

Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3

Band 3.20E der Antragsunterlage

Erweiterung der Halde Hattorf: Gutachterliche Stellungnahme zur Wirksamkeit der betrieblichen Regelungen und Maßnahmen zur Vermeidung einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf – Wintershall

Vorhabenträger:

K+S Minerals and Agriculture GmbH
Werk Werra, Standort Hattorf
Hattorfer Straße
36269 Philippsthal



Verfasser:

ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft
Geotechnik und Bergbau mbH
Arnstädter Straße 28
99096 Erfurt

Impressum

Fassung vom 24.04.2014

Ansprechpartner: Ackermann, Carsten
Kaufmann, Jürgen
Assmuth, Christian

Telefon: 0361/3810 500

Fax: 0361/3810 505

e-Mail: mining@ercosplan.com

Web: www.ercosplan.com

Untersuchungsgegenstand:

Untersuchung, ob in der Grube Hattorf-Wintershall ein unbeherrschbarer Salzlösungszufluss über einen Schacht bzw. aus dem Hangenden und / oder Liegenden bei den Neuauffahrungen und geologischen Erkundungsbohrungen auftreten kann.

Ergebnisse im Überblick:

- Unbeherrschbare Salzlösungszuflüsse innerhalb der bestehenden Grube können aufgrund der ausreichend mächtigen Schutzschichten im Liegenden / Hangenden ausgeschlossen werden.
- Unbeherrschbare Salzlösungszuflüsse bei Neuauffahrungen oder geologischen Erkundungsbohrungen können durch Einhaltung der behördlichen Auflagen und betrieblichen Sicherheitsmaßnahmen ebenfalls ausgeschlossen werden.
- Salzlösungszutritte über einen Schacht sind nach Stand der Technik beherrschbar.
- Die Tagesschächte und die Rolloch-Verbindung zur Grube UB können langzeitsicher verwahrt werden, so dass die Grube auch in der Nachbetriebsphase luftgefüllt bleibt.
- **Unbeherrschbare Salzlösungszutritte zur Grube Hattorf-Wintershall während der Betriebs- und Nachbetriebsphase und somit mögliche Auswirkungen auf die Halde und deren Erweiterung in Folge einer unplanmäßigen Flutung können ausgeschlossen werden.**
- Eine Szenarienbetrachtung bzgl. Auswirkungen einer unplanmäßigen Flutung ist nicht erforderlich.

BERICHT

Erweiterung Halde Hattorf - Gutachterliche Stellungnahme zur Wirksamkeit der betriebli- chen Regelungen und Maß- nahmen zur Vermeidung einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf-Wintershall

ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft
Geotechnik und Bergbau mbH
Arnstädter Straße 28
99096 Erfurt
Deutschland

Telefon: +49 361 3810 500
Telefax: +49 361 3810 505
E-Mail: mining@ercosplan.com
Web: www.ercosplan.com
Geschäftsführer: Dr. Henry Rauche

DIESER BERICHT BEINHALTET

75	Seiten
9	Anlagen

Auftraggeber: K+S KALI GmbH
Hattorfer Straße
36267 Philippsthal, Werra

Auftragnehmer: ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft
Geotechnik und Bergbau mbH
Arnstädter Straße 28
99096 Erfurt

Projektnummer: EGB 13-010

Erfurt, den 24.04.2014



Dr. Henry Rauche
Geschäftsführer

BERICHT

ERWEITERUNG HALDE HATTORF - GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME ZUR WIRKSAMKEIT DER BETRIEBLICHEN REGELUNGEN UND MAßNAHMEN ZUR VERMEIDUNG EINER UNPLANMÄßIGEN FLUTUNG DER GRUBE HATTORF-WINTERSHALL

Version: 00

Dieser Bericht wurde angefertigt unter der Verantwortung von

Ackermann, Carsten
Kaufmann, Jürgen
Assmuth, Christian

Eine qualitative und inhaltliche Kontrolle wurde durchgeführt von

Teichert, Thomas

INHALTSVERZEICHNIS

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	7
2	Bearbeitungsumfang	8
3	Geografischer Überblick zum Grubenfeld Hattorf-Wintershall	9
4	Geologie und Hydrogeologie	10
4.1	Regionaler Überblick	10
4.2	Aufschluss- und Erkundungsgrad des hessischen Teils der Werra-Kalilagerstätte	12
4.3	Stratigraphische Gliederung und geologische Schutzschichten	13
4.4	Gebirgsbau, Tektonik und Subrosion	16
4.5	Grundwasserstockwerke und Grundwasserbewegung	18
4.6	Vulkanismus und Gasvorkommen	19
4.7	Salzlösungszutritte	21
4.8	Bewertung der Ergebnisse zur Geologie und Hydrogeologie	23
5	Überprüfung und Bewertung der betrieblichen Vorgehensweise zur Abbautätigkeit	25
5.1	Überprüfung und Bewertung der aktuellen Maßnahmen zur Vermeidung des Anfahrens eines nicht zu beherrschenden Salzlösungszutrittes bei Neuauffahrungen	25
5.1.1	Überprüfung und Bewertung der Maßnahmen bei der geologischen Erkundung durch Bohrungen und geophysikalischen Messverfahren	26
5.1.2	Überprüfung und Bewertung der Maßnahmen zur Einhaltung der geologischen Hangend- und Liegenschutzschicht bei Neuauffahrungen	33
5.2	Überprüfung und Bewertung der aktuellen Maßnahmen zur zusätzlichen Sicherung des Grubenbetriebes im hypothetischen Fall des Antreffens eines unbeherrschbaren Salzlösungszutrittes bei Neuauffahrungen	38
5.2.1	Beschreibung	39
5.2.2	Bewertung	41
5.3	Zusammenfassende Bewertung	42
6	Überprüfung und Bewertung der Präventionsmaßnahmen und der betriebliche Festlegungen zur Sicherung der Tagesschächte	42
6.1	Betrieb und regelmäßige Prüfungen der Schächte	44
6.2	Darstellung der rechtlichen Situation bei der Inbetriebnahme neu errichteter oder geänderter Schachtanlagen	45
6.3	Maßnahmen zur Beherrschung von Undichtigkeiten am Schachtausbau	46
6.3.1	Abdichten von Salzlösungszuflüssen am Schachtausbau	47
6.3.2	Sicherung des Tübbingausbaues durch Einbau einer Schachtvorbausäule	51
6.4	Bewertung der Maßnahmen zur Beherrschung eines Salzlösungszutrittes über Schächte	54

7	Überprüfung und Bewertung der Maßnahmen nach Abschluss der Betriebsphase	56
7.1	Verwahrung der Schächte	56
7.2	Verwahrung der Förderrollloches zum Grubenfeld Unterbreizbach	57
8	Zusammenfassung	60

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Überblick Werk Werra, Standorte Hattorf und Wintershall (nach K+S, 2012a, /162/)	9
Abbildung 2	Geologisch-tektonische Übersicht des Werra-Fulda-Kaligebietes nach Messer (1978, /170/).	11
Abbildung 3	Schematische Darstellung für einen Bohrfächer	28
Abbildung 4	Schematische Darstellung einer Horizontalbohrung mit Ablenkern	29
Abbildung 5	Schematische Darstellung einer Bohrung mit ondulierendem Bohrlochverlauf (nach K+S, 2007c, /76/)	29
Abbildung 6	Schematische Darstellung eines Standrohres (nach K+S, 2007c, /76/)	30
Abbildung 7	Schematische Darstellung einer Sicherheitsgarnitur (nach K+S, 2007c, /76/)	31
Abbildung 8	Schematische Darstellung eines Bohrortes (nach K+S, 2007c, /76/)	32
Abbildung 9	Prinzip der Stopfensicherung (Zapp et al. 2002, /236/)	48
Abbildung 10	Fertiggestellte Stopfensicherung (Zapp et al., 2002, /236/)	48
Abbildung 11	Sanierung von Rissen und Lunkern mittels Traverse (Zapp et al., 2002, /236/)	49
Abbildung 12	Vorbaukassette (Zapp et al., 2002, /236/)	50
Abbildung 13	Sanierungsvariante für Pikotagefuge mit Ringdrainage (Zapp et al., 2002, /236/)	51
Abbildung 14	Schematische Darstellung einer Stahlblech - Vorbausäule am Beispiel Schacht Grimberg (K+S 1993b, /156/)	52
Abbildung 15	Schema Startfundament mit Dichtung Schacht Grimberg (Schütze & Gerland, 1996, /199/)	53
Abbildung 16	Prinzipieller Aufbau langzeitstabiler Schachtverschlüsse im Salinar - Typ Salzdetfurth (K+S, 2002, /62/)	57
Abbildung 17	Schematische Darstellung der Verfüllsäule zur Verwahrung des Förderrollloches zwischen den Gruben Hattorf-Wintershall und Unterbreizbach (nach K+S, 2003, /66/)	58

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Stratigraphie im Bereich des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall (nach K+S, 1996, /158/; 1998, /159/) mit Einstufung in Grundwasserleiter (GWL), Grundwassergeringleiter (GWGL) und Grundwassernichtleiter (GWNL)	18
Tabelle 2	Übersicht der dokumentierten Salzlösungszuflüsse im Grubenfeld Hattorf-Wintershall	22
Tabelle 3	Übersicht zu den Schächten	42
Tabelle 4	Aufbau und Bestandteile der Verfüllsäule Förderrollloch nach K+S (2003, /66/)	59

ANLAGENVERZEICHNIS

ANLAGE 1	Übersichtsriss Grube HW, Werk Werra, Grundriss 2. Sohle mit Darstellung der Linien gleicher Mächtigkeiten des Unteren Werra-Steinsalzes
ANLAGE 2	Übersichtsriss Grube HW, Werk Werra, Grundriss 1. Sohle mit Darstellung der Linien gleicher Mächtigkeiten des Oberen Werra-Steinsalzes
ANLAGE 3	Rissausschnitt Grubenfeld Wintershall, Grundriss 2. Sohle mit Darstellung der Lage der Salzlösungs- und Gasvorkommen
ANLAGE 4	Rissausschnitt Grubenfeld Wintershall, Grundriss 1. Sohle mit Darstellung der Lage der Salzlösungs- und Gasvorkommen
ANLAGE 5	Rissausschnitt Grubenfeld Hattorf, Grundriss 2. Sohle mit Darstellung der Lage der Salzlösungs- und Gasvorkommen
ANLAGE 6	Rissausschnitt Grubenfeld Hattorf, Grundriss 1. Sohle mit Darstellung der Lage der Salzlösungs- und Gasvorkommen
ANLAGE 7	Rissausschnitt Grubenfeld Hattorf, Grundriss 1. Sohle, Erschließung des Feldes Marbach mit Darstellung des Siphonbereiches
ANLAGE 8	Rissausschnitt Grubenfeld Hattorf, Grundriss und Profil der Förderrollloch-Verbindung zwischen den Gruben HW und UB
ANLAGE 9	Übersichtsriss Grube HW, Werk Werra, Grundriss 1. Sohle mit Lage der Siphons im Grubenfeld

1 **Veranlassung und Aufgabenstellung**

Die K+S KALI GmbH (K+S) beabsichtigt, die Rückstandshalde am Standort Hattorf zu erweitern. Im Rahmen der geplanten Haldenerweiterung besteht die Aufgabe, Szenarien der Auswirkungen einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf-Wintershall (Grube HW) auf die Rückstandshalde inklusive deren Erweiterung darzustellen (Arbeitspaket 4.4).

Vor dem Hintergrund eines sicheren Abbaus, der auf eine luftgefüllte Verwahrung der Hohlräume ausgerichtet ist, wird davon ausgegangen, dass in den bestehenden Grubenräumen ein nicht beherrschbarer Zutritt von Salzlösungen sicher ausgeschlossen werden kann und dass eine ausreichend mächtige Hangend- und Liegendenschutzschicht vorliegt. Diese Feststellung wurde bereits unter anderem durch die vorliegenden Langzeitsicherheitsnachweise sowie deren Ergänzungen für die Untertagedeponie Herfa-Neurode (UTD Herfa-Neurode) und Untertageverwertung Hattorf-Wintershall (UTV Hattorf-Wintershall) belegt.

Daher kann eine unplanmäßige Flutung nur dann auftreten, wenn

- unbeherrschbare Salzlösungszutritte über einen Schacht,
- unbeherrschbare Salzlösungszutritte aus dem Hangenden bei Neuauffahrungen,
- unbeherrschbare Salzlösungszutritte aus dem Liegenden bei Neuauffahrungen,

angetroffen werden.

In der gutachterlichen Stellungnahme werden die vorbeugenden Maßnahmen zur Vermeidung von solchen unbeherrschbaren Salzlösungszutritten beschrieben. Grundlage dafür sind die Unterlagen zu notwendigen geologischen Untersuchungen bzw. entsprechende technische Vorschriften des Grubenbetriebes.

Es soll belegt werden, dass unbeherrschbare Salzlösungszutritte über die Schächte und durch die Abbautätigkeit ausgeschlossen werden können. Weiterhin soll nachgewiesen werden, dass auch zukünftig ein sicherer Abbau ohne unbeherrschbare Salzlösungszutritte durchgeführt wird und dass die Tagesschächte sowie die Rollochverbindung zur Grube Unterbreizbach langzeitsicher verwahrt werden und die Grube Hattorf-Wintershall somit in der Nachbetriebsphase luftgefüllt verbleiben kann.

Mit Schreiben vom 22.05.2013 wurde die ERCOSPLAN INGENIEURGESELLSCHAFT GEOTECHNIK UND BERGBAU MBH (ERCOSPLAN) von K+S mit den Ingenieurleistungen zur Erarbeitung einer gutachterlichen Stellungnahme zur Prüfung und Bewertung der Wirksamkeit der betrieblichen Regelungen und Maßnahmen zur Vermeidung einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf-Wintershall beauftragt.

2 Bearbeitungsumfang

Die durch K+S beauftragte gutachterliche Stellungnahme zur Prüfung und Bewertung der Wirksamkeit der betrieblichen Regelungen und Maßnahmen zur Vermeidung einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf-Wintershall erforderte die nachfolgend aufgelisteten und im weiteren beschriebenen Bearbeitungsschritte:

1. Sichtung und Prüfung der durch K+S bereitgestellten Unterlagen,
2. Prüfung und Auswertung der betrieblichen Vorgehensweise,
3. Beschreibung des gesamten Vorgehens

und

4. Bewertung des Vorgehens bzgl. eines sicheren Abbaus zur Gewährleistung einer trocken zu verwahrenden Grube.

Die von K+S angeforderten und ERCOSPLAN zur Verfügung gestellten betrieblichen Unterlagen wurden gesichtet, überprüft und bezüglich ihrer Konformität zu rechtlichen Regelungen und behördlichen Bestimmungen sowie darauf hin, ob in der Grube Hattorf-Wintershall ein unbeherrschbarer Salzlösungszufluss über einen Schacht oder aus dem Hangenden und/oder Liegenden bei Neuauffahrungen auftreten kann, ausgewertet.

Die für den hydrogeologischen Schutz der Kalilagerstätte primär bedeutsamen geologischen Barrieren wurden beschrieben und hinsichtlich ihrer Schutzfunktion bewertet. In diesem Zusammenhang wurden auch mögliche geogene Ursachen für Salzlösungszutritte untersucht und bisher im Grubenfeld Hattorf-Wintershall aufgetretene Salzlösungszutritte sowie ergriffene Maßnahmen zu ihrer Überwachung und Beherrschung überprüft und ausgewertet.

Neben den bisherigen Maßnahmen wurden auch die über Betriebspläne und bergbehördliche Bestimmungen verbindlich festgelegten Vorgehensweisen und Maßnahmen zur Vermeidung unbeherrschbarer Salzlösungszutritte bei der geologischen Lagererkundung durch Bohrungen allgemein und speziell für die Neuauffahrungen überprüft und ausgewertet.

Als besondere Situation bei Neuauffahrungen ist die Durchörterung von Störungszonen anzusehen, welche durch die Untersuchung und Bewertung der Maßnahmen bei Auffahrungen im Bereich der Eitratal-Störungszone beispielhaft betrachtet wurden. Im Zusammenhang damit wurden weitere Maßnahmen, welche zum Schutz des Grubenbetriebes für den hypothetischen Fall eines unbeherrschbaren Salzlösungszutrittes zu ergreifen sind, auf ihre Wirksamkeit bewertet.

Über die vorhandenen Tagesschächte können Salzlösungszutritte in die Grube Hattorf-Wintershall erfolgen. Die durchgeführten Maßnahmen und Vorgehensweisen zur ständigen Überwachung der Schächte und Vermeidung derartiger unbeherrschbarer Zutritte über die Schächte wurden beschrieben und ausgewertet.

Die Ergebnisse der Überprüfung wurden zusammenfassend dargelegt und die Wirksamkeit der betrieblichen Regelungen und Maßnahmen zur Vermeidung einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf-Wintershall bewertet.

3 Geografischer Überblick zum Grubenfeld Hattorf-Wintershall

Das Grubenfeld Hattorf-Wintershall befindet sich im östlichen Teil des Landkreises Hersfeld-Rotenburg im Bundesland Hessen, unmittelbar an der Landesgrenze zum Freistaat Thüringen mit den Standorten Hattorf und Wintershall (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1 Überblick Werk Werra, Standorte Hattorf und Wintershall (nach K+S, 2012a, /162/)

Hauptziel der Abbautätigkeit im Werra-Kaligebiet ist die Gewinnung und Aufbereitung der Kalisalze der Werra-Formation. Das in sich geschlossene Grubengebäude des Grubenfeldes Wintershall (WI) hat eine Ausdehnung von etwa 13 km in E-W-Richtung und etwa 10 km in N-S-Richtung (1. Sohle: ca. 54 km², 2. Sohle: ca. 64 km²), das ebenfalls in sich geschlossene Grubenfeld Hattorf (HA) hat eine Ausdehnung von etwa 13 km in E-W-Richtung und 9 km in N-S-Richtung (1. Sohle: ca. 71 km², 2. Sohle: ca. 17 km²).

4 Geologie und Hydrogeologie

Den Angaben zur geologischen und hydrogeologischen Situation für das Grubenfeld Hattorf-Wintershall liegen frühere Ausführungen (K+S, 1997, /158/; 1998, /159/; ERCOSPLAN, 2005a-c, /26/, /27/, /28/; 2007, /29/) sowie eine neuere Ausarbeitung (K+S, 2012a, /162/) zugrunde. Zur hydrogeologischen Charakterisierung des postsalinaren Deckgebirges sowie der geologischen Schutzschichten wurden weitere Ausarbeitungen (K+S, 2011a, /160/; 2011b, /161/; 2012b, /163/; Jungk Consult GmbH, 2013, /45/) herangezogen.

Nachfolgend werden die geologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen im Bereich der Werra-Fulda-Kalilagerstätte sowie die in der Grube Hattorf-Wintershall auftretenden Salzlösungszuflüsse in den Abschnitten 4.1 bis 4.7 kurz beschrieben und die Ergebnisse der Prüfung im Abschnitt 4.8 dargestellt.

4.1 Regionaler Überblick

Regionalgeologisch wird das ca. 1.000 km² große Werra-Kaligebiet im Norden vom Richelsdorfer Gebirge, im Nordosten vom Thüringer Wald und im Süden von den Ausläufern der Rhön begrenzt. Im Westen erstreckt sich die Salzlagerstätte bis etwa zum Flusslauf der Fulda. Südwestlich der Stadt Fulda schließt sich das ca. 100 km² große Fulda-Kaligebiet im Bereich der Ortslage Neuhoof an (Abbildung 2).

Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes bildete sich in einem randlichen Teilbecken (Werra-Fulda-Becken) eines oberpermischen Ozeans, dem sogenannten Germanischen Zechsteinmeer. Dieser Sedimentationsraum entstand als Folge thermischer Relaxation der Lithosphäre des Variszischen Orogens und diente bereits ab dem Oberkarbon und dem Rotliegend als Sammeltrog vorwiegend klastischer Sedimente (Henk, 1997, /36/; McCann et al., 2006, /169/). Räumlich im Wesentlichen von S nach N fortschreitend, erlebte dieser flachmarine Sedimentationsraum mehrere Evaporations-Zyklen, von denen im Werra-Fulda-Becken vor allem der Werra- (Zechstein 1) und der Leine-Zyklus (Zechstein 3) durch Evaporite überliefert sind.

Das Werra-Fulda-Becken ist im Nordwesten durch die Hunsrück-Oberharz-Schwelle und im Südosten durch die Spessart-Unterharz-Schwelle begrenzt.

Der präpermische Untergrund, welcher nur mit wenigen Bohrungen aufgeschlossen wurde, ist durch schwach metamorphe Gesteinsfolgen des Unterkarbons (sogenanntes Kulm) gekennzeichnet (Lange & Käding, 1961, /164/). Höher metamorphe Gesteine, auch paläozoische Gesteine - ähnlich denen, die im Ruhlaer Kristallin des Thüringer Waldes an der Erdoberfläche aufgeschlossen sind, könnten vor allem entlang des SE-Randes des Teilbeckens im Liegenden der permischen Sedimente auftreten.

Die beginnende Transgression des Zechsteinmeeres ist wie in weiten Teilen dieses marinen Ablagerungsraumes auch im Werra-Fulda-Becken durch Grobklastika (Werra-Konglomerat) dokumentiert. Darüber folgen sapropelische Feinklastika (u. a. Werra-Ton (Kupferschiefer)), über denen eine mächtige Evaporit-Abfolge lagert. Im Werra-Fulda-Becken erreichten diese Evaporite primär Mächtigkeiten einiger Hundert Meter, was vor allem durch synsedimentäre Senkungsvorgänge bedingt war. Dort wo diese Evaporite der Werra-Formation nicht späteren Subrosionsvorgängen zum Opfer fielen, weisen sie heute Mächtigkeiten bis zu 300 m bis 400 m auf.

Im Zechstein 3, der Leine-Formation, kam es im Werra-Fulda-Becken erneut zur marinen Sedimentation, jedoch ohne dass hypersalinare Evaporite zur Ablagerung kamen. Die jüngeren Zechsteinfolgen (ab Zechstein 4) sind im Werra-Fulda-Becken durch feinklastische Sedimente überliefert. Jüngere Zechstein-Zyklen (Zechstein 5 und Zechstein 7) sind lediglich durch Klastika überliefert und leiten über in die triassische Schichtenfolge. Die Trias-Sedimente umfassen den Buntsandstein, den Muschelkalk sowie - vor allem im südlichen Abschnitt - den Keuper. Jura- und Kreideablagerungen sind nicht überliefert. Tertiäre Schichtenfolgen waren offenbar weit verbreitet, sind jedoch weitgehend der Erosion zum Opfer gefallen und heute überwiegend in Subrosionssenkungen erhalten (Ellenberg et al., 2001, /24/).

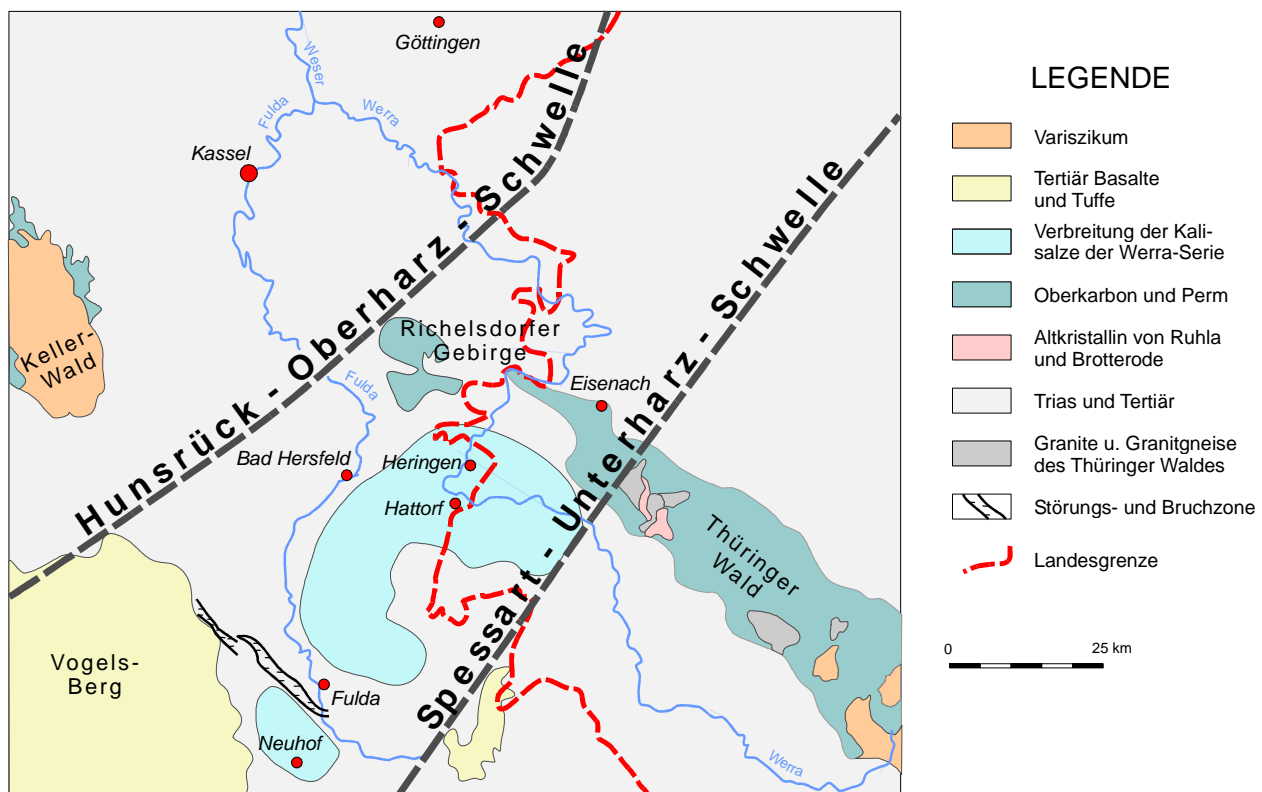


Abbildung 2 Geologisch-tektonische Übersicht des Werra-Fulda-Kaligebietes nach Messer (1978, /170/).

Ab dem Miozän setzte im weiteren Umfeld des Untersuchungsgebietes ein i. W. basaltischer Intraplatten-Vulkanismus ein, der genetisch dem mit der Nordatlantik-Öffnung verbundenen kontinentalen Rift-Vulkanismus zugehörig ist (Wedepohl, 1985, /225/; Ziegler & van Hoorn,

1989, /237/). Diese vulkanischen Prozesse und ihre Ganggefolgschaft sind insbesondere für die nahe Rhön landschaftsprägend, haben aber auch die Kalilagerstätte des Werra-Gebietes nachhaltig überprägt.

Quartäre Lockersedimente haben im Untersuchungsgebiet eine überwiegend geringe Mächtigkeit. In einigen Bereichen, wie in der Werraau und in den Auslaugungssenken, können sie eine Mächtigkeit von einigen Dekametern aufweisen.

Die Ausführungen zur stratigraphischen Abfolge belegen, dass die Werra-Evaporitfolgen im größten Teil des Werra-Fulda-Beckens mindestens seit dem Zechstein 3 (Leine-Formation) bis in die Gegenwart durch die darüber lagernden Sedimente wirksam gegen den Zutritt von Grund- und Oberflächenwässern geschützt waren.

Bezogen auf den regionalgeologischen Kontext befindet sich das Grubenfeld Hattorf-Wintershall im zentralen Bereich des Werra-Fulda-Beckens, was sich unter anderem in der gegenüber weiteren Teilbereichen erhöhten Mächtigkeit der salinaren Gesteine widerspiegelt (vgl. auch Abschnitt 4.4).

4.2 Aufschluss- und Erkundungsgrad des hessischen Teils der Werra-Kalilagerstätte

Ende des 19. Jahrhunderts wurde begonnen, die Salzlagerstätte durch Tagesbohrungen zu erkunden. Die Salzlagerstätte ist im Bereich der Grube Hattorf-Wintershall sowie deren Vorfeld durch eine geringe Anzahl von Tagesbohrungen von über Tage aus erkundet worden. Etwa die Hälfte der hier geteuften Bohrungen erreichte das Präsalinar nicht. Der hessische Teil des Werra-Kaligebietes mit der Grube Hattorf-Wintershall umfasst eine Fläche von ca. 360 km² und erstreckt sich in N-S-Richtung über ca. 22 km und in E-W-Richtung über ca. 23 km.

Tagesbohrungen

Im Untersuchungsgebiet gibt es eine Vielzahl an Aufschlüsse mit unterschiedlichen Erkundungszielen und Tiefen. Insgesamt wurden bis heute 39 Tagesbohrungen niedergebracht. Nach vorliegendem Kenntnisstand wurden alle Tagesbohrungen, die das Salinar erreichten, nach dem Jahr 1907 vollständig, mindestens jedoch bis zum Leine-Karbonat (Plattendolomit), verfüllt. Nach Bohrmeisteraufzeichnungen ist davon auszugehen, dass die Verrohrungen gezogen und im Salinar sowie im Leine-Karbonat (Plattendolomit) Tonkugeln eingestampft wurden, welche die Salzlagerstätte zuverlässig gegen hangende Grundwasserleiter abdichten (K+S, 1996, /158/). Dazwischen und darüber wurden Zement, Hochofenschlacke und Sand eingebracht. Ungeachtet dessen sind im Abbauhorizont zusätzlich Sicherheitspfeiler mit einem Radius von 50 m bzw. 100 m um die Tagesbohrungen eingerichtet (K+S, 2011e, /100/). Die neueren Tagesbohrungen sind vollständig zementiert (ERCOSPLAN, 2005a, /26/).

Tageschächte und seismische Messungen

Weitere Aufschlüsse von über Tage erfolgten durch die bis heute in Betrieb befindlichen Schächte Herfa, Neurode, Grimberg (vormals Wintershall), Heringen, Hattorf, Ransbach und Heimbaldshausen die einen wasserdichten Ausbau (Tübbings) im Deckgebirge und Mauerwerk im Salinar erhielten.

Hinsichtlich der übertägigen Exploration wurden außer den Aufschlüssen über Tagesbohrungen und Schächte bislang 27 Seismikkampagnen im Zeitraum von 1954 bis 2005 für den hessischen Teil der Kalilagerstätte durchgeführt. Es liegen somit reflexionsseismische Profile über eine Gesamtlänge von ca. 280 km vor, deren Ergebnisse einschließlich der GK 25 für die gezielte untertägige Exploration berücksichtigt werden. Daneben fanden auch zahlreiche weitere geophysikalische Messungen statt. Beispielsweise dienen gravimetrische Messungen zur Erkundung des Verlaufes und der Kontur des Salzhangs, wohingegen magnetische Messungen v. a. der Basalterkundung dienen (K+S, 2012a, /162/).

Untertägige Erkundungsbohrungen sowie geophysikalische Erkundung

Seit dem bergmännischen Aufschluss der Kalilagerstätte werden im Zuge der Aus- und Vorrückung eine Vielzahl von horizontalen und vertikalen Bohrungen zur Absicherung der Auffahrungen und des Abbaus gegen hydrogeologische Gefahren und Gase gestoßen. Allein im Jahr 2013 wurden nach Werksangaben insgesamt ca. 19.800 Bohrmeter einschließlich Ablenker realisiert. Auf Grund des Einsatzes des ondulierenden Bohrverfahrens¹ wird praktisch alle 350 m ein Lageraufschluss in den Kaliflözen Thüringen und Hessen realisiert (Abschnitt 5.1.1). Hierzu wurden nach Werksangaben 11 Bohrorte errichtet, aus denen diese weitreichende und flächenhafte Erkundung der Kalilagerstätte vorgenommen wurde. In den Bohrungen wird das Bohrlochradarverfahren eingesetzt, das somit einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Grube gegen hydrogeologische Gefahren und Gas leistet. Hinzu kommt, dass es mit diesem zerstörungsfreien geophysikalischen Verfahren möglich ist, Reflexionen in der Werra-Salzlagerstätte in einer Entfernung von etwa 1 m bis zu mehr als 200 m nachzuweisen und somit die Mächtigkeiten des Unteren, Mittleren und Oberen Werra-Steinsalzes zu ermitteln (K+S, 2012a, /162/).

Für den hessischen Teil des Untersuchungsgebietes liegen insgesamt untertägige Georadarmessungen von Strecken/Abbauen sowie aus Explorationsbohrungen vor, deren Gesamtlänge nach Werksangaben ca. 85 km bzw. 190 km beträgt. Die Radarmessungen zur Basis und zum Top des Werra-Salzes sind ein wesentlicher Bestandteil zum Nachweis und zur Einhaltung der erforderlichen Schutzschichtmächtigkeiten des Werra-Steinsalzes in der Werra-Kalilagerstätte (K+S, 2008f, /82/; 2008g, /83/; 2012a, /162/).

4.3 Stratigraphische Gliederung und geologische Schutzschichten

Das Grubenfeld Hattorf-Wintershall liegt im westlichen Teil des Werra-Kaligebietes und zeigt eine normalmächtige salinare Schichtenfolge, welche durch triassische Ablagerungen überdeckt wird. Rudimentäre Ablagerungen des Tertiärs sind lokal in Auslaugungssenken und Flusstälern erhalten. Die quartäre Bedeckung mit Lockersedimenten zeichnet sich durch eine zumeist geringe Mächtigkeit aus.

- Die subsalinaren Abfolgen des **Rotliegend (r)** bestehen aus sandigen bis tonigen Schluffsteinen und geringmächtigen Sandstein-Konglomeratbänken. Im Grubenfeld Hattorf-Wintershall ist das Rotliegend überwiegend 300 m bis 600 m mächtig. Das

¹ Beim ondulierenden Bohrverfahren wird die Bohrung durch Änderung der Anordnung der Stabilisatoren so beeinflusst, dass das Kaliflöz sowie die im unmittelbar Hangenden und Liegenden lagernden Horizonte mehrfach erbohrt werden. Dabei können bei flacher Lagerung im Abstand von etwa 350 m Aufschlüsse im Kaliflöz erzielt werden.

überlagernde Werra-Konglomerat ist entweder fluviatil-terrestrischer (Rotliegend) oder mariner Genese (Zechstein). Deshalb wird die Grenze zum untersten Zechstein durch die Unterkante des eindeutig zuordenbaren Kupferschiefers markiert (siehe auch Beschluss Nr. 53 der Subkommission Perm-Trias vom 30.04.2005 - Beginn Zechstein-Gruppe mit Basis Unterer Werra-Ton/Kupferschiefer + Äquivalente, K+S, 2012a, /162/).

- Der untere Abschnitt des **Zechsteins (z)** besteht aus dem Unteren Werra-Ton (Kupferschiefer - z1Ta), dem Werra-Karbonat (z1CA - 7 bis 10 m mächtig, K+S, 1997, /59/) und dem Unteren Werra-Anhydrit inklusive hängendem Anhydritknotenschiefer (z1ANa - 5 m bis ca. 34 m mächtig). Letzterer stellt als gering permeabler und gering poröser Horizont die wasserabdichtende Schutzschicht im Liegenden des Salzes dar, welche diese vor aufsteigenden gegenüber Salz ungesättigten Salzlösungen schützt. Das darüber folgende **Werra-Steinsalz (z1NA)** - im Mittel 275 m bis 280 m mächtig, ist durch die Kaliflöze Thüringen (z1KTh) und Hessen (z1KHe) dreigeteilt (K+S, 2012a, /162/) und untergliedert sich wie folgt:
 - **Unteres Werra-Steinsalz (z1NAa)** mit 2-3 markanten tonigen Linien von 0,5 cm bis 3 cm Stärke in etwa 30 m und 14 m unterhalb des Kaliflözes Thüringen. Die Mächtigkeit des Unteren Werra Steinsalzes ist in ANLAGE 1 dargestellt.
 - **Kaliflöz Thüringen (z1KTh)** besteht überwiegend aus Hartsalz mit überlagerndem Trümmernallit unterschiedlicher Mächtigkeit, 6 m bis 10 m mächtig, flächenhaft auftretende Hartsalzinselfen (K+S, 1998, /159/), sekundäre Vertaubung bzw. Umwandlung in Sylvinit an Störungszonen, Auftreten von Kristallsalzzonen und selten Salzschildenbrekzien an Kreuzungspunkten zweier oder mehrerer Lineamente oder in Nähe zu Basalten oder Deckgebirgsverwerfungen (K+S, 1996, /158/).
 - **Mittleres Werra-Steinsalz (z1NAb)** mit Begleitflözhorizont (bis zu 0,5 m mächtig, Hartsalz) etwa 1 m über Kaliflöz Thüringen. 12 m oberhalb Kaliflöz Thüringen fand lokal ein Steinsalzabbau im bis zu 60 m mächtigen Mittleren Werra Steinsalz statt. Ca. 6 m unterhalb des Kaliflözes Hessen ist ein weiteres Begleitflöz ausgebildet. Es handelt sich um einen bis zu 1 m mächtigen Abschnitt mit Kieseritschnüren und Steinsalz. Der Top des Mittleren Werra-Steinsalzes entspricht der Basis des Kaliflözes Hessen.
 - **Kaliflöz Hessen (z1KHe)** überwiegend bestehend aus kieseritischem Hartsalz (Liegend - Hangend: sulfatisch-tonige Wurmzone - sylvinitisch-kieseritisches Flockensalz - Bändersalz - toniger Hangendlöser, lokal teilweise Ausbildung Lagercarnallit im oberen Flözteil).
 - **Oberes Werra Steinsalz (z1NAc)** ist in seiner lithologischen Ausbildung am stärksten differenziert und in eine untere kieseritische, eine mittlere anhydritische und eine obere tonige Zone gegliedert.

liegende kieseritische ca. 35 m mächtige mit bis zu sechs Begleitflözen ausgebildete Zone, im oberen Teil ca. 0,5 m mächtiges Hattorf-Hartsalz-Kaliflöz,

mittlere anhydritische (ca. 35 m mächtig) und hangende tonige Zone (ca. 45 m mächtig) mit zwei Salzton-Horizonten (20 m und 5 m unter Obergrenze Werra-Steinsalz), in Ablaugungszonen: anstatt Werra-Steinsalz das Residualgestein mit Eigenschaften ähnlich Oberer Werra-Ton.

Der Top des Oberen Werra-Steinsalzes entspricht der Basis des Oberen Werra-Tones. Die Mächtigkeit des Oberen Werra-Steinsalzes ist in ANLAGE 2 dargestellt.

- **Oberer Werra-Ton (z1Tb)** 5 m bis 20 m mächtig (K+S, 1996 /158/), hoch plastisch, sehr geringe hydraulische Leitfähigkeit und günstiges Kolmationsverhalten und somit Neigung zur Selbstabdichtung vorhandener Unstetigkeiten und damit Funktion als wasserabdichtende Schutzschicht, welche eine Ablaugung durch ungesättigte Salzlösungen aus dem Deckgebirge verhindert. Im Falle von Subrosion: weiterhin Funktion als Schutzschicht durch Verbleib des pelitischen Anteils im Residualgebirge.
- **Oberer Werra-Anhydrit (z1ANb)** getrennt durch ein bis zu 15 m mächtiges Oberstes Werra-Steinsalz (z1NAd),
- **Staßfurt- bis Fulda-Formation (Zechstein 2 bis 7)** bestehend aus einer Abfolge von Ton- und Schluffsteinen, welche mit Karbonat- und geringmächtigen Anhydritbänken durchsetzt sind - ca. 100 m bis 120 m mächtig. Die bedeutendste Karbonatlage wird durch das durchschnittlich etwa 15 m mächtige Leine-Karbonat (z3CA, Plattendolomit) gebildet.
- Die Zechstein-Abfolge wird im Grubenfeld Hattorf-Wintershall im Hangendem durch Sedimente des Buntsandsteins wie folgt überlagert:
 - **Unterer Buntsandstein (su)** bestehend aus:
 - Calvörde-Formation (suC): Feinsandstein mit eingeschalteten tonig-schluffigen oder mittelsandigen Lagen gefolgt von einer Sandstein-Tonstein-Wechselfolge - 200 m bis 250 m mächtig,
 - Bernburg-Formation (suBG): Feinsand-, Schluff- und Tonstein - bis zu 125 m mächtig.
 - **Mittlerer Buntsandstein (sm)** zusammengesetzt aus:
 - Volpriehausen-Formation (smV): Sandstein und Sandstein-Tonstein-Schluffstein-Wechselfolge - 85 m bis 95 m mächtig,
 - Detfurth-Formation (smD): Sandstein und Sandstein-Tonstein-Schluffstein-Wechselfolge - 50 m bis 60 m mächtig,
 - Hardegsen-Formation (smH): Sandstein und Sandstein-Tonstein-Schluffstein-Wechselfolge - 40 m bis 45 m mächtig,
 - Solling-Formation (smS): Sandstein - 20 m bis 30 m mächtig.
 - **Oberer Buntsandstein (so)**, die Röt-Formation, welche insbesondere an Zeugenbergen vorkommt - bestehend aus Schluff- und Tonsteinen mit Feinsandstein- und Quarziteinlagerungen - unter 90 m mächtig.
- Im Hangenden des Buntsandsteins schließen sich die Schichtenfolgen des **Muschelkalkes (m)** an:
 - **Unterer Muschelkalk (mu)** - Kalk-, Dolomit- und Kalkmergelsteine - etwa 100 m mächtig,
 - **Mittlerer Muschelkalk (mm)** - Dolomite und Mergel - oberflächennahe Ablaugung - 30 m bis 40 m mächtig,
 - **Oberer Muschelkalk (mo)** - Kalk-, Dolomit-, Tonmergel- und Tonsteine - etwa 50 m mächtig.
- An der Tagesoberfläche treten **Tertiäre (t)** Sedimente, z.B. Braunkohle und Kies, lückenhaft in Talauen und Auslaugungssenken auf. Zudem gibt es Vulkanite aus dem jüngeren Tertiär, welche als Schlote, in Gangzügen und als Spaltenfüllungen auftreten.

ten. Ablagerungen des **Quartärs (q)** umfassen Hangschuttbildungen, Löß und fluviatile Sedimente.

4.4 Gebirgsbau, Tektonik und Subrosion

Der Gebirgsbau der Werra-Kalilagerstätte wird in folgende Stockwerke unterteilt, wobei die Tektonik im Grubenfeld Hattorf-Wintershall stockwerksbezogen dargestellt wird:

Postsalinar - hauptsächlich mehrere 100 m mächtige Buntsandsteinformationen mit gleich bleibendem Generaleinfallen, flachwelligen Verbiegungen, Bruchstörungen und wenigen Bruchdeformationen (Lange & Käding, 1961, /164/) - Bruchrichtungen: NW-SE, WNW-ESE, NNE-SSW, ENE-WSW, teilweise Vereinigung zu Störungsbündeln (Finkenwirth, 1964, /31/), Einfallen hin zu den Subrosionssenken und flächige Ablauung entlang des Salzhangs - teilweise Ausprägung als Residualgebirge (K+S, 1996, /158/; 2011a, /160/; 2012b, /163/).

Salinar - zeichnet sich durch Plastizität und hohe Teilbeweglichkeit des Steinsalzes aus, welche tektonische Vorgänge abpuffern und dazu führen, dass die Deformation bruchfrei in Falten (cm - 10er m-Bereich) umgesetzt wird, welche wiederum als Adventivfalten Großsätteln und -mulden aufsitzen. Des Weiteren treten geringe Horizontalversätze im Zusammenhang mit Basaltgängen infolge des Rhönvulkanismus (Abschnitt 4.6) und Tonlagen auf. Hierbei kam es zur Bildung eines N-S streichenden Kluftsystems und örtlich konjugierenden, jüngeren Kluftsystemen mit einem Streichen von E-W bis NW-SE und NE-SW (K+S, 1996, /158/; 2011a, /160/; 2012b, /163/).

Präsalinar - überwiegend flache Lagerung mit 2-3° Einfallen nach SW in Richtung Eiterfelder Mulde. Innerhalb der Grenzen des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall sind herzynisch und erzgebirgisch streichende Verwerfungen mit Versetzungsbeträgen von mehreren 10er m kartiert worden (K+S, 1996, /158/; 2011a, /160/; 2012b, /163/).

Die jüngsten Überprägungen der Werra-Kalilagerstätte stellen der miozäne Basaltvulkanismus und die Subrosion dar.

In der Grube Hattorf-Wintershall kam es im Zusammenhang mit dem Basaltvulkanismus zur Bildung von Klüften, die meist als mm–starke verheilte Schnitte, untergeordnet auch als bis dm-starke Schlechten vorliegen und ein mit den Basaltgängen identisches Streichen in N-S-Richtung aufweisen. Örtlich sind konjugierte oder jüngere Klüfte festzustellen, die von der E-W-Richtung bis in die NW-SE-Richtung einerseits und bis in die NE-SW-Richtung andererseits pendeln (Käding, 1962, /135/). Insgesamt gibt es im Grubenfeld Hattorf-Wintershall 12 über größere Entfernungen aushaltbare Basaltgänge. Zumeist halten die Basaltgänge über wenige hundert Meter Länge aus. In ihrer streichenden Fortsetzung gehen sie in Schnitte über. Die Tagesoberfläche haben die meisten der Basaltgänge in der Grube Hattorf-Wintershall nicht erreicht. Nur lokal haben diese das Deckgebirge, z. B. am Landecker, Soisberg, Wackenbühl und bei den Ortschaften Rasdorf und Burghaun durchdrungen (K+S, 2012a, /162/).

- Die postsedimentäre Ablauung des Salinars durch Wasser erfolgte im Werra-Kaligebiet sowohl am Beckenrand als auch lokal und irregulär innerhalb des intakten Salzgebirges. Die Breite des Salzhangs an der Nordbegrenzung des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall beträgt zwischen 1 km und 3 km. Das Werra-Steinsalz ist in seiner Mächtigkeit am äußeren Randbereich komplett abgelaut (K+S, 1996, /158/). Zu den größeren irregulären Auslaugungssenken innerhalb des Salinars, welche die Grube

Hattorf-Wintershall östlich tangieren, zählen die beiden Auslaugungssenken Vacha-Oberzella und Unterbreizbach, welche nachfolgend kurz beschrieben werden.

- Im Grubenfeld Wintershall (WI) hat sich eine irreguläre Ablaugungszonen ausgebildet. Diese befindet sich unter der Stadt Heringen am Liedengraben. Hier wurde mit der Tagesbohrung Heringen 3 (Liedengraben) eine etwa 25 m mächtige Einsturzbrekzie von Oberem Werra-Ton bis Leine-Ton ermittelt. Die Mächtigkeit des Oberen Werra-Steinsalzes beträgt hier ca. 85 m, d. h. es wurden ca. 25 m Steinsalz gelöst (K+S, 1996, /158/). Unmittelbar östlich des Grubenfeldes WI liegt die Auslaugungssenke Vacha-Oberzella, welche bis in das Vertragsgebiet Großer und Kleiner Kiel der Verbundgrube Hattorf-Wintershall hineinreicht.

Die ca. 25 km² große Auslaugungssenke Vacha-Oberzella bildete sich durch Eindringen von Wasser, welches durch einen Vulkanschlot nahe der Ortslage Kirstingshof in das Salinar gelangte. Im Zentrum der Senke ist das ansonsten mehr als 250 m mächtige Steinsalz komplett abgelaut. Die Subrosionsvorgänge setzten hier im Pliozän ein und dauerten bis zum Beginn der Elster-Kaltzeit (Mittelpleistozän) bzw. in Teilen der Senke bis zur Eem-Warmzeit (Jungpleistozän) (Ellenberg, 1982, /23/; GEOPHYSIK GGD LEIPZIG, 1995, /32/).

Aufgrund der mindestens seit dem Jungpleistozän abgeschlossenen Subrosionsprozesse ist eine Gefährdung der heute vorhandenen geologischen Schutzschicht im Hangenden (Oberes Werra-Steinsalz) auszuschließen. Jüngere bzw. rezente Ablaugungsvorgänge sind aufgrund der abdichtenden Wirkung des Residualgebirges nicht anzunehmen.

Im Bereich der Auslaugungssenke Vacha-Oberzella, welche bis in das Vertragsgebiet Großer und Kleiner Kiel der Grube Hattorf-Wintershall hineinreicht, stehen über den Grubenbauen der 1. Sohle noch ca. 60 m Oberes Werra-Steinsalz an (K+S, 2012a, /162/).

- Im Grubenfeld Hattorf (HA) hat sich ebenfalls eine irreguläre Ablaugungszone ausgebildet. Am Westrand der Ortslage Röhrigshof wurde eine kleinere Senke mit etwa 200 m bis 250 m Ausdehnung kartiert, die gegebenenfalls auf irregulärer Auslaugung beruhen könnte (Lange, 1959, /165/). Im Zuge der bergmännischen Auffahrung unter Tage wurden jedoch keine Anzeichen für eine subrosive Beanspruchung vorgefunden. Am südöstlichen Rand des Grubenfeldes HA befindet sich die Auslaugungssenke Unterbreizbach (K+S, 1998, /159/). Eine Reaktivierung derselben ist auch aufgrund der Tiefenlage des Salzspiegels von -300 mNN bis -400 mNN nicht zu erwarten. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand hat die Ablaugung im Zentrum der Auslaugungssenke Unterbreizbach das Niveau des Kaliflöztes Thüringen erreicht.

Im Bereich der Auslaugungssenke Unterbreizbach beträgt der sichere horizontale Abstand der äußeren Grubenbaue des Grubenfeldes HA zum Rand der Auslaugungssenke 200 m. Die Mindestmächtigkeit des Schichtenpaketes Oberes Werra-Steinsalz/ Kaliflöz Hessen/Mittleres Werra-Steinsalz kann mit 100 m angegeben werden. Die Mindestmächtigkeit des Mittleren Werra-Steinsalzes am Rand der Auslaugungssenke mit einem Abstand von ca. 350 m zum Grubenfeld Hattorf kann dabei mit 50 m angegeben werden (K+S, 2012a, /162/).

4.5 Grundwasserstockwerke und Grundwasserbewegung

Analog dem Gebirgsbau lassen sich die hydrogeologischen Stockwerke in

- Postsalinar (Deckgebirgswässer),
- Salinar (Salzlösungsvorkommen)

und

- Präsalinar (Salzlösungsvorkommen)

ausweisen und werden wie folgt unterteilt (Tabelle 1):

Tabelle 1 Stratigraphie im Bereich des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall (nach K+S, 1996, /158/; 1998, /159/) mit Einstufung in Grundwasserleiter (GWL), Grundwassergeiringleiter (GWGL) und Grundwassernichtleiter (GWNL)

	Formation	Einstufung	Mittlere Mächtigkeit [m]
Postsalinar (Deckgebirgswässer)	Quartär, Tertiär	GWL	bis 11
	Oberer Buntsandstein	GWNL	90
	Mittlerer Buntsandstein	GWL	230
	Unterer Buntsandstein (Sal- münster-Folge)	GWL/GWGL	110
	Unterer Buntsandstein (Gelnhausen-Folge)	GWL	220
	Obere Leine-Ton bis Fulda- Ton "Oberer Stauer"	GWNL	55
	Leine-Karbonat (Plattendo- lomit)	GWL	25
	Oberer Werra-Ton (Braunro- ter Salzton) bis Unterer Lei- ne-Ton "Unterer Stauer"	GWNL	60
Salinar (Salzlösungen)	Werra-Steinsalz mit den Kaliflözen Hessen und Thü- ringen	GWNL	280
Präsalinar (Salzlösungen)	Unterer Werra-Anhydrit ein- schließlich Anhydritknoten- schiefer	GWNL	25
	Oberrotliegend bis Werra- Karbonat (Zechsteinkalk)	GWL/GWGL	> 100

Der hydrogeologische Zustand des Präsalinars im Bereich der Werra-Kalilagerstätte lässt sich wie folgt kurz zusammenfassen. Die Wässer dringen bei ca. +300 mNN im Ausbissbereich in den präsalinaren GWL ein und bewegen sich nachfolgend auf den tiefsten Punkt im Becken-
zentrum zu (Oberkante: -850 mNN). Im Ausbissbereich und wahrscheinlich lokal in Ablau-

gungsbereichen kommt es dabei neben lateralen auch zu vertikalen Migrationsbewegungen - es erfolgt jedoch kein Grundwasseraustausch bei intaktem Salinar. Die anzutreffenden Druckverhältnisse sind hydrostatisch (-300 mNN = 70 bar bis 75 bar nach K+S, 1998, /159/).

Das Werra-Steinsalz kann aufgrund seiner fehlenden Porosität und Permeabilität als flüssigkeits- und gasdicht angesehen werden. Unabhängig von der tektonischen Beanspruchung sind die Steinsalzschutzschichten unterhalb von 500 m Teufe hydraulisch dicht, oberhalb dieser Teufe verheilen Klüfte durch die plastische Verformung des Salzes (Schilder & Schwandt, 1983, /197/). Wegsamkeiten für Salzlösungen im Salinar können demzufolge nur dort entstehen, wo Klüfte durch permeables Fremdmaterial gefüllt sind, oder wo in Folge von Brüchen zu gering bemessene Schutzschichten zum Nebengestein bzw. zwischen den Abbausohlen aufreißen. Das Salinar nimmt aufgrund seiner Löslichkeit gegenüber Hangend- bzw. Liegendlösungen zwar eine Sonderstellung ein, zeigt aber sonst alle Eigenschaften eines Stauerhorizontes (Grundwassernichtleiter). In /162/ (K+S, 2012a) wird diesbezüglich übereinstimmend festgestellt, dass ein Grundwasseraustausch zwischen intaktem Salinar und Deckgebirge auszuschließen ist.

Aufgrund der Beschaffenheit des Oberen Werra-Ton (Braunroter Salzton) bis Unteren Leine-Ton als „Unterer Stauer“ ist ein Vordringen von Deckgebirgswässern zum Salinar mit hoher Sicherheit auszuschließen. Selbst im Falle eines Grundwasserzutrittes würde es vermutlich nur zu kleinflächiger, räumlich begrenzter Ablaugung kommen, da die als Stauer wirkenden Ton- und Anhydritschichten im Oberen Werra-Steinsalz den Subrosionsprozess einschränken würden und zudem die natürliche Schwereschichtung der Salzlösungen den Vorgang stoppt (K+S, 2012a, /162/; 2012b, /163/).

Natürliche Salzlösungsaustritte liegen z. B. im Bereich des nordöstlichen Salzhangs (Werra-Salinar in ca. 300 m bis 600 m Teufe), salzwasserführende Quellen sind seit weit über 100 Jahren in der Werra-Aue zwischen Heringen und Gerstungen bekannt. Auch im Buntsandstein ist eine lokale Versalzung des Grundwassers möglich - in Abhängigkeit von der Nähe zu einem Gebiet mit Frischwasserzufuhr durch Grundwasserneubildung sind ebenso die natürlichen Formationswässer im Leine-Karbonat (Plattendolomit) mehr oder weniger stark geogen mineralisiert (Finkenwirth & Fritsche, 1993, /30/).

4.6 Vulkanismus und Gasvorkommen

Der Rhönvulkanismus wurde bereit im Abschnitt 4.4 erwähnt. Durch miozänen Basaltvulkanismus kam es im Grubenfeld Hattorf-Wintershall zur Bildung von Klüften, welche entweder als mm-starke verheilte Schnitte oder untergeordnet als bis dm-starke Schlechten vorliegen und ein mit den Basaltgängen identisches Streichen in N-S-Richtung aufweisen. Örtlich sind konjugierte oder jüngere Klüfte festzustellen, die von der E-W-Richtung bis in die NW-SE-Richtung einerseits und bis in die NE-SW-Richtung andererseits pendeln (Käding, 1962, /135/).

Die innerhalb des Salinars auftretenden Gasvorkommen sind überwiegend von Kohlendioxid (CO₂) dominiert, welches durch vulkanogene Einwirkungen in die Lagerstätte gelangte und dort z.T. eingeschlossen wurde. Die Herkunft des CO₂ lässt sich aus der Gasphase des basaltischen Magmas oder aus der thermischen Zersetzung des Karbonatgesteins der tieferen Erdschichten ableiten (Kästner, 1968, /136/). CO₂ wurde sowohl innerhalb der Salzkristalle (intrakristallin) als auch in Porenräumen zwischen diesen gebunden (interkristallin). Die Speicherung der Gase erfolgte entweder auf Schnitten und Klüften (freie Gase) oder durch den direkten Einbau in Salzgesteine durch gleichzeitig eindringende Wässer (mineralgebundene Gase). Beim Anbohren von freiem Gas kann es zum Ausströmen des Gases über das Bohrloch kom-

men („Bläser“), die Erfassung von mineralgebundenem Gas beim Sprengen kann zu einer explosionsartigen Freisetzung von Gas und Salz in Form eines Gas-Salz-Ausbruches führen.

Seit Beginn der Abbautätigkeit kam es bereits in den Jahren 1900 und 1901 in der Grube Bernhardshall (heute zum Grubenfeld Merkers gehörig) nahe der Stadt Bad Salzungen zu mehreren Gas-Salz-Ausbrüchen. Weitere Gas-Salz-Ausbrüche ereigneten sich seit Anfang des 20. Jahrhundert in der Grube Kaiseroda (heute zum Grubenfeld Merkers gehörig) sowie auf der hessischen Seite in der Grube Hattorf. Gasbläser wurden ebenfalls in den hessischen Gruben Hattorf, Wintershall und Neuhoef-Ellers angebohrt (Dietz, 1928, /14/). Die Gruben Bernhardshall und „Großherzog von Sachsen 1“ in Dietlas galten als die CO₂-exponierten Grubenfelder in der Frühzeit der Gewinnung von Kalirohsalzen im Werra-Kaligebiet (Duchrow, 2001, /17/). Im Jahr 1908 ereignete sich in der Grube „Großherzog von Sachsen 1“ der damals größte Gas-Salz-Ausbruch mit 7.200 t Ausbruchsalz² (Beck, 1912, /5/).

Mit der Abbauentwicklung südwärts (also rhönwärts) kam es in den Gruben Merkers und Unterbreizbach zu größeren Gas-Salz-Ausbrüchen bis hin zu einem Ereignis mit 18.000 t Ausbruchsalz und 200.000 m³ Gas, welches am 31.12.1938 beim Sprengen ausgelöst wurde.

Mitte des 20. Jahrhunderts ereigneten sich in der Grube „Großherzog von Sachsen II/III“ (Grube Menzengraben, heute zum Grubenfeld Merkers gehörig) ebenfalls größere Gas-Salz-Ausbrüche. Im Jahr 1953 trat hier ein sehr großer Gas-Salz-Ausbruch mit ungefähr 100.000 t Ausbruchsalz ein (Duchrow, 2001, /17/).

Einer der größten Gas-Salz-Ausbrüche mit ca. 110.000 t Ausbruchsalz und ca. 2,3 Mio. m³ Gas ereignete sich am 25.05.1984 in der Grube Merkers (K+S, 2002b, /65/).

Am 01.10.2013 trat im südlichen Bereich der Grube Unterbreizbach (UB) auf der 2. Sohle ein hinsichtlich der Dimension einmaliger Gas-Salz-Ausbruch ein, in dessen Folge es bedauerlicherweise zu drei Todesopfern kam. Insgesamt wurden etwa 100.000 t (etwa 45.000 m³) Salz und 40 Mio. m³ CO₂-Gas (Volumen unter atmosphärischen Bedingungen der Grube) freigesetzt. Hieraus ergibt sich aus den Werten ein Verhältnis von ausgeworfener Salzmenge zu freigesetztem Gas von 1:400. Bei den bisherigen Gas-Salz-Ausbrüchen im Werra-Kaligebiet wurden überwiegend Verhältnisse von 1:10 bis 1:20 festgestellt (Duchrow, 2001, /17/).

Infolge der Gas-Salz-Ausbrüche mit bis zu 110.000 t Ausbruchsalz kam es noch zu keiner Verletzung der erforderlichen Mindestmächtigkeiten des Unteren bzw. Oberen Werra-Steinsalzes, welche die geologischen Schutzschichten gegenüber salzlösungsführenden stratigraphischen Schichten darstellen.

Mit Schreiben vom 14.10.2013 wurde K+S durch das Regierungspräsidium Kassel (RP Kassel, 2013b, /195/) bezüglich des Grubenunglückes in der Grube Unterbreizbach aufgefordert zu prüfen,

- in wieweit die geologischen Verhältnisse auf der thüringischen Seite der Kalilagerstätte auf die hessische Seite übertragbar sind

und

- ob im hessischen Teil der Lagerstätte in der worst case-Betrachtung mit einer maximalen Gasaustrittsmenge von 300.000 m³ CO₂ zu rechnen ist, welche sich bei einer maximalen Ausbruchmenge von 30.000 t bei einem Gas-Salz Verhältnis von 1:10 ergibt.

Mit Schreiben vom 18. Oktober 2013 wurden dem RP Kassel die Ergebnisse der Überprüfung der Grube Hattorf-Wintershall mitgeteilt (K+S, 2013y, /133/). Für diese worst case-Betrachtung wird aufgrund der geologischen Rahmenbedingungen in der Grube Hattorf-Wintershall ein

² Beim Ausbruchsalz werden nur die Massen angegeben, welche außerhalb des Rachelhohlraumes vorgefunden und erfasst werden.

Gas-Salz Verhältnis von 1:30 (1 t Ausbruchsalz zu 30 m³ Gas) zugrunde gelegt. Bei den Berechnungen wurde ein Sicherheitszuschlag mit dem Faktor 2 vorgenommen (Beer & Lindecke, 1997, /6/).

Gegenüber der bisherigen Gefährdungsanalyse wurde aufgrund der Vorgaben mit sofortiger Wirkung der erforderliche CO₂-Stapelraum (Expansionsraum) von 600.000 m³ auf 2.400.000 m³ erhöht. Die Erhöhung ist im Wesentlichen durch das im Schreiben des RP Kassel vom 14.10.2013 geforderte höhere Gas-Salz-Verhältnis von 1:30 (bisher 1:10) begründet. Ein weiterer Grund für die Erhöhung ist die Annahme einer ausgeworfenen Salzmenge von 40.000 t (bisher 30.000 t) als größter bisheriger Auswurfmenge in der Grube Hattorf-Wintershall (K+S, 2013y, /133/).

Aufgrund der geologischen Situation im Grubenfeld Hattorf-Wintershall liegt die max. Ausbruchsmenge für die worst case-Betrachtungen bei max. 40.000 t und ist somit wesentlich geringer als die größten Gas-Salz-Ausbrüche im thüringischen Werra-Kaligebiet.

4.7 Salzlösungszutritte

Bei Salzlösungszutritten ist grundsätzlich zu unterscheiden nach Zutritten aus dem Hangenden bzw. Liegenden sowie nach intrasalinaren Zutritten, bei denen das Salzlösungsvorkommen aus den Salinarschichten selbst stammt. Während die intrasalinaren Salzlösungsvorkommen geschlossene, endliche Vorkommen darstellen, welche im Falle ihres Aufschlusses turnusmäßig kontrolliert und ggf. die Salzlösungen planmäßig abgeleitet werden, können Zutritte aus dem Hangenden oder Liegenden offenen Systemen entstammen und eine ernsthafte Gefahr für das Bergwerk darstellen.

In der Grube Hattorf-Wintershall sind in der Vergangenheit eine Vielzahl von Salzlösungszutritten (SLZ) aufgetreten. Diese Zutritte und die getroffenen Maßnahmen zu deren Beherrschung werden nachfolgend zusammenfassend diskutiert.

Alle im Grubenfeld Hattorf-Wintershall auftretenden SLZ werden nach Erstaufnahme in regelmäßigen Abständen kontrolliert und dokumentiert (gemäß MarkscheitBergV 1998, /168/, Anlage 3 Teil 1 Nr.1.1 u. 2 Nr. 16.5 als Bestandteil des Risswerkes, siehe auch Tabelle 2 und K+S, 2013e, /113/). Die Zeiträume zwischen den Befahrungen variieren je nach Zuflussrate, Sättigung und Druck zwischen täglich bzw. mindestens 1x jährlich. SLZ-Lokalitäten, die seit mehr als 5 Jahre trocken und fern von jeglicher rezenter Abbautätigkeit liegen, werden nicht weiterführend observiert. Wenn unter sicherheitstechnischen Aspekten (insbesondere First- und Stoßsicherheit) oder aus anderen Gründen keine Befahrbarkeit mehr gegeben ist, werden in der unmittelbaren Umgebung der SLZ geeignete Befahrungspunkte festgelegt (K+S, 2013b, /110/). Dies betrifft momentan 23 jährlich zu befahrende Punkte (8 auf der 1. Sohle, 15 auf der 2. Sohle), welche im Januar - April 2013 alle in trockenem Zustand angetroffen wurden.

Auf der 1. und 2. Sohle im Grubenfeld Hattorf-Wintershall dokumentierte SLZ sind in ANLAGE 3 bis ANLAGE 6 für die Grubenfelder Wintershall und Hattorf separat risslich dargestellt.

Seit der letzten zusammenfassenden Berichterstattung (K+S, 2012a, /162/) wurde die Beobachtung an insgesamt 94 SLZ eingestellt (überwiegend auf der 1. Sohle) und an einer Stelle (Lösungszufluss Nr. 56 a, b, - Befahrung im Jahr 2009 eingestellt) im Jahr 2011 wieder aufgenommen. Des Weiteren wurden 47 Standwasserbereiche (Salzlösungssümpfe) auf der 1. Sohle und 68 weitere auf der 2. Sohle dokumentiert.

Der Großteil der auftretenden SLZ ist an Schnittzonen und Basaltgänge gebunden und kann als gesättigte, intrasalinare Restlösung oder Metamorphoselösungen (Umbildung Carnallit in Sylvinit - ersichtlich am hohen $MgCl_2$ -Gehalt) beschrieben werden. Die „Störungszone Laugenschnitte“ stellt einen betrieblich festgelegten Sicherheitspfeiler dar, welcher NW-streichende Schnitte im Salinar vom Abbau ausspart um möglicherweise daran geknüpfte SLZ zu vermeiden (Abschnitt 5.1, Käding & Lukas, 1997, /134/; VKS³ AG 1965, /221/; K+S, 1992a, /153/). Die Fassung der über SLZ zutretenden Salzlösungsmengen erfolgt über lokale Maßnahmen zur Laugehaltung.

Salzlösungszuflüsse während des Bohrvorganges sind an folgenden Charakteristika erkennbar:

- Zunahme der Salzlösungsmenge und Änderung der Zusammensetzung der Bohrspülung,
- Verfärbungen/Trübungen,
- Gasblasen,
- Durchfeuchtung des Bohrmehls,
- Vergrößerung des Bohrungsquerschnitts durch Löseerscheinungen.

SLZ im Zusammenhang mit Erkundungsbohrungen traten z.B. in der Vertikalbohrung 105/65 (Grubenfeld Hattorf) und der Horizontalbohrung 335/01/2 (Grubenfeld Wintershall) auf. Maßnahmen, um SLZ in Verbindung mit Bohrtätigkeiten zu verhindern, werden in Abschnitt 5.1.1 näher erläutert. Ziel dieser Maßnahmen ist immer der gas- und flüssigkeitsdichte Verschluss des Bohrloches. Aus dem SLZ-Verzeichnis ist ersichtlich, dass 30 SLZ (12 auf der 1. Sohle, 5 auf der 2. Sohle und 13 außerhalb der Flözhorizonte, d.h. im Werra-Steinsalz) mit früherer Bohrtätigkeit in Verbindung gebracht werden können.

Tabelle 2 Übersicht der dokumentierten Salzlösungszuflüsse im Grubenfeld Hattorf-Wintershall

	Kaliflöz Hessen 1. Sohle	Kaliflöz Thüringen 2. Sohle	Werra- Steinsalz	Gesamt
Summe dokumentierter SLZ	942	635	68	1.645
Summe rezent feuchter SLZ ⁴	474	357	18	849
Anzahl beprobter SLZ	207	107	35	349
Gesättigte Salzlösungen	164	91	25	280
Ungesättigte Salzlösungen	43	16	10	69
Ungesättigte Salzlösungen in Kombination mit rezent feuchten SLZ ⁵ und/oder Salzlösungssümpfen	19	6	3	28

³ VKS - Vereinigte Kaliwerke Salzdetfurth Aktiengesellschaft

⁴ Unabhängig davon ob aktuell eine Befahrung möglich ist.

⁵ Bezeichnung als „feucht“ oder „Tropfstelle“ im Laugenstellenkataster.

Alle rezent registrierten SLZ waren in der Vergangenheit/seit Beginn der Dokumentation nur temporär aktiv (Schüttung oder Tropfen). Die dokumentierten Tropfraten an feuchten SLZ variieren zwischen kaum messbarem Zufluss bis zu 185 Tropfen/min auf der 1. Sohle (SLZ Nr. 713 - aus einem Sprengloch austretende Salzlösung). Von der 2. Sohle sind nur relativ geringe Tropfraten von bis zu 5 Tropfen/min dokumentiert (SLZ Nr. 389).

4.8 Bewertung der Ergebnisse zur Geologie und Hydrogeologie

Schutzschichtmächtigkeiten

Die stratigraphische Gliederung für den Bereich der Grube Hattorf-Wintershall zeigt Tabelle 1 (vgl. Abschnitt 4.5). In Tabelle 1 sind die in Betracht kommenden geologischen Schichten der Grube Hattorf-Wintershall sowie deren Mächtigkeiten dargestellt. Die Mächtigkeiten des Unteren Werra-Steinsalzes als geologische Schutzschicht im Liegenden und des Oberen Werra-Steinsalzes als geologische Schutzschicht im Hangenden sind in ANLAGE 1 und ANLAGE 2 dargestellt.

Bezogen auf das Grubenfeld Hattorf-Wintershall lässt sich zusammenfassend feststellen, dass:

- die Mächtigkeit des gesamten Werrasalinars zwischen 215 m und 315 m liegt,
- der vertikale Abstand der Hangendgrenze Salz bis zum nächstgelegenen obersten Grubenbau (Kaliflöz Hessen) zwischen 50 m und 180 m beträgt,
- der vertikale Abstand zwischen der Liegendgrenze Salz und den tiefsten Grubenbauen (Kaliflöz Thüringen) zwischen 80 m und 170 m beträgt.

Mit den dargestellten Mindestmächtigkeiten der geologischen Schutzschichten werden im Grubenfeld Hattorf-Wintershall die erforderlichen Mächtigkeiten der Sicherheitspfeiler gemäß Sonderbetriebsplan (K+S, 2011e, /100/) eingehalten.

Das Untere Werra-Steinsalz und das Obere Werra-Steinsalz sind im Bereich der gesamten Grube Hattorf-Wintershall flächendeckend (ANLAGE 1 und ANLAGE 2) verbreitet. Das Untere Werra-Steinsalz sowie das Obere Werra-Steinsalz besitzen somit im Bereich der Grube Hattorf-Wintershall eine ausreichende räumliche Ausdehnung.

Der Nachweis eines ausreichenden Sicherheitsabstandes zwischen der Grube Hattorf-Wintershall und dem wasserführenden Nebengebirge ist im Rahmen eines Sonderbetriebsplanes (K+S, 2011e, /100/) mit entsprechender bergbehördlicher Zulassung (RP Kassel, 2011c, /192/) geregelt und wird ausführlich in Abschnitt 5.1 überprüft.

In der Grube Hattorf-Wintershall werden bei den bergmännischen Arbeiten zur Gewinnung der Kalirohsalze die geforderten Sicherheitsabstände zum wasserführenden Nebengestein entsprechend dem SBP „Sicherheitspfeiler“ (K+S, 2011e, /100/) sowie dessen Zulassung (RP Kassel, 2011c, /192/) eingehalten (ANLAGE 1 und ANLAGE 2).

Vulkanismus und Gasvorkommen

Es besteht die Möglichkeit, dass sich kreuzende tektonische Störungen lokale Wegsamkeiten für subsalinare Salzlösungszutritte darstellen. Im Regelfall sind diese nachträglich wieder verheilt, d.h. durch z.B. sekundäre Kristallisationsprozesse wurden diese wieder verschlossen. Nach heutigem Kenntnisstand stellen die durch Vulkanismus vor mehreren Mio. Jahren ge-

schaffenen Wegsamkeiten für Salzlösungszutritte keine erkennbare bzw. nicht beherrschbare Gefährdung dar.

Bei den bisher größten Gas-Salz-Ausbrüchen mit über 100.000 t Ausbruchsalz im thüringischen Werra-Kaligebiet kam es zu keiner Unterschreitung der erforderlichen Mächtigkeiten der hangenden und liegenden geologischen Schutzschichten.

In der Grube Hattorf-Wintershall wurden bisher nur wenige Gas-Salz-Ausbrüche mit mehr als 10.000 t Ausbruchsalz durch Sprengarbeiten ausgelöst. Bei der worst case-Betrachtung wird für die Grube Hattorf-Wintershall ein Gas-Salz-Ausbruch mit einer Ausbruchmenge von 40.000 t angenommen. Nach heutigem Kenntnisstand kann eine Gefährdung hinsichtlich der Schaffung von möglichen Wegsamkeiten zu Grundwasserleitern und somit eine Unterschreitung der erforderlichen Mächtigkeiten der hangenden und liegenden geologischen Schutzschichten infolge eines Gas-Salz Ausbruches ausgeschlossen werden und ist somit nicht zu besorgen.

Die bekannten Gas-Salz-Ausbrüche in den Kaliflözen Hessen (1. Sohle) und Thüringen (2. Sohle) sind in ANLAGE 3 bis ANLAGE 6 dargestellt.

Subrosion

Sowohl die am Beckenrand, als auch die lokal und irregulär innerhalb des intakten Salzgebirges auftretenden Subrosionserscheinungen befinden sich in ausreichendem Sicherheitsabstand zum Grubenfeld Hattorf-Wintershall und sind überwiegend inaktiv. Subrosionsvorgänge werden durch Vorfeldexplorationen sicher erkannt, lassen sich beherrschen und stellen nach heutigem Kenntnisstand keine Gefahr hinsichtlich der Schaffung von Wegsamkeiten für unbeherrschbare Salzlösungszutritte dar.

Salzlösungszutritte

Fast alle bisherigen Salzlösungszuflüsse im Grubenfeld Hattorf-Wintershall stammen zweifelsfrei aus geschlossenen Systemen, wie anhand ihres Chemismus, Druckes und Schüttungsverhaltens erkennbar ist, so dass kein direkter Kontakt zu einem offenem Grundwasserleiter/Oberflächengewässer im Hangenden oder Liegenden angenommen werden kann. Für die Salzlösungszuflüsse, bei denen die Herkunft bislang nicht zweifelsfrei geklärt werden konnte, deuten konstant geringe bzw. abnehmende Schüttungsraten darauf hin, dass von diesen SLZ keine Gefährdung ausgeht. Entsprechend der Festlegungen zu Maßnahmen zur Beherrschung von Salzlösungszuflüssen werden die bisher angetroffenen Salzlösungszuflüsse beprobt und regelmäßig kontrolliert und durch lokale Laugehaltung beherrscht bzw. wurden technische Maßnahmen zum gas- und flüssigkeitsdichten Verschluss des entsprechenden Bohrloches getroffen. Eine mögliche Gefährdung infolge der bisherigen Salzlösungszuflüsse ist somit nicht zu besorgen.

5 Überprüfung und Bewertung der betrieblichen Vorgehensweise zur Abbautätigkeit

In diesem Kapitel wird die Untersuchung der betrieblichen Vorgehensweise zur Abbautätigkeit beschrieben. In der Untersuchung wird auf den wirksamen Ausschluss von unbeherrschbaren Salzlösungszutritten bei den bestehenden Grubenhöhlräumen und bei den Neuauffahrungen hin geprüft.

5.1 Überprüfung und Bewertung der aktuellen Maßnahmen zur Vermeidung des Anfahrens eines nicht zu beherrschenden Salzlösungszutrittes bei Neuauffahrungen

Eine grundlegende Voraussetzung für die bergmännische Gewinnung von Kalisalzen in den Bergwerken der K+S ist die sichere Gestaltung des Abbaus im Hinblick auf den Schutz vor Salzlösungszutritten bzw. die Beherrschung vorhandener Salzlösungszutritte im Grubengebäude. Zur Umsetzung dieser Ziele verfolgt K+S eine Sicherheitsstrategie, welche die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen umfasst.

Bei Salzlösungszutritten ist grundsätzlich zu unterscheiden nach Zutritten aus dem Hangenden bzw. Liegenden sowie nach intrasalinaren Zutritten, bei denen das Salzlösungsvorkommen aus den Salinarschichten selbst stammt. Während die intrasalinaren Salzlösungsvorkommen geschlossene, endliche Vorkommen darstellen, welche im Falle ihres Aufschlusses turnusmäßig kontrolliert und ggf. die Salzlösungen planmäßig abgeleitet werden, können Zutritte aus dem Hangenden oder Liegenden offenen Systemen entstammen und eine ernsthafte Gefahr für das Bergwerk darstellen. Deshalb ist der Schutz vor Salzlösungszutritten insbesondere aus dem Hangenden oder Liegenden der zentrale Punkt der Sicherheitsstrategie von K+S. Dafür ist der Nachweis von flächenhaft vorhandenen, ausreichend mächtigen geologischen Hangend- und Liegendenschutzschichten zu erbringen sowie die Erhaltung ihrer Integrität sicherzustellen.

Um diese Schutzziele zu erreichen, werden umfangreiche Maßnahmen zur geologischen Erkundung, zur sicheren Abbaudimensionierung und -führung und zum Monitoring von Salzlösungszutritten umgesetzt. Hierfür existieren umfassende Regularien in Form von Betriebsplänen mit entsprechenden Zulassungen, Notfallplänen sowie Arbeitsanweisungen, in denen die jeweiligen Maßnahmen zur Einhaltung erforderlicher Schutzschichtmächtigkeiten, zur Erhaltung der Integrität der Schutzschichten sowie zur Beherrschung von angetroffenen Salzlösungsvorkommen vorgegeben werden.

Im Einzelnen sind dies

- der **Hauptbetriebsplan (HBP) der K+S KALI GmbH, Werk Werra, Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall einschließlich Untertagedeponie Herfa-Neurode** von 2008 (K+S, 2008f, /82/) einschließlich insbesondere Anlage 13 zur Exploration mittels Fern- und Naherkundungsbohrungen (K+S, 2008g, /83/) mit entsprechender bergbehördlicher Zulassung (RP Kassel, 2008e, /185/), Aktualisierung von 2010 (K+S, 2010j, /96/) und Ergänzung von 2012 (K+S, 2012h, /108/) mit entsprechender bergbehördlicher Zulassung von 2013 (RP Kassel, 2013a, /194/),

- der **Antrag auf unbefristete Erlaubnis zum versatzlosen Abbau auf der oberen und unteren Sohle sowie auf der Zwischensohle im Steinsalzrevier auf dem Werk Werra, Standort Hattorf-Wintershall** von 2002 (K+S, 2002b, /64/) mit entsprechender behördlicher Erlaubnis (RP Kassel, 2003a, /172/) sowie bergbehördlich zugelassener Änderungen und Präzisierungen in den nachfolgenden Jahren (RP Kassel, 2004, /174/), K+S, 2005c, /70/; RP Kassel 2005, /175/; 2007c, /180/ und 2010d, /186/),
- der **Sonderbetriebsplan über die Sicherheitspfeiler des Grubenbetriebes Hattorf-Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode** in seiner Abänderung von 2011 (K+S, 2011b, /100/) mit entsprechender bergbehördlicher Zulassung (RP Kassel, 2011c, /192/),
- der **Sonderbetriebsplan Geomagnetische Messungen im Erlaubnisfeld Marbach** von 2010 (K+S, 2010a, /87/) mit entsprechender bergbehördlicher Zulassung (RP Kassel 2010b, /187/),
- der **Sonderbetriebsplan Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratat-Störungszone** von 2006 (K+S, 2006c, /73/) mit entsprechender bergbehördlicher Zulassung (RP Kassel 2006a, /176/) sowie bergbehördlich zugelassener Ergänzungen von 2006 bis 2012 (K+S, 2006b, /72/; 2007, /74/, /75/; 2008, /80/, /81/; 2010, /88/, /92/; 2011, /97/, /99/; 2012, /101/; RP Kassel 2006b, /177/; 2007, /178/, /179/; 2008, /181/, /183/, /184/; 2010, /188/, /189/; 2011, /190/, /191/; 2012, /193/),
- der **Notfallplan für die Durchörterung der Eitratatstörung und Erschließung des Feldes Marbach** von 2013 (K+S, 2013a, /109/),
- die **Geologische Stellungnahme zur Durchörterung von Schnitt- und Kristallsalzzonen im Bereich der Eitratatstörung** von 2013 (K+S, 2013v, /130/),
- die **Betriebsanweisung Explorationsarbeiten - BA 14 201 1** von 2012 (K+S, 2012g, /107/) in Verbindung mit den entsprechenden **Arbeitsanweisungen AA 14 201 1-a bis AA 14 201 1-g** von 2010 (K+S, 2010c, g, h, i, /89/, /93/, /94/, /95/) und 2012 (K+S, 2012d, e, f, /104/, /105/, /106/)

sowie

- die Empfehlungen zu **Explorationsbohrungen im Kali- und Steinsalzbergbau der K+S Gruppe (Bohrfibel)** von 2007 (K+S, 2007c, /76/).

Die in diesen Unterlagen getroffenen Festlegungen und Verfahrensweisen werden nachfolgend diskutiert.

5.1.1 Überprüfung und Bewertung der Maßnahmen bei der geologischen Erkundung durch Bohrungen und geophysikalischen Messverfahren

Im Zuge der geophysikalischen und geologischen Erkundung von durch Neuauffahrungen zu erschließenden Bereichen wird durch die dabei erstellten Tagesbohrungen die Hangendschutzschicht durchörtert, sofern die Tagesbohrung bis mindestens in den Teufenbereich der Abbauhazonten gestoßen wurde. Damit wird eine unmittelbare Verbindung zwischen Grundwasserhorizonten und dem Abbauhazont hergestellt. Weiterhin können durch untertägige Erkundungsbohrungen zum einen intrasalinare Salzlösungsvorkommen angebohrt werden, zum anderen Störungszonen angebohrt oder Schutzschichten durchbohrt werden, was zu ei-

nem Salzlösungszutritt führen kann. Durch die nachfolgend beschriebenen und überprüften Maßnahmen werden Salzlösungszutritte vermieden bzw. wirksam beherrscht.

5.1.1.1 Beschreibung

Die Ausführungen des folgenden Kapitels beziehen sich auf die Unterlagen „Explorationsbohrungen im Kali- und Steinsalzbergbau der K+S Gruppe“ (K+S, 2007c, /76/), „Die Lagerstättenbeprobung im Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall des Kaliwerkes Werra der K+S KALI GmbH“ (K+S, 2006a, /71/) und „Exploration mittels Fern- und Naherkundungsbohrungen im Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall, Werk Werra, der K+S KALI GmbH - Anlage 13 zum HBP 2008-2012“ (K+S, 2008f, /82/; 2008g, /83/).

Für den optimalen Vortrieb unter Wahrung der Bergbausicherheit sind aus geologischer, markscheiderischer und bergbaulicher Sicht folgende allgemeine Aufgaben mittels Fern- und Naherkundungskernbohrungen unter Einhaltung der Arbeitsanweisungen (K+S, 2010c, /89/), (K+S, 2010h, /94/), (K+S, 2010i, /95/), (K+S, 2012d, /104/), (K+S, 2012e, /105/) und (K+S, 2012f, /106/) umzusetzen:

- Klärung des partiellen Aufbau der Lagerstätte oder des Abbauhorizontes,
- Verwendung des Georadars um Anzeichen einer hydrogeologische und/oder Gasgefährdung auszuschließen,
- Ermittlung der strukturellen und substantiellen Beschaffenheit des Rohstoffkörpers, dessen Veränderlichkeit in der Mächtigkeit und in den Wertstoffgehalten,
- Absicherung der bergmännischen Auffahrung gegen Gas- und Salzlösungsvorkommen

und

- Erkundung der Lagerstättenbegrenzung.

Die im Kali- und Steinsalzbergbau unter Tage durchgeführten geologischen Erkundungsbohrungen werden weiträumig in das Unverritzte durchgeführt. Diese Bohrungen werden in allen räumlichen Lagen (horizontal, vertikal oder geneigt) gestoßen.

Die Bohrungen stellen im Hinblick auf die erkundete Strecke einen Aufschluss dar. Mit den Bohrungen sollen die Verbreitung der Kaliflöze Hessen und Thüringen und die Begrenzung der Lagerstätte am Salzhang untersucht werden. Des Weiteren sind die Ausbildung des Lagers, der Wechsel in der Lagerung und den Mächtigkeiten von Interesse. Auch Auffälligkeiten wie Klüfte, Spalten und CO₂-Schnittzonen in Zusammenhang mit Basaltzonen können nachgewiesen werden.

Bei K+S werden die Bohrungen hinsichtlich ihrer Aufgaben in folgende Kategorien untergliedert:

- Naherkundungsbohrungen,
- Fernerkundungsbohrungen,
- Vertikalbohrung,
- Mächtigkeitsbohrungen,

und

- **Bemusterungsbohrungen.**

Bei den Naherkundungs- und Fernerkundungsbohrungen kommen folgende Bohrverfahren zur Anwendung:

- **Fächerbohrungen (\pm gerader Bohrlochverlauf)**

Bei diesem Bohrverfahren werden ausgehend vom Bohransatzpunkt (Bohrkammer) mehrere sogenannte Fächer mit unterschiedlichem Azimut gestoßen. Je Fächer sind mehrere Bohrungen (Teufen bis 1.500 m) mit unterschiedlichem Einfallenswinkel abzu-teufen. Jeweils eine Tiefbohrung und eine Hochbohrung am Ansatzpunkt vervollständigen die Erkundungsarbeiten. Ein mögliches Schema für einen Fächer ist in Abbildung 3 dargestellt.

Das Verfahren eignet sich zur Erkundung von Lagerstätten mit geringem bis hohem Deformationsgrad. Es wird dabei in Kauf genommen, dass die eigentliche Kalisalz-lagerstätte nur durch vergleichsweise kurze Bohrstrecken aufgeschlossen wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass sowohl die im Hangenden als auch die im Liegenden des Kalisalzflözes lagerenden lithostratigraphischen Horizonte erkundet und charakterisiert werden können.

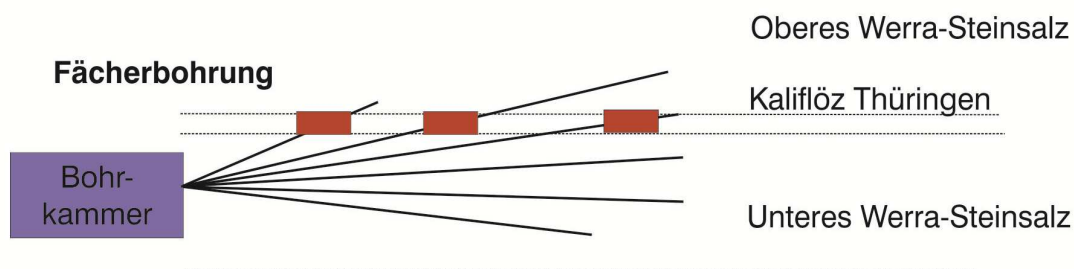


Abbildung 3 Schematische Darstellung für einen Bohrfächer

- **Horizontalbohrung mit Ablenkern**

Horizontalbohrungen mit sogenannten Ablenkern werden zur Erkundung flachlagernden, meist gering gestörten Kalisalzlagerstätten im Werra-Kalirevier und der Scholle von Calvörde durch K+S eingesetzt. Dabei wird zunächst eine Bohrung („Richtungsbohrung“) richtungsstabil auf einem Niveau unter dem Kalisalzflöz gehalten. Die erste Ablenkung in das Kaliflöz erfolgt erst kurz vorm Erreichen der geplanten Endteufe (Abbildung 4). An die Bohrung anschließend erfolgen die Vermessung des Bohrlochverlaufes sowie eine Radarmessung. In den vergangenen Jahren wurden dabei Teufen von mehr als 2.000 m erreicht. Durch Rückzementation und erneutem Verteufen der Bohrung wird sukzessive das Vorfeld geologisch erkundet.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass sich bei vergleichsweise geringem Bohraufwand eine große Anzahl von Aufschlüssen im Kalisalzlager herstellen lassen. Dies hat insbesondere bei mehreren Flözhorizonten (z.B. Werra-Kaligebiet) Vorteile. Das Verfahren eignet sich aus Sicht der Bearbeiter für flach gelagerte Lagerstätten mit geringer bis mäßig gestörter Lagerung.

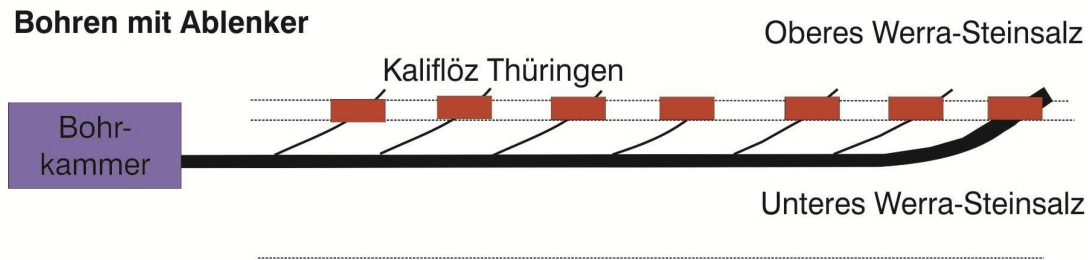


Abbildung 4 Schematische Darstellung einer Horizontalbohrung mit Ablenkern

- **Ondulierender Bohrlochverlauf**

Ein weiteres Verfahren ist das Abteufen ondulierender Bohrungen ausgehend vom Ansatzpunkt. Der Bohrverlauf wird durch Änderung der Anordnung der Stabilisatoren so beeinflusst, dass das Kalisalz sowie die im unmittelbar Hangenden und Liegenden lagernden Horizonte mehrfach erbohrt werden (Abbildung 5). Dabei können bei flacher Lagerung im Abstand von etwa 350 m Aufschlüsse im Kalisalzflöz erzielt werden.

Ondulierendes Bohren



Abbildung 5 Schematische Darstellung einer Bohrung mit ondulierendem Bohrlochverlauf (nach K+S, 2007c, /76/)

Für das Vorantreiben des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall sind die Fernerkundungsbohrungen für die weiträumige Aussage wichtig. Die Naherkundungsbohrungen werden zur engräumigen Absicherung im bereits erkundeten Abschnitt für die nachfolgenden bergmännischen Auffahrungen gestoßen.

Die Erkundungsbohrung ermöglicht lediglich einen kleinräumigen Bereich zuverlässig zu bewerten. Aus diesem Grund wird das Radarverfahren auch in den Strecken und Abbauen gezielt eingesetzt. Durch den Einsatz der Bohrlochradartechnik in einer Erkundungsbohrung wird es ermöglicht, einen großräumigen Bereich geologisch anhand von ausgewerteten Daten, zu bewerten. Nach Werksangaben kommen somit jährlich neben den Radarmessungen in Bohrungen von insgesamt 15 km bis 20 km Bohrlänge noch Streckenmessungen mit einer Gesamtlänge von ca. 10 km hinzu. Die gesamte Bohrerkundung einschließlich Radarverfahren hat als wesentliche Ziele:

- Vorfelderkundung und Absicherung der Auffahrung gegen hydrogeologische Gefahren und Gase,

- Nachweis der liegenden und hangenden Schutzschichtmächtigkeiten,
- Klärung des internen Aufbaus der Lagerstätte bzw. der Abbauhorizonte,
- Ermittlung der Lage und Mächtigkeit der Kaliflöze,
- Ermittlung des Verlaufs von Basaltzonen, Klüften und Schnitten,
- Kartierung des Salzbasis, insbesondere Erfassung von Störungen der Salzbasis,
- Ermittlung des Subrosionssenken,

und

- Kartierung des Verlaufs von Anhydrit- und Tonlagen.

Die Sicherheit von Mensch und Grubengebäude erfordert, den Austritt angebohrter, d. h. noch unbekannter Flüssigkeiten und Gase aus dem Bohrloch sicher und dicht absperrern zu können. Dafür ist vor Bohrbeginn im Stoß ein Standrohr einzuzementieren, an dem für die Herstellung, befristete Absperrung, sowie Langzeitsicherung des Bohrlochs erforderliche Armaturen und Geräte installiert werden können. Eine Bohrlochabsperrvorrichtung besteht aus folgenden Teilen, die am Bohrort (Abbildung 8) vorzuhalten sind:

- Standrohr,
- 4"-Sicherheitshahn,
- T-Stück (Verteilerstück) mit Manometeranschluss,
- Gestängepräventer

und

- Kelly-Hahn.

Die Verbindung zwischen dem Gebirge und der Sicherheitsgarnitur bilden das mindestens 5 m einzementierte Standrohr (Abbildung 6) oder der wieder gewinnbare Standrohrpacker.

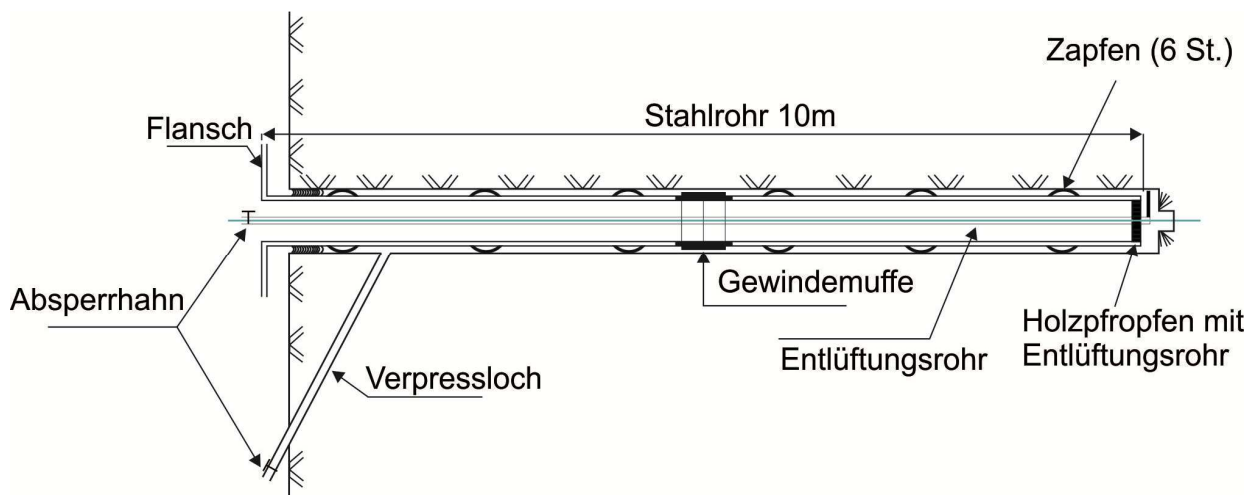


Abbildung 6 Schematische Darstellung eines Standrohres (nach K+S, 2007c, /76/)

Das am Standrohr befestigte T-Stück dient zum einen als Durchgang des Bohrstrangs und zum anderen der Zuführung der Bohrspülung/Dichtmittel in den Ringraum. Diese Zugänge des T-Stücks sind durch Sicherheitshähne verschließbar. Der Gestängepräventer verschließt den Ringraum des Bohrgestänges zum Standrohr und verhindert während des Bohrstillstandes das Austreten von Flüssigkeiten und Gasen. Der Kelly-Hahn ist beim Bohren am Ende des Bohrstranges ständig mitzuführende Vordichtung, mit der das Bohrgestänge verschlossen werden kann (Abbildung 7).

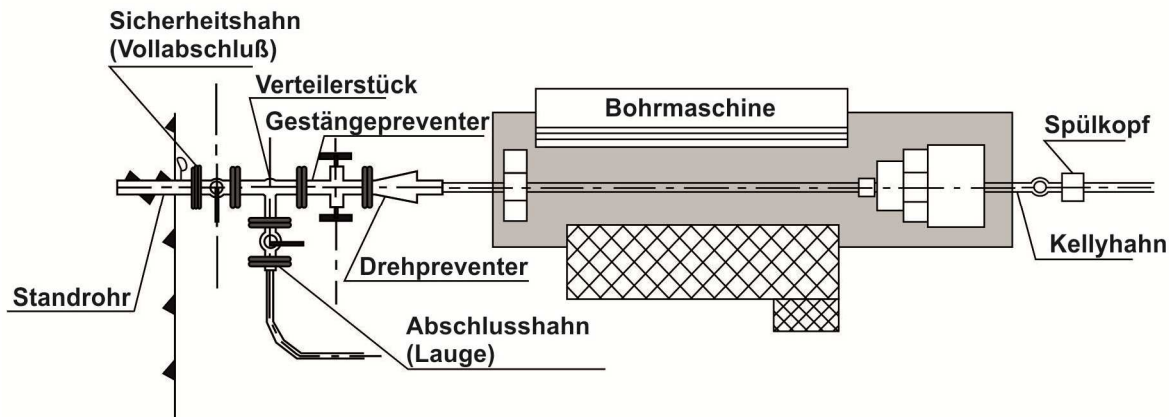


Abbildung 7 Schematische Darstellung einer Sicherheitsgarnitur (nach K+S, 2007c, /76/)

Bevor die Bohrung in Betrieb genommen werden kann, ist eine Prüfung der Absperrvorrichtung auf Dichtheit durchzuführen. Als Prüfdruck wird das 1,3fache des für die Teufenlage errechneten hydrostatischen Druckes verwendet. Die Dichtheit der Absperrvorrichtung ist mit dem erforderlichen Druck über eine Dauer von mindestens 10 min nachzuweisen. Nach erfolgreicher Druckprüfung kann die geplante Bohrung durchgeführt werden. Hierdurch wird gewährleistet, dass beim Anbohren von Störungen kein unkontrollierter Austritt von Salzlösungen bzw. Gasen in das Grubengebäude erfolgen kann.

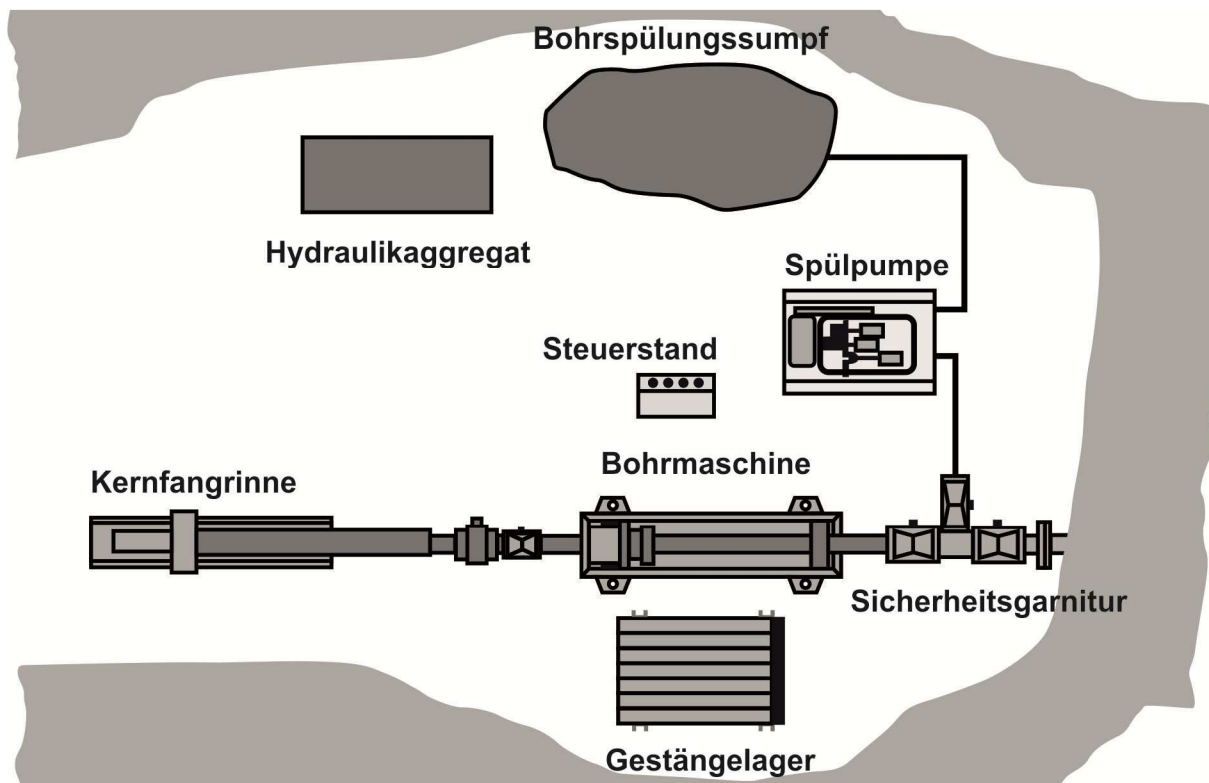


Abbildung 8 Schematische Darstellung eines Bohrortes (nach K+S, 2007c, /76/)

Die mit dem Abteufen der Bohrungen erhaltenen sicherheitlichen Informationen werden sorgfältig erfasst und dokumentiert.

Maßnahmen bei Salzlösungs-/Gaszutritten während des Abteufens von Erkundungsbohrungen

Mit einer Erkundungsbohrung besteht die Möglichkeit, dass ein Salzlösungszutritt bzw. Gasbläser angetroffen wird. Durch den zuständigen Geologen werden in Abstimmung mit der Grubenleitung im Vorfeld einer Bohrung notwendige Maßnahmen zur Einhaltung der Bergbausicherheit festgelegt.

Gefahrenpotentiale bei Erkundungsbohrungen

Bei Erkundungsbohrungen, die in das unbekannte Salzgebirge gestoßen werden, muss ständig mit dem Antreffen von unter Druck stehenden Vorkommen von Flüssigkeiten und Gasen gerechnet werden. Im Vordergrund der Bohrarbeiten steht die Sicherheit der Bohrmannschaft während des Bohrens. Aufzeichnungen in den Werksakten zu Vorkommnissen in der Vergangenheit zeigen, dass ein Gas und/oder Salzlösungszutritt grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann.

In einem solchen Fall ist in den Werken von K+S geregelt, dass jedes nach Art oder Menge ungewöhnliche Auftreten von Salzlösungen oder Gasen den Bereichen Bergbau und Geologie

in der Unternehmensleitung mitzuteilen und das weitere Vorgehen mit dieser abzustimmen ist (Meldepflicht).

5.1.1.2 Bewertung

Im Ergebnis der Überprüfung der Sicherheitsstrategie den geologischen Erkundungsbohrungen wird festgestellt, dass die Abfolge der geophysikalischen Erkundung und geologischen Bohrerkundung sowie die im Rahmen der Bohrerkundung einzuhaltenden Vorgaben, Anweisungen und Maßnahmen das Anbohren eines nicht beherrschbaren Salzlösungszutrittes wirksam vermeiden.

Über die Erkundung durch geophysikalische Messverfahren und Tagesbohrungen werden vorab Bereiche mit verringerter Schutzschichtmächtigkeit oder Anomalien im Gebirgsaufbau identifiziert. Damit ist eine gezielte untertägige Fern- und Naherkundung dieser Bereiche planbar. Die Ausstattung der Bohrungen mit Sicherheitseinrichtungen und Ausrüstung zur Laugehaltung für den Fall eines Gaszutrittes oder endlichen Salzlösungszutrittes sowie zur lösungs- und gasdichten Verfüllung der Bohrung unter Einhaltung der betrieblichen Anweisung „Explorationsarbeiten“ (K+S, 2012g, /107/) gewährleisten den sicheren Bohrbetrieb und die Sicherheit des Grubenbetriebes. Die markscheiderische und geologische Begleitung der Bohrungen stellt sicher, dass kein unplanmäßiges Anbohren der Schutzschichten erfolgt.

5.1.2 Überprüfung und Bewertung der Maßnahmen zur Einhaltung der geologischen Hangend- und Liegendenschutzschicht bei Neuauffahrungen

Die umfangreichen Explorationsmaßnahmen im Vorfeld einer Neuauffahrung in zu erschließenden Bereichen sowie die auf den dabei gewonnenen Erkenntnissen basierenden Planungen zur Dimensionierung und räumlichen Orientierung der Neuauffahrungen sollen sicherstellen, dass sowohl die Mindestmächtigkeiten von Schutzschichten als auch deren Integrität nicht verletzt werden. Durch die nachfolgend beschriebenen und überprüften Maßnahmen wird die Einhaltung der Hangend- und Liegendenschutzschicht gewährleistet.

5.1.2.1 Beschreibung

Vor der Erschließung neuer Abbaubereiche durch Neuauffahrungen ist durch geophysikalische und geologische Erkundung die flächenhafte Verbreitung ausreichend mächtiger Salzbarrieren, d.h. Hangend- (Oberes Werra-Steinsalz) und Liegendenschutzschichten (Unteres Werra-Steinsalz) sowie Steinsalz- bzw. Kalisalzbereiche seitlich der Abbauhohlräume, für den zu erschließenden Bereich nachzuweisen. Hierfür gelten in Sonderbetriebsplänen (SBP) festgeschriebene Verfahrensweisen sowie gegebenenfalls mit der zugehörigen bergbehördlichen Zulassung erlassene Nebenbestimmungen.

Aus den geophysikalischen und geologischen Erkundungen ergeben sich zum einen der Höhenverlauf der Basis des Unteren Werra-Steinsalzes, des Kaliflözes Thüringen, des Kaliflözes Hessen sowie des Oberen Werra-Tones und zum anderen daraus folgend die Mächtigkeit des Unteren und Oberen Werra-Steinsalzes (ANLAGE 1 und ANLAGE 2). Diese Unterlagen bilden

die Grundlage für die Planung von Auffahrungen unter Einhaltung der Schutzschichtmächtigkeiten.

Als Beispiel aus der jüngeren Vergangenheit für SBP zur Durchführung übertägiger Explorationsmaßnahmen wurde der Sonderbetriebsplan über die Durchführung geomagnetischer Messungen im Erlaubnisfeld Marbach (K+S, 2010a, /87/) ausgewertet. Der SBP umreißt das Vorhaben einer Meßkampagne zur geomagnetischen Erkundung einer Teilfläche des Erlaubnisfeldes Marbach. Diese Meßkampagne ist Bestandteil der jährlichen Aufsuchungsarbeiten zur geophysikalischen Erkundung der Lagerstätte und des Deckgebirges mit Erkennung ggf. vorhandener Anomalien, welche hinsichtlich der Gefährdung der Integrität der Schutzschichten zu bewerten sind. Die Ergebnisse der Erkundung sind zu dokumentieren und dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) sowie der Bergbehörde vorzulegen.

Mit den übertägigen Erkundungsarbeiten wird der allgemeine Aufbau der Schutzschichten im Hinblick auf Ausbildung, Mächtigkeit und möglichen Verletzungen ihrer Integrität untersucht. Die Dokumentation der Arbeiten und Ergebnisse und Vorlage dieser Unterlagen bei der Bergbehörde dienen der Kontrolle der Einhaltung der Vorschriften und Verfahrensweisen zur Sicherstellung der Integrität der Schutzschichten.

Die Grundlage zur Planung der Auffahrungen bildet neben dem Sonderbetriebsplan über die Sicherheitspfeiler des Grubenbetriebes Hattorf-Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode (K+S, 2011e, /100/) der Antrag auf unbefristete Erlaubnis zum versatzlosen Abbau auf der oberen und unteren Sohle sowie auf der Zwischensohle im Steinsalzrevier auf dem Werk Werra, Standort Hattorf-Wintershall (K+S, 2002b, /64/) einschließlich bergbehördlicher Erlaubnisse (RP Kassel, 2011c, /192/; 2003a, /172/; 2004, /174/).

Im Sonderbetriebsplan über die Sicherheitspfeiler des Grubenbetriebes Hattorf-Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode (K+S, 2011e, /100/) werden Festlegungen zur erforderlichen Mächtigkeit der Salzbarrieren für die Abgrenzung des Grubenbetriebes gegen das umliegende Gebirge getroffen. Als ausreichend mächtige Salzbarrieren sind gemäß dieses SBP vertikal 50 m lotrecht gegen die Oberkante der Hangendschutzschicht bzw. die Basis der Liegendenschutzschicht bei Schichteinfallen $<12,6$ gon sowie horizontal 250 m gegen den Salzhang bei einer Salzhangneigung von $>12,6$ gon definiert. Weiterhin sind für die unvermeidlichen Durchörterungen der Hangendbarriere durch Schächte und Tagesbohrungen Sicherheitspfeiler um die Schächte mit einem Radius von 100 m bis 200 m sowie um Tagesbohrungen mit einem Radius von mindestens 50 m bis hin zu 120 m definiert (K+S, 2011e, /100/).

Weitere Barrieren sind die Markscheidesicherheitspfeiler zwischen den einzelnen Grubenbetrieben mit einer definierten Breite von im Allgemeinen 100 m, bei carnallitisch ausgebildeter Lagerstätte von 200 m sowie speziell gegen das Kavernenareal Reckrod von 420 m. Zusätzlich erfolgt durch Belassen von 50 m breiten Abbaufreibereichen eine Parzellierung der Grube Hattorf-Wintershall allgemein in die Grubenbereiche Hattorf und Wintershall und in diesen Grubenbereichen weiter in einzelne Gewinnungsfelder. In Abhängigkeit vom Abbaufortschritt werden die Abbaufreibereiche operativ festgelegt. Sie sollen regelmäßig im Bereich der rheinisch streichenden Basaltzonen angelegt werden.

Mit der bergbehördlichen Zulassung des SBP (RP Kassel, 2011c, /192/) sind die Festlegungen der Schutzschichtmächtigkeiten und Sicherheitspfeiler verbindlich einzuhalten und die Einhaltung, auch in Verbindung mit den Bestimmungen des Antrags auf Erlaubnis zum versatzlosen Abbau (K+S, 2002b, /64/; 2005c, /70/) sowie der bergbehördlichen Erteilung dieser Erlaubnis bzw. Vermerken der Bergbehörde (RP Kassel, 2003a, /172/ bis 2010a, /186/), nachzuweisen.

Die Erlaubnis zum versatzlosen Abbau von Kali- und Steinsalz für den Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall legt fest, dass die Grundlage für den sicheren Bergbaubetrieb die dauerstandsi-

chere Dimensionierung von Grubenbauen und Pfeilern auf Basis des Verfahrens nach Uhlenbecker (1978, /206/) ist. Eine solche dauerstandsichere Dimensionierung gewährleistet, dass nur geringe Deformationen des Gebirges - und damit auch der Schutzschichten - auftreten. Die Schutzschichten werden durch diese geringfügigen Verformungen nicht in ihrer Integrität beeinträchtigt. Die Dimensionierung wird in Abhängigkeit von der angetroffenen geologischen/strukturgeologischen Situation festgelegt.

Die Einhaltung der Dimensionierung wird durch auffahrungsbegleitende Prüfung der Streckendimensionen und Ausbildung der Lagerstätte, rechnerischen Nachweis auf Grundlage des markscheiderischen Aufmasses und der geologischen Bemusterung sowie durch kontinuierliche flächendeckende Überwachung von Bruchvorgängen im Gebirge mittels seismischer Beobachtung überwacht. Weiterhin sind die Deformationen des Gebirges durch markscheiderische Konvergenzmessungen und Höhenmessungen der Tagesoberfläche zu erfassen und zu dokumentieren.

Der Hauptbetriebsplan (HBP) der Grube Hattorf-Wintershall einschließlich Untertagedeponie Herfa-Neurode (K+S, 2008f, /82/; 2010j, /96/; 2012h, /108/) ist das zentrale Dokument zur Beschreibung der Arbeiten im Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall des Werkes Werra. Neben der Festlegung von Maßnahmen zum sicheren Betrieb des Bergwerkes im HBP selbst wird auch im Begleitschreiben zur Einreichung des HBP die Genehmigung einer spezifischen Maßnahme⁶ beantragt. Mit der bergbehördlichen Zulassung und Ausnahmegenehmigung (RP Kassel, 2008e, /185/; 2013a, /194/) werden diese Maßnahmen zur Gewährleistung des sicheren Grubenbetriebes verbindlich festgeschrieben.

Im Einzelnen sind die nachfolgend aufgeführten Punkte des HBP speziell für die sichere Durchführung von Explorationsarbeiten und sichere Dimensionierung sowie Ausrichtung von Neuauffahrungen für die Einhaltung der Schutzschichten von Bedeutung.

Übertägige Exploration:

- Unter Punkt 3.07 - Aufsuchung und Erkundung - werden die zur Erkundung der Salzlagerstätte und ihrer Grenzen von über Tage aus vorgesehenen Maßnahmen, das Abteufen von Tagesbohrungen und die Durchführung seismischer Messungen, benannt. Die Umsetzung solcher Arbeiten ist an dieser Stelle nicht im Detail beschrieben. Hierfür wird auf für diese Arbeiten zu erstellende und zur Genehmigung einzureichende SBP verwiesen.

Untertägige Exploration:

- Unter Punkt 1.20 - Untersuchungsarbeiten - werden allgemeine Angaben und Festlegungen zu Fern- und Naherkundungsbohrungen dargelegt. Detaillierte Ausführungen werden in Anlage 13 zum HBP (K+S, 2008g, /83/) gemacht. Im Kontext dieser gutachterlichen Stellungnahme sind nachfolgende Unterpunkte von Bedeutung:
 - Untersuchungskernbohrungen werden grundsätzlich mit Standrohr ausgerüstet, dessen Absperrvorrichtung jederzeit den Vollabschluss des Bohrloches bei ausgebautem Gestänge und den Ringraumabschluss bei eingebautem Gestänge gewährleistet.
 - Als Absperrvorrichtungen kommen geprüfte Sicherheitseinrichtungen der Druckstufe ND 140 oder ND 210, ggf. nach Anzeige bei der Bergbehörde auch höherer Druckstufe, zum Einsatz.

⁶ Antrag auf Ausnahme von § 94 Abs. 4 ABV Hessen insofern, dass bei Antreffen von SLV mit höherem als hydrostatischem Druck zur Vermeidung von Fracs (Aufreißen des Gebirges) um das Bohrloch die Sicherheitseinrichtungen zur Druckentlastung kontrolliert geöffnet werden dürfen – Genehmigung des Antrags im Zuge der Zulassung des HBP erteilt.

- Die Einhaltung der Schutzschichten bzw. Sicherheitspfeiler wird bei der Planung des Bohrlochverlaufes berücksichtigt und durch Überwachung des Bohrlochverlaufes während der Bohrarbeiten sichergestellt.
- Bohrlöcher werden mit Magnesiazement verfüllt, wenn Schutzschichten bzw. Sicherheitspfeiler angebohrt oder Anomalien angetroffen sowie wenn beide Flöze angebohrt wurden.
- Bohrungen werden durch Führung des Bohrlochbildes gemäß Markscheider (1998, /168/) und Erstellung von Bohrberichten dokumentiert. Die Dokumentation geht der Bergbehörde im Rahmen der Rißwerksnachtragung zu.

Beherrschung von Salzlösungszutritten:

- Im Begleitschreiben zur Einreichung des HBP wird eine Ausnahmegenehmigung zum kontrollierten Öffnen der Absperreinrichtungen an Bohrungen bei Antreffen von unter petrostatischem Druck stehenden Gas-/Salzlösungsvorkommen beantragt. Diese Ausnahmegenehmigung wurde bergbehördlich unter der Maßgabe erteilt, dass die in Anlage 13 zum HBP (K+S, 2008g, /83/) festgelegten diesbezüglichen Maßnahmen eingehalten werden.

Festlegung von Sicherheitspfeilern bzw. Schutzschichten und Einhaltung ihrer Integrität:

- Unter Punkt 1.18 - Sicherungsmaßnahmen gegenüber dem Kavernenfeld Reckrod - wird der Sicherheitspfeiler um das Kavernenareal mit 420 m definiert (siehe auch Ausführungen zum SBP über Sicherheitspfeiler in Abschnitt 5.1.2.1). Weiterhin werden Überwachungsmaßnahmen zur Überprüfung auf Gasmigrationen durch den Pfeiler festgelegt, welche allerdings mit Beendigung des Abbaus im Umfeld des Kavernenfeldes eingestellt wurden.
- Unter Punkt 1.22 - Abbaufahrten - Abbaugenehmigung - Sicherheitspfeiler - wird festgelegt, dass in der Nähe von Sicherheitspfeilern bergmännische Tätigkeiten nur durchgeführt werden, wenn durch ihre direkten und indirekten Auswirkungen die Funktion des Sicherheitspfeilers nicht nachteilig beeinflusst werden kann.

Um dies sicherzustellen werden vorab um alle Tagesbohrungen, Schächte, Markscheidungen und Sicherheitspfeiler über den festgelegten Sicherheitspfeiler hinaus, betriebliche Sicherheitsbereiche (Abbaufreibereiche) mit einem Radius bzw. einem Abstand von 300 m im Sinne einer „Warnlinie“ festgelegt. Die Sicherheitspfeiler werden im Sonderbetriebsplan Sicherheitspfeiler (76 d 04-350-1) festgeschrieben und im Grubenbild dokumentiert (K+S, 2011e, /100/).

Vor Überfahren dieser „Warnlinie“ wird durch die geologische Abteilung eine Beurteilung hinsichtlich Salzlösungs- bzw. CO₂ – Gefährdung erstellt.

- Unter Punkt 6 - Verbindungen der Grubenfelder Hattorf-Wintershall - werden die beiden Verbindungsstrecken zwischen den Standorten Hattorf und Wintershall im Niveau des Flözes Hessen beschrieben. Die Strecken sind so aufgefahen, dass im Fall eines nicht beherrschbaren Salzlösungszutritts eine wirksame Trennung der Standorte durch Errichtung von Dammbauwerken möglich ist. Eine solche wirksame Trennung ist eine grundlegende Maßnahme zur zusätzlichen Sicherung des Grubenbetriebes im hypothetischen Fall des Antreffens eines unbeherrschbaren Salzlösungszutritts (Abschnitt 5.2).

Beherrschung von Salzlösungszutritten in Schächten:

- Unter Punkt 1.30 - Schächte - wird das Überwachungsregime zur Kontrolle der Schächte unter Bezug auf die Hessische Bergverordnung (2012, /38/) (beschrieben.

Hinsichtlich des Zutritts von Salzlösungen in den Schächten wird auf die in jedem Schacht installierte Schachtsumpfüberwachung verwiesen.

- Unter Punkt 1.13 - Wasserhaltung - wird die Fassung von Quell- und Dolomitwässern in den Schächten Ransbach und Hattorf und deren Nutzung als Brauchwasser im Grubenbetrieb beschrieben.

Eine eingehende Untersuchung der betrieblichen Vorgehensweise zur Sicherung der Tagesschächte wird in Kapitel 6 dargelegt.

Für die Erschließung der Vorräte des Feldes Marbach vom bestehenden Grubenfeld aus ist die Durchörterung einer Störungszone, der Eitratal-Störung, notwendig. Mit dem Sonderbetriebsplan zur Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone und dessen Ergänzungen (K+S, 2006-2012, /73/, /74/, /75/, /76/, /80/, /81/, /87/, /88/, /92/, /97/, /99/ und /101/) sowie den zugehörigen bergbehördlichen Zulassungen (RP Kassel, 2006-2012 /176/, /177/, /178/, /179/, /181/, /183/, /184/, /188/, /189/, /190/, /191/ und /193/) liegt ein aktuelles Beispiel für die Festlegung, Durchführung, Dokumentation und Kontrolle der Umsetzung von Maßnahmen zur Einhaltung der Schutzschichten bei Neuauffahrungen vor. Gemäß dieser SBP wurden zur Durchörterung der Eitratalstörung die Auffahrung eines Dreistreckensystems nach Süden im 256. - 258. Durchhieb bis zur Strecke W121 und dann Auffahrung der Strecken W119 - W121 nach Westen bis zu 299. - 301. Durchhieb sowie anschließend weitere Auffahrung nach Süden geplant. Dieser Bereich wurde vorab durch Auswertung der diesen Bereich abdeckenden und der gezielt dort durchgeführten Erkundungen als der geeignetste Abschnitt für eine Durchörterung der Eitratalstörung identifiziert (ANLAGE 7).

Zur Verifizierung der Auswertungsergebnisse und zur Absicherung der Auffahrung hinsichtlich Erhaltung der Schutzschichtintegrität und Vermeidung des Aufschließens unbeherrschbarer Salzlösungszutritte wird laut SBP und entsprechend der zugehörigen bergbehördlichen Zulassung hierfür vorab ein Programm von Fernerkundungsbohrungen durchgeführt, die fächerartig den Bereich der geplanten Durchörterung abdecken. Gegebenenfalls wird dieses Programm um Naherkundungsbohrungen ergänzt. Die Erkundung wird etappenweise durchgeführt und der jeweilige Abschnitt auf Basis der Erkundungsergebnisse zur weiteren Auffahrung freigegeben oder die Planung den angetroffenen Verhältnissen angepasst (ANLAGE 7). Für die Erkundungsbohrungen werden im rückwärtigen Bereich am gestundeten Kippstellenbereich 264s und an den abgeworfenen Kippstellenbereichen 174s und 187s vorschriftsmäßig Stapelbereiche für möglicherweise zutretende Salzlösungen ausgewiesen und die notwendige Infrastruktur für die Laugehaltung installiert.

Im Zeitraum von 2006 bis 2012 wurden durch K+S elf Ergänzungen zum SBP bei der Bergbehörde eingereicht und von dieser zugelassen. Diese Unterlagen dokumentieren die Umsetzung der Maßnahmen zur Einhaltung der Schutzschichten aber auch zur Vermeidung des Anfahrens von nicht zu beherrschenden Salzlösungszutritten über den Zeitraum der Durchführung durch Fortschreibung oder Änderung der Planung in Abhängigkeit von der jeweils angetroffenen Situation. Im Einzelnen umfassen diese Ergänzungen die nachfolgend umrissenen Fortschreibungen oder Anpassungen der vorgesehenen Arbeiten.

Begleitend zum SBP zur Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone und dessen Ergänzungen wurde durch den Werksgeologen der Grube Hattorf-Wintershall eine geologische Stellungnahme zur Durchörterung von Schnitt- und Kristallsalz-zonen im Bereich der Eitratalstörung verfasst (K+S, 2013v, /130/). Die in dieser Stellungnahme getroffenen Festlegungen sind bei den Arbeiten zur Erkundung und Auffahrung einzuhalten.

Mit dieser Stellungnahme wird die Freigabe der Auffahrung nach Auswertung der Explorationsergebnisse aus Erkundungsbohrungen und Radarmessungen mit dem Hinweis darauf, dass vorhandene, mittels Bohrung nachgewiesene Kristallsalzabschnitte und Schnitte keinen Salzlösungszutritt gebracht haben, obwohl dies bei solchen Gegebenheiten nicht auszuschließen ist, dokumentiert (K+S, 2013v, /130/).

Die markscheiderische Planung berücksichtigt die angetroffenen Anomalien und legt die Auffahrung in das durch die Erkundung als intakt belegte Mittlere Werra-Steinsalz mit ca. 30 m Schutzschichtmächtigkeit. Für den Fall des Antreffens von Kristallsalz und einer daraus folgenden Durchfeuchtung im weiteren Verlauf der Auffahrung wird die verbindliche Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen bzw. -richtlinien verfügt. Weiterhin wird vorgeschrieben, vor Weiterführung der Auffahrung über den freigegebenen Abschnitt hinaus eine Sicherungsbohrung zur weiteren Erkundung durchzuführen (K+S, 2013v, /130/).

5.1.2.2 Bewertung

Im Ergebnis der Überprüfung der Maßnahmen zur Einhaltung der geologischen Hangend- und Liegendenschutzschichten bei Neuauffahrung wird festgestellt, dass mit der vorlaufenden Erkundung des Lagerstättenaufbaus durch Fern- und Naherkundung, der auf Basis der Erkundungsergebnisse durchgeführten Auffahrungsplanung, der Einhaltung der Vorschriften und Durchführung der vorgegebenen Maßnahmen entsprechend der maßgeblichen Abbauerlaubnis und Sonderbetriebspläne die sichere Einhaltung der Schutzschichten gewährleistet ist.

Die Umsetzung der Vorgaben des Sonderbetriebsplanes über die Sicherheitspfeiler des Grubenbetriebes Hattorf-Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode (K+S, 2011e, /100/) sowie der Erlaubnis zum versatzlosen Abbau auf der oberen und unteren Sohle sowie auf der Zwischensohle im Steinsalzrevier auf dem Werk Werra, Standort Hattorf-Wintershall (K+S, 2002b, /64/) gewährleistet die Einhaltung von erforderlichen Schutzschichtmächtigkeiten sowie einer Abbaudimensionierung, so dass die Deformation des Gebirges und damit der Schutzschichten auf ein für die Wahrung der Schutzschichtintegrität unschädliches Maß begrenzt bleiben.

In Sonderbetriebsplänen, geologischen Stellungnahmen und Notfallplänen für die Durchörterung von Störungszonen, wie z.B. der Eitrat-Störungszone als besonderes Beispiel einer Neuauffahrung mit vorlaufender Erkundung, werden die Maßnahmen zur Erkundung und Auffahrungsplanung für die Einhaltung der Schutzschichten im Detail verbindlich festgelegt. Mit der Umsetzung dieser festgelegten Maßnahmen ist die Wahrung der Integrität der Schutzschichten gewährleistet.

5.2 Überprüfung und Bewertung der aktuellen Maßnahmen zur zusätzlichen Sicherung des Grubenbetriebes im hypothetischen Fall des Antreffens eines unbeherrschbaren Salzlösungszutritts bei Neuauffahrungen

Auch wenn die in Abschnitt 5.1 diskutierten Maßnahmen das Auftreten eines unbeherrschbaren Salzlösungszutritts wirksam ausschließen, gebietet die Vorsorgepflicht gemäß § 55 BBergG (2009, /10/) die Festlegung von Maßnahmen zur zusätzlichen Sicherung des Gruben-

betriebes für den hypothetischen Fall des Antreffens eines unbeherrschbaren Salzlösungszutritts. Diese für die zusätzliche Sicherung des Grubenbetriebes definierten Maßnahmen werden nachfolgend beschrieben und überprüft.

5.2.1 Beschreibung

Im Gegensatz zur Vorgehensweise beim Auftreten beherrschbarer Salzlösungszutritte ist für den hypothetischen Fall eines unbeherrschbaren Salzlösungszutritts die dauerhafte Isolierung des Feldesteiles, in dem der Salzlösungszutritt angetroffen wurde, notwendig, um den Grubenbetrieb aufrechterhalten zu können. Maßnahmen für eine solche dauerhafte Isolierung von Feldesteilen sind die Parzellierung des Grubenfeldes durch Sicherheitspfeiler und die Vorbereitung von Dammstandorten in den betrieblich notwendigen Durchörterungen dieser Sicherheitspfeiler. Eine erste Trennung in Feldesteile besteht durch den aus der Zeit vor der Zusammenlegung der Grubenbetriebe Hattorf und Wintershall noch existierenden Sicherheitspfeiler zwischen den beiden ehemals eigenständigen Betrieben. Dieser Sicherheitspfeiler wurde mit der Zusammenlegung zum Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall durch die Auffahrung einer Befahrungs- und Wetterverbindung sowie einer Förderverbindung durchörtert. Die Verbindungsstrecken zwischen den Grubenbauen der 1. Sohle sind siphonartig abtauchend im Mittleren Werra-Steinsalz angelegt. In den Siphonbereichen sind die Strecken für den Einbau eines Dammbauwerkes ausgelegt, welches die Feldesteile dauerhaft voneinander isoliert. Die weitere Parzellierung in Feldesteile in jüngerer Zeit wurde durch die Festlegung von Abschottungsbereichen bzw. Sicherheitspfeilern vorzugsweise entlang von Störungszonen vorgenommen. Die Parzellierung ist aus den Übersichtsrisen der 1. Sohle in ANLAGE 2 und der 2. Sohle in ANLAGE 1 ersichtlich. Die Lage der betrieblich notwendigen Durchörterungen der Abschottungsbereiche bzw. Sicherheitspfeiler in Form von Siphonstrecken im Mittleren Werra-Steinsalz ist aus ANLAGE 9 ersichtlich. Für den geplanten Standort eines Dammbauwerkes sowie für das Bauwerk selbst ist der Eignungsnachweis zu erbringen.

Im HPB (K+S, 2010j, /96/) werden Maßnahmen zum Abbau in unmittelbaren Bereich von Tagesbohrungen, Schächten, Markscheiden und bestehenden Sicherheitspfeiler festgelegt. Vorab werden um alle Tagesbohrungen, Schächte, Markscheiden etc. über die festgelegten Sicherheitspfeiler hinaus betriebliche Sicherheitsbereiche (Abbaufreibereiche) mit einem Radius bzw. einem Abstand von 300 m im Sinne einer „Warnlinie“ festgelegt. Bis zu den bestehenden Sicherheitspfeilern dürfen bergmännische Tätigkeiten nur dann erfolgen, wenn hierdurch keine nachteiligen Auswirkungen die Funktion des Sicherheitspfeilers entstehen können. Die Sicherheitspfeiler werden im Sonderbetriebsplan Sicherheitspfeiler (76 d 04-350-1) festgeschrieben und im Grubenbild dokumentiert (K+S, 2011e, /100/).

Vor Überfahren dieser "Warnlinie" wird durch die geologische Abteilung eine Beurteilung hinsichtlich Salzlösungs- bzw. CO₂ – Gefährdung erstellt.

Speziell auf die betrieblich notwendigen Auffahrungen zwischen den Grubenfeldern Hattorf und Wintershall wird unter Punkt 6 - Verbindungen der Grubenfelder Hattorf-Wintershall - eingegangen. Dort werden die beiden Verbindungsstrecken zwischen den Standorten Hattorf und Wintershall vom Niveau des Flözes Hessen beschrieben. Die Strecken wurden so aufgefahren bzw. sind so aufzufahren, dass im Fall eines nicht beherrschbaren Salzlösungszutritts eine wirksame Trennung der Standorte durch Errichtung von Dammbauwerken im Havariefall möglich ist.

Detaillierte Bestimmungen zur Anlage von Abschottungsbereichen bzw. Sicherheitspfeilern zum Zweck der Parzellierung des Grubenfeldes finden sich im Sonderbetriebsplan über die Sicherheitspfeiler des Grubenbetriebes Hattorf-Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode (K+S, 2011e, /100/). Neben mindestens 100 m breiten Sicherheitspfeilern zwischen Grubenbetrieben sind mindestens 50 m breite Abbaufreibereiche zur Parzellierung innerhalb eines Grubenbetriebes festzulegen (vgl. Abschnitt 5.1.2.1).

Als Sonderfall der Parzellierung sind die Abbaufreibereiche um die Deponie im Grubenfeld Wintershall anzusehen. Die Isolierung des Deponiebereiches gegenüber dem übrigen Grubenbetrieb ist über die Bestimmungen des Sonderbetriebsplanes über die Vorbereitung und Erstellung von Absperrdämmen zur Trennung des Deponiefeldes II vom Grubenbetrieb (K+S, 1989a, /147/) und der bergbehördlichen Zulassung (Bergamt Bad Hersfeld, 1989, /7/) geregelt. In diesem SBP werden die Stellen, an denen das Deponiefeld durch Absperrdämme gegen das übrige Grubenfeld zu isolieren ist, festgelegt. Weitere Bestimmungen umfassen die Vorbereitung der Dammstandorte für den Einbau zuerst eines Vordammes zur sofortigen Verschließung und nachfolgend eines Abschlussdammes nach dem 3-Kammer-Prinzip und statischer Berechnung nach Haniel und Lueg (K+S, 1989a, /147/). Die Dämme werden mit Verpressrohren ausgestattet. Dammstandorte in Fluchtwegen werden durch Errichten von Schalmauern mit eingebauten Wittertoren sowie weitere Vorbereitungsarbeiten soweit hergerichtet, dass mit dem Dammbau im Gefahrenfall sofort begonnen werden kann. Der Dammbau ist umfassend zu dokumentieren und die Dokumentation der Bergbehörde vorzulegen.

Im Rahmen der Durchörterung der Eitratal-Störungszone als aktuellem Beispiel für eine betrieblich notwendige Auffahrung im Abbaufreibereich wurde ein Siphonbereich für die Errichtung von Dammbauwerken zur Isolierung der Neuauffahrung vom übrigen Grubenbetrieb bzw. später der Feldesteile voneinander definiert. Neben den Bestimmungen des Sonderbetriebsplanes zur Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone (K+S, 2006-2012, /73/, /74/, /75/, /76/, /80/, /81/, /87/, /88/, /92/, /97/, /99/) einschließlich dessen Ergänzungen sowie der entsprechenden bergbehördlichen Zulassungen (RP Kassel, 2006-2012 /176/, /177/, /178/, /179/, /181/, /183/, /184/, /188/, /189/, /190/, /191/ und /193/), welche in Abschnitt 5.1.2.1 diskutiert wurden, gelten für die Auffahrung des Siphonbereiches und den Streckenverschluss durch Dammbauwerke insbesondere die Festlegungen des Notfallplanes für die Durchörterung der Eitratalstörung und Erschließung des Feldes Marbach (K+S, 2013a, /109/).

In diesem Notfallplan einschließlich der zugehörigen Anlagen

- Eignungsnachweis für den Abschnitt W117 - W119 des Dreistreckensystems 256.-258. Durchhieb zur Erschließung des Feldes Marbach als Standort für einen horizontalen Streckenverschluss,
- Notfallplan Eitratalstörung / Feld Marbach,
- Notiz zur Scherfestigkeit von Steinsalz

und

- Optimierung des Dreistreckensystems als Vorbereitung auf eine mögliche Nutzung als Standort für den Einbau langzeitsicherer Streckenverschlüsse (Institut für Gebirgsmechanik GmbH, 2006, /44/)

wird die Lage des Siphonbereiches im Grubenfeld und die Auffahrungsgeometrie festgelegt (ANLAGE 7). Der geplante Dammstandort ist im Mittleren Werra-Steinsalz anzulegen und von diesem Standort aus muss die Strecke in beiden Richtungen ansteigend verlaufen, um für den

hypothetischen Fall einer am Dammstandort anstehenden Salzlösung die Dichteschichtung innerhalb des Salzlösungskörpers dahingehend zu nutzen, dass am Dammbauwerk die Salzlösung mit der größten Dichte, d.h. der größten Sättigung an Salzen, ansteht und durch sie die Integrität der Salzbarriere geringstmöglich beeinträchtigt wird. Der Eignungsnachweis des vorgesehenen Standortes hinsichtlich der hinreichenden Ausdehnung und Integrität der Salzbarriere sowie ihrer gebirgsmechanischen Eigenschaften wurde geführt. Weiterhin wurden Untersuchungen zur Ableitung einer für die Nutzung als Dammstandort optimalen Geometrie des vorgesehenen Dreistreckensystem durchgeführt und der Nachweis der Eignung dieser Auffahrungsgeometrie für die Errichtung von Dämmen geführt. Im Notfallplan wird der Aufbau des Dammbauwerkes vorgegeben, Salzlösungsstapelraum in ausreichender Größe ausgewiesen sowie der Arbeitsablauf zur Laugehaltung während des Dammbaus und zum Dammbau selbst festgelegt.

5.2.2 Bewertung

Im Ergebnis der Überprüfung der aktuellen Maßnahmen zur zusätzlichen Sicherung des Grubenbetriebes im hypothetischen Fall des Antreffens eines unbeherrschbaren Salzlösungszutrittes bei den Neuauffahrungen wird festgestellt, dass die Planung des Abbaus nur in Bereichen erfolgt, in denen gemäß Erkundung ausreichende Schutzschichten nachgewiesen und kein Auftreten von Salzlösungszutritten begünstigenden Anomalien zu erwarten sind. Weiterhin erfolgt eine Parzellierung des gesamten Grubenfeldes in der Grube Hattorf-Wintershall in einzelne Gewinnungsfelder durch Abbaufreibereiche, welche nur durch unbedingt für den Grubenbetrieb benötigte Strecken durchörtert werden und somit die Sicherung des Grubenbetriebes gegen einen hypothetischen, nicht beherrschbaren Salzlösungszutritt gewährleistet ist.

Die im Ergebnis der Erkundung definierten Abbaufreibereiche werden vorwiegend entlang von Störungszonen gelegt, um nicht die in solchen Zonen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit anzutreffenden Gas- oder Salzlösungsvorkommen durch den Abbau aufzuschließen. Die Breite der Abbaufreibereiche wird im Sonderbetriebsplan über die Sicherheitspfeiler des Grubenbetriebes Hattorf-Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode (K+S, 2011e, /100/) vorgegeben.

Die Auffahrung der Verbindungsstrecken in den Abbaufreibereichen geschieht im Mittleren Werra-Steinsalz durch Herstellung eines Siphonbereiches, in dem im Fall eines nicht beherrschbaren Salzlösungszutrittes in einem Gewinnungsfeld der Verschluss der Strecke durch ein langzeitsicheres Dammbauwerk und damit die Isolierung des Gewinnungsfeldes sicher möglich ist. Der allgemeine Grubenbetrieb ist so gegenüber dem hypothetischen Salzlösungszutritt gesichert.

Die Nachweisführung der Eignung des vorgesehenen Standortes sowie die Umsetzung der Auffahrung des Siphonbereiches und der Errichtung von langzeitsicheren Dammbauwerken werden im Notfallplan beschrieben (K+S, 2013a, /109/). Hier werden die Maßnahmen für die Auffahrung des Siphonbereiches und den Dammbau im hypothetischen Fall eines unbeherrschbaren Salzlösungszutrittes verbindlich festgelegt, so dass die Sicherung des Grubenbetriebes mit der Umsetzung dieser Planung im Notfall gewährleistet wird.

5.3 Zusammenfassende Bewertung

Insgesamt ist im Ergebnis der Prüfung der betrieblichen Vorgehensweise zur Abbautätigkeit hinsichtlich der Vermeidung des Anfahrens von nicht beherrschbaren Salzlösungszutritten und der Maßnahmen zur Sicherung des Grubenbetriebes für den hypothetischen Fall eines nicht beherrschbaren Salzlösungszutrittes festzustellen, dass unter Anwendung der Maßnahmen bei der geologischen Erkundung durch Bohrungen sowie der Maßnahmen zur Einhaltung der geologischen Hangend- und Liegendenschutzschicht bei Neuauffahrung das Auftreten eines unbeherrschbaren Salzlösungszutrittes in den bestehenden Gruben Hohlräumen und bei den Neuauffahrungen nach heutigem Kenntnisstand auszuschließen sind.

Weiterhin ist festzustellen, dass unter Umsetzung der Maßnahmen zur Sicherung des Grubenbetriebes gegenüber nicht beherrschbaren Salzlösungszutritten die sichere Fortführung des allgemeinen Grubenbetriebes nach heutigem Kenntnisstand gegeben ist.

6 Überprüfung und Bewertung der Präventionsmaßnahmen und der betriebliche Festlegungen zur Sicherung der Tagesschächte

Insgesamt ist die Grube Hattorf-Wintershall über 7 Tagesschächte aufgeschlossen worden. Aus Tabelle 3 sind die allgemeinen Angaben zu den einzelnen Schächten zu entnehmen.

Tabelle 3 Übersicht zu den Schächten

Bezeichnung	Teufzeit	Lage	Radius	Teufe	Min. Durchmesser	Anschluss		Aufgaben
			Sicherheitspfeiler			1. S.	2. S.	
			[m]	[m]	[m]			
Hattorf	1905-1908	Grubenfeld Hattorf	200	710,5	4,27	ja	ja	Einziehender, beheizter Förderschacht mit Seilfahrtsmöglichkeit, 5kV-Schachtkabel
Ransbach	1911-1915	Grubenfeld Hattorf	200	813,7	4,50	ja	ja	Einziehender, beheizter Hauptseilfahrtschacht, Material- und UTV-Versatztransport, 5kV-Schachtkabel
Heimboldshausen	1909-1913	Grubenfeld Hattorf	200	809,0	4,50	ja	ja	Ausziehender Schacht, Diesel- und Sprengstofffallleitung, 20kV-Schachtkabel
Grimberg	1900-1903	Grubenfeld Wintershall	200	545,9	5,50	ja	ja	Einziehender, beheizter Förderschacht, Seilfahrt, 5kV-Schachtkabel

Bezeichnung	Teufzeit	Lage	Radius Sicherheitspfeiler	Teufe	Min. Durchmesser	Anschluss		Aufgaben
Herfa	1911-1913	UTD Herfa-Neurode	100	769,5	4,50	ja	ja	Einziehender, beheizter Hauptseilfahrtschacht, Material- und Abfall- und Versatztransport, 20kV-Schachtkabel
Neurode	1911-1913	UTD Herfa-Neurode	100	731,4	4,50	nein	ja	Ausziehender Schacht, Materialtransport
Heringen	1907-1911	Grubenfeld Wintershall	100	472,0	5,00	ja	nein	Ausziehender Schacht, Materialtransport, 5kV-Schachtkabel

Schacht Hattorf

Der Schacht Hattorf wurde von September 1905 bis Mai 1908 im Grubenfeld Hattorf mit einer Endteufe von 711 m abgeteuft (VKS AG, 1954, /212/). Der Schacht Hattorf dient der Rohsalzförderung, ist mit zwei Förderungen mit jeweils zwei Skipgefäßen mit je 15 t Nutzlast ausgerüstet und dient weiterhin als Frischwetterschacht.

Schacht Ransbach

Mit dem Teufen des Schachtes Ransbach wurde Mitte des Jahres 1911 begonnen. Fertiggestellt wurde der Schacht am 1. Juli 1913 mit einer Endteufe von 813,60 m (VKS AG, 1959b, /216/). Der Schacht Ransbach wird als Seilfahrt- und Materialschacht, für Abfalltransporte zur Verwertung/Beseitigung sowie als Frischwetterschacht genutzt.

Schacht Heimboldshausen

Am Schacht Heimboldshausen ist eine Bühnenwinde installiert sowie eine Arbeitsbühne eingebaut, mit der Schachtbefahrungen und anfallende Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden. Über Fallleitungen werden Andex und Dieselkraftstoff nach unter Tage verbracht. Der Schacht Heimboldshausen dient weiterhin als Abwetterschacht.

Schacht Grimberg

Der Schacht Grimberg wurde von April 1900 bis Dezember 1902 mit einer Endteufe von 531 m abgeteuft. Im Juli 1903 wurde über diesen Schacht mit der Förderung im Grubenfeld Wintershall begonnen (K+S, 1971a, /46/). Der Schacht Grimberg dient der Rohsalzförderung und ist mit einer Skipförderung mit 25 t Nutzlast ausgerüstet. Er kann in Sonderfällen, nach entsprechender Revision, zur Seilfahrt genutzt werden. Der Schacht ist mit einer stationären Hilfsfahranlage ausgerüstet und wird als Frischwetterschacht genutzt.

Schacht Herfa

Der Schacht Herfa wurde von September 1911 bis Mitte 1913 im Grubenfeld Wintershall mit einer erreichten Endteufe von 735 m (Wintershall AG, 1959c, /231/) abgeteuft und im Jahr

1952 bis 766,75 m nachgeteuft. Der Schacht Herfa wird als Seilfahrt- und Materialschacht sowie für Abfalltransporte zur Beseitigung und Verwertung genutzt. Er ist mit einer Hilfsfahranlage ausgestattet und wird als Frischwetterschacht genutzt.

Schacht Neurode

Der Schacht Neurode wurde von August 1911 bis Mitte 1913 im Grubenfeld Wintershall mit einer Endteufe von 731,00 m abgeteuft (Wintershall AG, 1959c, /231/). Der Schacht Neurode wird mit seiner Bühnenwinde für Schwertransporte bis 18,1 t genutzt und ist ein Abwetterschacht. Auch übergroße Abfallbehälter werden hier nach unten bzw. wieder nach oben Tage verbracht.

Schacht Heringen

Der Schacht Heringen ist ein Abwetterschacht und wurde von Juni 1907 bis März 1911 im Grubenfeld Wintershall mit einer Endteufe von 472 m abgeteuft (Wintershall AG, 1951, /117/). Im Schacht Heringen sind Fallleitungen für Dieselkraftstoff, Hydrauliköl und Wasser eingebaut. Für erforderliche Reparatur- und Wartungsarbeiten ist eine Befahrungsanlage vorhanden und dient weiterhin als Abwetterschacht.

Nachfolgend werden die

- Rechtliche Situation bei erforderlichen Umbaumaßnahmen

und

- Maßnahmen zur Beherrschung von Undichtigkeiten am Schachtausbau

allgemein beschrieben, um zu belegen, dass bei der durchgängigen Umsetzung der Vorschriften und Maßnahmen ein möglicher unbeherrschbarer Zufluss über die Schächte nach heutigem Kenntnisstand ausgeschlossen werden kann.

6.1 Betrieb und regelmäßige Prüfungen der Schächte

Alle Schächte der Grube Hattorf-Wintershall wurden bzw. werden regelmäßig kontrolliert und Maßnahmen zur Beherrschung von aufgetreten Schäden bzw. möglicher Salzlösungszuflüsse eingeleitet. Zum sicheren Betrieb der Schächte wurden in Hessen entsprechende Bergverordnungen erlassen (1953, /3/; 1977 /8/; 2005, /37/) und am Standort Hattorf-Wintershall entsprechend umgesetzt.

Gegenwärtig sind der Betrieb und die regelmäßigen Prüfungen der Schächte in der Allgemeinen Bundesbergverordnung (1995, /2/) und im zweiten Abschnitt „Schacht- und Schrägförderanlagen“ der Hessischen Bergverordnung (2012, /38/) geregelt. Im § 21 „Prüfungen“ der Hessischen Bergverordnung (2012, /38/) werden die regelmäßigen Prüfungen beschrieben. Die Schächte sind regelmäßig durch fachkundige⁷ und verantwortliche⁸ Personen zu prüfen.

⁷ Prüfung durch fachkundige Personen ist das Besichtigen zur Feststellung äußerlich erkennbarer Schäden oder Mängel und erforderlichenfalls das Feststellen der ordnungsgemäßen Funktionsfähigkeit einzelner Teile durch Stichproben. Fachkundige Personen sind betrieblich bestellte Personen.

⁸ Prüfung durch verantwortliche Personen ist das eingehende Besichtigen zur Feststellung von Schäden oder Mängeln, insbesondere an allen sicherheitlich wichtigen Teilen, und erforderlichenfalls das Feststellen der ordnungsgemäßen Funktionsfähigkeit einzelner Teile durch Stichproben einschließlich der dazu erforderlichen Messungen. Verantwortliche Personen sind betrieblich bestellte Personen.

Schacht- und Schrägförderanlagen sind mindestens einmal jährlich, höchstens im Abstand von 13 Monaten hinsichtlich aller Anlagenteile einschließlich der elektrischen Anlagenteile sowie der Signal- und Steueranlagen von außerbetrieblichen Sachverständigen⁹ zu prüfen (DMT, 2008b, /19/; 2010, /20/; 2012, /21/; 2013, /22/).

Die durchzuführenden Arbeiten werden in den Plänen für Instandhaltung und systematische Prüfung aller Schachtanlagen nach ABergV § 17 Abs. 3 (1995, /2/) und Hessische Bergverordnung § 21 „Prüfungen“ (2012, /38/) dargestellt. Nach § 22 der Hessischen Bergverordnung (2012, /38/) ist für alle Schächte ein Betriebsbuch zu führen. In das Betriebsbuch sind alle wesentlichen Angaben über den betriebstechnischen und sicherheitlichen Zustand der Schachtanlage aufzunehmen. Die Prüfungen werden in den Betriebsbüchern der Schächte dokumentiert.

Weiterhin sind in allen Schächten zur frühzeitigen Erkennung von möglichen Salzlösungszuflüssen bzw. Defekten an Rohrleitungen im Bereich der Schachtsümpfe Wasserwarnanlagen vorhanden.

6.2 Darstellung der rechtlichen Situation bei der Inbetriebnahme neu errichteter oder geänderter Schachtanlagen

Die rechtliche Situation bei der Inbetriebnahme und die Prüfung durch einen Sachverständigen von neu errichteter oder geänderter Schachtanlagen sind in den § 16 „Inbetriebnahme“ und § 17 „Abnahmeprüfung“ der Hessischen Bergverordnung (2012, /38/) geregelt.

Die geplanten Änderungen an der Schachtanlage müssen den allgemein anerkannten Regeln der Sicherheitstechnik, insbesondere den Technischen Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (TAS, 2005, /205/) entsprechen und müssen durch einen Sachverständigen vorgeprüft werden. Anschließend werden die geplanten Änderungen von Schachtanlagen der Bergbehörde zur Zulassung vorgelegt.

Nach dem Umbau erfolgt eine förmliche Abnahme durch einen oder mehrere Sachverständige. Erst wenn der Sachverständige bescheinigt hat, dass die Schachtanlage entsprechend der Zulassung durch die Bergbehörde errichtet bzw. geändert worden ist und gegen den Betrieb keine sicherheitstechnischen Bedenken bestehen, kann die Schachtanlage wieder genutzt werden.

Als Beispiel soll hier der Bau und Betrieb von zwei neuen Unterseilrevisionsbühnen im Schacht Herfa im Jahr 2008 angeführt werden. Durch K+S wurden die entsprechenden Projektunterlagen erarbeitet (K+S, 2008a, /77/) und dem Sachverständigen zur Prüfung vorgelegt. Nach erfolgter Prüfung durch den Sachverständigen (DMT, 2008a, /18/) wurde der Betriebsplannachtrag an die zuständige Bergbehörde auf Zulassung eingereicht (K+S, 2008b, /78/) und mit Schreiben vom 06.05.2008 zugelassen (RP Kassel, 2008b, /182/). Nach Errichtung der neuen Unterseilrevisionsbühnen erfolgte abschließend die Abnahme durch den Sachverständigen (DMT, 2008b, /19/) und der Eintrag in das technische Datenblatt für Schachtförderanlagen des Betriebsbuches für die Schachtanlage Herfa (K+S, 2008c, /79/).

⁹ Prüfung durch Sachverständige ist das eingehende Besichtigen und Bewerten zur Feststellung von Schäden oder Mängeln, insbesondere aller sicherheitlich wichtigen Teile und Betriebsmittel einschließlich der Durchführung der dazu erforderlichen Messungen, falls erforderlich nach Säubern einzelner Teile und Betriebsmittel, und das Erproben auf ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit der Anlagen, Anlagenteile und Betriebsmittel, einschließlich der dazu erforderlichen Messungen. Sachverständige sind die für die Durchführung festgelegter Prüfungen oder für die Vorprüfung von Unterlagen durch die Bergbehörde anerkannten in der Regel betriebsfremde Personen.

6.3 Maßnahmen zur Beherrschung von Undichtigkeiten am Schachtausbau

Durch die Bearbeiter wurden die vorhandenen Unterlagen zu den Tagesschächten bezüglich folgender Schwerpunkte geprüft und ausgewertet:

- Abteufen der Schächte (Besonderheiten beim Abteufen, hydrogeologische Besonderheiten etc.),
- Lage der wasserführenden Schichten in Bezug auf den Schachtausbau,
- Funktion der Schächte,
- Besonderheiten während der Betriebsphase,
- Maßnahmen zum Abdichten des Schachtausbaus,
- eventuell Verfüllung offener Hohlräume im Bereich Schachtsicherheitspfeiler.
- aktuelle Maßnahmen zur Beherrschung eines Salzlösungszutrittes über Schächte.

Eine detaillierte Beschreibung der durchgeführten Kontrollen und Maßnahmen zur Erhaltung der Betriebssicherheit der einzelnen Schächte wird in der vorliegenden gutachterlichen Stellungnahme aufgrund des großen Umfangs der bisher durchgeführten Arbeiten der mittlerweile über 100 Jahre alten Tagesschächte nicht vorgenommen. Eine zusammenfassende Beschreibung der Maßnahmen zur Beherrschung von Undichtigkeiten am Schachtausbau erfolgt deshalb im Abschnitt 6.3.1. Im Abschnitt 6.3.2 werden die Tagesschächte der Grube Hattorf-Wintershall beschrieben, in welchen durch den Einbau einer Schachtvorbausäule der komplette Tübbingausbau bzw. Teilabschnitte des Tübbingausbaues dauerhaft saniert wurden.

Wie bereits im Abschnitt 6.1 ausführlich dargelegt, werden sämtliche Schächte einschließlich des Schachtausbaus durch K+S systematisch gewartet und kontinuierlich überwacht. Somit werden auftretende Undichtigkeiten ohne zeitliche Verzögerung erkannt und Maßnahmen zur Sicherung der Tagesschächte eingeleitet. Wenn möglich, werden die auftretenden Salzlösungszuflüsse bereits an der Austrittsstelle abgedichtet.

Bei Anwendung entsprechender technischer Sanierungsmöglichkeiten, die sich jeweils nach den Randbedingungen des konkreten Falles richten sowie der entsprechenden Risikoeinschätzung folgend, ist davon auszugehen, dass nach dem Stand der Technik der Zufluss an der Austrittsstelle abgedichtet werden kann. Zur Abdichtung kann eine Vielzahl von Verfahren in Abhängigkeit vom Schadensbild angewendet werden. Beispielfhaft sollen hier folgende Verfahren aufgezählt werden:

- Pikotieren,
- Verschrauben,
- Verkleben,
- Verpressen,
- Einsatz eines Rammkonus mit Packer,
- Zementieren

oder

- Einbau von Vorbauringe bzw. Vorbausäulen.

Weiterhin können die Salzlösungszuflüsse aufgefangen und anschließend abgeleitet werden. Diese Maßnahme wird durchgeführt, wenn eine geringe aber stetige Salzlösungsmenge zu-

fließt und die durchzuführende Sanierungsmaßnahme in absehbarer Zeit nicht zu einer Abdichtung führt. Hierbei werden die zufließenden Salzlösungen in einer sogenannten Traufelrinne¹⁰ gesammelt und anschließend entsorgt.

Nachfolgend sollen die möglichen Sanierungsmaßnahmen näher erläutert werden.

6.3.1 Abdichten von Salzlösungszuflüssen am Schachtausbau

Langfristig gesehen können Tübbingsäulen durch die Installation einer Vorbausäule gesichert werden (Abschnitt 6.3.2). Dies wurde in der Vergangenheit schon in vielen Schächten mit unterschiedlichen technischen Konzeptionen bis zu einer maximalen Länge von 320 m verwirklicht. Im Vorfeld erfolgten regelmäßige Bestandsaufnahmen und Ultraschall-Wandstärkenmessungen, um die Notwendigkeit/ zeitliche Dringlichkeit dieser relativ aufwändigen und kostenintensiven Maßnahme abschätzen zu können.

Regelmäßige Instandsetzungsarbeiten müssen hinsichtlich von Schadstellen wie Rissen, Spongiosestellen, korrodierten (Zementier-)Flanschen und undichten Holz- und Metallstopfen vorgenommen werden. Zu ergreifende Maßnahmen müssen folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Eignung für gerade und gewellte Tübbingsegmente,
- mechanische Sicherung/Abdichtung der Stopfen,
- Einsatz einer Havarievorrichtung während der Reparatur,
- Vermeidung weiterer Perforation, d.h. möglichst kein Durchbohren der Tübbingsegmente,
- keine Verringerung des freien Schacht-Querschnitts,
- Erhaltung der Kontroll- und Wartungsmöglichkeit der Tübbingsäule

und die

- Dauerhaftigkeit der Sicherung und Abdichtung muss gewährleistet sein.

Korrodierte und undichte Holz- und Metallstopfen werden mit einem in eine 8 mm bis 10 mm tiefe Nut eingelegten Bleiring abgedichtet (Abbildung 9 und Abbildung 10). Die Nut wird zuvor mit Diamantbohrkronen gebohrt und auf die Dichtung wird das offene Ende eines Vorbautopfes eingepresst. Je nach Lage der Stopfen wird Nut bzw. Vorbautopf (Ausfüllung mit chemischem Dichtungsmittel) auf der Tübbingwandung oder auf einem Verfüll- oder Verpressflansch erstellt. Eine Schraubenverbindung befestigt die Konstruktion am Tübbingsegment. Aus Sicherheitsgründen erfolgen Stopfen-Freilegung und Montage des Vorbautopfes unter Nutzung einer Havarievorrichtung (Zapp et al., 2002, /236/).

¹⁰ Die Traufelrinne ist eine U-förmige Rinne, welche bündig an der Außenwand des Schachtmauerwerkes angebracht wird, um die Lösungszuflüsse aufzufangen und abzuleiten.

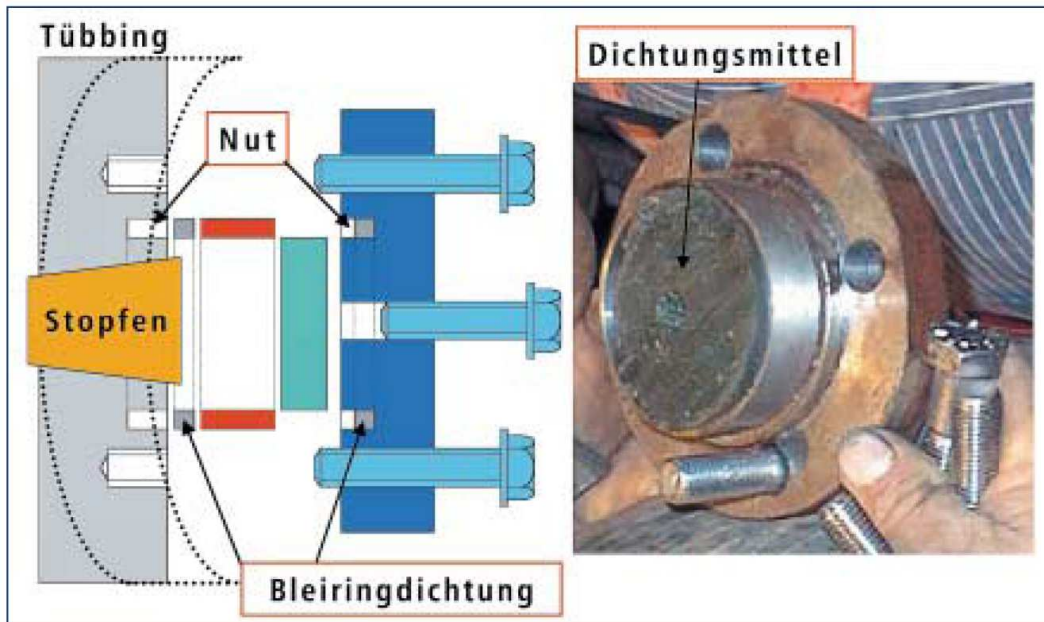


Abbildung 9 Prinzip der Stopfensicherung (Zapp et al. 2002, /236/)



Abbildung 10 Fertiggestellte Stopfensicherung (Zapp et al., 2002, /236/)

Risse- und Spongiosestellen treten vermehrt im Bereich der Verstärkungsrippen und im Übergangsbereich von Tübbingwandung zu Lager- und Stoßflansch auf. Mittels Kernbohrungen werden hier Dichtungsnuten mit bis zu 300 mm lichtem Durchmesser erstellt. der Vorbaupf wird anschließend mit einer Traverse in die Nut mit eingebetteter Bleidichtung einge-

presst, welche an den Tübbingrippen und/oder an den Lagerflanschen der Tübbingsegmente verschraubt wird (Abbildung 11). Des Weiteren wurden in der Vergangenheit Versuche mit Spezialkleber-Abdichtungen (hohe Druckfestigkeit und Möglichkeit der Nachbearbeitung) und Spachtelmasse gemacht (Zapp et al., 2002, /236/).

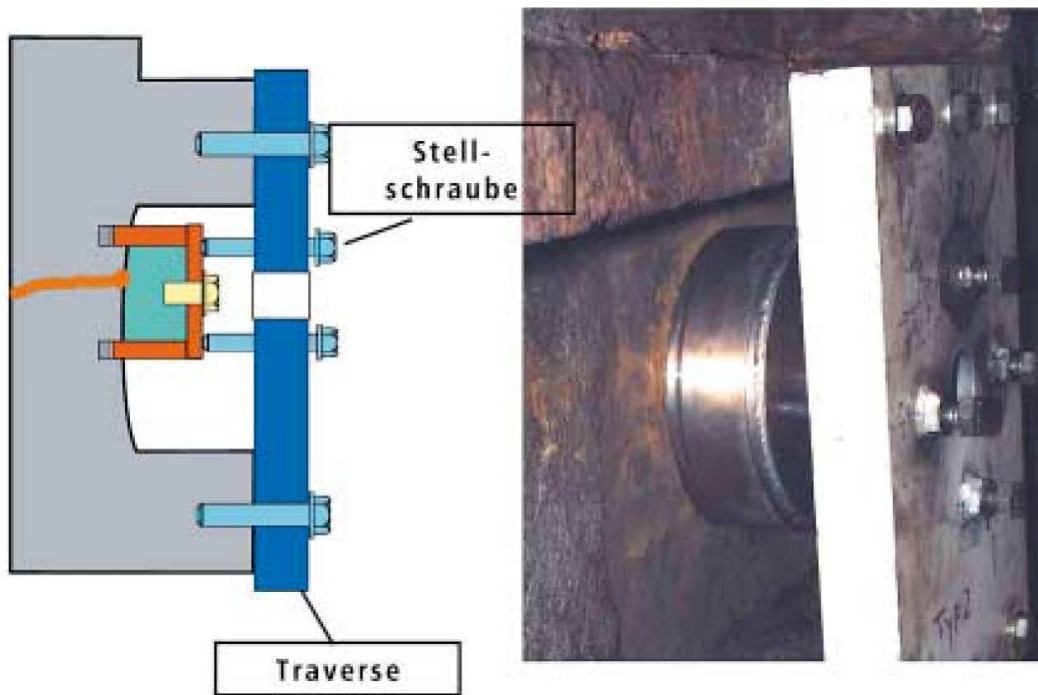


Abbildung 11 Sanierung von Rissen und Lunkern mittels Traverse (Zapp et al., 2002, /236/)

Im Falle von **großflächig ausgebildeten Schadstellen** werden Vorbaukassette und Tübbingsegment zur Sicherung und Abdichtung eines gesamten Tübbingfeldes verschraubt. Eine umlaufende, gefräste Nut mit eingelegter Bleidichtung dient als Dichtelement (erstmalig im Schacht Unterbreizbach angewendet, Abbildung 12).

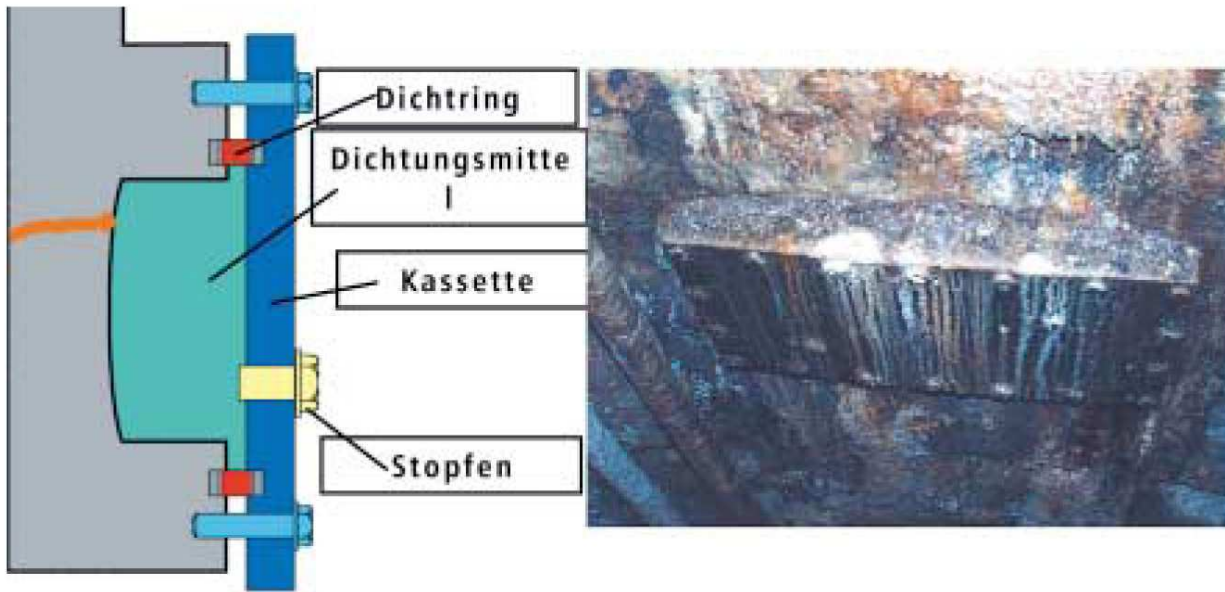


Abbildung 12 Vorbaukassette (Zapp et al., 2002, /236/)

Von Spongiose betroffene Abschnitte und Zementierlöcher wurden ganze Tübbingfelder mit einer angeschraubten Vorbaukassette gesichert und abgedichtet. Hierbei wird beim satzweisen Einbau der Tübbingringe von unten nach oben mittels Passring oder Horizontalpikotage (d.h. durch Eintreiben und Verkeilen von Spitzhölzern) eine Dichtwirkung erzielt. Die Pikotage wird durch Vorbau eines massiven Flachstahlringes, der mit dem Tübbingausbau oder der Pikotage verbohrt wurde, gesichert. Marode Horizontalpikotagen können mit einer ca. 1,5 m hohen, mörtel hinterfüllten Stahlblechschürze versehen werden. Diese ist zwar nicht wasserdicht - verhindert jedoch den Aufbau von hydrostatischem Druck hinter dem Tübbingausbau und entlastet die Konstruktion so durch kontrollierte Druckbegrenzung bzw. durch Druckabbau. Des Weiteren wird zum kontrollierten Abführen der Salzlösung zwischen Tübbingausbau und Blechschürze eine Ringdrainage installiert (Abbildung 13).

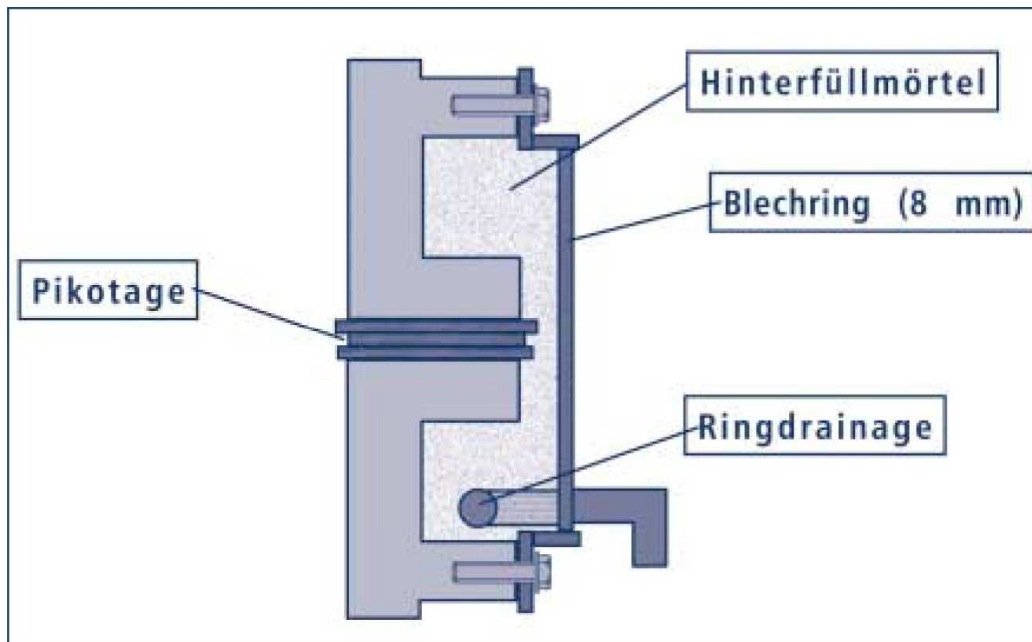


Abbildung 13 Sanierungsvariante für Pikotagefuge mit Ringdrainage (Zapp et al., 2002, /236/)

6.3.2 Sicherung des Tübbingausbaues durch Einbau einer Schachtvorbausäule

Im Abschnitt 6.3.1 wurden bereits mehrere Maßnahmen zur Sanierung von Undichtigkeiten im Bereich des Schachtausbaues beschrieben. Bei diesen Sanierungsmaßnahmen handelt es sich jedoch um Einzelmaßnahmen. Durch den Einbau einer Schachtvorbausäule wird dagegen der komplette Tübbingausbau bzw. werden Teilabschnitte des Tübbingausbaues dauerhaft saniert.

Nachfolgend werden die eingebauten Vorbausäulen in den Schächten Hattorf, Ransbach und Grimberg kurz beschrieben. In allen drei Schächten sollte die vorhandene Fördertechnik weiterhin unverändert betrieben und die Querschnittsreduzierung infolge des neuen Schachtausbaues so gering wie möglich gehalten werden. Aufgrund der innen glatten Vorbausäule kommt es trotz Querschnittsreduzierung zu einer Verringerung des Wetterwiderstandes im Vergleich zum Tübbingausbau.

Deshalb wurde in allen Schächten eine Vorbausäule nach dem System eines gebetteten Stahlblechmantels eingebaut. Dieses System besteht aus einem dichtgeschweißten, gegen Wasserdruck tragfähigen Stahlblechmantel, wobei die zwischen Stahlblechmantel und vorhandenem Ausbau verbleibende Fuge zur Erhöhung der Tragfähigkeit mit Mörtel vollverfüllt wird (Abbildung 14). Der Stahlblechmantel wird somit gebettet, d.h. es besteht ein direkter Kontakt zum vorhandenen Ausbau (Tübbing bzw. Mauerwerk).

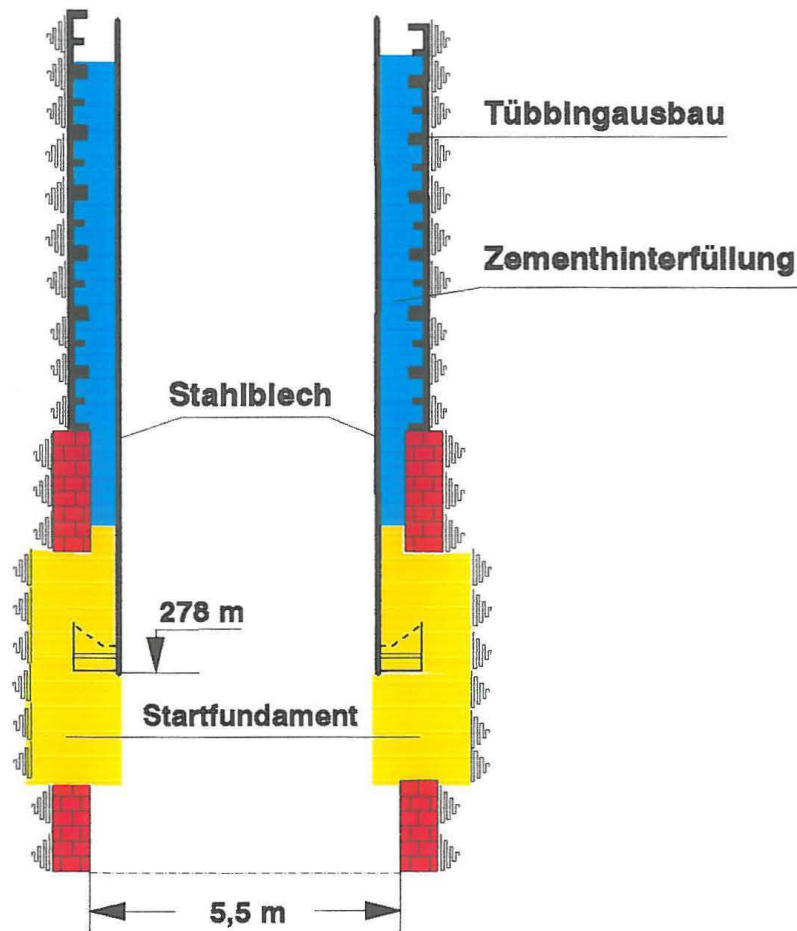


Abbildung 14 Schematische Darstellung einer Stahlblech - Vorbausaule am Beispiel Schacht Grimberg (K+S 1993b, /156/)

Die Wanddicke des Stahlmantels richtet sich bei gegebenem Durchmesser nach dem anstehenden hydrostatischen Gebirgsdruck. Am unteren Ende der mörtelverfüllte Fuge wird der Bereich zwischen Stahlblechmantel und Gebirge durch Einbringen eines Dichtring aus sogenannter Chemical-Seal-Masse hydraulisch dicht verschlossen (Valk, 1992b, /209/).

Diese spezielle Kunststoffmasse expandiert beim Eindringen von Wasser und verhindert so das Zufließen von Salzlösungen in den Schacht (Abbildung 15). Der Stahlblechmantel wird auf ein sogenanntes Startfundament aufgebaut. Nach Verfüllung der Fuge wird das Eigengewicht des Stahlmantels über den Hinterfüllmörtel in den vorhandenen Ausbau und das Gebirge abgeleitet. Das Startfundament dient auch als unteres Widerlager für den Dichtring (Valk, 1992b, /209/).

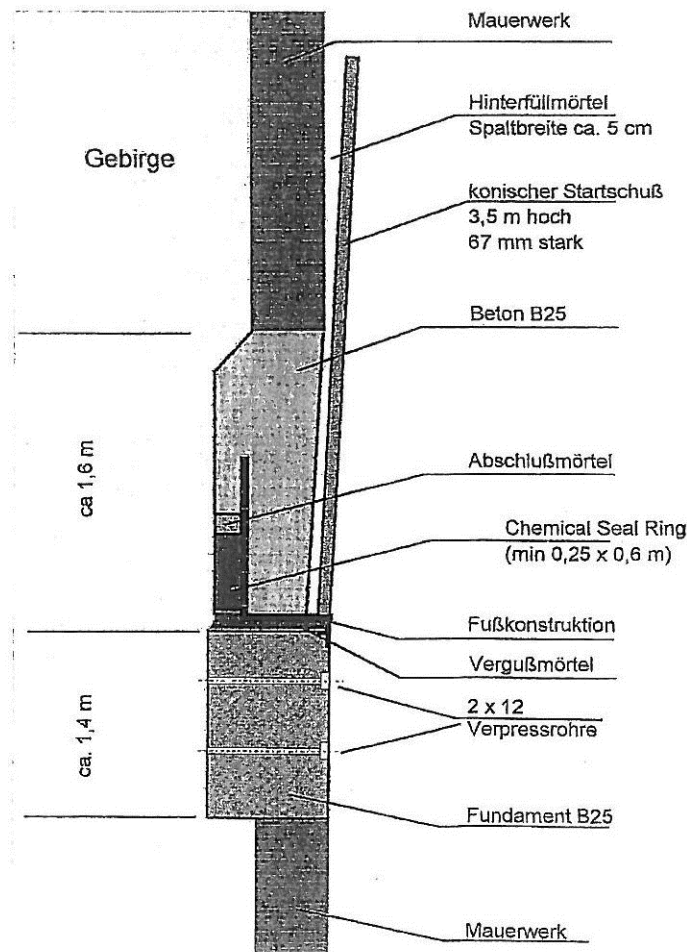


Abbildung 15 Schema Startfundament mit Dichtung Schacht Grimberg (Schütze & Gerland, 1996, /199/)

Schacht Hattorf

- 1983 Einbau einer Stahlblech-Vorbausäule im Bereich „Obereisen“¹¹ zur Sicherung des Tübbingabschnittes von 0,0 m bis 114,0 m Teufe (Valk, 1983, /207/),
- 1986 Einbau einer Stahlblech-Vorbausäule im Bereich „Untereisen“¹² zur Sicherung eines Tübbingabschnittes von 476,4 m bis 489,7 m Teufe. Hierbei wurde ein gebetteter Stahlzylinder mit einer Wanddicke von 65 mm eingebaut (Deilmann-Haniel-Gruppe, 1986, /12/).
- 2000-2001 Einbau einer Stahlblech-Vorbausäule zur Sicherung eines Tübbingabschnittes von ca. 413 m bis 445 m Teufe. Hierbei wurde ein Feinkornstahl S 355 N mit einer Wanddicke von 70 mm eingebaut (Ahlbrecht, 2001, /1/).

¹¹ Obereisen ist eine betriebliche Bezeichnung für die obere Tübbingsäule im Bereich des Buntsandsteins

¹² Untereisen ist eine betriebliche Bezeichnung für die untere Tübbingsäule im Bereich des Leine-Karbonates (Plattendolomit)

Schacht Ransbach

- Tübbingausbau bis ca. 92 m Teufe,
- Juli 1990 Einbau des Startfundamentes und des Dichtringes,
- Juli 1991 Einbau des Stahlblechmantels mit Mörtelhinterfüllung (Valk, 1992b, /209/), die Unterkante der wasserdichten Vorbausäule wurde ca. 16 m unterhalb der Tübbingsäule bei der Teufe von 108,2 m festgelegt,
- Bei einem vorhandenen lichten Durchmesser der Tübbingsäule an seiner engsten Stelle von 4,44 m und bei einer Wanddicke des Stahlzylinders bis 30 mm verblieb bei einer Mörtelfugenbreite von ca. 5 cm ein lichter Durchmesser des Stahlblechmantels von 4,28 m. (Valk, 1992b, /209/).

Schacht Grimberg

- Anfang der 1990er Jahre Entscheidung zugunsten einer langfristig wirksamen Verstärkung und Abdichtung des Tübbingausbaus mit einer gebetteten Stahlblech - Vorbausäule (K+S, 1993b, /156/).
- Einbau einer Vorbausäule von 4 m bis 278 m Teufe (dickwandiger, dichtgeschweißter Stahlblechmantel mit Mörtelhinterfüllung (Schütze & Gerland, 1996, /199/),
 - 1992 Herstellung des Startfundaments (Abbildung 15),
 - 1993 Einbau des ersten Abschnittes der Vorbausäule mit einer Länge von 96 m,
 - 1994 Einbau des zweiten Abschnittes der Vorbausäule mit einer Länge von 180 m.

6.4 Bewertung der Maßnahmen zur Beherrschung eines Salzlösungszutrittes über Schächte

Die Schächte werden seit dem Abteufen ständig überwacht und gewartet. Erforderliche Reparaturen an und in den Schächten werden schnellstmöglich durchgeführt. Diese Arbeiten nehmen in der gesamten K+S-Gruppe einen sehr hohen Stellenwert ein. Hierbei kommt der Überwachung und Kontrolle des wasserdichten Schachtausbaues, speziell des Tübbingausbaus, besondere Bedeutung zu. Die Schächte der Grube Hattorf-Wintershall werden im Rahmen von Befahrungen und betriebsplanmäßigen Kontrollen einer regelmäßigen Untersuchung unterzogen. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen werden entsprechende Reparaturprojekte abgeleitet, die der Priorität folgend umgesetzt werden.

Werden Zutritte und Wegsamkeiten hinter den Tübbingsäulen festgestellt, so werden diese, falls erforderlich, durch systematische Injektionen auf Zement- und Kunststoffbasis abgedichtet.

Undichtigkeiten im Tübbingausbau können durch

- Auswechseln von Schrauben,
- Verstemmen von Fugen

und

- Sicherung von Massivstopfen sowie von Zementierflanschen durch Überstülpkonstruktionen

abgedichtet werden.

Spongioseschäden sind in der Vergangenheit teilweise durch Aufschrauben von Sicherungsblechen über ganze Tübbingfelder gesichert worden. Die einzelnen Sanierungsmöglichkeiten wurden im Abschnitt 6.3.1 näher erläutert.

Im Bereich des Tübbingausbaues wurden in den Schächten Grimberg, Ransbach und Hattorf als Generalreparatur dichtgeschweißte Stahlblech - Vorbausäulen installiert (vgl. Abschnitt 6.3.2).

Zum Nachweis der Stabilität der Spurlatten und der Einstriche werden jährlich in den Schächten Herfa, Grimberg und Hattorf Beschleunigungsmessungen durchgeführt. Diese Beschleunigungsmessungen werden als sicherer Indikator für Veränderungen im Bereich der Schachtstöße angesehen.

Die einzelnen Schächte der Grube Hattorf-Wintershall werden in regelmäßigen Abständen durch fachkundige und verantwortliche Personen (betriebliche Spezialisten) sowie durch Sachverständige (außerbetriebliche Spezialisten) befahren und auf Schäden kontrolliert.

Ein schlagartiges Versagen eines Schachtes und damit das Auftreten eines unbeherrschbaren Salzlösungszutritts kann nach heutigem Kenntnisstand ausgeschlossen werden und ist somit nicht zu besorgen.

7 Überprüfung und Bewertung der Maßnahmen nach Abschluss der Betriebsphase

7.1 Verwahrung der Schächte

In Vorbereitung der Nachbetriebsphase werden die Schächte Herfa, Neurode, Grimberg und Heringen im Grubenfeld Wintershall sowie die Schächte Hattorf, Heimboldshausen und Ransbach im Grubenfeld Hattorf nach Abschluss der Betriebsphase zur Sicherstellung einer trockenen Verwahrung langzeitsicher verschlossen.

Die Verwahrung hat so zu erfolgen, dass ein Zutritt von Salzlösungen in die Grube Hattorf-Wintershall sicher ausgeschlossen wird. Weiterhin ist auszuschließen, dass Salzlösungen aus der Grube Hattorf-Wintershall in die Biosphäre austreten können. Bei der Planung muss daher berücksichtigt werden, dass in der Grube Hattorf-Wintershall Salzlösungen unter hydrostatischem Druck anstehen können, unabhängig davon, ob eine zusätzliche Belastung der Lösung durch Schadstoffe vorliegt oder nicht. Die Verwahrung der Schächte hat nach dem Stand der Technik zu erfolgen:

- Zur Verwahrung der Schächte sollen langzeitbeständige Materialien, wie z.B. Schotter, Kiese, Splitte, Sande, Bentonite bzw. Feuchtversatz aus der Kalihohlsalzaufbereitung zum Einsatz kommen.
- Vollverfüllung der Schachtröhre sowie auslaufsichere Gestaltung aller Schachtabgänge durch spezielle Zusatzmaßnahmen (K+S, 2002, /62/).
- Vorhandener wasserdichter Ausbau (Tübbingausbau, Küvelage) verbleibt in der Schachtröhre, Rost und Verkrustungen sind zu entfernen.
- Setzungsstabilität und Auslaufsicherheit der Schottermaterialien wurden durch umfangreiche Labor- und In-situ-Versuche nachgewiesen (K+S, 2002, /62/).
- Das Dichtmaterial Bentonit als natürliches Analogon wurde ausführlich beschrieben und die Dichtheit anhand von Labor- und In-situ-Versuchen nachgewiesen (Sitz 1981, /201/; 1997, /202/; Sitz & Elert 1995, /200/; Sitz, Gruner & Rumphorst 2003a, /203/; 2003b /204/; K+S, 2002, /62/; Gruner et al. 2003, /33/).

Die genannten Empfehlungen beschreiben die prinzipielle Lösung für einen langzeitsicheren Schachtverschluss nachzeitigem Stand der Technik. Für die einzelnen Schächte wird diese Lösung an die im Detail teilweise unterschiedlichen geologischen und ausbautechnischen Verhältnisse angepasst. Die genaue Lage der Einbaubereiche für die Dichtelemente wird im Zuge der Planung festgelegt.

Die sieben Tagesschächte der Grube Hattorf-Wintershall können somit nach dem Stand der Technik langzeitsicher verschlossen werden.

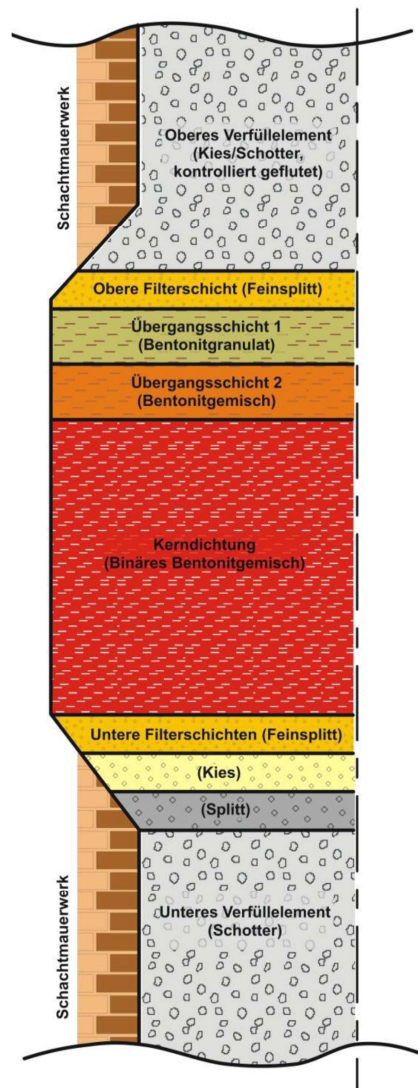


Abbildung 16 Prinzipieller Aufbau langzeitstabiler Schachtverschlüsse im Salinar - Typ Salzdetfurth (K+S, 2002, /62/)

7.2 Verwahrung der Förderrollloches zum Grubenfeld Unterbreizbach

Seit dem Jahr 2005 besteht zwischen den Gruben Hattorf-Wintershall und Unterbreizbach eine Förderverbindung. Das vertikale Förderrollloch mit einem Durchmesser von 1,0 m und einer Länge von ca. 25 m wurde zwischen der Grube Hattorf-Wintershall (2. Sohle) und der Grube Unterbreizbach (1. Sohle) im Mittleren Werra-Steinsalz, ausgehend von der 3. südl. Abt. n. Westen (2. Sohle Grube Unterbreizbach), aufgefahren (K+S, 2003, /66/; 2004, /67/).

Dies stellt eine Durchörterung des Sicherheitspfeilers der Betriebsbereichsgrenze zwischen den Grubenfeldern Hattorf und Unterbreizbach dar, und verletzt somit die laterale geologische Barriere zur Grube Hattorf-Wintershall (ANLAGE 8).

Im Rahmen einer Sicherheitsbewertung der Grubenfelder des Werkes Werra mit dem geplanten Förderverbund zwischen den Grubenfeldern Hattorf und Unterbreizbach (ERCOSPLAN, 2002, /25/) wurde hierzu ein Gutachten erstellt, in welchem der Stand der Technik bei der langzeitsicheren Abdichtung von vertikalen bzw. stark geneigten Grubenbauen im Salinar untersucht wurde (IBeWa, 2002, /42/). Es konnte nachgewiesen werden, dass der Bau und die Funktionstüchtigkeit langzeitbeständiger, technisch flüssigkeitsdichter Verschlüsse für vertikale bzw. stark geneigte Hohlräume im Steinsalzgebirge seit dem erfolgreichen Abschluss des In situ-Versuches Salzdetfurth derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik ist (IBeWa, 2002, /42/). Zur Vordimensionierung der Verfüllsäule zur langzeitsicheren Verwahrung des Förderrollloches erfolgte 2003 eine weitere Studie (IBeWa, 2003a, /43/).

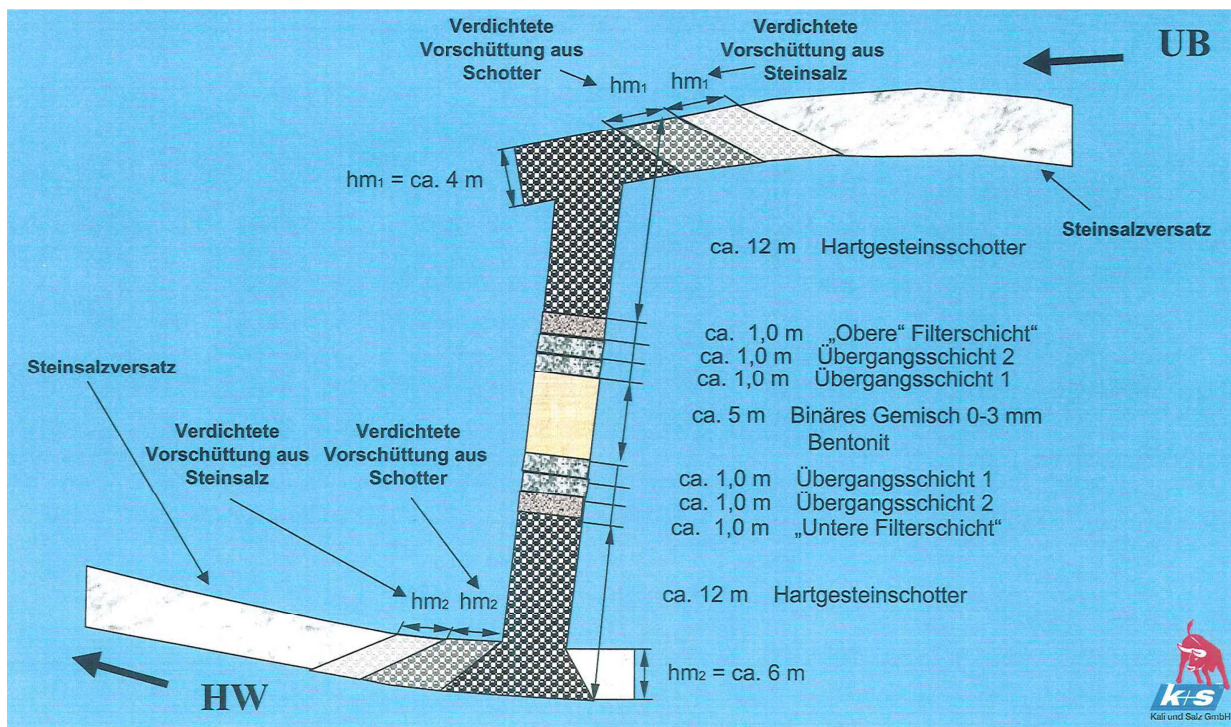


Abbildung 17 Schematische Darstellung der Verfüllsäule zur Verwahrung des Förderrollloches zwischen den Gruben Hattorf-Wintershall und Unterbreizbach (nach K+S, 2003, /66/)

Durch K+S wurden die Auffahrung, der Betrieb der länderübergreifenden Förderverbindung zwischen den Grubenfeldern Hattorf und Unterbreizbach sowie die zu treffenden Verwahrungsmaßnahmen in einem Sonderbetriebsplan dem Bergamt zur Zulassung vorgelegt (K+S, 2003, /66/) und mit Bescheid Nr. 742/2003 vom 29.10.2003 durch die Behörde zugelassen (RP Kassel, 2003b, /173/).

In Abbildung 17 ist der schematische Aufbau der Verfüllsäule im Förderrollloch, welches vor dem Einbau der Verschlussmaterialien von 1,0 m auf 1,8 m Durchmesser aufgebohrt wird, dargestellt.

Der Aufbau der Verfüllsäule sowie die vorgesehenen Verschlussmaterialien im Bereich des Förderrollloches sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Aufbau und Bestandteile der Verfüllsäule Förderrollloch nach K+S (2003, /66/)

Bezeichnung	Verschlussmaterial	Mächtigkeit in m
Oberes Widerlager	Hartgesteinsschotter	12
Obere Filterschicht	Feinsand, Grobsand, Kies, Splitt	1
Übergangsschicht 2	Calcigel ¹³ -Granulat	1
Übergangsschicht 1	Mineralgemisch, Calcigelmehl und Calcigel-Granulat	1
Langzeitdichtelement	Binäres Bentonitgemisch (Bentonit mit Körnung 0 mm - 3 mm und Bentonitpellets) (Glättung der Bohrlochwandung mit binärem Calcigel-Bentonit-Gemisch)	5
Übergangsschicht 1	Mineralgemisch, Calcigelmehl und Calcigel-Granulat	1
Übergangsschicht 2	Calcigel-Granulat	1
Untere Filterschicht	Feinsand, Grobsand, Kies, Splitt	1
Unteres Widerlager	Hartgesteinsschotter	12

Weiterhin erfolgt die Ertüchtigung der lateralen geologischen Schutzschicht im Bereich des Sicherheitspfeilers zwischen den Grubenfeldern Hattorf und Unterbreizbach durch den Verschluss der Strecken mit Steinsalz sowie durch zwei Dammbauwerke aus Sorelbeton.

Durch die Einbringung von Steinsalzversatz und die Errichtung eines ca. 25 m langen Sorel-Dammes in den beiderseitig des Rollloches vorgelagerten Streckenbereichen wird neben dem Rolllochverschluss eine zusätzliche Hermetisierung der Gruben geschaffen. Daher wird ein aus drei voneinander unabhängig wirksamen Dichtelementen bestehendes redundantes und diversitäres Dichtsystem zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus hergestellt, dessen Kernstück das langzeitsichere und technisch flüssigkeitsdichte Verschlussbauwerk im Förderrollloch ist (K+S, 2003b, /66/). Somit wird die gebirgsmechanische und hydrogeologische Funktion des Sicherheitspfeilers als laterale geologische Schutzschicht in gleichwertiger Qualität wie vor seiner Durchörterung wieder hergestellt.

Das Förderrollloch zwischen der Grube Hattorf-Wintershall und der Grube Unterbreizbach kann somit nach dem Stand der Technik langzeitsicher verschlossen werden.

¹³ Calcigel – Produktname für ein natürliches Calciumbentonit (kurz Ca-Bentonit) mit guter Quellfähigkeit und hohem Adsorptionsvermögen

8 Zusammenfassung

In der vorliegenden gutachterlichen Stellungnahme wurde überprüft, ob in der Grube Hattorf-Wintershall ein unbeherrschbarer Salzlösungszufluss über einen Schacht bzw. aus dem Hangenden und/oder Liegenden bei den Neuauffahrungen sowie den geologischen Erkundungsbohrungen auftreten kann. Hierzu wurden die übergebenen betrieblichen Unterlagen überprüft und ausgewertet.

Der hydrogeologische Schutz der Kalilagerstätte wird primär durch das Obere Werra-Steinsalz und das Untere Werra-Steinsalz als natürliche geologische Schutzschicht im Hangenden und im Liegenden der Salzlagerstätte gewährleistet. Beide Schutzschichthorizonte besitzen im Bereich der Grube Hattorf-Wintershall eine ausreichende räumliche Ausdehnung. Entsprechend den betrieblichen Festlegungen sind ausreichende vertikale und horizontale Abstände zu den grundwasserführenden Schichten zum Salinar nachzuweisen und einzuhalten. Auftretende Anomaliezonen werden rechtzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen zum Schutz der Lagerstätte eingeleitet.

Für das bestehende Grubenfeld Hattorf-Wintershall erfolgte eine Überprüfung und Auswertung der bisher aufgetretenen Salzlösungszuflüsse. Alle bisher bei der Gewinnung im Lagerhorizont angetroffenen Salzlösungszuflüsse stammen aus geschlossenen Systemen, bei welchen es sich überwiegend um eine gesättigte $MgCl_2$ -Lösung handelt. All diese Vorkommen sind endlich. Die bei den Horizontalbohrungen zur geologischen Vorfelderkundung angetroffenen Störungen mit ungesättigten Salzlösungszuflüssen wurden entsprechend den betrieblichen Regelungen sicher verwahrt und um die betreffenden Bereiche entsprechende Sicherheitspfeiler angelegt.

Neuauffahrungen erfolgen im Schutz der zuvor angeführten Horizontalbohrungen zur geologischen Lagererkundung. Die geplanten Horizontalbohrungen zur Erkundung einer ausreichenden geologischen Schutzschicht werden zuvor bei der zuständigen Bergbehörde beantragt. Alle Horizontalbohrungen werden mit entsprechender Sicherheitstechnik (Bohrlochpacker) durchgeführt, so dass bei Gas- und/oder Salzlösungsvorkommen das Bohrloch sicher abgedichtet werden kann. In der Nähe des Bohrortes werden entsprechend groß dimensionierte Salzlösungsstapelbecken vorgehalten, um bei notwendigen Arbeiten am Bohrloch die Salzlösungen sicher zwischenzuspeichern.

Müssen Störungszonen, wie zum Beispiel die Eitratal-Störungszone durchörtert werden, erfolgt dies ebenfalls im Schutz einer intensiven Bohrerkundung mit wenigen Streckenauffahrungen (max. 3 Strecken) im Werra-Steinsalz, vorzugsweise im Mittleren Werra-Steinsalz. Diese werden zum Schutz der Lagerstätte als Siphonstrecken angelegt, so dass als Notfallmaßnahme diese Strecken mittels Dammbauwerken abgesperrt werden können.

Zusätzlich erfolgt eine Parzellierung der Grube Hattorf-Wintershall allgemein in die Grubenbereiche Hattorf und Wintershall und im weiteren in einzelne Gewinnungsfelder durch Belassen von 50 m breiten Abbaufreibereichen. Die Abbaufreibereiche werden entsprechend dem Abbaufortschritt operativ festgelegt und sollen regelmäßig im Bereich der rheinisch streichenden Basaltzonen angelegt werden. Diese Abbaufreibereiche werden nur durch unbedingt notwendige Infrastrukturen durchörtert, so dass im Gefahrenfall analog der Planungen für die Durchörterung der Eitratal-Störung Dammbauwerke errichtet werden können.

Die vorhandenen Tagesschächte werden ständig überwacht, gewartet und instandgesetzt. Hierbei erfolgt eine kontinuierliche Überwachung des wasserdichten Ausbaues, speziell des Tübbingausbaues. Alle Schächte der Grube Hattorf-Wintershall werden im Rahmen von Befahrungen und betriebsplanmäßigen Kontrollen regelmäßig untersucht. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen werden, wenn erforderlich, entsprechende Reparaturprojekte abgelei-

tet, die der Priorität folgend umgesetzt werden. Die Maßnahmen zur Sicherung des Schachtausbaues wurden umfassend beschrieben und zeigen auf, dass für alle Störfälle entsprechende Sicherungsmaßnahmen eingeleitet werden können.

Mit der gutachterlichen Stellungnahme wurde nach heutigem Kenntnisstand nachgewiesen,

- dass unbeherrschbare Salzlösungszutritte innerhalb des bestehenden Grubengebäudes durch das Vorhandensein von ausreichend mächtigen Steinsalzschutzschichten im Liegenden und Hangenden ausgeschlossen werden können,
- dass unbeherrschbare Salzlösungszutritte bei den Neuauffahrungen sowie den geologischen Erkundungsbohrungen durch Einhaltung der behördlichen Anordnungen sowie der betrieblichen Festlegungen ausgeschlossen werden können,
- dass Salzlösungszutritte über einen Schacht nach aktuellem Stand der Technik beherrschbar sind

und

- dass die Tagesschächte sowie die Rollochverbindung zur Grube Unterbreizbach langzeitsicher mit dem Ziel verwahrt werden können, die Grube Hattorf-Wintershall in der Nachbetriebsphase luftgefüllt zu belassen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass unbeherrschbare Salzlösungszutritte in der Grube Hattorf-Wintershall während des Betriebes und in der Nachbetriebsphase und somit mögliche Auswirkungen auf die Halde Hattorf einschließlich Erweiterung infolge einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf-Wintershall ausgeschlossen werden können und somit nicht zu besorgen sind. Eine Szenarienbetrachtung bezüglich der Auswirkungen einer unplanmäßigen Flutung der Grube Hattorf-Wintershall wird infolge dessen für nicht erforderlich abgesehen.

BEGRIFFSBESTIMMUNG

Die in der gutachterlichen Stellungnahme verwendeten Begriffe folgen den in der Kaliindustrie Deutschlands üblichen Definitionen.

Im Folgenden wird eine Bestimmung solcher Begriffe vorgenommen, die zur räumlichen und/oder inhaltlichen Abgrenzung einzelner Aussagen in der Stellungnahme erforderlich sind.

Salzlagerstätte des Werra-Fulda-Gebietes

Salzlagerstätte wird als regional übergeordneter Begriff genutzt. Im räumlichen Sinne erfährt dieser Begriff eine laterale und vertikale Abgrenzung durch die Zechsteinsalzverbreitung zwischen der Fulda im Westen, dem Thüringer Wald im Nordosten, dem Richelsdorfer Gebirge im Norden und der Rhön im Süden.

Grube Hattorf-Wintershall und Grubenfeld Hattorf-Wintershall

Die Grube Hattorf-Wintershall ist Bestandteil des Werkes Werra der K+S KALI GmbH, welches im Rahmen der Zusammenführung der aktiven Werke Hattorf, Wintershall und Unterbreizbach sowie des Verwahrungsbergwerkes Merkers-Springen im Jahr 1997 entstanden ist.

Unter dem Grubenfeld Hattorf-Wintershall versteht man die Gesamtheit aller zur Gewinnung der Kalisalze sowie von Steinsalz bewilligten Felder.

Grubenfeld Hattorf

Das Grubenfeld Hattorf ist Bestandteil des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall. Gegen das Grubenfeld Wintershall wird das Grubenfeld Hattorf durch die Betriebsbereichsgrenze abgegrenzt. Das Grubenfeld Hattorf schließt die Schächte Hattorf, Ransbach und Heimbaldshausen ein.

Grubenfeld Wintershall

Das Grubenfeld Wintershall ist Bestandteil des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall. Gegen das Grubenfeld Hattorf wird das Grubenfeld Wintershall durch die Betriebsbereichsgrenze abgegrenzt. Das Grubenfeld Wintershall schließt die Schächte Grimberg, Heringen, Herfa und Neurode ein.

Grubenfeld Herfa-Neurode

Das Grubenfeld Herfa-Neurode bezeichnet die Grubenfelder Herfa und Neurode der ehemals selbstständigen Grube Herfa-Neurode. Heute ist das Grubenfeld Herfa-Neurode Bestandteil des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall.

REFERENZEN

- /1/ Ahlbrecht, T. (2001): Verlängerung der Vorbausäule Hattorf.- Dortmund, Dezember 2001, In: „Unser Betrieb“, Nr. 78, Werkszeitschrift für die Unternehmen der Deilmann-Haniel-Gruppe, <http://www.dh-shaftsinking.com>, Seite 34.
- /2/ Allgemeine Bundesbergverordnung (ABergV) vom 23. Oktober 1995 (BGBl. I S. 1466), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 5 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist. Stand: Zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 5 G v. 24.2.2012 I 212
- /3/ Allgemeines Berggesetz für das Land Hessen in der Fassung der Bekanntmachung vom 01.04.1953.- Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen, ausgegeben zu Wiesbaden am 08.03.1953, Nr. 14, Seite 61-91.
- /4/ Arnold, W. (1963): Erfahrungen und Erkenntnisse beim Durchteufen des Plattendolomits im Werra-Kalirevier.- In: Bergakademie, 15. Jg., Heft 7, Seite 511-525.
- /5/ Beck, K. (1912): Petrographisch-geologische Untersuchung des Salzgebirges im Werra-Fulda-Gebiete der deutschen Kalisalzagerstätten.- In: Zeitschrift für praktische Geologie, April 1912, Seite 133-158.
- /6/ Beer, W. & Lindecke, B. (1997): Die mengenmäßige Erfassung gesteins- und kluftgebundener Gase im Kalibergwerk Wintershall.- In: Kali und Steinsalz, Bd. 12, H. 6, S. 196-200.
- /7/ Bergamt Bad Hersfeld (1989): Zulassungsbescheid zum Sonderbetriebsplan über die Vorbereitung und Erstellung von Absperrdämmen zur Trennung des Deponiefeldes II vom Grubenbetrieb.- Bad Hersfeld, 25.09.21989, 3 Seiten.
- /8/ Bergverordnung des Landesoberbergamts NRW für Schacht- und Schrägförderanlagen (BVOS) vom 20.Juli 1977.- Verlag Glückauf GmbH, Essen, Verlagsnummer: 455.
- /9/ Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen (BVOS) vom 15.10.2003 (Nds. MBl. S 769).
- /10/ Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 15a des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist.
- /11/ Deilmann-Haniel GmbH (1993): „Einbau einer Vorbausäule“.- Dortmund, 26.11.1993, Brief, 1 Seite.
- /12/ Deilmann-Haniel-Gruppe (1986): Mitteilung über den Auftrag zum Einbau einer Stahlblech-Vorbausäule im Schacht Hattorf.- Dortmund, August 1986, In: „Unser Betrieb“, Nr. 44, Werkszeitschrift für die Unternehmen der Deilmann-Haniel-Gruppe, <http://www.dh-shaftsinking.com>, Seite 5.
- /13/ DHSS (2012): Parameterbetrachtungen zum oberen Tübbingsäulenabschnitt Schachtanlage Herfa-Neurode der K+S Kali GmbH.- Dortmund, Juni 2012, 17 Seiten.
- /14/ Dietz, C. (1928): Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes.- Preussische Geologische Landesanstalt, Berlin, 1928.
- /15/ Dittrich, E. (1960): Kohlensäure-Erkundung in der Vorderrhön.- In: Zeitschrift für angewandte Geologie (1960), Heft 6, Seite 249-253.
- /16/ Dittrich, E. (1964): Beiträge zur Kenntnis des Zechsteins im nördlichen Werra-Fulda-Becken und seinen Randgebieten. In: Kali und Salz GmbH (Hrsg.): Gutachterliche Stellungnahme für den Nachweis der Langzeitsicherheit beim Einsatz bergbaufremder Abfälle als Versatzmaterial im Bergwerk Unterbreizbach.- Unterbreizbach, September 1997, 86 Seiten.
- /17/ Duchrow, G. (2001): Kali und Kohlensäure in einem – ein Kapitel südthüringischer Kalibergbaugeschichte.- Sondershäuser Hefte zur Geschichte der deutschen Kali-Industrie, Heft 1, ISBN 3-9807565-2-1.

- /18/ DMT GmbH & Co. KG (2008a): Prüfbericht Nr.: P08-00163, Prüfgegenstand: 1. Nachtrag zur Erlaubnis Az.34/Hef-76d14-11-22/157 der Hauptseilfahrtanlage im Schacht Herfa des Werkes Werra der K+S KALI GmbH.- Bochum, 05.03.2008, 3 Seiten.
- /19/ DMT GmbH & Co. KG (2008b): Bescheinigung Nr.: P08-00634 (Prüfung mechanische Einrichtungen Unterseilrevisionsbühnen Schacht Herfa).- Bochum, 05.09.2008, 1 Seite.
- /20/ DMT GmbH & Co. KG (2010): Gutachten Nr. P10-00809 über die beiden Seilscheibenachsen der Seilfahrtsanlage am Schacht Herfa des Werkes Werra, Standort Wintershall der K+S KALI GmbH.- Bochum, 12.10.2012, 3 Seite.
- /21/ DMT GmbH & Co. KG (2012): Gutachten Nr. 12-00633 über die Haupttragglieder und Anschlussteiler zu den Zwischengeschrirren und Unterseilaufhängungen der beiden Förderkörbe im Schacht Herfa des Werkes Werra der K+S KALI GmbH.- Bochum, 25.09.2012, 5 Seite.
- /22/ DMT GmbH & Co. KG (2013): Bescheinigung Nr.: P13-00434 (Prüfung Oberseil Schacht Herfa).- Bochum, 21.05.2013, 3 Seite.
- /23/ Ellenberg, J. (1982): Die Subrosion im Werra-Kaligebiet, quartärgeologische, geomorphologische und tektonische Aspekte.- In: Z. geol. Wiss., 10, 1, Berlin, Seite 61 - 71.
- /24/ Ellenberg, J., Schröder, B., Peterek, A. & Morgenroth, V. (2001): Geologie und Landschaftsgeschichte im Dreiländereck Hessen, Bayern und Thüringen. - In: Jockel, A. (Hrsg.): Regionale und Angewandte Geologie in der Grenzregion der Süddeutschen und der Mitteldeutschen Scholle (Exkursionsführer zur 10. Jahrestagung der Gesellschaft für Geowissenschaften in Schmalkalden, 19.-22. September 2001), Exkursionsführer und Veröffentlichungen der Gesellschaft für Geowissenschaften, 213.A1-A46.
- /25/ ERCOSPLAN (2002): Sicherheitsbewertung der Bergwerksfelder aller Standorte des Werkes Werra einschließlich der Untertageverwertungsanlagen (UTV) und der Untertagedepotie (UTD) unter Berücksichtigung einer geplanten Förderverbindung zwischen den Gruben Unterbreizbach und Hattorf-Wintershall.- Erfurt, 30.09.2002, 126 Seiten.
- /26/ ERCOSPLAN (2005a): Langzeitsicherheitsnachweis für die UTD Herfa-Neurode im Werk Werra, Grube Hattorf/Wintershall.- Textband, Erfurt, 23.08.2005, 162 Seiten.
- /27/ ERCOSPLAN (2005b): Langzeitsicherheitsnachweis für die UTV Hattorf im Werk Werra, Grube Hattorf-Wintershall.- Erfurt, 20.10.2005, 180 Seiten.
- /28/ ERCOSPLAN (2005c): Langzeitsicherheitsnachweis für die UTV Wintershall im Werk Werra, Grube Hattorf-Wintershall.- Erfurt, 20.10.2005, 180 Seiten.
- /29/ ERCOSPLAN (2007): Ergänzung der Langzeitsicherheitsnachweise der UTV Hattorf-Wintershall für das Revier 0 und das Revier 3 (alt).- Erfurt, 29.08.2008, 66 Seiten.
- /30/ Finkenwirth, A. & Fritsche, H.-G. (1993): Hydrogeologische Möglichkeiten und Grenzen der Versenkung von Endlaugen der Kalifabriken in tiefliegende durchlässige Gebirgsschichten.- DVWK Mitteilungen 24, Kassel, 22. März 1993, Seite 40-65.
- /31/ Finkenwirth, A. (1964): Die Versenkung der Kaliabwässer im hessischen Anteil des Werra-Kaligebietes.- In: Z. deutsch. geol. Ges., 116, Hannover, Seite 215 - 31, 6 Abb., 1 Tab.
- /32/ Geophysik GGD Leipzig (1995): Technischer Bericht und Ergebnisbericht zur Reflexionsseismik Erkundung des Salzhangs Raum Philippsthal-Oberzella.- Leipzig, 05.12.1995, 19 Seiten, 9 Anlagen.
- /33/ Gruner, M., Schwandt, A, Sitz, P. (2003): Salzton - Natürliches Analogon für Bentonitdichtelemente im Salinar.- In: Kali und Steinsalz 02/2003,Kassel, Seite 12 - 17.
- /34/ Grünthal, G. (1988): Erdbebenkatalog des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik und angrenzenden Gebieten von 823 bis 1984.- Potsdam, Zentralinstitut für Physik der Erde Potsdam, Nr.: 99.
- /35/ Haniel-Lueg GmbH (1963): „Leckstelle im Tübbingausbau in 98 m Teufe“.-Schacht Grimberg, 10.05.1963, Gutachten, 4 Seiten, 1 Anlage.

- /36/ Henk, A. (1997): Gravitational orogenic collapse vs plate-boundary stresses: a numerical modelling approach to the Permo-Carboniferous evolution of Central Europe.- Geol Rundsch (1997) 86, Springer-Verlag, 1997.
- /37/ Hessische Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen (BVOS) vom 14.04.2005, Nr. 10 - Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen, Teil 1 - 29. April 2005.
- /38/ Hessische Bergverordnung vom 30. August 2012, Nr. 18 - Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen - 19. September 2012.
- /39/ Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1977): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung über die geplante Erweiterung der Sonderabfallbeseitigungsanlage Herfa-Neurode, Landkreis Hersfeld.- Wiesbaden, 12.04.1977, 13 Seiten.
- /40/ Hessisches Oberbergamt (1996): 4. Nachtrag zu der Erlaubnis vom 13. Juli 1968 - 76D1411-16/7-, zuletzt geändert und ergänzt durch den 3. Nachtrag vom 23. November 1995 - 76d1411 - 21/1-, für die Errichtung und den Betrieb der Hauptseilfahrt- und Güterförderanlage in den beiden Fördertrumen des Schachtes Herfa des Kaliwerkes Wintershall der der Kali und Salz GmbH im Bergamtsbezirk Bad Hersfeld (Betriebserlaubnisschein).- Wiesbaden, 09.07.1996, 3 Seiten.
- /41/ Hoppe, W. (1960): Die Kali- und Steinsalzlagerstätte des Zechsteins in der DDR, Teil 1: Das Werragebiet.- Akademie Verlag Berlin, Freiburger Forschungsheft C97, Berlin 1960.
- /42/ IBeWa - Ingenieurpartnerschaft für Bergbau, Wasser- und Deponietechnik Wilsnack & Partner (2002): Gutachterliche Stellungnahme zu: Stand der Technik der langzeitsicheren Abdichtung von vertikalen bzw. stark geneigten Grubenbauen im Salinar unter besonderer Berücksichtigung des Forschungsvorhabens Schachtverschluss Salzdetfurth.- Freiberg, 08. Mai 2002, 26 Seiten.
- /43/ IBeWa - Ingenieurpartnerschaft für Bergbau, Wasser- und Deponietechnik Wilsnack & Partner (2003a): Studie – Konstruktive Gestaltung, Bemessung, Materialauswahl und Sicherheitsniveau für das obere statische Widerlager bei der Abdichtung bzw. dem Verschluss des Förderrollloches Unterbreizbach-Hattorf/Wintershall gegenüber Salzlösungsdruckes von unten.- Freiberg, 04.02.2003, 15 Seiten.
- /44/ Institut für Gebirgsmechanik GmbH (2006): Optimierung des Dreistreckensystems als Vorbereitung auf eine mögliche Nutzung als Standort für den Einbau langzeitsicherer Streckenverschlüsse.- Leipzig, 30.05.2006, 22 Seiten.
- /45/ Jungk Consult GmbH (2013): Geologisches, Hydrogeologisches und Numerisches Modell für das Umfeld der Produktions- und Haldenstandorte des Werkes Werra, Teilgebiet 1: Hattorf/Unterbreizbach. Kartierungsbericht zur digitalen geologischen Karte 1 : 25.000 des Produktions- und Haldenstandortes Werk Werra der K+S KALI GmbH.- Bericht (Entwurf), Freiberg, Dezember 2013, 49 Seiten.
- /46/ Kali und Salz GmbH (1971a): Abteufgeschichte Grimberg.- Heringen, 15.02.1971, interne Unterlagen, 2 Seiten.
- /47/ Kali und Salz GmbH (1971b): „Aus Akten von Grimberg“.- Heringen, 15.02.1971, Aktenauszüge, 1 Seite
- /48/ Kali und Salz GmbH (1971c): Befahrung des Schachtes Ransbach am 02.03.1971.- Philippsthal, 03.03.1971, Befahrungsbericht, 3 Seiten.
- /49/ Kali und Salz GmbH (1971d): „Befahrung des Schachtes Heimboldshausen am 27.02.1971“.- Philippsthal, 03.03.1971, Befahrungsbericht, 4 Seiten.
- /50/ Kali und Salz GmbH (1983a): Schachtbericht von der Befahrung am 22.03.1983.- Philippsthal, Ransbach, 27.04.1983, Befahrungsbericht, 7 Seiten.
- /51/ Kali und Salz GmbH (1983b): Schachtbericht von der Befahrung am 08.09.1983.- Herfa, 08.09.1983, Befahrungsbericht, 4 Seiten.

- /52/ Kali und Salz GmbH (1985a): Schachtbericht von der Befahrung am 30.10.1985.- Kali und Salz GmbH, Herfa, 30.10.1985, Befahrungsbericht, 4 Seiten, 1 Anlage.
- /53/ Kali und Salz GmbH (1985b): „Zwischenbericht zu Abdichtungsarbeiten am Tübbingausbau Schacht Grimberg, Teufe 260 m“.- Fa. Thyssen, 13.08.1985, Zwischenbericht, 2 Seiten, 1 Anlage.
- /54/ Kali und Salz GmbH (1987): Entwicklung von Zuflussmengen und Chemismus nach Werksangaben.- Hattorf, 1987, interne Unterlagen, 1 Seite, 3 Anlagen.
- /55/ Kali und Salz GmbH (1990): Schachtbericht von der Befahrung am 29.04.1990.- Herfa, 19.04.1990, Befahrungsbericht, 5 Seiten, 1 Anlage.
- /56/ Kali und Salz GmbH (1995a): Schachtbericht von der Befahrung am 01.04.1995.- Herfa, 01.04.1995, Befahrungsbericht, 5 Seiten, 1 Anlage.
- /57/ Kali und Salz GmbH (1995b): „Reparaturarbeiten der Feuchtstellen im Schacht Grimberg“.- Herfa, 26.04.1995, Protokoll, 4 Seiten.
- /58/ Kali und Salz GmbH (1995c): „Reparaturarbeiten der Feuchtstellen im Schacht Grimberg“.- Herfa, 01.08.1995, Protokoll, 2 Seiten.
- /59/ Kali und Salz GmbH (1997): Sonderbetriebsplan zur Verwertung von Abfällen in der UTV Hattorf.- Philippsthal, 29.01.1997, 25 Seiten, 32 Anlagen.
- /60/ Kali und Salz GmbH (2001a): Sonderbetriebsplan zur Verfüllung der schachtnahen Hohlräume im Bereich des Schachtes Hattorf, 1. Sohle, Phase 1.- Philippsthal, 11.10.2001, 15 Seiten.
- /61/ Kali und Salz GmbH (2001b): Anzeige zum „Sonderbetriebsplan zur Verfüllung der schachtnahen Hohlräume im Bereich des Schachtes Hattorf, 1. Sohle, Phase 1“.- Philippsthal, 21.12.2001, 1 Seite.
- /62/ K+S KALI AG (2002): Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II (Kurzfassung)- BMBF - Forschungsvorhaben, Förderkennzeichen 02C0516.- Bad Salzdetfurth, August 2002, 37 Seiten
- /63/ K+S KALI GmbH (2002a): Abfallrechtlicher Notfallplan UTD Herfa-Neurode unter Berücksichtigung des Anschlusses an das Deponiefeld III (geänderte Konzeption).- Philippsthal, 30.06.2002, 20 Seiten.
- /64/ K+S KALI GmbH (2002b): Antrag auf unbefristete Erlaubnis zum versatzlosen Abbau auf der oberen und unteren Sohle sowie auf der Zwischensohle im Steinsalzrevier auf dem Werk Werra, Standort Hattorf/Wintershall.- Philippsthal, 18.12.2002, 11 Seiten.
- /65/ K+S KALI GmbH (2002c): Abschlussbetriebsplan K+S KALI GmbH, Werk Werra für den Standort Merkers.- Merkers, 2002, 158 Seiten.
- /66/ K+S KALI GmbH (2003): Sonderbetriebsplan für die Auffahrung und den Betrieb einer länderübergreifenden Förderverbindung zwischen den Grubenfeldern Unterbreizbach und Hattorf/Wintershall des Werkes Werra der K+S KALI GmbH sowie die dafür zu treffenden Verwahrmaßnahmen.- Unterbreizbach, 27.06.2003, 46 Seiten.
- /67/ K+S KALI GmbH (2004): Markscheiderisches Aufmaß Förderrollloch zwischen den Grubenfeldern UB und HW.- Philippsthal, Juli 2004, Power-Point Präsentation, 12 Seiten.
- /68/ K+S KALI GmbH (2005a): „Schachtbild Schacht Neurode“.- Philippsthal, Mai 2005, Grubenbild, Blatt 1 - 3.
- /69/ K+S KALI GmbH (2005b): Schachtbild Schacht Herfa.- Philippsthal, Mai 2005, Grubenbild, Blatt 1 - 3.
- /70/ K+S KALI GmbH (2005c): Nachtrag zur Erlaubnis zum versatzlosen Abbau von Kali- und Steinsalz für den Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall der K+S KALI GmbH.- Philippsthal, 03.05.2005, 2 Seiten.

- /71/ K+S KALI GmbH (2006a): Die Lagerstättenbeprobung im Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall des Kaliwerkes Werra der K+S KALI GmbH.- Freiberg, April/Mai 2006, Beflissenenarbeit, 50 Seiten.
- /72/ K+S KALI GmbH (2006b): Anzeige von Bohrungen - Bohrung im Bereich der Eitrat-Störungszone.- Philippsthal, 11.12.2006, 1 Seite.
- /73/ K+S KALI GmbH (2006c): Sonderbetriebsplan Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone.- Philippsthal, 04.10.2006, 17 Seiten.
- /74/ K+S KALI GmbH (2007a): Betriebsplanergänzung - Bohrung im Bereich der Eitrat-Störungszone.- Philippsthal, 05.01.2007, 2 Seiten.
- /75/ K+S KALI GmbH (2007b): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur weiteren Auffahrung.- Philippsthal, 21.03.2007, 3 Seiten.
- /76/ K+S KALI GmbH (2007c): Explorationsbohrungen im Kali- und Steinsalzbergbau der K+S Gruppe (Bohrfibel).- Kassel, August 2007, 168 Seiten.
- /77/ K+S KALI GmbH (2008a): Statische Berechnungen für Prüfbühnen und Kopfschutzdach im Schacht Herfa.- In: 1. Nachtrag zur Erlaubnis vom 28.07.2006, AZ 34/HEF-76d14-11-22/157 für die Hauptseilfahrt- und Güterförderanlage im Schacht Herfa, neue Unterseilbühne, Philippsthal, 25.02.2008, 24 Seiten.
- /78/ K+S KALI GmbH (2008b): 1. Nachtrag zur Erlaubnis vom 28.07.2006, AZ 34/HEF-76d14-11-22/157 für die Hauptseilfahrt- und Güterförderanlage im Schacht Herfa, neue Unterseilbühne.- Philippsthal, 25.02.2008, 1 Seite.
- /79/ K+S KALI GmbH (2008c): Technisches Datenblatt für Schachtförderanlagen (TDS) Schacht Herfa.- In: 1. Nachtrag zur Erlaubnis vom 28.07.2006, AZ 34/HEF-76d14-11-22/157 für die Hauptseilfahrt- und Güterförderanlage im Schacht Herfa, neue Unterseilbühne, Philippsthal, 25.02.2008, 3 Seiten.
- /80/ K+S KALI GmbH (2008d): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur Verlängerung der Bohrkammer W119/259.- Philippsthal, 28.05.2008, 2 Seiten, 4 Anlagen.
- /81/ K+S KALI GmbH (2008e): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur Aufnahme der Explorationstätigkeit aus der Bohrkammer W119/259. Durchhieb.- Philippsthal, 08.07.2008, 5 Seiten, 19 Seiten Anlage.
- /82/ K+S KALI GmbH (2008f): Hauptbetriebsplan (DVS 3001929) der K+S KALI GmbH Werk Werra Grubenbetrieb HW einschließlich UTD Herfa-Neurode aufgestellt für die Zeit vom 01. Oktober 2008 bis 30. September 2012 gemäß § 54 Abs. 1 Bundesberggesetz zur Zulassung vorgelegt.- Philippsthal, 15.08.2008, 60 Seiten.
- /83/ K+S KALI GmbH (2008g): Exploration mittels Fern- und Naherkundungsbohrungen im Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall, Werk Werra, der K+S Kali GmbH - Anlage 13 zum HBP 2008-2012 (DVS 3001929).- Philippsthal, 15.08.2008, 15 Seiten.
- /84/ K+S KALI GmbH (2008h): Risswerk Werk Werra, Grube Hattorf/Wintershall, Horizontalbohrungen 542 bis 542-2/08/1, 1. Sohle, Revier 12, Ort W120/259 - Schnitt mit Radarmessung.- Kassel, 03.12.2008.
- /85/ K+S KALI GmbH (2009a): Schachtbild Schacht Heringen.- Philippsthal, Mai 2009, Grubenbild, Blatt 1 - 2.
- /86/ K+S KALI GmbH (2009b): „Schachtbild Schacht Grimberg“.- Philippsthal, Mai 2009, Grubenbild, Blatt 1 - 2.
- /87/ K+S KALI GmbH (2010a): Sonderbetriebsplan Geomagnetische Messungen im Erlaubnisfeld Marbach.- Philippsthal, 24.03.2010, 1 Seite.

- /88/ K+S KALI GmbH (2010b): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur Aufnahme der Explorationstätigkeit aus der Bohrkammer W120/265. Durchhieb.- Philippsthal, 09.04.2010, 5 Seiten.
- /89/ K+S KALI GmbH (2010c): Arbeitsanweisung AA 14 201 1-e - Laugetransport aus alt Rev. 7 Wintershall.- Philippsthal, 14.04.2010, 1 Seiten.
- /90/ K+S KALI GmbH (2010d): „Schachtbild Schacht Heimbaldshausen“.- Philippsthal, Mai 2010, Grubenbild, Blatt 1 - 3.
- /91/ K+S KALI GmbH (2010e): „Schachtbild Schacht Ransbach“.- Philippsthal, Mai 2010, Grubenbild, Blatt 1 - 3.
- /92/ K+S KALI GmbH (2010f): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur Sanierung der Bohrung HB 542.- Philippsthal, 20.07.2010, 3 Seiten, 2 Anlagen.
- /93/ K+S KALI GmbH (2010g): Arbeitsanweisung AA 14 201 1-d - Verfüllen von Explorationsbohrungen.- Philippsthal, 03.08.2010, 1 Seiten.
- /94/ K+S KALI GmbH (2010h): Arbeitsanweisung AA 14 201 1-c - Ausblasen von Bohrlöchern.- Philippsthal, 03.08.2010, 1 Seiten.
- /95/ K+S KALI GmbH (2010i): Arbeitsanweisung AA 14 201 1-f - Drucküberwachung bei horizontalen Explorationsbohrungen im Counterflush-Verfahren.- Philippsthal, 27.08.2010, 5 Seiten.
- /96/ K+S KALI GmbH (2010j): Hauptbetriebsplan (DVS 3001929) der K+S KALI GmbH Werk Werra Grubenbetrieb HW einschließlich UTD Herfa-Neurode aufgestellt für die Zeit vom 01. Oktober 2008 bis 30. September 2012 gemäß § 54 Abs. 1 Bundesberggesetz zur Zulassung vorgelegt.- Philippsthal, 15.08.2008, 60 Seiten, Stand 01.09.2010.
- /97/ K+S KALI GmbH (2011a): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur Aufnahme der Explorationstätigkeit aus der Bohrkammer W119/265. Durchhieb.- Philippsthal, 24.01.2011, 4 Seiten.
- /98/ K+S KALI GmbH (2011c): Schachtbild Schacht Hattorf.- Philippsthal, Mai 2011, Grubenbild, Blatt 1- 3.
- /99/ K+S KALI GmbH (2011d): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur Fortführung der Explorationstätigkeit aus der Bohrkammer W119/265. Durchhieb.- Philippsthal, Juli 2011, 2 Seiten.
- /100/ K+S KALI GmbH (2011e): Sonderbetriebsplan über die Sicherheitspfeiler des Grubenbetriebes Hattorf/Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode.- Philippsthal, 23.11.2011, 32 Seiten einschließlich Risse.
- /101/ K+S KALI GmbH (2012a): Sonderbetriebsplan „Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitrat-Störungszone“ - Ergänzung des Sonderbetriebsplanes zur Auffahrung der östlichen Siphonstrecke und der südlichen Begleitstrecke.- Philippsthal, 05.01.2012, 2 Seiten.
- /102/ K+S KALI GmbH (2012b): Chronologie der Erlaubnis zum versatzlosen Abbau von Kali- und Steinsalz für den Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall der K+S KALI GmbH.- Philippsthal, 12.01.2012, 7 Seiten.
- /103/ K+S KALI GmbH (2012c): Werk Werra - Kalibergwerk Hattorf/Wintershall (HW) Schacht Herfa (Seilfahrt + Transport), - Herfa, Schachtbericht, 01.02.2012, 6 Seiten.
- /104/ K+S KALI GmbH (2012d): Arbeitsanweisung AA 14 201 1-g - Ein- bzw. Ausbau von Bohrgestängen.- Philippsthal, 29.08.2012, 2 Seiten.

- /105/ K+S KALI GmbH (2012e): Arbeitsanweisung AA 14 201 1-a - Explorationsbohrungen im Counterflush-Verfahren.- Philippsthal, 10.10.2012, 3 Seiten.
- /106/ K+S KALI GmbH (2012f): Arbeitsanweisung AA 14 201 1-b - Explorationsbohrungen im Bohrmehl-Verfahren.- Philippsthal, 10.10.2012, 2 Seiten.
- /107/ K+S KALI GmbH (2012g): Betriebsanweisung Explorationsarbeiten - BA 14 201 1.- Philippsthal, 01.11.2012, 2 Seiten.
- /108/ K+S KALI GmbH (2012h): Antrag zur Verlängerung der Zulassung des HBP 2008-2012 (DVS 3001929).- Philippsthal, 26.11.2012, 2 Seiten.
- /109/ K+S KALI GmbH (2013a): Notfallplan für die Durchörterung der Eitratalstörung und Erschließung des Feldes Marbach.- Philippsthal, 04.02.2013, 9 Seiten, 6 Anlagen.
- /110/ K+S KALI GmbH (2013b): Positionspapier zur Vermeidung von Lösungszutritten aus dem Liegenden und Hangenden in der Verbundgrube Hattorf/Wintershall im Rahmen der geologischen Vorerkundung.- Kassel, 05.03.2013, 5 Seiten.
- /111/ K+S KALI GmbH (2013c): Verzeichnis der Austrittsstellen von Salzlösungen im Grubenbetrieb, Befahrungspunkte in der Nähe nicht befahrbarer Austrittsstellen von Salzlösungen.- Philippsthal, April 2013, 2 Seiten.
- /112/ K+S KALI GmbH (2013d): Verzeichnis der Standwasserbereiche im Grubenbetrieb.- Philippsthal, April 2013, 4 Seiten.
- /113/ K+S KALI GmbH (2013e): Laugenstellenkataster-Bericht - 6 Tabellen: 1 Sohle 1 Ha-Wi.xlw (11.07.2013), 2 Sohle 2 Ha-Wi.xlw (26.06.2013), 3 Außerhalb der Flöze Ha-Wi.xlw (06.05.2013), Befahrungspunkte.xls (11.07.2013), Einstellung der Beobachtung.xls (19.04.2013), Standwasserbereiche.xls (19.04.2013).
- /114/ K+S KALI GmbH (2013f): Verzeichnis der Austrittsstellen von Salzlösungen im Grubenbetrieb, Einstellung der Beobachtung folgender Austrittsstellen von Salzlösungen.- Philippsthal, April 2013, 2 Seiten.
- /115/ K+S KALI GmbH (2013g): Verzeichnis der Austrittsstellen von Salzlösungen im Grubenbetrieb, III. Außerhalb der Flözhorizonte.- Philippsthal, Mai 2013, 3 Seiten.
- /116/ K+S KALI GmbH (2013h): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Standort Wintershall, Übersichtsrisse der 1. und 2. Sohle - Philippsthal, Mai 2013.
- /117/ K+S KALI GmbH (2013i): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 1. Sohle, GR 4 Rev. 11.- Philippsthal, Mai 2013.
- /118/ K+S KALI GmbH (2013j): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 1. Sohle, GR 3 Rev. 28.- Philippsthal, Mai 2013.
- /119/ K+S KALI GmbH (2013k): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 2. Sohle, GR 3 Rev. 29.- Philippsthal, Mai 2013.
- /120/ K+S KALI GmbH (2013l): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 2. Sohle, GR 4 Rev. 33.- Philippsthal, Mai 2013.
- /121/ K+S KALI GmbH (2013m): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 1. Sohle, GR 3-4 Rev. 34.- Philippsthal, Mai 2013.
- /122/ K+S KALI GmbH (2013n): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 1. Sohle, GR 3 Rev. 8.- Philippsthal, Mai 2013.
- /123/ K+S KALI GmbH (2013o): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 2. Sohle, GR 5 Rev. 30-36.- Philippsthal, Mai 2013.
- /124/ K+S KALI GmbH (2013p): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 1. Sohle, GR 5 Rev. 35.- Philippsthal, Mai 2013.
- /125/ K+S KALI GmbH (2013q): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 2. Sohle, GR 5 Rev. 36.- Philippsthal, Mai 2013.

- /126/ K+S KALI GmbH (2013r): Verzeichnis der Austrittsstellen von Salzlösungen im Grubenbetrieb, I. Obere Sohle.- Philippsthal, Juni 2013, 32 Seiten.
- /127/ K+S KALI GmbH (2013s): Verzeichnis der Austrittsstellen von Salzlösungen im Grubenbetrieb, II. Untere Sohle.- Philippsthal, Juni 2013, 22 Seiten.
- /128/ K+S KALI GmbH (2013t): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Bandprofil 12/257s.- Philippsthal, Juli 2013.
- /129/ K+S KALI GmbH (2013u): Risswerk Werk Werra, Grubenbetrieb HW, Ausschnitt aus dem Gewinnungsriß 2. Sohle, Befahrungswege Laugenstellen.- Philippsthal, Juli 2013.
- /130/ K+S KALI GmbH (2013v): Notiz: Durchörterung von Schnitt- und Kristallsalz zonen im Bereich der Eitratalsörung.- Philippsthal, 08.07.2013, 3 Seiten.
- /131/ K+S KALI GmbH (2013w): Analysen Laugestellen.zip (29.11.2013).
- /132/ K+S KALI GmbH (2013x): Riss Werk Werra, Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall, Horizontalbohrungen 542 bis 542-2/08/1 1.Sohle, Revier 12, Ort W120/259, Durchhieb, Schnitt mit Radarmessung.- Kassel, Dezember 2008.
- /133/ K+S KALI GmbH (2013y): CO₂-Ausbruch im Grubenbetrieb Unterbreizbach am 1. Oktober 2013.- Kassel, 18. Oktober 2013, 12 Seiten.
- /134/ Käding, K.-C. & Lukas, V. (1997): Untertageradar (EMR) als Planungsinstrument im Salzbergbau.- In: Kali und Steinsalz, Band 12, Heft 5, Seite 151-157.
- /135/ Käding, K.-Chr. (1962): Geologische, magnetische und petrographische Untersuchung tertiärer Vulkanite und ihrer Begleiterscheinungen im Bereich des hessischen Werra-Kaligebietes.- Diss. FU Berlin, Berlin, 112 Seiten.
- /136/ Kästner, H. (1968): Zur Geologie der Kalisalz- und Kohlensäurelagerstätten im südlichen Werra-Kaligebiet.- Berlin, Abh. ZGI, 11.
- /137/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1971a): "Messung der Tübbingwandstärke".- Kali und Salz AG, November 1971, interne Notiz, 2 Seiten.
- /138/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1971b): "Messung der Tübbingwandstärke".- Kali und Salz AG, November 1971, interne Notiz, 3 Seiten.
- /139/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1972): „Messung der Tübbingwandstärke“.- Kali und Salz AG, April 1972, interne Notiz, 4 Seiten.
- /140/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1973): „Auszüge aus HV-Akte, Betriebspläne Wintershall, Grimberg“.- Heringen, 03.12.73, Aktenauszüge, 1 Seite.
- /141/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1979): „Befahrungsnotiz Grimberg“.- Heringen, 09.08.1979, Befahrungsnotiz, 1 Seite.
- /142/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1983a): „Schachtbericht zur Befahrung am 08.05.1983“.- Heringen, 11.05.83, Schachtbericht, 6 Seiten.
- /143/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1983b): „Schachtbericht von der Befahrung am 10.09.1983“.- Heringen, 10.09.1983, Befahrungsbericht, 4 Seiten.
- /144/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1987a): „Schachtbericht von der Befahrung am 06.10.1987“.- Heringen, 06.10.1987, Befahrungsbericht, 5 Seiten, 1 Anlage.
- /145/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1987b): „Schachtbericht zur Befahrung am 06.09.1987“.- Kali und Salz AG, 09.09.1987, Schachtbericht, 6 Seiten.
- /146/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1987c): „Fotodokumentation Schacht Heimboldshausen 06.09.1987“.- Philippsthal, 19.10.1987, Fotodokumentation, 2 Seiten.
- /147/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1989a): Sonderbetriebsplan über die Vorbereitung und Erstellung von Absperrdämmen zur Trennung des Deponiefeldes II vom Grubenbetrieb.- Heringen, 18.05.1989, 3 Seiten.

- /148/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1989b): „Schachtbericht zur Befahrung am 26.04.1989 Schacht Grimberg“.- Heringen, 19.05.1989, 5 Seiten, 1 Anlage.
- /149/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1990a): „Schachtbericht von der Befahrung am 29.04.1990“.- Heringen, 29.04.1990, Befahrungsbericht, 5 Seiten.
- /150/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1990b): „Schachtbericht zu Befahrung am 09.05.1990“.- Heringen, 29.05.1990, 6 Seiten, 5 Anlagen.
- /151/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1990c): „Schachtbericht zur Befahrung des Schachtes Neurode“.- Heringen, 02.09.1990, 6 Seiten.
- /152/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1991): „Bericht zu Abdichtungsarbeiten im Schacht Neurode“.- Herfa, 26.12.1991, Bericht, 3 Seiten.
- /153/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1992a): EMR-Meßergebnisse in der Umgebung der Vb. 105/65, Kassel, 20.02.1992, 4 Seiten, 16 Anlagen.
- /154/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1992b): „Nachverpressung der Zulaufstelle in 200 m Tiefe Schacht Neurode“.- Heringen, 01.06.1992, Bericht, 2 Seiten.
- /155/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1993a): „Sanierung des Schachtes Grimberg mit einer Stahlblech-Vorbausäule“.- Kassel, 16.08.1993, interne Notiz, 2 Seiten.
- /156/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1993b): Sanierung des Schachtes Grimberg mit einer Stahlblech- Vorbausäule.- Kassel, 16.08.1993, 2 Seiten.
- /157/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1995): Schachtbericht zur Befahrung des Schachtes Neurode“.- Kassel, 22.05.1995, Schachtbericht, 5 Seiten, 1 Anlage.
- /158/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1996): Beschreibung der geologischen Situation der Sonderabfall- Beseitigungsanlage Herfa-Neurode und Beurteilung der geplanten untertägigen Erweiterung in Form des Deponiefeldes III.- Kassel, Okt. 1996, 71 Seiten.
- /159/ Kali und Salz Aktiengesellschaft (1998): Darstellung der geologischen und hydrologischen Situation für die Planfeststellungsverfahren in Hessen und Thüringen zur Erweiterung der Rückstandshalde Standort Hattorf, Werk Werra der Kali und Salz GmbH.- Kassel, August 1998.
- /160/ K+S Aktiengesellschaft (2011a): Nachweis der Schutzschichten für die Grube Hattorf/Wintershall einschließlich der UTD Herfa-Neurode unter Berücksichtigung der Bewertung einer geplanten Rückförderung aus dem Plattendolomit.- Kassel, Januar 2011, 94 Seiten.
- /161/ K+S Aktiengesellschaft (2011b): Nachweis und Bewertung der hangenden geologischen Barriere (Schutzschichten) für die Verbundgrube Hattorf/Wintershall.- Kassel, Oktober 2011, 86 Seiten.
- /162/ K+S Aktiengesellschaft (2012a): Ergänzung zum Langzeitsicherheitsnachweis für die UTD Herfa-Neurode im Werk Werra, Grube Hattorf-Wintershall.- Kassel, 30. Juni 2012, 267 Seiten.
- /163/ K+S Aktiengesellschaft (2012b): Zur Ausbildung, Mächtigkeit und hydrogeologischen Bewertung der Schichtenfolge vom Oberen Werra-Steinsalz bis Leine-Karbonat (Plattendolomit) unter besonderer Berücksichtigung ihrer tektonischen und atektonischen Beanspruchung im Werra-Kaligebiet.- Kassel, Dezember 2012, 221 Seiten.
- /164/ Lange, P.R. & Käding, C. (1961): Stratigraphie und Tektonik im Bundsandstein des hessischen Werra-Kaligebietes östlich Bad Hersfeld.- Wiesbaden, Notizbl. Hess. Landesamt für Bodenforschung 89: Seite 242-265.
- /165/ Lange, P.R. (1959): Subrosionskartierung Hattorf.- Philippsthal, 1959.
- /166/ Leitfaden für das Verwahren von Tagesschächten vom 05.12.2007 der Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie in NRW, – 86.18.13.1–8–35 –

- /167/ Leydecker, G. (2001): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 800 - 1995, für Schadenbeben bis 2000.- Datenfile, BGR Hannover.
- /168/ Markscheider-Bergverordnung vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2631), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung von 10. August 1998 (BGBl. I S. 2093) geändert worden ist
- /169/ McCann, T., Pascal, C., Timmerman, M.J., Krzywiec, P., López-Gómez, J., Wetzel, L., Krawczyk, C.M., Rieke, H. & Lamarche, J. (2006): Post-Variscan (end Carboniferous-Early Permian) basin evolution in Western and Central Europe.- In: Geological Society, London, Memoirs, 2006, 32, page 355-388.
- /170/ Messer, E. (1978): Die nordhessischen Kaligruben.- In: Kali und Steinsalz 7, Essen, Seite 306 - 318.
- /171/ Regierungspräsidium Kassel (2001): Betriebsplanzulassung zum Sonderbetriebsplan zur Verfüllung der schachtnahen Hohlräume im Bereich des Schachtes Hattorf, 1. Sohle, Phase 1.- Bad Hersfeld, 29.10.2001, Az.: 76 d 14-01/061, 2 Seiten.
- /172/ Regierungspräsidium Kassel (2003a): Erlaubnisbescheid zur Erlaubnis zum versatzlosen Abbau von Kali- und Steinsalz für den Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall der K+S KALI GmbH.- Bad Hersfeld, 31.01.2003, 6 Seiten.
- /173/ Regierungspräsidium Kassel (2003b): Zulassung "Sonderbetriebsplan für die Auffahrung und den Betrieb einer länderübergreifenden Förderverbindung zwischen den Grubenfeldern Unterbreizbach und Hattorf/ Wintershall des Werkes Werra der K+S KALI GmbH sowie die dafür zu treffenden Verwehrmaßnahmen" vom 27.06.2003 mit Ergänzungen vom 17.07.2003 und 25.07.2003.- Bad Hersfeld, Bescheid Nr. -44/Hef -76 d 350-8/14-, 24.10.2003, 9 Seiten.
- /174/ Regierungspräsidium Kassel (2004): Erlaubnisbescheid zum versatzlosen Abbau von Kali- und Steinsalz für den Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall der K+S KALI GmbH - Änderung der Nebenbestimmung 5 des Erlaubnisbescheides.- Bad Hersfeld, 09.06.2004, 2 Seiten.
- /175/ Regierungspräsidium Kassel (2005): Erlaubnisbescheid zum versatzlosen Abbau von Kali- und Steinsalz für den Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall der K+S KALI GmbH - Nachtrag vom 03.05.2005 über den Steinsalzaabbau im Mittleren Werrasteinsalz.- Bad Hersfeld, 12.05.2005, 2 Seiten.
- /176/ Regierungspräsidium Kassel (2006a): Zulassungsbescheid zum Sonderbetriebsplan Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 07.11.2006, 4 Seiten.
- /177/ Regierungspräsidium Kassel (2006b): Zulassungsbescheid zur Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 13.12.2006, 3 Seiten.
- /178/ Regierungspräsidium Kassel (2007a): Zulassungsbescheid zur zweiten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 11.01.2007, 3 Seiten.
- /179/ Regierungspräsidium Kassel (2007b): Zulassungsbescheid zur dritten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 27.03.2007, 2 Seiten.
- /180/ Regierungspräsidium Kassel (2007c): Erlaubnisbescheid zum versatzlosen Abbau von Kali- und Steinsalz für den Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall der K+S KALI GmbH - Beobachtung der Tagesoberfläche und Mächtigkeit des Mittleren Werrasteinsalzes beim Zweisohlenabbau.- Bad Hersfeld, 21.06.2007, 4 Seiten.
- /181/ Regierungspräsidium Kassel (2008a): Zulassungsbescheid zur vierten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 30.04.2008, 3 Seiten.
- /182/ Regierungspräsidium Kassel (2008b): Genehmigungsbescheid zur Errichtung und Betrieb der Hauptseilfahranlage Herfa des Kaliwerkes Werra der K+S KALI GmbH (Bau und Be-

- trieb von zwei neuen Unterseilrevisionsbühnen).- Bad Hersfeld, Aktenzeichen: 34/HEF-76 d 14-11-22/161, 06.05.2008, 3 Seiten.
- /183/ Regierungspräsidium Kassel (2008c): Zulassungsbescheid zur fünften Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 04.06.2008, 2 Seiten.
- /184/ Regierungspräsidium Kassel (2008d): Zulassungsbescheid zur sechsten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 10.07.2008, 4 Seiten.
- /185/ Regierungspräsidium Kassel (2008e): Zulassungsbescheid zum Hauptbetriebsplan (DVS 3001929) der K+S KALI GmbH Werk Werra Grubenbetrieb HW einschließlich UTD Herfa-Neurode aufgestellt für die Zeit vom 01. Oktober 2008 bis 30. September 2012.-Bad Hersfeld, 03.11.2008, 3 Seiten.
- /186/ Regierungspräsidium Kassel (2010a): Vermerk zum Zweisohlenabbau im Grenzbereich der Zwischenmittel-Mindestmächtigkeit von 35m.- Bad Hersfeld, 01.03.2010, 1 Seiten.
- /187/ Regierungspräsidium Kassel (2010b): Zulassungsbescheid zum Sonderbetriebsplan Geomagnetische Messungen im Erlaubnisfeld Marbach.- Bad Hersfeld, 27.04.2010, 3 Seiten.
- /188/ Regierungspräsidium Kassel (2010c): Zulassungsbescheid zur siebten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 27.05.2010, 4 Seiten.
- /189/ Regierungspräsidium Kassel (2010d): Zulassungsbescheid zur achten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 27.07.2010, 2 Seiten.
- /190/ Regierungspräsidium Kassel (2011a): Zulassungsbescheid zur neunten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 03.02.2011, 2 Seiten.
- /191/ Regierungspräsidium Kassel (2011b): Zulassungsbescheid zur zehnten Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 03.08.2011, 2 Seiten.
- /192/ Regierungspräsidium Kassel (2011c): Zulassungsbescheid zum Sonderbetriebsplan über die Sicherheitsfesten des Grubenbetriebes Hattorf/Wintershall und der Untertagedeponie Herfa-Neurode.- Bad Hersfeld, 05.12.2011, 2 Seiten.
- /193/ Regierungspräsidium Kassel (2012): Zulassungsbescheid zur elften Ergänzung des Sonderbetriebsplanes Auffahrung eines Dreistreckensystems im Bereich der Eitratal-Störungszone.- Bad Hersfeld, 05.03.2012, 2 Seiten.
- /194/ Regierungspräsidium Kassel (2013a): Zulassungsbescheid zur dritten Ergänzung des HBP 2008-2012 (DVS 3001929) - Verlängerung der Zulassung.- Bad Hersfeld, 05.02.2013, 2 Seiten.
- /195/ Regierungspräsidium Kassel (2013b): CO₂-Ausbruch im Grubenbetrieb UB am 01. Oktober 2013.- Bad Hersfeld, Az.: 34/Hef 76 d 54-03-65/5 vom 14.10.2013, 2 Seiten.
- /196/ Riemer, J. (1905): Das Schachtabteufen in schwierigen Fällen.- Verlag von Craz Gerlach (Joh. Stettner), Freiberg in Sachsen, 1905.
- /197/ Schilder, C. & Schwandt, A. (1983): Zur Tektonik und Auslaugung in Kali- und Steinsalzabbaugebieten.- In: Z. geol. Wiss., 11, 8, Seite 1023- 1035.
- /198/ Schneider, U.; Nägele, E. & Valk, J. (1986): Schachtsicherung durch eine Vorbausäule.- Artikel aus: beton, ISSN: 0005-9846, Jg.: 36, Nr.2, 1986, Seite 49-52
- /199/ Schütze, S. & Gerland, H-H. (1996): Die Vorbausäule Schacht Grimberg.- In: Kali und Steinsalz, Band 12, Heft 2, September 1996, Seite 43 - 50.

- /200/ Sitz, P. & Elert, K.-H. (1995): Salzton - Natürliches Analogon für geotechnische Barrieren auf Bentonit/Ton-Basis in Endlagern/Untertagedeponien im Salzgebirge.- Vortrag Geomechanik-Kolloquium, Leipzig, 1995.
- /201/ Sitz, P. (1981): Querschnittsabdichtungen untertägiger Hohlräume durch Dämme und Pfropfen.- Freiburger Forschungsheft A 643, Verlag Grundstoffindustrie, Leipzig, 151 Seiten, 44 Bilder, 25 Tabellen.
- /202/ Sitz, P. (1997): Materialuntersuchungen für Mehrkomponentensysteme auf Ton/Bentonit-Basis für Dichtungen und Lastabtrag, mit hohem Rückhaltvermögen, für den langzeitsicheren Verschluss von UTD und Endlagern im Salinar.- Abschlußbericht. - BMBF-Forschungsvorhaben; TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bergbau.
- /203/ Sitz, P., Gruner, M. & Rumphorst, K. (2003a): Verschlussbauwerke für Endlager und Untertagedeponien. - 6. Projektstatusgespräch des Projektträgers des BMBF und BMWA für Wassertechnologie und Entsorgung., 27./28. Mai 2003, Wissenschaftliche Berichte FZKA-PTE, Karlsruhe, August 2003, Nr. 8, S. 135-150.
- /204/ Sitz, P., Gruner, M. & Rumphorst, K. (2003b): Bentonitdichtelemente für langzeitsichere Schachtverschlüsse im Salinar.- In: Kali und Steinsalz 03/2003, Kassel, Seite 6-3.
- /205/ Technische Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (TAS), Stand: Dezember 2005, erlassen am 15. Dezember 1977, Hessische Oberbergamt in Wiesbaden, - 76 c 10 - 20/16 -.
- /206/ Uhlenbecker, F.W. (1978): Neue Forschungsergebnisse in der Gebirgsmechanik im Hinblick auf den Abbau von carnallitischen Kaliflözen.- 5. International Symposium of Salt, Hamburg, 1978, 10 Seiten, 13 Tabellen.
- /207/ Valk, J. (1983): Schacht Hattorf - Einbau einer Vorbausäule.- Dortmund, April 1983, In: „Unser Betrieb“, Nr. 33, Werkszeitschrift für die Unternehmen der Deilmann-Haniel-Gruppe, 3 Seiten.
- /208/ Valk, J. (1992a): „Abdichtungsarbeiten am Schacht Neurode“.- Deilmann-Haniel, 13.04.1992, Bericht, 8 Seiten, 2 Anlagen.
- /209/ Valk, J. (1992b): Schacht Ransbach - Einbau einer Vorbausäule.- In: Bergbau 9/92 Zeitschrift für Bergbau und Energiewirtschaft, Nachdruck aus „Unser Betrieb“, Werkszeitschrift für die Unternehmen der Deilmann-Haniel-Gruppe, Seite 400-403.
- /210/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1932a): Bericht zu „Über die Zementierarbeiten im Schacht Hattorf“.- Philippsthal-Werra, 11.08.1932, interner Bericht, 2 Seiten.
- /211/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1932b): Schlussbericht über die Zementierarbeiten im Schacht Hattorf.- Philippsthal, 15.09.1932, interner Bericht, 1 Seite.
- /212/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1954): Auszug aus den Abteufwochenberichten des Schachtes Hattorf.- Bad Salzdettfurth, 11.11.1954, interne Unterlagen, 4 Seiten.
- /213/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1956a): Geschichte des Schachtes Hattorf nach den noch vorhandenen Unterlagen- Hattorf, 31.07.1956, interne Unterlagen, 5 Seiten.
- /214/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1956b): Geschichte des Schachtes Hattorf nach den vorhandenen Unterlagen.- 31.07.1956, interne Unterlagen, 5 Seiten.
- /215/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1959a): Über den Einbau der Tübbingsäule im Schacht Hattorf.- Hattorf, 01.07.1959, interner Bericht, 6 Seiten.
- /216/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1959b): „nach alten Aktenunterlagen - Akte G 1/9“.- Hattorf, 21.10.1959, Aktenunterlagen, 2 Seiten.
- /217/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1963): Laugenzufluss im Schacht Hattorf.- Hattorf, 13.05.1963, Brief, 2 Seiten.

- /218/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1964a): „Messung der Tübbingwandstärke“- Hattorf, 11.05.1964, interne Notiz, 2 Seiten.
- /219/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1964b): „Messung der Tübbingwandstärke“- VKS AG, Mai 1964, interne Notiz, 2 Seiten.
- /220/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1964c): Geschichte des Schachtes Hattorf und Daten nach vorhandenen Unterlagen.- Hattorf, 21.09.1962, interne Unterlagen, 4 Seiten.
- /221/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1965): Laugenaustritt Vertikalbohrung Nr. 105, Revier 2.- Hattorf, 09.09.1965, 2 Seiten, 3 Anlagen.
- /222/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1967): Abdichtungsarbeiten im unteren Tübbingausbau des Schachtes Hattorf, Ring 11 und 12.- Hattorf, 09.01.1967, Aktennotiz, 1 Seite.
- /223/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1968): Schacht Hattorf, Abdichtungsarbeiten am Ring 13.- Hattorf, 03.12.1968, Aktennotiz, 2 Seiten.
- /224/ Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft (1970): „ Befahrung des Schachtes Heimboldshausen am 28.03.1970“- Hattorf, 06.04.1970, Befahrungsbericht, 2 Seiten.
- /225/ Wedepohl, K. H. (1985): Origin of the Tertiary basaltic volcanism in the northern Hessian Depression. In: Contrib. Mineral. Petrol. 89, 1985, S. 122-143.
- /226/ Wintershall Aktiengesellschaft (1934): Halbjahresbericht über den Zustand des Schachtes Grimberg, 2 Halbjahr 1934.- Heringen, 27.12.1934, Schachtbericht, 2 Seiten.
- /227/ Wintershall Aktiengesellschaft (1935a): Halbjahresbericht über den Zustand des Schachtes Grimberg, 1. Halbjahr 1935.- Heringen, 01.07.1935, Schachtbericht, 1 Seite.
- /228/ Wintershall Aktiengesellschaft (1935b): Schacht Grimberg, feuchte Stelle im Mauerwerk, 2 m unterhalb des letzten Keilkranzes.- Heringen, 18.09.1935, Aktennotiz, 2 Seiten.
- /229/ Wintershall Aktiengesellschaft (1958a): „Bericht über den Umbau des Wetterschachtes Heringen der Gewerkschaft Wintershall mit Schachtdichtungs- und Zementierarbeiten“- Heringen, 04.08.1958, 7 Seiten.
- /230/ Wintershall Aktiengesellschaft (1958b): „Über Zementierarbeiten im Schacht Neurode“- Heringen/Werra, 07.10.1958, Bericht, 7 Seiten.
- /231/ Wintershall Aktiengesellschaft (1959c): „Daten zum Abteufen des Schacht Neurode“- Heringen/Werra, 28.09.1959, interne Akten, 1 Seite.
- /232/ Wintershall Aktiengesellschaft (1964): „ Messung der Tübbingwandstärke“- Heringen, Mai 1964, interne Notiz, 2 Seiten.
- /233/ Wintershall Aktiengesellschaft (1965): „Nachtrag zu Abdichtungsarbeiten im Schacht Neurode“- Herfa, 30.04.1965, Unterlagen, 2 Seiten.
- /234/ Wintershall Aktiengesellschaft (1971): Aus Akten für Heringen & Zuläufe bei Dichtungsarbeiten Heringen 1964/65.- Wintershall Aktiengesellschaft, Heringen, 12.02.1971, 2 Seiten.
- /235/ Wintershall Aktiengesellschaft (1991): „Daten vom Abteufen zum Schacht Heringen“- Heringen/Werra, 27.03.1951, interne Notiz, 1 Seite.
- /236/ Zapp, J., Triebel, R. & Kübler, G. (2002): Sanierung der Tübbingsäulen in den Schächten Neuhoof und Ellers.- In: Kali und Steinsalz Heft 16, Seite 16 - 23, 01/2002.
- /237/ Ziegler, P. A. & Van Hoorn, B. (1989): Evolution of the North Sea Rift. In: Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 46, 1989, S. 471-500.