

Stellungnahme zum Stand der Technik bei der Rückstandsentsorgung in der Kaliindustrie mit Vorschlägen für Maßnahmen zur Reduzierung des Salzabwasseranfalls in den Werken Werra und Neuhoof-Ellers (Werra-Fulda-Revier)

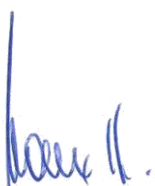
Auftraggeber: K+S KALI GmbH
Bertha-von-Suttner-Str. 7
34131 Kassel

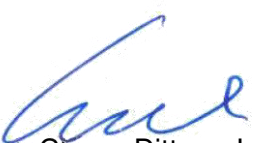
Auftragnehmer: K-UTEC AG Salt Technologies
Am Petersenschacht 7
99706 Sondershausen

Projektleiter: Tobias Pinkse M.Sc.

Bearbeitungsteam: Tobias Pinkse M.Sc.
Dipl.-Chem. Dittmar Lack
Dr. Monika Schönau

Sondershausen, den 17. Dezember 2018 – Rev. 1.0


Dr. Heiner Marx
Vorstandsvorsitzender


Dipl.-Chem. Dittmar Lack
Abteilungsleiter EVT


Tobias Pinkse M.Sc.
Projektleiter

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Anhangverzeichnis	3
Liste der Definitionen	4
1 Veranlassung	5
2 Generelle Methodik zur Bestimmung vom Stand der Technik	5
3 Vorgehensweise zur Bestimmung vom Stand der Technik	7
4 Maßnahmenkomplexe	8
4.1 Vermeidung von Salzabwässern in der Produktion	8
4.1.1 Stand der Technik international und in Deutschland	8
4.1.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier	10
4.1.3 Maßnahmenvorschläge	11
4.1.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen	11
4.2 Einstapelung von Prozess- und Haldenwässern in untertägige Hohlräume	12
4.2.1 Stand der Technik international und in Deutschland	12
4.2.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen des Werra-Fulda-Reviers	13
4.3 Maßnahmenvorschläge	14
4.3.1 Auswirkungen auf die Einleitmengen	15
4.4 Verzicht auf Aufhaltung fester Rückstände durch Versatz	15
4.4.1 Stand der Technik international und in Deutschland	15
4.4.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier	16
4.4.3 Maßnahmenvorschläge	16
4.4.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen	16
4.5 Verzicht auf Aufhaltung fester Rückstände durch Verwertung	17
4.5.1 Stand der Technik international und in Deutschland	17
4.5.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier	17
4.5.3 Maßnahmenvorschläge	18
4.5.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen	18
4.6 Abdeckung bestehender Halden	18
4.6.1 Stand der Technik international und in Deutschland	18
4.6.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier	19
4.6.3 Maßnahmenvorschläge	19
4.6.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen	20
5 Quellenangaben	22
6 Ausgewählte Quellenzitate	25

Anhangverzeichnis

- Anhang 1: Auszüge aus dem 587 Seiten umfassenden BVT-Merkblatt zum „Management von Bergbauabfällen und Taubgestein“ Juli 2004 mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung (2 Seiten)
- Anhang 2: Auszüge aus dem 674 Seiten umfassenden MWEI BREF Draft „Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC“ (9 Seiten)
- Anhang 3: Auszug aus dem Masterplan Salzreduzierung „Haldenabdeckung“ (2 Seiten)

Liste der Definitionen

Abwasser	Eine Salzlösung die entsorgt werden muss.
ABergV	Allgemeine Bundesbergverordnung - Bergverordnung für alle bergbaulichen Bereiche
Bischofit	Mineral mit der Zusammensetzung $MgCl_2 \cdot 6H_2O$; eines der Mineralien, die bei der vollständigen Eindampfung von $MgCl_2$ -reichen Salzlösungen kristallisieren.
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
BREF	Best Available Techniques Reference Documents (BVT-Merkblätter), enthalten Informationen zum Stand der Technik für bestimmte Branchen und Anlagen, die teilweise in Best Available Techniques Conclusions (BVT-Schlussfolgerungen) zusammengefasst werden;
BVT	beste verfügbare Techniken; BVT werden auf EU-Ebene auf Grundlage der Industrieemissions-Richtlinie in sog. BVT-Schlussfolgerungen festgelegt und durch nationale Rechtssetzungsakte in deutsches Recht umgesetzt
Carnallit	Mineral mit der Zusammensetzung $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$
ESTA	Elektrostatische Trennungsanlage
Halit:	Mineral; andere Bezeichnung für Steinsalz; Natriumchlorid; $NaCl$
Kainit	Mineral mit der Zusammensetzung $KMg[Cl SO_4] \cdot 3H_2O$, Doppelsalz aus Kaliumchlorid (KCl) und Magnesiumsulfat ($MgSO_4$)
KKF-Anlage	Kainitkristallisations- und Flotationsanlage
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz - Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen
Haldenwasser	Von Rückstandshalden gebildete Salzlösung
Prozesswasser	Eine Salzlösung die in einer Produktionsanlage anfällt
Q ₂₅ -Punkt	Im quinären System $KCl - NaCl - MgCl_2 - MgSO_4$ bezeichnet der temperaturabhängige Q-Punkt den Punkt der Koexistenz von KCl , $NaCl$, Kainit und Carnallit. Gegenüber diesen Mineralien verhält sich diese Lösung inert. Eine Temperaturangabe ist zwingend erforderlich; für 25 °C Q ₂₅ -Punkt
Q ₂₅ -Lösung	Eine dem Q ₂₅ -Punkt angenäherte Salzlösung mit einem $MgCl_2$ -Gehalt von ca. 323 g/l
Rückstand	Ein bei Produktionsprozessen anfallende Flüssigkeit oder Feststoff, die/der nicht primär als Wertstoff angesehen wird
Sylvinit	Ein Salzgemenge, das vorwiegend aus dem Mineral Sylvinit (KCl) mit geringeren Mengen an Halit ($NaCl$) besteht und manchmal Beimischungen z. B. von Ton enthält
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz - Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts

1 Veranlassung

Die im Kalibergbau gewonnenen Rohsalze enthalten, wie alle bergbaulichen Rohstoffe, nur einen bestimmten Wertstoffanteil. Eine direkte und vollständige Verwendung der Rohsalze ist dadurch in der Regel nicht möglich. Zur Herstellung verkaufsfähiger Produkte mit definierten chemischen und physikalischen Eigenschaften müssen im Rahmen der Rohsalzaufbereitung geeignete Verfahren eingesetzt werden. Diese Verfahren dienen in erster Linie der Trennung und Sortierung der wertstoffhaltigen von den nicht wertstoffhaltigen Rohsalzbestandteilen, den Rückständen. Die nicht weiter verwertbaren Rückstände können in Form von (konzentrierten) Salzlösungen oder in fester Form anfallen.

In Umsetzung der Abstimmung mit der Klärgemeinschaft und dem Landkreisbündnis Hamelner Erklärung hat die K+S KALI GmbH (K+S KALI) die K-UTEC AG Salt Technologies (K-UTEC) beauftragt, eine „Stellungnahme zum Stand der Technik bei der Rückstandsentsorgung in der Kaliindustrie mit Vorschlägen für Maßnahmen zur Reduzierung des Salzabwasseranfalls in den Werken Werra und Neuhoof-Ellers (Werra-Fulda-Revier)“ zu erarbeiten. Darin soll zwischen dem weltweiten Stand der Technik einerseits und dem standortbezogenen Stand der Technik unterschieden werden. Jeder Standort unterliegt besonderen Randbedingungen (z. B. Lagerstättentyp und Rohsalzzusammensetzung), so auch in den Werken Werra und Neuhoof-Ellers. Es sollen außerdem Vorschläge für eine zukünftige Weiterentwicklung des Stands der Technik anhand konkreter Maßnahmen dargelegt und deren mögliche Auswirkungen auf den Salzabwasseranfall sowie die Umwelt im allgemeinen dargelegt werden. Eine Gesamtbewertung der Maßnahmen in Bezug auf alle umweltrelevanten Aspekte ist nicht Gegenstand der Darstellung.

Die Stellungnahme wird nachfolgend vorgelegt. Grundlage sind die Zwischenergebnisse der Sondierungsgespräche zwischen der sog. Klärgemeinschaft, dem Bündnis Hamelner Erklärung und K+S KALI, die sich im Wesentlichen aus den dort vorgestellten Konzepten und Präsentationen ergeben. Ziel dieser Stellungnahme ist es nicht, eine abschließende Bestandsaufnahme des Stands der Technik zu präsentieren, sondern lediglich die am ehesten übertragbaren Beispiele in Bezug auf die Situation im Werra-Fulda-Revier und mögliche Maßnahmen aus Sicht der K-UTEC sowie deren Auswirkungen auf die Einleitmengen zusammenzuführen.

2 Generelle Methodik zur Bestimmung vom Stand der Technik

Während das Abfall-¹⁾, das Wasser-²⁾ und das Immissionsschutzrecht³⁾ konkrete Begriffsbestimmungen zum Stand der Technik enthalten, weist das Bergrecht lediglich in der ABergV [1] die Forderung⁴⁾ auf, bei der Entsorgung bergbaulicher Abfälle den Stand der Technik zu berücksichtigen, ohne diesen jedoch zu definieren.

Im Hinblick auf die Verminderung und umweltgerechte Entsorgung salzhaltiger Rückstände in der Kaliindustrie und in Anlehnung an die Definitionen von BImSchG [2], KrWG [3] und WHG [4] lässt sich der Stand der Technik als

„Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Salzwassereinleitungen in die Gewässer, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Entsorgung salzhaltiger fester und flüssiger Rückstände oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt“

definieren.

Die Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik sind vom Gesetzgeber in den jeweiligen Anlagen zu § 3 Abs. 6 BImSchG, § 3 Abs. 28 KrWG und § 3 Abs. 11 WHG übereinstimmend wie folgt vorgegeben:

„Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen sowie des Grundsatzes der Vorsorge und der Vorbeugung, jeweils bezogen auf Anlagen einer bestimmten Art, insbesondere folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- 1. Einsatz abfallarmer Technologie,*
- 2. Einsatz weniger gefährlicher Stoffe,*
- 3. Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle,*
- 4. vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im Betrieb erprobt wurden,*
- 5. Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen,*
- 6. Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen,*
- 7. Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen,*
- 8. für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit,*
- 9. Verbrauch an Rohstoffen und Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) sowie Energieeffizienz,*
- 10. Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für den Menschen und die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern,*
- 11. Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für den Menschen und die Umwelt zu verringern,*
- 12. Informationen, die von internationalen Organisationen veröffentlicht werden,*
- 13. Informationen, die in BVT-Merkblättern enthalten sind.“*

Die in Ziffer 13 genannten BVT-Merkblätter verweisen auf die europäische Umweltgesetzgebung. Dort gilt der Begriff der „besten verfügbaren Techniken“ gemäß Art. 3 Nr. 10 der Industrieemissions-Richtlinie 2010/75. Er bezeichnet

„den effizientesten und fortschrittlichsten Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der bestimmte Techniken als praktisch geeignet erscheinen lässt, als Grundlage für die Emissionsgrenzwerte und sonstige Genehmigungsaufgaben zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern“.

Dabei sind

„Techniken“: „sowohl die angewandte Technologie als auch die Art und Weise, wie die Anlage geplant, gebaut, gewartet, betrieben und stillgelegt wird;“

„verfügbare Techniken“: „die Techniken, die in einem Maßstab entwickelt sind, der unter Berücksichtigung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses die Anwendung unter in dem betreffenden industriellen Sektor wirtschaftlich und technisch vertretbaren Verhältnissen ermöglicht, gleich, ob diese Techniken innerhalb des betreffenden Mitgliedstaats verwendet oder hergestellt werden, sofern sie zu vertretbaren Bedingungen für den Betreiber zugänglich sind;“

und *„beste“: „die Techniken, die am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.“*

Für viele Branchen und Anlagenarten hat die Europäische Kommission die BVT in sog. BVT-Schlussfolgerungen dargestellt. Diese wiederum fassen Teile der auf Grund des Informationsaustausches nach Art. 13 der RL 2010/75 für bestimmte Tätigkeiten erstellen BVT-Merkblätter (englisch: Best Reference Documents – BREF) zusammen. Die BVT-Schlussfolgerungen werden durch nationale Rechtssetzungsakte (z. B. in der Abwasserverordnung [5]) oder Verwaltungsvorschriften (z. B. in der TA Luft [5]) in deutsches Recht umgesetzt.

Für den Umgang mit bergbaulichen Abfällen bestimmt Art. 4 Abs. 2 und 3 der Bergbauabfallrichtlinie 2006/21, dass alle erforderlichen Maßnahmen ergriffen werden, um etwaige negative Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit infolge der Bewirtschaftung mineralischer Abfälle so weit wie möglich zu vermeiden bzw. zu verringern. Dabei sind unter anderem die besten verfügbaren Techniken im Hinblick auf die Eigenschaften der Abfallentsorgungseinrichtung, ihres Standorts und der Umweltbedingungen vor Ort heranzuziehen, ohne jedoch den Einsatz einer bestimmten Technik oder Technologie vorzuschreiben. Diese Forderung wird in § 22a Abs. 1 ABergV mit etwas anderen Worten wiederholt.

Daher sind die oben aufgeführten 13 Kriterien auch in der Kaliindustrie anwendbar.

Für die hier zu betrachtenden Sachverhalte ist das BREF-Dokument MTWR¹ [6] mit seiner deutschen Entsprechung², dem BVT-Merkblatt „Management von Bergbauabfällen und Taubgestein“ [7] aus dem Jahr 2004 relevant. Es wird derzeit überarbeitet. Der Überarbeitungsentwurf (MWEI BREF)³ [8] wurde 2016 veröffentlicht. Die technischen Diskussionen dazu wurden 11/2017 abgeschlossen. Das finale Dokument wird derzeit erstellt. Die in MTWR BREF [7] enthaltenen Passagen zur Kaliindustrie sind auszugsweise in Anhang 1, die im MWEI BREF [8] enthaltenen relevanten Passagen sind auszugsweise in Anhang 2 (insbesondere in Punkt 3.4.3.4 auf S. 8 von 9) dokumentiert.

Üblicherweise werden – stark vereinfacht gesagt – diejenigen Anlagen, Vorkehrungen und Betriebsabläufe als Stand der Technik angesehen, die in vergleichbaren Fällen bereits mit Erfolg eingesetzt werden (vgl. Nr. 4 der Anlage zu § 3 Abs. 6 BImSchG). Wegen der unterschiedlichen Rahmenbedingungen der weltweit vorhandenen Kaliwerke erfordert dieser Vergleich besondere Sorgfalt. Es muss jeweils geprüft werden, ob Maßnahmen, die sich in einem Werk bewährt haben, unter Einhaltung der genannten Kriterien auch an anderen Standorten einsetzbar sind und wenn dies nicht der Fall ist, ob bzw. unter welchem Aufwand sie an die konkreten Standortbedingungen angepasst werden können.

3 Vorgehensweise zur Bestimmung vom Stand der Technik

Um den Anfall salzhaltiger Rückstände in den Werken Werra und Neuhoof-Ellers zu reduzieren und die verbleibenden Rückstände möglichst umweltverträglich zu entsorgen, sind zahlreiche Maßnahmen durch K+S KALI und beratende Firmen untersucht und bewertet worden. Darüber hinaus liegen Erfahrungen aus anderen Kaliwerken in Deutschland und anderen Ländern vor. Untersucht wurden konkret

- Maßnahmen zur Reduzierung von Salzabwässern in der Produktion von Kalium- und Magnesiumprodukten
- Einstapelung von Prozesswässern (PW) und Haldenwässern (HW) in untertägige Hohlräume

1 http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/mmr_adopted_0109.pdf

2 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/bvt_management-bergbauabfaelle_vv.pdf

3 http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/mmr_adopted_0109.pdf

- Verzicht auf Aufhaldung durch untertägigen Versatz fester Rückstände
- Verwertung fester Rückstände als Produkt
- Abdeckung bestehender Halden

Die Darstellung folgt für jede Maßnahmengruppe einem mehrstufigen Ansatz:

1. Darstellung, ob es Erfahrungen in der weltweiten Kaliindustrie gibt, die diese Maßnahmen unter den jeweiligen Standortbedingungen als Stand der Technik erscheinen lässt.
2. Erläuterung, ob und ggf. unter welchen Voraussetzungen bzw. mit welchen Modifikationen sich die Maßnahme auch in den Werken Werra und/oder Neuhoof-Ellers als Stand der Technik realisieren lässt.
3. Soweit es möglich ist, folgt die Ableitung konkreter Maßnahmenvorschläge. Dabei werden auch Maßnahmen aufgeführt, die zwar heute unter den konkreten Standortbedingungen nicht dem Stand der Technik entsprechen, die aber nach den genannten Kriterien voraussichtlich realisierbar sind. Ggf. werden auch die verbleibenden Unsicherheiten dargestellt.
4. Beschreibung der quantitativen Auswirkungen auf die anfallenden und durch Einleitung in die Gewässer zu entsorgenden Salzabwässer.

4 Maßnahmenkomplexe

4.1 Vermeidung von Salzabwässern in der Produktion

4.1.1 Stand der Technik international und in Deutschland

Der Stand der Technik international und in Deutschland ist (siehe [9] Kapitel 8 für Details):

- Flüssige Rückstände aus der Produktion fallen sowohl bei der Aufbereitung fester Kalirohsalze aus der bergmännischen Gewinnung als auch bei der Aufbereitung technischer Lösungen aus der soltechnischen Gewinnung entsprechender Kalisalzlagertstätten sowie bei der Nutzung natürlicher Lösungen an. Durch die Rückstandsaufhaldung entstehen darüber hinaus salzhaltige Haldenwässer.
- Die Menge und Zusammensetzung der bei der Aufbereitung anfallenden Lösungen hängt maßgeblich von der Rohsalzzusammensetzung, den eingesetzten Aufbereitungsverfahren und der Produktpalette ab. Je höher z. B. der Anteil von Nebenmineralien, desto mehr Prozesswässer fallen i.d.R. an.
- In den derzeit weltweit betriebenen Kaliwerken fallen Salzabwässer insbesondere durch Flotation, Heißlöseverfahren, Eindampf-/Kühlkristallisation, solare Evaporation und natürliche Kristallisation an. Durch Optimierung der Aufbereitungsverfahren hinsichtlich des Anfallens von flüssigen Rückständen und durch Rückführung von Lösungen in den Produktionsprozess lässt sich der Anfall von Salzabwässern, die entsorgt werden müssen, in gewissem Umfang reduzieren.
- Salzabwasserfrei arbeitet lediglich das ESTA-Verfahren, das aber bislang immer in Kombination mit nassen Aufbereitungsverfahren eingesetzt wurde, da eine direkte Rohsalzaufbereitung zu qualitätsgerechten Produkten nur in sehr eingeschränktem Umfang verfahrenstechnisch möglich ist.
- Eine weitere Aufbereitung bzw. Behandlung der Salzwässer mit dem Ziel der vollständigen Trennung zwischen dem Wasser und den darin gelösten Salzen ist nur über energieintensive Eindampfverfahren möglich. Dabei sind der dadurch bedingte Ressourceneinsatz und die daraus resultierenden Umweltwirkungen dem Nutzen einer weiteren Wertstoffgewinnung sowie

der Umweltentlastung gegenüberzustellen. Das Eindampfen von Salzwässern an sich führt noch nicht zu einer schadlosen Entsorgung der Salzurückstände.

- Die Entsorgung der Salzabwässer aus der Produktion erfolgt weltweit durch Versenkung in den geologischen Untergrund (z. B. in Kanada), durch Einleitung in Oberflächengewässer (z. B. in China, Israel, Spanien) oder durch Rückführung in Kavernen bei der soltechnischen Gewinnung sowie nach unter Tage (z. B. in Deutschland, Russland, Weißrussland).

Unter dem Begriff der „salzabwasserfreien Produktion“ wird im Folgenden eine Kalirohsalzaufbereitung verstanden, bei der keine Prozesswässer anfallen, die als Abwasser in Oberflächengewässer oder in Grundwasserleiter eingeleitet werden müssen.

Eine salzabwasserfreie Produktion wäre dann möglich, wenn es entweder gelingt, durch wasserfreie Aufbereitungsverfahren (z. B. ESTA-Verfahren) ein qualitätsgerechtes und damit verkaufsfähiges Produkt herzustellen, bei dem keine zu entsorgenden Prozesswässer anfallen, oder wenn anfallende Prozesswässer wieder vollständig in der Produktion eingesetzt oder selbst als Produkt verkauft werden können sowie andere Entsorgungsmöglichkeiten für Salzwässer genutzt werden können. In jedem dieser Fälle sind aber die damit verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt in ihrer Gesamtheit zu betrachten und zu bewerten.

Salzabwasserfreie Produktion ist damit unter folgenden Bedingungen möglich:

- Aus Sicht der Verfahrenstechnik ist eine salzabwasserfreie Kaliproduktion unter bestimmten Randbedingungen (z. B. Rohsalzzusammensetzung, Produktpalette) Stand der Technik.
- Um Kaliprodukte salzabwasserfrei produzieren zu können, gibt es für die Vermeidung von salzhaltigen Abwässern prinzipiell zwei Lösungswege:
 1. Einstapelung von Salzwässern in durch Salzbergbau geschaffene Hohlräume und/oder
 2. Verwertung von Prozesswässern, direkt oder nach weiteren Aufbereitungsstufen, zur Herstellung verkaufsfähiger Nebenprodukte.
- Die technische und wirtschaftliche Machbarkeit sowie die damit verbundenen Umweltwirkungen eines salzabwasserfreien Kaliproduktionsverfahren werden standortspezifisch bewertet.
- Ein salzabwasserfreies Kaliproduktionsverfahren muss immer in Zusammenhang mit der bergmännischen Abbaumethode und Bergwerksplanung konzipiert werden.
- Für Neubauprojekte lassen sich salzabwasserfreie Kaliproduktionsverfahren erheblich einfacher technisch, wirtschaftlich und umweltverträglich realisieren als für bestehende Standorte.
- Die wirtschaftliche Machbarkeit eines salzabwasserfreien Kaliproduktionsverfahren ist stark abhängig von (lokalen) Marktbedingungen und dem Zugang zu einem (lokalen) Vertriebsnetz für die Haupt- und Nebenprodukte der Salzaufbereitung.

Für salzabwasserfreie bzw. annähernd salzabwasserfreie Salzherstellung gibt es u.a. folgende Beispiele:

- Komplette salzabwasserfreie Kaliproduktionsverfahren sind durch K-UTEC für Kunden in z. B. Russland (klassischer untertägiger Bergbau) und sowohl Äthiopien als auch Laos (jeweils Solungsbergbau) entwickelt worden. Diese Projekte wurden aber bisher nicht praktisch umgesetzt und können damit erst nach Realisierung als Stand der Technik bezeichnet werden.
- Ein annähernd salzabwasserfreies Kaliproduktionsverfahren wird seit 1988 durch die DEUSA International GmbH in Bleicherode (Solungsbergbau) betrieben. Obwohl es für diesen Betrieb eine Einleitgenehmigung gibt, wird diese nur sehr geringfügig benutzt. Der Hauptteil der anfallenden salzhaltigen Wässer wird zurück in die Solungskavernen geführt, womit auch in der Kaverne enthaltene Wertstoffe verdrängt und für die Kaliproduktion genutzt werden. Auf Grund des gänzlich anderen bergmännischen Gewinnungsverfahrens ist der Solungsbergbau nicht vergleichbar mit den Gewinnungs-/Produktionsverfahren im Werra-Revier.

- Das ehemalige Werk in Bad Salzdetfurth verarbeitete ein Rohsalz, das aus Sylvinit und Carnallit bestand. Der überwiegende Anteil der dabei entstehenden Magnesiumchloridlösung wurde an die Norsk Hydro verkauft und nur ein sehr geringer Anteil musste über die Einleitung in die Innerste entsorgt werden.
- Der Standort Unterbreizbach des Werkes Werra ist salzabwasserfrei. Die im Rahmen der Rohsalzaufbereitung entstehenden Prozesslösungen werden an den Standorten Hattorf und Wintershall des Werkes Werra weiter verarbeitet.
- Bei der geplanten Wiederinbetriebnahme des Werkes Siegfried-Giesen soll kein Salzabwasser aus der Kaliproduktion anfallen. Dieses Vorhaben wurde bisher noch nicht realisiert und kann damit erst nach Realisierung als Stand der Technik bezeichnet werden.
- Ein annähernd salzabwasserfreies Salzproduktionsverfahren ist durch K-UTEC für Salinen Austria AG entwickelt und anschließend realisiert worden. Dabei wird neben dem Hauptprodukt NaCl als Nebenprodukt K_2SO_4 aus den salzhaltigen Wässern hergestellt. Dieses Beispiel ist nicht ohne Weiteres auf die Kaliindustrie übertragbar, zeigt aber, dass abstoßfreie Salzherstellungsverfahren bei entsprechenden Randbedingungen erfolgreich konzipiert und umgesetzt werden können.

4.1.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier

Der Stand der Technik, aus Sicht der K-UTEC und basierend auf mehr als 50 Jahren Erfahrung in der Entwicklung von Salzherstellungsverfahren, unter den Standortbedingungen des Werra-Fulda-Reviere ist im Folgenden dargestellt. Dabei spielt vor allem die Rohsalzzusammensetzung der Werra-Lagerstätte eine sehr große Rolle. Die Werra-Lagerstätte ist im internationalen Vergleich bzgl. der anstehenden Salzgesteinstypen als besonders anzusehen. Während die meisten Kalilagerstätten weltweit hauptsächlich aus Kalium- und Natriumsalzen bestehen, enthalten die deutschen Lagerstätten auch große Mengen an Magnesiumsalzen. Die Kaliproduktionsprozesse, die die Magnesiumsalze von den anderen Salzarten trennen, ergeben daher sehr spezielle salzhaltige Wässer und erschweren so die Vermeidung und Entsorgung von Salzabwässern.

- Die Verwertung von bestimmten salzhaltigen Wässern resultierend aus der speziellen Rohsalzzusammensetzung in der sogenannten Kainitkristallisations- und Flotationsanlage (KKF-Anlage) ist Stand der Technik. Das Hauptverfahren dieser Anlage ist eine Eindampfung der Wässer, wobei Salze kristallisieren. Das kristallisierte Salzgemisch wird u.a. über ein Flotationsverfahren weiter aufbereitet, wobei sowohl Wertstoffe (Sylvinit und Kainit) als auch feste Rückstände (NaCl) entstehen. Mit dieser Anlage verarbeitet K+S KALI ca. 3 Mio. m³/a an Prozesswässer und erzeugt neben den Wertstoffen und festen Rückständen auch ca. 1,5 Mio. m³ flüssige Rückstände. Nach der Inbetriebnahme der KKF-Anlage im Jahr 2018 sind momentan noch ca. 3,2 Mio. m³/a Prozesswässer im Werk Werra des Werra-Fulda-Reviere als flüssiger Rückstand anzusehen.

Bisher nicht Stand der Technik unter den Standortbedingungen des Werra-Fulda-Reviere sind:

- Die weitere Verwertung von allen Prozesswässern aus dem Werk Werra, d. h. aus der KKF-Anlage und anderen im Werk vorhandenen Anlagen, zur Herstellung von Kaliumsulfat. Derartige Verfahren sind technisch prinzipiell möglich. Verfahren, wie bspw. die Laugentiefkühlung, Eindampfung, Kristallisation usw. wären prinzipiell anwendbar. K-UTEC hat dazu 2017 im Auftrag von K+S KALI eine Konzeptstudie erarbeitet. Bei dem von K-UTEC vorgeschlagen Verfahren entstehen weiterhin flüssige und feste Rückstände, die mangels weiterer Verwertungsoptionen entsorgt werden müssten. Diese Rückstände wären aber prinzipiell für die untertägige Einstapelung geeignet, wenn die Mineralisation dieser Rückstände so eingestellt wird, dass die Anforderungen für die sogenannte Einstapelung in untertägigen Hohlräumen unter den im Werk Werra bestehenden Rahmenbedingungen erfüllt werden können.

- Die Behandlung von Haldenwässern, z. B. über ein Eindampfverfahren, ist nicht Stand der Technik. Sie ist prinzipiell technisch möglich, aber sehr energie- und kostenintensiv. Die Behandlung von Haldenwässern wird nicht direkt zur Herstellung eines Wertproduktes führen und mit der Eindampfung dieser Salzlösungen wird auch keine ein stapelbare Salzlösung herzustellen sein. Die Wirtschaftlichkeit eines solchen Verfahrens ist damit in Frage gestellt. Die Verwertung von Haldenwässern zur gelenkten Flutung bzw. der Nassverwahrung von untertägigen Hohlräumen, d.h. Kali- und Salzbergwerken, oder auch die Einbeziehung der Haldenwässer in den hydraulischen Versatz von Kali- und Salzbergwerken in der Nachbetriebsphase ist allerdings weltweit und in einigen Bergwerken in Deutschland Stand der Technik, z. B. [10] und [11]. Die direkte Einstapelung von Haldenwässern in untertägige Hohlräume, wie z. B. im Südharzrevier durchgeführt, wird im Werra-Fulda-Revier wegen der dort anstehenden Salzgesteinstypen nicht machbar sein.
- Die Behandlung von Prozess- und Haldenwässern über alternative Aufbereitungsverfahren, d. h. alternativ zur Eindampfung/Tiefkühlung, die weniger energieintensiv sind, wie Membrantrennung und Nanofiltration, ist nicht Stand der Technik. K-UTEC entwickelt solche alternativen Verfahren momentan in mehreren Forschungs- und Entwicklungsprojekten.

4.1.3 Maßnahmenvorschläge

Aus Sicht der K-UTEC werden die folgenden Maßnahmen zur Weiterentwicklung des Standes der Technik mit dem Ziel einer nachhaltigen Reduzierung der Einleitmengen von Prozess- und Haldenwässern für das Werk Werra vorgeschlagen. Diese Vorschläge setzen voraus, dass die verbleibenden flüssigen Rückstände mengenmäßig und qualitätsmäßig untertage eingestapelt werden können und alle erforderlichen Genehmigungen zeitnah erteilt werden.

1. Fortsetzung der F+E-Vorhaben der K+S im Rahmen der Umsetzung des Maßnahmenprogramms der FGG Weser, siehe Anhänge 10.1 und 10.2 des Statusberichtes der FGG Weser [12] mit dem Ziel der weiteren Vermeidung von Prozesswässern.
2. Entwurf, Planung und Errichtung einer thermischen Aufkonzentrierungsanlage im Werk Werra (möglicher Standort ist Wintershall), um alle $MgCl_2$ -reichen Prozesswässer weiter durch Eindampfung aufzubereiten, so dass diese für die Einstapelung in untertägige Hohlräume (beginnend mit Grubenfeld Springen des Werkes Werra) geeignet sind.
3. Entwurf, Planung und Errichtung einer Konditionierungsanlage, um auch die Kieseritdeckwässer ggf. über eine Laugentiefkühlung aufzubereiten. Die Konditionierung der Kieseritdeckwässer ist notwendig, um ihre Weiterverarbeitung in der Aufkonzentrierungsanlage zu ermöglichen.
4. Entwicklung eines energieeffizienten Vorkonditionierungsverfahrens für die Haldenwässer durch Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Dabei ist zuerst zu prüfen, ob innovative Verfahren, wie Membrantrennung und/oder Nanofiltration, für die Vorkonditionierung der Haldenwässer geeignet sind. Im Falle der Feststellung der Eignung dieser innovativen Verfahrenswege sind Entwurf, Planung und Errichtung einer Haldenwässer-Vorkonditionierungsanlage anzugehen.

4.1.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen

Vor Inbetriebnahme der KKF-Anlage fielen im Werk Werra ca. 4,0 Mio. m^3/a Prozesswässer und ca. 2,3 Mio. m^3/a Haldenwässer⁴ an, die in den Plattendolomit versenkt und in die Werra eingeleitet

⁴ Das anfallende Haldenwasservolumen pro Jahr ist variabel und hängt unter anderem von der Niederschlagsmenge und der Gesamtfläche der Halden ab. Mit ansteigender Haldenfläche wird prinzipiell auch das gebildete Haldenwasservolumen ansteigen.

wurden (Stand 2017, siehe Abschnitt 3.3 des Statusberichtes der FGG Weser [13]). Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen wird es möglich sein, zunächst die Versenkung zu beenden und sodann die Einleitung in die Werra schrittweise zu reduzieren. Die Auswirkungen der im Abschnitt 4.1.3 präsentierten Maßnahmen sind im Folgenden dargestellt:

- Mit der Inbetriebnahme der KKF-Anlage werden die prognostizierten flüssigen Rückstände um ca. 1,5 Mio. m³/a auf ca. 3,2 Mio. m³/a verringert. Damit einher geht eine Verringerung der Gesamtsalzfracht.
- Mit der Inbetriebnahme der vorgeschlagenen thermischen Aufkonzentrierungsanlage wird es möglich sein, die im Werk Werra anfallenden Prozesswässer mit Ausnahme der Kieseritdeckwässer in untertägige Hohlräume einzustapeln. Die derzeit prognostizierten Mengen an für die Aufbereitung in der Aufkonzentrierungsanlage geeigneten Prozesswässern sind 1,5 Mio. m³/a aus der KKF-Anlage und ca. 1 Mio. m³/a andere Prozesswässer. Insgesamt wird die bisherige Menge der zu entsorgenden Prozesswässer mit der Inbetriebnahme der thermischen Aufkonzentrierungsanlage und nachgeschalteter Einstapelung deren Rückstände in untertägige Hohlräume um ca. 2,5 Mio. m³/a verringert.

Nach diesen Schritten sind nur noch die Kieseritdeck- und Haldenwässer einzuleiten. Damit beträgt die Restmenge der Prozesswässer noch 0,7 Mio. m³/a.

- Mit der Inbetriebnahme der Vorkonditionierungsanlage für die Kieseritdeckwässer und weiterer Aufbereitung von deren Rückständen in der Aufkonzentrierungsanlage werden die Einleitmengen um 0,7 Mio. m³/a verringert. Die Einleitmenge von Prozesswässern wird damit auf 0 m³/a reduziert. Zu diesem Zeitpunkt sind nur noch die Haldenwässer einzuleiten.

4.2 Einstapelung von Prozess- und Haldenwässern in untertägige Hohlräume

4.2.1 Stand der Technik international und in Deutschland

Die gelenkte Einstapelung von Prozesswässern und/oder Haldenwässern in Kalibergwerken wird weltweit nur in wenigen Fällen durchgeführt. Zahlreicher sind die Fälle, in denen ein nicht gelenktes Eindringen von Sole oder Wasser nach Verlust der hydraulischen Integrität der Schutzschichten zur Flutung/zum Ersaufen und anschließenden Stilllegung eines Bergwerks geführt haben (z. B. die Staßfurter Kaligruben, siehe [14]). In einigen Fällen wurde die Produktion von Kaliressourcen aus diesen ersoffenen Bergwerken durch den Einsatz eines Solungsverfahrens fortgesetzt. Diese letzte Situation steht jedoch in keinem Zusammenhang mit der Situation im Werrarevier und wird daher nicht weiter als Stand der Technik für die Einstapelung von Prozess- und/oder Haldenwässern nach untertage ausgeführt.

Beispiele für (gelenkte) Flutung von Bergwerken sind:

- Die Einstapelung mineralisierter Lösungen in stillgelegte oder aktive Kalibergwerke der flachen Lagerung und in Lagerstätten des Sulfat-Typs wurde und wird nur in wenigen Fällen und erst seit Mitte der 1990er Jahre mit wenigen Mio. m³ Lösungsvolumen realisiert. Bei diesen Einzelfällen handelt es sich vor allem um bereits stillgelegte Kalibergwerke des Südharz-Kalireviers, in welche während des Stilllegungsprozesses Lösungen nach unter Tage verbracht wurden. Zwei ehemalige Kalibergwerke im Südharzrevier sind/werden derzeit gelenkt mit Salzlösungen geflutet (Volkenroda und Bischofferode) [15]. Für die Flutung dieser Bergwerke werden u.a. Haldenwässer und NaCl-gesättigte Salzlösungen angewendet. Diese zwei Bergwerke sind bedingt vergleichbar mit den Grubenfeldern im Werra-Fulda-Revier. Sowohl die anstehenden Salzgesteine als auch die flache Lagerung der Lagerstätte ist vergleichbar. Allerdings ist die Dimension (Umfang) dieser Bergwerke erheblich geringer als die Grubenfelder im Werra-Fulda-Revier, womit die Ergebnisse der gelenkten Flutung dieser Bergwerke nur eingeschränkt übertragbar sind.

- Verschiedene andere Kalibergwerke in Deutschland sind oder werden u.a. mit Salzlösungen geflutet (bspw. Hildesia, Conow, Bergmannsseggen-Hugo, Niedersachsen-Riedel). Hierbei werden sowohl Haldenwässer als auch Prozesswässer eingesetzt. Wegen der steilen Lagerung der Lagerstätte (die Bergwerke wurden in sogenannten Salzstöcken aufgefahren) sind die Ergebnisse der gelenkten Flutung in diesen Bergwerken nicht auf das Werra-Fulda-Revier übertragbar.

Obwohl mit diesen Beispielen der Stand der Technik für die Einstapelung von Halden- und Prozesswässern aufgezeigt wird, sind diese Beispiele nicht ohne weiteres auf andere Standorte übertragbar. Voraussetzung für die untertägige Einstapelung von Salzlösungen und somit eine gelenkte Flutung ist, dass die Einstapelung die in § 55 BBergG aufgeführten Bedingungen erfüllt. Daher muss einer untertägigen Einstapelung von Salzlösungen immer eine standortspezifische Bewertung vorausgehen. Eine erfolgreiche Flutung, die dieser Voraussetzung entspricht, ist daher von folgenden Aspekten abhängig:

- Die Einstapelung von Prozess- und/oder Haldenwässern kann zur Beschleunigung der unter- und übertägigen Verformungen im Umfeld der Stapelbereiche führen, was sich durch erhöhte Senkungsgeschwindigkeiten und die Erhöhung der Anzahl seismischer Registrierungen zeigen kann. Diese Phänomene müssen bei der Planung einer Einstapelung sorgfältig berücksichtigt werden, damit Schäden an der Tagesoberfläche vermieden werden.
- Zusammensetzung (Mineralisation) der zu verbringenden Salzlösungen: der Salzgehalt der Lösungen muss in Zusammenhang mit der im Bergwerk anstehenden Salzgesteine betrachtet werden (siehe nächster Punkt dieser Liste). Falls die Mineralisierung dieser Salzlösungen nicht mit den Salzgesteinsarten im Bergwerk vereinbar ist, muss die Mineralisierung, z. B. mittels Aufkonzentrierung durch Eindampfung, entsprechend angepasst werden.
- Lagerstättenaspekte wie die Zusammensetzung der im Bergwerk anstehenden Salzgesteine und andere geologischen Aspekte wie z. B. die Struktur, die Anwesenheit von Kluftsystemen, die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Salzgesteine, usw.
- Aus der Zusammensetzung der Salzlösungen in Zusammenhang den Lagerstättenaspekten geht möglicherweise ein Umlösepotential der stützenden Tragelemente im Bergwerk hervor. Die Schwächung und/oder das Versagen von einzelnen Tragelementen infolge des Umlösens ist nicht unbedingt problematisch. Die geomechanische Standsicherheit des Bergwerks nach untertägiger Einstapelung von Salzlösungen muss aber langfristig betrachtet werden, um Schäden an der Oberfläche zu vermeiden.
- Ausreichendes Volumen an geeigneter Lösung, das zur langzeitsicheren Flutung des Bergwerkes benötigt wird, muss zur Verfügung stehen. Sobald die Flutung eines Bergwerks begonnen wurde, sind frühzeitige Ausstiegszenarien immer mit Herausforderungen verbunden und unter Umständen auch nicht realisierbar. Es ist daher wichtig sicherzustellen, dass Salzlösungen über einen ausreichend langen Zeitraum zur Verfügung stehen, um das Bergwerk in einem einer sicheren Verwahrung entsprechendem Maße zu verfüllen.
- Standortbesonderheiten wie die Möglichkeit, vollständige Bergwerke und/oder Bergwerksteile langzeitsicher einkapseln zu können, bspw. mittels Damm- und Verschlussbauwerken, sowie die Anwesenheit von Salzlösungszuflüssen sind bei der Planung einer Einstapelung zu berücksichtigen.

4.2.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen des Werra-Fulda-Reviere

Bis auf die Versuchsfelder sind im Werrarevier bisher noch keine Prozesswässer in untertägige Hohlräume verbracht worden. Die Einstapelung von Salzlösungen in die Bergwerke des Südharzrevieres, d. h. die Bergwerke Volkenroda und Bischofferode, zeigt in eingeschränkter Form den Stand der Technik der gelenkten Einstapelung unter den Standortbedingungen des Werra-

Fulda-Reviere [15]. Das durch Einstapelung der Salzlösungen in diesen Grubenfeldern induzierte Anlösen der Pfeilermasse und die daraus resultierenden geomechanischen Auswirkungen auf vorhandenen Schutzgüter fanden nur begrenzt statt.

Obwohl die Situation im Südharzrevier eingeschränkt auf das Werra-Fulda-Revier übertragbar ist, kann die Einstapelung von Salzlösungen nicht ohne weiteres im Werra-Fulda-Revier vorgenommen werden. Deshalb wurden bereits 2009/2010 durch das Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG) und ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH (ERCOSPLAN) Gutachten (siehe [16] und [17]) erstellt, die die Einstapelung von Salzlösungen im Grubenfeld Springen, einem Grubenfeld des Werkes Werra, bewerten. Aus diesen Gutachten ist ersichtlich, dass Prozesswässer vom Standort Wintershall mit ca. 280 g/l MgCl_2 -Gehalt eingeschränkt für die Einstapelung im Grubenfeld Springen geeignet sind. Ergebnis der Gutachten ist, dass die Einstapelung dieser Lösung für manche Feldesteile (Teilfelder) nicht zu einer unzulässigen Gefährdung von Schutzgütern führen wird. Für andere ist dies allerdings der Fall, so dass für diese Feldesteile (Teilfelder) ein höherer MgCl_2 -Gehalt der Einstapelungslösung erforderlich ist.

Die Einstapelung von unkonditionierten Prozesswässern unter Tage ist damit unter den Standortbedingungen des Werkes Werra nicht als Stand der Technik anzusehen.

4.3 Maßnahmenvorschläge

Die Maßnahmenvorschläge aus Sicht der K-UTEC zur nachhaltigen Einstapelung von Prozess- und Haldenwässern für das Werk Werra sind als einzelne Schritte im Folgenden dargestellt. Diese Maßnahmen sind in der Kombination mit den im Abschnitt 4.1.3 beschriebenen Maßnahmen zu verstehen und können nicht von diesen losgelöst eingesetzt werden.

1. Von K-UTEC wird vorgeschlagen, spätestens ab 2022 mit der Einstapelung einer für eine sichere Verwahrung am besten geeigneten, dem sogenannten Q_{25} -Punkt angenäherten, Salzlösung in das Südwestfeld des Grubenfeldes zu beginnen. Diese Lösung kann durch das Mischen der in der KKF-Anlage anfallenden Lösung mit einer sehr hoch konzentrierten MgCl_2 -Lösung in einer Aufkonzentrierungsanlage hergestellt werden. Da die hochkonzentrierte MgCl_2 -Lösung nur in einer beschränkten Menge zur Verfügung steht, können nicht alle Prozesswässer auf diese Art und Weise aufkonzentriert werden. Die Einstapelung von durch Mischen aufkonzentrierten Prozesswässern aus der KKF-Anlage im Südwestfeld wird vorgeschlagen, um Zeit für die Errichtung einer thermischen Aufkonzentrierungsanlage, wie im Abschnitt 4.1.3 beschrieben, zu gewinnen, ohne den Beginn der Einstapelung ab 2022 zu gefährden.
2. Um eine sichere und nachhaltige Verwahrung des Grubenfeldes Springen zu ermöglichen, soll die für eine sichere Verwahrung am besten geeignete, dem sogenannten Q_{25} -Punkt angenäherte, durch Eindampfung aufkonzentrierte Salzlösung, sobald diese nach Inbetriebnahme einer thermischen Aufkonzentrierungsanlage zur Verfügung steht, in die übrigen Gruben-hohlräume eingestapelt werden.
3. Mit der Einstapelung von aufkonzentrierten Prozesswässern des Werkes Werra in das Grubenfeld Springen werden Erfahrungen gesammelt werden, die die Einstapelung von (aufkonzentrierten/vorkonditionierten) Prozesswässern in weiteren Grubenfeldern des Werra-Fulda-Reviere ermöglichen. Dabei sind die Standortbesonderheiten, wie Anforderungen an Damm- und Verschlussbauwerke, möglicherweise erforderliche stützende Versatzmaßnahmen mit bergbaueigenen Materialien, Salzlösungszuflüsse, untertägige Deponie- und Versatzbereiche für bergbaufremde Abfälle und Rüstungssaltlasten zu berücksichtigen.

4.3.1 Auswirkungen auf die Einleitmengen

Die Auswirkungen der von K-UTEC vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verringerung der Einleitmengen durch die Einstapelung von in einer Aufkonzentrierungsanlage konditionierten Prozesswässern (inkl. der beschriebenen Vorkonditionierungsanlagen) sind im Abschnitt 4.1.4 dargestellt. Es werden nach Inbetriebnahme aller vorgeschlagenen Maßnahmen im Rahmen der (Vor-)Konditionierung/Aufkonzentrierung und Einstapelung in untertägigen Hohlräumen keine Prozesswässer in Vorfluter eingeleitet werden müssen. Eine Gesamtökobilanz für dieses Maßnahmenpaket kann im Rahmen dieser Betrachtungen nicht erstellt werden, ist aber in Zusammenhang mit der Entscheidungsfindung erforderlich.

4.4 Verzicht auf Aufhaldung fester Rückstände durch Versatz

4.4.1 Stand der Technik international und in Deutschland

Grundsätzlich ist die Aufhaldung von festen Rückständen aus der Kalidüngemittelherstellung weltweit der Stand der Technik auch für Projekte, die momentan in Planung sind (siehe [18], [9]). Halden, die dem Stand der Technik entsprechen, haben, um die Umweltverträglichkeit sichern zu können, eine Basisabdichtung, damit eine nachteilige Beeinträchtigung des Grundwassers vermieden wird, und ein Sammelsystem für Haldenwässer. Für die gesammelten Haldenwässer stehen die Entsorgungswege, genannt in Abschnitt 4.2.1, zur Verfügung (Einleiten, Versenken usw.).

Die Aufhaldung kann prinzipiell nur vermieden werden, wenn alle bergmännisch gewonnenen Rohstoffe in marktfähige Produkte umgesetzt werden und/oder die festen Rückstände zurück ins Bergwerk verbracht (versetzt) werden können. Historisch war zumindest in Deutschland das Versetzen von festen Rückständen aus der Kaliaufbereitung ein über Jahrzehnte erfolgreich praktiziertes Verfahren, wobei das Spülversatzverfahren eine Hauptrolle spielte. Mit der Einführung der Großgerätetechnik und dem daraus folgenden Wandel vom Langkammerabbau zum Kammerpfeilerabbau ist die Möglichkeit des Versetzens fester Aufbereitungsrückstände größtenteils entfallen [9]. Weltweit gibt es mit Ausnahme einzelner Bergwerksteile (z. B. Unterbreizbach im Werra-Fulda-Revier) in der Kalidüngemittelindustrie (Stand 2014) keine Betriebe, die alle festen Gewinnungs- und Aufbereitungsrückstände in Bergwerken versetzen. Die vollständige Beseitigung mittels Versatz ist damit momentan nicht Stand der Technik. Die Beseitigung eines Teils der festen Gewinnungs- und Aufbereitungsrückstände mittels Versatz wird aber von verschiedenen Kalidüngemittelproduzenten durchgeführt. Hierbei sind URALKALI und K+S KALI führend (siehe Tabelle 33 in [9]).

K-UTEC hat, wie im Abschnitt 4.1.1 schon beschrieben, ein komplett abstoßfreies Kalidüngemittelproduktionsverfahren für einen Kunden in Russland entwickelt. In diesem Verfahren ist geplant, die festen Rückstände als Produkt zu verkaufen (z. B. NaCl für Industrie oder als Streusalz) und im Bergwerk zu versetzen (z. B. Bischofit als Suspension nach unter Tage zu verpumpen). Dieses Projekt ist aber bisher nicht realisiert. Aus der Verfahrensentwicklung ergibt sich, dass abstoßfreie Kalidüngemittelproduktionsverfahren nur dann effektiv und wirtschaftlich vertretbar zu realisieren sind, wenn ein geeignetes Wertstoff/Rückstandsverhältnis vorliegt und von Beginn an die technischen Planungen des Bergwerks, der Aufbereitungsanlage, des Versatzverfahrens und des Vertriebsnetzes damit entsprechend angelegt sind. Sobald ein Bergwerksbetrieb ohne Versatz in Betrieb ist, wird es mit fortschreitendem Abbau immer schwieriger, auf ein Verfahren mit vollständigem Versatz der festen Rückstände umzustellen. Denn die konstruktiven und organisatorischen Entscheidungen in Bezug auf die Auslegung der Bergwerkselemente (z. B. Schächte, Schachtkapazität, untertägige Strecken, übertägige und untertägige Transportinfrastruktur, Abbauplanung, -methode und -folge, Bewetterung) hängen von der Betriebsart (mit oder ohne vollständigem Versatz der festen Rückstände) ab. Die Anpassung des Betriebsregimes ist unter technologischen Gesichtspunkten nachträglich kaum vollständig umsetzbar. Außerdem wird eine

spätere Anpassung zum vollständigen Versatz der festen Rückstände höchstwahrscheinlich nicht zu einem wirtschaftlich realisierbaren Betriebsmodell führen.

4.4.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier

Aufgrund der im Abschnitt 4.4.1 genannten Argumentation ist der komplette Verzicht auf Aufhaldung der festen Rückstände des Werra-Fulda-Reviers mittels vollständigem Versatz unter den lokalen Standortbedingungen nicht als Stand der Technik anzusehen. Wie bereits erwähnt (siehe Abschnitt 4.4.1), ist K+S KALI weltweit führend bezüglich des Anteils der anfallenden festen Rückstände, die versetzt werden. Damit ist prinzipiell der Versatz eines Teils der festen Rückstände teilweise als Stand der Technik unter den Standortbedingungen des Werra-Fulda-Reviers belegt. Der Versatz von festen Rückständen durch K+S KALI wird momentan nur in Grubenteilen durchgeführt, in denen sich sehr große Abbaukammern befinden. Die Umsetzbarkeit dieses Versatzverfahrens ist damit nicht für alle untertägigen Bereiche des Werra-Fulda-Reviers gegeben.

Für den Rückbau von Halden und den anschließenden Versatz der daraus anfallenden Rückstände in einer Dimension, wie sie im Werra-Fulda-Revier vorhanden sind, ist weltweit keine Referenz zu finden. Daher ist dies kein Stand der Technik. Außerdem wird der denkbare Rückbau von vorhandenen Halden im Werra-Fulda-Revier in der Nachberiebsphase aus Sicht der ökologischen Vertretbarkeit zu einer eigenen Herausforderung werden und würde erst nach einem vollständigen Rückbau sowie einer Sanierung der verbleibenden Böden zur nachhaltigen Reduzierung von anfallenden Haldenwässern führen. Es ist kaum vorstellbar, dass der Rückbau von vorhandenen Halden ökologisch sinnvoll ist und zu einem wirtschaftlich realisierbaren Betriebsmodell führen kann. Ohne Rückbau der Halden müssen die anfallenden Haldenwässer umweltverträglich entsorgt werden. Kurzfristig scheint die Einstapelung von (vorkonditionierten/aufkonzentrierten) Haldenwässern in untertägige Hohlräume der vielversprechendste Entsorgungsweg zu sein. Da dieser Entsorgungsweg kein Stand der Technik und momentan Gegenstand von Forschungs- und Entwicklungsprojekten ist, kann nicht mit Sicherheit garantiert werden, dass dieser Entsorgungsweg auch verwirklicht wird. Außerdem kann dieser Weg nach der Schließung der Grubenfelder des Werra-Fulda-Reviers nicht beibehalten werden. Die Bildung von Haldenwässern sollte daher durch Maßnahmen wie Haldenabdeckung (siehe Abschnitt 4.6) langfristig schrittweise minimiert werden.

4.4.3 Maßnahmenvorschläge

Die Maßnahmenvorschläge aus Sicht der K-UTEC zu dem nachhaltigen Verzicht auf die Aufhaldung von festen Rückständen aus der Kalidüngemittelproduktion im Werra-Fulda-Revier sind im Folgenden dargestellt. Diese Maßnahmen sind in Kombination mit den in Abschnitt 4.1.3 und 4.3 beschriebenen Maßnahmen zu verstehen und können nicht von allen losgelöst eingesetzt werden.

1. Weiteres Betreiben von vorhandenen Halden, da diese dem Stand der Technik entsprechen, d. h. mit Basisabdichtung und Haldenwassersammelsystem.
2. Prüfen, ob Flächenerweiterung der vorhandenen Halden minimiert werden kann.

Aus Sicht der K-UTEC sind die Chancen, dass die oben genannten Maßnahmen zu erheblicher Verringerung der aufgehaldeten Menge fester Rückstände führen würde, sehr klein.

4.4.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen

Der Verzicht auf Aufhaldung durch Versatz der festen Rückstände des Werra-Fulda-Reviers wird, ohne Rückbau der schon vorhandenen Halden, nicht zur Verringerung der Bildung von Haldenwässern führen. Solange es keinen anderen Entsorgungsweg für die Haldenwässer gibt als das Einleiten, werden die Einleitmengen gleich bleiben. Aus Sicht der K-UTEC wird auch die

Abdeckung der Halden nicht zu einer vollständigen Vermeidung der Bildung von Haldenwässern führen. Es wird lediglich eine schrittweise Verringerung der Bildung von Haldenwässern als machbar angesehen (siehe hierzu auch Abschnitt 4.6).

4.5 Verzicht auf Aufhaldung fester Rückstände durch Verwertung

4.5.1 Stand der Technik international und in Deutschland

In den letzten Jahrzehnten ist der Verzicht auf die Aufhaldung von festen Rückständen, die bei der Kalidüngemittelproduktion durch Israel Chemicals Limited (ICL) in Spanien anfallen, weitgehend untersucht worden. Der Einsatz dieser Rückstände als Versatz wurde nach praktischen Versuchen auf Grund geologischer Bedingungen nicht als praktisch umsetzbar eingestuft [7]. In Folge dessen und um auch weiterhin eine Abbaugenehmigung zu erhalten, hat ICL in Zusammenarbeit mit Akzo Nobel Industrial Chemicals BV (AN) aus den Niederlanden ein Verfahren entwickelt, um diese Rückstände zu verkaufsfähigen Produkten zu verarbeiten. Dieses Verfahren ist großtechnisch umgesetzt und eine entsprechende Anlage seit 2018 in Betrieb [19], [20], [21]. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Notiz ist die Zusammenarbeit zwischen ICL und AN ins Stocken geraten und die Fortsetzung nicht sicher [22]. Aktuell ist nicht bekannt, ob technische, ökonomische oder vertragliche Herausforderungen der Grund für die Einstellung der Zusammenarbeit sind, womit der Einfluss dieser Einstellung auf die Stand-der-Technik-Frage nicht endgültig festzustellen ist.

Obwohl die Anlage in Spanien die technische Machbarkeit der Verwertung fester Rückstände zeigt, ist dieses Verfahren nicht ohne weiteres auf andere Standorte übertragbar. Die Verwertung fester Rückstände ist stark abhängig von den anfallenden Massenströmen und den (lokalen) Marktbedingungen. Grundsätzlich gibt es zwei Märkte für aus festen Rückständen hergestellten NaCl-Feststoff: die chemische Industrie (bspw. als Ressource für die Chlor-Alkali-Elektrolyse) und als Auftausalz. Da die kommerziellen Margen für NaCl-Feststoff begrenzt sind, steht auf Grund der Transportkosten praktisch nur der lokale Markt als Abnehmer zur Verfügung. Die Planung einer Aufbereitungsanlage für feste Rückstände hat damit nur Sinn, wenn es einen lokalen Bedarf an NaCl-Feststoff, entweder für die chemische Industrie oder als Auftausalz, gibt. Die Tatsache, dass weltweit nur eine Anlage bekannt ist, die feste Rückstände zur Herstellung verkaufsfähiger Produkte verwendet, macht deutlich, dass die genannten Marktbedingungen offenbar nur selten anzutreffen sind.

4.5.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier

Ob die durch die Anlage in Spanien gezeigte technische Machbarkeit der Verwertung fester Rückstände auf die Standortbedingungen des Werra-Fulda-Reviers übertragbar ist, kann durch K-UTEC nicht sicher festgestellt werden, da nur begrenzte Informationen zum benötigten technischen Aufwand und den lokalen Marktbedingungen vorliegen. Eine Realisierung, also die Umwandlung der gesamten Menge fester Rückstände aus dem Werra-Fulda-Revier (rund 18 Mio. t/a) in verkaufsfähige Produkte würde die Salzproduktion (ca. 16 Mio. t im Jahr 2016, [23]) mehr als verdoppeln (Tabelle.8 auf Seite 21 in [12] Bezugsjahr 2015). Die installierte Salzproduktionskapazität in Deutschland (22,5 Mio. im Jahr 2016, [23]) ist bereits deutlich höher als die aktuelle Produktion. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die zusätzliche Menge NaCl-Feststoff auf Basis der festen Rückstände des Werra-Fulda-Reviers zu einer Marktübersättigung führt, was mit einer erheblichen Senkung des Marktpreises einhergeht. Die Herstellung dieser Produkte wäre damit nicht mehr als wirtschaftlich vertretbar anzusehen.

4.5.3 Maßnahmenvorschläge

Aufgrund der im letzten Abschnitt dargestellten Umstände gibt es aus Sicht der K-UTEC keine kurzfristig umsetzbaren Maßnahmen zur Verwertung der festen Rückstände aus dem Werra-Fulda-Revier. Langfristig wird eine Kooperation zwischen K+S KALI und einem in Deutschland ansässigen Chloralkalienanlagenbetreiber theoretisch für möglich gehalten. Die grundsätzliche Voraussetzung einer solchen Kooperation ist die langfristige Festlegung der Lieferung reinen NaCl-Feststoffes von K+S KALI an den entsprechenden Chloralkalienanlagenbetreiber, um die benötigten Investitionen für eine Aufbereitungsanlage rechtfertigen zu können. Dabei ist zu bemerken, dass aus der Herstellung reinen NaCl-Feststoffes neue Abwässer und/oder auch feste Rückstände anfallen werden, wofür ein umweltverträglicher Entsorgungsweg gefunden werden muss. Außerdem wird die Herstellung von reinem NaCl-Feststoff in einem stabilen Markt zu einer Verdrängung und entsprechenden Marktpreissenkungen führen. Als illustratives Beispiel ist die Solung von Kavernen als Speicheranlage in Norddeutschland zu nennen. Die bei der Solung dieser Kavernen anfallende NaCl-Sole wird derzeit in der Nordsee entsorgt. Es scheint damit kein Markt für diese Sole zur Verfügung zu stehen.

4.5.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen

Die durch die Verwertung der festen Rückstände hervorgerufenen Auswirkungen entsprechen den in Abschnitt 4.4.4 beschriebenen Auswirkungen durch den Versatz der festen Rückstände.

4.6 Abdeckung bestehender Halden

4.6.1 Stand der Technik international und in Deutschland

Der Stand der Technik bei der Abdeckung bestehender Kalirückstandshalden lässt sich durch eine Synopse folgender Dokumente bestimmen:

- LAGA 20 - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln - Stand: 11/2003 (LAGA - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) [24]
- BVT-Merkblatt „Management von Bergbauabfällen und Taubgestein“ Juli 2004 mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung [7] (Anhang 1)
- BREF-Dokument „Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC“ [6] (Anhang 2)
- Länderausschuss Bergbau – Anforderungen an die Verwertung von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage – Technische Regeln – Stand: 30.03.2004 [25]
- Richtlinie für die Abdeckung und Begrünung von Kalihalden im Freistaat Thüringen - Kali-Haldenrichtlinie - Erstfassung vom 23. November 1995; letzte Fassung vom 18. April 2002 (ThürStAnz Nr. 19 vom 13.05.2002, S. 1539-1560) [26]
- Handlungsempfehlung zu Anforderungen an die bei der Profilierung und Rekultivierung Thüringer Kalihalden zum Einsatz kommenden Abfälle, 13.06.2013 [27]
- Henry Rauche: Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert: Stand der Technik bei der Rohstoffgewinnung und der Rohstoffaufbereitung sowie bei der Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände [9]

Die Abdeckung bestehender nicht mehr aktiver Kalirückstandshalden erfolgt in Deutschland seit den 1990er Jahren. Im Kalirevier Südharz werden die Halden Bleicherode, Volkenroda (Menteroda), Sollstedt, Sondershausen und Roßleben nach den Vorgaben der Kali-Haldenrichtlinie [26] und aktuell der Handlungsempfehlung [27] überdeckt - dabei kommt die sogenannte „Dickschicht-Abdeckung“ zum Einsatz. Im Kalirevier Hannover werden die Halden Friedrichshall (Sehnde) und Sigmundshall (Wunstorf-Bokeloh) abgedeckt. Die Halde Friedrichshall wird mit einer „Dickschicht-Abdeckung“ (klassische Abdeckung mit Boden/Bauschutt und ca. 15 m Schichtdicke) versehen [28]. Die Abdeckung erfolgt dabei „nicht gänzlich analog, doch aber in wesentlichen Ausführungsgrundsätzen sehr ähnlich“ [9] zu den Vorgaben der Kali-Haldenrichtlinie. Die Halde Sigmundshall wird mit einer sogenannten „Dünnschicht-Abdeckung“ (mit einem technogenen mineralischen Ersatzbaustoff/Bodenersatzstoff mit einer Schichtdicke von ca. 5 m) versehen [28], die von RAUCHE [9] als weltweit einmalig gekennzeichnet wird:

„Eine Abdeckung von heute noch aktiven kompakten Schüttguthalden wird derzeit weltweit nur im Kaliwerk Sigmundshall, Deutschland, von K+S praktiziert, wo zur Abdeckung steinsalzhaltige Ton-erderückstände aus der Wiederaufarbeitung von Schlacke verwendet werden, die beim Schmelzen von Aluminiumschrott entsteht ...“

Das Aufbringen der Abdeckung erfolgt durch Schüttung vom Haldentop aus mittels Bandanlagen und Absetzer als sogenannte Dünnschichtabdeckung mit einer minimalen Mächtigkeit von 4 Meter.

Auch an weiteren Kompakthalden in Deutschland laufen derzeit unterschiedliche Forschungsprojekte für Dünnschichtabdeckungen unter weitestgehender Beibehaltung des natürlichen Schüttwinkels des Rückstandes und somit einem vergleichsweise geringen zusätzlichen Flächenbedarf für die Abdeckung ...“

Aufgrund der Schadstoffgehalte der eingesetzten Bodenersatzstoffe und der resultierenden Schadstofffracht im Haldenwasser erfolgt begleitend eine Haldenwasseraufbereitung durch Ausfällung von Schwermetallen mit Kalkmilch [29].

Zusammenfassend lässt sich der Stand der Technik wie folgt charakterisieren [9]:

„Grundsätzlich sind die technische Machbarkeit und die Art der Haldenabdeckung maßgeblich von der Haldengeometrie, der Flächenverfügbarkeit und der Gewährleistung der Standsicherheit der Abdeckung unter den konkreten Standortverhältnissen abhängig. Während für die kleinen und mittelgroßen Althalden bereits in der Vergangenheit Verfahren zur Abdeckung etabliert werden konnten, gibt es insbesondere für die großen, noch aktiven Kompakthalden bis auf die oben genannte Ausnahme keine in der industriellen Praxis eingesetzten Verfahren.“

4.6.2 Stand der Technik unter Standortbedingungen Werra-Fulda-Revier

Aufgrund des erforderlichen Bedarfes an Abdeckmaterial und seiner Marktverfügbarkeit kann für die drei Großhalden (Wintershall, Hattorf und Neuhoof-Ellers) im Werra-Fulda-Revier weder die Dick- noch die Dünnschicht-Abdeckung als Stand der Technik angesehen werden (siehe Abbildung 1).

Unter den Standortbedingungen im Werra-Fulda-Revier ist die im „Masterplan Salzreduzierung“ enthaltene Maßnahme „Haldenabdeckung (zur Reduzierung und Vermeidung von Haldensalzabwässern)“ [13] als deutlich über den Stand der Technik hinausgehend anzusehen, da noch erheblicher Untersuchungs- und Erprobungsbedarf besteht (Auszüge in Anhang 3).

4.6.3 Maßnahmenvorschläge

Über die im „Masterplan Salzreduzierung“ [13] vorgeschlagenen Maßnahmen zur Haldenabdeckung hinausgehende Maßnahmenvorschläge können derzeit von der K-UTEC nicht unterbreitet werden.

4.6.4 Auswirkungen auf die Einleitmengen

Eine generalisierende Quantifizierung der mittels Haldenabdeckung erreichbaren Reduzierung der einzuleitenden Salzwässer ist nicht möglich, jedoch lassen sich die im Kalirevier Südharz an der Halde Bleicherode gesammelten Daten zu den dort untersuchten drei Begrünungsverfahren (Dick- und Dünnschicht-Abdeckung sowie Direktbegrünung) größenordnungsmäßig auch auf die Verhältnisse im Werra-Fulda-Revier übertragen [30]:

„Prinzipiell war eine Begrünung nach allen drei Verfahren möglich. Die mächtige Abdeckung garantierte die besten Wuchsbedingungen mit ausreichendem Wurzelraum und großer Nährstoff- und Wasserspeicherkapazität. Die Versickerung von Niederschlägen wurde um > 90 % verringert.

...

Gute Ergebnisse wurden im Versuchszeitraum auch mit Überschüttungen geringer Mächtigkeit erreicht, deren Standsicherheit jedoch bei $\eta \approx 1,1 - 1,15$ und damit unter dem von der DIN empfohlenen Wert lag. In Lysimeterversuchen wurde eine Reduzierung der Niederschlagversickerung um > 80 % bestimmt.

...

Als ökologisch wenig wirksam im Sinne der Versickerungsminimierung erwies sich die Direktbegrünung. ... Lysimetermessungen ergaben lediglich eine Reduzierung der Versickerung um 20 %.

...

Im Ergebnis wird mit dem ergänzenden Verfahren der geringmächtigen Überschüttung unter Verwendung von Abfällen sowie der Modellierung die Gesamtübererdung und Begrünung der Rückstandshalden möglich, einhergehend mit einer Reduzierung der Lösungsversickerung auf < 20 % des Niederschlags.“

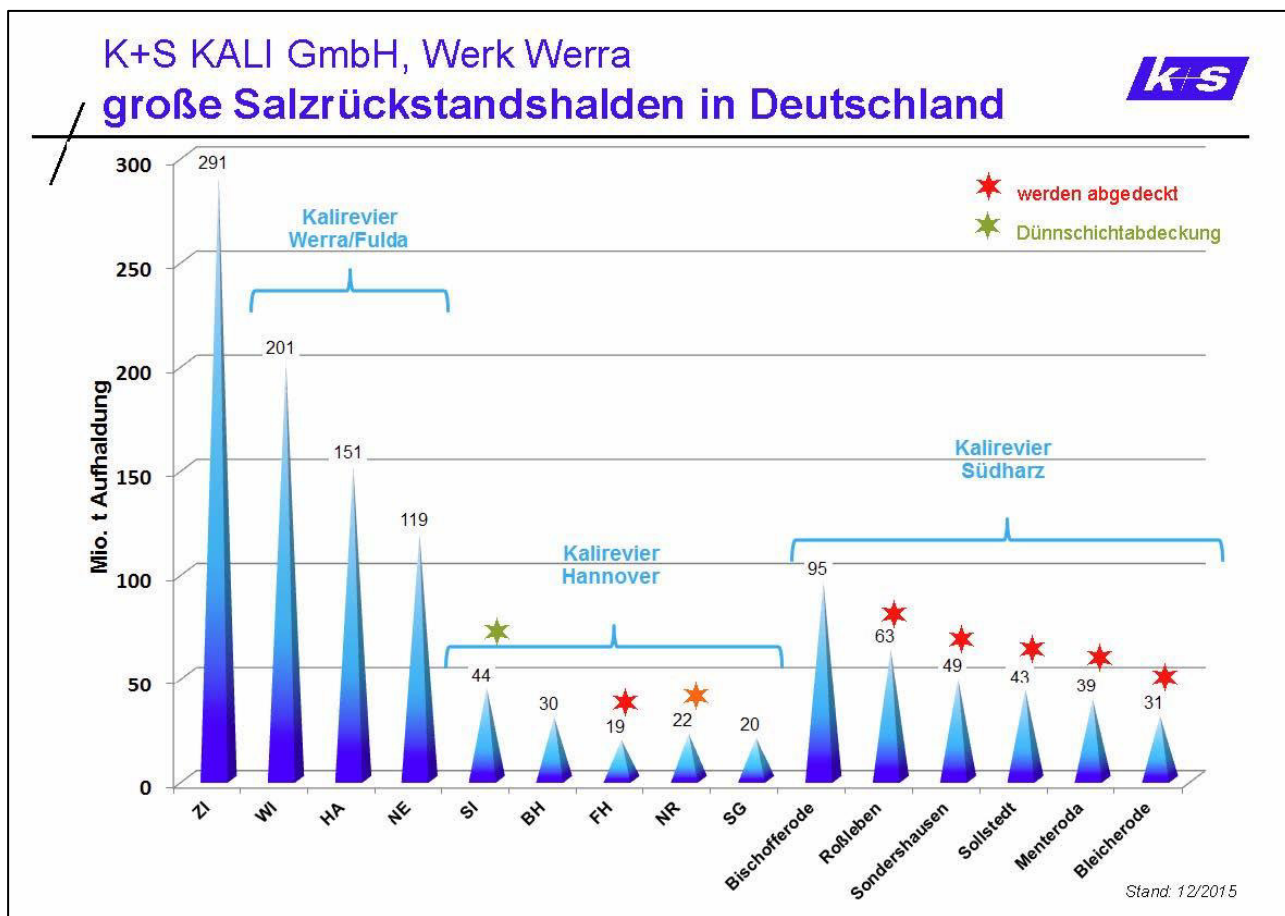


Abbildung 1: Dimensionsvergleich der Kalirückstandshalden, aus [28]

5 Quellenangaben

- [1] ABergV, *Allgemeine Bundesbergverordnung vom 23. Oktober 1995 (BGBl. I S. 1466), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist*, 1995/2017.
- [2] BImSchG, *Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist*, 2013/2017.
- [3] KrWG, *„Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist“*, 2012/2017.
- [4] WHG, *„Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist“*, 2009/2017.
- [5] TA Luft, *„TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, vom 24.07.2002 (GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511; 01.12.2014 S. 1603)“*, 2002/2014.
- [6] MTWR BREF, *Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities January 2009*, 2009.
- [7] UBA (MTWR BREF), *BVT-Merkblatt „Management von Bergbauabfällen und Taubgestein“ Juli 2004 mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung*, Dessau: Umweltbundesamt, 2004.
- [8] MWEI BREF, *Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC - DRAFT DOCUMENT - June 2016*, JOINT RESEARCH CENTRE Institute for Prospective Technological Studies Sustainable Production and Consumption, 2016.
- [9] H. Rauche, *Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert: Stand der Technik bei der Rohstoff-ge-winnung und der Rohstoffaufbereitung sowie bei der Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände*, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, 14.09.2015, p. 580.
- [10] J. Bodenstein und Gutachter-ARGE Verwahrung Bischofferode, *„Flutung Bergwerk Bischofferode - Konzept und Stand der Realisierung“* [Online]. Available: www.ercosplan.com/startseite_russ/pdf_abstract/Bodenstein%20et%20al_GGW%202001_Kurzfassung.pdf. [Zugriff am 23 10 2018].
- [11] Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau- und Verwaltungsgesellschaft mbH, *„LMBV: Noch bis etwa 2021 wird die vormalige Grube Volkenroda gezielt geflutet“*, 27 11 2015. [Online]. Available: www.lmbv.de/index.php/Nachrichtenleser/lmbv-noch-bis-etwa-2021-wird-die-grube-volkenroda-geflutet.html. [Zugriff am 25 10 2018].
- [12] Arbeitsgruppe Salzreduzierung der FGG Weser, *„Statusbericht zum aktuellen Umsetzungsstand des Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021 und zur aktuellen Gewässergüte bzgl. der Salzbelastung von Werra und Weser - Berichtsjahr 2017“*, Flussgebietgemeinschaft Weser, Hildesheim, 2018.
- [13] FGG Weser, *„Flussgebietgemeinschaft Weser“* [Online]. Available: <https://www.fgg-weser.de/gewaesserbewirtschaftung/handlungsfelder/salz/massnahmen/masterplan-salzreduzierung>. [Zugriff am 15 10 2018].

- [14] J. Bach, „Untersuchung der lösekinetischen Vorgänge beim Ersaufen der Staßfurter Kaligruben,“ K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen, 2010.
- [15] H. Bartl, G. Döring, K. Hartung, C. Schilder und R. Slotta, Kali im Südharz-Unstrut-Revier: Band 1, Bd. 1, Bochum: Selbstverlag des Deutschen Bergbau-Museums Bochum, 2003.
- [16] IfG, „Optimierung der noch ausstehenden Verwehrungsarbeiten zur Abwehr von Gefährdungen aus den Salzlösungszuflüssen im Grubengebäude Merkers/Springen (inkl. Ergänzende Betrachtungen I und II),“ IfG, Leipzig, 2010.
- [17] ERCOSPLAN, „Sanierungsalternativen bezüglich der aus dem Freistellungsvertrag noch anstehenden Maßnahmen zur Abwehr der hydrologischen Gefährdung im Grubenfeld Springen des Bergwerkes Merkers der K+S KALI GmbH,“ ERCOSPLAN, Erfurt, 2010.
- [18] Das Europäische Parlament und der Rat, *RICHTLINIE 2006/21/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie und zur Änderung der Richtlinie 2004/35/EG*, Brüssel: Europäischer Rat, 2006.
- [19] C. Blaya, „La planta de sal d'ICL a Súria es prepara per estar del tot operativa el mes de juny,“ Regio7, Suria, 2017.
- [20] H. Verbraeken, „AkzoNobel gaat in Spanje fijnzout produceren,“ Het Financieele Dagblad, Amsterdam, 2015.
- [21] AkzoNobel, „MEDIA RELEASE - AkzoNobel to expand high-purity salt production in the Netherlands,“ AkzoNobel, Amsterdam, 2017.
- [22] H. Verbraeken, *Spaans zoutavontuur AkzoNobel sterft snelle dood*, Amsterdam: Het Financieele Dagblad, 2018.
- [23] D. F. Götzfried, „Die volkswirtschaftliche Bedeutung von Salz in Deutschland,“ *Kali & Steinsalz*, pp. 6-15, 2017-01.
- [24] LAGA, *LAGA M20 - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln - Stand: 11/2003*, 2003.
- [25] LAB, *Länderausschuss Bergbau – Anforderungen an die Verwertung von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage – Technische Regeln – Stand: 30.03.2004*, 2004.
- [26] Kali-Haldenrichtlinie, *Richtlinie für die Abdeckung und Begrünung von Kalihalden im Freistaat Thüringen - Kali-Haldenrichtlinie - vom 18. April 2002 (Veröffentlicht im Thüringer Staatsanzeiger Nr. 19/2002, S. 1539 ff)*, 2002 (gültig bis 31.12.2011).
- [27] TLUG Jena Ref. 43, *Handlungsempfehlung - Anforderungen an die bei der Profilierung und Rekultivierung Thüringer Kalihalden zum Einsatz kommenden Abfälle*, Jena: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz, 13.06.2013.
- [28] K+S (Wolf), „Sitzung des VKS-Haldenbegrünungsausschusses- TOP 4: Präsentation „Aktueller Stand der Dünnsschichtabdeckung an der Werra - aktueller Stand HVH“ (Dr. Frank Wolf),“ Werk Werra, Standort Hattorf, Philippssthal, 11.09.2018.
- [29] K+S (Wolf), „Sitzung des VKS-Haldenbegrünungsausschusses - TOP 5: Präsentation "Stand der Haldenbegrünung Halde Sigmundshall),“ Wrk Sigmundshall in Wunstorf-Bokeloh, 16.09.2016.

- [30] S. Heiden, R. Erb, H. Liebmann und K. Kahle, Kalibergbau – Umweltlast und Chance: Initiativen zum Umweltschutz, Band 25, D. B. Umwelt, Hrsg., Berlin/Osnabrück: Erich Schmidt Verlag, 2001.
- [31] H. D. Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz: Kommentar unter Berücksichtigung der Bundes-Immissionsschutzverordnungen, der TA Luft sowie der TA Lärm, 12., vollständig überarbeitete Auflage Hrsg., München: beck, 2017, p. 1092.
- [32] Richtlinie 2010/75/EU, *Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) (Neufassung *)* (ABl. Nr. L 334 vom 17.12.2010 S. 17, ber. 2012 L 158 S. 25), 2010/2012.
- [33] AbwV, *Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. August 2018 (BGBl. I S. 1327) geändert worden ist*, 2004/2018.
- [34] MTWR BREF (BVT).
- [35] C. Smith, „Penobsquis potash mine flooding and closure approved - CBC News - New Brunswick - Canada,“ 18 01 2017. [Online]. Available: www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/potash-penobsquis-mine-eia-closure-1.3939779. [Zugriff am 25 10 2018].
- [36] H. Rauche und P. Sitz, Spülversatz im Salzbergbau - Freiburger Forschungsheft A 858, Freiberg: Technische Universität Bergakademie Freiberg, 2001.
- [37] K+S KALI GmbH und K-UTEC AG Salt Technologies, *Ergänzungsvereinbarung Nr. 1 zum Vertrag zur Durchführung einer Feasibility (bzw. Machbarkeits-) Studie sowie zu Anhang 2: Leistungsbeschreibung gemäß Kapitel 2 des Angebotes 2016-10196-CPV (nicht veröffentlicht)*, Kassel/Sondershausen: K+S KALI GmbH und K-UTEC AG Salt Technologies, 2017.

6 Ausgewählte Quellenzitate

1) § 3 Abs. 28 KrWG

Stand der Technik im Sinne dieses Gesetzes ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die in Anlage 3 aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.

2) § 3 Abs. 11 WHG

Stand der Technik - der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt; bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die in der Anlage 1 aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen;

3) § 3 Abs. 6 BImSchG

Stand der Technik im Sinne dieses Gesetzes ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die in der Anlage aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.

4) § 22a Abs. 1 ABergV

Der Unternehmer hat für die Entsorgung von Abfällen nach § 2 Absatz 2 Nummer 7 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, die unmittelbar beim Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereiten sowie bei der damit zusammenhängenden Lagerung von Bodenschätzen auf dem Festland und im Bereich der Küstengewässer anfallen (bergbauliche Abfälle), unbeschadet der Vorschriften über die Betriebsplanpflicht für die Errichtung, Führung und Einstellung des Betriebes geeignete Maßnahmen zu treffen, um Auswirkungen auf die Umwelt sowie sich daraus ergebende Risiken für die menschliche Gesundheit so weit wie möglich zu vermeiden oder zu vermindern. Er hat dabei den Stand der Technik im Hinblick auf die Eigenschaften der Abfallentsorgungseinrichtung, ihres Standortes und der Umweltbedingungen am Standort zu berücksichtigen. Der Einsatz einer bestimmten Technik wird hierdurch nicht vorgeschrieben.

**Anhang 1: Auszüge aus dem 587 Seiten umfassenden BVT-Merkblatt zum
„Management von Bergbauabfällen und Taubgestein“
Juli 2004 mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung**

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/bvt_management-bergbauabfaelle_vv.pdf

1.3 Industry overview: potash (S. 25 f)

... Five methods are used in Europe for managing the tailings, these are:

- storing solid tailings on tailings heaps
- backfilling solid tailings into mined out rooms of underground works
- discharging solid and liquid tailings into the ocean/sea (e.g. marine tailings management)
- discharging liquid tailings into deep wells
- discharging liquid tailings into natural flowing waters (e.g. rivers).

Potash tailings are made up of table salt (sodium chloride) together with a few per cent of other salts (e.g. chlorides and sulphates of potassium, magnesium and calcium) and insoluble materials such as clay and anhydrite. The tailings heaps themselves generate saline solutions when atmospheric precipitation dissolves salt from the tailings material.

4.3.10.3 Halden mit Kali-Aufbereitungsrückständen (S. 377 f.)

Bei Abraumhalden von Kalisalzbergwerken muss die Wasserdurchlässigkeit des Bodens von Fall zu Fall bestimmt werden (Vergleichsbedingungen). Meist sind die bestimmten Bodenkomponenten ausreichend undurchlässig, um eine Verschmutzung des Grundwassers zu verhindern. Andernfalls muss der Untergrund unter den Kaliabraumhalden abgedichtet werden, z. B. durch Verbesserung des natürlichen Bodens durch Zugabe von bis zu 4 % Ton. Der Ton wird auf den natürlichen Boden ausgebracht, eingearbeitet und zur Herstellung der erforderlichen Undurchlässigkeit verdichtet. Nach der Behandlung wird der Durchlässigkeitskoeffizient geprüft und bei Unzulänglichkeit der Vorgang wiederholt.

Der Haldenfuß der Aufschüttungen außerhalb der undurchlässigen Kernzone wird abgedichtet und die Lösungen gesammelt.

Lange Erfahrung beim Verkippen von Aufbereitungsrückständen aus Kalibergwerken ist erforderlich, um die geeignetsten Methoden für die Bewirtschaftung der Aufbereitungsrückstände zu entwickeln. Beispielsweise kann der Einbau von Tonabdichtungen unter der Halde zu Stabilitätsproblemen führen. Für die Erweiterung einer Abraumhalde im Revier Fulda in Deutschland verlangten die Behörden die Abdichtung des Untergrundes mit einer künstlichen Tonabdichtung von 0,6 m. Beim Aufschütten der Halde in diesem abgedichteten Bereich wurden schnelle Bewegungen des Teils der Halde über der Tonabdichtung in einem Ausmaß beobachtet, dass die Sicherheit der Beschäftigten auf und vor der Halde bedroht war und der Betrieb eingestellt werden musste. Nach einer Untersuchung kam man zu dem Schluss, dass Stoffe mit geringer Scherfestigkeit nicht zur Abdichtung des Untergrundes unter Kaliabraumhalden eingesetzt werden sollten.

[19, K+S, 2002]

4.3.11.4.1 Sedimentationsbecken (S. 383 f)

Beim Verkippen von Aufbereitungsrückständen aus der Flotation oder anderer Aufbereitungsrückstände mit Feinanteilen auf Halde, können durch Feststoffe und Eluate Emissionen in das Wasser gelangen. Emissionen von Feststoffen in Wasser durch schwere Niederschläge können erfolgreich durch den Bau von Sedimentationsbecken entlang der Straßen und vor dem Oberflächengewässer, in das die Einleitung erfolgt, verhindert werden. Der Bau hängt von der maximalen Niederschlagsmenge, Fläche und Neigung, Strömungsmenge, Größe der Feststoffe usw. ab. Zur Dokumentation ist die Überwachung des Feststoffanteils erforderlich, jedoch entsprechend den Bedingungen vor Ort. Häufigkeit und Art der Messungen werden nach den in der Geotechnologie-/Umweltstudie getroffenen Festlegungen definiert und über die Nutzungszeit der TMF angepasst.

[131, IMA, 2003]

Das Innere von **Kalirückstandshalden** ist undurchlässig für Wasser. Wasser und entstehende Salzlösungen fließen im äußeren Bereich um den undurchlässigen inneren Kern herum ab. Der Haldenfuß der Aufschüttungen außerhalb der undurchlässigen Kernzone wird sorgfältig abgedichtet und die Lösungen gesammelt.

Diese Art eines Sammelbeckens ist geeignet, wenn die direkte Einleitung des Oberflächenabflusses in den Untergrund nicht umweltgerecht wäre.

In der **Kohlenabraumhalde** Schöttelheide verläuft ein Graben entlang des Fußes der Halde, in dem sich der Oberflächenabfluss sammelt und in das Absetzbecken fließt, bevor das Wasser in das Aufnahmegewässer eingeleitet wird. Dies ist wegen des hohen Anteils an Schwebstoffen erforderlich.

In der Betriebsphase einer Halde ist es im Normalfall erforderlich, den Oberflächenabfluss in Gräben am Haldenfuß zu sammeln. Die weiter erforderliche Bewirtschaftung des gesammelten Wassers hängt von der Wasserqualität des Oberflächenabflusses ab. Ist das Wasser von guter Qualität und enthält geringe Konzentrationen an Schwebstoffen, kann eine direkte Einleitung in das Aufnahmegewässer erfolgen. Ist die Wasserqualität gut, der Schwebstoffgehalt jedoch erhöht, kann es ausreichen, das Wasser durch ein Absetzbecken/Abscheider zu leiten um die Schwebstofflast vor Einleitung zu reduzieren. In manchen Fällen ist eine zusätzliche Behandlung erforderlich. Der erfasste Oberflächenabfluss kann häufig als Prozesswasser genutzt werden.

4.5.1.6 Verfüllen in unterirdische Abbaukammern (S. 422)

Im Kalibergbau wird das Verfüllen in der steilen Lagerung angewandt, wo ein Weitungsbau mit Versatz stattfindet (und auch als „funnel mining“ bezeichnet wird. Die ausgebeuteten, etwa 100 - 250 m hohen Abbaukammern werden mit salzhaltigen Aufbereitungsrückständen wieder verfüllt.

5.5 Kali (S. 435)

Zusätzlich zu den in Abschnitt 5.2 aufgeführten allgemeinen Maßnahmen für alle Kali-Standorte sollen die BVT folgendes erreichen:

- Abdichten des Bodens unter der TMF, wenn der natürliche Boden nicht undurchlässig ist (Abschnitt 4.3.10.3).
- Verringerung der Staubemissionen von den Bandtransporten (Abschnitt 4.3.4.3.1).
- Versiegelung/Auskleidung des Böschungsfußes außerhalb der undurchlässigen Kernzone und Auffangen des Oberflächenabflusses (Abschnitt 4.3.11.4.1).
- Verfüllen großer Abbaukammern mit trockenen und/oder verschlammten Aufbereitungsrückständen (Abschnitt 4.5.1.6).

Table 3.108: Examples of water use for the management of construction rocks, aggregates, sand and gravel extractive waste based on the site-specific data provided in the questionnaires

Water use* (m ³ /t of extractive waste)	Example 1	Example 2	Example 3
Water consumption for the management and the prevention of extractive waste	0	0	2.9
Water used for the onsite transport of extractive waste**			
Water losses (evaporation + seepage + interstitial)**			

* Based on the data provided in the questionnaires 31, 56, 58

** Based on the data reported on the water balance

For details on the colour code see section 3.1.2.1 on page 113

For differences between water use and consumption see 3.1.2.7.2 on page 113

Although no information was provided on the water balance, operators reported using mainly reclaimed water for the management of extractive waste as it is visible in Table 3.109.

Table 3.109: Reported water intakes for the management of construction rocks, aggregates, sand and gravel extractive waste based on the site-specific data provided in the questionnaires

Reported water intakes	Number of questionnaires
98-100% Reclaimed water + 0-2% Groundwater	2
No information provided	3

* Based on the data provided in the questionnaires 31, 56, 57, 58, 82

3.4.2.6.3 Reagents

No data provided on the reagents consumption levels.

3.4.3 Potash

3.4.3.1 Extractive waste

3.4.3.1.1 Extracted materials and extractive waste generation

Six site-operators responsible for the management of extractive waste in the potash and salt extractive provided complete data on the amount of products and the generated extractive waste.

The reported data is summarised in Table 3.110. The share of extractive waste generated during the mining process of potash varies from 10% to 83% of the total amount of extracted materials, depending mainly on the ore grade as visible in. Based on the provided information and data, no by-products were reported to be produced during the processing of minerals or the extraction.

Potash was reported to be extracted from underground mines solely, using leaching, hot dissolution and/or flotation process.

Chapter 3: Emission and Consumption Levels

Table 3.110: Summary of the extracted materials classification and their relative share based on the site-specific data provided in the questionnaires for the potash sector

Extraction method:	Underground mining (6 example sites*)			Surface mining (no example site)		
Relative share of extracted materials (%-w/w):	Min	Average	Max	Min	Average	Max
A - Products:	17%	46%	90%			
Flotated Salt (2 sites)	7%	14%	21%			
Halit and Sylvite (1 site)	NA	41%	NA			
Potash (3 sites)	19%	45%	90%			
Rock Salt (1 site)	9%	12%	15%			
Sylvite, Kieserite (2 sites)	17%	24%	32%			
B - By-products:	0%	0%	0%			
-	-	-	-			
C - Non-Hazardous wastes:	10%	54%	83%			
01 04 09 waste sand and clays (2 sites)	2%	3%	3%			
01 04 11 wastes from potash and rock salt processing other than those mentioned in 01 04 07 (6 sites)	10%	53%	83%			
D - Hazardous wastes:	0%	0%	0%			
-	-	-	-			
E - Recovered wastes:	0%	0%	0%			
-	-	-	-			

* Based on the data provided in the questionnaire 63, 64, 65, 66, 68, 78

NA means Not Applicable as only one values was reported

For details on the colour code see section 3.1.2.1 on page 113

Disclaimer: the classification of different materials as waste, by-products and products is presented in the table as reported by the operators and does not necessarily represent the view of the EC or JRC.

All the waste produced during the process was reported to be classified as non-hazardous waste.

Furthermore, the extractive wastes generated during the extraction process can be classified in mainly 2 categories:

- Solid tailings
- Liquid brine

As the mining is carried out underground, no waste-rock is brought to the surface.

3.4.3.1.2 Management of extractive waste

Based on the data and information provided by the 6 site-operators, the summary of the reported extractive waste facilities dimensions and design parameters is presented in Table 3.111.

Tailings are usually dewatered using centrifuges and filters and deposited on heaps using mobile belt conveyors. When fixed conveyors are used, the waste is distributed on the heap using loaders.

The waste heaps were reported to be more than 150 m high on average with an average footprint of 75 ha.

On average, potash waste heaps were reported to contain about 100 Mt of extractive waste.

One operator reported to plan the total removal of the heap at closure meaning that the waste is planned to be sold.

Table 3.111: Summary of the dimensions and design parameters of the extractive waste facilities based on the site-specific data provided in the questionnaires for the potash sector

Parameter	Units	Heap-type (6 example facilities*)		
		Min	Average	Max
Surface	ha	30	75	141
Height	m	100	155	260
External slope	°	34	37	40
Number of raises		1	1	1
Number of cells		1	1	1
Accumulated waste	Mt	24	105	224
Hydraulic conductivity of the basal structure	m/s	0	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Water content in waste	%	5	6	7
Basal layer		Natural soil		
		Natural soil + Geosynthetics		
Embankment				
Final cover at closure		Removal of waste		

* Based on the data provided in the questionnaires 63, 64, 65, 66, 67, 68
For details on the colour code see section 3.1.2.1 on page 113

Deep well injection and/or sea tailings disposal is was reported to be practiced for the management of extractive wastes. In case of sea tailings disposal, tailings are deposited on the seabed via a pipeline. Dense particles are dredged twice per year and re-distributed in deeper waters.

3.4.3.1.3 Extractive waste characteristics

Based on the data and information provided along with the data and information available in the MTWR BREF, the potash extractive waste is generally composed of a soluble part (95%) made of halite (85-95%), kieserite (0-10%) and sylvinit (2-3%). The content of clay is about 1%.

The content of water in solid waste is usually 5-7%.

The reported data on extractive waste characteristics is presented in Table 3.112. Five sites provided data but 3 sites provided 3 times the same waste characteristics.

None of the reported levels exceeds any of the reference levels used for the extractive waste (see 3.1.2.2.3).

Five site-operators reported the extractive waste to be classified as non-inert non-hazardous as the waste react with water and dissolves producing brine. Indeed, the leaching test shows a content of chlorides in the leachate exceeding landfill acceptance criteria for inert waste.

Only one site, managing the extractive waste in sea tailings disposal facilities, reported the extractive waste to be classified as inert.

To conclude, the main environmental challenge for the management of potash extractive waste is the prevention and control of chlorides leaching from the waste.

Table 3.112: Examples of extractive waste characteristics in the potash sector based on the site-specific data provided in the questionnaires

Key environmental issue	Parameter	Units	Extractive Waste Characteristics* (3 examples)		
			Example 1 (Average levels)	Example 2 (Average levels)	Example 3 (Average levels)
ARD	NPR				
	NNP	g _{CaCO3} /kg			
	pH				7.5
	Sulphides	g/kg			
Metals	As	mg/kg			0.1
	Ba	mg/kg			
	Cd	mg/kg			<0.01
	Cr	mg/kg			3
	Cu	mg/kg			0.5
	Fe	mg/kg			
	Hg	mg/kg			0.01
	Mn	mg/kg			
	Mo	mg/kg			
	Ni	mg/kg			0.5
	Pb	mg/kg			0.1
	Sb	mg/kg			
	Se	mg/kg			
	V	mg/kg			0.6
	Zn	mg/kg			0.6
Halogens	Bromides	mg/kg			
	Chlorides	g/kg	528	579	
	Fluorides	mg/kg			
Aromatic hydrocarbons	PAHs	mg/kg			
	BTEX	mg/kg			
	Phenols	mg/kg			
Cyanides	Free cyanides	mg/kg			
	WAD cyanides	mg/kg			
	Total cyanides	mg/kg			
NORMs	U-238	Bq/kg			
	Ra-226	Bq/kg			
	K-40	Bq/kg			
Other	TDS	g/kg			
	COD	mg/kg			
	BOD ₅	mg/kg			
	TOC	mg/kg			
	THC	mg/kg			

* Based on the data provided in the questionnaires 65, 66, 67, 69, 78

For details on the colour code see section 3.1.2.1 on page 113

For details on reference levels see Table 3.3 on page 117

Table 3.113: Examples of extractive waste leaching properties in the potash sector based on the site-specific data provided in the questionnaires

Key environmental issue	Parameter	Units	Extractive Waste Leaching Properties* (2 examples – L/S=10 l/kg)	
			Example 1 (Average levels)	Example 2 (Average levels)
ARD	NPR			
	NNP	g _{CaCO3} /l		
	pH		7.1	7.4
	Sulphides	g/l		
Metals	As	mg/l		
	Ba	mg/l		
	Cd	mg/l		
	Cr	mg/l		
	Cu	mg/l		
	Fe	mg/l		
	Hg	mg/l		
	Mn	mg/l		
	Mo	mg/l		
	Ni	mg/l		
	Pb	mg/l		
	Sb	mg/l		
	Se	mg/l		
	V	mg/l		
	Zn	mg/l		
Halogens	Bromides	mg/l		
	Chlorides	g/l	131	122
	Fluorides	mg/l		
Aromatic hydrocarbons	PAHs	mg/l		
	BTEX	mg/l		
	Phenols	mg/l		
Cyanides	Free cyanides	mg/l		
	WAD cyanides	mg/l		
	Total cyanides	mg/l		
NORMs	U-238	Bq/l		
	Ra-226	Bq/l		
	K-40	Bq/l		
Other	TDS	mg/l		
	COD	mg/l		
	BOD ₅	mg/l		
	TOC	mg/l		
	THC	mg/l		

* Based on the data provided in the questionnaires 63, 64

For details on the colour code see section 3.1.2.1 on page 113

For details on reference levels Table 3.4 on page 118

Chapter 3: Emission and Consumption Levels

3.4.3.2 Emissions to air

No data were reported on emissions to air.

The reported measures to prevent dusting during the management of potash extractive waste are:

- No waste deposition on heaps in case of strong wind (>17 m/s)
- Water spraying of the conveyor belt

3.4.3.3 Emissions to water

The reported discharge of effluents ranged from 0 to 456 Mm^3 . Two operators did not report any discharge of effluents whereas, 5 of them reported to discharge yearly from less than 0.2 Mm^3 to 456 Mm^3 with an average annual discharge of 163 Mm^3 .

The summary of the reported effluents discharges is presented in Figure 3.12.

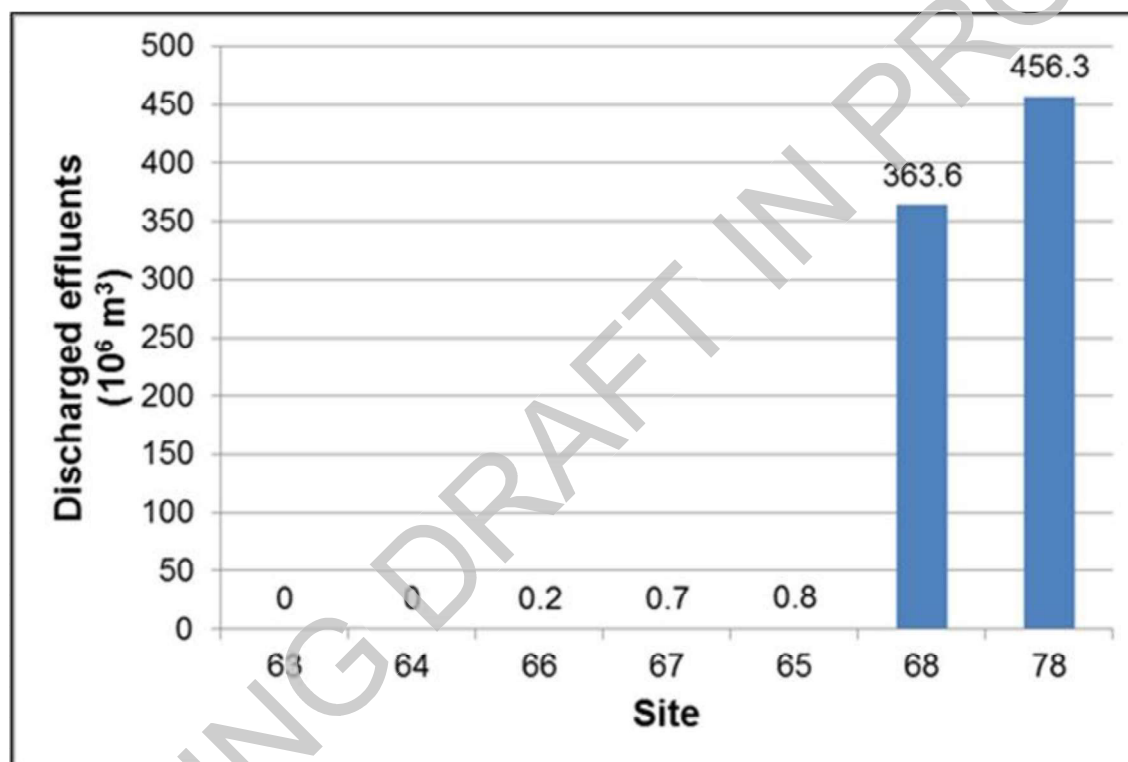


Figure 3.12: Summary of the reported discharges of effluents in surface water based on the site-specific data provided by the potash sector

The main characteristics of the discharged effluents are presented in Table 3.114 based on the data provided by 4 operators.

The reported treatment techniques to reduce and control emissions to water were:

- Precipitation and neutralisation to reduce and limit emissions of heavy metals
- Filtration and sedimentation in ponds to reduce and limit emissions of suspended particles

Four average levels exceeded the IFC Environmental Guideline limits for effluents:

- The upper average level of COD was reported to be 188 mg/l which is higher than the 150 mg/l limit
- The only average level reported for iron was 13 mg/l which is higher than the 2 mg/l limit

- The average levels of zinc as well as the upper average level of zinc were 0,7 and 1,2 respectively, which is in both cases higher than the 0,5 mg/l limit

Therefore, according to the site-operators data, the main challenges in the management of effluents in the potash sector are:

- Prevention and control of COD emission (oxygen depletion)
- Prevention and control of iron and zinc emissions

Table 3.114: Summary of the effluents characteristics from the precious metals extractive waste management sites based on the site-specific data provided in the questionnaires

Parameter	Units	Water emission levels (4 examples*)			Reported ELVs	
		Lowest yearly average	Average yearly average	Highest yearly average	Minimum	Maximum
pH		6.6	6.8	6.9		
COD	mg/l	90	139	188	200	600
BOD ₅	mg/l					
TSS	mg/l	NA	32	NA		
TDS	g/l					
Total N	mg/l	NA	42	NA	NA	65
Nitrates	mg/l					
Nitrites	mg/l					
Ammonia	mg/l	NA	35	NA		
Total S	mg/l					
Sulphates	g/l	35	56	71	NA	70
Total P	mg/l	0.1	0.4	0.7	0.2	1.5
Phosphates	mg/l					
Chlorides	g/l	121	156	187	NA	154
Cyanides	mg/l					
THC	mg/l					
Phenols	mg/l					
As	mg/l	0.01	0.03	0.0		
Ba	mg/l					
Cd	µg/l	0.7	2.4	4	5.0	20
Cr	mg/l	0.005	0.04	0.07	0.02	0.5
Cu	mg/l	0.06	0.2	0.3	0.2	0.5
Fe	mg/l	NA	13	NA		
Hg	µg/l	NA	0.2	NA	1	1
Mn	mg/l	NA	1.5	NA		
Mo	mg/l					
Ni	µg/l	39	70	110	250	500
Pb	µg/l	20	39	70	200	500
Sb	mg/l					
Se	mg/l					
V	mg/l					
Zn	mg/l	0.4	0.7	1.2	NA	0.5
Ra-226	Bq/l					
Annually discharged	Mm ³	0.2	91	364		

* Based on the data reported in the questionnaires 65, 66, 67, 68

NA means Not Applicable as only one values was reported

Chapter 3: Emission and Consumption Levels

For details on the colour code see section 3.1.2.1 on page 113

For details on reference levels see Table 3.6 on page 121

3.4.3.4 Emissions to soil and groundwater

Soil quality baseline and ground water baseline studies were carried out by 4 out of 7 operators, respectively that participated in this data and information collection exercise.

Soil quality is monitored by 2 out of 7 operators whereas groundwater quality is monitored by 4 out of 7 operators.

Most of the operators did not report any impacts on soil and groundwater brought about as the result of extractive waste management. However, a higher level of salt in groundwater was reported by one operator.

Measures to prevent and control emissions to soil and groundwater encompass the following:

- Use of modelling tools to better evaluate the seepage flow (pathway)
- Reduction of the heap footprint (smaller basal surface)
- Collection of run-off water (catchment ditches)
- Construction of deep drainage systems and internal (in the heap) drainage systems
- Sealing the basal structure with a waterproof layer
- Use of seepage detection systems
- Capping the waste with a vegetative cover

Surface specific seepage rate calculated from the data provided ranged from $\sim 0.02 \text{ m}^3_{\text{seepage}}/\text{m}^2_{\text{waste area}}/\text{year}$ to $\sim 0.4 \text{ m}^3_{\text{seepage}}/\text{m}^2_{\text{waste area}}/\text{year}$ with on average $\sim 0.1 \text{ m}^3_{\text{seepage}}/\text{m}^2_{\text{waste area}}/\text{year}$.

3.4.3.5 Other emissions

3.4.3.5.1 Noise

The monitoring of noise is performed by 1 out of 7 operators.

No data were provided on measured levels. Only permitted levels were reported: 60 dB during the day and 50 dB at night.

The main source of noise during the management of extractive waste is the belt conveyor. No impacts were reported. Furthermore, based on the information provided, the permit limit values were not exceeded.

3.4.3.5.2 Odours

Odour emissions are not monitored.

Based on the provided information, odour emissions from the management of potash extractive waste are not relevant.

3.4.3.6 Consumption levels

3.4.3.6.1 Energy

Five operators provided data on energy consumption.

Table 3.115 presents the calculated specific energy consumption per tonne of waste managed.

Based on the reported data, specific energy consumption ranges from 1.3 to 2.2 kWh/t_{waste} in most of the cases, 4 out of 5 operators reported to consume less than 2.2 kWh/t_{waste}.

For sea tailings disposal, one site-operator reported a specific consumption of 50.1 kWh/t_{waste}.

Table 3.115: Summary of the energy consumption for the management of potash extractive waste based on the site-specific data provided in the questionnaire

Energy consumption* (kWh/t of waste)	Min	Average	Max
Electricity	1.3	1.5	50.1
Fuel	0.02	0.2	0.4
Total	1.3	1.7	50.1

* Based on the data provided in the questionnaires 65, 66, 67, 68, 78
For details on the colour code see section 3.1.2.1 on page 113

3.4.3.6.2 Water

Only 2 operators reported the use of water for transport of extractive waste by providing data on water balance. The rest of operators reported not using water for the transport of extractive waste.

The consumption of water for the management of extractive waste was reported to be 0 m³ at four sites and only 1 site reported to consume water for the management of extractive waste, the site-operator managing tailings in subaqueous facilities: sea tailings disposal. In that case, the calculated specific consumption was 33 m³/t_{waste}. Consequently, the average consumption was calculated to be 0.1 m³/t_{waste} but does not represent the majority of the sites.

No water recycling was reported by operators.

The summary of the provided data on water use is presented in Table 3.116.

Table 3.116: Summary of the water use for the management of potash extractive waste based on the site-specific data provided in the questionnaires

Water use* (m ³ /t of extractive waste)	Min	Average	Max
Water consumption for the management and the prevention of extractive waste	0	0.1	33
Water used for the onsite transport of extractive waste**	0	<0.1	0.1
Water losses (evaporation + seepage + interstitial)**	<0.1	0.4	0.9

No information was provided on the water mix used for the management of extractive waste.

3.4.3.6.3 Reagents

No data were provided.

Anhang 3: Auszug aus dem Masterplan Salzreduzierung „Haldenabdeckung“

<https://www.fgg-weser.de/gewaesserbewirtschaftung/handlungsfelder/salz/massnahmen/masterplan-salzreduzierung/haldenabdeckung>

Haldenabdeckung

Im Rahmen der Haldenabdeckung sollen alle bestehenden und künftigen Rückstandshalden abgedeckt werden, beginnend während der Produktionsphase und abschließend in der Nachbetriebsphase.

Standorte Hattorf und Wintershall

- 2013 – 2016: Betrieb eines Lysimeterfeldes am Standort Wintershall:
Auswahl geeigneter Materialmischungen, Erstellung von Wasserhaushaltsbilanzen, Untersuchung der Eluate in Menge und chemischer Zusammensetzung sowie Untersuchung der Begrünungsfähigkeit
- 2016 – 2020: Pilotprojekt zur Haldenabdeckung:
 - Auswahl und Verifizierung geeigneter Materialmischungen, Klärung der Materialverfügbarkeit und Sicherung der Beschaffung, Aufbau eines Qualitätssicherungs- und Kontrollsystems der eingesetzten Materialien
 - Entwicklung einer geeigneten Aussaat- und Bewässerungstechnik
 - Evaluierung der Materialeigenschaften sowie der Abdeckschicht unter normalen Bedingungen und bei Extremwetterereignissen (z. B. Starkregen, Sturm, Dauerfrost), Optimierung der Schütteeigenschaften der hergestellten Mischungen, Untersuchung und Verifizierung der Zeitbeständigkeit der Materialeigenschaften
 - Optimierung der Technik im Haldenvorgelände (u. a. Auffangsysteme)
 - Analyse der Haldensickerwässer.
- 2018 – 2021: Großversuch zur Haldenabdeckung:
 - Konzeptes zur Gestaltung des Haldenvorgeländes
 - Sicherung der Materialverfügbarkeit, Planung und Aufbau eines Logistiksystems zur Materialanlieferung und Verarbeitung
 - Vorbereitung, Planung der Betriebsphase, Durchführung erforderlicher Genehmigungsverfahren
 - Errichtung der notwendigen baulichen und technischen Anlagen.
- 2021: Beginn zur Umsetzung des operativen Regelbetriebs der Haldenabdeckung.

Standort Neuhoof-Ellers

Die Rückstandshalde in Neuhoof-Ellers weist im Vergleich mit den Halden Hattorf oder Wintershall z. T. deutliche Unterschiede in den Randbedingungen auf (Laufzeit, Rückstandsmenge, Zusammensetzung). Hier ist zu prüfen, ob andere Maßnahmen zur Haldenwasserminimierung mit vergleichbaren Effekten umsetzbar sind.

- 2018: Pilotprojekte zur Untersuchung innovativer Erosionsschutz-/Haldenwasserminimierungsmaßnahmen
- Ab 2018: Beginn der Umsetzung innovativer Erosionsschutz-/Haldenwasserminimierungsmaßnahmen

Abdeckung der Haldenerweiterung

- ca. 5 Jahre: Konsolidierung der Schüttung (Setzung; Kristallisation),
- ca. 10 Jahre: Abdeckung (einschließlich Nacharbeiten und Abnahme).

Die Salzförderung wird voraussichtlich im Jahr 2060 beendet. Daher ist damit zu rechnen, dass die Haldenabdeckung in 2075 abgeschlossen wird.