehlenden Druckfestigkeit und Scherfestigkeit den konvergierenden Grubenwänden aber ausweicht. Versatz erfüllt die gleiche hydrostatische Funktion, aber aufgrund seiner höheren Dichte wesentlich besser als Sole. Im Gegensatz zur Sole kann ein Feststoff-Versatz wegen seiner Druck- und Scherfestigkeit aber nicht ausweichen und nimmt daher die einwirkenden Druckkräfte auf, wodurch die Konvergenz frühzeitig gestoppt wird.

Schlussfolgerungen

Ein Gewinnungsbergbau hat auf dem Bergwerk Niedersachsen-Riedel zuletzt 1997 stattgefunden. Danach hat das Bergwerk zweimal den Besitzer gewechselt. Mit den Besitzverhältnissen haben sich auch die Nutzungen, bzw. Nutzungsabsichten grundlegend und wesentlich geändert.

Eine Umweltverträglichkeitsprüfung zu der beabsichtigten Bergwerksstilllegung erscheint aus sachlichen wie aus rechtlichen Gründen dringend erforderlich.

Bei der beabsichtigten Flutung des Bergwerkes mit Süßwasser gehen bis zu 81 Prozent der Stützpfeiler und Schweben verloren. Die bereits eingetretene Stützwirkung durch die Versatzmassen geht wegen Zunahme des Versatz-Porenraums von 30 auf bis zu 37 Prozent ebenfalls verloren. Das Hohlraum-Volumen wird durch Auflösungserscheinungen von 25,3

Mio. m³ auf 30,23 Mio. m³ vergrößert. Diese Folgen der Süßwasserflutung führen zu einer gravierenden Beeinträchtigung der Standsicherheit des Bergwerkes und können schwere, ausgedehnte und langfristig wirkende Bergschäden und Grundwasserschäden zur Folge haben.

Aus vorliegenden Antragsunterlagen geht hervor, dass trotz einer allgemeinen Versatzpflicht für Kaliabbau viel Abbau unvollständig oder überhaupt nicht versetzt worden sind.

Die mit dem Abschlussbetriebsplan vorgelegten gebirgsmechanischen Gutachten haben bei den Standsicherheitsberechnungen den Lösungsangriff auf die Stützpfiler, Schweben und Versatzmassen nicht berücksichtigt. Weiterhin sind die Volumenbilanzen zwischen konvergierenden Hohlräumen und Senkungen der Erdoberfläche nicht stimmig. Auch der prognostizierte Konvergenzverlauf ist sowohl vom Berechnungsansatz wie auch von den Ergebnissen her nicht plausibel.

Die im Bergwerksteil Riedel vorhandenen Arsenkampfstoffe müssen prinzipiell als löslich betrachtet werden. Die im Falle einer Flutung sich einstellenden Arsenkonzentrationen können selbst bei der optimistischen Annahme einer Gleichverteilung über das gesamte Flutungsvolumen Konzentrationen erreichen, die Größenordnungen über den typischen Arsengehalten von natürlichen Gewässern liegen.

Die Rückführung der Aufbereitungsrückstände (Kalihalden) ist z.B. in New Brunswick (Kanada) und Thailand vorgeschrieben. Im Elsass werden aus Umweltschutzgründen Kalihalden rückgebaut. Der Einsatz des Spülversatz-Verfahrens zur Rückführung der Fabrikationsrückstände ist Stand der Technik. Die Kosten für Spülversatz sind vertretbar. Sie liegen bei ca. 4 €/t Rückstand, oder anders ausgedrückt, bei 1,43 €/m³ vermiedenem Salzabwasser (Haldenwasser).

Ein Szenarien-Vergleich kommt zu folgenden Resultaten:

- Süßwasserflutung (optimistische Variante): Es entstehen 29 Millionen m³ Sole, die in der Folgezeit aufgrund der fortschreitenden Konvergenz an die Oberfläche oder ins Grundwasser verdrängt werden. Die Arsenkonzentrationen bleiben unter günstigen Umständen niedrig. Die Kalihalde bleibt liegen und wird im Laufe der nächsten 1000 Jahre durch Niederschläge wegeregnet, wodurch weitere 62,7 Millionen m³ gesättigte Salzlösungen anfallen. Die Absenkungen an der Erdoberfläche betragen bis zu mehrere Meter und konzentrieren sich auf die Bereiche oberhalb der untertägigen Abbau-Felder.
- Süßwasserflutung (pessimistische Variante): Es entstehen die gleichen Mengen konzentrierter Salzlauge. Auch die Kalihalde bleibt weiter erhalten. Infolge von Tagesbrüchen im vorgeschädigten Bereich der MUNA kommen arsenhaltige Salzwässer an die Tagesoberfläche. Da dies bereits vor vollendeter Flutung passiert, kommt es zu starken Grundwassereinbrüchen und zu weitläufigen Absackungen des Grundwasserspiegels. Als Folge entstehen Schäden an Bauwerken. Erdfälle gefährden die Menschen.
- Soleflutung: Die Sole wird aus den Rückstandssalzen der Kalihalde hergestellt. Dadurch wird die Halde um 40 Prozent verkleinert. Die Menge der noch anfallenden Haldenwasser reduziert sich von 62,7 auf 37,5 Millionen m³. Der Lösungsangriff auf die Stützelemente fällt deutlich geringer aus und die Gefahr von Tagesbrüchen ist stark reduziert. Die ins Grundwasser verdrängte, arsenhaltige Solemenge ist nur geringfügig kleiner (um ca. 5

Millionen m³) als in den ersten beiden Szenarien. Die Absenkungen an der Erdoberfläche betragen bis zu mehrere Meter und konzentrieren sich auf die Bereiche oberhalb der Abbau-Felder.

- Spülversatz: Alle verbliebenen Hohlräume werden mit dem Spülversatz-Verfahren versetzt, wobei die Kalihalde komplett beseitigt wird. Kurz nach erfolgtem Versatz kommt die Konvergenz zum Stillstand. Dadurch werden auch weitere Geländesenkungen verhindert. Die ins Grundwasser ausgepressten Solemengen (aus Porenlösungen im Spülversatz) sind vernachlässigbar. Es können keine nennenswerten Arsenmengen transportiert werden. Die Haldenfläche ist wieder nutzbar gemacht und es entstehen keine Haldenwässer mehr.

Damit ist offensichtlich nur das vierte Szenario (Spülversatz) geeignet, alle Probleme befriedigend zu lösen.

Eine Eilbedürftigkeit aufgrund zu besorgender Oberflächensenkungen ist nicht gegeben. Die Senkungen werden in jedem Fall eintreten, außer bei Spülversatz. Eine Eilbedürftigkeit könnte allenfalls aufgrund der Laugenstelle (353m-Sohle, Riedel) bestehen. Allerdings besteht aufgrund lokaler Vorschädigungen die große Gefahr, dass durch eine Flutung genau dort (im Bereich der Laugenstelle und der Rüstungsaltpast) ein Tagesbruch induziert wird. Insofern ist dringend anzuraten, umgehend mit den Versatzmaßnahmen anzufangen.

Quellen

ARGE (1998) Arbeitsgemeinschaft Untertagedeponie Riedel: Planfeststellungsantrag zur UTD Riedel. 8 Ordner

Braitsch O. (1972) Salt Deposits: Their Origin and Composition. Springer-Verlag.

Bodenstein, J., Rauche, H., Schreiner, W., Eulenberger, K. (2001) Reduction of surface subsidence and brine inflow prevention in potash mines by subsequent backfill. Tailings and Mine Waste 01, 2001, Verlag Balkema, Rotterdam, ISBN 9058091821.

BVG (2006) BVerwG, Urteil des 7. Senats, Az. 7 C 3.05

BREF (2004) Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities. EIPPCB, July 2004. (Anmerkung: Die Inhalte des BREF bezüglich der Kali-Industrie basieren weitgehend auf Angaben von K+S aus dem Jahr 2002) <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Ciglia J. (2000) Versuchsanlage zur Chlorid-Entfernung aus Trinkwasser in Colmar. Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein, Jahresbericht 2000, 32, 97-110

Elsass P. (2000) Die Versalzung des Grundwassers im südlichen Elsaß. Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein, Jahresbericht 2000, 32, 123-132.

EPA (2007) Chemical profile, benzenearsonic acid.

<http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/Profiles/98-05-5?OpenDocument>

Eugster H, Harvie C, Weare J (1980) Mineral equilibria in a six-component seawater system, Na-K-Mg-Ca-SO₄-Cl-H₂O, at 25°C. *Geochim Cosmochim Acta* 44, 981-997.

Google Earth (2006) earth.google.com/

Gump W, Stolzenberg H (1931) Derivatives of the arsenic analogue of 9,10-Dihydroacridine. *JAmerChemSoc.* 33, 1428-1432

Haas(1999) <http://haas.purespace.de/F6a.html>

Harvie, C., Møller, N. and Weare, J. (1984) The prediction of mineral solubilities in natural waters: The Na-K-Mg-Ca-H-Cl-SO₄-OH-HCO₃-CO₃-CO₂-H₂O system to high ionic strength at 25° C. *Geochim.Cosmochim.Acta* **48**, 723-751.

IfG (2005) Gutachterliche Stellungnahme zu den geomechanischen Auswirkungen der Flutung der Grube Niedersachsen-Riedel.

Jülich W. (2000) Juristisches um die Salzproblematik aus niederländischer Sicht. Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein, Jahresbericht 2000, 32, 133-140.

Krupp R. (2001) Gutachten zu dem Planfeststellungsbeschluß des Oberbergamtes Clausthal-Zellerfeld vom 06.03.2001 zur geplanten Untertagedeponie Riedel. Mai 2001, ergänzt November 2001. Auftraggeber: BI Umwelt Uetze und LBU Niedersachsen.

Krupp, R. (2002) Stoffliche Verwertung von Rückstandshalden und Endlaugen der Kaliwerke. *Glückauf* 138(10), 484-488.

Krupp, R. (2003) Umweltschäden und stoffliche Verwertungspotentiale in der Kali- und Salz-Industrie. *Umweltinformationen für Niedersachsen (UIN)* 53/2003, 1-43.

Krupp R. (2005) Formation and Chemical Evolution of Magnesium Chloride Brines by Evaporite Dissolution Processes – Implications for Evaporite Geochemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69(17), 4283-4299

Krupp R (2007) Einleitung salzhaltigen Wassers in das Flusssystem Werra-Fulda-Weser. Im Auftrag des Ausschusses für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz des Hessischen Landtags, des Ausschusses für Naturschutz und Umwelt des Thüringer Landtags, des Umweltausschusses des Niedersächsischen Landtags, und des Ausschusses für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landtags Nordrhein-Westfalen. 23 Seiten plus Anlagen.-
<http://www.hessischer-landtag.de/Dokumente/Plenarsitzungen/ULA-AV-052-T1.pdf>

Kulabusaya C (2005) Potash Projects in South-East Asia. In *Ercosplan (2005): Festsymposium* aus Anlass des 50-jährigen Gründungsjubiläum des Kali-Ingenieurbüro Erfurt. 9.September 2005, Erfurt.

K+S (2005) Wasserentnahme aus der Fuhse bei Wathlingen für die Flutung des ehemaligen Kali- und Steinsalzbergwerkes Niedersachsen-Riedel. Antragsunterlagen

Marquart H, Schäfer S (1994) Lehrbuch der Toxikologie. BI Wissenschaftsverlag. S. 585 f.

Mitretek (2000) Chemistry of arsenical irritants.

http://www.mitretek.org/mission/envene/chemical/other%20military%20chemicals/DA_DC_DM.html

Pitzer, K. (1991) Chemical Potentials and Activity Coefficients; Standard States and Composition Scales for Nonelectrolytes and Electrolytes. In: Pitzer, K.S. (Ed.) Activity Coefficients in Electrolyte Solutions. CRC Press, Boca Raton, pp. 75-155.

Plummer, L., Parkhurst, D., Fleming, G. and Dunkle, S. (1988) A computer program incorporating Pitzer's equations for calculation of geochemical reactions in brines. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 83-4236, pp. 1-310.

RP Kassel (2006) Pilotprojekt Werra Salzabwasser – Endbericht (Entwurf Dezember 2006). Regierungspräsidium Kassel.

Schlotzhauer M und Jacob T (2005) Spülversatz im Grubenbetrieb Unterbreizbach des Werkes Werra der K+S KALI GmbH. Kali und Steinsalz 2(2005), 34-39

Symonds und COWI (2001) Final report to DG ENV on Mine Waste Costs. (mining_cost.pdf)

UNEP (2001) Environmental Aspects of Phosphate and Potash Mining. First edition. Printed by UNEP and IFA, Paris, December 2001.

www.mineralresourcesforum.org/docs/pdfs/phosphate_potash_mining.pdf

oder

http://www.fertilizer.org/ifa/form/pub_det.asp?id=918

Verband der Flusswasserwerke (2000) Jahresbericht 1999-2000, Teil A Der Rhein.

http://www.riwa.org/e_publicaties/103_JR_rhein_99_00_du.pdf

Zeibig S. und Wambach-Sommerhoff K. (2005) Geologische Beschreibung und hydrochemische Bewertung der Flutung der Grube Niedersachsen-Riedel. Antragsunterlagen. K+S Aktiengesellschaft