

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

Band 1.3E3 der Antragsunterlage

Haldenwasserbilanz

Vorhabenträger:

K+S Minerals and Agriculture GmbH
Standort Hattorf
Werk Werra



Hattorfer Straße
36269 Philippsthal

Gutachter:

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH
Breite Straße 30
39576 Stendal



Dipl.-Ing. J. Baumeister
Prokuristin



Dipl.-Ing. (FH) N. Gose
Geschäftsführer

Impressum

Fassung vom 01.06.2023

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. J. Baumeister

Telefon: 03931/689226

Fax: 03931/689299

e-Mail: j.baumeister@upi-umweltprojekt.de

Web: www.upi-umweltprojekt.de



Inhaltsverzeichnis

1. VERANLASSUNG	9
2. AUFSTELLUNG DER ALLGEMEINEN HALDENWASSERBILANZGLEICHUNG	10
3. BESCHREIBUNG DER RELEVANTEN PARAMETER DER HALDENWASSERBILANZ	12
3.1 NIEDERSCHLAG.....	12
3.2 RÜCKSTANDSSPEZIFISCHE PARAMETER.....	12
3.2.1 Zusammensetzung des Rückstandssalzes.....	12
3.2.2 Aufsalzungsfaktor	13
3.2.3 Wassergehalt des Rückstands	13
3.2.4 Mineralische Wassereinbindung und -entbindung bzw. Speichervermögen des Rückstandes (Hygroskopie, Hydratation und Deliqueszenz)	14
3.2.4.1 Beschreibung der Prozesse	14
3.2.4.2 Untersuchungen zur Wassereinbindung und –entbindung sowie zur Hygroskopie des Rückstands	15
3.2.4.3 Übertragung der Versuchsergebnisse auf die Standortbedingungen	15
3.2.4.4 Fazit.....	15
3.2.5 Evaporation.....	16
3.3 ZUFLÜSSE VON NIEDERSCHLAGSWASSER AUS DEM BEREICH DES UMFABUNGSWEGS	17
3.4 RESTINFILTRATION AN DER BASIS	18
3.4.1 Berechnungsmodelle.....	18
3.4.1.1 Berechnungsmodelle für die Bestandshalde	18
3.4.1.2 Berechnungsmodell zur Bestimmung der Restinfiltration der Erweiterungsfläche	18
3.4.2 Beschreibung der Eingangsparameter für die Berechnung der Restinfiltration an der Aufstandsfläche.....	19
3.4.2.1 Beschreibung der relevanten Einzelflächen	19
3.4.2.2 Ausbildung des Haldenkerns im Bereich der Bestandshalde	19
3.4.2.3 Festlegung der Durchlässigkeitsbeiwerte im Bereich der Erweiterung.....	21
3.4.2.4 Zusätzliches Dargebot aus dem Bereich der Anschüttung oberhalb der hydraulischen Trennung	22
3.4.2.5 Festlegung des hydraulischen Gradienten für die Erweiterung	22
3.4.3 Berechnung der Gesamtsalzfracht.....	27
3.4.4 Darstellung der Berechnungsergebnisse der Restinfiltration im Bereich der Aufstandsflächen von Bestandshalde und Haldenerweiterung.....	27
3.4.5 Eintrag aus dem Anschüttungsbereich der Haldenerweiterung in die Bestandshalde	29
4. AUFSTELLUNG DER SPEZIFISCHEN HALDENWASSERBILANZGLEICHUNG	30
5. SICKERWASSERMINIMIERUNGSMAßNAHMEN.....	30
5.1 HYDRAULISCHE TRENNUNG VON BESTANDSHALDE UND ERWEITERUNG.....	30
5.1.1 Beschreibung der hydraulischen Trennung.....	30
5.1.2 Berechnungsmodell zur Reduzierung der Restinfiltration der Bestandshalde durch die hydraulische Trennung.....	32
5.2 POLDER AUF DEM HALDENTOP BZW. TOPABDECKUNG DER BESTANDSHALDE	33
5.2.1 Beschreibung des Polders bzw. Topabdeckung der Bestandshalde.....	33
5.2.2 Minimierungspotential des Haldenwasseranfalls des errichteten Polderbeckens auf dem Haldentop bzw. der Topabdeckung.....	33

5.2.3	<i>Berechnungsmodell zur Bestimmung des Minimierungspotentials der Restinfiltration durch den bereits errichteten Polder auf dem Haldentop bzw. die geplante Topabdeckung der Bestandshalde</i>	34
5.3	TOPABDECKUNG DER ERWEITERUNGSFLÄCHE.....	35
5.4	DARSTELLUNG DER BERECHNUNGSERGEBNISSE.....	36
5.4.1	<i>Restinfiltration</i>	36
5.4.2	<i>Zusammenfassende Darstellung der Berechnungsergebnisse des Haldenwasseranfalls bei Ansatz der Maßnahmen</i>	39
6.	SENSITIVITÄTSANALYSE	41
6.1	NIEDERSCHLAG.....	41
6.2	PUFFERVERMÖGEN DER RÜCKSTANDSHALDE	42
6.3	EVAPORATION.....	43
6.4	FREIER WASSERGEHALT	43
6.5	RESTINFILTRATION DER ERWEITERUNG.....	44
6.6	ZUSAMMENFASSUNG DER FEHLERGRÖßEN	45
6.7	ZULAUF AUS DEM BEREICH DES HALDENUMFAHRUNGSWEGES UND IN VORBEREITUNG BEFINDLICHER KÜNFTIGER HALDENAUFGSTANDSFLÄCHEN	46
6.8	SONSTIGE EINFLUSSFAKTOREN	46
6.9	MESSUNG DES HALDENWASSERANFALLS HATTORF.....	47
6.10	VERGLEICH DER FEHLERGRÖßEN AUS DER SENSITIVITÄTSANALYSE UND DEN GEMESSENEN WERTEN.....	48
7.	BERECHNUNG DES HALDENWASSERPOTENTIALS BIS ZUR AUFLÖSUNG DES HALDENKÖRPERS	49
8.	ZUSAMMENFASSUNG	49

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	<i>Aufhaldungsmengen und freier Wasseranteil am Rückstand.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabelle 2:</i>	<i>Systemlänge und Sohlgefälle im Bereich der Erweiterungsfläche.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 3:</i>	<i>Einstauhöhen, hydraulische Gradienten und spezif. Restinfiltration.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 4:</i>	<i>jährliche Reduzierung der Restinfiltration der Bestandshalde durch die hydraulische Trennung.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 5:</i>	<i>jährliche Reduzierung des Haldenwasseranfalls der Bestandshalde durch das errichtete Polderbecken und die geplante Topabdeckung.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 6:</i>	<i>jährliche Reduzierung der Restinfiltration der Bestandshalde durch den Pilotpolder bzw. die Topabdeckung.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabelle 7:</i>	<i>jährliche Reduzierung der Restinfiltration der Erweiterung durch die Topabdeckung..</i>	<i>36</i>
<i>Tabelle 8:</i>	<i>Ergebnisse der Berechnungen zur Restinfiltration der Bestandshalde + Erweiterung</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 9:</i>	<i>Maximaler und minimaler Haldenwasseranfall (Fehlerbetrachtung Niederschlag).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 10:</i>	<i>Maximaler und minimaler Haldenwasseranfall (Fehlerbetrachtung Freier Wassergehalt).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 11:</i>	<i>Haldenwasseranfall bei Ansatz der Restinfiltration für die Erweiterungsfläche.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 12:</i>	<i>maximale Haldenwasseranfall (Fehlerbetrachtung).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 13:</i>	<i>minimale Haldenwasseranfall (Fehlerbetrachtung).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 14:</i>	<i>Prognostizierter und gemessener Haldenwasseranfall am Standort Hattorf für 2018 bis 2020.....</i>	<i>47</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modell zur Haldenwasserbilanz	11
Abbildung 2: Abfluss auf geneigter, undurchlässiger Sohle- Definitionsskizze für den Berechnungsansatz nach LESAFFRE (GDA E2-20)	23
Abbildung 3: Berechnungsergebnisse der Restinfiltration für die Bestandshalde, die Haldenerweiterung Phase 1, Phase 2 und Phase 3	28
Abbildung 4: Berechnungsergebnisse der Salzfracht für die Bestandshalde, die Haldenerweiterung Phase 1, Phase 2 und Phase 3	29
Abbildung 5: schematische Darstellung der Fläche der hydraulischen Trennung als Grundlage für die Ermittlung der Haldenwasserbilanz	31
Abbildung 6: Prognostizierter Haldenwasseranfall für Bestandshalde und Erweiterung	40

Anlagen:

- Anlage 1: Versuchsprogramm zur Ermittlung der rückstandsspezifischen Parameter
- Anlage 2: Fotodokumentation des Einbaus des Rückstandssalzes in das Lysimeter am 10.08.2012
- Anlage 3.1: Fotodokumentation der Probenahme der Bohrung 1 im wägbaren Lysimeter
- Anlage 3.2: Fotodokumentation der Probenahme der Bohrung 2 im wägbaren Lysimeter
- Anlage 4: Versuchsprotokolle zur Bestimmung des Wassergehalts des Rückstands bei Einbau in das Lysimeter bzw. Ausbau aus dem Lysimeter
- Anlage 5: Versuchsprotokoll zur Bestimmung des Wassergehalts des Rückstands bei Einbau der Säulenversuche
- Anlage 6: Versuchsprotokoll zur k_f -Wert-Bestimmung des Rückstands
- Anlage 7: Fotodokumentation der Lysimeteroberfläche
- Anlage 8: Jährliche Flächenbelegung der Rückstandshalde Hattorf in den Jahren 2018 bis 2070
- Anlage 9: Plan zur Ermittlung der Gefälleverhältnisse für die Berechnung der Einstauhöhe
- Anlage 10: jährliche Restinfiltration in den Jahren 2018 bis 2070
- Anlage 11: Jährliche Gesamtsalzfracht des Sickerwassers in den Jahren 2018 bis 2070
- Anlage 12: Prognosewerte für den Haldenwasseranfall (Bestandshalde, Phase 1, Phase 2, Phase 3) am Standort Hattorf für die Jahre 2018 bis 2070
- Anlage 13: Prognosewerte für den Haldenwasseranfall für die Erweiterungsfläche (Phase 1) am Standort Hattorf für die Jahre 2018 bis 2070
- Anlage 14: Prognosewerte für den Haldenwasseranfall für die Erweiterungsfläche (Phase 2) am Standort Hattorf für die Jahre 2023 bis 2070
- Anlage 15: Prognosewerte für den Haldenwasseranfall für die Erweiterungsfläche (Phase 3) am Standort Hattorf für die Jahre 2023 bis 2070
- Anlage 16: Gutachten Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann zur Ableitung des hydraulischen Gradienten für Restinfiltrationsabschätzungen
- Anlage 16.1: Zur Existenz eines Anfangsgradienten oder prälinearen Bereiches bei der Durchströmung feinporiger mineralischer Dichtungsschichten bei niedrigen Überstauhöhen. Aachen, 07.12.2020
- Anlage 16.2: Stellungnahme zu den Anmerkungen des Behördengutachters des Büros Umtec vom 15.02.2021, vorgetragen durch Herrn Sasse. Aachen, 22.04.2021

- Anlage 17: K+S (2021): Ableitung des freien Wassergehalts des Rückstands als Eingangsparemeter der Haldenwasserbilanz. Philippsthal. inkl. Anhang Erwidern auf die Stellungnahme des HLNUG vom 14.10.2021
- Anlage 18: upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH (2023): Stellungnahme zum Vorabzug der Gutachterlichen Stellungnahme zur 4. Planänderung und Ergänzung des Rahmenbetriebsplans (Phase 3) vom 17.05.2023

1. Veranlassung

Die K+S Minerals and Agriculture GmbH (Vorhabenträgerin; vormals K+S KALI GmbH; nachfolgend: K+S) betreibt in ihrem Werk Werra mit den Standorten Hattorf und Wintershall in Hessen sowie Unterbreizbach in Thüringen die Gewinnung und Aufbereitung von Kalirohsalzen. Die unter Tage abgebauten Rohstoffe werden zu Kali- und Magnesiumprodukten verarbeitet, die weltweit als landwirtschaftliche Düngemittel sowie als Grundstoffe für die chemische und pharmazeutische Industrie Verwendung finden.

Das Vorhaben „Nachhaltiges Rückstandsmanagement (RM) am Standort Hattorf“ wurde erstmals am 30.06.2014 beantragt. Nach mehrfacher Umplanung des Vorhabens wurde mit Beschluss vom 10.10.2018 (Az.: 34/HEF-76 d 40-11-314-30/717) die Erweiterung in Phase 1 (ca. 26,9 ha) durch die Genehmigungsbehörde zugelassen und eine Zulassung der Haldenerweiterung im Übrigen einer späteren Entscheidung vorbehalten.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, das Ende 2024 die Gesamtfläche der mit Stand 08/2021 beantragte Phase 2 von ca. 10,8 belegt sein wird. Die hier gegenständliche, im Rahmen einer 4. Planänderung, beantragte Zulassung der Phase 3 umfasst somit die Entsorgung der festen bergbaulichen Abfälle ca. ab Anfang 2025 einschließlich aller mit dieser Entsorgung zusammenhängenden vor- und nachlaufenden sowie begleitenden infrastrukturellen und betrieblichen Maßnahmen. Die Entsorgung der aufgrund der Rückstandsauflösung anfallenden flüssigen Rückstände ist darüber hinaus Gegenstand gesonderter wasserrechtlicher Verfahren. Gegenstand des in Phase 3 beantragten Vorhabens ist eine Haldenaufstandsfläche von ca. 24,5 ha sowie der angrenzende Randstreifen. Für den nördlich gelegenen Anbindungsbereich an die Erweiterungsfläche der Phase 2 erfolgte im Rahmen der 3. Planänderung für Phase 2 für den Aufbau und Betrieb der bauseitig notwendigen Infrastruktur (Befahrungswege, Baustelleneinrichtungs- und temporäre Lagerflächen) die Beantragung der Inanspruchnahme eines ca. 55 m breiten Randstreifens. Mit planmäßiger Anbindung der hier gegenständlichen Phase 3 an die in Genehmigung befindliche Phase 2, wird dieser 55 m breite Randstreifen aus Phase 2 nach vorherigem Rückbau der Infrastruktur überschüttet und wird zur Aufstandsfläche der Phase 3.

Weiterhin Gegenstand dieser 4. Planänderung gegenüber dem Rahmenbetriebsplan in Gestalt der 2. Planänderung (Stand: Juni 2018) sind darüber hinaus insbesondere:

- die weitere Optimierung des Systems Basisabdichtung in Phase 3 sowie
- eine präzisierte Quantifizierung der vorhabenbedingten Restinfiltration sowie der damit einhergehenden Auswirkungen auf das Grundwasser auf Grundlage aktueller Erkenntnisse, die neben der Phase 3 auch die Phasen 1 und 2 betreffen.

Ebenso ist die Umsetzung einer dauerhaften Haldenabdeckung auf den Plateauflächen der Haldenerweiterung Phase 1, 2 und 3 auf einer Fläche von ca. 30 ha Gegenstand der Zulassung der Phase 3 im Rahmen der 4. Planänderung. Diese mittel- bis langfristige Maßnahme trägt maßgeblich zur Minimierung der Auswirkungen der Haldenerweiterung Hattorf durch Reduzierung der Restinfiltration und der anfallenden Haldenwässer bei.

Gemäß Anhang 6 (zu § 22a Abs. 3 Satz 1) der ABBergV ist eine Wasserbilanz für die Betriebs- und Nachbetriebsphase bergbaulicher Abfallentsorgungseinrichtungen zu

ermitteln und zu bewerten. Im Rahmen der hier dargestellten Haldenwasserbilanz wurde eine Nachbetriebsphase von 30 Jahren betrachtet. Weiterhin ist das Sickerwasserpotenzial bis zur vollständigen Haldenauflösung zu ermitteln. Die Berechnung des Haldenwasseranfalls für die Rückstandshalden des Werkes Werra erfolgt auf der Grundlage der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung. Abweichend von der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung werden die spezifischen Eigenschaften des Rückstandssalzes (mineralische Wassereinbindung und -entbindung, Verdunstungs- und Abflussverhalten) berücksichtigt.

Bei der Planung des Vorhabens wurden Sickerwasserminimierungsmaßnahmen am Standort Hattorf in das technische Konzept integriert (siehe Band 1.1E3: „Technischer Erläuterungsbericht“, Kapitel 8).

Die upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH wurde mit der Bearbeitung der Haldenwasserbilanz für die ESTA-Rückstandshalde am Standort Hattorf beauftragt.

Die vorliegende Unterlage beschreibt die einzelnen Bilanzglieder der Wasserhaushaltsgleichung sowie deren Ermittlung (Berechnungen, Vor-Ort-Messungen und Laborversuche) und die Ergebnisse der Wasserhaushaltsbilanz.

2. Aufstellung der allgemeinen Haldenwasserbilanzgleichung

Zur Aufstellung der allgemeinen Haldenwasserbilanzgleichung werden die nach derzeitigem Kenntnisstand für die Haldenwasserbilanz (HWB) relevanten Einflussgrößen benannt.

Das Zusammenwirken der einzelnen Wasserhaushaltsgrößen lässt sich wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt charakterisieren.

RI:	Restinfiltration der mineralischen Dichtung in m ³ /a
W _{min} :	mineralische Wassereinbindung der jährlich anfallenden Rückstandsmenge in m ³ /a
ΔV:	mineralische und physikalische Wasserentbindung der jährlich anfallenden Rückstandsmenge in m ³ /a
Q _{uw} :	Zufluss vom Umfahrungsweg in m ³ /a

Die Diskussion der standortspezifischen Einflussgrößen und die Herleitung der berechnungsrelevanten Parameter für die Erstellung der **spezifischen** Haldenwasserbilanzgleichung sind im Kapitel 3 dieses Berichts beschrieben.

3. Beschreibung der relevanten Parameter der Haldenwasserbilanz

3.1 Niederschlag

Die Prognose des Haldenwasseranfalls wird für ein hydrologisches Durchschnittsjahr vorgenommen. Bei der Auswahl der entsprechenden Niederschlagssumme wurden die korrigierten Gebietsniederschläge des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Hierbei wurde für das Durchschnittsjahr der 30-jährige Mittelwert für die hydrologischen Jahre 1981 bis 2010 verwendet.

Aus den Wetterdaten des DWD ergibt sich somit ein 30-jähriges Mittel von 815 mm/a, das für die weitere Berechnung als Referenzwert angenommen wird.

Die Haldenwasserbilanz dient unter anderem zur Ermittlung der Ausgangswerte für die Entsorgungskonzeption der Haldenwässer (Band 3.24E3: „Abwasserentsorgung in der Betriebs- und Nachbetriebsphase“). Die Betrachtung zur dauerhaften Haldenwasserentsorgung erfolgt mit Hilfe des Flussgebietsmodells TALSIM NG der SYDRO Consult GmbH. Auf der Basis von Niederschlagszeitreihen des DWD und den hier ermittelten Haldenwasser-Prognosemengen wird über eine N/A-Modellierung eine 40-jährige Ganglinie des Haldenwasseranfalls generiert und die Entsorgung der so ermittelten Volumina geprüft.

3.2 Rückstandsspezifische Parameter

3.2.1 Zusammensetzung des Rückstandssalzes

Die bei der Rohsalzverarbeitung nicht verwertbaren, kontinuierlich anfallenden Rückstandssalze werden in Mengen von mehreren Mio. t pro Jahr per Bandanlagen auf die Rückstandshalde gefördert. Die zukünftig zu erwartenden jährlichen Rückstandsmengen betragen nach aktuellem Kenntnisstand ca. 7,6 Mio. t/a.

Eine detaillierte Beschreibung des Rückstandes ist im Band 1.1.3 E3 „Art der Abfälle und Salzwässer“ zu finden.

3.2.2 Aufsalzungsfaktor

Der in die Rückstandshalde eintretende Niederschlag erfährt beim Durchfließen des Rückstandssalzes eine Aufsalzung bis zur Sättigung mit der Hauptkomponenten NaCl. Die Volumenvergrößerung wurde durch eine Dichtebestimmung vor und nach der Aufsalzung von Leitungswasser mit Hattorfer Rückstand ermittelt. Hierbei ergibt sich eine Volumenvergrößerung, die mit einem Faktor von 1,11 in die Berechnung einfließt.

Der Aufsalzungsfaktor wurde im Rahmen mehrere Untersuchungen durch das Labor der K+S am Standort Hattorf bestimmt. Die Analysenergebnisse liegen bei diesem vor.

3.2.3 Wassergehalt des Rückstands

Aus den Bestimmungen des Wassergehalts im Rückstandssalz der Halde Hattorf nach Karl-Fischer-Titration (Prüfverfahren K+S 0785.02) ergibt sich aus den Beprobungen ab Herbst 2020 ein Mittel von ca. 5 % (Anlage 17). Die Bestimmung der Feuchte von frischem Rückstand mittels Karl-Fischer-Titration liefert ausschließlich den Gehalt an Porenwasser. Er entspricht der Summe aus freiem (mobilem/gravitativ entwässerbarem) und anhaftendem (immobilen/nicht gravitativ entwässerbarem) Anteil. Kristallin gebundenes Wasser, welches beispielsweise bei der Bestimmung der Rückstandsfeuchte durch Trocknung teilweise mit freigesetzt und erfasst wird, ist hierin nicht enthalten. Der anhaftende, nicht gravitativ entwässerbare Anteil (Haftwasser) wird im Porenraum einer ungesättigten Probe adsorptiv und/ oder kapillar bei Luftdruckbedingungen gegen die Schwerkraft gehalten. Er trägt damit nicht zur Bildung von Haldenwasser bzw. Haldensickerwässern bei. Die Ergebnisse von Laboruntersuchungen an Bohrkernen der Haldenkörperbohrungen an den Standorten Hattorf und Wintershall belegen, dass der Haftwassergehalt 2% beträgt. Damit errechnet sich eine gravitativ entwässerbare Restfeuchte von 3 % durch Abzug des Haftwassergehalts von 2 % von dem Porenwassergehalt von 5 % bestimmt nach Karl-Fischer-Titration.

Die gravitativ entwässerbare Restfeuchte in Höhe von 3 % wird für die Aufstellung der Haldenwasserbilanz verwendet (siehe Anlage 17).

Das Volumen des freien Wassers in der jährlich anfallenden Rückstandsmenge (WG_{frei}) errechnet sich aus dem freien mobilen Wassergehalt von 3,0 % und der jährlich anfallenden Rückstandsmenge multipliziert mit dem Aufsalzungsfaktor.

Tabelle 1: Aufhaldungsmengen und freier Wasseranteil am Rückstand

Zeitraum	Aufhaldungsmenge	Freier Wasseranteil am Rückstand
[Jahr]	[t/a]	[m³/a]
2018 ¹	6.842.130	227.843
2019	7.270.600	242.111

¹ Ende der Beschüttung der Bestandshalde im Sep. 2018.

Zeitraum	Aufhaltungsmenge	Freier Wasseranteil am Rückstand
[Jahr]	[t/a]	[m³/a]
2020	6.893.060	229.539
2021 bis 2039	7.600.000	253.080

Die jährliche Rückstandsmenge wird zukünftig mit 7,6 Mio. t/a prognostiziert (siehe auch Kapitel 3.2.1). Ab dem Jahr 2040 findet keine Aufhaltung mehr statt. Bei der Ermittlung der Reichweite der Haldenerweiterung wird unterstellt, dass die Berme vollständig verfüllt wird. Für die weiteren Berechnungen wurde im Sinne der Worst-Case-Betrachtung angenommen, dass der freie Wassergehalt innerhalb des jeweiligen Jahres vollständig zum Abfluss gelangt. Eine vergleichmäßigte Abgabe des freien Wasseranteils über mehrere Jahre würde zu einem geringeren Haldenwasseranfall führen.

3.2.4 Mineralische Wassereinbindung und -entbindung bzw. Speichervermögen des Rückstandes (Hygroskopie, Hydratation und Deliqueszenz)

3.2.4.1 Beschreibung der Prozesse

Hygroskopie bezeichnet die Fähigkeit von Salzen aus der Umgebung durch Sorption Feuchtigkeit zu binden. Dabei werden die physikalischen Eigenschaften (z.B. Volumen, Kristallstruktur etc.) des Salzes verändert.

Einige Salze wie Magnesium- und Natriumsulfat bauen das aufgenommene Wasser in ihre Kristallstruktur ein. Dieser Vorgang wird als Hydratation bezeichnet. Im Fall des Rückstandssalzes ist hierbei insbesondere das Kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) zu betrachten, welches sich durch Einbindung von 6 H_2O -Molekülen zu Epsomit umwandelt. Weiterhin entstehen auf der Halde kristallwasserhaltige Sekundärphasen, z.B. Astrakanit ($\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) (siehe Band 3.17).

Die Hydratation eines Salzes kann mit einer erheblichen Volumenzunahme verbunden sein, da im Hydratsalz eine Änderung der Gitterordnung der Anionen und Kationen erfolgt. Ob ein wasserfreies Salz oder eine seiner Hydratstufen stabil ist, hängt unter anderem von den an der Halde herrschenden Bedingungen, von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebung ab.

Salze, die keinem Hydratationsprozess unterliegen, können dennoch hygroskopische Eigenschaften besitzen. Werden diese Salze einer bestimmten relativen Luftfeuchtigkeit ausgesetzt, nehmen sie Wasser auf und bilden eine Lösung. Diejenige relative Luftfeuchtigkeit bei der dieser Prozess einsetzt, wird Deliqueszenzfeuchte (DRH) genannt. Exakt bei dem Wert der DRH besteht ein Gleichgewicht zwischen der kristallinen Form eines Salzes und seiner Lösung. Unterhalb der DRH kann eine Lösung des entsprechenden Salzes unter Gleichgewichtsbedingungen nicht existieren, da Wasser durch Verdunstung abgegeben wird. Oberhalb der DRH nimmt ein Salz immer mehr Wasser auf, bis sich eine

stark verdünnte Salzlösung bildet. Die DRH ist abhängig von der Löslichkeit eines Salzes. Sie nimmt mit steigender Löslichkeit stark ab.

3.2.4.2 Untersuchungen zur Wassereinbindung und –entbindung sowie zur Hygroskopie des Rückstands

Im Rahmen eines Versuchsprogramms zur Ermittlung der rückstandsspezifischen Parameter wurden Säulenversuche an Rückstandssalz durchgeführt (siehe Kapitel 3 der Anlage 1). Eine mineralische Wassereinbindung und –entbindung von Haldenwasser über einen längeren Zeitraum konnte innerhalb des Versuchszeitraums nicht nachgewiesen werden.

Zur Ermittlung der Deliqueszenzfeuchte des Rückstandes wurde der Rückstand im Labor untersucht. Die Versuchsdurchführung ist im Kapitel 2 der Anlage 1 beschrieben. Im Ergebnis der Versuche wurde festgestellt, dass lediglich in 23 % der Zeit im Messzeitraum die relative Luftfeuchtigkeit unterhalb der DRH von 70% liegt und somit nur in diesen Zeiträumen die Voraussetzungen für eine Wasseraufnahme aus der Luftfeuchtigkeit theoretisch gegeben sind. Der hygroskopische Anteil am Wassergehalt des Rückstands ist aufgrund der komplexen Zusammenhänge nur schwer quantifizierbar.

3.2.4.3 Übertragung der Versuchsergebnisse auf die Standortbedingungen

Die Laborversuche lassen sich nicht auf die komplexen am Standort herrschenden Bedingungen (Luftfeuchtigkeit, Exposition, Temperatur und Windgeschwindigkeit) übertragen, da der hygroskopische Prozess reversibel ist. Bei Absinken der Luftfeuchtigkeit unterhalb der DRH muss die Flüssigkeit nicht zwingend im Haldenwasser anfallen, sondern kann auch verdunsten. Im Rahmen der Säulen- und Lysimeterversuche wurde jedoch auch der hygroskopische Einfluss, sofern dieser eine Rolle spielt, erfasst. Eine mögliche Wasseraufnahme, bedingt durch die Hygroskopie, ist in der versuchstechnisch ermittelten Netto-Verdunstung von 10,2 % (siehe Anlage 1) mit abgebildet (siehe hierzu auch Kapitel 3.2.5).

Bei der Betrachtung der Hygroskopie sind nicht der gesamte Haldenkörper und die darin in geringem Umfang enthaltenen Magnesiumsalze relevant, sondern allenfalls der äußere Krustenbereich der Halde. Wie in den Haldenbohrungen des Standortes Hattorf gezeigt wurde, findet in diesem Bereich eine selektive Entfrachtung an den leichtlöslichen Wertstoff-Restgehalten statt, d.h., die Minerale, z.B. Magnesiumsalze, gehen, sofern sie frei vorliegen, innerhalb kürzester Zeit in Lösung und der Haldenmantelbereich besteht am äußeren Rand in einer Tiefe von mehreren Metern lediglich aus Halit und bzw. oder Anhydrit bzw. Gips (Band 3.17). Daher ist davon auszugehen, dass die Magnesiumverbindungen im Haldenrandbereich aufgrund ihrer hohen Löslichkeit und damit geringen Persistenz nicht wesentlich zu einer Erniedrigung der Gleichgewichtsfeuchte beitragen.

3.2.4.4 Fazit

Die mineralische Wassereinbindung und -entbindung bzw. das Speichervermögen des Rückstandes (Hygroskopie, Hydratation und Deliqueszenz) werden aufgrund der obigen Ausführungen in der Haldenwasserbilanz nicht separat berücksichtigt bzw. sind in der

ausgewiesenen Evaporation enthalten. Dennoch sind mögliche hygroskopische Effekte in der versuchstechnisch ermittelten Evaporation (siehe Kapitel 3.2.5) mit erfasst, so dass keine separate Berücksichtigung in der Haldenwasserbilanz erfolgt.

3.2.5 Evaporation

Aufgrund der Größe der Rückstandshalden kommt es zur Herausbildung eines Kleinklimas im Bereich der Rückstandshalde und im unmittelbaren Haldenumfeld. Dies kann dazu führen, dass sich die Temperaturverhältnisse an den Haldenoberflächen, in Abhängigkeit der Größe und Ausrichtung der Böschungen und des Plateaus, verändern. Weiterhin werden die Windgeschwindigkeit und -richtung im Luv- und Leebereich, an den Haldenflanken und auf der Plateaufläche der Halde verändert. Neben der direkten Beeinflussung der klimatischen Bedingungen an der Rückstandshalde wird somit in nicht unerheblichem Maße die Evaporation sowie die mineralische Wassereinbindung und -entbindung an der Haldenoberfläche beeinflusst. Der zur Beschreibung der Evaporation durchgeführte Lysimeterversuch sowie die Versuchsergebnisse sind im Kapitel 4 der Anlage 1 dargestellt.

Im Ergebnis der Lysimeteruntersuchung in Müncheberg (siehe Anlage 1) wurde für den Versuchszeitraum eine Evaporation von 10,2 % ermittelt.

Sofern es bei dem Lysimeterversuch zu einer Hydratation des Rückstandes aus der Luft gekommen ist, die der Verdunstung entgegenwirken würde, wurde diese im Rahmen des Lysimeterversuchs mit bilanziert und ist somit Bestandteil der ermittelten Evaporation und der Fehlerbetrachtung zur Haldenwasserbilanz.

Eine Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse aus dem Lysimeterversuch in Müncheberg auf den Standort Hattorf ist gewährleistet. Aufgrund der im Vergleich zum Umland exponierten Lage der Haldenflanken und des Haldentops und der damit verbundenen Inseleffekte und hohen Windgeschwindigkeiten, welche die Evaporation begünstigen, ist sogar davon auszugehen, dass die Evaporation im Bereich der Halde u.U. höher als am Standort des Lysimeterversuchs in Müncheberg ist.

Für die Rückstandshalden im Südharz wurde im Rahmen der Dissertation von Frau Parnieske-Pasterkamp „Zur Geoökologie und Geochemie von Rückstandshalden der Kaliindustrie in Nordthüringen“ zum Thema Haldenwasserbilanz anhand eines Lysimeterversuchs auf der Halde Bischofferode eine Evaporation von 7-20 % gemessen².

Weiterhin wurde im Zeitraum 2013 bis 2017 auf der Rückstandshalde IV am Standort Wintershall ein weiterer Versuch mit einem mit Rückstand gefüllten Flächenlysimeter durchgeführt, um die Ergebnisse zur Verdunstungsrate zu verifizieren. Für den Versuchszeitraum ergibt sich laut dem Abschlussbericht zum Feldversuch auf der - Rückstandshalde IV, Wintershall eine Variationsbreite der Verdunstungsrate zwischen -1,1

² Quelle: Parnieske-Pasterkamp, Jutta (Dipl. Geogr.) (2004) Zur Geoökologie und Geochemie von Rückstandshalden der Kaliindustrie in Nordthüringen, Dissertation, Fußnote zu Tabelle 6-7

und 12,0 Prozent³. Hierbei ist festzuhalten, dass die ermittelte negative Verdunstungsrate im 1. Versuchsjahr unplausibel und durch das Anfahren des Lysimeters bedingt war, so dass bei Rückstandshalden der Hartsalzverarbeitung, wie in Hattorf und Wintershall (NaCl mit merklichen Kieseritanteilen), von Verdunstungsraten von geringfügig über 10% ausgegangen werden kann.

Im Rahmen der durch die zuständigen Behörden erstellten Stellungnahmen im Haldenerweiterungsverfahren Hattorf und Wintershall (Planfeststellungsbeschluss Hattorf Phase 1 2018 und Wintershall 2020) wurde auch die Höhe der Evaporation diskutiert bzw. unterstellt, dass der Rückstand ein hygroskopisches Verhalten aufweist, und es entgegen der vorgestellten Versuchsergebnisse nicht zu einer Verdunstung kommt. Für die Berechnung des Haldenwasseranfalls und der Restinfiltration wurde daher im Rahmen der konservativen Abschätzung die Evaporation inklusive der Hygroskopie mit 0 % angenommen.

3.3 Zuflüsse von Niederschlagswasser aus dem Bereich des Umfahrungswegs

Im Haldenvorland ist außerhalb des Haldenrandgrabens die Errichtung eines Umfahrungsweges geplant bzw. ist dieser im Bereich der genehmigten Aufstandsfläche bereits vorhanden. In den Anlagen 4.1 und 4.2 des Bandes 1.1E3 ist der Querschnitt der Infrastrukturanlagen dargestellt. Hieraus ergibt sich für den Umfahrungsweg inklusive der Bankette am Rand des Umfahrungsweges eine mittlere Breite von ca. 5,5 m. Da der Haldenweg eine Neigung in Richtung des Haldenrandgrabens aufweist, entwässert dieser Bereich ebenfalls in den Haldenrandgraben und trägt damit zur Haldenwasserbildung bei, wobei der Ablauf aus dem Umfahrungsweg lediglich gering mineralisiert ist. Es handelt sich daher um einen konservativen Ansatz.

Weiterhin ist für den Fall, dass im Bereich des Haldenfußes Verformungen auftreten, die Errichtung einer zusätzlichen Infrastruktur außerhalb des Verformungsbereiches in einem Abstand von ca. 45 m zum Haldenfuß vorgesehen (siehe Anlage 4.1 des Bandes 1.1E3). Die Entscheidung über die bedarfsweise Errichtung der zusätzlichen Infrastrukturanlagen wird im Rahmen des Haldenbetriebes getroffen. Für die weitere Berechnung wurde im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung angenommen, dass die zusätzliche Infrastruktur im Bereich der gesamten Erweiterungsfläche errichtet wird.

Die jährlichen Flächenanteile des Umfahrungsweges sind in der Anlage 8 aufgeführt.

Der Umfahrungsweg im Bereich der bestehenden Halde und Phase 1 ist versiegelt. Im Bereich der Phase 3 der Erweiterungsfläche ist die Errichtung der Basisabdichtung analog zu Phase 1 und 2 auch unter dem Haldenrandweg vorgesehen, die Fläche ist daher ebenfalls als versiegelt anzunehmen.

³ Quelle: Universität Kassel, Agrartechnik / Umweltsicherung Schmeisky: Begrünungskonzept für Kalirückstandshalden im Werragebiet, Stufe II Feldversuch auf der Halde IV in Heringen. Abschlussbericht - Rückstandslysimeter. Entwurf 11/2017

Für die Berechnung des niederschlagsbedingten Abflusses wurde nachfolgende Berechnungsformel verwendet.

$$Q_{UW} = A \cdot N$$

Q_{UW} : Zufluss vom Umfahrungsweg in m³/a

A: jährliche Einzugsfläche in ha

N: Niederschlag in m³/(ha*a)

Hierbei handelt es sich um eine Worst-Case-Betrachtung, da für den Umfahrungsweg angenommen wurde, dass der gesamte Niederschlag auf der Fläche des Umfahrungswegs in den Haldenrandgraben gelangt und die Errichtung der zusätzlichen Infrastruktur für die Erweiterung (Phase 1,2 und 3) angenommen wurde. Die Evaporation im Bereich des Umfahrungsweges wurde nicht berücksichtigt.

Nach der Errichtung des endgültigen Umfahrungswegs für die Phase 1,2 und 3 ergibt sich eine Zuflussmenge von 33.400 m³/a.

3.4 Restinfiltration an der Basis

Bei der Ermittlung der Restinfiltration wird zwischen der Restinfiltration im Bereich der Bestandshalde und der Erweiterungsfläche (Phase 1, 2 und 3) unterschieden. Die Berechnungsgrundlagen sind in den folgenden Kapiteln im Einzelnen dargestellt.

3.4.1 Berechnungsmodelle

3.4.1.1 Berechnungsmodelle für die Bestandshalde

Die Abflüsse an der Haldenbasis (unterhalb der mineralischen Dichtung) der Bestandshalde am Standort Hattorf wurden im Rahmen der Erstellung des Hydrogeologischen Strukturmodells (HSM) ermittelt (siehe Band 3.13.2E3). Die Wirksamkeit der verschiedenen Sickerwasserminimierungs- und Kompensationsmaßnahmen an der Bestandshalde ist im Anhang des Bandes 3.13.3N beschrieben.

Somit ergibt sich für den Endzustand der Bestandshalde mit einer Gesamtfläche von ca. 94,3 ha eine Gesamtrestinfiltration von ca. 115.969 m³/a. Die entspricht einer Gesamtrestinfiltration von ca. 1.230 m³/(ha*a) bzw. 123 mm/a (siehe Band 3.13.2E3).

3.4.1.2 Berechnungsmodell zur Bestimmung der Restinfiltration der Erweiterungsfläche

Zur Berechnung der Restinfiltration der Erweiterungsfläche wurde ein theoretisch-empirischer, erkundungsbasierter Ansatz gewählt. Hiermit ergibt sich die nachfolgend dargestellte Berechnungsgleichung.

$$RI = \sum(A_H \times i_{aq,H} \times k_H) + \sum(A_{HVL} \times i_{aq,HVL} \times k_{HVL})$$

Parameter

RI: Restinfiltration in m³/a

A: Haldenfläche in m²

k: k_f –Wert in m/s

$i_{\text{äq}}$: äquivalenter hydraulischer Gradient nach Darcy

Indizes

H: Fläche der Halde

HVL: Haldenvorland

Die jährliche Restinfiltration (bezogen auf das Ende des jeweiligen Jahres) ist in der Anlage 10 dargestellt.

3.4.2 Beschreibung der Eingangsparameter für die Berechnung der Restinfiltration an der Aufstandsfläche

3.4.2.1 Beschreibung der relevanten Einzelflächen

Für die Festlegung der relevanten Parameter ist zunächst die Ermittlung der einzelnen Flächenbereiche erforderlich. Für den Endzustand der Bestandshalde wurden hierbei die im Rahmen des Bandes 3.12.2E3 verwendeten Daten herangezogen. Hierbei ergibt sich für den Zeitschnitt September 2020 eine Gesamtfläche der Bestandshalde von ca. 94,3 ha (salzbelegte Fläche inkl. Haldenvorfeld, siehe Band 3.13.2E3).

Für die Erweiterungsfläche wird unterschieden zwischen der Haldenaufstandsfläche und dem Haldenvorfeld (ca. 3 m vom Haldenfuß zum Haldenrandgraben). Für den Zeitraum von September 2018 bis Juni 2023 (Phase 1), von Juli 2023 bis Dezember 2024 (Phase 2) und von Januar 2025 bis Dezember 2039 wurden die Flächeninanspruchnahmen nach der derzeitigen Planung für die Haldenerweiterungsfläche der Phase 1, Phase 2 und Phase 3 herangezogen. Für die erste Teilfläche der Phase 3 wurde eine Unterteilung in zwei Teilflächen unter Berücksichtigung eines möglichen Baufortschritts vorgenommen. Weitergehende Ausführungen zu Aufhaltungstechnik und Schüttverfahren sind im Kapitel 7.1 des Bandes 1.1E3 zu finden.

Die jährlichen Flächengrößen gemäß der vorläufigen Planung sind in der Anlage 8 aufgeführt. Im Rahmen der weiteren Ausführungsplanung ist es durchaus möglich, dass sich die jährlichen Flächeninanspruchnahmen und somit die Restinfiltrationen nach Planfeststellung verändern.

3.4.2.2 Ausbildung des Haldenkerns im Bereich der Bestandshalde

Die Zonierung des Haldenkörpers wurde anhand von Haldenbohrungen an den Standorten Hattorf und Wintershall ermittelt (vgl. Band 3.17.1). Weitere Erkenntnisquellen liegen mit den Berichten zur Salzhaldentomographie aus 2020 für den Standort Hattorf sowie aus 2021 für den Standort Wintershall vor (Band 3.17.2N). Diese haben die Ergebnisse der Haldenkörperbohrungen hinsichtlich der Strömungsprozesse bestätigt. In Band 3.17.3N wurden die bereits ausgeführten und dokumentierten Haldenbohrungen und Haldendurchörterungen an den Standorten Hattorf, Wintershall, Neuhof-Ellers, Zielitz und Bleicherode zusammengefasst und hinsichtlich der Modellvorstellung zur Ausbildung eines

dichten Haldenkerns durch den Sachverständigen Prof. Dr-Ing. Katzenbach (SV) sachverständigenseits bewertet. Dabei wurden ebenfalls die geophysikalischen Untersuchungen an den Halden Hattorf und Wintershall (Band 3.17.2N) berücksichtigt. Im Ergebnis kann gemäß Band 3.17.3N aus sachverständiger Sicht „der Modellvorstellung zum Haldenkörper mit der Ausbildung eines dichten, im Sinne der DIN18130 nahezu undurchlässigen Haldenkerns bei Rückstandshalden nach Sichtung und Auswertung der bisher ausgeführten Haldenbohrungen bzw. Haldendurchörterung und den durchgeführten Feld- und Laborversuchen sowie den geophysikalischen Erkundungen an den Halden Hattorf und Wintershall zugestimmt werden.“

Laut Aussage des Band 1.1.1N3 ist davon auszugehen, dass sich auch unter der geplanten unteren Schüttebene, d.h. in Haldenbereichen mit rund 90 bis 100 m Höhe im Endzustand, ein Haldenkern ausbildet. Das Vorhandensein eines dichten Haldenkerns auch für flachere Haldenbereiche wurde u.a. für die maximal rund 90 m hohe Halde Niedersachsen des stillgelegten Werkes Niedersachsen-Riedel in Wathlingen durch Bohrungen bestätigt (vgl. hierzu: Rahmenbetriebsplan Westerweiterung Halde Neuhoof-Ellers (2000): Zusammenfassende Informationen über Rückstandshalden – Dichtigkeit des Haldenkerns und Band 3.17). Auch das Sachverständigen-Gutachten in Band 3.17.3N bestätigt die Ausbildung des Haldenkerns bei geringer Höhe anhand der Befahrung der Halde Bleicherode mit einer geringen Haldenhöhe von im Mittel 75 m und lokal maximal 100 m.

Die Breite der Mantel- und Übergangszone hängt von den zeit-, spannungs- und konzentrationsabhängigen Prozessen im Haldenkörper, wie z.B. von der Kompaktion des Rückstands, sowie von den äußeren klimatischen Einflüssen ab (vgl. Band 3.17.1).

Wie die Untersuchungen in Band 3.17.1 gezeigt haben, ist die Entwicklung der Haldenzonierung zeitabhängig, d.h. der Haldenkern wächst mit zunehmender Ablagerungsdauer auf Kosten der Übergangszone nach außen hin an. Eine Überschüttung und damit ein zusätzlicher Lasteintrag forcieren diese Entwicklung. Die Zeitabhängigkeit der Zonierung kann gem. Band 3.17.2N anhand der Situation an der Ostflanke bewertet werden (vgl. Band 3.17.2N), wo im Rahmen der letzten Haldenerweiterung eine rd. 100 - 120 m mächtige Überschüttung einer Altflanke erfolgte: „Die Überschüttung der Ostflanke im Bereich des Messprofils erfolgte überwiegend im Zeitraum 2015/2016. Dieser Haldenflankenbereich erfährt aufgrund der Überschüttung eine andere Setzungscharakteristik gegenüber der Aufschüttung des restlichen Haldenbereichs (konturparallele Schüttung). Durch diese Anschüttung wurde die ehemalige Ostflanke zusätzlich ballastiert und die dadurch hervorgerufene Kompaktion hat zu einer Verlagerung der „alten“ Haldenzonierung in den Bereich der Überschüttung geführt.“ Gleiches wurde im Vergleich der Zonierung der Vertikalbohrung B98/2013-HA aus 2013 mit den Ergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen beobachtet. Auch dort kam es im Ablauf der Zeit und mit Zunahme der Last in Folge der Rückverfüllung zu einer Verlagerung des Übergangs zwischen den hydraulisch wirksamen Bereichen und der Haldenkernzone in Richtung der Haldenoberfläche. Diese Erkenntnisse sind Grundlage für das technische Konzept der Phase 3 und den damit verbundenen Verzicht auf die hydraulische Trennung.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen wurde für die Ermittlung der Restinfiltration bei den Minimierungsmaßnahmen auch die Reduzierung durch die Bildung des Haldenkerns im Bereich der Anschüttung von Bestandshalde zu Erweiterungsfläche berücksichtigt.

3.4.2.3 Festlegung der Durchlässigkeitsbeiwerte im Bereich der Erweiterung

Für die geplanten Erweiterungsflächen der K+S Minerals and Agriculture GmbH wurde eine mineralische Dichtungsschicht inkl. einer Entwässerungsschicht entwickelt. Die Darstellung des Systems Basisabdichtung ist im Kapitel 5 des Bandes 1.1.1E3 zu finden.

Die Schichtmächtigkeit für die Phase 1 der Haldenerweiterung ist mit mindestens 75 cm in der Gesamtmächtigkeit zugelassen, wobei die obere Dichtungsschicht mindestens 50 cm und die untere mindestens 25 cm aufweist.

Zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes der mineralischen Dichtung wurden Laborversuche durchgeführt (siehe Band 3.29.1N2: „Nachweise für das System Basisabdichtung im Pilotvorhaben Zielitz“). Die Laborversuche haben belegt, dass Durchlässigkeitsbeiwerte $k_f \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s langzeitsicher eingehalten werden.

Dieser Aufbau einer zweilagigen, insgesamt 75 cm starken mineralischen Dichtung wurde im Rahmen der Phase 1 umgesetzt und die Einhaltung aller Qualitätsanforderungen zur Dichtung mit dem QMP nachgewiesen. Für die Phase 2 wurde abweichend eine Einbaustärke von 55 cm (- 2/+ 4 cm) und in beiden Lagen ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \leq 3 \cdot 10^{-10}$ m/s beantragt. Im gegenständlichen Rahmenbetriebsplan zur Phase 3 (4. Planänderung) werden zwei Varianten des Systems Basisabdichtung zur Zulassung gestellt. Die Variante 1 mit einer Mächtigkeit der Dichtungsschicht von 55 cm zzgl. einer 30 cm mächtigen flächenhaften Entwässerungsschicht entspricht dem Antragsgegenstand der Phase 2. Bei der Variante 2 werden bei sonst vergleichbarem Grundkonzept des Schichtenaufbaus zur Variante 1 alternative Additive eingesetzt. Beide Varianten sind hinsichtlich ihrer projektspezifischen Eignung und Dichtigkeit zu dem in Phase 1 umgesetzten System gleichwertig. Im Band 1.1.1E3 ist die Gleichwertigkeit der beiden Systeme nachgewiesen und gutachterlich bestätigt (Anlage 10). Das System mit 55 cm Gesamtmächtigkeit wird in der folgenden Darstellung auch für die mineralische Dichtung der Phase 3 angenommen.

Im Rahmen der weiteren ortskonkreten Genehmigungsplanung werden die Haldenwasserfassungssysteme, bestehend aus einer flächenhaften Entwässerungsschicht inkl. linienförmiger Entwässerungselemente und haldenexternen Fassungssystemen konkretisiert. Die flächige Entwässerungsschicht (FES) übernimmt die Hauptentwässerungsfunktion. Bestimmend für deren Wirksamkeit ist ihre Durchlässigkeit, da diese die Aufstauhöhe bestimmt. Die linienhaften EE haben im Entwässerungssystem im Wesentlichen eine unterstützende/ verbessernde Funktion, die sich vor allem auf die Spüloption bezieht.

Das Entwässerungssystem ist so konzipiert, dass ein regelmäßiges Monitoring und ggf. Instandsetzungsarbeiten der haldenexternen Entwässerungssysteme ermöglicht werden. Weiterhin besteht bei den linienförmigen Entwässerungselementen die Möglichkeit, Inkrustationen in den klimabeeinflussten Randbereichen der Entwässerungselemente mittels Spülrohr zu entfernen und die hydraulische Wirksamkeit wieder herzustellen. Die auflastbedingten Verformungen im Haldenvorland werden durch den Einsatz des kombinierten Schüttverfahrens und einer angepassten Böschungsgeometrie auf ein für das System Basisabdichtung verträgliches Maß verringert. Durch die geeignete Anbindung des

Haldenrandgrabens an die mineralische Dichtung wird eine dauerhafte Funktion des Systems im Haldenvorfeld sichergestellt.

3.4.2.4 Zusätzliches Dargebot aus dem Bereich der Anschüttung oberhalb der hydraulischen Trennung

In den Bereichen der Anschüttung der oberen Schüttscheibe der jeweiligen Phasen 1 bis 3 oberhalb der hydraulischen Trennung bzw. des Haldenkerns zwischen Bestandshalde und Haldenerweiterung, wird das restfeuchtebedingte Dargebot dem niederschlagsbedingten Dargebot für die Ermittlung der Restinfiltration zugerechnet. Vom Gesamtdargebot von 82.250 m³/a (siehe Anhang des Bandes 3.13.3N3) entfällt hierbei ein Anteil von 51,5 % (42.886 m³/a) auf die Fläche der Phase 1, ein Anteil von 7,6 % (6.307 m³/a) auf die Fläche der Phase 2 und ein Anteil von 40,9 % (34.057 m³/a) auf die Fläche der Phase 3. Hieraus ergibt sich ein spezifisches Dargebot für die Phase 1 von 156 mm/a, für die Phase 2 von 58 mm/a und für die Phase 3 von 138 mm/a.

3.4.2.5 Festlegung des hydraulischen Gradienten für die Erweiterung

Für die Berechnung der Restinfiltration im Bereich der Erweiterungsfläche ist die Abschätzung des äquivalenten hydraulischen Gradienten notwendig. Hierbei wird im Gegensatz zum bisherigen Berechnungsansatz bei der Phase 1 der Erweiterung dieser äquivalente hydraulische Gradient für die Erweiterungsfläche statt wie bisher nur für den hydraulisch aktiven Bereich der Mantel- und Übergangszone angesetzt. Im Bereich der Anschüttung der Erweiterung an die Bestandshalde wird bei der Ermittlung der Restinfiltration die Ausbildung eines Haldenkerns rechnerisch wirksam angesetzt (siehe Kapitel 3.4.2.2 und Anhang zu Band 3.13.3N).

Die Berechnung der potentiellen Einstauhöhe erfolgt in Anlehnung an die GDA E 2-20 für ein hydrologisches Durchschnittsjahr mit einem korrigierten Gebietsniederschlag des DWD von $N = 815$ mm. Die Verdunstung wurde im Rahmen der Berechnung vernachlässigt. Das zusätzliche Dargebot aus dem Bereich der Anschüttung von 156 mm/a für die Phase 1, 58 mm/a für die Phase 2 und 138 mm/a für die Phase 2 wurden ebenfalls bei der Ermittlung des Dargebots für die Berechnung des Aufstaus berücksichtigt (siehe Kap. 3.4.2.4). Der Aufsalzungsfaktor zur Volumenausdehnung bei Aufsättigung des Niederschlages beim Kontakt mit dem Salz wurde mit 1,11 angesetzt. Die Ermittlung der potentiellen Einstauhöhe in der flächigen Entwässerungsschicht oberhalb der Dichtungsschicht erfolgt hierbei nach dem Berechnungsansatz von LESAFFRE (GDA E 2-20). Der Ansatz von LESAFFRE wurde gewählt, da im Bereich der jeweiligen Entwässerungselemente (HRG bzw. EEÜ) aufgrund der höheren Durchlässigkeit ein zügiger Abfluss des Haldenwassers erfolgt. Im Bereich unmittelbar davor auf der Basisabdichtung geht der Einstau gegen Null. Neben der Ermittlung der Einstauhöhen nach LESAFFRE wurde auch der Ansatz nach SCHMID geprüft. Auch hier ergeben sich vergleichbare Einstauhöhen. Im Übrigen stellen die aus den GDA E2-20 ergebenden Einstauhöhen, sowohl nach LESAFFRE als auch nach SCHMID, die maximalen Werte für den betrachteten Fließabschnitt dar. Sie werden in unseren Nachweisen mit konservativem Ansatz pauschal für den gesamten betrachteten Fließabschnitt angenommen. Der Ansatz ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

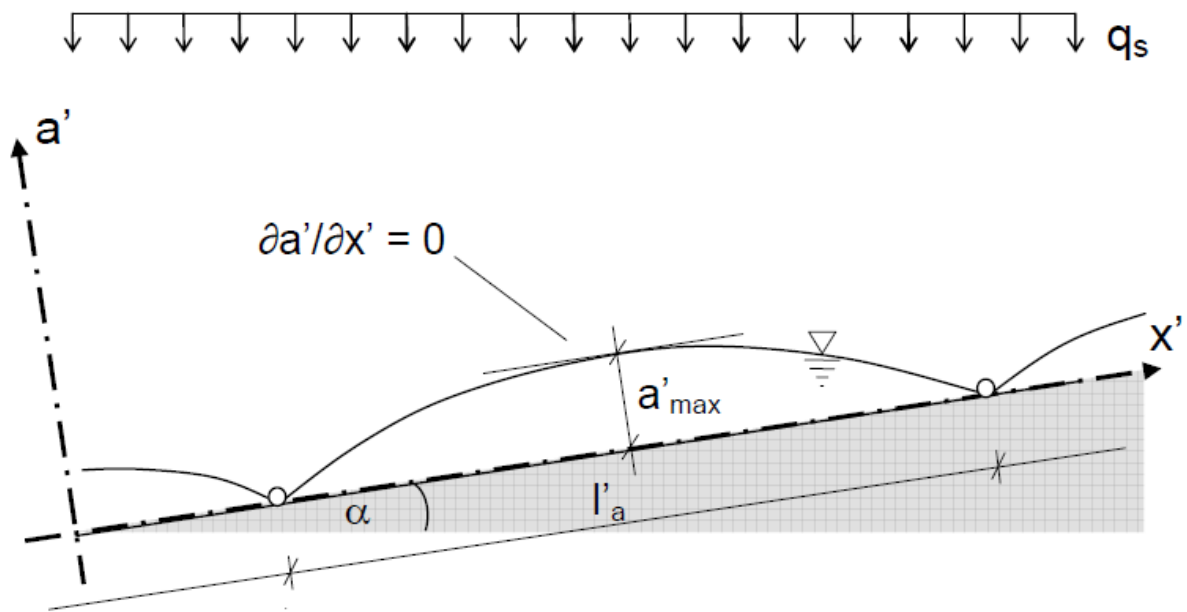


Abbildung 2: Abfluss auf geneigter, undurchlässiger Sohle- Definitionsskizze für den Berechnungsansatz nach LESAFFRE (GDA E2-20)

Die Errechnung der potentiellen, maximalen Einstauhöhe auf der Haldenbasis erfolgt nach folgender Formel:

$$\frac{l'_a}{a'_{max}} = \left(\frac{4 * k_x}{q_s} + \left(\frac{k_x}{q_s} - 1 \right)^2 * (\tan \alpha)^2 \right)^{1/2}$$

a'_{max} : potentielle Einstauhöhe in m

l'_a : Systemlänge in m

k_x : Durchlässigkeitsbeiwert der Entwässerungs-/Dränageschicht in x-Richtung in m/s

q_s : Dränspende in m/s

α : Sohlgefälle in °

Die Ermittlung der Systemlängen und der Sohlgefälle erfolgt anhand eines digitalen Geländemodells des Untergrundes (Phase 2 und Phase 3) bzw. des profilierten Untergrundes im Bereich der Erweiterungsfläche unter Einbeziehung der in den einzelnen Bereichen ortskonkret errichteten Entwässerungselemente (Phase 1) bzw. bereits beplanter Entwässerungselemente (Phase 2 und 3). Folgende Unterteilung in Teileinzugsgebiete wurde für die Berechnung vorgenommen:

- Phase 1, Bauabschnitt A1
- Phase 1, Bauabschnitt A2+3
- Phase 1, Bauabschnitt A4+5
- Phase 2
- Phase 3, Fläche 5

- Phase 3, Fläche 6
- Phase 3, Fläche 7
- Phase 3, Fläche 8

Die Ergebnisse der Fließanalyse inkl. der Systemlängen und Sohlgefälle sowie die Lage der einzelnen Entwässerungsflächen sind in der Anlage 9 dargestellt. Der Berechnungsansatz für die Phase 1 berücksichtigt die tatsächlichen ortskonkreten Gefälleverhältnisse der Teilabschnitte. Demgegenüber wurde für die Phase 2 und 3 die aktuelle Gefällesituation angesetzt. Maßgeblich ist daher für die Phase 2 und 3 der in Anlage 9 dargestellte Fließweg mit der ungünstigsten Gefällesituation. Der angesetzte Wert ist konservativ, da im Zuge der weiteren Flächenplanung der Bereich der Phase 2 profiliert wird und Entwässerungselemente zur Verkürzung der Fließwege vorgesehen sind (vgl. Band 1.1.1E3).

In der nachfolgenden Tabelle sind die Parameter für die einzelnen Bereiche der Erweiterungsfläche aufgeführt:

Tabelle 2: Systemlänge und Sohlgefälle im Bereich der Erweiterungsfläche

Parameter	Einheit	Schnitt							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Ph. 1; BAA1	Ph. 1, BAA2 + BAA3	Ph. 1, BAA4 + BAA5	Ph. 2	Ph. 3, Fl. 5	Ph. 3, Fl. 6	Ph. 3, Fl. 7	Ph. 3, Fl. 8
Systemlänge	m	208,2	196,3	120,0	189,0	235,2	210,0	163,1	163,2
Hochpunkt	m	345,1	347,1	343,0	353,0	355,6	355,6	355,4	355,4
Tiefpunkt	m	335,4	332,9	324,5	350,8	352,4	353,1	352,7	353,7
Sohlgefälle	-	0,047	0,073	0,154	0,012	0,014	0,012	0,017	0,010
	°	2,67	4,15	8,76	0,68	0,79	0,67	0,95	0,59

Die Dränspende q_s errechnet sich nach folgender Formel:

$$q_s = \frac{(N - V) * F_{Aufsalz}}{1000 * 365 * 24 * 3600} = 2,87 * 10^{-8} \text{ m/s}$$

Der Durchlässigkeitsbeiwert der flächigen Entwässerungsschicht (FES) wird konservativ als dauerhaft mit $1 * 10^{-2}$ m/s (nachgewiesen wurde in Laborversuchen an der TU-Braunschweig $1 * 10^{-1}$ m/s; siehe Band 1.1.1E3, Anlage 6) angenommen. Die Mächtigkeit der Entwässerungsschicht wurde für die Phase 1 mit 50 cm und für die Phase 2 und 3 mit 30 cm angesetzt. Der Durchlässigkeitsbeiwert der mineralischen Dichtung liegt für die Phase 1 bei $k_f \leq 5 * 10^{-10}$ m/s (für $i = 30$) und die Dicke d beträgt 0,75 m. Für die Phase 2 und

3 wurden die Berechnung für 55 cm und $k_f \leq 3 \cdot 10^{-10}$ m/s durchgeführt. Aus der Berechnung ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellten Einstauhöhen.

Aus diesen Eingangsdaten errechnet sich die in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellte potentielle Einstauhöhe a'_{max} auf der Haldenbasis nach folgender Formel:

$$a'_{max} = \frac{l'_a}{\sqrt{\left(\frac{4 \cdot k_x}{q_s}\right) + \left(\frac{k_x}{q_s} - 1\right)^2 \cdot (\tan \alpha)^2}}$$

a'_{max} : potentielle Einstauhöhe in m

l'_a : Systemlänge in m

k_x : Durchlässigkeitsbeiwert der Entwässerungs-/Dränageschicht in x-Richtung in m/s

q_s : Dränspende in m/s

α : Sohlgefälle in °

Aus diesem Einstau errechnet sich ein äquivalentes, hydraulisches Gefälle nach folgender Formel:

$$i = \frac{h_E}{d}$$

i : hydraulisches Gefälle

h_E : Einstauhöhe in m

d : Höhe der mineralischen Dichtung in m

Tabelle 3: Einstauhöhen, hydraulische Gradienten und spezif. Restinfiltration

Parameter	Einheit	Schnitt							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Ph. 1; BAA1	Ph. 1, BAA2 + BAA3	Ph. 1, BAA4 + BAA5	Ph. 2	Ph. 3, Fl. 5	Ph. 3, Fl. 6	Ph. 3, Fl. 7	Ph. 3, Fl. 8
Einstauhöhe	m	0,015	0,009	0,003	0,047	0,055	0,058	0,032	0,050
Hydraulischer Gradient	-	0,020	0,012	0,004	0,086	0,100	0,105	0,058	0,091
Spezifische	$\frac{m^3}{(ha \cdot a)}$	3,2	1,9	0,6	8,1	9,5	9,9	5,5	8,6

Parameter	Einheit	Schnitt							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Ph. 1; BAA1	Ph. 1, BAA2 + BAA3	Ph. 1, BAA4 + BAA5	Ph. 2	Ph. 3, Fl. 5	Ph. 3, Fl. 6	Ph. 3, Fl. 7	Ph. 3, Fl. 8
Restinfiltration									

Die höhere Einstauhöhe im Bereich der Phase 1 und Phase 2 im Vergleich mit der Werten des Bandes 1.3N2 des Antrags für die Phase 2 (Stand 08/2021) ergibt sich aufgrund des zusätzlichen Dargebots aus dem Anschüttungsbereich (siehe Kap. 3.4.2.4).

Da im Bereich der Phase 3 die definierten Teileinzugsflächen nicht mit den Beschüttungsabschnitten übereinstimmen, wird im Rahmen der Berechnung für die Beschüttungsabschnitte ein flächengewichtetes Mittel für die spezifische Restinfiltration ermittelt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 4: flächengewichtete, spezifische Restinfiltration für die Abschnitte der Phase 3 (ohne Haldenvorfeld)

Parameter	Einheit	Schnitt			
		5	6	7	8
Fläche Abschnitt C1	ha	-	1,06	1,54	-
Flächengewichtete spezifische Restinfiltration	$\frac{m^3}{(ha * a)}$	7,3			
Fläche Abschnitt 1	ha	-	1,24	4,28	-
Flächengewichtete spezifische Restinfiltration	$\frac{m^3}{(ha * a)}$	6,5			
Fläche Abschnitt 2	ha	3,23	1,85	0,66	2,46
Flächengewichtete spezifische Restinfiltration	$\frac{m^3}{(ha * a)}$	9,0			
Fläche Abschnitt 3	ha	3,72	0	0	4,38
Flächengewichtete spezifische Restinfiltration	$\frac{m^3}{(ha * a)}$	8,9			

Die Anwendbarkeit des o.g. Ansatzes für die Ermittlung des hydraulischen Gradienten wird im Gutachten des Geotechnischen Büros Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann (siehe Anlage 16)

dargelegt. Entsprechend der gutachterlichen Bewertung gilt der Ansatz $i = (h+d)/d$ ausschließlich für Gleichwertigkeitsbetrachtungen mineralischer Dichtungsschichten. Er berücksichtigt ausschließlich das Gravitationspotenzial, vernachlässigt aber den materialspezifisch vorhandenen Matrixwiderstand. Die am Dichtungsmaterial der Haldenerweiterung Hattorf Phase 1 durchgeführten Untersuchungen bestätigen jedoch widerspruchsfrei, dass für den Gradienten i der Ansatz $i = h/d$ zu wählen ist, d.h. dass spätestens bei einer Überstauhöhe $h = 0$ der Auslauf an der Unterseite der Probe gegen Null geht, d.h. die Durchströmung der Probe bzw. die Durchströmung der zu betrachtenden Dichtung zum Erliegen kommt.

3.4.3 Berechnung der Gesamtsalzfracht

Zur Ermittlung der Gesamtsalzfrachten werden die Daten der Haldenwasserzusammensetzung aus den bisherigen Analysewerten am Standort entnommen. Danach handelt es sich um eine hochkonzentrierte Salzlösung mit durchschnittlich ca. 362 g/l gelösten Salzen. Die Dichte liegt zwischen 1,20 und 1,26 g/cm³.

Aus dieser Gesamtsalzfracht und der diffusen spezifischen Restinfiltration ergibt sich dann eine spezifische Gesamtsalzfracht für die Erweiterungsfläche und das Haldenvorfeld.

Die Berechnung der flächenspezifischen Gesamtsalzfracht F_{Salz} erfolgt nach folgender Gleichung:

$$F_{\text{Salz}} = RI * c_{\text{Salz},\emptyset}$$

RI : spezifische Restinfiltration in m³/(ha*Monat)

$c_{\text{Salz},\emptyset}$: spezifische Gesamtsalzfracht in kg/m³

Nach Multiplikation mit den einzelnen Flächenanteilen ergeben sich die jeweiligen Gesamtfrachten durch die Bildung der Summe der Einzelwerte. Die Jahreswerte (bezogen auf das Ende des jeweiligen Jahres) sind in der Anlage 11 dargestellt.

3.4.4 Darstellung der Berechnungsergebnisse der Restinfiltration im Bereich der Aufstandsflächen von Bestandshalde und Haldenerweiterung

Im Ergebnis der Berechnungen ergeben sich für die einzelnen Haldenflächen der Bestandshalde, der Phase 1, Phase 2 und der Phase 3 die in der nachfolgenden Abbildung dargestellten Restinfiltrationen bei vollständiger Beschüttung der Bestandshalde sowie der Haldenerweiterungsflächen Phase 1, Phase 2 und Phase 3.

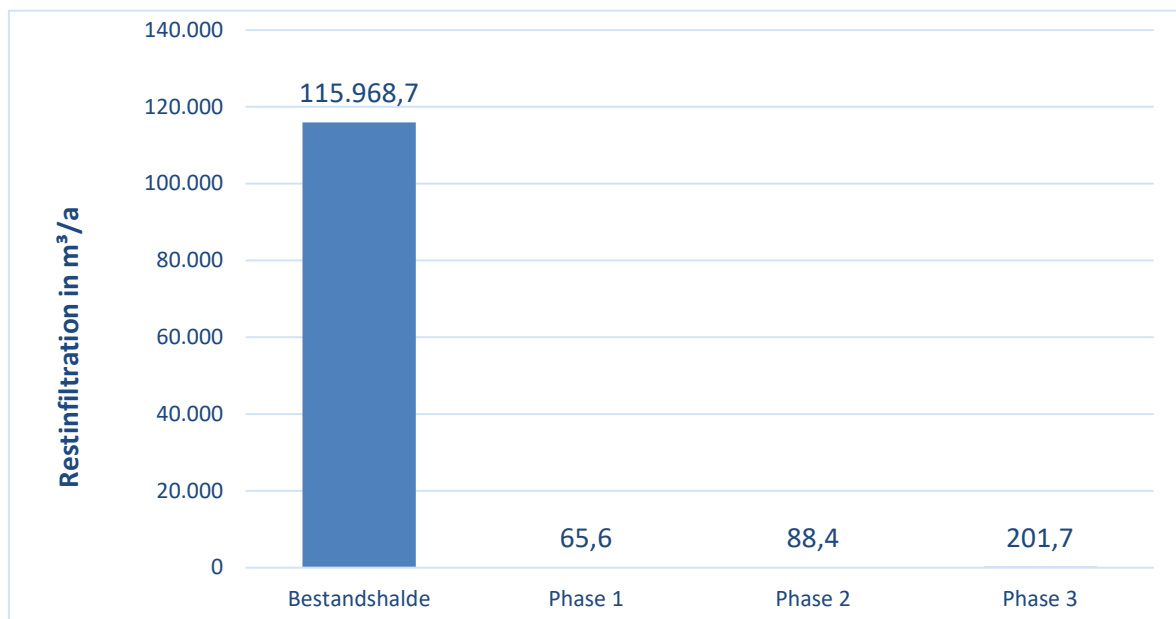


Abbildung 3: Berechnungsergebnisse der Restinfiltration für die Bestandshalde, die Haldenerweiterung Phase 1, Phase 2 und Phase 3

Im Bereich der Bestandshalde ergibt sich eine Gesamtrestinfiltration von ca. 116.000 m³/a. Im Bereich der Phase 1 ergibt sich bei einer Mächtigkeit der Basisabdichtung von 75 cm und einem Durchlässigkeitsbeiwert von $5 \cdot 10^{-10}$ m/s nach vollständiger Belegung der Aufstandsfläche von 27,5⁴ ha eine Restinfiltration von ca. 66 m³/a. Im Bereich der Phase 2 (ca. 10,9 ha⁵) ergibt sich bei einer Mächtigkeit der Basisabdichtung von 55 cm und einem Durchlässigkeitsbeiwert von $3 \cdot 10^{-10}$ m/s nach vollständiger Belegung der Aufstandsfläche eine Restinfiltration von ca. 88 m³/a und im Bereich der Phase 3 (ca. 24,5 ha⁶) von ca. 202 m³/a⁷. Die höhere Restinfiltration im Bereich der Phase 1 und Phase 2 im Vergleich mit der Werten des Bandes 1.3N2 des Antrags zur Haldenerweiterung Phase 2 (Stand 08/2021) ergibt sich aufgrund des zusätzlichen Dargebots aus dem Anschüttungsbereich (siehe Kap. 3.4.2.4), welches zu einer höheren Restinfiltration führt. Der Unterschied der Restinfiltration der Phase 3 zu den im Anhang des Bandes 3.13.3N3 angegeben ergibt sich durch einen geringfügigen Unterschied bei der Ermittlung der Teileinzugsflächen (Fläche 5 bis 8).

Sowohl die flächenspezifische als auch die Gesamtrestinfiltration der Phasen 2 und 3 ist höher als die der Phase 1. Dies ist dadurch bedingt, dass für die Phase 2 und 3 der in Anlage 9 dargestellte Fließweg mit der ungünstigsten Gefällesituation zugrunde gelegt

⁴ Berücksichtigung haldennahe Infrastruktur (Haldenvorfeld)

⁵ Berücksichtigung haldennahe Infrastruktur (Haldenvorfeld)

⁶ Berücksichtigung haldennahe Infrastruktur (Haldenvorfeld)

⁷ Der Unterschied zur Restinfiltration, die im Band 3.13.3N3 angegeben ist, ergibt sich durch einen geringfügigen Unterschied bei der Ermittlung der Teileinzugsflächen.

wurde. Es handelt sich somit um einen konservativen Ansatz in der Berechnung der Restinfiltration der Phase 2 und 3. Im Zuge der weiteren Flächenplanung wird der Bereich der Phase 2 und 3 profiliert, zudem sind Entwässerungselemente zur Verkürzung der Fließwege vorgesehen (siehe Anlage 8N Band 1.1E3). Dies führt zu einer Verringerung der rechnerisch ermittelten Restinfiltration, die bei der Berechnung noch nicht berücksichtigt wurde.

Ausgehend von der Restinfiltration ergeben sich die in der nachfolgenden Abbildung dargestellten Salzfrachten.

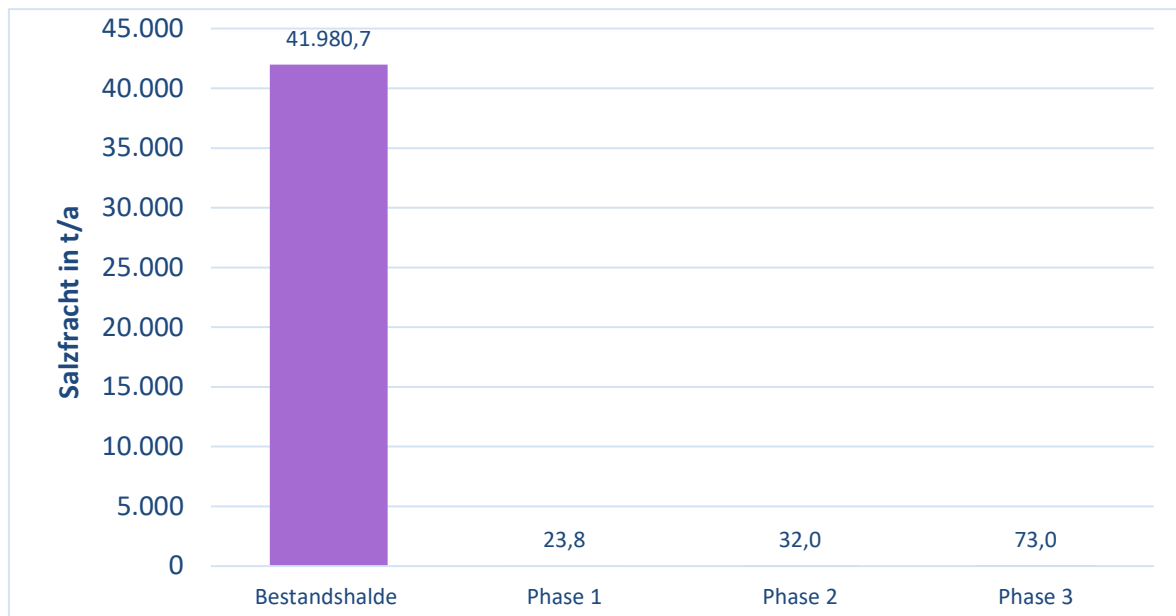


Abbildung 4: Berechnungsergebnisse der Salzfracht für die Bestandshalde, die Haldenerweiterung Phase 1, Phase 2 und Phase 3

Hierbei ergibt sich für die Bestandshalde eine Salzfracht von ca. 42.000 t/a und im Bereich der Phase 1 bei einer Mächtigkeit der Basisabdichtung von 75 cm und einem Durchlässigkeitsbeiwert von $5 \cdot 10^{-10}$ m/s von 24 t/a. Im Bereich der Phase 2 ergibt sich bei einer Mächtigkeit der Basisabdichtung von 55 cm und einem Durchlässigkeitsbeiwert von $3 \cdot 10^{-10}$ m/s nach vollständiger Belegung eine Salzfracht von 32 t/a und im Bereich der Phase 3 von 73 t/a.

3.4.5 Eintrag aus dem Anschüttungsbereich der Haldenerweiterung in die Bestandshalde

Im Rahmen der Anschüttung der unteren Schütteebe der Phase 3 an die Bestandshalde führt ein Teil des im Rückstand enthaltenen freien Wassergehaltes zu einer lokalen Erhöhung der Restinfiltration der Bestandshalde (siehe Anhang Band 3.13.3N3).

Hieraus ergibt sich eine Restinfiltration aus der Anschüttung an die Bestandshalde von in Summe 44.783 m³ verteilt auf die Jahre 2025 bis 2030. Jährlich ergibt sich damit eine restfeuchtebedingte Wassermenge von 7.464 m³/a. Durch die Ausbildung des Haldenkerns mit vollständiger Belegung der unteren Schüttscheibe entfällt dieser Beitrag in den

Folgejahren. Die Restfeuchte aus der Anschüttung der oberen Schüttebene im Bereich der Phasen 1 bis 3 geht als zusätzliches Dargebot in die Ermittlung der Restinfiltration auf den Erweiterungsflächen Phase 1 bis 3 ein (siehe Kap. 3.4.2.4).

4. Aufstellung der spezifischen Haldenwasserbilanzgleichung

Ausgehend von der in Kap. 2 beschriebenen allgemeinen Haldenwasserbilanz wird mit Hilfe der zuvor beschriebenen Festlegungen zu den einzelnen Parametern eine standortspezifische Haldenwasserbilanz entwickelt.

Der Gesamthaldenwasseranfall ergibt sich aus dem berechneten Haldenwasseranfall, der auf der bereits beschütteten Haldenfläche anfällt, und dem Haldenwasseranfall der innerhalb eines Jahres beschütteten Haldenfläche.

Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$HWA = (N - E) * F_{Aufsalz} * A + WG_{frei} - RI + Q_{UW} - HWA_{Min}$$

HWA: Haldenwasseranfall in m³/a

N: Niederschlag in m³/(ha*a)

E: Evaporation des Niederschlags in m³/(ha*a)

F_{Aufsalz}: Aufsalzungsfaktor

A: Aufstandsfläche der Rückstandshalde in ha

WG_{frei}: Freies Wasser der jährlich anfallenden Rückstandsmenge in m³/a

RI: Restinfiltration der mineralischen Dichtung in m³/a

Q_{UW}: Zufluss vom Umfahrungsweg in m³/a

HWA_{Min.}: Minimierungspotential des Haldenwasseranfalls in m³/a

Aus dieser Berechnung ergibt sich mit den in Kapitel 3 beschriebenen Parametern dann der jährliche Haldenwasseranfall für das jeweilige Jahr in m³/a.

Abgezogen wird davon der Haldenwasseranfall, der durch die Errichtung des Polders auf dem Haldentop bzw. der Topabdeckung gefasst wird und somit nicht zum Haldenwasseranfall beiträgt (HWA_{Min.}) (siehe Kap. 5.2.2 und 5.3)

Die Berechnung mittels der spezifischen Haldenwasserbilanzgleichung erfolgt jeweils für das im Kapitel 3.1 beschriebene meteorologische Jahr.

5. Sickerwasserminimierungsmaßnahmen

5.1 Hydraulische Trennung von Bestandshalde und Erweiterung

5.1.1 Beschreibung der hydraulischen Trennung

Um vorhabensbedingte Sickerwassereinträge aus der Anschüttung der Haldenerweiterung an die Bestandshalde zu verhindern, wird in der Phase 1 und 2 der Haldenerweiterung

diese hydraulisch von der Bestandshalde getrennt. Dies wird durch eine Kunststoffdichtungsbahn (KDB) erreicht, welche im Böschungsbereich der Anschüttung aufgebracht wird. Die Einzelheiten zum Vorhabensbestandteil einer hydraulischen Trennung sind für die Phase 1 im Band 1.1.1E „Technisches Konzept“ des zugelassenen Rahmenbetriebsplans (Stand 15.05.2018), für die Phase 2 in Band 1.1.1E2 „Technisches Konzept“ der Antragsunterlage zur Phase 2 (Stand 08/2021) ausführlich beschrieben. Bei der Umsetzung der Phase 3 wurde auf die Errichtung einer hydraulischen Trennung verzichtet, da belegt wurde, dass sich im Anschüttungsbereich zwischen Bestandshalde und Haldenerweiterung ein hydraulisch inaktiver Haldenkern ausbildet (siehe Kap. 3.4.2.2 und Band 1.1.1E3).

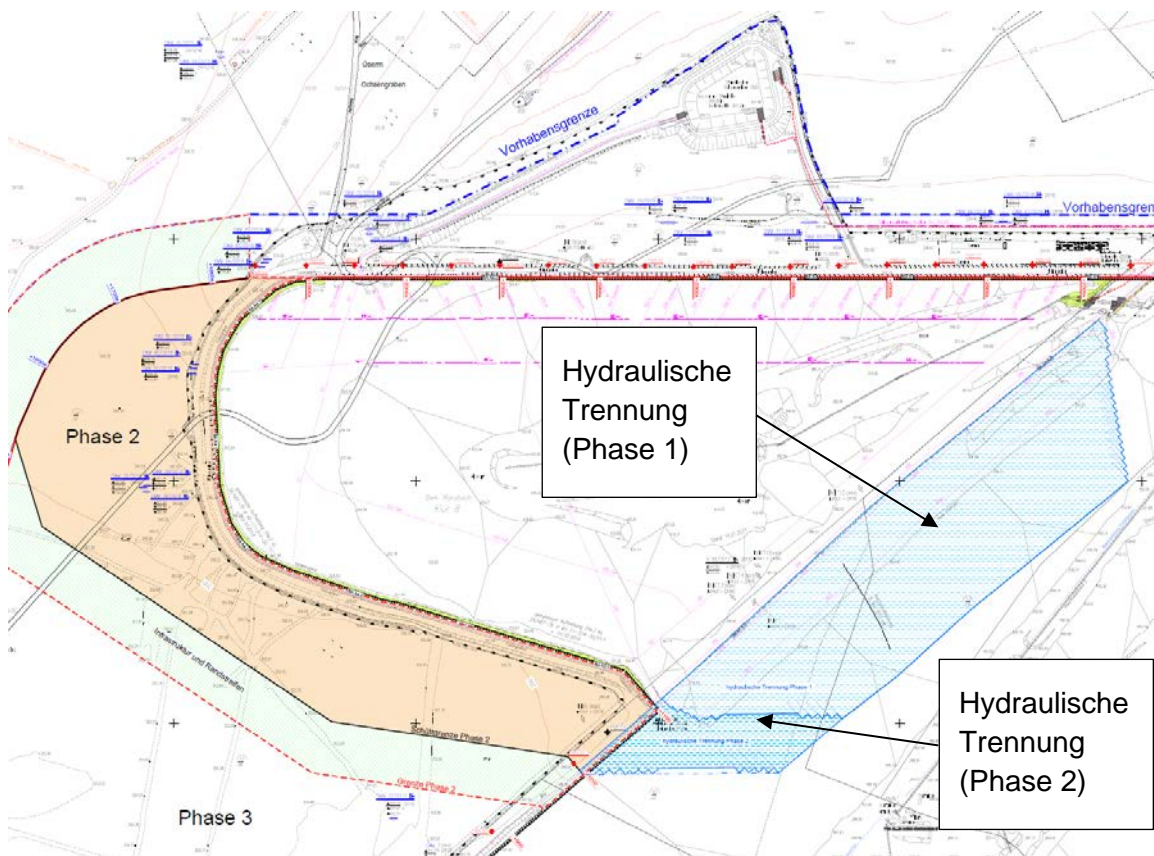


Abbildung 5: schematische Darstellung der Fläche der hydraulischen Trennung als Grundlage für die Ermittlung der Haldenwasserbilanz

5.1.2 Berechnungsmodell⁸ zur Reduzierung der Restinfiltration der Bestandshalde durch die hydraulische Trennung

Wie im vorherigen Kapitel dargestellt, erfolgt mit Beschüttung der Phase 1 und 2 die sukzessive Errichtung der hydraulischen Trennung zwischen der Bestandshalde und der Erweiterung. Während der Beschüttung der Erweiterungsfläche (Phase 1 und 2) wird über die hydraulische Trennung eine Versickerung in den Untergrund im Anschüttungsbereich der Haldenerweiterung an die Bestandshalde verhindert (siehe Band 3.12.2E3 sowie Anhang zu Band 3.13.3N). Das oberhalb der hydraulischen Trennung anfallende Haldenwasser wird am Fuß der hydraulischen Trennung im ertüchtigten Haldenrandgraben gefasst. Das gefasste Haldenwasser wird dem Haldenwasseranfall der Erweiterungsfläche zugerechnet.

Um die Reduzierung der Restinfiltration für die Bestandshalde zu ermitteln, wurde zunächst die auf den Untergrund projizierte Fläche der durch die KDB abgedeckten Flanke bestimmt. Hierbei ergibt sich für die Phase 1 eine Fläche von 8,0 ha und für die Phase 2 eine Fläche von 1,7 ha. Für diese Flächen ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Reduzierungen der Restinfiltration im Bereich der Bestandshalde. Die ortskonkrete Umsetzung der Reduzierungswirkung im numerischen Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodell wird im Anhang zu Band 3.13.3N beschrieben.

Tabelle 4: jährliche Reduzierung der Restinfiltration der Bestandshalde durch die hydraulische Trennung

Zeitraum [a]	Reduzierung Restinfiltration Bestandshalde [m³/a]		
	Phase 1	Phase 2	Summe
2021	2.477	-	2.477
2022	6.024	-	6.024
2023	6.597	351	6.948
2024	6.597	1.097	7.694
2025-2054	6.597	1.395	7.992
2055-2070	5.578	1.179	6.757

Die kompensierende Wirkung der hydraulischen Trennung verringert sich ab 2055, da sich ab diesem Zeitpunkt auch die Restinfiltration der Bestandshalde verringert. Die Restinfiltration für den Zeitraum ab 2055 bis 2070 wird nur noch aus dem Niederschlag

⁸ Berechnungsansatz aus 1. Änderung des Planfeststellungsbeschlusses vom 10.10.2018 (Az.: 34 HEF 76 d 40-11-314-30/717) - Temporärer Verzicht auf die Errichtung weiterer Polder auf dem Haldentop der Bestandshalde Hattorf vom 07.05.2021

gebildet, da das verzögerte Abfließen des freien Haldenwassers vollständig abgeschlossen ist (siehe Anhang Band 3.13.3N).

5.2 Polder auf dem Haldentop bzw. Topabdeckung der Bestandshalde

5.2.1 Beschreibung des Polders bzw. Topabdeckung der Bestandshalde

Zur Reduzierung des niederschlagsbedingten Haldenwasseranfalls und der Restinfiltration wurde im Mai 2019 im Rahmen der Beschüttung der Phase 1 im Bereich der Plateaufläche der Bestandshalde Hattorf bis zur Errichtung der endgültigen Oberflächenabdeckung ein kunststoffgedichtetes Polderbecken mit einer Fläche von ca. 1 ha errichtet (siehe SBP HA-07/18, Zulassung vom 15.10.2018, AZ. 34/HEF – 76 d 40-11-314 60/8).

Weiterhin ist eine Topabdeckung der Bestandshalde auf einer Fläche von 6,5 ha vorgesehen, die die Fläche des Pilotpolders bereits umfasst. Die dauerhafte Abdeckung der Bestandshalde beginnt im Jahr 2022. In den folgenden Berechnungen wird eine Wirksamkeit ab 2023 unterstellt. Im Jahr 2025 wird mit einer vollständigen Wirksamkeit der Topabdeckung gerechnet.

Die Lage des Pilotpolders auf dem Haldentop der Bestandshalde ist in der Anlage 1 des Bandes 1.1E3 dargestellt.

5.2.2 Minimierungspotential des Haldenwasseranfalls des errichteten Polderbeckens auf dem Haldentop bzw. der Topabdeckung

Für die Ermittlung des Minimierungspotentials des Polderbeckens auf dem Haldentop bzw. der Topabdeckung wurden die Haldenwassermengen ermittelt, die durch die Errichtung des Polders bzw. der Topabdeckung vermieden werden können. Die Berechnung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$HWA_{Pol/Top,Min} = N * F_{Aufsalz} * A$$

$HWA_{Pol/Top, Min}$: Minimierungspotential des Haldenwasseranfalls in m³/a

N: Niederschlagswert in m³/(ha*a)

$F_{Aufsalz}$: Aufsalzungsfaktor

A: Fläche des Polderbeckens bzw. der Topabdeckung in ha

Die Verdunstung aus dem Polderbecken bzw. von der Topabdeckung wurde im Rahmen der Berechnung nicht berücksichtigt. In der nachfolgenden Tabelle ist das Minimierungspotential für den Haldenwasseranfall zusammengestellt.

Tabelle 5: jährliche Reduzierung des Haldenwasseranfalls der Bestandshalde durch das errichtete Polderbecken und die geplante Topabdeckung

Zeitraum [a]	Minimierungspotential Haldenwasseranfall [m³/a]
2019-2022	9.047
2023	13.570
2024	36.186
2025-2070	58.802

5.2.3 Berechnungsmodell zur Bestimmung des Minimierungspotentials der Restinfiltration durch den bereits errichteten Polder auf dem Haldentop bzw. die geplante Topabdeckung der Bestandshalde⁹

Zur Berechnung des Anteils, um den die Restinfiltration im Bereich der Bestandshalde durch die Errichtung des Polders auf dem Haldentop bzw. der Topabdeckung reduziert wird, wird ein Vergleich der für die Bildung von Sickerwasser wirksamen Flächen herangezogen. Durch die Errichtung kommt es zu einer Verminderung des Dargebots und somit auch der Restinfiltration. Die Errichtung des Polders erfolgte im Rahmen der Phase 1 auf einer Fläche von ca. 1,0 ha. Für die Berechnung wurde hierbei konservativ von einer wirksamen Fläche des Polders von 95 % ausgegangen. Im Rahmen der weiteren Abdeckung der Bestandshalde ist nach derzeitigem Kenntnisstand ab 2022 die abschnittsweise Abdeckung des Topbereichs bis 2025 geplant. Hierbei wird in 2023 eine wirksame Fläche von 0,5 ha, in 2024 von insgesamt 3 ha und in 2025 von insgesamt 5,5 ha angesetzt. Bei der dauerhaften Abdeckung wird eine Wirksamkeit von 100% unterstellt

Die Berechnung des Minimierungspotentials erfolgt nach folgender Formel:

$$RI_{Polder} = RI_{spez, Bestand} * A_{Polder} * \eta$$

RI_{Polder} : Minimierungspotential in m³/a

$RI_{spez, Bestand}$: spezifische Restinfiltration in m³/a

A_{Polder} : Fläche des Polders in ha

η : wirksame Fläche in %

Im Ergebnis ergibt sich hierbei das jeweilige, in der nachfolgenden Tabelle dargestellte Minimierungspotential. Die ortskonkrete Umsetzung der Reduzierungswirkung im

⁹ Berechnungsansatz aus Antrag zur 1. Änderung des Planfeststellungsbeschlusses vom 10.10.2018 (Az.: 34 HEF 76 d 40-11-314-30/717) - Temporärer Verzicht auf die Errichtung weiterer Polder auf dem Haldentop der Bestandshalde Hattorf vom 07.05.2021

numerischen Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodell wird im Anhang zu Band 3.13.3N beschrieben.

Tabelle 6: jährliche Reduzierung der Restinfiltration der Bestandshalde durch den Pilotpolder bzw. die Topabdeckung

Zeitraum [a]	Minimierungspotential Topabdeckung [m³/a]
	Bestandshalde
2023	1.654
2024	4.578
2025-2039	7.429
2040-2054	7.429
2055-2070	6.282

5.3 Topabdeckung der Erweiterungsfläche

Neben der Topabdeckung auf der Bestandshalde ist nach vollständiger Beschüttung der Erweiterungsfläche auch die Errichtung einer Topabdeckung auf dem Plateau der Erweiterungsfläche auf einer Fläche von ca. 17,7 ha sowie die Topabdeckung des Anschüttungsbereich der Erweiterung an die Bestandshalde auf einer Fläche von ca. 12,3 ha vorgesehen. Insgesamt ergibt sich somit eine Fläche für die Topabdeckung der Erweiterung von ca. 30 ha. In den folgenden Berechnungen wird eine Wirksamkeit der Topabdeckung im Bereich der Anschüttung ab 2040 und eine Wirksamkeit der Topabdeckung für die Erweiterungsfläche ab 2045 unterstellt. Die Berechnung des Minimierungspotentials erfolgt nach folgender Formel:

$$RI_{Topabd.Erw.} = RI_{spez,Phase\ 1-3} * A_{Topabd.}$$

$RI_{Topabd.Erw.}$: Minimierungspotential Topabdeckung, Erweiterung in m³/a

$RI_{spez,Phase\ 1-3}$: spezifische Restinfiltration der jeweiligen Phase 1 bis 3 in m³/a

A_{Polder} : Fläche der Topabdeckung in ha

In der nachfolgenden Tabelle ist das Minimierungspotential zusammengestellt.

Tabelle 7: jährliche Reduzierung der Restinfiltration der Erweiterung durch die Topabdeckung

Zeitraum [a]	Minimierungspotential Topabdeckung [m³/a]				
	Erweiterung			Anschüttungsbereich	Gesamt
	Phase 1	Phase 2	Phase 3		
2040-2044	0	0	0	3.233-	3.233
2045-2054	12	42	62	3.233	3.349
2055-2070	12	42	62	2.878	2.994

Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, führt die Topabdeckung der Erweiterung inkl. des Anschüttungsbereichs in Summe zu einer Verringerung der Restinfiltration von max. 3349 m³/a.

5.4 Darstellung der Berechnungsergebnisse

5.4.1 Restinfiltration

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnung zur Restinfiltration aus dem Kapitel 3.4.4 zusammenfassend dargestellt. Mit Hilfe dieser Zusammenstellung soll die Verbesserung der Gesamtsituation am Standort durch die Sickerwasserminimierungsmaßnahmen im Rahmen der Phase 1,2 und 3 dargestellt werden. Bei der Berechnung der Restinfiltrationen wurde jeweils das Haldenvorfeld mitberücksichtigt (siehe Kap. 3.4.1):

Tabelle 8: **Ergebnisse der Berechnungen zur Restinfiltration der Bestandshalde + Erweiterung¹⁰**

Bezeichnung	Restinfiltration in m³/a	Spezifische Restinfiltration in m³/(ha*a) bzw. mm/a	Gesamt-salz-fracht in t/a	Spezifische Gesamt-salzfracht in t/(ha*a)
Berechnungsergebnisse zur Restinfiltration				
Bestandshalde (Zeitschnitt 2018)	115.969	1230 bzw. 123	41.981	445
Erweiterung Phase 1 (Zeitschnitt Juni 2023)	65,6	2,4 bzw. 0,24	23,8	0,86
Erweiterung Phase 2 (Zeitschnitt Dezember 2024)	88,4	8,1 bzw. 0,81	32,0	2,92
Erweiterung Phase 3 (Zeitschnitt Dezember 2039)	201,7	8,2 bzw. 0,82	73,0	2,96
Verbesserung nach Errichtung der Sickerwasserminimierungsmaßnahmen				
Reduzierung der Restinfiltration an der Bestandshalde durch Sickerwasserminimierungsmaßnahme Polder auf dem Haldentop bzw. Topabdeckung der Bestandshalde nach vollständiger Errichtung (Zeitschnitt 2025)	-7.429	-78,0 bzw. -7,8	-2.689	-28,2
Reduzierung der Restinfiltration an der Bestandshalde durch Topabdeckung des Anschüttungsbereiches der Erweiterung an die Bestandshalde nach vollständiger Errichtung (Zeitschnitt 2040), vorhabenbedingt	-3.233	34,0 bzw. 3,4	-1.170	-12,3
Reduzierung der Restinfiltration auf der Haldenerweiterungsfläche durch deren Topabdeckung	-116	1,8 bzw. 0,18	42,0	0,7

Bezeichnung	Restinfiltration in m³/a	Spezifische Restinfiltration in m³/(ha*a) bzw. mm/a	Gesamtsalzfracht in t/a	Spezifische Gesamtsalzfracht in t/(ha*a)
(Zeitschnitt 2045), vorhabenbedingt				
Reduzierung der Restinfiltration an der Bestandshalde durch Sickerwasserminimierungsmaßnahme hydraulische Trennung (Phase 1, Zeitschnitt 2023)	-6.597	-53,8 bzw. -5,38	-2.388	-86,8
Reduzierung der Restinfiltration an der Bestandshalde durch Sickerwasserminimierungsmaßnahme hydraulische Trennung (Phase 2, Zeitschnitt 2025)	-1.395	-128,1 bzw. -12,8	-505	-46,4
Reduzierung der Restinfiltration an der Bestandshalde durch die Bildung eines Haldenkerns (Zeitschnitt 2031)	-2.403	-25,2	-870	-9,1
Verbesserung der Gesamtsituation am Standort durch Reduzierung der Restinfiltration durch alle Minimierungsmaßnahmen	-21.173 (-18 %)	-	-7.665 (-18 %)	-

Mit Ende der Beschüttung der Bestandshalde in 2018 ergeben sich eine Restinfiltration von ca. 115.969 m³/a (123 mm/a) und eine Gesamtsalzfracht von ca. 41.981 t/a. Nach Abschluss der Beschüttung der Phase 1 ergibt sich im Juni 2023 eine Restinfiltration der Bestandshalde zzgl. der Phase 1 von ca. 116.035 m³/a (95 mm/a) und eine Gesamtsalzfracht von 42.005 t/a. Mit Ende der Beschüttung der Phase 2 im Dezember 2024 beträgt die Restinfiltration ca. 116.123 m³/a (87 mm/a) und die Gesamtsalzfracht ca. 42.037 t/a. Mit Ende der Beschüttung der Phase 3 im Dezember 2039 beträgt die Restinfiltration ca. 116.325 m³/a (74 mm/a) und die Gesamtsalzfracht ca. 42.110 t/a. Als zusätzliche Sickerwasserminimierungsmaßnahme reduziert die Topabdeckung auf der Bestandshalde einschließlich des bereits errichteten Polderbeckens die Restinfiltration um ca. 7.429 m³/a und die Gesamtsalzfracht um ca. 2.689 t/a, sowie die Topabdeckung im Bereich der Anschüttung an die Bestandshalde die Restinfiltration um ca. 3.233 m³/a und die Gesamtsalzfracht um ca. 1.170 t/a. Durch die Topabdeckung der Erweiterungsfläche, die ihre Wirksamkeit nach derzeitigem Kenntnisstand ca. 2045 erreichen wird, wird die Restinfiltration um ca. 116 m³/a und die Gesamtsalzfracht um ca. 42 t/a reduziert. Weiterhin

reduziert die hydraulische Trennung der Phase 1 die Restinfiltration der Bestandshalde nach vollständiger Errichtung um ca. 6.597 m³/a (54 mm/a) und für die Phase 2 zusätzlich um 1.395 m³/a (13 mm/a) und die Gesamtsalzfracht bei der Phase 1 um ca. 2.388 t/a und bei der Phase 2 zusätzlich um ca. 5052 t/a. Durch die Ausbildung des Haldenkerns im Anschüttungsbereich reduziert sich die Restinfiltration ab dem Jahr 2031 zusätzlich um ca. 2.403 m³/a und die Gesamtsalzfracht um weitere ca. 870 t/a.

Somit ergibt sich aufgrund des Vorhabens der Haldenerweiterung am Ende der Phase 3 durch die vorhabenbedingten Minimierungsmaßnahmen der Topabdeckung der Erweiterung und der Anschüttung sowie die Überkompensation aus der hydraulischen Trennung abzüglich der Restinfiltration der dazugehörigen Phase für die Phasen 1 und 2 und die Minimierung durch die Ausbildung eines Haldenkerns eine Verbesserung der Gesamtsituation um ca. 12 % bzw. ca. 13.590 m³/a und für die Gesamtsalzfracht um ca. 4.920 t/a.

5.4.2 Zusammenfassende Darstellung der Berechnungsergebnisse des Haldenwasseranfalls bei Ansatz der Maßnahmen

Unter Einbeziehung des Minimierungspotentials des errichteten Polders bzw. der geplanten Topabdeckung der Bestandshalde, des Anschüttungsbereichs und der Erweiterung, der Wirkung der hydraulischen Trennung und der Ausbildung des Haldenkerns im Anschüttungsbereich berechnen sich die im nachfolgenden Diagramm dargestellten reduzierten Haldenwassermengen für die Bestandshalde, die Phase 1, Phase 2 und die Phase 3 der Erweiterung. Hierbei wurden jeweils die Zeitschnitte dargestellt, an denen die Beschüttung der Bestandshalde (September 2018), der Phase 1 (Juni 2023), der Phase 2 (Dez. 2024) und der Phase 3 (Dez. 2039) vollständig abgeschlossen ist. In den Anlagen 12, 13 und 14 sind hingegen die jährlichen Haldenwassermengen aufgeführt (bezogen auf das Ende des jeweiligen Jahres).

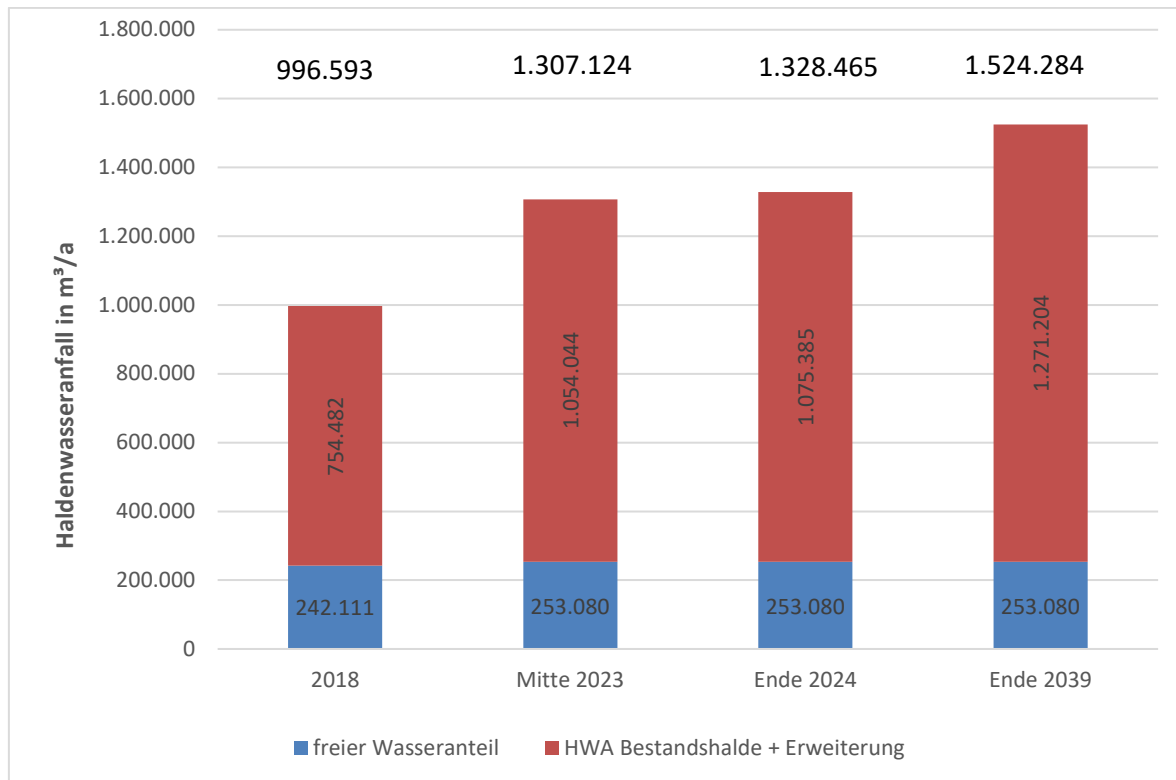


Abbildung 6: Prognostizierter Haldenwasseranfall für Bestandshalde und Erweiterung

Mit vollständiger Beschüttung der Bestandshalde ergibt sich ein Haldenwasseranfall von rd. 996.600 m³/a¹¹. Die Reduzierung des Haldenwasseranfalls der Bestandshalde wird vorhabensbedingt durch die Reduzierungswirkung des Polders bzw. der Topabdeckung im Bereich der Bestandshalde und der Topabdeckung im Bereich der Anschüttung hervorgerufen. Die Abdeckung auf der Erweiterungsfläche trägt zu einer zusätzlichen Minimierung des Haldenwasseranfalls am Standort Hattorf bei. In Summe bewirkt die Abdeckung der Haldenerweiterung (Anschüttung+ Erweiterung) eine Reduzierungswirkung von 271.694 m³/a. Alle Maßnahmen zur Haldenwasserminimierung (Abdeckung Bestandshalde und Haldenerweiterung) haben in Summe eine Reduzierungswirkung von 330.496 m³/a. Mit vollständiger Beschüttung der Phase 1 (Juni 2023) ergibt sich eine Gesamthaldenwassermenge inkl. der Bestandshalde von 1,31 Mio. m³/a, bei vollständiger Beschüttung der Phase 2 (Dezember 2024) eine Gesamthaldenwassermenge von ca. 1,33 Mio. m³/a und bei vollständiger Beschüttung der Phase 3 (Dezember 2039) eine Gesamthaldenwassermenge von 1,52 Mio. m³/a. Der Haldenwasseranfall der gesamten Erweiterung beinhaltet aufgrund der Errichtung der hydraulischen Trennung in Phase 1 und 2 sowie der Ausbildung des Haldenkerns im Anschüttbereich zwischen Bestandshalde und Erweiterung Teilmengen des niederschlagsbedingten und des rückstandsfeuchtebedingten Dargebots, welches vor der Erweiterung im Bereich der Bestandshalde angefallen wäre. Ab 2040 nimmt der Haldenwasseranfall dann parallel zur Ablaugung der Rückstandshalde

¹¹ Aufhaldungsmenge betrug im Jahr 2018 7,27 Mio. t/a

kontinuierlich wieder ab, weil die Restfeuchte des jährlich aufgehaldeten Rückstands innerhalb desselben Jahres zum Abfluss kommt.

6. Sensitivitätsanalyse

Die Abweichung zwischen den berechneten und gemessenen Haldenwassermengen ist auf folgende Einflussfaktoren zurückzuführen:

- Differenz zwischen dem angesetzten mittleren Niederschlag und dem Jahresgang des Niederschlagsanfalls sowie die Differenz zwischen Niederschlag im Bereich der Messstellen und der Rückstandshalde mit ihrem eigenen Kleinklima,
- Puffervermögen der Rückstandshalde und gegenüber dem Niederschlagsgeschehen verzögerter Ablauf in den unterschiedlich durchlässigen Zonen des Haldenkörpers,
- Variation der Restfeuchte des aufgehaldeten Rückstands,
- Zuflüsse aus dem Bereich des Haldenrandwegs und in Vorbereitung befindlicher künftiger Haldenaufstandsflächen,
- Sonstige Einflussfaktoren

Nachfolgend werden diese Einflussfaktoren näher beschrieben. Bei den Betrachtungen zu den Einflussfaktoren wurde die Reduzierung des Haldenwasseranfalls durch die Errichtung der Polder bzw. der dauerhaften Abdeckung auf dem Haldentop der Bestandshalde und der Erweiterung bzw. die hydraulische Trennung nicht mit berücksichtigt.

6.1 Niederschlag

Bereits beim Messvorgang des Niederschlags können sich Messfehler, bedingt z.B. durch Einflüsse der Winddrift auf die Messung, oder die Beschaffenheit und Aufstellhöhe der Messeinrichtung (Differenz zwischen bodenebenem Niederschlagsanfall und Niederschlagsmesseinrichtungen in 1 m Höhe) gemäß Literaturangaben¹² auf rund 15 bis 20% Abweichung vom tatsächlichen Wert summieren. Eine Fehlerkorrektur der Niederschlagswerte ist unerlässlich. Deshalb wurde im Rahmen der Betrachtung auf das 30-jährige Mittel des korrigierten Gebietsniederschlags des DWD zurückgegriffen.

Eine Abbildung der komplexen kleinklimatischen Verhältnisse am Standort ist nicht möglich. Es ergibt sich eine Abweichung von den real an der Rückstandshalde vorherrschenden Bedingungen, da Einflüsse wie z.B. die Länge der Böschungen, unterschiedliche Höhen und Expositionen der Haldenbereiche, die Größe der Plateaufläche und die Lage der Rückstandshalden im Raum (Einfluss durch umliegende Gebirgszüge etc.) unberücksichtigt bleiben müssen.

¹² z.B. Richter, Dieter: Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. - Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 1995. (Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 194)

Weiterhin ist die Annahme, dass der Jahresniederschlag innerhalb des jeweiligen Prognosejahres zum Abfluss gelangt, aufgrund des Puffervermögens der Rückstandshalde eine vereinfachende Annahme.

In der nachfolgenden Tabelle sind der minimale und maximale Haldenwasseranfall für die Gesamthalde (Bestandshalde und Erweiterung) bei einer Abweichung der Niederschlagsmengen von 20 % für den Zeitschnitt Dezember 2039 dargestellt. Dies ist ein äußerst konservativer Ansatz, da es sich bei dem langjährigen Mittelwert des Gebietsniederschlages bereits um einen durch den DWD korrigierten Wert handelt.

**Tabelle 9: Maximaler und minimaler Haldenwasseranfall
(Fehlerbetrachtung Niederschlag)**

Parameter	Einheit	Wert
Prognostizierter Haldenwasseranfall (Dez. 2039)	m³/a	1.524.248
Minimaler Haldenwasseranfall (-20% Niederschlag)	m³/a	1.243.213
Anteil	%	82
Maximaler Haldenwasseranfall (+20% Niederschlag)	m³/a	1.805.354
Anteil	%	118

Somit ergibt sich für den Haldenwasseranfall eine maximale Abweichung durch den niederschlagsbedingten Fehler von $\pm 18\%$.

6.2 Puffervermögen der Rückstandshalde

Bei den durchgeführten Säulenversuchen (siehe Kap. 3.2.4 und Anlage 1) ergibt sich in Abhängigkeit von der Versuchsdauer, der Höhe der Versuchssäule, der Zusammensetzung des Rückstandssalzes und des Ablaugungsverhaltens (Bildung von bevorzugten Wegsamkeiten) ein Puffervermögen innerhalb der Säule zwischen 5,8 % bis 12,5 %. Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren ist eine direkte Übertragung des Puffervermögens auf die Rückstandshalde nicht möglich. In jedem Fall führt das Puffervermögen des Rückstands aber zu einer Vergleichmäßigung des Haldenwasseranfalls. Insbesondere bei Ablagerung des frischen Rückstands kommt es zu Hydratisierungsprozessen von neu entstehenden Sekundärphasen.

Im Band 3.17.1 sind im Kap. 5.2 weiterhin die Strömungsprozesse im Haldenkörper beschrieben. Hierbei kommt es innerhalb des Haldenkörpers zur Ausbildung von bevorzugten Wegsamkeiten, die dem Puffervermögen des Rückstands entgegenwirken können. Des Weiteren wurde anhand der Bohrungen festgestellt, dass es nach Ablagerung des Rückstandes mit zunehmender Tiefe zu einer Verdichtung -insbesondere der Bereiche im Haldeninnern- kommt. Dies ist auch aus den ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerten der Haldenbohrungen zu erkennen. Hierbei ergeben sich bis zu einer Teufe von 40 m

Durchlässigkeitsbeiwerte von $1 \cdot 10^{-6}$ bis 10^{-5} m/s und ab einer Teufe von 40 m Durchlässigkeitsbeiwerte von $1 \cdot 10^{-7}$ bis $7 \cdot 10^{-10}$ m/s (siehe Kap. 5.1.3 des Bands 3.17.1). In den weniger durchlässigen Bereichen des Haldeninneren vergrößert sich somit das Puffervermögen des Rückstandes, bzw. verlängert sich die Sickerzeiten bei geringen Durchlässigkeiten. Unter Berücksichtigung der teils langen Sickerstrecken kommt es zu einem verzögerten Abfluss des auftreffenden Niederschlags. Das Puffervermögen der Rückstandshalde wurde bei der Haldenwasserbilanzierung nicht berücksichtigt (siehe 16).

6.3 Evaporation

Wie aus den Ergebnissen der Lysimeterversuche (siehe Kapitel 3.2.5 und Anlage 1) zu erkennen ist, schwankt die Evaporation im jahreszeitlichen Verlauf. Für die Berechnung des jährlichen Haldenwasseranfalls für die Gesamthalde wurde der Jahresmittelwert verwendet. Aufgrund der unterschiedlichen Einflussfaktoren auf die Evaporation (Besonnung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsverteilung, Wind etc.) können die real an der Rückstandshalde vorherrschenden Evaporationsraten abweichen. Beim Lysimeterversuch in Müncheberg (siehe Kapitel 3.2.5 und Anlage 1) ergab sich in den trockeneren Sommermonaten (10.08. bis 10.09.2012) eine Evaporation von 25,5 % und in den feuchteren Herbst- und Wintermonaten (26.09. bis 21.12.2012) eine Evaporation von 1,7 % (siehe Anlage 1). Diese Schwankungen beeinflussen den realen Haldenwasseranfall.

Sofern es bei dem Lysimeterversuch Müncheberg zu einer Hydratation des Rückstandes aus der Luft gekommen ist, die der Verdunstung entgegenwirken würde, wurde diese im Rahmen des Lysimeterversuchs mit bilanziert und ist somit Bestandteil der ermittelten Evaporation und der Fehlerbetrachtung zur Haldenwasserbilanz.

Für die Berechnung wurde als Eingangsgröße ein konservativer Ansatz gewählt und die Evaporation mit Null angesetzt. Aus diesem Grund wurde keine weiterführende Fehlerbetrachtung vorgenommen.

6.4 Freier Wassergehalt

Der freie Wassergehalt ergibt sich wie in Kapitel 3.2.3 beschrieben aus den Ergebnissen der Ermittlung des Porenwassergehaltes am Abwurf mittels Karl-Fischer-Titration abzgl. des Haftwassergehalts von 2 %. Bei der Ermittlung des freien Wassergehaltes basierend auf den Auswertungen der Haldenkörperbohrungen zum Haftwassergehalt (Anlage 17) wurde bereits ein konservativer Ansatz unterstellt: IBeWa (2021) weisen als untere Grenze der Haftwassergehalte einen Mindestwert von 0,023 entsprechend 2,3 Massen-% aus. Jedoch wird für die Betrachtungen zum Wasserhaushalt konservativ 2,0 Massen-% angesetzt. Zudem ergaben die Wassergehaltsbestimmungen am Rückstand im Zeitraum vom 11.11.2020 bis 28.04.2021 mittels Karl-Fischer-Titration einen Mittelwert von 4,8 % bei einer Standardabweichung von 0,7. Für die Haldenwasserbilanzierung wurde jedoch konservativ ein Mittelwert von 5 % angesetzt. Für den Freien Wassergehalt wird eine Standardabweichung von 0,7 angesetzt.

In der nachfolgenden Tabelle sind der minimale und maximale Haldenwasseranfall für die Gesamthalde (Bestandshalde und Erweiterung) bei einer Variation des Freien

Wassergehaltes zwischen 2,25 % und 3,75 % dargestellt. Der Variationskoeffizient beträgt damit rund 15%.

In der nachfolgenden Tabelle sind der minimale und maximale Haldenwasseranfall für die Gesamthalde (Bestandshalde und Erweiterung) bei einer Variation des Freien Wassergehaltes zwischen 2,25 % und 3,75 % dargestellt.

**Tabelle 10: Maximaler und minimaler Haldenwasseranfall
(Fehlerbetrachtung Freier Wassergehalt)**

Parameter	Einheit	Wert
Prognostizierter Haldenwasseranfall	m³/a	1.524.248
Maximaler Haldenwasseranfall (für 3,75 % Freier Wassergehalt)	m³/a	1.587.554
Anteil	%	104
Minimaler Haldenwasseranfall (für 2,25 % Freier Wassergehalt)	m³/a	1.461.014
Anteil	%	96

Somit ergibt sich für den Haldenwasseranfall eine maximale Abweichung durch Variation des Freien Wassergehalts von maximal ± 4 %.

6.5 Restinfiltration der Erweiterung

Für die Ermittlung des Haldenwasseranfalls wird die in Kapitel 3.4.4 dargestellte Restinfiltration angenommen. Für die Fehlerbetrachtung des Haldenwasseranfalls wurde weiterhin der Fall angenommen, dass im Bereich der Erweiterung keine Restinfiltration vorhanden ist und somit der gesamte Niederschlag der Erweiterung in den Haldenwasseranfall eingeht.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Mengen des Haldenwasseranfalls für die Gesamthalde (Bestandshalde + Erweiterung) bei den o.g. Festlegungen zur Restinfiltration dargestellt.

**Tabelle 11: Haldenwasseranfall bei Ansatz der Restinfiltration für die
Erweiterungsfläche**

Parameter	Einheit	Wert
Prognostizierter Haldenwasseranfall (RI Erweiterung aus Kap. 3.4.4)	m³/a	1.524.248
Maximaler Haldenwasseranfall (Erweiterung mit R=0)	m³/a	1.542.640

Parameter	Einheit	Wert
Anteil	%	101,2

Somit ergibt sich für den Haldenwasseranfall eine maximale Abweichung durch die Variation der Restinfiltration von maximal +1,2 %.

6.6 Zusammenfassung der Fehlergrößen

In den nachfolgenden Tabellen sind die Fehlergrößen für die Einzelparameter zusammengefasst. Hierbei wurde der minimal und maximal mögliche Haldenwasseranfall aus den Einzelparametern zusammengeführt. Der maximal mögliche Haldenwasseranfall in der folgenden Tabelle ergibt sich bei der Annahme, dass der Niederschlagswert um 20 % erhöht ist und der Freie Wasseranteil bei 3,75 %, sowie die Restinfiltration der Bestandshalde bei 123 mm/a liegt und die Restinfiltration der Erweiterung Null ist.

Tabelle 12: maximale Haldenwasseranfall (Fehlerbetrachtung)

Parameter	Einheit	Wert
Fläche	ha	158,15
Freier Wasseranteil (3,75 %)	m ³ /a	316.350
Jahresniederschlag (+20%)	m ³ /(ha*a)	9.780
Niederschlagsbedingter Haldenwasseranfall	m ³ /a	1.716.875
Restinfiltration (Bestandshalde 123 mm/a; Erweiterung RI = 0)	m ³ /a	115.969
Zuflüsse aus dem Befahrungsweg	m ³ /a	40.111
Haldenwasseranfall	m³/a	1.957.367

Im Vergleich mit den berechneten Werten ergibt sich damit ein um ca. 28 % erhöhter Haldenwasseranfall.

Der minimal mögliche Haldenwasseranfall ergibt sich bei der Annahme, dass der Niederschlagswert um 20 % reduziert ist und der Freie Wasseranteil bei 2,25 %, die Restinfiltration der Bestandshalde bei 123 mm/a liegt und die Restinfiltration der Erweiterung angesetzt wird. Aus diesen Annahmen ergibt sich der minimal mögliche Haldenwasseranfall der nachfolgenden Tabelle.

Tabelle 13: minimale Haldenwasseranfall (Fehlerbetrachtung)

Parameter	Einheit	Wert
Fläche	ha	158,15
Freier Wasseranteil (2,25 %)	m ³ /a	189.810

Parameter	Einheit	Wert
Jahresniederschlag (-20%)	m ³ /(ha*a)	6.520
Niederschlagsbedingter Haldenwasseranfall	m ³ /a	1.144.583
Restinfiltration (Bestandshalde 123 mm/a; Erweiterung aus Kap. 3.4.4)	m ³ /a	116.324
Zuflüsse aus dem Befahrungsweg	m ³ /a	26.741
Haldenwasseranfall	m³/a	1.244.810

Im Vergleich mit den berechneten Werten ergibt sich damit ein um ca. 18 % verringerter Haldenwasseranfall.

Somit ergibt sich eine maximale Abweichung von 28 % für den Haldenwasseranfall.

Dieser Fehler bildet damit summarisch die Unsicherheiten bei der Prognose des Haldenwasseranfalls ab. Dieser wird bedingt durch die der Prognose zugrundeliegenden Modellansätze und die Genauigkeit bei der Quantifizierung der einzelnen Wasserhaushaltsgrößen und deren Einflussfaktoren.

6.7 Zulauf aus dem Bereich des Haldenumfahrungsweges und in Vorbereitung befindlicher künftiger Haldenaufstandsflächen

Die Ermittlung des Zulaufs vom Haldenumfahrungsweg ist in Kap. 3.3 beschrieben. Aus diesem Berechnungsansatz ergeben sich zum einen die im Kap. 6.1 zum Niederschlag aufgeführten Unsicherheiten bei der Übertragung der Niederschlagswerte auf die Fläche des Umfahrungswegs. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dem Umfahrungsweg im Vergleich zur Haldenaufstandsfläche um einen kleinen Bereich handelt, hat diese Abweichung jedoch nur einen untergeordneten Einfluss auf die Gesamtabweichung. Weiterhin handelt es sich bei dem auf dem Haldenumfahrungsweg anfallenden Niederschlagswasser in der Regel um unbelastetes bzw. gering belastetes Wasser, das die zu entsorgende Salzfracht nur maximal geringfügig erhöht.

Im Zuge der Vorbereitung der zukünftigen Haldenaufstandsfläche kann es außerdem ggf. zu zusätzlichen Zuflüssen von Niederschlagswasser aus diesen Flächen kommen, da die salzbelegten Vorbereitungsflächen schneller abflusswirksam werden. Aufgrund der Tatsache, dass die vorbereiteten Haldenflächen nicht mehr bewachsen und somit in höherem Maße abflusswirksam sind, kommt es zu einem nahezu vollständigen Abfluss (Abflussbeiwert von 0,9 -1,0) des Niederschlagswassers über die vorbereitete Fläche in den Haldenrandgraben. Mit Umsetzung der einzelnen Flächen kann es zu Abweichungen der realen Verhältnisse von dem Berechnungsmodell kommen.

6.8 Sonstige Einflussfaktoren

Unter die sonstigen Einflussfaktoren fallen

- die Messabweichungen,

- die Bildung bevorzugter Wegsamkeiten im Haldenkörper und
- Anfall von Spülwasser zur Reinigung der haldeninternen und –externen Entwässerungselemente.

Unter dem Begriff der Messabweichungen werden die Messabweichungen der bei den Versuchen zur Bestimmung der rückstandsspezifischen Parameter (siehe Kap. 3.2) eingesetzten messtechnischen Geräte (Waage, Messbecker, Thermometer etc.) und bei der Messung des realen Haldenwasseranfalls zusammengefasst. Bei den eingesetzten Laborgeräten handelt es sich um entsprechend der gültigen Normen- und Vorschriften geeichte bzw. kalibrierte Geräte.

Die Bildung bevorzugter Wegsamkeiten im Haldenkörper erfolgt aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des Rückstandes, dessen Löslichkeit und des unterschiedlichen Aufhaldungszeitpunkts (Überschüttung älterer Haldenbereiche) bzw. des Schüttregimes, sodass der Haldenwasseranfall punktuell variiert. Auch die Herausbildung des Haldenkerns und damit die Verschiebung der Mantelbereiche auf gedichtete Flächen spielen eine Rolle, und es können sich somit Abweichungen vom prognostizierten Haldenwasseranfall ergeben.

Zur Reinigung der haldeninternen Fassungselemente ist es am Standort notwendig, diese mit reinem Wasser zu spülen, um ggf. vorhandene Inkrustationen lösen zu können. Diese Wassermengen werden ebenfalls über den Haldenrandgraben entsorgt und tragen somit zum Haldenwasseranfall bei.

6.9 Messung des Haldenwasseranfalls Hattorf

Im Folgenden erfolgt ein Vergleich des prognostizierten Haldenwasseranfalls mit dem gemessenen Haldenwasseranfall für die Jahre 2018 bis 2020 im Bereich der Bestandshalde.

Tabelle 14: Prognostizierter und gemessener Haldenwasseranfall am Standort Hattorf für 2018 bis 2020

Parameter	2018	2019	2020
prognostizierter Haldenwasseranfall in m ³ /a	1.093.357	1.183.645	1.240.755
gemessener Haldenwasseranfall in m ³ /a	835.040	975.420	1.097.680
Differenz in %	+31 %	+21 %	+13 %

Die Abweichung zwischen der berechneten und der gemessenen Haldenwassermengen ist auf folgende Einflussfaktoren zurückzuführen:

- Differenz zwischen dem angesetzten mittleren Niederschlag und dem Jahresgang des Niederschlagsanfalls sowie die Differenz zwischen Niederschlag im Bereich der Messstellen und der Rückstandshalde mit ihrem eigenen Kleinklima sowie er Ansatz,
- Puffervermögen der Rückstandshalde,
- Evaporation,
- Variation des Wassergehaltes des aufgehaldeten Rückstands,
- Zuflüsse aus dem Bereich des Haldenrandwegs und in Vorbereitung befindlicher künftiger Haldenaufstandsflächen,
- Sonstige Einflussfaktoren

Vergleicht man die prognostizierten und gemessenen Haldenwassermengen, so ergibt sich eine Abweichung von ca. 13 % bis 31 % bei Ansatz eines mittleren jährlichen Niederschlags von 815 mm/a, wobei die gemessenen Haldenwassermengen unterhalb der prognostizierten Haldenwassermenge liegen. Die Differenz zwischen den berechneten und gemessenen Haldenwassermengen ergibt sich vorrangig durch die unterschiedlichen jährlichen Niederschlagsmengen. Für die Prognose des Haldenwasseranfalls wurde für das Durchschnittsjahr eine Niederschlagssumme von 815 mm/a angenommen. Weiterhin wurde für die Prognose weitere konservative Annahmen (siehe Kap. 6.10) getroffen, die zu einer Überschätzung des prognostizierten Haldenwasseranfalls führen.

6.10 Vergleich der Fehlergrößen aus der Sensitivitätsanalyse und den gemessenen Werten

Im Rahmen der Sensitivitätsbetrachtung wurde eine maximale Abweichung des prognostizierten Haldenwasseranfalls von 28 % ermittelt, der im ungünstigsten Fall auftreten könnte. Diese Größenordnung ergibt sich auch bei der Anwendung des linearen Fehlerfortpflanzungsgesetzes bei partieller Ableitung der spezifischen Wasserhaushaltsbilanzgleichung nach den Eingangsgrößen Niederschlag, freier Wassergehalt und Restinfiltration.

Hierbei ist zu beachten, dass bei der Ermittlung des Haldenwasseranfalls folgende konservative Ansätze eingestellt wurden:

- Annahme eines 30-jährigen Mittels des korrigierten Gebietsniederschlags,
- Vernachlässigung des Puffervermögens der Rückstandshalde; der freie Wassergehalt gelangt bilanziell innerhalb des jeweiligen Jahres vollständig zum Abfluss,
- Ansatz eines mittleren Porenwassergehaltes nach Karl-Fischer-Titration von 5 % anstatt des rechnerischen Mittelwertes der Zeitreihe 11/2020-04/2021 von 4,8 % (siehe Anlage 17),
- Außerachtlassen der Evaporation am Standort, obwohl messtechnisch 10% ermittelt wurden,
- Einbeziehung der zusätzlichen Infrastruktur im Falle von Verformungen im Randstreifen als abflusswirksame Fläche

Der Vergleich der prognostizierten Haldenwassermengen mit den im Jahr 2018 bis 2020 am Standort gemessenen Haldenwassermengen zeigt in allen drei Fällen eine Überschätzung der gemessenen Haldenwassermengen um mindestens 13 %. Dies ist vor allem auf die der Haldenwasserbilanz zugrundeliegenden o.g. konservativen Ansätze zurückzuführen. Aus diesem Grund wird der prognostizierte Haldenwasseranfall als ausreichend konservativ angenommen und für die Berechnungen im Band 3.24E3 zugrunde gelegt.

7. Berechnung des Haldenwasserpotentials bis zur Auflösung des Haldenkörpers

Die Forderung der Berechnung des Haldenwasserpotentials ergibt sich aus den Festlegungen des § 22 a ABergV, Anhang 6 Nr. 2. Hierbei wird das Sickerwasserpotential der Rückstandshalde bis zum Zeitpunkt ihrer Auflösung inkl. der beantragten Haldenerweiterung prognostiziert.

Hierbei ist anzumerken, dass sich im Rückstandssalz ein Anteil von 0,5 % an unlöslichen Bestandteilen befindet. Bei theoretisch gleichmäßiger Ablaugung der Halde ergibt sich somit am Ende der Laufzeit eine Aufstandsfläche der Rückstandshalde von ca. 0,7 ha¹³ aus unlöslichen Bestandteilen.

Bei der Annahme einer linearen Ablaugung von durchschnittlich 20 cm/a würde der Zeitpunkt, zu dem lediglich die unlöslichen Bestandteile des Rückstands übrigbleiben, voraussichtlich im Jahr 2686 erreicht werden.

Die Ermittlung des Gesamtsickerwasseranfalls erfolgt über die Fortschreibung der Haldenwasserbilanz unter Annahme einer Ablaugung von 20 cm/a bis zur vollständigen Ablaugung der Aufstandsfläche (abgesehen von 0,7 ha unlöslichen Bestandteilen).

Bis zum Zeitpunkt der vollständigen Auflösung der Rückstandshalde (Zeitraum von 2040 bis 2764) ergibt sich unter Annahme eines durchschnittlichen Jahresniederschlages von 815 mm/a somit ein Gesamtsickerwasseranfall von ca. 592 Mio. m³.

8. Zusammenfassung

Die für den Standort Hattorf der K+S Minerals and Agriculture GmbH aufgestellte Haldenwasserbilanzgleichung ermöglicht auf der Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes die Prognose des voraussichtlichen Haldenwasseranfalls. Es wurde der jährliche Haldenwasseranfall in der Betriebs- und Nachbetriebsphase für ein hydrologisches Durchschnittsjahr prognostiziert.

Mithilfe von Analysen des Rückstands (Restfeuchte des Rückstands, mineralische Zusammensetzung), des Rückstandsverhaltens (Evaporation, Puffervermögen) und der

¹³ Diese Fläche ergibt sich unter der Annahme einer gleichmäßigen Ablaugung der Halde sowohl seitlich als auch in Bezug auf das Haldenplateau. Bei einer Aufhaldungsmenge von 153 Mio. m³ ergibt sich damit ein Volumen an unlöslichen Bestandteilen von ca. 785.000 m³.

Wirksamkeit der Basisdichtung (Berechnung der Restinfiltration) wurden die für die Haldenwasserbilanz notwendigen Parameter ermittelt bzw. berechnet.

Zur Ermittlung der Evaporation wurde im Messzeitraum vom 09.08.2012 bis 31.07.2013 ein Lysimeterversuch durchgeführt. Der Rückstand wurde hierzu am Standort der Firma ugt (Umwelt-Geräte-Technik) in Müncheberg in ein wägbares Lysimeter eingebaut und der Witterung vor Ort ausgesetzt. Nach Auswertung des Lysimeterversuchs wurde eine Evaporation von 10,2 % durch die Erstellung einer Massenbilanz ermittelt. Die mineralische Wassereinbindung und -entbindung bzw. Speichervermögen des Rückstandes (Hygroskopie, Hydratation und Deliqueszenz) werden aufgrund der obigen Ausführungen in der Haldenwasserbilanz nicht separat berücksichtigt bzw. in der ausgewiesenen Evaporation enthalten. Hierbei handelt es sich um einen Jahresmittelwert. Abhängig von den vorherrschenden Wetterverhältnissen (Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Temperatur, Niederschlagsanfall etc.) kann die Evaporation im Laufe des Jahres schwanken. Für die Berechnung des Haldenwasseranfalls und der Restinfiltration wurde im Rahmen der konservativen Abschätzung keine Evaporation angenommen bzw. die Evaporation inklusive der Hygroskopie mit 0 % angenommen.

Zur Untersuchung einer potentiellen mineralischen Einbindung und Entbindung von Wassermolekülen in den Rückstand und von dessen Pufferwirkung wurde der Rückstand in eine Plexiglassäule eingebaut und die Probe bewässert. Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren ist eine direkte Übertragung des Puffervermögens aus den Säulenversuchen auf die Rückstandshalde jedoch nicht möglich. In jedem Fall führt das Puffervermögen des Rückstands aber zu einer Vergleichsmäßigung des Haldenwasseranfalls und somit zu einer Pufferung von erhöhten Niederschlagsereignissen.

Bei der Prognose der Restinfiltration und daraus resultierend der Gesamtsalzfracht wurde unterschieden zwischen der Restinfiltration im Bereich der Bestandshalde und der Restinfiltration der Erweiterungsfläche. Aufgrund der geplanten Maßnahmen an der Bestandshalde und der Haldenerweiterung (Polder bzw. dauerhafte Abdeckung auf dem Haldentop und hydraulische Trennung zwischen Bestandshalde und Erweiterung (Phase 1 und Phase 2)) die Restinfiltration der Bestandshalde und der Haldenerweiterung reduziert wird.

Im Bereich der Bestandshalde ergibt sich eine Gesamtrestinfiltration von 116.000 m³/a und eine Salzfracht von ca. 42.000 t/a. Im Bereich der Phase 1 ergibt sich nach vollständiger Belegung der Aufstandsfläche von 27,5 ha eine Restinfiltration von ca. 66 m³/a sowie eine Salzfracht von ca. 24 t/a, im Bereich der Phase 2 (ca. 10,9 ha) eine Restinfiltration von ca. 88 m³/a sowie eine Salzfracht von ca. 32 t/a und im Bereich der Phase 3 (ca. 24,5 ha) eine Restinfiltration von ca. 202 m³/a sowie eine Salzfracht von ca. 73 t/a. Als zusätzliche Sickerwasserminimierungsmaßnahme reduziert das errichtete Polderbecken bzw. die dauerhafte Topabdeckung auf der Bestandshalde die Restinfiltration um ca. 7.429 m³/a und die Gesamtsalzfracht um ca. 2.689 t/a, sowie die Topabdeckung im Bereich der Anschüttung an die Bestandshalde die Restinfiltration um ca. 3.233 m³/a und die Gesamtsalzfracht um ca. 1.170 t/a. Durch die Topabdeckung der Erweiterungsfläche, die ihre Wirksamkeit nach derzeitigem Kenntnisstand ca. 2045 erreichen wird, wird die Restinfiltration um ca. 116 m³/a und die Gesamtsalzfracht um ca. 42 t/a reduziert. Weiterhin reduziert die hydraulische Trennung der Phase 1 die Restinfiltration der Bestandshalde

nach vollständiger Errichtung um ca. 6.597 m³/a (54 mm/a) und für Phase 2 zusätzlich um 1.395 m³/a (13 mm/a) und die Gesamtsalzfracht bei der Phase 1 um ca. 2.388 t/a und bei der Phase 2 zusätzlich um ca. 505 t/a. Durch die Ausbildung des Haldenkerns im Anschüttungsbereich reduziert sich die Restinfiltration ab dem Jahr 2039 zusätzlich um ca. 2.403 m³/a und die Gesamtsalzfracht um weitere ca. 870 t/a. Somit ergibt aufgrund des Vorhabens der Haldenerweiterung am Ende der Phase 3 durch die vorhabensbedingten Minimierungsmaßnahmen der Topabdeckung der Erweiterung und der Anschüttung sowie die Überkompensation aus der hydraulischen Trennung abzüglich der Restinfiltration der dazugehörigen Phase 1 und 2 und die Minimierung durch die Ausbildung eines Haldenkerns eine Verbesserung der Gesamtsituation um ca. 12 % bzw. ca. 13.590 m³/a und für die Gesamtsalzfracht um ca. 4.920 t/a.

Im Ergebnis der Berechnungen der Haldenwassermenge ergibt sich im Jahr der vollständigen Beschüttung der Erweiterungsfläche im Jahr 2039 ein Haldenwasseranfall für die Gesamthalde inkl. aller in Tabelle 8 dargestellten Minimierungsmaßnahmen von rd. 1,52 Mio. m³/a.

Die aus der Fehleranalyse resultierende maximale Abweichung von 28 % bildet summarisch die Unsicherheiten bei der Prognose des Haldenwasseranfalls ab. Dieser wird bedingt durch die der Prognose zugrundeliegenden Modellansätze und die Genauigkeit bei der Quantifizierung der einzelnen Wasserhaushaltsgrößen und deren Einflussfaktoren.

Der Forderung der Berechnung des Haldenwasserpotentials nach § 22 a ABergV Anhang 6 Nr. 2 wurde ebenfalls entsprochen. Hierbei wurde das Haldenwasserpotential der Rückstandshalde bis zum Zeitpunkt der Auflösung der Rückstandshalde inkl. der beantragten Haldenerweiterung bis 2764 prognostiziert.