



EG-Wasserrahmenrichtlinie

**Statusbericht zum aktuellen Umsetzungs-
stand des Maßnahmenprogramms 2015 bis
2021 und zur aktuellen Gewässergüte bzgl.
der Salzbelastung von Werra und Weser**

Berichtsjahr 2018



Herausgeber:

Flussgebietsgemeinschaft Weser
An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
(Vorsitz der Flussgebietsgemeinschaft ab 2019 bis Ende 2021)
Mainzer Straße 80, 65189 Wiesbaden

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München

Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen
(Vorsitz der Flussgebietsgemeinschaft bis Ende 2018)
Contrescarpe 72, 28195 Bremen

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Archivstraße 2, 30169 Hannover

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3, 40476 Düsseldorf

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt
Leipziger Straße 58, 39112 Magdeburg

Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
Beethovenstraße 3, 99096 Erfurt

Bearbeitung:

Geschäftsstelle der FGG Weser
An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim
Telefon: 05121 509712
Telefax: 05121 509711
E-Mail: info@fgg-weser.de

Bildquellen Umschlag:

Kalihalde Wintershall – FGG Weser

© FGG Weser, Juli 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergründe.....	1
1.2	Besonderheiten des Jahres 2018 und zeitlich begrenzte Sofortmaßnahmen.....	1
2	Stand der Umsetzung des Maßnahmenprogramms.....	3
2.1	Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)	3
2.2	Haldenabdeckung	4
2.3	Einstapeln und Versatz	6
2.4	F+E-Vorhaben	8
2.5	Flankierendes Monitoring.....	10
2.6	Beendigung der Versenkung	11
2.7	Risikomanagement.....	13
2.8	Zeitplan des Fortschritts der Maßnahmenumsetzung	15
3	Auswertung der Monitoringdaten und Beurteilung der Gewässergüte für den Berichtszeitraum 2018.....	17
3.1	Hydrologie	18
3.1.1	Abflussverhältnisse Werra	18
3.1.2	Abflussverhältnisse Weser	19
3.2	Rohsalzverarbeitung.....	20
3.3	Entsorgung der festen Rückstände	20
3.4	Salzabwasseranfall und Salzabwasserentsorgung.....	21
3.4.1	Salzabwassermengen.....	21
3.4.2	Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls	22
3.4.3	Chlorid-, Kalium- und Magnesiumbilanzen.....	23
3.5	Salzfrachten und -konzentrationen 2018	26
3.5.1	Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Gerstungen 2018	26
3.5.2	Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Boffzen 2018	29
3.5.3	Monatliche Frachten an den Messstellen an Werra und Ulster	32
3.6	Grundwassermonitoring.....	35
4	Zusammenfassung und Ausblick	36
5	Literatur	37
6	Glossar	38
7	Abkürzungsverzeichnis	40
8	Abbildungsverzeichnis	41
9	Tabellenverzeichnis	42

10	Anhang	43
10.1	Sachstandsbericht 2018 zum aktuellen Stand der Umsetzung der Firma K+S KALI GmbH.....	43
10.2	F+E-Vorhaben: Jahresbericht 2018 der Firma K+S KALI GmbH.....	44
10.3	Risikoübersicht der Firma K+S GmbH	45
10.4	Zielwertkonzept der FGG Weser	46

1 Einleitung

Der Statusbericht Salz ist ein jährlicher Bericht, der, wie auch schon 2016 und 2017, die interessierte Öffentlichkeit über den Umsetzungsstand des Maßnahmenprogramms zur Reduzierung der Salzbelastung an Werra und Weser sowie über die aktuelle Gewässergüte in Bezug auf die Salzbelastung informiert.

Der hier vorliegende Statusbericht umfasst das Berichtsjahr 2018.

1.1 Hintergründe

Die Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser) hat die „Salzbelastung der Werra und Weser durch den heutigen und ehemaligen Kalibergbau“ als wichtige Frage der Gewässerbewirtschaftung festgestellt (FGG Weser, 2014).

Als Basis für die Reduzierung der Salzbelastung in Werra und Weser in den kommenden Bewirtschaftungsperioden hat sich die Flussgebietsgemeinschaft Weser im „**Detaillierten Bewirtschaftungsplan 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gem. § 83 Abs. 3 WHG**“ (kurz: **BWP Salz**) (FGG Weser, 2016a) auf das sog. „**Zielwertkonzept**“ verständigt. Hierzu wurden für den Pegel Gerstungen (Pegel an der Werra, der die Salzeinleitungen des Werkes „Werra“ überwacht) sowie für den Pegel Boffzen (Pegel an der Weser) für die nächsten Bewirtschaftungsperioden zu erreichende Zielwerte als 90-Perzentile für die Parameter Chlorid, Kalium und Magnesium vorgegeben, mit denen der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potential in den Wasserkörpern der Weser bzw. der bestmögliche ökologische Zustand in den Wasserkörpern der Werra erreicht wird (s. Anhang 10.4).

Für die Beurteilung der Oberflächenwasserkörper bzgl. der Salzbelastung wurden für die Flussgebietseinheit Weser die **Richtwerte** 300 mg/l Chlorid, 20 mg/l Kalium und 30 mg/l Magnesium als maximal zulässige Konzentrationen (90-Perzentile) festgelegt (FGG Weser, 2016a). Insgesamt 10 Oberflächenwasserkörper in Werra und Weser mit einer Gesamtlänge von ca. 630 km erreichen die Richtwerte bezüglich der Belastung mit Salzionen nicht. Für die Zustandsbewertung der Grundwasserkörper mussten für das Werra-Kaligebiet ebenfalls gesonderte Kriterien entwickelt werden, um eine Beeinflussung durch die Salzabwasserversenkung erkennen zu können. Nach diesen Kriterien wurden 7 Grundwasserkörper mit einer Fläche von insgesamt ca. 1.280 km² als salzbelastet eingestuft.

Die Maßnahmen zur Erreichung dieser Zielwerte sind im „**Detaillierten Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gemäß § 82 WHG**“ (kurz **MNP Salz**)“ (FGG Weser, 2016b) ausführlich beschrieben. Deren Umsetzung hat innerhalb eines festgelegten Zeitplans zu erfolgen, der Planung, Genehmigung und bauliche Umsetzung der einzelnen Maßnahmen umfasst.

Zur engen Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Masterplans Salzreduzierung und des Dialogs mit dem Unternehmen K+S KALI GmbH (K+S) wurde die **Arbeitsgruppe Salzreduzierung** eingerichtet. Die Arbeitsgruppe setzt sich aus Vertretern der Länder, der Geschäftsstelle der FGG Weser und des Unternehmens K+S zusammen. Wie bereits 2017 hat sich die Arbeitsgruppe auch 2018 weiterhin viermal getroffen.

1.2 Besonderheiten des Jahres 2018 und zeitlich begrenzte Sofortmaßnahmen

Die Erweiterung der Halde Hattorf (Phase I) wurde 2018 genehmigt und wird derzeit bereits umgesetzt. Die erteilte Genehmigung bezieht sich auf eine rund 27 Hektar große Fläche, die sich nordwestlich an die bestehende Halde anschließt. Sie bietet Raum für fünf bis sechs Jahre. Darüber hinaus befindet sich die behördliche Prüfung des Antrages für die zweite Phase der Haldenerweiterung, die bis Anfang der 2040er Jahre reichen soll, in Bearbeitung.

Für die geplante Haldenerweiterung am Standort Wintershall wurden die Antragsunterlagen im April 2018 eingereicht. Bereits im Vorfeld des Genehmigungsverfahrens wurde die Öffentlichkeit im Rahmen mehrerer Informationsveranstaltungen, durch Flyer und Informationen auf der K+S-Website umfassend über das Vorhaben informiert.

Für die Entsorgung der Prozessabwässer und der Haldenwässer standen im Jahr 2018 weiterhin der Weg über die Einleitung in die Werra und die Versenkung zur Verfügung. Reichten aufgrund länger andauernder niedriger Wasserführung der Werra beide Entsorgungswege nicht aus, konnten Teilmengen der Salzabwässer per LKW und/oder Bahn zu geeigneten Gruben oder Gaskavernen transportiert und dort entsorgt bzw. für Verwahrungsarbeiten genutzt werden.

Hydrologisch war das Jahr 2018 gekennzeichnet durch eine für die Monate Januar bis April übliche Wasserführung der Werra. In dieser Zeit konnten alle anfallenden Salzabwässer über die Einleitung in die Werra entsorgt werden. Ab Mitte Mai setzte dann eine bis Mitte Dezember reichende Phase mit niedriger bis sehr niedriger Wasserführung ein. Die Einleitmengen in die Werra sanken daher drastisch ab und die Versenkung wurde ab Mitte Mai kontinuierlich in Anspruch genommen. Ab Mitte des Jahres wurde dann auch der Transport von Halden- und Prozessabwässern erheblich gesteigert. Dennoch stiegen die Salzabwassermengen in den Stapelbecken weiter an, sodass trotz Ausschöpfung aller verfügbaren Ressourcen für eine standortferne Entsorgung, die Standorte Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach aus der Produktion genommen werden mussten, um einen weiteren Anstieg in den Becken zu verhindern. Infolge der stark verringerten Einleitungsmöglichkeiten in den Monaten August, September und Dezember kam es zu einer 38-tägigen (Wintershall), 23-tägigen (Hattorf) bzw. 3-tägigen (Unterbreizbach) Produktionsunterbrechung.

Daher hat K+S weitere Maßnahmen zur Abwasserentsorgung erarbeitet. Für die temporäre Einstapelung von Salzlösungen im Grubenfeld Springen (Bergwerk Merkers) sowie zur Einleitung von Prozess- und Haldenwasser in das stillgelegte K+S-Bergwerk Bergmannsseggen-Hugo (Region Hannover) liegen Genehmigungen vor. Darüber hinaus wird eine weitere Kaverne des Untergrundgasspeichers (UGS) Bernburg durch die Flutung mit gesättigtem Salzwasser aus der Kaliproduktion des Werks Werra verwahrt. Hinzu kommt der kontinuierliche Ausbau von Speicherbeckenkapazitäten vor Ort, um die Flexibilität des Abwassermanagements weiter zu erhöhen.

Im Jahr 2018 wurden im Rahmen der Kurzfristmaßnahmen in Summe rund 1,18 Mio. m³ per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben, Gaskavernen, zur DEUSA und zur innerbetrieblichen Verwertung transportiert. Der Anteil an reinem LKW-Transport lag bei rund 23,5 %, an reinem Bahntransport bei rund 52,7 % und der Anteil an gemischtem LKW- und Bahntransport bei rund 23,8 %.

Insgesamt wurden die Transporte in 2018 gegenüber 2017 deutlich ausgeweitet. In Tab. 1 sind die im Jahr 2018 transportierten Mengen an Haldenwasser und Prozesswasser zu den einzelnen Lokationen wiedergegeben.

Tab. 1: Im Jahr 2018 per Bahn und LKW transportierte Mengen von Halden- und Prozesswasser

Zielort	Haldenwasser [m ³]	Prozesswasser [m ³]
Bergmannsseggen-Hugo	624.171	149.266
Bernburg	-	191.208
Mariagluck	81.667	-
GSES	3.561	68.014
DEUSA	-	8.801
Unterbreizbach (innerbetriebliche Verwertung)	-	51.673

2 Stand der Umsetzung des Maßnahmenprogramms

Im Maßnahmenprogramm wurde unter dem Namen „**Masterplan Salzreduzierung**“ eine Maßnahmenkombination festgelegt, mit der die Einhaltung der Zielwerte des Zielwertkonzeptes im Oberflächenwasser gesichert sowie die Einhaltung des Verschlechterungsgebotes im Grund- und Oberflächenwasser gewährleistet wird und eine nachteilige Veränderung der Beschaffenheit des Grundwassers nicht gegeben ist. Zuständig für die Erteilung der erforderlichen Genehmigungen ist das jeweils zuständige Bundesland. Verantwortlich für die Umsetzung der Maßnahmen zur Reduzierung der Salzbelastung ist das den Bergbau und die Kali-Produktion betreibende Unternehmen K+S.

Die **drei zentralen Maßnahmen** dieser Maßnahmenkombination sind:

1. Bau und Inbetriebnahme einer **Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)** mit dem Ziel, die Salzabwassermenge um 1,5 Mio. m³/a zu reduzieren
2. **Einstapeln und Versatz** zur Verbringung von Produktionsabwasser nach Untertage
3. **Haldenabdeckung** der bestehenden und der künftigen Halden zur Reduzierung und Vermeidung von Haldenabwässern

Zusätzlich umfasst der Masterplan folgende Maßnahmen:

- F+E-Vorhaben
- Flankierendes Monitoring

Zur Absicherung vorhandener Unsicherheiten bzgl. der Erreichung der vorgegebenen Zielwerte wurden erforderlichenfalls **weitere optionale Maßnahmen** in das Maßnahmenprogramm aufgenommen:

- Produktionsdrosselung (nach Überprüfung des Erfordernisses)
- Bau und Betrieb eines temporären Werra-Bypasses (nach Überprüfung des Erfordernisses)

Die **Einstellung der Versenkung** ist die einzige Maßnahme, die den Zustand im Grundwasser dauerhaft verbessert. Daher wird die Versenkung innerhalb des zweiten Bewirtschaftungszeitraums (bis Ende 2021) vollständig und dauerhaft eingestellt.

Die Überprüfung, ob die Maßnahme Bau und Betrieb eines temporären Werra-Bypasses bzw. der Ersatz durch alternative Maßnahmen erforderlich wird, erfolgt erst im Jahr 2019.

Die Überprüfung, ob die Maßnahme Produktionsdrosselung bzw. der Ersatz durch alternative Maßnahmen erforderlich wird, erfolgt erst im Jahr 2020.

Im Folgenden wird der Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen auf Grundlage des Sachstandsberichts von K+S (Anhang 10.1) und weiteren Informationen aus den Ländern zusammenfassend dargestellt. Die optionalen Maßnahmen „Werra-Bypass“ und „Produktionsdrosselung“ werden ggf. nach Feststellung des Erfordernisses ab 2019 ergänzt.

In den Tabellen wird der Stand unterschieden nach

- Maßnahme abgeschlossen (✓),
- Maßnahme im Zeitplan der FGG Weser (grün),
- Maßnahme verzögert ohne Gefährdung des Enddatums (gelb),
- Maßnahme verzögert mit Gefährdung des geplanten Enddatums (rot).

Bei Verzögerungen sind Begründungen und das geplante neue Enddatum angegeben.

2.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)

Durch die Inbetriebnahme der KKF-Anlage am Standort Hattorf des Werks Werra im Januar 2018 reduziert sich die Salzabwassermenge des Werks Werra zukünftig um 1,5 Mio. m³/a. Zugleich ermöglicht die KKF-Anlage die Rückgewinnung von Wertstoffen aus dem Salzabwasser. Es werden an zusätzlich verkaufsfähigen Produkten ca. 130 Tt KCl/a und ca. 130 Tt MgSO₄/a erwartet.

Der Probetrieb der Anlage wurde am 02.01.2018 gestartet und zum 30.06.2018 verfahrenstechnisch

abgeschlossen. Seitdem befindet sich die Anlage im störungsfreien Regelbetrieb. Zurzeit werden die Optimierungspotentiale (Optimierung fest-flüssig-Trennung und Optimierung der Anlagen im Sulfatbetrieb) umgesetzt.

2.2 Haldenabdeckung

Zur Verminderung der anfallenden Haldenwassermengen sind an den jeweiligen Standorten verschiedene Maßnahmen geplant. Hierzu zählen die Verfahren der Dünnschichtabdeckung an den Halden der Standorte Hattorf und Wintershall, der innovative Erosionsschutz am Standort Neuhoof-Ellers sowie die Errichtung von Poldern auf allen genannten Halden. Im Rahmen der Haldenabdeckung sollen die aktuell beschütteten Rückstandshalden sowie die geplanten Haldenerweiterungen am Werk Werra abgedeckt werden. Die Abdeckung soll während der Produktionsphase beginnen und in der Nachbetriebsphase abgeschlossen werden.

Die Beschüttung einer kurzen Haldenflanke (Kleinversuch) im Rahmen des Versuchsbetriebs zur Haldenabdeckung in Hattorf wurde zum Ende des Jahres 2018 abgeschlossen. Die anschließende Initiativbegrünung zeigte bereits im November erste Keimlinge auf. Die Begrünung der Fläche wurde für das Frühjahr 2019 vorgesehen. Erste Versuchsergebnisse aus dem Jahr 2019 werden dann ausgewertet, zu einem Bericht zusammengefasst und später auch in die Antragsunterlagen zum Großversuch (Betriebsversuch) eingearbeitet.

Die Planungen für den Großversuch (Betriebsversuch) an der Halde Wintershall wurden fortgeführt. Für die technischen Anlagen von der Anlieferung/Lagerung des Abdeckmaterials bis zum Abwurf des befeuchteten Abdeckmaterials auf die Haldenflanke ist die Durchführung eines förmlichen Genehmigungsverfahrens nach Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) mit Öffentlichkeitsbeteiligung aufgenommen worden. Die Antragsunterlagen hierzu werden mit den Erkenntnissen aus dem bisherigen Versuchsbetrieb überarbeitet und zeitnah eingereicht. Seit Anfang 2018 werden Informationsveranstaltungen zur vorgesehenen Abdeckung der Großhalden in den benachbarten Gemeinden durchgeführt.

Um möglichst zeitnah mit dem Abdeckvorgang zu beginnen, werden, als temporäre Maßnahme auf Plateaubereichen, die kaum noch Setzungen unterliegen und auch vom laufenden Beschüttungsbetrieb nicht tangiert werden, Polderflächen errichtet. Die Polderflächen werden mit einer Kunststoffdichtungsbahn ausgelegt. In den so abgedeckten Bereichen wird das Niederschlagswasser zu 100% abgefangen, bleibt somit unbelastet und wird direkt vom Haldenplateau abgeleitet. Der Einsatz solcher Becken ist jedoch nur auf ebenen Flächen möglich und die Lebensdauer dieser Polder ist begrenzt. Zunächst wird ein 1ha großer Pilotpolder auf der Halde Hattorf errichtet. Basierend auf den Erfahrungen dieses Polders werden in den Folgejahren weitere Polder auf den Haldentops gebaut. Die Zulassung des Sonderbetriebsplans für den Pilotpolder sowie ein Wasserrecht für die Entsorgung der erfassten Niederschlagswässer lagen bis Ende 2018 vor. Die Vergabe an eine bauausführende Firma erfolgte ebenfalls bis Ende 2018, so dass die Baumaßnahme in 2019 begonnen werden kann. Die Maßnahme gilt als Startschuss für die Errichtung von insgesamt 9,5 ha Polderfläche auf dem Haldentop Hattorf, 4,5 ha auf dem Haldentop Wintershall und 4 ha auf dem Haldentop Neuhoof. Im weiteren Verlauf wird eine Dünnschichtabdeckung auf die Haldenflanken aufgebracht, die anschließend ebenfalls bis auf die Plateauflächen erweitert wird. Dazu müssen die Polder vor Beschüttung der jeweiligen Flächen zurückgebaut werden. Mit dem Bau von Poldern wird der geforderte Zeitplan einer Abdeckung ab 2021 (BWP Salz 2015) vorfristig eingehalten.

Im Werk Neuhoof-Ellers wurden die Pilotprojekte zur Untersuchung innovativer Erosionsschutz-/Haldenwasserminimierungsmaßnahmen und die vorbereitenden Forschungsarbeiten zur Entwicklung einer innovativen Erosionsschutzschicht (IES) in Q4/2018 planmäßig abgeschlossen. Zur Beobachtung der Schichtbildungsprozesse und Schichteigenschaften wurden daraufhin 2018 die Errichtung eines Probefeldes auf dem Haldentop der Halde Neuhoof-Ellers sowie zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung die Installation und der Betrieb einer Lysimeteranlage inkl. Wetterstation beantragt. Mit der Umsetzung der Lysimeteranlage konnte auf der Basis der bergrechtlichen Teilzulassung in 2018 planmäßig begonnen werden.

Der Umsetzungsstand der einzelnen Maßnahmenschritte ist Tab. 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Stand der Umsetzung der Haldenabdeckung (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2018, Anhang 10.1)

Haldenabdeckung Hattorf und Wintershall		Durchführungszeit- raum lt. MNP Salz	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 10.1)		Stand
			Beginn	Ende	
2.1	Lysimeterversuche		2011	2017	✓
2.1.1/2.1.2	Planung/Genehmigung	2013 - 06.2016	2011	2013	✓
2.1.3	Bau	12.2016 - 10.2017	2013	2013	✓
2.1.4.	Betrieb	Ab 11.2017	2013	2017	✓
2.2	Pilotprojekte (Halbtechnischer Ver- such)	2016 - 2020	2014	2020 ff.	
2.2.1	Prüfung der Materialverfügbarkeit		2015	2016	✓
2.2.2	Chemische Analyse möglicher Aus- gangsstoffe		2015	2017	✓
2.2.3	Analysen der Stoffgemische		2015	2017	✓
2.2.4	Technische Entwicklungen		2015	2017	✓
2.2.5	Versuche zur Schwermetallfällung Fällung der Schwermetalle aus dem Haldenwasser im AFZ		2015	2017	✓
2.2.6	Einreichung der Antragsunterlagen ¹⁾ 1) Rodungsantrag, 2) SBP Flächenvorbereitung 3) SBP Beschüttung 4) Genehmigung der Beschüttung ¹⁾		1) 01/2015 2) 02/2016 3a) 12/2015 3b) 03/2016 3c) 07/2016 3d) 08/2017	1) 2015 2) 08/2017- 05/2018 3) Q2/2018 4) 06/2018 ¹⁾	✓
2.2.7	Beschüttung /Begrünung		Q3/2018	Q4/2018 Q2/2019	
2.2.8	Erkenntnisgewinn aus dem Versuch		2018	2020 ff.	
2.3	Großversuch	2018 - 2021	2016	2021 ff.	
2.3.1	Erarbeitung der Antragsunterlagen (Versuchsort Halde Wintershall)		2016	2018 ₂₎	
2.3.2	Einreichen der Antragsunterlagen (Ver- suchsort Halde Wintershall)		2018	2019	
2.3.3	Genehmigungsverfahren (Versuchsort Halde Wintershall)		2018	2019	
2.3.4	Beschüttung (Versuchsort Halde Win- tershall)		2019 ff.		
2.3.5	Monitoring der Stoffflüsse (Versuchsort Halde Wintershall)		2019 ff.		
2.3.6	Erkenntnisgewinn aus dem Versuch (Versuchsort Halde Wintershall)		2019 ff.		
2.4	Regelbetrieb (Betriebsphase)	2021 - 2075	2021	2075	
2.4.1	Plateaubdeckung mit Polderbau		2018 ₃₎		
2.4.2	Flankenabdeckung		2024		

2.5	Pilotprojekte zur Untersuchung innovativer Erosionsschutz- / Haldenwasserminimierungsmaßnahmen (Halde Neuhof)		2016	2018	✓
2.6	Beginn der Umsetzung innovativer Erosionsschutz- und Haldenwasserminimierungsmaßnahmen (Halde Neuhof)		2018 ⁴⁾	2018 ff	
2.6.1	Chemisch—physikalische (Labor-)Untersuchungsergebnisse u.a. zur Auswahl geeigneter Zuschlagsstoffe und zum Nachweis der Herausbildung einer „Innovativer Erosionsschutz-Schicht“. (IES)		Q2/2018	Q4/2018	✓
2.6.2	Planung und Beantragung eines IES-Probefeldes auf dem Haldentop Von Aufbau und Betrieb Lysimeteranlage zum Funktionsnachweis		Q2/2018	Q3/2018	✓
2.6.3	Aufbau und Betrieb Lysimeteranlage		Q4/2018	2018ff	
2.6.4	Umsetzung IES-Abdeckung beginnend mit Probefeld		Q4/2018	2018 ff	



abgeschlossen



Im Zeitplan



Verzögerung, Enddatum kann gehalten werden



Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

- 1) Das Sonderbetriebsplanverfahren zur Durchführung des Halbtechnischen Versuches zur Haldenabdeckung in Hattorf (Beschüttung) hat ca. 2 1/2 Jahre in Anspruch genommen.
- 2) Fertigstellung noch offen, da Pilotversuch noch nicht begonnen/abgeschlossen.
- 3) Errichtung des 1. Versuchspolders in Hattorf.
- 4) Keine Berücksichtigung der Genehmigungsphase im MNP

2.3 Einstapeln und Versatz

Im Hinblick auf die Produktionsabwässer ist eine Verbringung nach Untertage als Lösung oder durch Zugabe von Zuschlagsstoffen in verfestigter Form vorgesehen. Infolge der in der neuen KKF-Anlage stattfindenden Reduzierung der Produktionsabwässer um 1,5 Mio. m³/a verbleibt eine Restmenge in einer Größenordnung von ca. 3,1 Mio. m³/a, die zu entsorgen ist (FGG Weser, 2016b).

2018 wurden folgende Maßnahmenvarianten untersucht:

- Maßnahme A: Einstapeln von Salzlösungen
- Maßnahme B: Einbringen unter Zugabe von Zuschlagstoffen in verfestigter Form

Die dritte Maßnahmenvariante C, das Dickstoffverfahren, wird von K+S bereits seit 1992 am Standort Unterbreizbach in einer Anlage zur Verwertung von bergbaufremden Abfällen als Versatzmaterial betrieben.

Für diese drei Maßnahmenvarianten sind folgende weitere Umsetzungsschritte vorgesehen:

- 2016 – 2020: Untersuchung ergänzender Maßnahmen zur Entsorgung von Produktionsabwässern in Grubengebäuden in der Region

- Ab 2021: Umsetzung der ergänzenden Maßnahmen zur Entsorgung von Produktionsabwässern in ausgewählten Grubengebäuden

Die Dokumentation der Ergebnisse aus Arbeitspaketen interner und externer Untersuchungen erfolgte in vier umfangreichen Berichten (BAND I-IV):

- Band I: Grundlagen – Untersuchungen zur Einstapelung und zum Versatz von Prozesswässern in Grubenhöhlräumen im hessisch-thüringischen Werra-Fulda-Kalirevier der Werke Werra und Neuhof
- Band II. Technische Konzepte zur Konditionierung und Identifizierung potenzieller und verfügbarer Einstapelareale der Werke Werra und Neuhof
- Band III.1: Einbringen von Prozesswässern nach unter Tage am Beispiel des Grubenfeldes Springen -Interne Ausarbeitung
- Band III.2: Einbringen von Prozesswässern nach unter Tage am Beispiel des Grubenfeldes Springen -Externe Konzeptstudien
- Band IV: Zusammenfassende Bewertung der vorgestellten Maßnahmen
- Die Bände I, II, III.1 und III.2 wurden bis Ende 2018 fertiggestellt. Band IV lag bis Ende 2018 noch nicht vor.

Tab. 3: Stand der Umsetzung der Maßnahme Einstapeln und Versatz (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2018, Anhang 10.1)

Stand der Umsetzung der Maßnahme Einstapeln und Versatz		Durchführungszeitraum lt. MNP Salz	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 10.1)		Stand
			Beginn	Ende	
3.1	Untersuchung	2016 – 2020			
3.2	Planung und Genehmigung	2019 – 2020			
3.3	Umsetzung	2021 – 2060			

abgeschlossen

Im Zeitplan

Verzögerung, Enddatum kann gehalten werden

Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

Die Inhalte zum Stand der Wissenschaft und zum Stand der Technik weltweit sowie die wechselseitigen Themenkomplexe Geologie, Gebirgsmechanik und Geochemie aus dem **Band I** wurden mit den hessischen und thüringischen Behördenvertretern sowie den hessischen Behördengutachtern diskutiert und die Ergebnisse dieser Besprechung wurden in die Endfassung eingearbeitet.

Die im Zeitplan nachfolgenden Bände II, III.1 und III.2 wurden zum Ende des 3. Quartals 2018 fertiggestellt. Die zu Band I analoge Diskussion mit den hessischen und thüringischen Behördenvertretern sowie den hessischen Behördengutachtern wurde bereits initiiert.

Basierend auf den Untersuchungen und Ergebnissen des Bandes I, sind im **Band II** potentielle Einstapelareale an den Standorten Neuhoft-Ellers und Werra identifiziert und bewertet worden. Die Auswahl dieser potentiell geeigneten Areale erfolgte unter Berücksichtigung von geowissenschaftlichen Kriterien, die in einem separat entwickelten Sicherheits- und Nachweiskonzept dokumentiert sind. Für die jeweiligen potentiellen Einstapelareale wurden im Rahmen der Ausarbeitung geologische Kurzcharakterisierungen dargestellt.

Das Einstapelvolumen im gesamten Grubenfeld Springen beträgt 35 bis 40 Mio. m³.

Bezüglich der Einstapelmöglichkeiten in weiteren Gruben außerhalb Springen sind im Band II auch potentielle Areale an den Standorten Neuhoof-Ellers und am Standort Werra in den Grubenfeldern Hattorf-Wintershall, Unterbreizbach und Merkers untersucht worden.

Danach ergeben sich folgende potentielle Einstapelareale:

- Neuhoof-Ellers: 82 Mio. m³ Brutt Hohlräumvolumen
- Standort Hattorf-Wintershall: 80,1 Mio. m³ Brutt Hohlräumvolumen
- Unterbreizbach: 0,1 Mio. m³ Brutt Hohlräumvolumen

Die weiteren detaillierten Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass für die Maßnahmen A bzw. B ca. 14,5 Mio. m³ Brutt Hohlräumvolumen und für die Maßnahme C ca. 2,3 Mio. m³ Brutt Hohlräumvolumen als verfügbar abgeschätzt werden. Dies entspricht nur ca. 10 % der vorgenannten potentiellen Areale.

Damit sind die vorgenannten potentiellen Einstapelareale für die Aufgabenstellung eines möglichst vollständigen untertägigen Einstapelns von Prozessabwässern im regionalen Umfeld des Werks Werra aufgrund ihres jeweiligen fördertechnischen Anschlusses sowie der jeweils erforderlichen langzeitsicheren Kapselung gegenüber den übrigen luftgefüllten Grubenhohlräumen nicht zielführend. Daher wurde in einem nächsten Schritt die Möglichkeit des Einstapelns in ein komplettes Grubenfeld am Beispiel der Grube Springen im **Band III.1** (interne Ausarbeitung der K+S) und **Band III.2** (Konzeptstudie der Fa. K-UTECH, Sondershausen) überprüft.

Der Einstapelprozess kann auf Grund der natürlichen Gegebenheiten des Grubenfeldes Springen praktisch in technisch abgegrenzten Teilschritten erfolgen. Im **Band III.1** ist die technisch durchführbare Systematik eines schrittweisen Einstapelns dargestellt. Das vorhandene Hohlräumvolumen des Grubenfeldes Springen stellt einen technisch realisierbaren Lösungsweg für die Verbringung der Prozessabwässer in der Größenordnung von ca. 40 Mio. m³ dar.

Der Aufbau eines gebirgsmechanischen Modells für eine Baufeldbewertung durch IfG Leipzig wurde bereits beauftragt. Durch das Modell erschließt sich die Möglichkeit der Prüfung der Eignung der einzelnen Teilfelder des Grubenfeldes Springen für das Einstapeln unter Tage. Die Ergebnisse werden im 1. Quartal 2019 erwartet. Nach Vorliegen der Ergebnisse, die für das Genehmigungsverfahren erarbeitet und erforderlich sind, wird eine Aussage zum verträglichen Einstapeln unter Tage, ohne Auswirkungen auf die Schutzgüter, wie z. B. die Tagesoberfläche, möglich sein.

Im **Band III.2** wurde ein zeitnah zu realisierendes sowie ökologisch und ökonomisch vertretbares Konzept für die Verbringung von MgCl₂-reichen Prozesswässern in Form eines vollständigen Einstapelns in geeignete Grubenhohlräume des Grubenfeldes Springen untersucht.

Der Markscheidesicherheitspfeiler zwischen den Gruben Springen und Wintershall wird im Auftrag von K+S durch die Firma ERCOSPLAN einer Bewertung unterzogen. Der Bericht wird in **Band IV** einfließen.

Nach dem Vorliegen der oben genannten Ergebnisse einer gebirgsmechanischen Baufeldbewertung werden diese in die Antragsunterlagen zum Genehmigungsverfahren einfließen. Für das Vorhaben des Einstapelns von Prozessabwässern in untertägige Hohlräume im Grubenfeld Springen ist bei Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeilers der Staatsvertrag zum grenzüberschreitenden Abbau von Salzen im Werra-Kalirevier, der im Jahr 1996 zwischen dem Land Hessen und dem Freistaat Thüringen vereinbart wurde, zu berücksichtigen. Diese Thematik wird ebenfalls im **Band IV** (Februar 2019) näher betrachtet.

2.4 F+E-Vorhaben

Zur Weiterentwicklung von alternativen Maßnahmen sind von K+S Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (F+E-Vorhaben) vorgesehen, die auf einen nachhaltigen Gewässerschutz und eine wissenschaftliche Begründung angestrebter Zielsetzungen abzielen.

Aufbauend auf einem Vorbericht zu den „F+E-Vorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015 – 2021“ wird es jeweils am Ende des 1. Quartals eines jeden Jahres einen Jahresbericht zu den F+E-Vorhaben, bezogen auf das Vorjahr, geben. Der Jahresbericht 2018 wurde zum Ende des ersten Quartals 2019 fertiggestellt (Anhang 10.2). In diesem Bericht werden der erzielte Fortschritt bei den einzelnen

Projekten erläutert und soweit möglich technische Reduzierungspotentiale in Bezug auf die Salzabwassermenge und/oder der darin enthaltenen Salzfracht eingeschätzt. Sollten neue F+E-Vorhaben im Laufe der Zeit hinzugekommen sein, so werden diese ebenfalls mit in die Jahresberichterstattung aufgenommen. 2018 hat K+S verschiedene Projekte zur Rückstandsreduzierung initiiert. Dazu gehören die Verwendung von Löserückstand an alternativen Betriebsstandorten, Steinsalzvorbrennungen und weitere optische Sortierungen unter Tage. Tab. 4 gibt eine Übersicht der in 2018 in Planung oder Umsetzung befindlichen F+E-Vorhaben mit Angaben zum Projektzeitraum.

Tab. 4: Stand der in Planung oder Umsetzung befindlichen F+E-Vorhaben mit Angaben zum Projektzeitraum (gem. Sachstandsbericht K+S, Anhang 10.1)

Laufende und geplante F+E-Vorhaben		Geplantes Ende der aktuellen Forschung*) gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 10.1)	Planungsstand
1	Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA-Verfahrens		
1.1	ESTA Freifallscheider verbessern		
1.2	Neukonzept 'Staub'ESTA	2019	
1.3	Steinsalzvorbrennung u.T.	2020	
2	Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge		
2.1	Versuche zur Sylvin-Flotation in der KKF-Anlage Hattorf	2019	
2.2	Klassierverfahren in der KKF	Q2/2018	✓
2.3	Konditionierungsmittelversuche ESTA Hattorf	kontinuierlich	
2.3.1	Untersuchung alternativer Konditionierungsmittelregime für die CMg-Stufe der ESTA NE	kontinuierlich	
3	Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren		
3.1	Beauftragung der K-UTEC resultierend aus Machbarkeitsstudie Einstapelung von MgCl ₂ -reichen Prozesslösungen mit Verfestigung in Grubenhohlräumen	2018	
3.2	Eindampfversuche im Rahmen von Einstapelung von Salzabwässern (Konzentrationsniveaus)	2018	
4	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung		
4.1	Schütttechnikversuche Werk Neuhoef-Ellers		✓
4.2	Überlegungen zu Verbesserung der Basisabdichtung	2020	
5	Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren		
5.1	Überwachung der Sättigungsverhältnisse im Lösebetrieb	2019	
6	Prüfung von Membranverfahren		
6.1	Nanofiltration (2. Teilprojekt)	Ende 2018	
6.2	Membrandestillation - Machbarkeitsstudie	Ende 2018	
7	Optimierung der Fest/Flüssigtrennung		
7.1	Aufbereitung von Rückständen des Kieseritbetriebes am Standort Wintershall		✓
7.2	Untersuchungen zur Optimierung der Eindampfanlage auf Kainit (EDA-Kainit) am Standort Wintershall		✓
8	Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen		
8.1	Versuche zur Haldenabdeckung: HVH	offen	
8.2	Innovativer Erosionsschutz Halde Neuhoef	2019	
8.3	Polder auf Haldentop in Hattorf	2019	
9	Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung		
9.1	Optimierung der Kieseritausbeute bei der elektrostatischen Aufbereitung am Standort Hattorf (Filtertuch)		✓

Laufende und geplante F+E-Vorhaben		Geplantes Ende der aktuellen Forschung*) gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 10.1)	Planungsstand
9.2	Optimierung der Leonitumsetzung am Standort Wintershall (Verdrängung von Haftlösung)		✓
9.3	Prozessanalytik, Prozessanalysetechnik (PAT)	kontinuierlich	
9.4	Aufbereitung von Rückständen des Löse- und Kieseritbetriebes am Standort Hattorf		✓
9.5	Möglichkeiten der Verarbeitung und Verwertung von Beckensalzen im Lösebetrieb Wintershall		✓
9.6	Wertstoffrückgewinnung in optischen Verfahren aus der Tonfraktion am Standort NE	2018	✓
10	Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen		
10.1	KKF Kainit substituiert Kieserit, Versuch in der Sulfatanlage HA	Ende 2018	
10.2	Verwendung von Langbeinit aus EDA für die Sulfatherstellung WI (Machbarkeitsstudie zur Nassklassierung mittels Zyklon)	Ende 2018	
11	Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder		
11.1	Baustoff Sorelzement		✓
11.2	Endlaugenkalk - Walddüngung		✓
11.3	Entwicklung eines Magnesiazementschaums und einer Applikationsapparatur	2019	
12	Optimierung der Salzsteuerung		
12.1	Entwicklung eines automatisierten Probenvorbereitungssystems für PAT	2018	
12.2	ICP-Messraum, Teilprojekt Redundanz zur Störfallabsicherung durch Einbindung des 2. ICP-OES	Q2 / 2018	✓
13	Sonstiges		
13.1	Versuche zur Mobilisierung von geogen vorhandenen Spurenbestandteilen im Boden	offen	
13.2	Versuche zur Abbindung von Salzabwässern mit Zuschlagstoffen	Ende 2018	
13.3	Versuche zum analytischen Nachweis und Abbau von organischen Aufbereitungshilfsstoffen	2019	

✓ abgeschlossen

 Im Zeitplan

 Verzögerung, Enddatum kann gehalten werden

 Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

*) Sachstandsbericht 1. Quartal 2019

2.5 Flankierendes Monitoring

Da die aufgeführten Maßnahmen hinsichtlich der Zielerreichung mit Prognoseunsicherheiten behaftet sind, ist ein flankierendes Monitoring eingerichtet worden. Die Prognosesicherheit wird sich jedoch mit der schrittweisen Umsetzung der Maßnahmen zunehmend verbessern.

K+S hat für das flankierende Monitoring ein Konzept vorgelegt, das ein Werksmonitoring (Salz und Produktionswässer) und ein Gewässermonitoring des Grundwassers (Chemie) sowie der Oberflächengewässer (chem.-physikal. Daten, Biologie, Auenmonitoring) in der Region Werra umfasst.

Das Werksmonitoring beinhaltet im Wesentlichen Daten der Werke Neuhof-Ellers und Werra zum Betrieb und zu den Umweltauswirkungen im Rahmen der Entsorgung der festen und flüssigen Rückstände und

den durchgeführten Maßnahmen, das Gewässermonitoring umfasst neben den erfassten Daten ebenfalls die fortlaufende Validierung des ökologischen Bewertungsmaßstabes und der tatsächlichen Entwicklung der Einträge. Die Daten werden periodisch vom Unternehmen K+S erfasst, dokumentiert und den zuständigen Behörden berichtet. Die entsprechende Überprüfung wird in Verbindung mit den Planungen für die Bewirtschaftungsperiode 2021 bis 2027 erfolgen.

Die wichtigsten Ergebnisse des Monitorings 2018 sind in Kapitel 3 dargestellt.

2.6 Beendigung der Versenkung

Um die Bewirtschaftungsziele im Grundwasser erreichen zu können und den diffusen Eintrag in die Werra hinreichend zu reduzieren, ist die Einstellung der Versenkung erforderlich. Die Beendigung der Versenkung ist die einzige Maßnahme, die den Zustand im Grundwasser nachhaltig und dauerhaft verbessert. Infolgedessen wurde die Maßnahme „Einstellung der Versenkung“ in das Maßnahmenprogramm Salz 2015 – 2021 aufgenommen.

Das Regierungspräsidium Kassel hat auf Antrag von K+S eine bis zum 31. Dezember 2021 befristete Versenkerlaubnis erteilt. Die Genehmigung wurde auf 1,5 Mio. m³/a und maximal 5.000 m³/d begrenzt. Eine weitere Versenkerlaubnis zur Fortführung der Versenkung nach dem 31.12.2021 wird gemäß dem Bescheid des Regierungspräsidiums Kassel nicht erteilt werden.

Bis Mitte Mai konnten alle anfallenden Salzabwässer über die Einleitung in die Werra entsorgt werden. Ab dem 16.05.2018 musste die Versenkung wieder kontinuierlich in Betrieb genommen werden und bis Ende des Jahres 2018 wurden in Summe 1.021.770 m³ an Prozessabwässern in den Plattendolomit eingeleitet. Im Vergleich zum Vorjahr wurden damit rund 168.000 m³ weniger versenkt. Eine wesentliche Ursache für diese geringere Versenkmenge im Vergleich zum Jahr 2017 sind die höheren Durchflüsse der Werra in der ersten Jahreshälfte 2018, in der, bis auf eine vergleichsweise geringe Menge im Mai, auf die Versenkung verzichtet werden konnte. Abb. 1 zeigt die monatlichen Versenkmengen der Jahre 2017 und 2018.

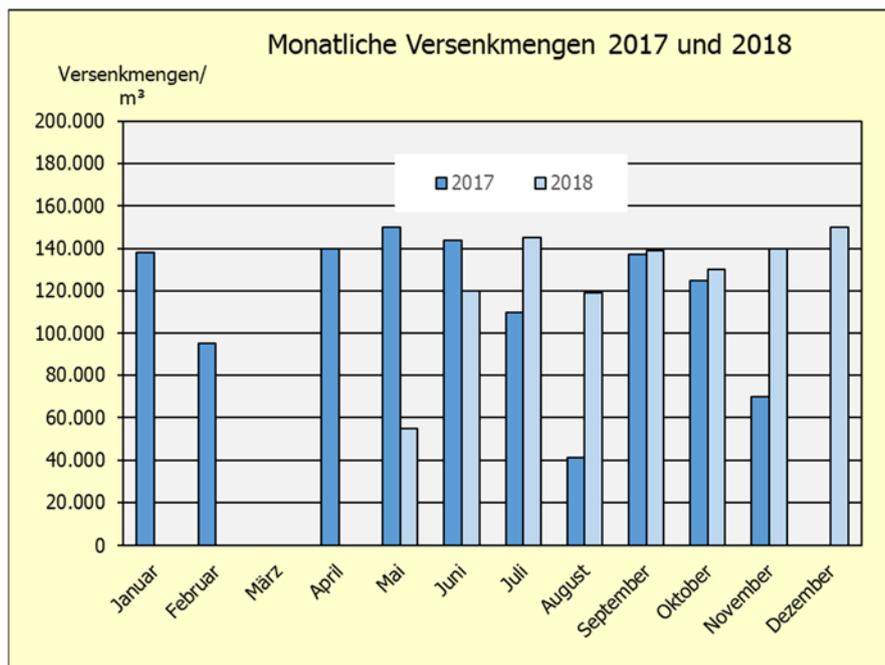


Abb. 1: Monatliche Versenkmengen der Jahre 2017 und 2018

Ergänzend zur Versenkgenehmigung wurden im Jahr 2017 von K+S im Rahmen des sogenannten „Umweltfriedens“ Vereinbarungen mit der Gemeinde Gerstungen sowie dem BUND geschlossen. In der Vereinbarung mit dem BUND hat sich das Unternehmen verpflichtet, auch nach Auslaufen der bis Ende

2021 geltenden Genehmigung, keinen neuen Versenkantrag mehr zu stellen und verzichtet – eine normale Wasserführung der Werra vorausgesetzt – auf bis zu 1 Mio. m³ des für die Jahre 2018 bis 2021 genehmigten Versenkvolumens.

Dabei ist vorgesehen, die Reduktion der jährlich zugelassenen Versenkmenge von 1,5 Mio. m³/a wie folgt zu erreichen:

2018 um 0,1 Mio. m³ auf 1,4 Mio. m³

2019 um 0,2 Mio. m³ auf 1,3 Mio. m³

2020 um 0,3 Mio. m³ auf 1,2 Mio. m³

2021 um 0,4 Mio. m³ auf 1,1 Mio. m³

Die vorstehenden Mengen orientieren sich an einem mittleren jährlichen Abfluss (MQ) der Werra am Pegel Gerstungen von 31,4 m³/s.

Weiterhin ist im Koalitionsvertrag zwischen CDU Hessen und BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN Hessen für die aktuelle 20. Legislaturperiode - Aufbruch im Wandel durch Haltung, Orientierung und Zusammenhalt – nochmals hervorgehoben, dass die Versenkung von Salzabwässern spätestens 2021 zu beenden ist.

Für die Trinkwassergewinnungsanlagen Ulstertal und Meiselsgraben wurde im Genehmigungsbescheid des Regierungspräsidiums Kassel vom 23. Dezember 2016 ein intensives Monitoring verankert. An den beiden Trinkwassergewinnungsanlagen sind monatlich die Hauptinhaltsstoffe (Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogenkarbonat, Sulfat, Chlorid und Nitrat) sowie auf Bromid zu beproben. Die Versenkung ist einzustellen, wenn das Grundwassermonitoring an den Trinkwassergewinnungsanlagen Ulstertal oder Meiselsgraben an drei aufeinanderfolgenden Monats-Messungen eine Chloridkonzentration ≥ 145 mg/l aufzeigt.

Die beiden Trinkwassergewinnungsanlagen Ulstertal und Meiselsgraben wurden gemäß der Nebenbestimmung 1 der Versenkerlaubnis des Regierungspräsidiums Kassel intensiv überwacht. Bei den monatlich durchgeführten Analysen gemäß o.a. Nebenbestimmung wurden die in der wasserrechtlichen Erlaubnis festgesetzten Konzentrationen von 145 mg/l Chlorid im Rohwasser im Jahr 2018 am Brunnen Ulstertal in den Monaten August und Oktober mit 146 und 149 mg/l überschritten. Die anderen Messungen lagen unterhalb des im Bescheid festgesetzten Wertes. Am Brunnen Meiselsgraben lagen die Chloridwerte stets unterhalb des im Bescheid festgesetzten Wertes. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Überwachung der Jahre 2017-2018 für die Parameter Kalium, Magnesium und Chlorid dargestellt (Abb. 2 und Abb. 3).

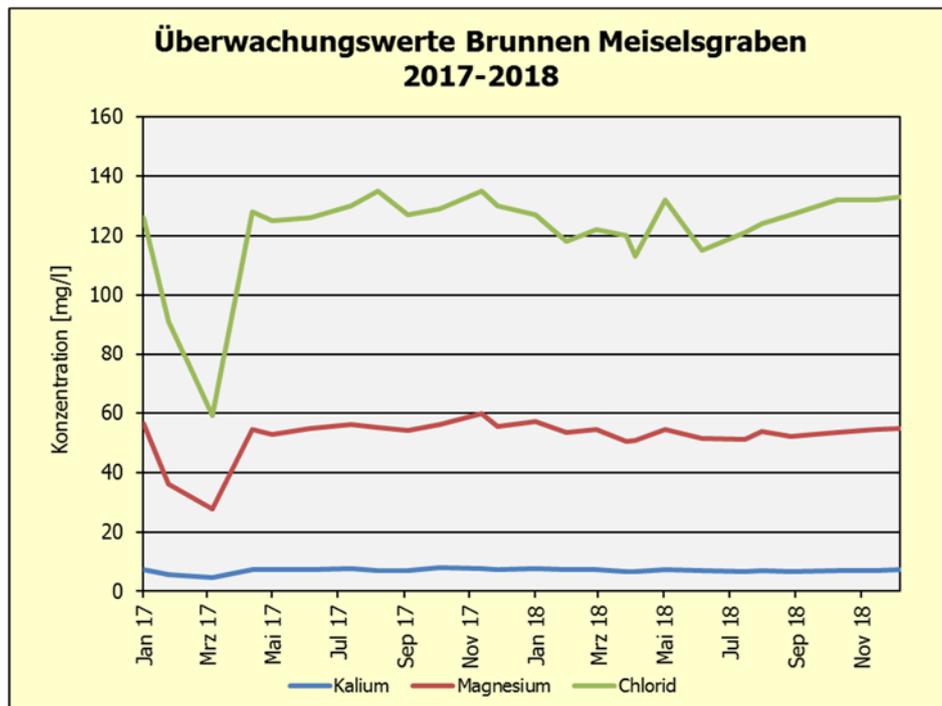


Abb. 2: Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Meiselsgraben 2017 - 2018

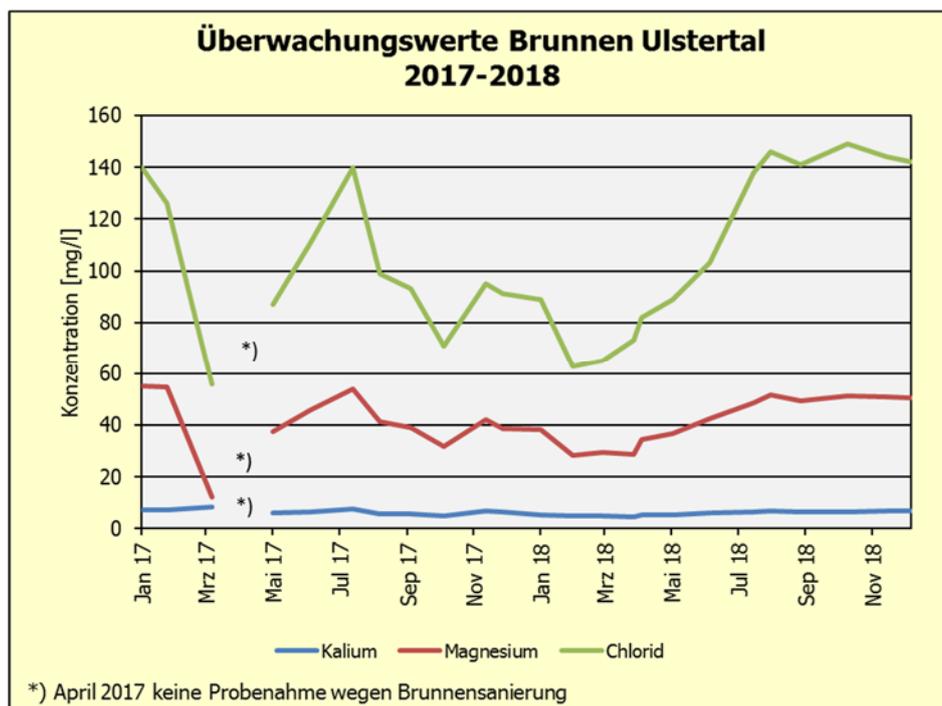


Abb. 3: Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Ulstertal 2017 - 2018

2.7 Risikomanagement

In Kapitel 2.2 und 2.3 ist beschrieben, dass die festgesetzten Maßnahmen zum Teil noch nicht Stand der Technik sind bzw. sich noch im Versuchsstadium befinden. Daher können Risiken bei der Umsetzung z. B. im Hinblick auf technische Umsetzbarkeit, Materialverfügbarkeit oder Genehmigungsfähigkeit bestehen. Aus diesem Grund wurde in der Arbeitsgruppe Salzreduzierung vereinbart, ein Risikomanagement einzuführen, mit dem Ziel, bereits frühzeitig geeignete Gegenmaßnahmen oder Alternativstrategien zu entwickeln. Das Risikomanagement umfasst die Schritte Identifikation (welche Meilensteine sind zeitlich oder inhaltlich risikobehaftet), Analyse und Bewertung (wo liegen technische, ökonomische oder

andere Risiken) und Handhabung bzw. Bewältigung (wie wird frühzeitig auf die Risiken seitens K+S reagiert).

Das Unternehmen hat daraufhin eine Übersicht der möglichen Risiken bei der Umsetzung des MNP Salz erstellt und geeignete Steuerungsmöglichkeiten zum Umgang mit dem jeweiligen Risiko benannt. Dazu wurden in einem ersten Schritt die Risiken mit konkretem Bezug zu den einzelnen Meilensteinen identifiziert. Dann erfolgte eine Bewertung des jeweiligen Risikos sowie die Darstellung frühzeitiger Maßnahmen zur Risikobewältigung z. B. durch noch einzuleitende oder bereits eingeleitete F+E-Vorhaben, eigene Entwicklungen seitens K+S oder die Einschaltung externer Dienstleister.

Diese Risikoübersicht wird regelmäßig fortgeschrieben und die Arbeitsgruppe Salzreduzierung über Änderungen informiert. Die Risikoübersicht ist in Anhang 10.3 dargestellt.

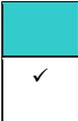
Nach aktueller Auffassung des Unternehmens ist die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt der im Einzelnen genannten Risiken bei der Haldenabdeckung und der Einstapelung unter Tage wenig wahrscheinlich. Aufgrund der Inbetriebnahme der KKF-Anlage im Frühjahr 2018 bestehen hier keine Risiken mehr. Diese Einschätzung des Unternehmens berücksichtigt nicht die Bewertung durch die Genehmigungsbehörde oder deren Fachgutachter.

2.8 Zeitplan des Fortschritts der Maßnahmenumsetzung

Tab. 5 gibt einen Überblick über den Fortschritt der Maßnahmenumsetzung bis Ende 2018 und vergleicht den Umsetzungsstand mit dem festgelegten Zeit- und Maßnahmenplan.

Tab. 5: Vergleich des Umsetzungsstands mit dem festgelegten Zeit- und Maßnahmenplan (FGG Weser, 2016b)

KKF-Anlage	Zeitraum der Umsetzung (Jahr)									
	vor 2016	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023 - 2027	Nach 2027
Planung	✓									
Genehmigung	✓									
Bau										
Betrieb		✓								
Haldenabdeckung	Zeitraum der Umsetzung (Jahr)									
	vor 2016	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023 - 2027	Nach 2027
Lysimeterversuche			✓							
Pilotprojekte										
Großversuch			✓							
Regelbetrieb (geplant) Plateauabdeckung mit Polderbau *) Hangabdeckung										

Umsetzungszeitraum gem. MNP Salz abgeschlossen  fortlaufend nach 2027  im Zeitplan vorfristig  Verzögert ohne Gefahr des Enddatums  Verzögert, Enddatum kann nicht gehalten werden 

*) Maßnahme wurde erst nach dem MNP Salz aufgenommen

Untersuchungen										
Planung und Genehmigung										
Umsetzung										
Rechtliche fachliche Prüfung										
Versagung/Genehmigung der Übergangsregelung										

Umsetzungszeitraum gem. MNP Salz abgeschlossen

fortlaufend nach 2027

im Zeitplan vorfristig

Verzögert ohne Gefahr des Enddatums
 Verzögert, Enddatum kann nicht gehalten werden

3 Auswertung der Monitoringdaten und Beurteilung der Gewässergüte für den Berichtszeitraum 2018

Im Zielwertkonzept der FGG Weser (Anhang 10.4) wurden für den Pegel Gerstungen (Pegel an der Werra, der die Salzeinleitungen des Werkes „Werra“ überwacht) sowie für den Pegel Boffzen (Pegel an der Weser) für die nächsten Bewirtschaftungsperioden zu erreichende Zielwerte als 90-Perzentile für die Parameter Chlorid, Kalium und Magnesium vorgegeben, mit denen bzgl. der Salzbelastung der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potential in den Wasserkörpern der Weser bzw. der bestmögliche ökologische Zustand in den Wasserkörpern der Werra erreicht wird.

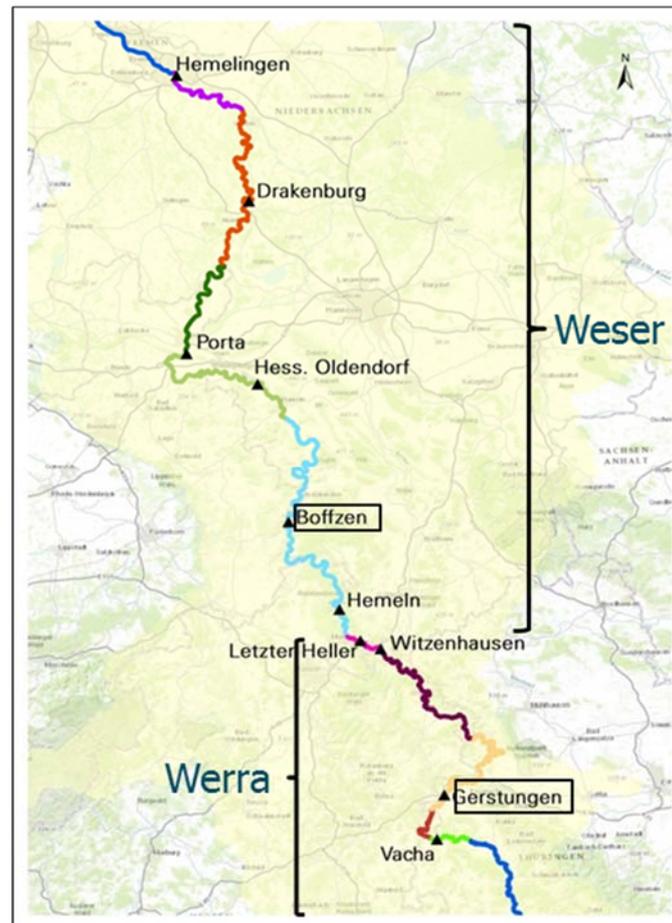


Abb. 4: Messstellen zur Überwachung der Oberflächenwasserkörper bzgl. der Salzbelastung.

Die Farben markieren Wasserkörper im Verlauf von Werra und Weser

Mit der bis zum 31.12.2020 befristeten Erlaubnis zur Einleitung salzhaltiger Abwässer aus dem Werk Werra über die Einleitstelle am Standort Hattorf und die Einleitstelle am Standort Wintershall wurden am Pegel Gerstungen (Bescheid des Regierungspräsidiums Kassel vom 30.11.2015, Az. 31.1/Hef – 79 f 12 – 320/001) folgende Grenzwerte als Maximalwerte festgelegt:

- 90 °dH Gesamthärte
- 2.500 mg/l Chlorid
- 200 mg/l Kalium
- 340 mg/l Magnesium.

Die Einleitung der von der Erlaubnis umfassten Salzabwässer ist nach Menge und Konzentration so vorzunehmen, dass unter Berücksichtigung der Vorbelastung, der diffusen Einträge sowie der erlaubten Einleitung des Werks Neuhoof-Ellers die Grenzwerte nicht überschritten werden (24 h-Mischprobe).

Im Folgenden werden insbesondere die Pegel Gerstungen und Boffzen betrachtet. Die Messstation Gerstungen an der Werra liegt bei Fluss-km 137,8 und war von 1994 bis 2004 fester Bestandteil im Programm zur Qualitätsüberwachung Weser. Seit 2005 werden in Gerstungen nur noch die täglichen Überwachungen im Rahmen des Messprogramm Werra/Ulster auf die Salzparameter Chlorid, Magnesium, Kalium, Sulfat, Gesamthärte, Natrium und Calcium und die Untersuchungen gemäß Thüringer Monitoringprogramm (durch die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG)) durchgeführt. Die für die Ermittlung von Stofftransporten benötigten Abflussdaten werden am Pegel Gerstungen ermittelt. Die vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) betriebene Messstation Boffzen an der Oberweser liegt bei Fluss-km 68,8. An dieser Stelle bestand bereits von 1982 bis 1997 eine Messstation, die zwischenzeitlich zu einer operativen Messstelle zurückgebaut wurde. Mitte 2016 wurde die Station neu eingerichtet und ist seit Oktober 2016 im Regelbetrieb. Die automatisch genommenen Proben werden hauptsächlich im Labor der Betriebsstelle Hannover-Hildesheim des NLWKN analysiert. Die für die Ermittlung von Stofftransporten benötigten Abflussdaten werden am Pegel Höxter ermittelt.

Zur Bewertung der Auswirkung der in Kapitel 2 beschriebenen Maßnahmen werden Salzabwassermengen, Frachten, Abflüsse und Salzkonzentrationen an ausgewählten Messstationen in den Oberflächengewässern (Abb. 4) ausgewertet. Im Folgenden werden exemplarisch die Auswertungen der Daten an den Pegeln Gerstungen und Boffzen (als Kontrollmessstellen) mit den Vorgaben des Zielwertkonzeptes verglichen, bei den unterhalb von Boffzen liegenden Messstellen sind die Salzkonzentrationen aufgrund des höheren Abflusses niedriger.

3.1 Hydrologie

3.1.1 Abflussverhältnisse Werra

Die Abflussdaten des Pegels Gerstungen werden im Rahmen des „Werra/Ulster-Messprogramms“ von der zuständigen hessischen Behörde zur Verfügung gestellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um vorläufige Daten handelt, die noch einer nachträglichen Prüfung und Korrektur unterzogen werden. Die endgültigen Daten werden in der Regel 3 Jahre später u. a. im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch veröffentlicht.

Das Abflussgeschehen der Werra ist geprägt von abflussarmen Sommer- und Herbstperioden sowie von Hochwässern, die zum dominierenden Teil aus der Schneeschmelze resultieren. Hochwässer aus sommerlichen Starkregenereignissen treten oftmals nur sehr lokal begrenzt auf. Am Pegel Gerstungen lag nach drei sehr trockenen Jahren 2015 bis 2017 die Abflusssumme 2018 zwar erstmals wieder über dem langjährigen Mittel (2000 bis 2016), dies aber nur aufgrund eines Hochwassers im Januar.

Ab Mai lagen dann sämtliche monatlichen Abflüsse deutlich, z. T. um mehr als die Hälfte, unter dem langjährigen Mittel (Abb. 5).

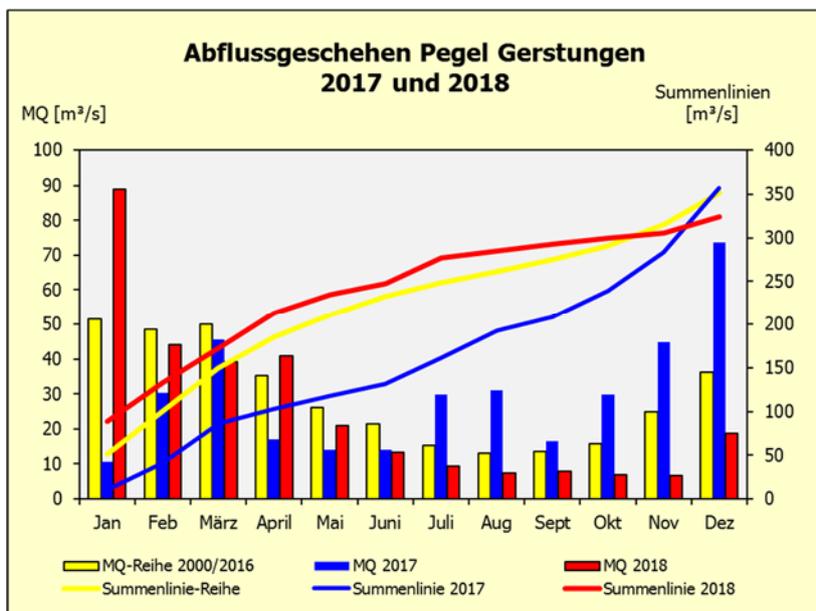


Abb. 5: Vergleich der mittleren Abflüsse 2017 und 2018 mit den langfristigen Mittelwerten am Pegel Gerstungen/Werra

3.1.2 Abflussverhältnisse Weser

Die Abflussdaten des Weserpegels Hötter werden vom Wasser- und Schifffahrtsamt Hann. Münden zur Verfügung gestellt. Die Abflussdaten von Boffzen werden mit einem entsprechenden Faktor aus den Abflussdaten des Pegels Hötter abgeleitet.

Das Abflussgeschehen in der Weser ist in den meisten Jahren durch hohe Abflüsse im Winter und eine Niedrigwasserperiode von Juni bis Oktober gekennzeichnet. Wie an der Werra war der Winter 2018 geprägt durch das Hochwasser im Januar, danach lagen in allen Monaten, mit Ausnahme des Aprils, die monatlichen Mittel am Pegel Boffzen deutlich unterhalb der langjährigen Mittel (2000–2016) (Abb. 6).

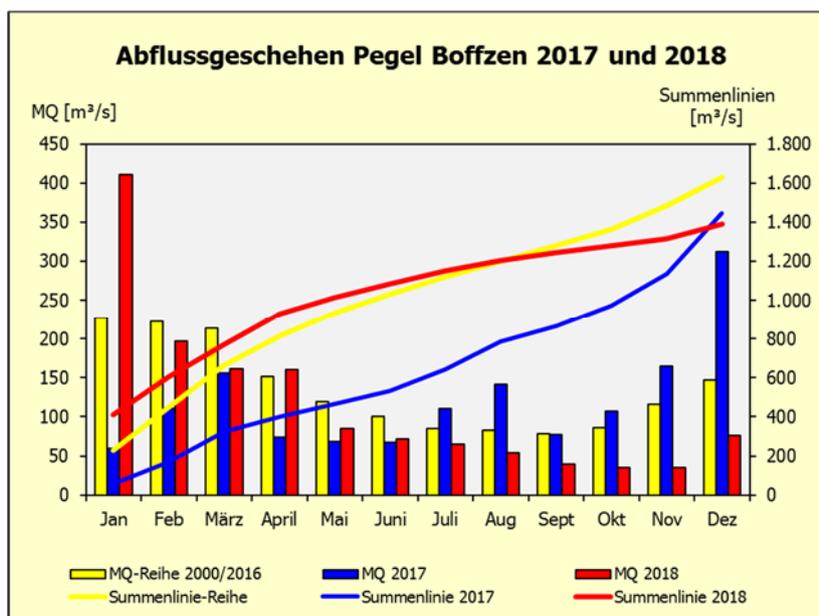


Abb. 6: Vergleich der mittleren Abflüsse 2017 und 2018 mit den langfristigen Mittelwerten am Pegel Boffzen/Oberweser, abgeleitet aus den Abflussdaten des Pegels Hötter

3.2 Rohsalzverarbeitung

Im Werk Werra und im Werk NeuhoF-Ellers wurden im Jahr 2018 in Summe rund 21,3 Mio. t Rohsalz in den Fabrikbetrieben verarbeitet. Diese Menge liegt rund 4 % unter der Verarbeitungsmenge des Vorjahres 2017. Die geringere Verarbeitungsmenge resultierte aus längeren Produktionsstillständen an den Standorten Hattorf und Wintershall in den Monaten August und September und war eine Folge der langanhaltenden niedrigen Wasserführung der Werra und der daraus resultierenden eingeschränkten Entsorgungsmöglichkeit der Salzabwässer.

Bei der Rohsalzzusammensetzung bzgl. Kaliumchlorid (KCl), Magnesiumchlorid (MgCl₂), Magnesiumsulfat (MgSO₄) und Natriumchlorid (NaCl) traten, im Vergleich zu den Vorjahren, geringfügige Änderungen ein. So gingen die Wertstoffgehalte an KCl und MgSO₄ leicht zurück und die nicht weiter verwertbaren Bestandteile NaCl und MgCl₂ nahmen entsprechend zu. In Tab. 6 sind die Verarbeitungsmengen sowie die Rohsalzzusammensetzungen dargestellt.

Tab. 6: Rohsalzverarbeitung und Rohsalzzusammensetzung der Jahre 2015 - 2018

		2015	2016	2017	2018
Menge	t	22.940.600	17.571.600	22.157.820	21.326.550
Kaliumchlorid	%	15,3	15,7	15,0	14,6
Magnesiumchlorid	%	1,2	1,0	1,3	1,5
Magnesiumsulfat	%	11,2	12,1	11,7	11,1
Natriumchlorid	%	67,8	66,6	67,8	68,5

3.3 Entsorgung der festen Rückstände

Die im Vergleich zum Jahr 2017 etwas geringere Rohsalzverarbeitung im Jahr 2018 führte auch zu geringeren Mengen an zu entsorgenden festen Rückstandssalzen. Im Jahr 2018 wurden rund 17,1 Mio. t feste Rückstände unter Tage versetzt bzw. über Tage aufgehaldet.

Der Anteil des festen Rückstands stieg kontinuierlich in den Jahren 2015 bis 2018 von 87,7 % auf 90,1 %. Dies ist eine direkte Folge aus der erreichten Salzabwasservermeidung. Die darin gelösten Salzurückstände fielen durch die umgesetzten technischen Maßnahmen daher in fester Form an.

Die Zusammensetzung der festen Rückstände änderte sich kaum und entspricht der Zusammensetzung der Vorjahre. Der überwiegende Anteil mit mehr als 85% des Rückstandssalzes besteht aus Natriumchlorid.

In Tab. 7 sind die Gesamtrückstandsmengen sowie die Salzzusammensetzung der Jahre 2015, 2016, 2017 und 2018 gegenübergestellt.

Tab. 7: Feste Rückstände und deren Zusammensetzung der Jahre 2015 - 2018

		2015	2016	2017	2018
Menge ¹	t	17.742.700	13.597.500	17.471.000	17.070.600
Kaliumchlorid	%	1,6	1,6	1,6	1,6
Magnesiumchlorid	%	0,3	0,3	0,3	0,4
Magnesiumsulfat	%	5,0	5,3	5,1	5,0
Natriumchlorid	%	85,6	85,2	85,6	85,5
Anteil am Gesamtrückstand (fest und flüssig)	%	87,7	88,3	88,9	90,1

¹ Ohne die Menge an SELMA-Ton in NeuhoF-Ellers

3.4 Salzabwasseranfall und Salzabwasserentsorgung

3.4.1 Salzabwassermengen

Im Jahr 2018 fielen in Summe rund 5,6 Mio. m³ an Salzabwasser (Prozessabwasser und Haldenwasser) an. Das sind im Vergleich zum Jahr 2017 mit einer Salzabwassermenge von rund 6,3 Mio. m³ rund 0,7 Mio. m³ weniger.

Im Vergleich zum Vorjahr sank die Prozessabwassermenge im Jahr 2018 um rund 1 Mio. m³. Dieser Effekt ist insbesondere durch die Inbetriebnahme der KKF-Anlage in Hattorf begründet und in geringerem Umfang durch Produktionsstillstände der Fabriken Hattorf und Wintershall im August und September 2018.

Der sehr hohe Beckenbestand aus der Mitte des Jahres konnte aufgrund einer ausreichenden Wasserführung der Werra im Dezember bis auf eine kleine Restmenge abgebaut werden.

In der Tab. 8 sind die Anfallmengen der Prozessabwässer und der Haldenwässer, die sogenannten Überhänge in den Becken, die verbliebene Menge in den Becken sowie die entsorgte Salzabwassermenge dargestellt.

Tab. 8: Anfall an Prozessabwasser und Haldenwasser sowie Beckenbestände

		2015	2016	2017	2018
Haldenwasser	Mio. m ³	2,181	2,318	2,255	2,566
Prozessabwasser	Mio. m ³	4,802	2,885	4,039	3,075
Summe	Mio. m ³	6,983	5,203	6,294	5,641
Beckenüberhang aus dem Vorjahr	Mio. m ³	0	0	0,192	0
In Becken gespeichert	Mio. m ³				0,036
Entsorgte Menge	Mio. m ³	6,983	5,011	6,486	5,606

In den Zahlen der Tab. 8 sind die Mengen an Prozesslösungen von rund 75.820 m³, die vom Standort Unterbreizbach in die Grube Springen im Jahr 2018 eingebracht wurden, nicht mit enthalten. Bei diesen Mengen handelt es sich um keine Salzabwässer, die einer Entsorgung zugeführt wurden.

Für die Entsorgung der Salzabwässer wurden in den Jahren 2015 und 2016 die Einleitung in die Werra sowie die Versenkung in den Plattendolomit genutzt. Im Jahr 2015 konnten Anteile der Haldenwässer von Hattorf und Wintershall noch versenkt werden. Eine Versenkung von Haldenwässern ist im Rahmen der aktuellen Versenkerlaubnis nicht beantragt und somit auch nicht zugelassen worden.

Eine ausreichende Wasserführung der Werra von Jahresbeginn bis Mitte Mai führte dazu, dass im gesamten Jahr nur eine Menge von etwas mehr als 1 Mio. m³ an Prozessabwasser versenkt werden musste. Im Vergleich zum Jahr 2017 wurden somit in 2018 rund 170.000 m³ weniger versenkt.

Aufgrund der langanhaltenden Phasen mit niedrigen Durchflüssen der Werra am Pegel Gerstungen in den Sommer- und Herbstmonaten des Jahres 2018 konnten im Vergleich zum Vorjahr rund 1,15 Mio. m³ weniger an Salzabwässern über die Einleitung entsorgt werden. Die Einleitmenge lag damit auf dem Niveau des Jahres 2015.

Im Jahr 2018 wurden im Rahmen der Kurzfristmaßnahmen in Summe rund 1,18 Mio. m³ per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben, Gaskavernen, zur DEUSA und zur innerbetrieblichen Verwertung transportiert.

In Tab. 9 sind die Einleitmengen in die Werra, die Versenkmengen in den Plattendolomit sowie die zu leeren Gruben oder Gaskavernen transportierten Salzabwassermengen für die Jahre 2015, 2016, 2017 und 2018 dargestellt.

Tab. 9: In die Werra eingeleitete, versenkte sowie transportierte Salzabwassermengen

		2015	2016	2017	2018
Einleitung Werra	Mio. m ³	3,508	4,328	4,560	3,409
Versenkung	Mio. m ³	3,475	0,683	1,190	1,022
Transport	Mio. m ³	0	0	0,736	1,175
Summe	Mio. m ³	6,983	5,011	6,486	5,606

In Tab. 10 und Tab. 11 sind die Salzfrachten und deren Zusammensetzung für die eingeleiteten und versenkten Salzabwässer zusammengestellt.

Tab. 10: In die Werra eingeleitete Salzfrachten und deren Zusammensetzung

		2015	2016	2017	2018
Menge	t	1.195.300	1.454.500	1.505.300	1.073.200
Kaliumchlorid	%	14,4	14,1	15,4	13,9
Magnesiumchlorid	%	23,4	22,7	23,8	23,9
Magnesiumsulfat	%	23,1	22,9	22,2	22,7
Natriumchlorid	%	38,7	40,3	38,6	39,5

Tab. 11: Versenkte Salzfrachten und deren Zusammensetzung

		2015	2016	2017	2018
Menge	t	1.289.300	283.330	454.410	379.480
Kaliumchlorid	%	17,9	19,4	19,6	17,6
Magnesiumchlorid	%	33,7	34,0	38,9	47,0
Magnesiumsulfat	%	20,8	19,2	19,7	17,3
Natriumchlorid	%	27,7	27,5	21,8	18,1

Ein Vergleich der Zusammensetzungen der in die Werra eingeleiteten und in den Plattendolomit versenkten Salzabwässer zeigt, dass es insbesondere beim Kaliumchlorid, Magnesiumchlorid und Natriumchlorid erkennbare Unterschiede gibt. Der höhere Anteil an Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid in den versenkten Salzabwässern im Vergleich zu den eingeleiteten Salzabwässern resultiert aus dem Umstand, dass vornehmlich Prozessabwässer versenkt statt eingeleitet werden und diese im Vergleich zu den Haldenwässern höhere Gehalte an Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid aufweisen.

3.4.2 Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls

Die Abb. 7 stellt die Entwicklung der Rohsalzverarbeitung, der Einleitungsmengen in die Werra, der Versenkmengen und des spezifischen Salzabwasseranfalls seit dem Jahr 2000 dar. Durch die Umsetzung eines umfangreichen Maßnahmenpaketes konnte der spezifische (Produktions-) Abwasseranfall reduziert werden und hat sich von 0,62 m³/t Rohsalzförderung im Jahr 2000 auf 0,26 m³/t Rohsalzförderung im Jahr 2018 mehr als halbiert.

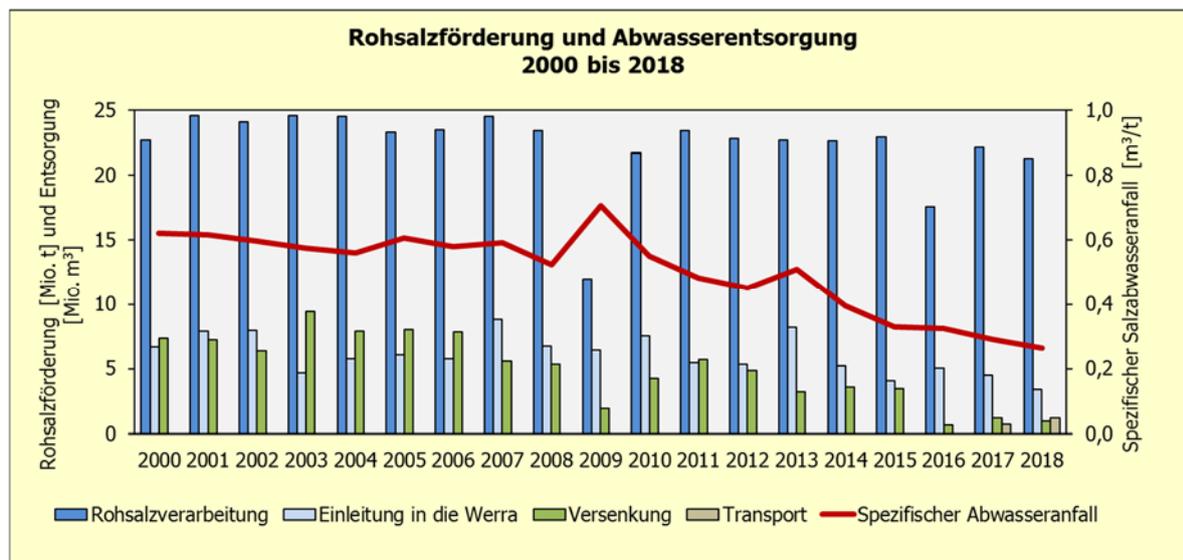


Abb. 7: Entwicklung der Rohsalzverarbeitung, Einleitung in die Werra, Versenkung, Transport und des spezifischen Salzabwasseranfalls

3.4.3 Chlorid-, Kalium- und Magnesiumbilanzen

Insgesamt unterscheidet man folgende unterschiedliche Salzabwassereinleitungen:

- produktionsbedingte Siel- und Kühlwässer,
- Prozessabwässer,
- Haldenwässer,
- Grubenwasser,
- Salzwasserrückförderungen aus dem Plattendolomit und
- oberflächennahe Grundwasserhaltung.

Produktionsbedingte Siel- und Kühlwässer

Von den Standorten Hattorf, Wintershall und Unterbreizbach werden bei Betrieb der Aufbereitungsanlagen sogenannte Siel- und Kühlwässer eingeleitet. Diese können eine Gesamtmineralisation von bis zu 4 g/l enthalten, spielen aber für die Gesamtmineralisation in der Werra am Pegel Gerstungen eine vernachlässigbare Rolle (siehe unten). Die Siel- und Kühlwässer werden täglich auf ihre Inhaltstoffe analysiert und die Einleitmengen erfasst. Sie resultieren zum überwiegenden Teil aus dem Betrieb der Vaku-umkühlanlagen.

Prozessabwässer

Aktuell werden noch fünf Prozessabwasserströme in die Werra eingeleitet. Es handelt sich dabei um die E-Lösung (KKF-Lösung) und das Kieseritdeckwasser des Standortes Hattorf sowie die sogenannte Q-Lösung, die E-Lösung und das Kieseritdeckwasser des Standortes Wintershall.

Seit dem 31.12.2012 erfolgt vom Standort Unterbreizbach keine Prozessabwassereinleitung mehr in die Werra bei Dorndorf oder die Ulster bei Unterbreizbach. In der Abb. 20 sind die ehemaligen und heute nicht mehr aktiven Prozessabwassereinleitungen mit einem gestrichelten Pfeil dargestellt. So wurde auch die Prozessabwassereinleitung vom Standort Hattorf im Jahr 2007 von der Ulster in die Werra verlegt, um so den unteren Bereich der Ulster von hohen Salzkonzentrationen zu entlasten und eine Durchgängigkeit zwischen Werra und Ulster herzustellen.

Die Gesamtmineralisation der Prozessabwässer liegt je nach Herkunft zwischen 300 g/l und 420 g/l. Das sich aus den Prozess- und Haldenwässern zusammengesetzte eingeleitete Salzabwasser wird täglich als 24-h-Mischprobe auf seine Salzbestandteile hin analysiert und die Einleitmenge erfasst.

Haldenwässer

Neben den Prozessabwässern werden an den Standorten Hattorf und Wintershall noch die Haldenwässer der dortigen Rückstandshalden sowie seit 2007 das Haldenwasser des Werkes Neuhoof-Ellers am Standort Hattorf in die Werra eingeleitet. Die Haldenwässer weisen Gesamtmineralisationen zwischen 290 g/l und 390 g/l auf und werden ebenso wie die Prozessabwässer täglich in ihrer Menge sowie ihrer Salzzusammensetzung erfasst. Mit Ausnahme des Haldenwassers aus Neuhoof-Ellers, für das im Regelbetrieb eine separate Einleitstelle in die Werra genutzt wird, erfolgt die Einleitung der Haldenwässer in der Regel zusammen mit den Prozessabwässern.

Grubenwässer

Aufgrund von kontinuierlichen Salzlösungszutritten im Bereich der Grube Springen aus dem sogenannten Rotliegenden muss dort schon seit vielen Jahren eine Wasserhaltung in Form von Fassung und Abführung der Salzlösungen in die Werra betrieben werden. Pro Jahr werden ca. 100.000 m³ Salzlösung, deren Hauptbestandteil Natriumchlorid ist und die eine Gesamtmineralisation von rund 330 g/l aufweist, bei Dorndorf in die Werra eingeleitet. Ihr Beitrag zur Gesamtmineralisation der Werra am Pegel Gerstungen ist aber nur sehr gering.

Salzwasserrückförderungen aus dem Plattendolomit

Die Rückförderung von versenktem Salzabwasser wurde im Regelbetrieb an zwei Stellen vorgenommen. In den Jahren von 2005 bis 2007 wurden in Dorndorf die aus dem Pufferspeicher Gerstunger Mulde zurückgeführten Salzabwässer eingeleitet. Seit Ende 2007 ist der Betrieb des Pufferspeichers Gerstunger Mulde eingestellt, so dass seit diesem Zeitpunkt auch keine Rückförderung und Einleitung von Salzwässern aus dem Plattendolomit in die Werra mehr erfolgt.

Auf hessischem Gebiet wurde im Raum Heringen in den Jahren 2003 bis 2011 eine Rückförderung aus dem Plattendolomit von ehemals versenktem Salzabwasser vorgenommen und dieses oberhalb der Salzabwassereinleitungen des Standortes Wintershall in die Werra eingeleitet. Für die Rückförderung wurde die ehemalige Versenkbohrung Heringen 2A genutzt.

Beide Rückförderungen werden schon seit längerer Zeit nicht mehr betrieben und tragen daher keinen Anteil zur Gesamtmineralisation am Pegel Gerstungen in der Werra bei. Sie sind aber bei einer rückwirkenden Bilanzierung z. B. im Rahmen der Bestimmung von diffusen Salzeinträgen zu berücksichtigen.

Oberflächennahe Grundwasserhaltung

Im Raum Tiefenort traten schon bald nach Aufnahme der Versenkung im Bereich Merkers oberflächennahe Versalzungen, insbesondere von Wiesen und Gärten auf. Diesem nachteiligen Effekt der Versenkung im Raum Tiefenort konnte durch die Aufnahme einer oberflächennahen Grundwasserhaltung entgegengewirkt werden. Dabei wurden aus Tiefen von bis zu 10 Metern salzhaltige Grundwässer gefasst und anschließend in die Werra eingeleitet. Von den ursprünglich drei installierten und betriebenen Grundwasserhaltungen Kaiserwiese, Brückenwiese und Rasenmühle wird heute nur noch die Rasenmühle betrieben. Von der Rasenmühle werden pro Jahr rund 350.000 m³ mit einer aktuellen Chloridkonzentration von rund 20 g/l in die Werra eingeleitet.

Mit Einstellung der Versenkung im Bereich Merkers (1968) geht eine kontinuierliche Abnahme der Salzkonzentration des geförderten Grundwassers einher. Trotz dieses Rückgangs ist aber zukünftig noch die oberflächennahe Grundwasserhaltung zu betreiben.

Dem Grunde nach müssen diese Einträge den sogenannten diffusen Salzeinträgen im Raum Tiefenort zugerechnet werden, da sie auch ohne das gezielte Fassen und Einleiten in die Werra auftreten würden.

Dabei tragen Prozessabwässer und Haldenwässer hauptsächlich zur Gesamtmineralisierung der Werra am Pegel Gerstungen bei. Die Siel- und Kühlwässer, die beim Betrieb der Aufbereitungsanlagen anfallen, die Salzlösungen der Grube Springen, die Salzwasserrückförderung aus dem Plattendolomit, die seit 2011 nicht mehr stattfindet, sowie die oberflächennahe Grundwasserhaltung zur Entgegenwirkung der oberflächennahen Versalzung von Wiesen und Gärten spielen eine vernachlässigbare Rolle.

Anhand einer Bilanzierung auf Basis der Jahresdaten von Konzentrationen und Abflüssen können die diffusen Einträge abgeschätzt werden. Dazu werden von den ermittelten Frachten am Pegel Gerstungen alle Einleitungen, außer denen der oberflächennahen Grundwasserhaltung, abgezogen. Diese Einleitung wird den diffusen Einträgen zugerechnet, weil sie auch ohne das gezielte Fassen und Einleiten in die Werra eintreten würde.

Die Chloridfracht am Pegel Gerstungen lag im Jahr 2018 um rund 222.250 t unter der des Vorjahres (Tab. 12). Dies war eine Folge der langanhaltenden niedrigen Wasserführung der Werra zwischen Mai und Dezember 2018 und der daraus resultierenden geringeren Einleitmenge an Salzabwässern. Zusammen mit den eingeleiteten Kühl- und Sielwässern machten die eingeleiteten Chloridfrachten, bestehend aus Halden- und Prozessabwasser, rund 66 % der gesamten Chloridfracht am Pegel Gerstungen aus. Damit lag der Anteil dieser Einleitungen an der Gesamtchloridfracht um rund 6,5 % niedriger als im Vorjahr 2017.

Den zweithöchsten Anteil an der Chloridfracht stellen im Jahr 2018 die diffusen Chlorideinträge dar. Zwar unterscheiden sich die diffus eingetragenen Chloridmengen nicht von denen des Vorjahres, relativ hat sich aber aufgrund der niedrigen Wasserführung ihr Anteil von rund 22 % auf 27 % erhöht.

Die Vorlast von Werra (Messstelle Unterrohn) und Ulster (Messstelle Räsa), sowie die Einleitung des Grubenwassers Springen haben zusammen einen Anteil von rund 6 % an der Chloridfracht am Pegel Gerstungen.

Tab. 12: Chloridbilanz für den Pegel Gerstungen

	2016		2017		2018	
	Menge [t]	Anteil, ger. [%]	Menge [t]	Anteil, ger. [%]	Menge [t]	Anteil, ger. [%]
Gerstungen	1.057.859	100	1.095.537	100	873.285	100
Kühl- und Sielwasser	53.691	5,1	64.186	5,9	55.968	6,4
Salzabwasser	699.357	66,1	729.210	66,6	519.329	59,5
Grubenwasser	19.888	1,9	16.694	1,5	15.435	1,5
Vorlast Unterrohn	39.737	3,8	46.683	4,3	43.299	4,9
Vorlast Räsa	2.314	0,2	2.525	0,2	2.439	0,3
Diffuse Einträge	242.872	23,0	236.239	21,6	236.815	27,1

Bei der Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen zeigt sich ein etwas anderes Bild (Tab. 13). Rund 93 % der Kaliumfracht am Pegel Gerstungen resultiert aus den Einleitungen der Salzabwässer und der Kühl- und Sielwässer. Die anderen Eintragspfade spielen dagegen keine signifikante Rolle. Dies gilt auch für den diffusen Kaliumeintrag, der mit rund 4% deutlich unter dem Anteil des diffusen Chlorideintrags liegt.

Tab. 13: Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen

	2016		2017		2018	
	Menge [t]	Anteil, ger. [%]	Menge [t]	Anteil, ger. [%]	Menge [t]	Anteil, ger. [%]
Gerstungen	124.376	100	141.726	100	97.559	100
Kühl- und Sielwasser	10.131	8,1	12.698	9,0	12.054	12,4
Salzabwasser	107.756	86,6	121.482	85,7	78.163	80,1
Grubenwasser	650	0,5	546	0,4	459	0,5
Vorlast Unterrohn	1.907	1,5	2.557	1,8	2.257	2,3
Vorlast Räsa	303	0,2	410	0,3	339	0,3
Diffuse Einträge	3.629	2,9	4.033	2,8	4.287	4,4

Der Anteil der Magnesiumfracht, der durch die Siel- und Kühlwasser sowie die Salzabwassereinleitungen hervorgerufen wird, liegt mit 85 % nicht so hoch wie bei der Kaliumfracht (Tab. 14). Aber auch bei der Magnesiumfracht ist erkennbar, dass es neben der Salzabwassereinleitung keine größeren Anteile durch andere Eintragspfade gibt. Die diffusen Einträge machen im Vergleich zum diffusen Chloridanteil nur etwa ein Drittel von dessen Wert aus.

Tab. 14: Magnesiumbilanz für den Pegel Gerstungen

	2016		2017		2018	
	Menge [t]	Anteil, ger. [%]	Menge [t]	Anteil, ger. [%]	Menge [t]	Anteil, ger. [%]
Gerstungen	185.531	100	194.282	100	149.830	100
Kühl- und Siewasser	11.972	6,5	14.345	7,4	12.666	8,5
Salzabwasser	151.481	81,6	159.155	81,9	114.836	76,6
Grubenwasser	194	0,1	163	0,1	139	0,1
Vorlast Unterrohn	6.080	3,3	6.887	3,5	6.772	4,5
Vorlast Räsa	1.771	1,0	1.964	1,0	1.816	1,2
Diffuse Einträge	14.033	7,6	11.771	6,1	13.601	9,1

3.5 Salzfrachten und -konzentrationen 2018

Wie bereits dargestellt, setzt sich die Salzfracht der Werra und Weser aus den direkten Einleitungen von Salzabwässern und diffusen Einträgen zusammen. Da die direkten Salzeinleitungen unter Einhaltung der festgelegten Grenzwerte abflussabhängig erfolgt, zeigt sich sowohl am Pegel Gerstungen als auch am Pegel Boffzen ein deutlicher Zusammenhang zwischen den täglichen Frachten und der Abflussganglinie.

3.5.1 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Gerstungen 2018

Die hier dargestellten Ergebnisse der behördlichen Überwachung haben sich in der Vergangenheit teilweise von den Messdaten aus der Eigenüberwachung von K+S unterschieden. Das Regierungspräsidium Kassel und K+S haben 2017 die Vorgehensweise bei der Analytik der Salzabwässer überprüft. Daher stimmen die Ergebnisse ab dem Jahr 2018 besser überein.

Chlorid

Die täglichen Frachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2018 von minimal 875 t/d bis maximal 6.936 t/d (Abb. 8). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,82 Mio. t Chlorid, die aufgrund der langen Trockenphase etwa 25 % geringer als 2017 ist.

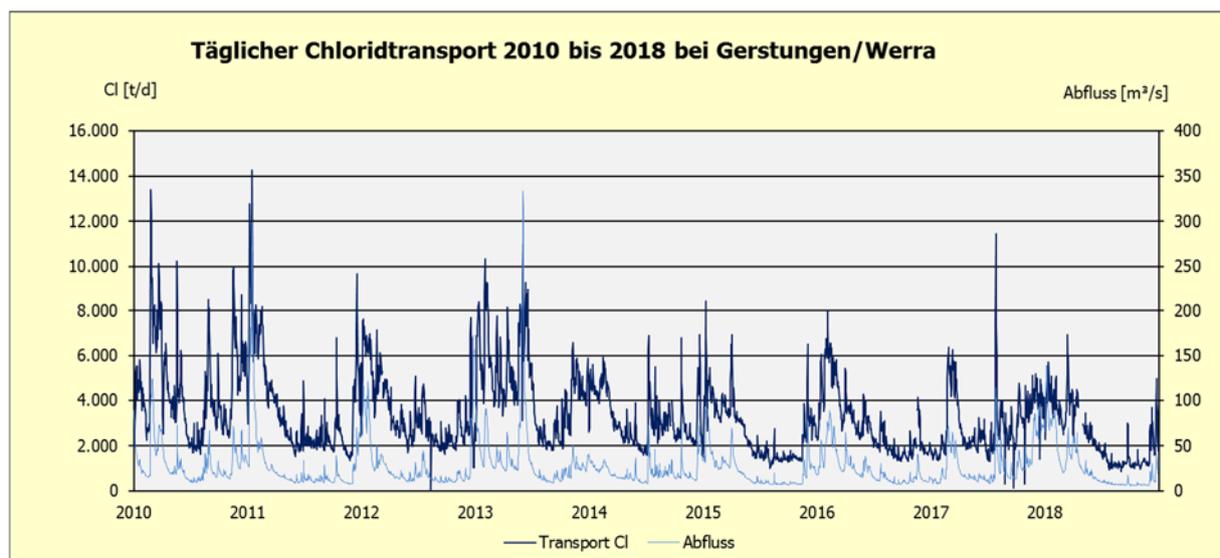


Abb. 8: Tägliche Frachten von Chlorid in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2018

Die Tagesmittelwerte der Chloridkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2018 zwischen minimal 329 mg/l und maximal 2.430 mg/l. (Abb. 9). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich ein 90-Perzentil für Chlorid von 2.130 mg/l. Somit wird, wie auch schon in den Jahren 2015, 2016 und 2017, der Zielwert 2015 bis 2021 des Zielwertkonzepts von 2.310 mg/l eingehalten. Der Grenzwert von 2.500 mg/l wurde in 2018 nicht überschritten und wird, mit einer Ausnahme, seit Ende 2012 (gem. jeweils

geltender Einleitererlaubnisbescheide) eingehalten. Dabei ist zu beachten, dass es in der Vergangenheit in Zeiten geringer Durchflüsse am Pegel Gerstungen allein schon durch die diffusen Einträge zum Erreichen oder Überschreiten des Chlorid-Grenzwertes kam.

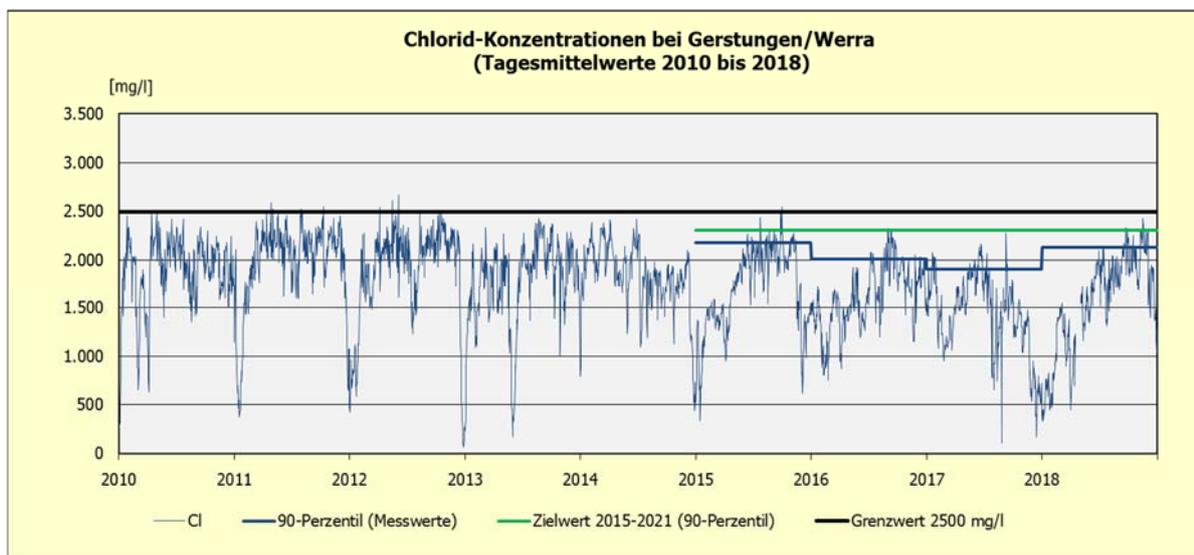


Abb. 9: Chloridkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2018

Magnesium

Die täglichen Magnesiumfrachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2018 von minimal 90,6 t/d bis maximal 1.370 t/d (Abb. 10). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,14 Mio. t Magnesium, die aufgrund der langen Trockenphase etwa 30 % geringer als 2017 ist.

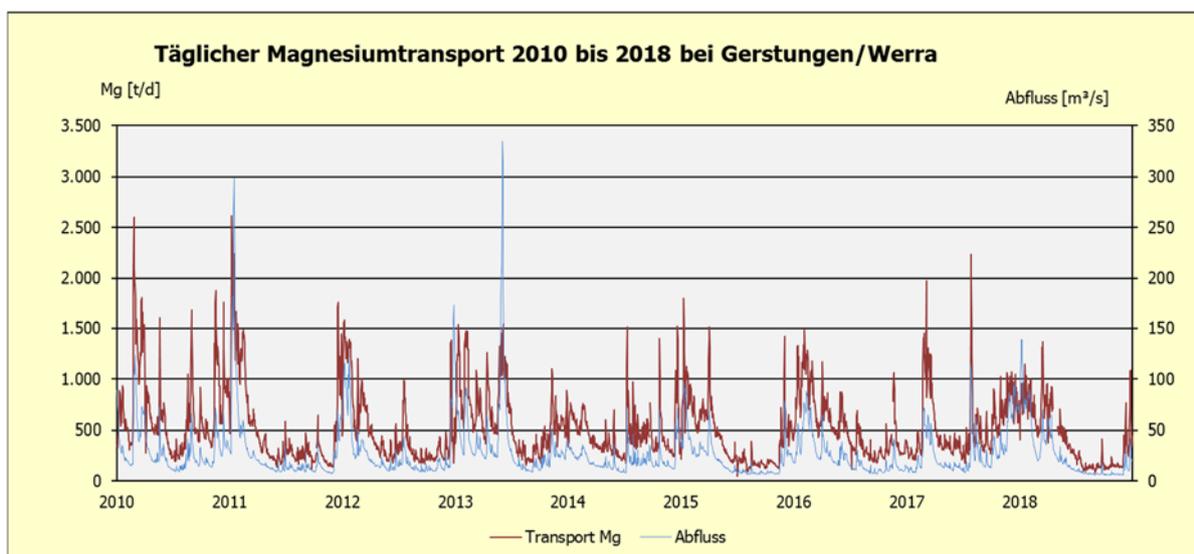


Abb. 10: Tägliche Frachten von Magnesium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2018

Die Tagesmittelwerte der Magnesiumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2018 zwischen minimal 59 mg/l und maximal 332 mg/l. (Abb. 11). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich ein 90-Perzentil für Magnesium von 289 mg/l. Somit wird, wie auch zuvor in den Jahren 2015 und 2017, nicht jedoch in 2016, der Zielwert 2015 bis 2021 des Zielwertkonzepts von 310 mg/l eingehalten. Der Grenzwert von 340 mg/l wurde in 2018 nicht überschritten. Insgesamt kam es seit Ende 2012 (gem. jeweils geltender Einleitererlaubnisbescheide) zu einigen wenigen Überschreitungen.

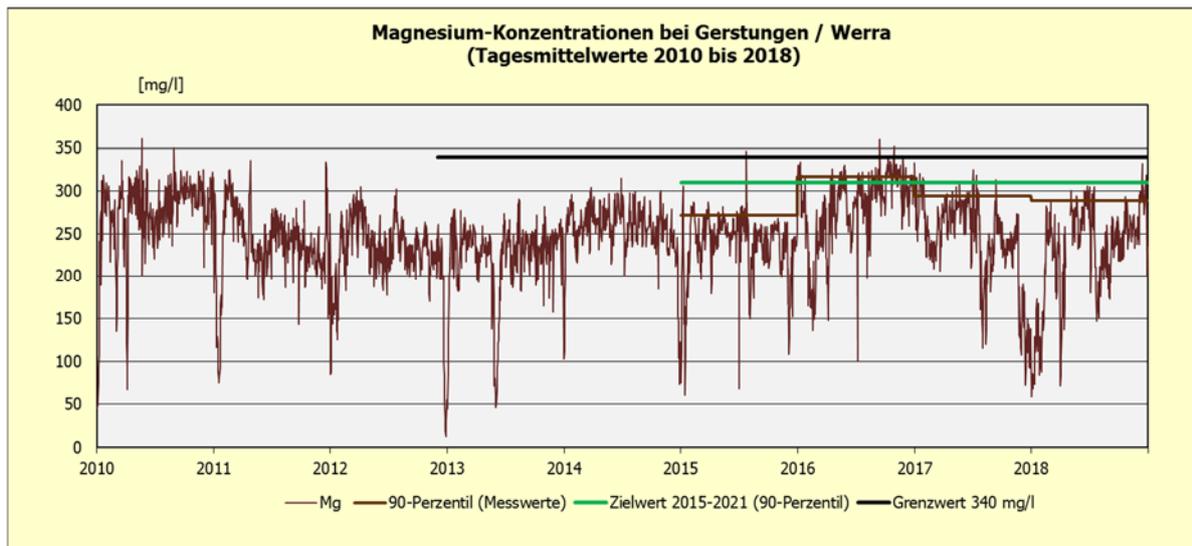


Abb. 11: Magnesiumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2018

Kalium

Die täglichen Kaliumfrachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2018 von minimal 39 t/d bis maximal 983 t/d (Abb. 12). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,09 Mio. t Kalium, die aufgrund der langen Trockenphase etwa 35 % geringer als 2017 ist.

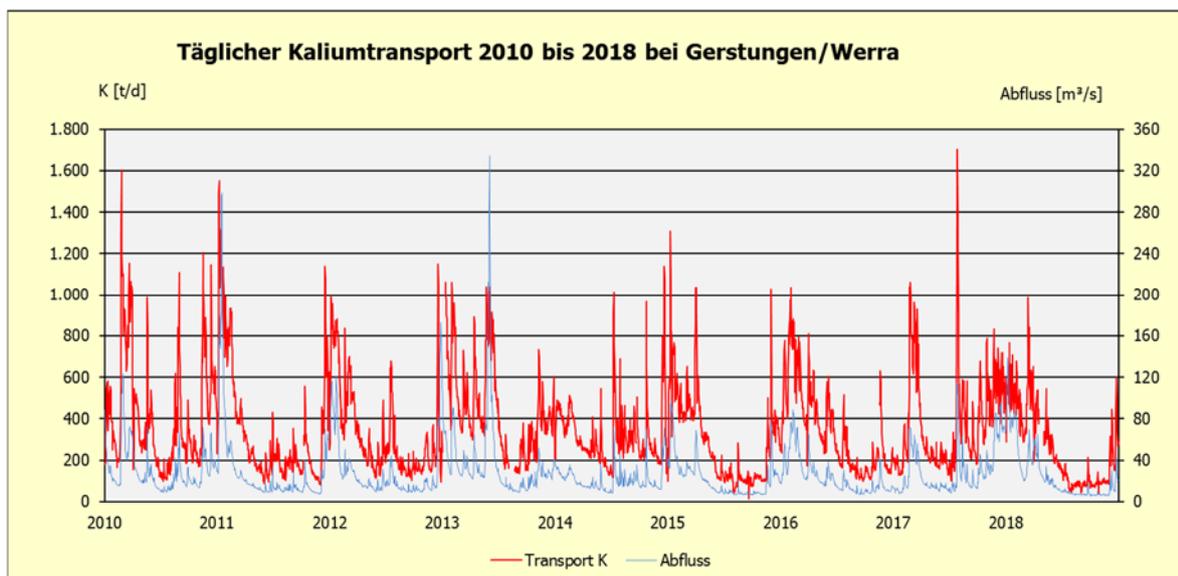


Abb. 12: Tägliche Frachten von Kalium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2018

Die Tagesmittelwerte der Kaliumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2018 zwischen minimal 37 mg/l und maximal 204 mg/l. (Abb. 13). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich ein 90-Perzentil für Kalium von 179 mg/l. Somit wird, wie auch schon 2015 und 2017, nicht jedoch in 2016, der Zielwert 2015 bis 2021 des Zielwertkonzepts von 195 mg/l eingehalten. Der Grenzwert von 200 mg/l wurde in 2018 einmal überschritten. Insgesamt kam es seit Ende 2012 (gem. jeweils geltender Einleitererlaubnisbescheide) häufiger zu Überschreitungen, mit abnehmender Tendenz.

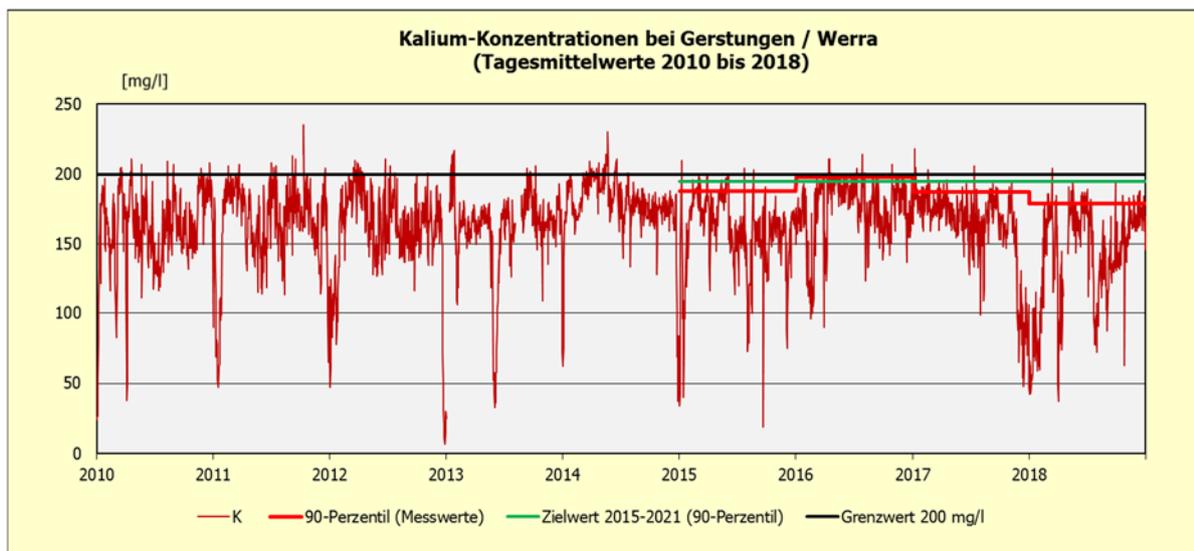


Abb. 13: Kaliumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2018

3.5.2 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Boffzen 2018

Das Programm zur **Qualitätsüberwachung Weser** umfasst neben Chlorid auch die Ionen Sulfat, Kalium, Natrium, Magnesium und Calcium. Gemessen werden die Ionen in den 14-Tages-Mischproben an ausgewählten Messstellen.

Boffzen wurde erst im Laufe des Jahres 2016 wieder als automatische Messstation in Betrieb genommen (s. Kap. 3). Deshalb konnten 14-Tagesmittelwerte für Chlorid, Kalium und Magnesium erst ab Mai 2016 erhoben werden. 3-Tages-Mittelwerte, die zur Bildung eines 90-Perzentils besser geeignet sind, werden erst ab August 2018 erhoben.

Chlorid

Die 14-tägigen bzw. 3-tägigen Chloridfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2018 von minimal 975 t/d bis maximal 6.186 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 1,1 Mio. t Chlorid, die aufgrund der langen Trockenphase etwa 20 % geringer als 2017 ist. (Abb. 14).

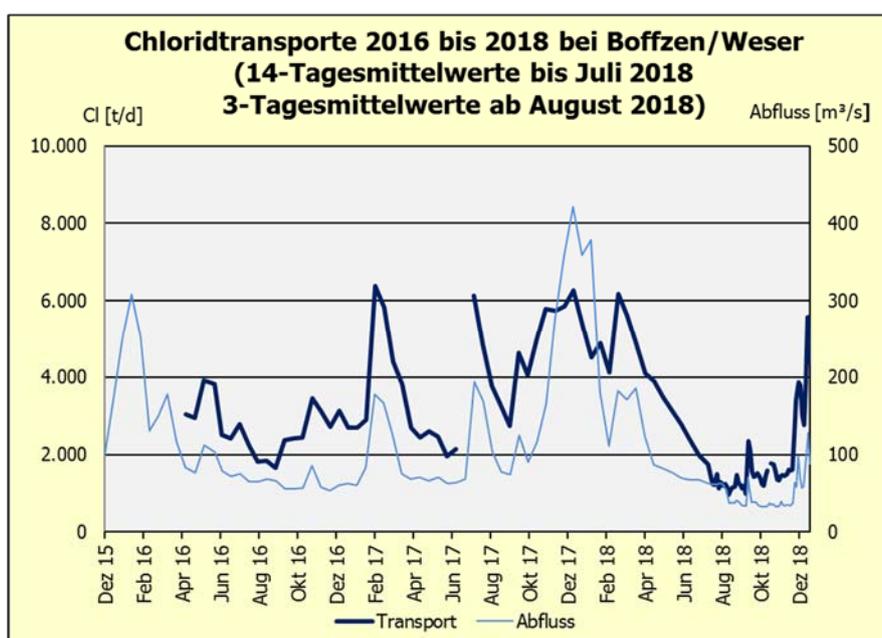


Abb. 14: 14-tägige Frachten von Chlorid in der Weser bei Boffzen 2016 bis 2018

Die 14-Tages-Mittelwerte bzw. 3-Tages-Mittelwerte der Chloridkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2018 zwischen minimal 138 mg/l und maximal 674 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 417 mg/l etwa 2 % unter dem Mittelwert von 424 mg/l des Vorjahres (Abb. 15). Mit der Einschränkung, dass das 90-Perzentil nur für den Zeitraum von August bis Dezember 2018 gebildet werden konnte, liegt es mit 565 mg/l unterhalb des Zielwertes 2015-2021 für Chlorid von 585 mg/l.

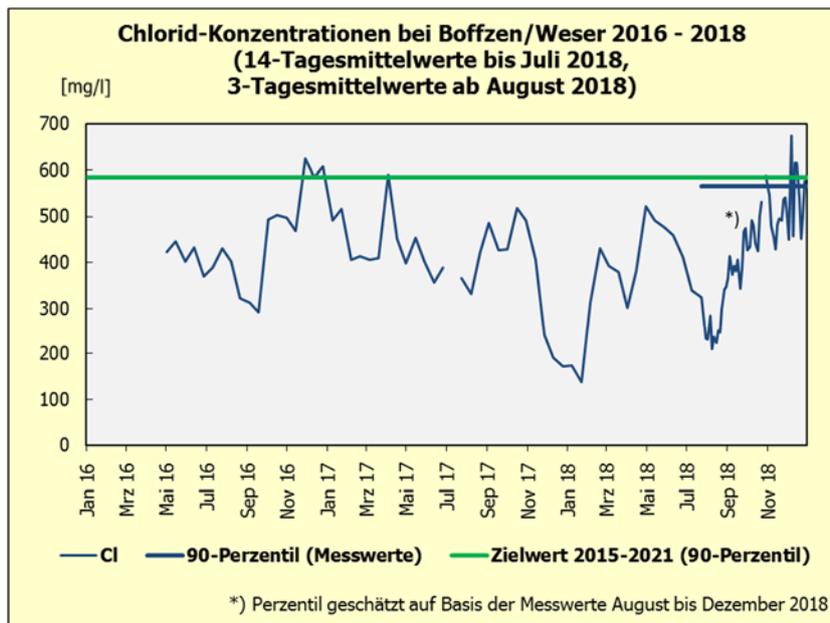


Abb. 15: Chloridkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen als 14-Tagesmittelwerte 2016 bis 2018

Magnesium

Die 14-tägigen bzw. 3-tägigen Magnesiumfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2018 von minimal 150 t/d bis maximal 1.231 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,2 Mio. t Magnesium, die aufgrund der langen Trockenphase etwa 20 % geringer als 2017 ist. (Abb. 16).

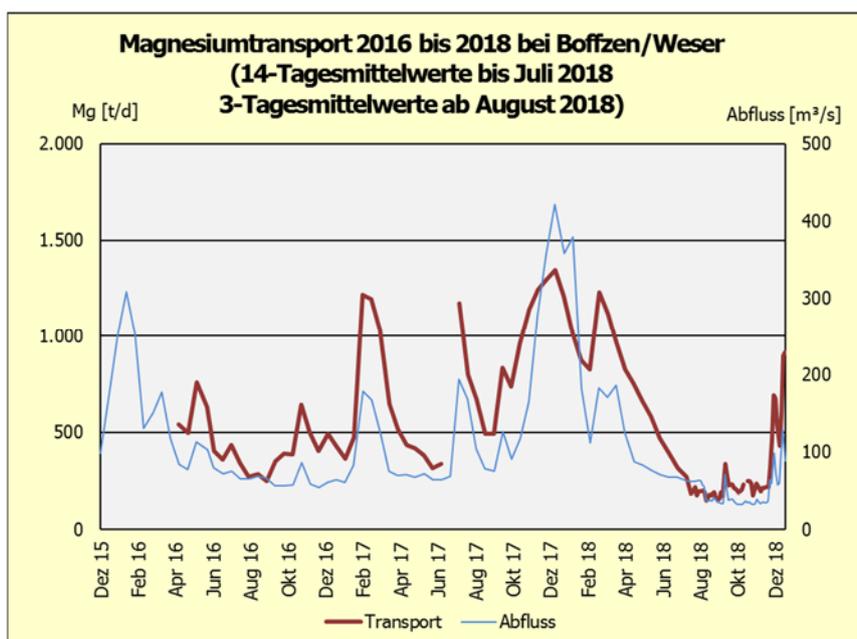


Abb. 16: 14-tägige Frachten von Magnesium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2018

Die 14-Tages-Mittelwerte bzw. 3-Tages-Mittelwerte der Magnesiumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2018 zwischen minimal 31 mg/l und maximal 120 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 66 mg/l ca. 10 % unter dem Mittelwert von 72 mg/l des Vorjahres (Abb. 17). Mit der Einschränkung, dass das 90-Perzentil nur für den Zeitraum von August bis Dezember 2018 gebildet werden konnte, liegt es mit 83 mg/l unterhalb des Zielwertes 2015–2021 für Magnesium von 90 mg/l.

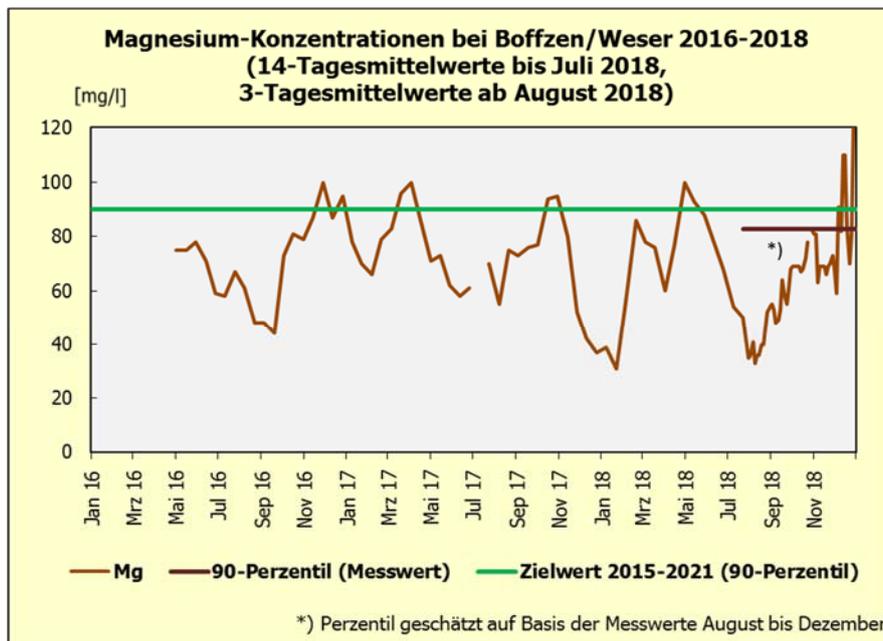


Abb. 17: Magnesiumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen als 14-Tagesmittelwerte 2016 bis 2018

Kalium

Die 14-tägigen bzw. 3-tägigen Kaliumfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2018 von minimal 72 t/d bis maximal 773 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,1 Mio. t Kalium, die aufgrund der langen Trockenphase etwa 30 % geringer als 2017 ist (Abb. 18).

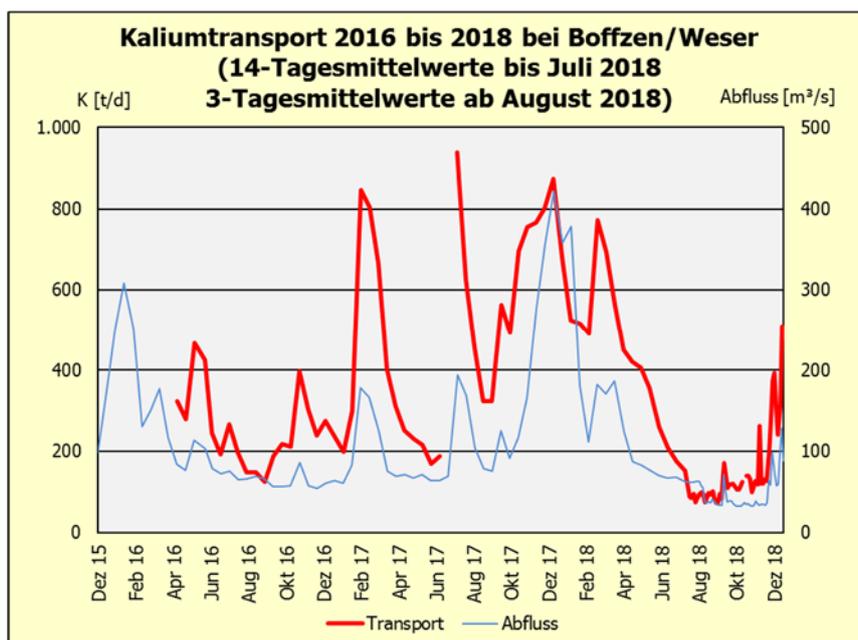


Abb. 18: Tägliche Frachten von Kalium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2018

Die 14-Tages-Mittelwerte bzw. 3-Tages-Mittelwerte der Kaliumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2018 zwischen minimal 14 mg/l und maximal 64 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 36 mg/l etwa 23 % unter dem Mittelwert von 47 mg/l des Vorjahres (Abb. 19). Mit der Einschränkung, dass das 90-Perzentil nur für den Zeitraum von August bis Dezember 2018 gebildet werden konnte, liegt es mit 46 mg/l unterhalb des Zielwertes 2015-2021 für Kalium von 50 mg/l.

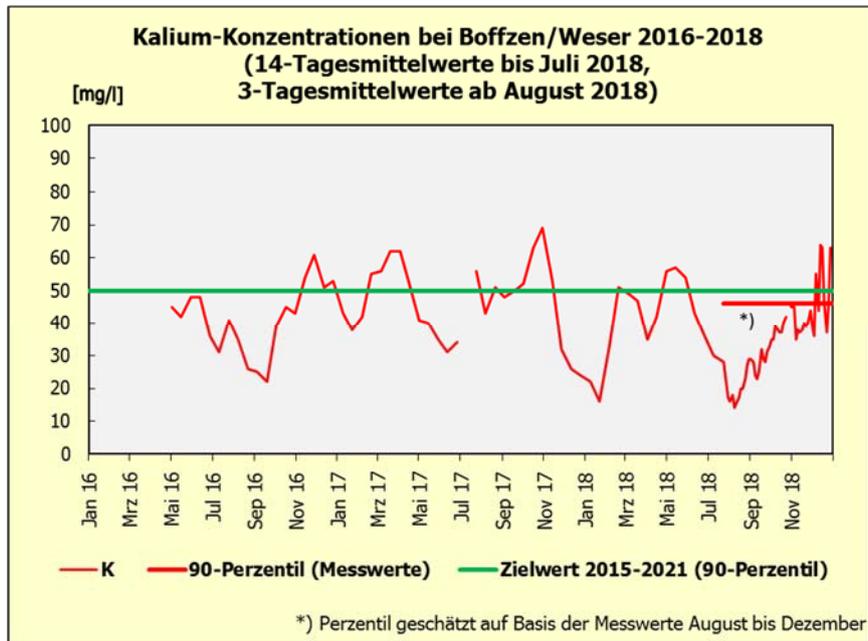


Abb. 19: Kaliumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen als 14-Tagesmittelwerte 2016 bis 2018

3.5.3 Monatliche Frachten an den Messstellen an Werra und Ulster

Seit Ende 2005 erfolgt die Überwachung der Auswirkungen der Salzabwassereinleitungen in Werra und Ulster an 7 festgelegten Kontroll- und Messstellen, fünf an der Werra und zwei an der Ulster, auf Grund behördlicher Auflagen im Rahmen der **Eigenüberwachung von K+S** (ehemals Werra/Ulster-Messprogramm) (Abb. 20).

An den Messstellen Unterbreizbach und Unterrohn erfolgt eine tägliche Stichprobe, an den anderen Messstellen wird jeweils eine tägliche 24-h-Mischprobe entnommen. Besondere Bedeutung kommt der Messstelle Gerstungen zu. Bis dort sind alle Abwässer der Kaliindustrie eingeleitet und im Wasserkörper der Werra vollständig durchmischt. Auch die diffusen Einträge von stark salzhaltigem Wasser, überwiegend eine Folge der Versenkung von Produktionsabwässern in den Untergrund, sind an dieser Messstelle zum größten Teil enthalten. Es werden die Kenngrößen Chlorid, Calcium, Härte, Magnesium, Kalium, Natrium und Sulfat untersucht. Die Durchflussdaten von Unterbreizbach, Philippsthal, Vacha und Gerstungen werden von den zuständigen Behörden in Hessen und Thüringen ermittelt und zur Verfügung gestellt. Die Durchflüsse der übrigen Messstellen werden über entsprechende Faktoren aus den gemessenen Durchflüssen in Vacha und Gerstungen abgeleitet.

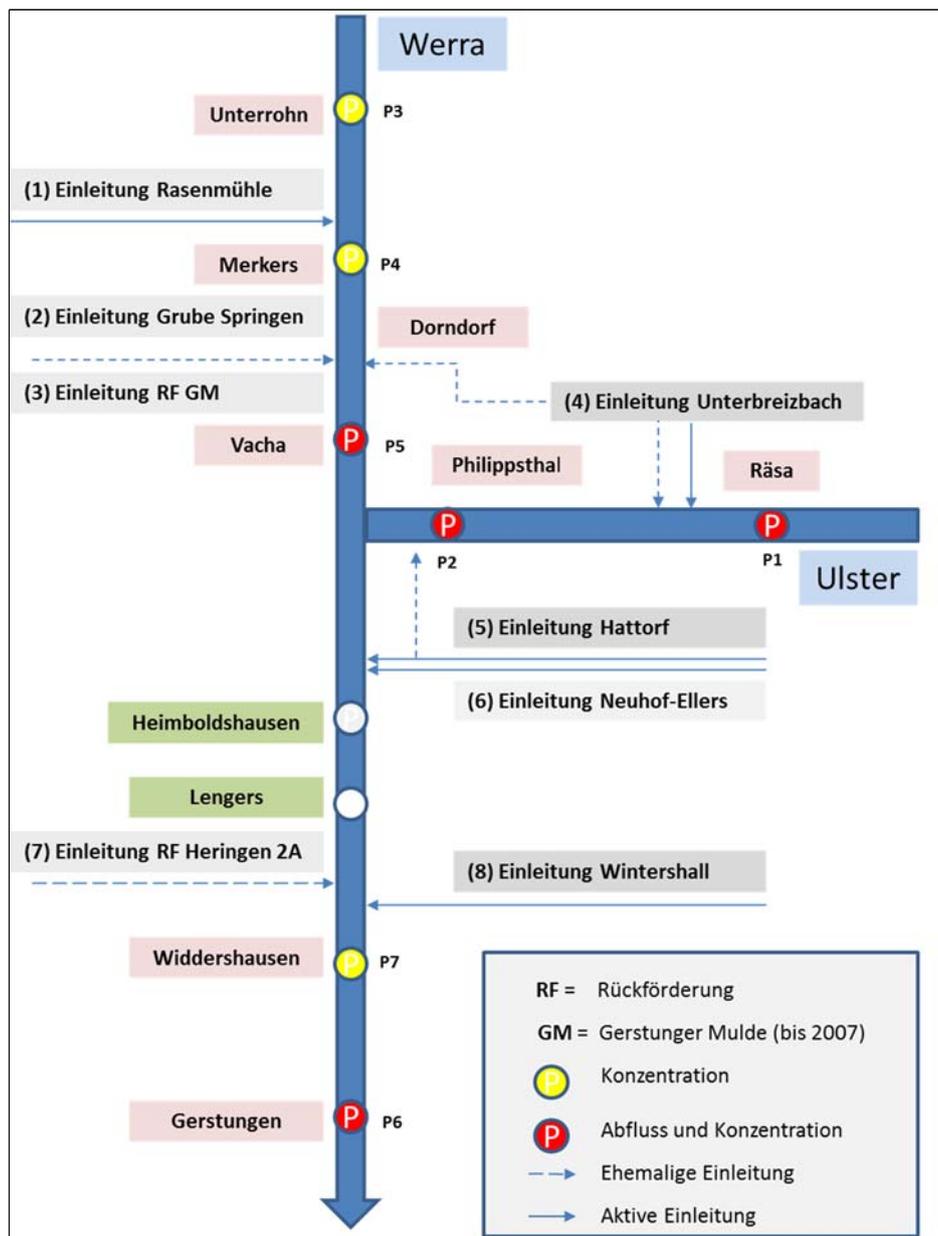


Abb. 20: Schema der Eigenkontrollstellen der K+S

In den Abb. 21 bis 23 sind die monatlichen Transporte der Salzionen für den Zeitraum 2000 bis 2018 an ausgewählten Messstellen an Werra und Ulster dargestellt. Die Ermittlung von Transporten und Frachten an den dargestellten Messstellen an Werra und Ulster ist auf Grund der verwendeten vorläufigen Durchflussdaten und der errechneten Durchflussdaten bei Messstellen ohne direkte Messung mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Die Abbildungen zeigen deutlich den Unterschied zwischen den von Salzabwassereinleitungen unbeeinflussten, nur geogen belasteten Messstellen Räsa, Unterrohn und Merkers und den Messstellen Widdershausen und Gerstungen, an denen die Transporte, beeinflusst durch die industriellen Einleitungen der Kaliwerke und die diffusen Einträge (größtenteils anthropogenen Ursprungs), deutlich höher liegen und entsprechend den Abflussmengen stark schwanken. Seit Ende 2012 werden in Thüringen keine Salzabwässer mehr in Oberflächenwasser eingeleitet. Somit ist auch die Messstelle Vacha seit Ende 2012 nur noch geogen belastet.

Durch die Maßnahmen des Investitionsprogramms von K+S ist die Einleitung der flüssigen Rückstände aus der Kaliproduktion an allen Standorten im Werrarevier bis 2015 gegenüber 2006 schrittweise halbiert worden. Dieser Rückgang zeigt sich bei den Transporten aller drei Salzkomponenten Chlorid, Magnesium und Kalium.

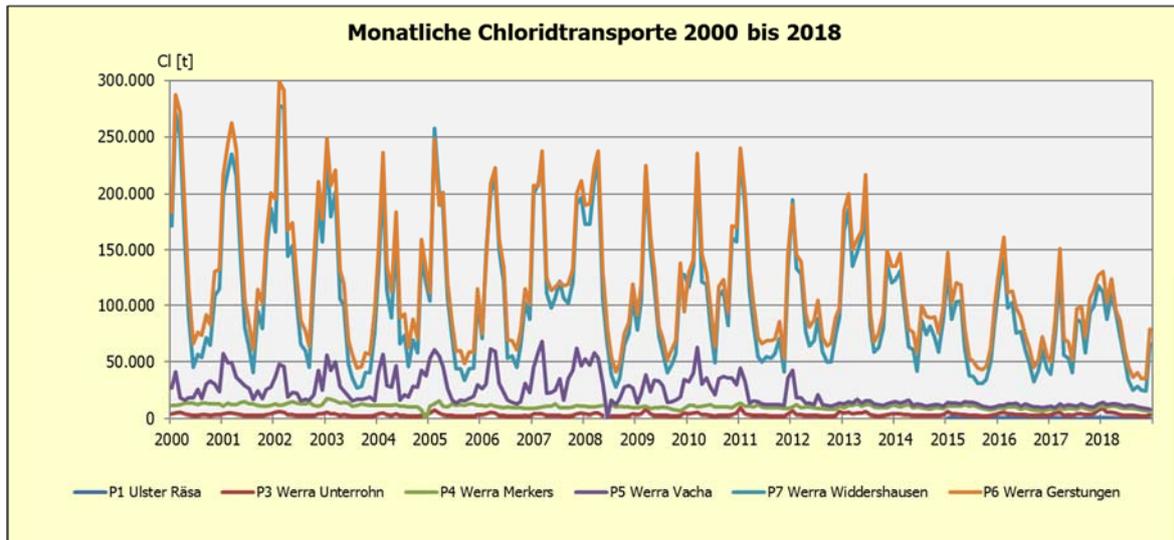


Abb. 21: Chloridtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

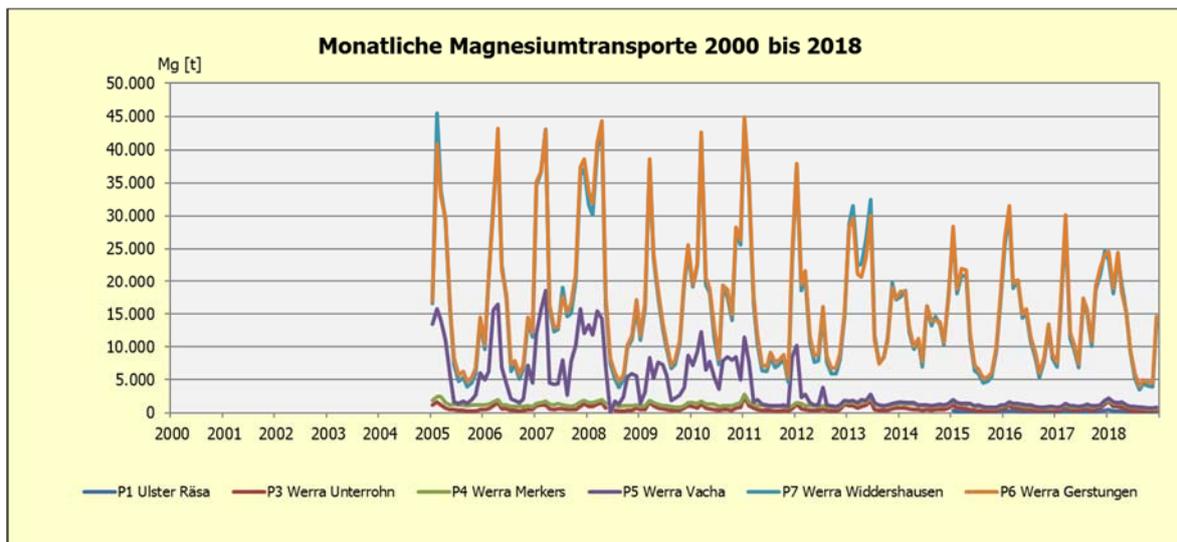


Abb. 22: Magnesiumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

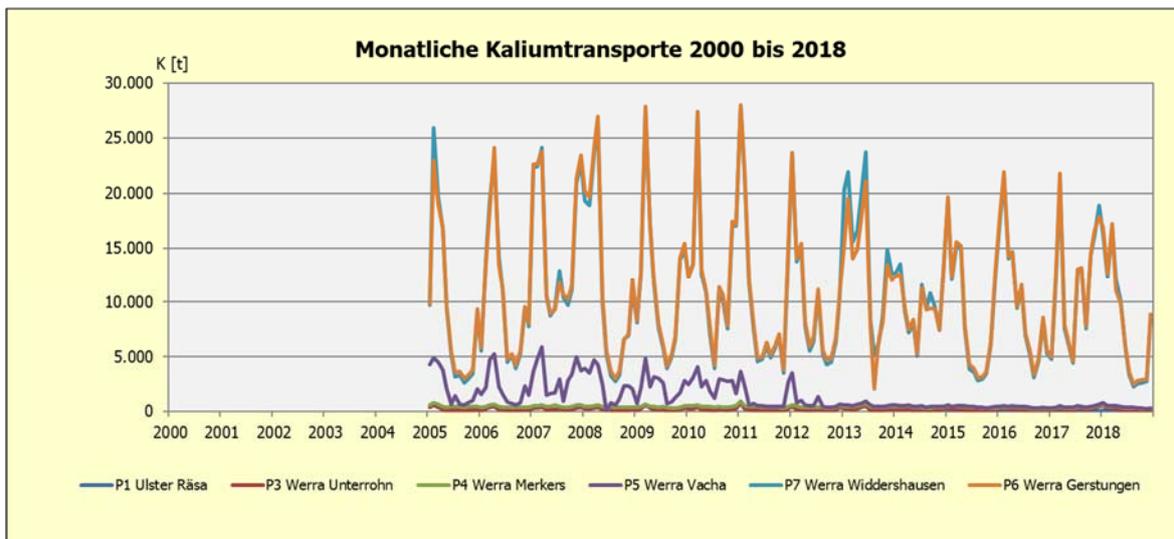


Abb. 23: Kaliumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

3.6 Grundwassermonitoring

Im Genehmigungsbescheid für die bis zum 31.12.2021 befristete Versenkerlaubnis wurde ein intensives Grundwassermonitoring verankert. Aus diesem Grundwassermonitoring wurden aktuelle Erkenntnisse zu den diffusen Einträgen gewonnen. Im Hinblick auf die Entwicklung der diffusen Einträge im Umfeld der Versenkstandorte lässt sich folgendes feststellen:

2017 betrug die Versenkmenge in Hattorf 1.190.130 m³ und 2018 1.021.770 m³ (s. Kap. 2.6). Die mittlere Versenkmenge im Zeitraum 2013 bis 2015 betrug in Hattorf ca. 2,4 Mio. m³/a sowie in Wintershall 1,1 Mio. m³/a (Gesamtversenkmenge ca. 3,5 Mio. m³/a). Durch den Rückgang der Versenkmengen in Hattorf im Vergleich zur mittleren jährlichen Versenkmenge im Zeitraum 2013 bis 2015 und der Einstellung der Versenkung in Wintershall haben die diffusen Einträge an den relevanten Pegeln (Merkers, Vacha, Widdershausen und Gerstungen) weiter abgenommen.

Die Höhe der diffusen Einträge bestimmt maßgeblich die Menge der in die Werra einzuleitenden Salzabwässer bzw. langfristig die zu erreichenden Salzkonzentrationen in Werra und Weser. Anhand einer Bilanzierung auf Basis der Jahresdaten von Konzentrationen und Abflüssen können die diffusen Einträge abgeschätzt werden. Dazu werden von den ermittelten Frachten am Pegel Gerstungen alle Einleitungen, außer die der oberflächennahen Grundwasserhaltung, abgezogen. Diese Einleitung wird den diffusen Einträgen zugerechnet, weil sie auch ohne das gezielte Fassen und Einleiten in die Werra eintreten würde.

Im Berichtsjahr 2018 betrug der Anteil der diffusen Einträge an der Chloridfracht 27 %, an der Kaliumfracht 4,4 % und an der Magnesiumfracht 9,1 %. Somit liegt der diffuse Kaliumeintrag deutlich niedriger als der diffuse Chlorideintrag und auch die diffusen Magnesiumeinträge machen im Vergleich zum diffusen Chloridanteil nur etwa ein Drittel von dessen Wert aus.

Durch die in 2018 im Vergleich zum Jahr 2017 deutlich niedrigere Wasserführung stieg der Anteil der diffusen Chlorid-, Kalium- und Magnesiumeinträge an der Gesamtchloridfracht am Pegel Gerstungen an, obwohl sich die diffus eingetragenen Mengen meist nur wenig unterscheiden (s. Tab. 12 - Tab. 14 in Kap. 3.4.3).

Eine neue Bewertung des Zustands der Grundwasserkörper erfolgt 2019 im Rahmen der Bestandsaufnahme nach EG-WRRL und im Bewirtschaftungsplan 2021.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser dritte Statusbericht umfasst das **Berichtsjahr 2018**. Der Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen wird auf Grundlage eines Sachstandsberichts von K+S (Anhang 10.1) und weiteren Informationen aus den Ländern zusammenfassend dargestellt.

Zum Ende des 4. Quartals 2018 liegt der **Fortschritt der Maßnahmenumsetzung** im Zeitplan des Maßnahmenprogramms Salz 2015 bis 2021.

Von Januar bis April 2018 lagen die **Abflüsse von Werra und Weser** im üblichen Bereich (Ausnahme Hochwasser im Januar). Ab Mitte Mai herrschte dann eine bis Mitte Dezember reichende Phase mit teilweise sehr geringer Wasserführung. Abflussabhängig konnten ca. 3,4 Mio. m³ Salzabwasser direkt in die Werra eingeleitet werden, ca. 1 Mio. m³ wurde entsprechend der seit 2017 gültigen Versenkerlaubnis am Standort Hattorf in den Untergrund versenkt und die restlichen 1,18 Mio. m³ wurden per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben, Gaskavernen, zur DEUSA und zur innerbetrieblichen Verwertung transportiert.

Im Werk Werra und im Werk Neuhof-Ellers wurden im Jahr 2018 in Summe rund 21,3 Mio. t **Rohsalz** in den Fabrikbetrieben verarbeitet. Diese Menge liegt rund 4 % unter der Verarbeitungsmenge des Vorjahres 2017. Die geringere Verarbeitungsmenge resultierte aus längeren Produktionsstillständen an den Standorten Hattorf und Wintershall in den Monaten August und September und war eine Folge der langanhaltenden niedrigen Wasserführung der Werra und der daraus resultierenden eingeschränkten Entsorgungsmöglichkeit der Salzabwässer.

Im Jahr 2018 fielen in Summe rund 5,6 Mio. m³ an **Salzabwasser** (Prozessabwasser und Haldenwasser) an. Das sind im Vergleich zum Jahr 2017 mit einer Salzabwassermenge von rund 6,3 Mio. m³ rund 0,7 Mio. m³ weniger. Die Prozessabwassermenge sank im Vergleich zum Vorjahr um knapp 1 Mio. m³. Dieser Effekt ist insbesondere durch die Inbetriebnahme der KKF-Anlage in Hattorf begründet und in geringerem Umfang durch Produktionsstillstände der Fabriken Hattorf und Wintershall im August und September 2018.

Für das Jahr 2018 ergaben sich am Pegel Gerstungen **Jahresfrachten** von ca. 0,82 Mio. t Chlorid, ca. 0,14 Mio. t Magnesium und ca. 0,09 Mio. t Kalium. Damit liegen die Frachten aller Ionen niedriger als in 2017.

Seit der Inbetriebnahme der Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage Anfang 2018 befindet sich die Anlage im störungsfreien Betrieb. Nach einem erfolgreichen Probebetrieb bis Ende Juni wurden bis Ende des Jahres verschiedene Optimierungspotentiale umgesetzt. Die Inbetriebnahme konnte 2018 abgeschlossen werden und somit kann 2019 der Regelbetrieb (Reduzierung der Salzabwässer des Werkes Werra um bis zu 1,5 Mio. m³/a) aufgenommen werden.

Die Beschüttung einer kurzen Haldenflanke in Hattorf (Kleinversuch) im Rahmen des Versuchsbetriebs zur Haldenabdeckung wurde im November 2018 abgeschlossen und es haben erste Begrünungsversuche begonnen. Weiterhin wurden die Genehmigungsverfahren zum Großversuch (Betriebsversuch) vorangetrieben. Um möglichst zeitnah mit dem Abdeckvorgang zu beginnen, werden auf Plateaubereichen die kaum noch Setzungen unterliegen und auch vom laufenden Beschüttungsbetrieb nicht tangiert werden, Polderflächen errichtet. Im Werk Neuhof-Ellers wurden verschiedene Pilotprojekte und vorbereitende Forschungsarbeiten zur Entwicklung einer innovativen Erosionsschutzschicht Ende 2018 planmäßig abgeschlossen. Mit der Umsetzung einer Lysimeteranlage konnte auf der Basis der bergrechtlichen Teilzulassung in 2018 planmäßig begonnen werden.

Die Ergebnisse interner und externer Untersuchungen zur Maßnahme Einstapeln und Versatz unter Tage wurden in vier Bänden (I, II, III.1 und III.2) vorgelegt.

5 Literatur

- FGG Weser. (2014). *Die wichtigen Fragen der Gewässerbewirtschaftung in der Flussgebietseinheit Weser*. Hildesheim: Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser).
- FGG Weser. (2016a). *Detaillierter Bewirtschaftungsplan 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gemäß § 83 Abs. 3 WHG in Ergänzung zum Bewirtschaftungsplan 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 83 WHG*. Hildesheim: Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser).
- FGG Weser. (2016b). *Detailliertes Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gemäß § 82 WHG in Ergänzung zum Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 82 WHG*. Hildesheim: Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser).
- LAWA. (2012). *Ableitung überregionaler Bewirtschaftungsziele in den Flussgebietseinheiten mit deutscher Federführung*. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- Runder Tisch Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion. (2010). *Empfehlung des Runden Tisches*. Von www.runder-tisch-werra.de abgerufen
- Universität Leipzig, & Ing.Büro Cooperative Umwelt und Infrastruktur. (2015). *Gutachten zur Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit unterschiedlicher Maßnahmenoptionen zur Umsetzung des Gewässerschutzes Werra/Weser zum Erhalt der Kaliproduktion im hessisch-thüringischen Kali-Gebiet*. Leipzig, Reinheim (im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz).

6 Glossar

Andienungspflicht	Entweder eine gesetzliche Vorschrift oder eine privatrechtliche Verpflichtung.
anthropogen	Vom Menschen bewirkt.
Belastung	Einwirkung, gezielt oder ungezielt, auf ein Gewässer, die das Gewässer in biologischer, chemischer, physikalischer, hydromorphologischer und mengenmäßiger Hinsicht nachteilig verändert.
Bewirtschaftungsziel	In Wasserkörpern zu erreichende ökologische und chemische, bei Grundwasserkörpern chemische und mengenmäßige Ziele nach den §§ 27, 44 und 47 des Wasserhaushaltsgesetzes, entspricht dem Umweltziel nach Art. 4 der EG-Wasserrahmenrichtlinie.
Bewirtschaftungsplan	Für jede Flussgebietseinheit erstmalig zum 22.12.2009 aufzustellender Plan zur wasserwirtschaftlichen Bewirtschaftung der Gewässer, der die in Anhang VII EG-WRRL genannten Informationen enthält. Er wird alle 6 Jahre aktualisiert.
Chemischer Zustand	Der gute chemische Zustand wird von der EG-WRRL für Grundwasserkörper und Oberflächenwasserkörper unterschiedlich definiert. Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass ein Wasserkörper die in der EG-WRRL und in anderen Richtlinien festgesetzten Schwellenwerte in Bezug auf die Konzentration von Schadstoffen nicht überschreiten darf. Sonst befindet er sich nicht im "guten chemischen Zustand". Eine Definition ist in Art. 2 EG-WRRL zu finden.
Durchörterung	Eine unterirdische Strecke anlegen (bergmännisch).
Emission	Austrag fester, flüssiger oder gasförmiger Stoffe in die Umwelt.
ESTA (Elektro-Statistische Aufbereitung)	Dieses trockene Trennverfahren zur Aufbereitung von Kalirohsalzen kommt ohne Salzlösungen und hohen Energieaufwand zur Trocknung der Produkte aus.
Evapotranspirationsleistung	Die Summe aus direkter Verdunstung (Evaporation) von Wasser von Boden- und Wasseroberflächen hauptsächlich durch Sonneneinstrahlung und Wind sowie der Wasserabgabe durch Pflanzen und Tiere (Transpiration).
Flussgebietseinheit	Haupteinheit für die Bewirtschaftung von Einzugsgebieten festgelegtes Land- oder Meeresgebiet, das aus einem oder mehreren benachbarten Einzugsgebieten und den ihnen zugeordneten Grundwässern und Küstengewässern besteht.
Fracht	Fracht bezeichnet die mit der fließenden Welle transportierte Menge eines bestimmten Stoffes (z. B. Salzionen). Die Fracht wird mit der Einheit g oder kg angegeben. Häufig wird die Fracht in Bezug zu einem Zeitintervall gesetzt, z. B. Jahresfracht.
Gesamthärte	Die Gesamthärte bezeichnet die Konzentration an Ionen von Erdalkalimetallen (insbesondere Kalzium und Magnesium), die im Wasser gelöst sind.

Grundwasserkörper	Ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter.
Kainit	Ein selten vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Sulfate.
Konzentration	Die in einem bestimmten Volumen gelöste Stoffmenge. Die Konzentration wird mit der Einheit g/l oder kg/m ³ angegeben.
Lysimeter	Gerät zur Ermittlung von Bodenwasserhaushaltsgrößen (Versickerungsrate, Verdunstung) und zur Beprobung von Bodensickerwasser, um dessen Quantität und Qualität zu bestimmen.
Markscheide	Sie bezeichnet die Grenze eines Grubenfeldes (bergmännisch).
Markscheidesicherheitspfeiler	Ein parallel zur Markscheide verlaufender Bereich, in dem zum Schutz verschiedener Objekte kein Abbau stattfinden darf (bergmännisch).
Maßnahme	Geplantes Vorhaben zur Minderung/Beseitigung von Belastungen oder Defiziten gegenüber den Umweltzielen; dazu gehören im weiteren Sinne z. B. auch Rechtsinstrumente, administrative Instrumente oder wirtschaftliche Instrumente.
Monitoring	Untersuchungs-/Überwachungsprogramm
Summenlinie	Kurve, die aus der Aufsummierung zeitlich aufeinanderfolgender Werte einer Variablen resultiert.
Wasserkörper	Kleinste nach EG-WRRL zu bewirtschaftende Einheit; Nachweisraum für die Umweltziele der EG-WRRL. Es werden Oberflächenwasserkörper (natürliche, künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper) und Grundwasserkörper unterschieden.

7 Abkürzungsverzeichnis

AFZ	Analytik- und Forschungszentrum
AG	Arbeitsgruppe
BGBI	Bundesgesetzblatt
BUND	Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland
BWP	Bewirtschaftungsplan
Ca	Calcium
CO ₂	Kohlendioxid
DEUSA	Deutsche Solbergwerke und Aufbereitungs GmbH
EDA	Eindampfanlage
ESTA	Elektro-Statistische Aufbereitung
F+E	Forschung und Entwicklung
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
HA	Standort Hattorf
HVH	Halbtechnischer Versuch Haldenabdeckung
ICP-OES	optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas (inductively coupled plasma optical emission spectrometry)
KCl	Kaliumchlorid
KKF	Kainit-Kristallisation-Flotation
Mg	Magnesium
MgCl ₂	Magnesiumchlorid
MgSO ₄	Magnesiumsulfat
MNP	Maßnahmenprogramm
MQ	Mittlerer Abfluss
NaCl	Natriumchlorid
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
PAT	Prozessanalysetechnik
TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Monatliche Versenkmengen der Jahre 2017 und 2018.....	11
Abb. 2:	Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Meiselsgraben 2017 - 2018	13
Abb. 3:	Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Ulstertal 2017 - 2018.....	13
Abb. 4:	Messstellen zur Überwachung der Oberflächenwasserkörper bzgl. der Salzbelastung. ..	17
Abb. 5:	Vergleich der mittleren Abflüsse 2017 und 2018 mit den langfristigen Mittel- werten am Pegel Gerstungen/Werra	19
Abb. 6:	Vergleich der mittleren Abflüsse 2017 und 2018 mit den langfristigen Mittel- werten am Pegel Boffzen/Oberweser, abgeleitet aus den Abflussdaten des Pegels Höxter.....	19
Abb. 7:	Entwicklung der Rohsalzverarbeitung, Einleitung in die Werra, Versenkung, Transport und des spezifischen Salzabwasseranfalls	23
Abb. 8:	Tägliche Frachten von Chlorid in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2018.....	26
Abb. 9:	Chloridkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2018.....	27
Abb. 10:	Tägliche Frachten von Magnesium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2018	27
Abb. 11:	Magnesiumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2018.....	28
Abb. 12:	Tägliche Frachten von Kalium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2018.....	28
Abb. 13:	Kaliumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2018.....	29
Abb. 14:	14-tägige Frachten von Chlorid in der Weser bei Boffzen 2016 bis 2018	29
Abb. 15:	Chloridkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen als 14-Tagesmittelwerte 2016 bis 2018	30
Abb. 16:	14-tägige Frachten von Magnesium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2018.....	30
Abb. 17:	Magnesiumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen als 14-Tagesmittel- werte 2016 bis 2018	31
Abb. 18:	Tägliche Frachten von Kalium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2018.....	31
Abb. 19:	Kaliumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen als 14-Tagesmittel- werte 2016 bis 2018.....	32
Abb. 20:	Schema der Eigenkontrollstellen der K+S.....	33
Abb. 21:	Chloridtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster	34
Abb. 22:	Magnesiumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster	34
Abb. 23:	Kaliumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster.....	34

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Im Jahr 2018 per Bahn und LKW transportierte Mengen von Halden- und Prozesswasser	2
Tab. 2:	Stand der Umsetzung der Haldenabdeckung (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2018, Anhang 10.1)	5
Tab. 3:	Stand der Umsetzung der Maßnahme Einstapeln und Versatz (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2018, Anhang 10.1).....	7
Tab. 4:	Stand der in Planung oder Umsetzung befindlichen F+E-Vorhaben mit Angaben zum Projektzeitraum (gem. Sachstandsbericht K+S , Anhang 10.1).....	9
Tab. 5:	Vergleich des Umsetzungsstands mit dem festgelegten Zeit- und Maßnahmenplan (FGG Weser, 2016b).....	15
Tab. 6:	Rohsalzverarbeitung und Rohsalzzusammensetzung der Jahre 2015 - 2018	20
Tab. 7:	Feste Rückstände und deren Zusammensetzung der Jahre 2015 - 2018.....	20
Tab. 8:	Anfall an Prozessabwasser und Haldenwasser sowie Beckenbestände.....	21
Tab. 9:	In die Werra eingeleitete, versenkte sowie transportierte Salzabwassermengen	22
Tab. 10:	In die Werra eingeleitete Salzfrachten und deren Zusammensetzung.....	22
Tab. 11:	Versenkte Salzfrachten und deren Zusammensetzung	22
Tab. 12:	Chloridbilanz für den Pegel Gerstungen.....	25
Tab. 13:	Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen	25
Tab. 14:	Magnesiumbilanz für den Pegel Gerstungen	26

10 Anhang

10.1 Sachstandsbericht 2018 zum aktuellen Stand der Umsetzung der Firma K+S KALI GmbH

Sachstandsbericht

zum Stand der Umsetzung des Maßnahmenprogramms Salz
2015 bis 2021
für den Zeitraum Oktober bis Dezember 2018

vorgelegt von der K+S KALI GmbH
am 18.01.2019



Gliederung

Vorbemerkungen

1. Maßnahmen des Maßnahmenprogramms Salz
 - 1.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)
 - 1.2 Haldenabdeckung
 - 1.3 Einstapeln und Versatz unter Tage
2. Laufende / geplante F&E-Vorhaben
3. Zusammenfassung / Fazit

Vorbemerkungen

Der folgende Quartalsbericht gibt einen Überblick über den aktuellen Umsetzungsstand des detaillierten Maßnahmenprogramms „Salz“ und wird vierteljährlich fortgeschrieben.

Der Quartalsbericht wird jeweils im Vorfeld der Sitzungen der Arbeitsgruppe Salzreduzierung durch K+S zur Verfügung gestellt und dient in der Sitzung der Arbeitsgruppe als Diskussionsgrundlage für die weitere Vorgehensweise sowie zur Information des Weserrats. Die Quartalsberichte eines Jahres bilden neben den Ergebnissen des Gewässermonitorings die Grundlage für den jährlichen Statusbericht.

Für jede der festgelegten Maßnahme des Maßnahmenprogramms „Salz“ ist eine Datentabelle angelegt. Die Untergliederung der Maßnahmen in Einzelmaßnahmen bzw. in Umsetzungsschritte erfolgt nach Angaben des Unternehmens. Die optionalen Maßnahmen „Werra-Bypass“ und „Produktionsdrosselung“ werden ggf. nach Feststellung des Erfordernisses ab 2018 ergänzt.

In den Tabellen wird der Stand unterschieden nach Maßnahme abgeschlossen (✓), im Zeitplan (grün), verzögert ohne Gefährdung des Enddatums (gelb) und verzögert mit Gefährdung des geplanten Enddatums (rot). Bei Verzögerungen sind Begründungen und ggf. ein neues Enddatum anzugeben.

F&E-Vorhaben wurden neu ab dem Quartalsbericht 3/2017 aufgenommen und in den nächsten Quartalsberichten fortgeschrieben. Weitere für die Diskussion in der Arbeitsgruppe relevante Hinweise werden nach Bedarf ergänzt.

Der Bericht ist jeweils zum Ende des Quartals an die Geschäftsstelle zu übersenden.

1 Maßnahmen des Maßnahmenprogramms Salz

1.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)

Seit der Inbetriebnahme befindet sich die Anlage im störungsfreien Betrieb. Zurzeit werden die Optimierungspotentiale (Optimierung fest-flüssig-Trennung und Optimierung der Anlagen im Sulfatbetrieb) umgesetzt.

1.2 Haldenabdeckung

Die Beschüttung der Haldenflanke im Rahmen des Versuchsbetriebs zur Haldenabdeckung in Hattorf wurde im November 2018 abgeschlossen. Die Begrünung der Fläche wurde für das Frühjahr 2019 vorgesehen. Die Initiativbegrünung zeigte im November 2018 erste Keimlinge auf (siehe Abbildung). Erste Versuchsergebnisse aus dem Jahr 2019 werden ausgewertet, zu einem Bericht zusammengefasst und später auch in die Antragsunterlagen zum BVH eingearbeitet.

Die Planungen für den Großversuch (Betriebsversuch) an der Halde Wintershall wurden fortgeführt. Für die technischen Anlagen von der Anlieferung/Lagerung des Abdeckmaterials bis zum Abwurf des befeuchteten Abdeckmaterials auf die Haldenflanke ist die Durchführung eines förmlichen Genehmigungsverfahrens nach Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) mit Öffentlichkeitsbeteiligung aufgenommen worden vorgesehen. Die Antragsunterlagen hierzu werden gerade mit den Erkenntnissen aus dem bisherigen Versuchsbetrieb überarbeitet und zeitnah eingereicht. Seit Anfang dieses letzten Jahres werden Informationsveranstaltungen zur vorgesehenen Abdeckung der Großhalden in den benachbarten Gemeinden durchgeführt.

Als Zwischenlösung bis zu einer wirksamen Umsetzung einer Haldenabdeckung auf den Haldentops sollen in älteren, nicht mehr genutzten Haldenbereichen temporär Polder aus Kunststoffdichtungsbahnen errichtet werden, um Niederschlagswasser ohne vorherigen Kontakt mit Rückstandssalz von der Halde abzuleiten. Hierzu wird in zunächst ein 1ha großer Pilotpolder auf der Halde HA errichtet, mit dessen Erfahrungen in den Folgejahren weitere Polder auf den Haldentops gebaut werden. Die Zulassung für den Pilotpolder sowie ein Wasserrecht für die Entsorgung der gefassten Niederschlagswässer liegen vor, die Vergabe an eine bauausführende Firma ist erfolgt und die Baumaßnahme beginnt in KW2/2019. Die Maßnahme gilt als Startschuss für die Errichtung von insgesamt 9,5 ha Polderfläche.

Haldenabdeckung Hattorf und Wintershall		Durchführungszeit- raum lt. MNP Salz	Aktuelle Planung K+S		Stand
			Beginn	Ende	
2.1	Lysimeterversuche		2011	2017	✓
2.1.1/2.1.2	Planung/Genehmigung	2013 - 06.2016	2011	2013	✓
2.1.3	Bau	12.2016 - 10.2017	2013	2013	✓
2.1.4.	Betrieb	Ab 11.2017	2013	2017	✓
2.2	Pilotprojekte (Halbtechnischer Ver- such)	2016 - 2020	2014	2020 ff.	
2.2.1	Prüfung der Materialverfügbarkeit		2015	2016	✓
2.2.2	Chemische Analyse möglicher Aus- gangsstoffe		2015	2017	✓
2.2.3	Analysen der Stoffgemische		2015	2017	✓
2.2.4	Technische Entwicklungen		2015	2017	✓
2.2.5	Versuche zur Schwermetallfällung Fällung der Schwermetalle aus dem Haldenwasser im AFZ		2015	2017	✓

Haldenabdeckung Hattorf und Wintershall		Durchführungszeit- raum lt. MNP Salz	Aktuelle Planung K+S		Stand
			Beginn	Ende	
2.2.6	Einreichung der Antragsunterlagen ¹⁾ 1) Rodungsantrag, 2) SBP Flächenvorbereitung 3) SBP Beschüttung 4) Genehmigung der Beschüttung ¹⁾		1) 01/2015 2) 02/2016 3a) 12/2015 3b) 03/2016 3c) 07/2016 3d) 08/2017	1) 2015 2) 08/2017- 05/2018 3) Q2/2018 4) 06/2018 ¹⁾	✓
2.2.7	Beschüttung / Begrünung)		Q3/2018	Q4/2018 Q2/2019	
2.2.8	Erkenntnisgewinn aus dem Versuch		2018	2020 ff.	
2.3	Großversuch	2018 - 2021	2016	2021 ff.	
2.3.1	Erarbeitung der Antragsunterlagen (Versuchsort Halde Wintershall)		2016	2018 ₂₎	
2.3.2	Einreichen der Antragsunterlagen (Versuchsort Halde Wintershall)		2018	2019	
2.3.3	Genehmigungsverfahren (Versuchsort Halde Wintershall)		2018	2019	
2.3.4	Beschüttung (Versuchsort Halde Win- tershall)		2019 ff.		
2.3.5	Monitoring der Stoffflüsse (Versuchs- ort Halde Wintershall)		2019 ff.		
2.3.6	Erkenntnisgewinn aus dem Versuch (Versuchsort Halde Wintershall)		2019 ff.		
2.4	Regelbetrieb (Betriebsphase)	2021 - 2075	2021	2075	
2.4.1	Plateaubdeckung mit Polderbau		2018 ₃₎		
2.4.2	Flankenabdeckung		2024		

Haldenabdeckung Neuhof-Ellers		Durchführungszeit- raum lt. MNP Salz	Aktuelle Planung K+S		Stand
			Beginn	Ende	
2.5	Pilotprojekte zur Untersuchung innovativer Erosionsschutz-/Haldenwasserminimie- rungsmaßnahmen (Halde Neuhof)	2016 – 2018	2016	2018	✓
2.6	Beginn der Umsetzung innovativer Erosi- onsschutz-/Haldenwasserminimierungs- maßnahmen (Halde Neuhof)	2018	2018 ₄₎	2018 ff	
2.6.1	Chemisch-physikalische (Labor-)Untersu- chungen u.a. zur Auswahl geeigneter Zu- schlagstoffe und zum Nachweis der Her- ausbildung einer „Innovativer Erosions- schutz-Schicht“. (IES)		Q2/2018	Q4/2018	✓
2.6.2	Planung und Beantragung • eines IES-Probefeldes auf dem Halden- top • von Aufbau und Betrieb Lysimeteran- lage zum Funktionsnachweis		Q2/2018	Q3/2018	✓
2.6.3	Aufbau und Betrieb Lysimeteranlage		Q4/2018	2018 ff	
2.6.4	Umsetzung IES-Abdeckung beginnend mit Probefeld		Q4/2018	2018 ff	

Laufende / geplante F&E-Vorhaben		F&E-Projekt-ende nach aktueller Planung K+S	Stand
1	Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA-Verfahrens		
1.1	ESTA Freifallscheider verbessern		
1.2	Neukonzept 'Staub'ESTA	2019	
1.3	Steinsalzvorabtrennung u.T.	2020	
2	Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge		
2.1	Versuche zur Sylvin-Flotation in der KKF-Anlage in Hattorf	2019	
2.2	Klassierverfahren in der KKF	Q2/2018	✓
2.3	Konditionierungsmittelversuche ESTA Hattorf	kontinuierlich	
2.3.1.	Untersuchung alternativer Konditionierungsmittelregime für die CMg-Stufe der ESTA NE	kontinuierlich	
3	Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren		
3.1	Beauftragung der K-UTEK resultierend aus Machbarkeitsstudie Einstapelung von MgCL2-reichen Prozesslösungen mit Verfestigung in Grubenhöhlräumen	2018	
3.2	Eindampfversuche im Rahmen von Einstapelung von Salzabwässern (Konzentrationsnivaus)	2018	
4	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung		
4.1	Schütttechnikversuche Werk Neuhof-Ellers		✓
4.2	Überlegungen zu Verbesserung der Basisabdichtung	2020	
5	Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren		
5.1	Überwachung der Sättigungsverhältnisse im Lösebetrieb	2019	
6	Prüfung von Membranverfahren		
6.1	Nanofiltration (2. Teilprojekt)	Ende 2018	
6.2	Membrandestillation - Machbarkeitsstudie	Ende 2018	
7	Optimierung der Fest/Flüssigtrennung		
7.1	Aufbereitung von Rückständen des Kieseritbetriebes am Standort Wintershall		✓
7.2	Untersuchungen zur Optimierung der Eindampfanlage auf Kainit (EDA-Kainit) am Standort Wintershall		✓
8	Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen		
8.1	Versuche zur Haldenabdeckung: HVH	offen	
8.2	Innovativer Erosionsschutz Halde Neuhof	2019	
8.3	Polder auf Haldentop in Hattorf	2019	
9	Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwassermeidung		
9.1	Optimierung der Kieseritausbeute bei der elektrostatischen Aufbereitung am Standort Hattorf (Filtertuch)		✓
9.2	Optimierung der Leonitumsetzung am Standort Wintershall (Verdrängung von Haftlösung)		✓
9.3	Prozessanalytik, Prozessanalysetechnik (PAT)	kontinuierlich	
9.4	Aufbereitung von Rückständen des Löse- und Kieseritbetriebes am Standort Hattorf		✓
9.5	Möglichkeiten der Verarbeitung und Verwertung von Beckensalzen im Lösebetrieb Wintershall		✓
9.6	Wertstoffrückgewinnung in optischen Verfahren aus der Tonfraktion am Standort NE	2018	✓

10	Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen		
10.1	KKF Kainit substituiert Kieserit, Versuch in der Sulfatanlage HA	Ende 2018	
10.2	Verwendung von Langbeinit aus EDA für die Sulfatherstellung WI (Machbarkeitsstudie zur Nassklassierung mittels Zyklon)	Ende 2018	
11	Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder		
11.1	Baustoff Sorelzement		✓
11.2	Endlaugenkalk - Walddüngung		✓
11.3	Entwicklung eines Magnesiazementschaums und einer Applikationsapparatur	2019	
12	Optimierung der Salzsteuerung		
12.1	Entwicklung eines automatisierten Probenvorbereitungssystems für PAT	2018	
12.2	ICP-Messraum, Teilprojekt Redundanz zur Störfallabsicherung durch Einbindung des 2. ICP-OES	2. Quartal 2018	✓
13	Sonstiges		
13.1	Versuche zur Mobilisierung von geogen vorhandenen Spurenbestandteilen im Boden	offen	
13.2	Versuche zur Abbindung von Salzabwässern mit Zuschlagsstoffen	Ende 2018	
13.3	Versuche zum analytischen Nachweis und Abbau von organischen Aufbereitungshilfsstoffen	2019	

abgeschlossen

In Bearbeitung

Pause

3 Zusammenfassung/Fazit

Zum Ende des 4. Quartals 2018 liegt der Fortschritt der Maßnahmenumsetzung in dem Rahmen des Maßnahmenprogramms Salz 2015 bis 2021.

10.2 F+E-Vorhaben: Jahresbericht 2018 der Firma K+S KALI GmbH



Jahresbericht 2018

F&E-Vorhaben

im Rahmen des
Maßnahmenprogramms
2015 - 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Forschungsvorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms.....	5
2	Allgemeines.....	7
2.1	Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA®-Verfahrens	8
2.1.1	ESTA Freifallscheider verbessern	8
2.1.2	Neukonzeption ESTA für die Staubfraktion	9
2.1.3	Steinsalzvorabtrennung unter Tage.....	9
2.2	Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge	10
2.2.1	Eindampfung von Prozesswässern in der geplanten Kainit- Kristallisations-Flotationsanlage (KKF) am Standort Hattorf.....	10
2.2.2	Konditionierungsmittelversuche ESTA Hattorf.....	11
2.2.3	Vor-Untersuchung alternativer Konditionierungsmittelregime für die C_{Mg} - Stufe der ESTA in Neuhof	11
2.3	Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren.....	12
2.3.1	Beauftragung der K-UTEC mit Konzept- und Machbarkeitsstudie.....	12
2.3.2	Eindampfoptionen für die untertägige Einstapelung von Prozesswässern	14
2.3.2.1	Konditionierung und Einstapeln im Grubenfeld Springen	15
2.4	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung	17
2.4.1	Schütttechnik Werk Neuhof-Ellers	17
2.4.2	Überlegungen zur Verbesserung der Basisabdichtung	17
2.5	Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren	19
2.5.1	Überwachung der Sättigungsverhältnisse im Lösebetrieb.....	19
2.5.2	Zweistufige NaCl-Flotation aus KNZ-Salz der ESTA Hattorf zur Deckwasserreduzierung	19
2.6	Prüfung von Membranverfahren	20
2.6.1	Membrandestillation	20
2.6.2	Nanofiltration	20
2.7	Optimierung der Fest-/Flüssigtrennung	22
2.7.1	Aufbereitung von Rückständen des Kieseritbetriebes am Standort Wintershall.....	22

2.7.2	Maßnahmen und Untersuchungen zur Optimierung der Eindampfanlage auf Kainit (EDA-Kainit) am Standort Wintershall.....	22
2.8	Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen	23
2.8.1	Versuche zur Haldenabdeckung an den Standorten des Werkes Werra – Halbtechnischer Versuch in Hattorf (HVH)	23
2.8.2	Innovativer Erosionsschutz an der Halde Neuhof-Ellers.....	25
2.8.3	Errichtung von Poldern auf der Halde Hattorf	26
2.9	Optimierung der bestehenden Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung	27
2.9.1	Optimierung der Kieseritherstellung am Standort Hattorf	27
2.9.2	Optimierung der Leonitumsetzung am Standort Wintershall (Haftlösungsverdrängung)	28
2.9.3	Prozessanalytik Prozessanalysetechnik (PAT).....	28
2.9.4	Aufbereitung von Rückständen des Löse- und Kieseritbetriebes am Standort Hattorf	29
2.9.5	Möglichkeiten der Verarbeitung und Verwertung von Beckensalzen im Lösebetrieb Wintershall	29
2.9.6	Wertstoffrückgewinnung aus der Tonfraktion in optischen Verfahren am Standort Neuhof-Ellers	29
2.9.7	Weitere Versuche zur Verwertung von Spülwässern in Hattorf	30
2.10	Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen	30
2.10.1	Kainit substituiert Kieserit – Versuch in der Kaliumsulfatanlage HA	31
2.10.2	Langbeinit aus der Eindampfanlage	31
2.11	Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder	31
2.11.1	Baustoff Sorelzement	32
2.11.2	Endlaugenkalk - Walddüngung.....	32
2.11.3	Entwicklung eines Magnesiazementschaums und einer Applikationsapparatur.....	32
2.12	Optimierung der Salzlaststeuerung	33
2.12.1	Entwicklung eines automatisierten Probenvorbereitungssystems	33
2.12.2	ICP - Mess- und Analytikraum.....	34
2.13	Sonstiges.....	34

2.13.1	Versuche zur Mobilisierung von geogen vorhandenen Spurenbestandteilen im Boden.....	34
2.13.2	Versuche zur Abbindung von Prozesswässern mit Zuschlagsstoffen ,Maßnahme B‘	35
2.13.3	Methodenentwicklung zum analytischen Nachweis organischer Verbindungen und deren Abbaubarkeit	36
2.13.4	Crowdsourcing (Internationaler Ideenwettbewerb) für die Haldenabdeckung.....	37
2.13.5	Externe Begutachtung der F&E Vorhaben	38
3	Fazit.....	39

Bearbeiterin: Gerlinde Minkel (T-RD)

1 Forschungsvorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms

Die FGG Weser hat im aktuellen Maßnahmenprogramm 2015 – 2021 bzgl. der Salzbelastung unter Kapitel 4.2.2.5 F+E-Vorhaben eine ganze Reihe von Forschungs- und Entwicklungsansätzen zur Weiterentwicklung von alternativen Maßnahmen zum nachhaltigen Gewässerschutz und zur wissenschaftlichen Begründung angestrebter Zielsetzungen aufgeführt. Darüber hinaus ist K+S im Rahmen von Nebenbestimmungen von wasserrechtlichen Erlaubnissen verpflichtet, nach weiteren Möglichkeiten zur Reduzierung des Salzabwasseranfalls intensiv zu forschen und jährlich zu berichten.

In der vorliegenden Dokumentation werden die von K+S ergriffenen Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen (F&E-Vorhaben) beschrieben und dargestellt. Mit diesem Jahresbericht wird der Prozessfortschritt des vergangenen Kalenderjahres verdeutlicht, die kontinuierliche Kommunikation im Bereich F&E zwischen K+S und der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser) sichergestellt, sowie der behördlich geforderten Berichtspflicht Rechnung getragen.

Im Fokus der untersuchten Maßnahmen stehen deren technische Machbarkeit, die ökologische Sinnhaftigkeit, aber auch die Frage der wirtschaftlichen Zumutbarkeit. Die Ergebnisse aus den F&E Vorhaben müssen auch rechtlich umsetzbar sein. Wirtschaftliche Projekte zur Verbesserung der Wertstoffausbeute haben dabei immer auch eine rückstands- bzw. abwassermindernde Wirkung und somit eine Erhöhung der Ressourceneffizienz zur Folge, auch wenn nicht für alle Projekte im Einzelnen eine mengen- und volumenmäßige Einsparung im Voraus abgeleitet werden kann.

K+S hatte bis Ende 2015 eine ganze Reihe wichtiger verfahrenstechnischer Maßnahmen und neuer Anlagen zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Salzwasserminimierung entwickelt und umgesetzt. Mit diesem Jahresbericht wird gezeigt, dass auch weiterhin kontinuierlich Entwicklungs- und Forschungsprojekte zur weiteren Reduzierung des Salzwasseranfalls der Werke Werra und Neuhoof-Ellers erarbeitet und geprüft werden, sowie an bestehenden Projekten weitergeforscht wird. Auf Grund der Besonderheiten der einzelnen Rohsalzqualitäten, als auch den daraus resultierenden Aufbereitungsanforderungen jedes Standorts, wird bei der Bearbeitung

von F&E-Projekten vorwiegend auf K+S-eigene Forschungs- und Entwicklungsressourcen zurückgegriffen. Externe Studien oder Gutachten ergänzen und verifizieren eigene Forschungsmaßnahmen. Bei grundlegenden F&E-Projekten wird in verschiedenen Kooperationen mit Hochschulen und sonstigen Forschungseinrichtungen eng zusammengearbeitet, um so neue Impulse und Potentiale generieren zu können. Ferner werden Ideen von Mitbürgern und externen Firmen gewissenhaft geprüft und bewertet. Im Rahmen des K+S-Ideenmanagements werden an allen Standorten Verbesserungsvorschläge der Mitarbeiter kontinuierlich erfasst (KVP = kontinuierlicher Verbesserungsprozess). Diese Vorschläge/Ideen kommen aus der Praxis und befassen sich mit Problemlösungen innerhalb der Prozesskette. Dabei wird die potenzielle Wasserreduzierung miteingefasst und in die Bewertung mit aufgenommen. Viele KVP-Vorschläge sind zielführend; die Bereitschaft der Belegschaft, ihr spezifisches Wissen zur Verbesserung der laufenden Prozesse weiterzugeben, ist ein wertvoller Beitrag zu effizienterem Ressourceneinsatz. Ein KVP-Vorschlag des Werkes Werra fand 2018 auch aufgrund des hohen wirtschaftlichen Nutzens besondere Beachtung: Der im Rohsalz der Kieseritfabrik am Standort Hattorf enthaltene Wertstoff löst sich im Löseverfahren nicht vollständig. In den Kieserit-Lösekesseleln bleibt immer Restsalz übrig, in welchem noch ungelöster Kieserit enthalten ist. Früher wurde dieser Rest als Rückstand über ein Schöpfrad direkt zur Halde befördert. Inzwischen kann das Restsalz über ein Rückführband und eine Zwischenstufe noch einmal zurück in die Kessel und damit erneut dem Löseprozess zugeführt werden. Pro Jahr ist auf diese Weise eine zusätzliche Kieserit-Ausbeute von bis zu 8.000 Tonnen möglich.

Die FGG Weser hatte im März 2016 den sogenannten „Masterplan Salzreduzierung“ verabschiedet. Derzeit umfasst dieser unter anderem die drei zentralen Maßnahmen:

- Kainit-Kristallisations-Flotations-Anlage (KKF),
- Einstapeln und Versatz unter Tage und
- die dauerhafte Senkung des Haldenwasseranfalls (Haldenabdeckung) und optional ergänzende Maßnahmen wie
- den Bau und Betrieb eines Werra-Bypasses.

Zusätzliche Maßnahmen im Sinne des Maßnahmenprogramms sind das flankierende Monitoring und die Weiterentwicklung von alternativen Maßnahmen, die hier im Rahmen der F&E-Vorhaben beschrieben werden. Wo sich zwischen den zentralen

Maßnahmen und aktuellen Forschungsprojekten Berührungspunkte und Schnittmengen zu den jeweiligen Berichten ergeben, sind die entsprechenden Querverweise zu weiteren Informationen eingefügt.

2 Allgemeines

In der Lagerstätte im hessisch-thüringischen Kalirevier werden die Salzminerale Halit, Sylvin, Carnallit und Kieserit bergmännisch gefördert und die darin befindlichen Wertstoffe Kaliumchlorid und Magnesiumsulfat gewonnen. Die Wertstoffe können erst durch Aufbereitungsverfahren als vermarktungsfähige Produkte erhalten werden. In der Rohsalzaufbereitung findet deshalb neben der Trennung der Wertstoffe von den nicht verwertbaren Bestandteilen auch eine Trennung zwischen den unterschiedlichen Wertstoffen selbst statt.

Die eingesetzten Aufbereitungsverfahren variieren und sind abhängig von:

- der Lagerstätte (Vorkommen und Qualität der Salzminerale),
- der Produkthanforderung,
- den möglichen Verwertungs- und Entsorgungswegen (Rückstandsmanagement).

Die Aufbereitungsverfahren fußen auf physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten. Auf Grund dieser und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen, sowie der über fast 100 Jahre gewachsenen Struktur, ist eine rückstandslose Kalirohsalzaufbereitung, also die vollständige Verwertung aller Bestandteile des Rohsalzes, derzeit nicht möglich und somit nicht Stand der Technik¹.

Im Laufe der Entwicklung der Kalirohsalzaufbereitung haben sich in den Werken Werra und Neuhoof-Ellers die heute gängigen Aufbereitungs- bzw. Trennverfahren, namentlich das Heißlöseverfahren, das Flotationsverfahren und das ESTA®-Verfahren (nur bei K+S) etabliert und bewährt. Je nach Lagerstättenbedingungen und Rohsalzqualitäten wird in Deutschland in der Regel für die Kalirohsalzaufbereitung

¹ Vgl. *Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert* von Henry Rauche - Stand der Technik bei der Rohstoffgewinnung und der Rohstoffaufbereitung sowie bei der Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände, Springer Vieweg © 2015.

eine Kombination dieser Verfahren verwendet. Die Aufbereitungsrückstände fallen heute zum überwiegenden Teil in fester Form an. Bestimmte Mengen an Salzabwasser sind, bedingt durch die Rohsalzzusammensetzung, die Aufbereitungsverfahren und die Qualitätsanforderungen an die Produkte, nicht zu vermeiden. Zu diesen Prozessabwässern aus der Produktion kommen noch die aus der Aufhaltung der festen Rückstände resultierenden salzhaltigen Haldenwässer hinzu. Bei diesen liegt der Forschungsschwerpunkt auf der zukünftigen Senkung des Haldenwasservolumens und der darin enthaltenen Salzfracht.

Zur Senkung der Prozessabwässer werden Potentiale im Rahmen der Gewinnungs- und Aufbereitungstechnologien/-verfahren gesucht sowie neue Verwertungsmöglichkeiten entwickelt. Dabei ist auch die Erhöhung der Wertstoffausbeute und somit die Verbesserung der Ressourceneffizienz eines der Ziele. Dies gilt besonders für mögliche, die eigentlichen Aufbereitungsverfahren ergänzende Eindampfprozesse. Durch das Verfahren der Eindampfung kann je nach Lösungszusammensetzung eine maßgebende Senkung des Salzwasservolumens und der darin enthaltenen Salzfracht gelingen. Der dafür erforderliche Energieeinsatz kann sich rechtfertigen, wenn aus den bei der Eindampfung entstehenden Feststoffen (Kristallisate) weiterer Wertstoff wirtschaftlich gewonnen werden kann.

Im Folgenden wird über die F&E-Vorhaben gemäß des detaillierten Maßnahmenprogramms der FGG Weser (Absatz 4.2.2.5) berichtet. Es werden hierbei nur die 2018 weitergeführten oder neuen Projekte beschrieben. Bei älteren abgeschlossenen Projekten wird auf den Jahresbericht 2017 verwiesen.

2.1 Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA®-Verfahrens

Die ESTA-Technologie wurde von K+S in den 70er Jahre entwickelt und ab den 80er Jahren großtechnisch umgesetzt.

2.1.1 ESTA Freifallscheider verbessern

Ein Ziel aktueller Forschungsarbeiten ist es, durch konstruktive Änderungen der bestehenden Anlagenkonzeption der ESTA-Freifallscheider ein verbessertes Trennverhalten zu realisieren und die Anlagen weiter zu entwickeln. Hierzu wurde eine in

der ESTA-Anlage des Standortes Wintershall integrierte Pilotanlage modifiziert, um ein verbessertes Anlagendesign zu erhalten, welches eine höhere spezifische Trennung ermöglicht. Diese verbesserte Trennung kann potenziell dazu beitragen, die Wertstoffkomponenten noch besser und effizienter von den festen Rückständen abzutrennen. Im Zuge der Weiterentwicklung der Röhrenelektroden sind Probleme mit der Stabilität der vorhandenen Konstruktion entstanden. Mechanisch konnte das neu konstruierte Teil nicht mit der vorhandenen Technik betrieben werden, so dass eine generelle Überarbeitung der Antriebskonstruktion notwendig wird. Die Arbeiten werden 2019 fortgesetzt.

2.1.2 Neukonzeption ESTA für die Staubfraktion

Neben der Verbesserung der bestehenden Anlagenkonzeption wird auch an kompletten Neukonzeptionen von ESTA-Trennapparaten für die Staubfraktion (Partikelfraktion < 0,1 mm) gearbeitet. Die bei Mahlung und Siebung anfallenden Staubanteile der zu trennenden Mineralsalze unterscheiden sich in ihrem Lagerungs- Fall- und Fließverhalten deutlich von den Kristallen mit gewöhnlicher ESTA-Korngrößenverteilung (0,1 mm – 1 mm Partikel). Der zwangsweise angefallene Staub kann nicht in der etablierten Freifallscheidertechnik getrennt werden. Aus diesem Grund muss ein weiterer Aufbereitungsschritt zur Trennung von in der Produktion anfallenden Stäuben nachgeschaltet werden. Die Stäube zu trennen bedarf einer wesentlich komplexeren ESTA-Technik und eines höheren Energieeinsatzes. Diese Staubaufbereitung ist wichtig, um die Nassaufbereitung (Flotation) zu entlasten. 2018 wurde in der ESTA-Versuchsanlage die Aufgabe der Salzstäube verbessert und das bestehende Antriebskonzept ‚verschleißfester‘ gemacht, um die Anlagenverfügbarkeit zu erhöhen, die Arbeiten werden 2019 fortgesetzt.

2.1.3 Steinsalzvorabtrennung unter Tage

Ein Entwicklungsschwerpunkt ist die Abtrennung von NaCl aus dem Rohsalz unter Tage, die sogenannte Steinsalzvorabtrennung. Diese könnte das Rückstandsaufkommen über Tage punktuell reduzieren. Diese Maßnahme würde sich weniger im kurz- und mittelfristigen als im langfristigen Aufhaldungsbedarf bemerkbar machen und somit den Haldenwasseranfall langfristig reduzieren. Aufgrund erster Erfahrungswerte wird die Verfahrenstechnik für den potenziellen Einsatz in der Grube weiterentwickelt. Es müssen Herausforderungen, wie die Minimierung der Bauhöhe, die Verbesserung

der Anlagenverfügbarkeit und -robustheit, sowie der Entwicklung einer mobilen Absieb-/ und Kontaktierungseinheit gelöst werden. Da unter Tage keine komplette Rohsalzaufmahlung realisierbar erscheint, ist die Sortierung einer Teilmenge das Ziel der momentanen Entwicklung. Eine erste Testanlage, die diese Anforderungen erfüllen könnte, wurde im Analytik- und Forschungszentrum (AFZ) entwickelt und in dessen Technikum in Betrieb genommen. Das erste umfangreiche Testprogramm wurde abgeschlossen. Mit der Pilotanlage des AFZ konnte die Trennfähigkeit von kieseritischem Hartsalz aus Neuhof nachgewiesen werden.

Die zu entwickelnde Technik muss im nächsten Schritt auf die „unter Tage“ Tauglichkeit getestet werden. Es wurde für 2019 ein Projekt zur Identifizierung eines passenden Standorts unter Tage initiiert. Dabei ist ein Projektziel ein technisches Konzept zur Einbindung des Prototyps in die laufende untertägige Produktion zu erstellen und die wirtschaftlichen Kennzahlen abzuschätzen.

2.2 Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge

2.2.1 Eindampfung von Prozesswässern in der geplanten Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF) am Standort Hattorf

Am Standort Hattorf wurde im Jahr 2018 die sogenannte Kainit-Kristallisations- und Flotationsanlage (KKF) erfolgreich in Betrieb genommen. Die verfahrenstechnischen Ziele konnten erreicht werden, es besteht jedoch Optimierungsbedarf hinsichtlich der Anlagenverfügbarkeit. Es zeigte sich, dass die in bestimmten Teilbereichen eingesetzten Werkstoffe noch nicht für einen dauerhaften Einsatz in der KKF-Anlage geeignet sind. Daher werden sukzessive betroffene Aggregate durch Beschichtungen oder Austausch einzelner Anlagenteile den Bedingungen angepasst.

Die Untersuchungen zur Ergänzung des Aufbereitungsteiles der KKF-Anlage um eine Sylvinflotation werden zurückgestellt, bis ausreichend Betriebserfahrung im Flotationsprozess in der KKF-Anlage erlangt wurde, um etwaige Effekte besser abschätzen zu können.

Durch die KKF-Anlage werden ab 2019 die Salzabwässer des Werkes Werra um bis zu 1,5 Mio. m³/a verringert und die Salzfracht um bis zu 500.000 t/a reduziert.

2.2.2 Konditionierungsmittelversuche ESTA Hattorf

Die Forschungsansätze zum Einsatz alternativer Konditionierungsmittel sind ausgerichtet auf deren ökologische Vorteilhaftigkeit und eine Verbesserung der Wertstoffgewinnung. Durch die Änderung der Konditionierung in der ESTA-Anlage können – so zeigen Vorversuche in der Pilot-ESTA-Anlage im AFZ – die Kaliwertstoffe noch besser abgetrennt werden. Durch die damit verbundene weitere Senkung des NaCl-Gehaltes in der Kaliwertstofffraktion kann diese mit geringerem Wassereinsatz weiter veredelt werden.

Die Ergebnisse aus der Pilot-ESTA-Anlage sollten daher im Rahmen eines Betriebsversuchs großtechnisch überprüft werden. Nach dessen Genehmigung wurde in der ESTA-Anlage auf dem Standort Hattorf in den Monaten März bis Oktober 2017 die Standardkonditionierung zeitweise durch eine alternative Konditionierung ersetzt. Die Betriebsversuche wurden 2018 fortgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die alternative Konditionierung in den nachfolgenden Prozessen im Anschluss an die ESTA wesentliche Verschlechterungen bewirkte. Beispielsweise brach die Entwertung in der Kieseritflotation zusammen. Zusätzliche Geruchsprobleme in den Produktionsstätten führten zu einem Abbruch des Versuchs. Damit überwogen die Nachteile gegenüber den ursprünglich erwarteten Verbesserungen. Zusätzlich konnten die prognostizierten Wertstoffausbeutesteigerungen in der B-Stufe und C_{Mg}-Stufe nicht mehr kontinuierlich erzielt werden. Weitere Versuche zur Optimierung des Konditionierungsmittelregimes werden 2019 durchgeführt.

2.2.3 Vor-Untersuchung alternativer Konditionierungsmittelregime für die C_{Mg}-Stufe der ESTA in Neuhof

Um die Ammoniumfracht im Haldenwasser zu senken, werden im Werk Neuhof-Ellers in der C_{Mg}-Stufe alternative und ammoniumfreie Ersatzstoffe getestet. Die 2018 durchgeführten Testserien brachten noch nicht das gewünschte Ergebnis. Trotz intensivem Screening aus der Vielzahl von am Markt verfügbaren Substanzen ist noch kein adäquater Ersatzstoff gefunden worden. Deshalb wird die Ersatzstoffprüfung fortgesetzt.

2.3 Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren

Neben der ESTA und der Flotation stellen thermische Trennverfahren Grundverfahrenstechniken in der Aufbereitung von Kalirohsalzen dar. In den Eindampf- und Kristallisationsprozessen können durch eine geeignete Wahl der Verfahren gezielt bestimmte Kristallisate hergestellt werden, die dann von der verbleibenden Restlösung abgetrennt werden. Die so erhaltenen Kristallisate haben meist keine vermarktungsfähige Qualität und müssen daher in weiteren Schritten aufgereinigt werden. Grundsätzlich sind solche Eindampf- und Kristallisationsprozesse sehr energieintensiv.

2.3.1 Beauftragung der K-UTEC mit Konzept- und Machbarkeitsstudie

Die K+S hat die K-UTEC AG Salt Technologies im Jahr 2017 mit der Durchführung einer Konzept- und Machbarkeitsstudie beauftragt. Schwerpunkt war die Prüfung einer weiteren Aufbereitung von salzhaltigen Lösungen im Umfang von 5,5 Mio. m³ der Werke Werra und Neuhof-Ellers (WE und NE) mit folgender Aufgabenstellung: „Technisches Konzept zur Aufbereitung der anfallenden Produktionsabwässer und Haldenwässer der Werke Werra und Neuhof-Ellers mit dem Ziel der SOP Herstellung und Kostenschätzung.“ Auf Basis der von K-UTEC in der 1. Projektphase erarbeiteten und im vorgelegten Zwischenbericht dokumentierten Ergebnisse sind beide Vertragspartner übereingekommen, die ursprünglich vereinbarte 2. Projektphase „Vorläufige Machbarkeitsstudie“ nicht durchzuführen und die Aufgabenstellung zu modifizieren. Dazu wird die bisherige Projektphase 2 durch eine neue, inhaltlich geänderte Aufgabenstellung und Arbeitsbeschreibung ersetzt.

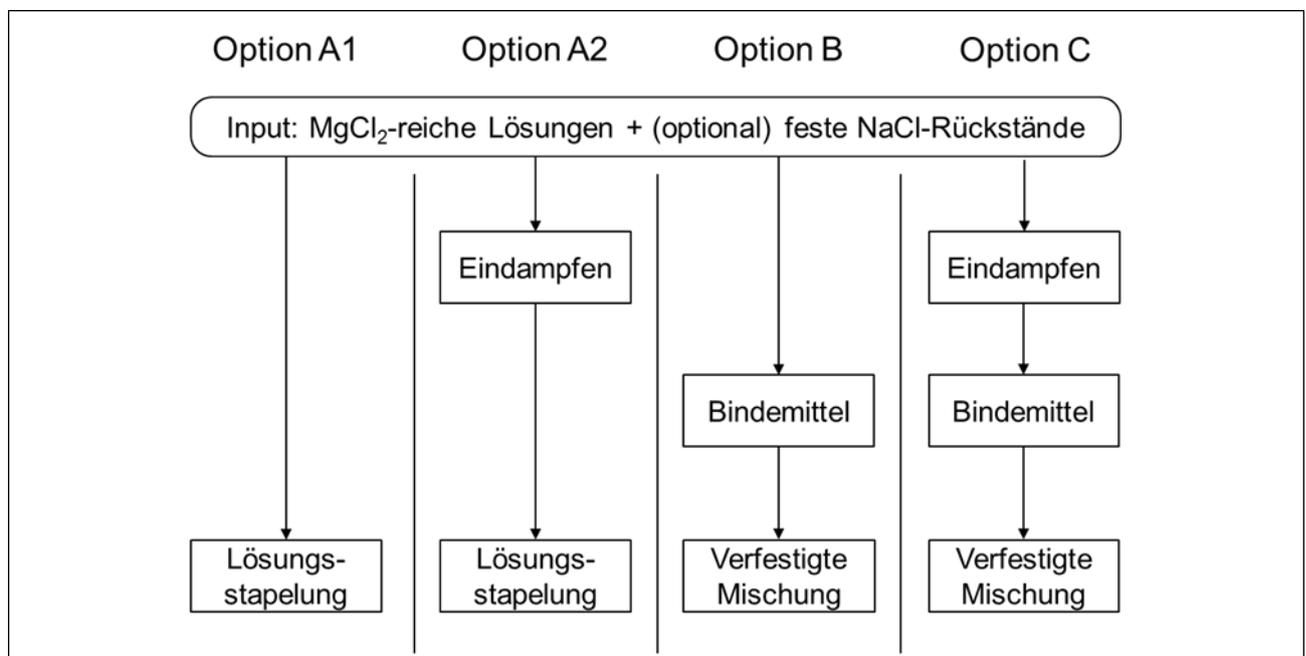
Gegenstand der neuen Projektphase 2 war die Ausarbeitung eines realisierbaren Entsorgungskonzeptes durch K-UTEC, um bestimmte Salzlösungen dauerhaft untertägig einzustapeln. Bei den Salzlösungen handelt es sich um die ab dem Jahr 2018 aus den Aufbereitungsprozessen anfallenden MgCl₂-reichen überschüssigen Prozesslösungen der Standorte Hattorf und Wintershall.

Folgende Ansätze einer dauerhaften Verbringung wurden im Rahmen der Projektphase 2 untersucht und miteinander verglichen:

- Option A:** Einstapelung der nicht konditionierten Lösungen in geeigneten Grubenbereichen mit oder ohne Erhöhung der $MgCl_2$ -Konzentration durch Eindampfung
- Option B:** Einstapelung als ortstabile Mischung durch Zugabe von Bindemitteln
- Option C:** Einstapelung als ortstabile Mischung durch Zugabe von Bindemitteln nach Erhöhung der $MgCl_2$ -Konzentration durch Eindampfung

Die Optionen sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Abbildung 1: Optionen für die Entsorgung der $MgCl_2$ -reichen Lösungen unter Tage



Aufgabenstellung war auch die Planung einer großtechnischen Anlage zur Verbringung der $MgCl_2$ -reichen Prozesslösungen in ihrer Gesamtheit zumindest aber im Umfang von 1,5 Mio. m^3/a . Als Standort für eine mögliche untertägige Verbringung ist das Bergwerk Springen vorgesehen. Die Arbeiten beinhalten die Ausarbeitung der verschiedenen Verfahrensoptionen im Rahmen einer Konzeptstudie (Scoping Design). Basierend auf einem technisch-ökonomischen Verfahrensvergleich wurde in gemeinsamer Diskussion mit der K+S KALI GmbH die Vorzugsvariante festgelegt. Resümee der Firma K-UTEC: „Die K-UTEC ist der Meinung, dass die Einstapelung, innerhalb der angegebenen technisch-ökonomischen Randbedingungen, machbar und durchführbar ist und empfiehlt kurzfristig mit den weiteren Nachweis- und Planungsaktivitäten zu beginnen.“

Die Ergebnisse hierzu finden sich im Band III.2 zum „Großforschungsprojekt zu den Untersuchungen zum Einstapeln und zum Versatz von Prozesswässern in Grubenhohlräumen im hessisch-thüringischen Werra-Fulda-Kalirevier der Werke Werra und Neuhof-Ellers“.

2.3.2 Eindampfoptionen für die untertägige Einstapelung von Prozesswässern

Im Rahmen der Untersuchungen zur Einstapelung von Salzlösungen in untertägigen Grubenhohlräumen ist es aus phasentheoretischen Überlegungen erforderlich, die vorgesehenen und zu entsorgenden Prozesswässer des Werkes Werra (ca. 3,2 Mio. m³/a inkl. 5 % Verdünnung für den Transport) mittels Eindampfanlagen zu konditionieren. Dabei sind bestimmte Konzentrationsniveaus (MgCl₂, MgSO₄) einzustellen, so dass die so konditionierten Salzlösungen kein oder nur noch ein geringes Umlösepotential aufweisen und somit für die untertägige Einstapelung in Grubenhohlräumen geeignet sind. In vorherigen Betrachtungen wurde mittels Prozessmodellen die Eindampfung von Prozesswässern des Werkes WE vor dem Hintergrund einer möglichen Einstapelung in der Grube NE und WE betrachtet. Die Ergebnisse zu diesen Untersuchungen finden sich in Band II zum „Großforschungsprojekt zu den Untersuchungen zum Einstapeln und zum Versatz von Prozesswässern in Grubenhohlräumen im hessisch-thüringischen Werra-Fulda-Kalirevier der Werke Werra und Neuhof-Ellers“.

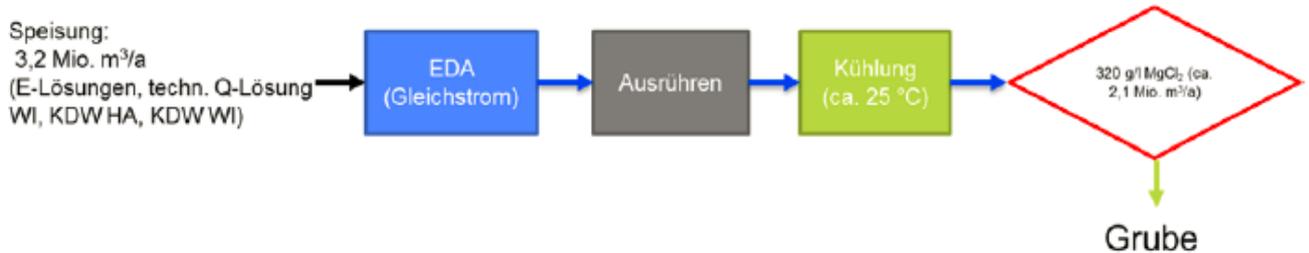
Im Rahmen des gleichen Projektes wurden in enger Zusammenarbeit zwischen dem Werk Werra und dem AFZ ebenfalls mittels Prozessmodellierungen die Eindampfung von Prozesswässern mit und ohne Wertstoffgewinnung vor dem Hintergrund der Einstapelung in der Grube Springen betrachtet. Die Ergebnisse hierzu finden sich im Band III.1 des o.g. Projektes.

In zwei entwickelten Varianten „*Ohne Teilverwertung des Wertstoffes*“ und „*Mit Teilverwertung des Wertstoffes*“ ist vorgesehen, die entsprechenden Prozesswässer in einer sogenannten Anlage zur Konditionierung (AK) aufzubereiten, um eine Lösung mit einer Konzentration an MgCl₂ in Höhe von möglichst 320 g/l MgCl₂ bei ca. 25° C zu erzeugen, die dann in der Grube Springen eingestapelt werden kann.

Bei der Variante „*Ohne Teilverwertung des Wertstoffes*“ werden alle derzeit zu entsorgenden Prozesswässer (rund 3,2 Mio. m³/a inkl. Verdünnung) in einem Prozess

aufbereitet, der aus einer Eindampfung mit nachgeschalteter Kühlung der Suspension besteht. Die Suspension kann dann unter Tage eingestapelt werden. Dieser Prozess ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

Abbildung 2: Konditionierung von Prozesswässern ohne Wertstoffgewinnung



Bei der Variante „Mit Teilverwertung des Wertstoffes“ werden alle MgCl₂-reichen Prozesswässer (ca. 2,5 Mio. m³/a inkl. Verdünnung), also ohne die Kieseritdeckwässer aufbereitet, wobei die in die Grube zu verbringende Suspension eine möglichst geringe Feststofffracht aufweist. Hierbei wird der in einer vorgeschalteten Lösungstiefkühlung abgetrennte Wertstoff vollständig in der Kalium-Sulfatherstellung verwertet. Der Gesamtprozess der AK besteht aus einer Lösungstiefkühlung, einer Eindampfanlage und einer Kühlung, wie in der folgenden Abbildung dargestellt:

Abbildung 3: Konditionierung von Prozesswässern mit Wertstoffgewinnung



2.3.2.1 Konditionierung und Einstapeln im Grubenfeld Springen

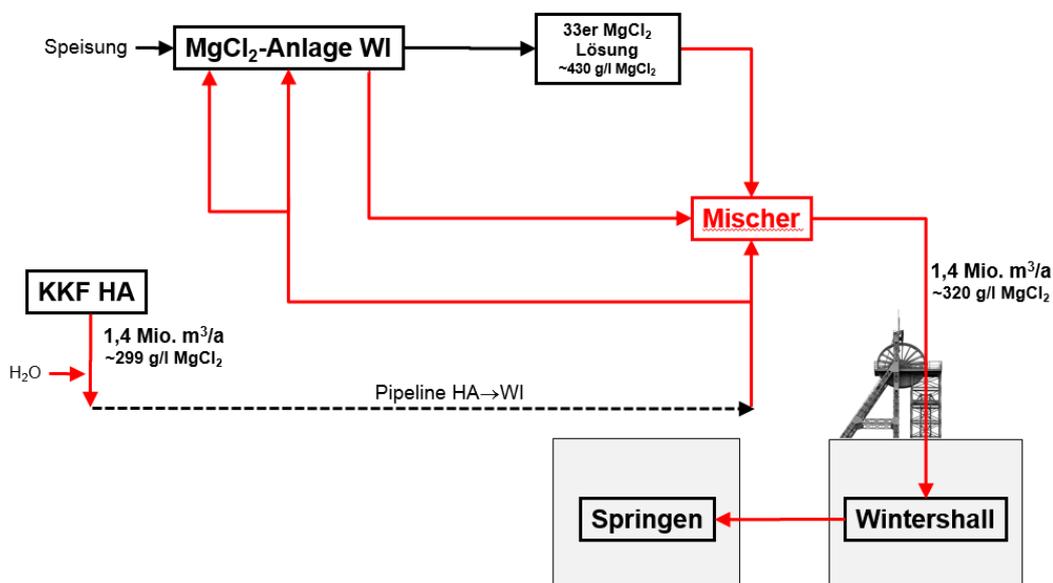
Das Konzept „Einstapeln von Prozessabwässern in das Grubenfeld Springen“ unterteilt sich in verschiedene Konditionierungsverfahren und unterschiedliche Einstapel-felder.

Durch die Unterteilung in vier zeitliche Phasen, die unterschiedliche Investitionen und Verfahren beinhalten, wird dieses Konzept besser darstellbar:

- **Phase I** (2022 bis 2024): Aufkonzentrierung von 1,4 Mio. m³/a KKF-Ausgangslösung mit konzentrierter MgCl₂-Lösung und Einstapeln im Grubenfeld Springen Südwest (Kapazität ca. 4,5 Mio. m³).
- **Phase II** (2025 bis 2027): Aufkonzentrierung von 1,4 Mio. m³/a KKF-Ausgangslösung mit konzentrierter MgCl₂-Lösung und Beginn des Einstapelns im übrigen Grubenfeld Springen (Kapazität 35 Mio. m³).
- **Phase III** (2028 bis 2042): Eindampfung aller zu entsorgender Prozesswässer (bis zu 3,2 Mio. m³/a inkl. Verdünnung) und Einstapeln im Grubenfeld Springen.
- **Phase IV**: Erweiterung ab 2043 bis 2060: Eindampfung aller zu entsorgender Prozesswässer (bis zu 3,2 Mio. m³/a inkl. Verdünnung) und Einstapeln in neu aufzufahrenden Arealen.

Für die Phase I und Phase II wurde vom AFZ gemeinsam mit dem Werk WE ein Konzept zur Konditionierung von 1,4 Mio. m³/a KKF-Lösung ex HA mit vergleichsweise geringem technischem Aufwand bei über- und untertägigen Installationen ausgearbeitet. Der Konditionierungsprozess der KKF-Ausgangslösung erfolgt durch die Aufkonzentrierung mit konzentrierter MgCl₂-Lösung, der sogenannten 33er MgCl₂-Lösung (ca. 430 g/l MgCl₂) bei gleichzeitig angepasster Fahrweise des übertägigen Aufbereitungsprozesses in WI. Einen Engpass stellt die zur Aufkonzentrierung notwendige 33er MgCl₂-Lösung dar. Durch die Eigenverwendung der 33er MgCl₂-Lösung entfällt der Erlös aus diesem Geschäft. Die folgende Abbildung zeigt dieses Konzept (Neuinstallationen in rot):

Abbildung 4: Verfahrenskonzeption für die Grube Springen



Für die Phase III und Phase IV sollen die gesamten noch verbleibenden Prozesswässer (bis zu 3,2 Mio. m³/a) in einer entsprechenden Anlage zur Konditionierung aufbereitet werden (siehe 2.3.2). Die Suche nach Alternativen ist derzeit Gegenstand der Forschung & Entwicklung.

Ergänzende Informationen finden sich in Band IV zum „Großforschungsprojekt zu den Untersuchungen zum Einstapeln und zum Versatz von Prozesswässern in Gruben Hohlräumen im hessisch-thüringischen Werra-Fulda-Kalirevier der Werke Werra und Neuhof-Ellers“.

2.4 Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung

Die Aufhaltung von Rückständen aus der Kalirohsalzaufbereitung, überwiegend Natriumchlorid (NaCl), ist weltweit Stand der Technik. Fällt Niederschlag auf einen solchen Haldenkörper, kommt es hierdurch zur Entstehung salzhaltiger Haldenwässer, die gefasst und entsorgt werden müssen. Die K+S beschäftigt sich daher auch im Rahmen des „Masterplans Salzreduzierung“ mit der Frage nach Möglichkeiten zur Minimierung dieses Haldenwasseranfalls sowie unterschiedlichen Fragestellungen im Bereich der Haldenentwässerung.

2.4.1 Schütttechnik Werk Neuhof-Ellers

Seit 2017 wird, anstelle der Beschüttung vom Haldentop aus, ein bestimmter Teilbereich der Halde lagenweise von unten aufgefahren. Dies wird unter anderem zur optimalen Ausnutzung der vorbereiteten Haldenaufstandsfläche, die über den Haldenrandgraben entwässert wird, durchgeführt. Wie im Jahresbericht 2017 unter 2.4.1 beschrieben ist die Erprobungsphase abgeschlossen.

2.4.2 Überlegungen zur Verbesserung der Basisabdichtung

Erstmals kommt ein neues System einer zweilagigen mineralischen Dichtung bei der Erweiterung der Halde Hattorf zum Einsatz. Diese ist Teil eines „Systems Basisabdichtung“, welches zusätzlich die haldeninternen und –externen Entwässerungselemente umfasst und zur Optimierung der Fassung und Ableitung des Haldenwassers entwickelt wurde. Infolge der Umsetzung einer flächigen Entwässerungsschicht inkl.

linienhafter Entwässerungselemente kann ein Aufstau auf der mineralischen Basisabdichtung weitestgehend verhindert werden.

Abbildung 5: Schichtenaufbaus der vorgesehenen mineralischen Dichtungsschicht



Weiterhin wird derzeit in Zusammenarbeit mit mehreren Gutachtern und Institutionen untersucht, ob Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) als Basisdichtung an den Großhalden der K+S geeignet sind. Schwerpunkte entsprechender Eignungsuntersuchungen sind das Verformungs- und Langzeitverhalten der KDB unter besonderer Berücksichtigung der haldenspezifischen Beanspruchungen. Auf dieser Grundlage ist nachzuweisen, dass das Gesamtsystem aus Untergrund, Basisabdichtung und Haldenkörper standsicher sowie die angestrebte Gebrauchstauglichkeit und Dichtheit (der Basisabdichtung) gegeben sind. Das Untersuchungsprogramm beinhaltet umfangreiche Laboruntersuchungen sowie numerische Modellierungen und Berechnungen.

2.5 Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren

In den Produktionsbetrieben wird u.a. zu Spülzwecken Wasser eingesetzt. Durch eine Vielzahl von Kleinprojekten und Verbesserungsmaßnahmen konnte der Einsatz von Frischwasser reduziert werden.

2.5.1 Überwachung der Sättigungsverhältnisse im Lösebetrieb

Im Werk Unterbreizbach soll im Rahmen eines Projektes untersucht werden, mit welchen Messtechniken eine stetige Überwachung der Lösungszusammensetzungen im Heißlösebetrieb möglich ist. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die richtige Entnahme und Präparation der heißen Lösungsproben dar. Parallel dazu sollen Rechenmodelle entwickelt werden, mit deren Hilfe die Sättigungsverhältnisse in den heißen Lösungen berechnet und somit die Lösekapazitäten besser ausgenutzt werden können. Durch diese Maßnahmen ist eine potenzielle Reduzierung von Überschusslösungen, die an anderen Standorten verarbeitet werden müssen, zu erwarten. Die Prozessanalysetechnik wird im ersten Quartal 2019 installiert, nach der Inbetriebnahme kann mit der Optimierung begonnen werden.

2.5.2 Zweistufige NaCl-Flotation aus KNZ-Salz der ESTA Hattorf zur Deckwasserreduzierung

Am Standort Hattorf wurde 2018 geprüft unter welchen Voraussetzungen der Deckwassereinsatz zur Herstellung von Kaliumchlorid (60er KCl) reduziert werden könnte. Anstelle des Herauslösen von Natriumchlorid (NaCl) mit Wasser wäre es denkbar NaCl mit Hilfe einer Flotation vom Kaliumchlorid zu trennen. Dazu wurden im Labormaßstab Flotationsversuche mit KNZ-Salz (Salzgemischen aus der Kalten-Nachzerlegung) aus der ESTA HA durchgeführt, um die Effekte hinsichtlich Ausbeute und Deckwassereinsatz abschätzen zu können. Es wurde festgestellt, dass durch das flotative Abtrennen von NaCl der Deckwasserbedarf prinzipiell reduziert werden könnte, das Ausbringen an NaCl jedoch – insbesondere in Abhängigkeit von der Konditionierung des Salzes in der ESTA – starken Schwankungen unterliegt. Eine Verbesserung des Ausbringens konnte zwar durch Absenken des pH-Wertes in der Flotationstraglösung beobachtet werden, großtechnisch ist jedoch eine Absenkung des pH-Wertes aufgrund von Korrosionsrisiken zu vermeiden. Insgesamt wurden die

Versuchsergebnisse hinsichtlich Wertstoffverlust und NaCl-Ausbringen als nicht zielführend bewertet. Aus diesem Grund werden diese Untersuchungen nicht fortgeführt.

2.6 Prüfung von Membranverfahren

Der Einsatz von Membranverfahren in der Meerwasseraufbereitung (Umkehrosmose) ist etabliert und wird großtechnisch betrieben. Eine Fragestellung im Bereich der F&E ist die Übertragbarkeit auf die Salzabwässer der Kaliindustrie. Diese weisen allerdings ein circa 10-fach höheres Konzentrationsniveau an Salzen - insbesondere eine NaCl-Sättigung - sowie eine andere Ionenzusammensetzung auf. Derzeit ist der Einsatz von Membranverfahren bei diesen hohen Konzentrationen nicht Stand der Technik. Dennoch wird geprüft, ob bestimmte Membrantechniken ein Potential für die Aufbereitung von einzelnen Salzabwässern bieten können. Die derzeitigen Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen der Membrandestillation und der Nanofiltration.

2.6.1 Membrandestillation

Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Teilmaßnahme ist nachzulesen unter 2.6.1 im F&E Jahresbericht 2017. Im Jahr 2018 wurden zur weiteren Bewertung der Eignung der Membrandestillation für die Abwasserreduktion Gespräche mit Ingenieurfirmen und Anbietern von Membrandestillationsanlagen geführt. Bislang ergab sich hieraus kein konkreter Ansatz für eine weitere Forschungsinitiative. Eine abschließende fachliche Klärung wird weiterhin angestrebt.

2.6.2 Nanofiltration

Die Nanofiltration wird bislang hauptsächlich in der Salzindustrie verwendet, um zweiwertige Ionen (z.B. Sulfat) und größere einwertige Ionen, wie etwa Schwermetalle, aus einer Salzlösung zu entfernen.

K+S ist mit dem Unternehmen Hager und Elsässer GmbH (H+E) eine Forschungskooperation über den Einsatz von Nanofiltration zur Aufbereitung von Salzabwässern der Kaliindustrie eingegangen. Ziel ist die Abtrennung von Erdalkali- und/oder Sulfat-Ionen aus konzentrierten bis gesättigten Salzlösungen der Kalirohsalzaufbereitung via Nanofiltration. H+E ist ein Unternehmen der aquarion group und nach eigenen Angaben eines der auf dem internationalen Markt führenden Unternehmen im Anlagenbau

für die industrielle Prozesswasseraufbereitung und Abwasserreinigung. Der Untersuchungsbericht aus 2017 von H+E zur Machbarkeitsstudie schloss mit dem Fazit, dass die sogenannte E-Lösung (Lösung vom Standort WI mit einer $MgCl_2$ Konzentration von durchschnittlich 278 g/l) nicht nanofiltrierbar ist. Auch bei hohen Drücken konnte kein nennenswerter Permeatfluss erzielt werden. Hingegen konnte im Laborbetrieb Haldenwasser der Halde NE durch Nanofiltration in ein mit $MgSO_4$ angereichertes Konzentrat und ein beinahe $MgSO_4$ freies Permeat getrennt werden. Im Konzentrat sind NaCl und KCl abgereichert und im Permeat angereichert.

Weitere grundlegende Untersuchungen zur Aufbereitung von Haldenwässern mit Hilfe der Nanofiltration wurden 2018 mit der Firma H+E am Beispiel der Haldenwässer des Werkes Neuhof-Ellers durchgeführt. Der Schwerpunkt lag zu Beginn insbesondere auf der Fragestellung, ob und mit welchen Membrantypen die Trennung von ein- und zweiwertigen Ionen möglich ist. Im zweiten Schritt wurde die Ausbeute einer Trennung ermittelt. Die Untersuchungen in einer Containerversuchsanlage in Köln dauerten knapp vier Wochen mit einem filtrierte Volumen von rund 225 m³ Haldenwasser. Die hohen Drücke und Temperaturen verursachten Probleme an den Dichtungen, in deren Folge kam es zu Leckageströmen, die den Permeatfluss erhöhten und den Rückhalt verschlechterten. Der Permeatfluss und damit die Ausbeute verringerten sich im Laufe des Versuchszeitraums. Der über alle fünf Module gemittelte und normierte Flux lag zu Beginn bei 12 l/h/m² - womit eine Ausbeute zwischen 50 und 60 % erzielt werden könnte - zum Ende des Versuchs lag der Flux bei unter 10 l/h/m². Deshalb wird überlegt in einem nächsten Forschungsschritt das Langzeitverhalten der Membrantechnik über mehrere Monate zu prüfen.

Abbildung 6: Versuchscontainer mit NF-Hockdruckmodulen und Ultrafiltrationsgestell



Auf Basis der bisher erzielten Erkenntnisse wurde darüber hinaus geprüft, ob die über eine Nanofiltration erhaltenen Teilströme in bestehende Prozessabläufe der Kaliohsalzaufbereitung eingebunden werden können. Als Ergebnis dieser Prüfung ist festzustellen, dass die Auftrennung mit Hilfe der verwendeten Membrane noch nicht ausreichend ist, um zumindest einen Teilstrom in bestehende Aufbereitungsprozesse des Werkes WE einzubinden. Es ist daher erforderlich, weitere Untersuchungen durchzuführen, um die Trennleistung der Membran sowie deren Durchsätze zu verbessern. Es sind auch Untersuchungen mit den anderen Haldenwässern der Standorte Hattorf und Wintershall vorgesehen.

2.7 Optimierung der Fest-/Flüssigtrennung

Fest-/Flüssigtrennungen finden in der Aufbereitung von Kalisalzen an vielen Stellen des Prozesses statt. Hierbei kann durch eine verbesserte Prozessführung z.B. der übermäßige Einsatz von Spülwässern verhindert werden oder durch eine bessere Entwässerung die Qualität der Produkte erhöht oder Trocknungsenergie eingespart werden.

2.7.1 Aufbereitung von Rückständen des Kieseritbetriebes am Standort Wintershall

Im Kieseritbetrieb am Standort WI wurden die $MgCl_2$ -Gehalte der Rückstände, die aus anhaftender Lösung stammten, durch eine Rückstandsaufbereitung erfolgreich minimiert. Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Maßnahme ist nachzulesen unter 2.7.1 im F&E Jahresbericht 2017.

2.7.2 Maßnahmen und Untersuchungen zur Optimierung der Eindampfanlage auf Kainit (EDA-Kainit) am Standort Wintershall

Am Standort WI wurden im Rahmen des Maßnahmenpaketes die Eindampfkapazitäten durch zwei neue Anlagen, die „EDA-Kainit“ und die „Eindampfanlage Straße 8“ erhöht. Durch die Optimierung des Kristallisationsprozesses konnten die Reinigungsintervalle in der „EDA-Kainit“ verringert und damit die technische Verfügbarkeit erhöht werden. Als Folge kann mehr Prozesswasser in der Anlage verwertet werden. Die Maßnahmen wurde 2017 umgesetzt und bewertet, eine detaillierte Beschreibung zur

abgeschlossenen Maßnahme ‚Optimierung der Eindampfanlage am Standort Wintershall‘ ist nachzulesen unter 2.7.2 im F&E Jahresbericht 2017.

2.8 Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen

Eine Möglichkeit, die Menge des anfallenden Haldenwassers zu reduzieren ist die Abdeckung und – in Abhängigkeit vom Abdeckmaterial – eine anschließende Begrünung der Halden. Dabei soll durch die Bildung einer verdunstungsfördernden Patina-Schicht oder durch entsprechenden Pflanzenbewuchs eine hohe Evapotranspirationsleistung erzielt werden. Zur Entwicklung funktionsfähiger Systeme werden bei K+S zahlreiche F&E-Maßnahmen durchgeführt. Langjährige Versuche am Standort Sigmundshall zeigen, dass ein solches Verfahren grundsätzlich möglich ist. Da jedoch das dort verwendete Abdeckmaterial nicht ausreichend verfügbar ist und Standortspezifika ebenfalls eine entscheidende Rolle spielen, werden im Werk Werra ein analoges System mit anderen Abdeckmaterialien und im Werk Neuhof-Ellers eine alternative Abdeckvariante erforscht.

2.8.1 Versuche zur Haldenabdeckung an den Standorten des Werkes Werra – Halbtechnischer Versuch in Hattorf (HVH)

Am Standort Wintershall (Halde IV) wurden von 2013 bis 2017 in einem Lysimeterversuch vier Abdeckvarianten untersucht. Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Maßnahme ‚Versuche zur Haldenabdeckung, Lysimeterversuch‘ ist nachzulesen unter 2.8.1 im F&E Jahresbericht 2017. In Fortsetzung der Lysimeterversuche befindet sich derzeit ein halbtechnischer Versuch in Hattorf (HVH) in Umsetzung. In diesem Versuchsschritt werden Parameter der Schütttechnik bzw. des Materialverhaltens am Hang (Abrollverhalten, Wasserzugabe etc.) untersucht und optimiert. Zusätzlich wird noch der Einsatz von verschiedenen Saatbeimischungen (z.B. Raps) untersucht werden. Die Versuchsfläche wurde 2018 erfolgreich geschüttet und besteht sowohl aus einem Flankenbereich als auch aus einem Topbereich. Die Plateaufläche des HVH wurde dabei als Großlysimeter errichtet. Ende 2018 erfolgte außerdem eine erste Ansaat mit verschiedenen Pflanzen.

Abbildung 7: abgedeckte Flankenansicht am 30.11.2018 - Halbtechnischer Versuch Hattorf



Abbildung 8: erster Begrünungserfolg im Winter 2018/19 beim HVH



In einem nächsten Versuchsschritt, dem Betriebsversuch am Standort Wintershall, soll anschließend der großtechnische Einsatz an der Großhalde erprobt und umgesetzt werden. Die Planungen für diesen Versuchsschritt laufen parallel zur Fortführung des halbtechnischen Versuchs.

2.8.2 Innovativer Erosionsschutz an der Halde Neuhof-Ellers

Eine Besonderheit der Rückstandshalde Neuhof-Ellers besteht in ihrem vergleichsweise hohen Tongehalt. Der geogen im Abbaubereich vorhandene Ton fällt nach **selektiver Mahlung** als gesonderte Fraktion, als „SELMA-Ton“ (Gemisch aus Salz und Ton) in der Produktion an und wird größtenteils zusammen mit Rückstand auf die Halde verbracht. Dieser kann – nach dessen Anreicherung an der Haldenoberfläche durch natürliche Ablaugung – einerseits zu höheren Verdunstungsraten im Vergleich zum reinen Rückstand führen. Andererseits könnte durch eine ausreichend dicke Tonschicht der direkte Kontakt von Niederschlagswasser mit dem wasserlöslichen Rückstandssalz verringert werden. Beides würde zur Reduzierung der zu entsorgenden Haldenwassermenge beitragen. Voraussetzung dafür ist allerdings die Stabilisierung einer solchen Tonschicht auf der Haldenoberfläche, die ansonsten der natürlichen Erosion unterliegt. Vor diesem Hintergrund wurden seit 2016 Versuche im Rahmen des Forschungsprojektes „Innovativer Erosionsschutz und Haldenwasserminimierung“ durchgeführt. Im Forschungsprojekt wurden an der Halde Neuhof drei verschiedene Ansätze erprobt.

Im „physikalischen Ansatz“ erfolgte die Aufbringung von SELMA-Ton in Form eines Schüttversuchs entlang eines kurzen Flankenstücks. Hier sollte untersucht werden, ob sich der Ton mittels Jutegewebe am Hang durch Erhöhung des Reibungswinkels stabilisieren lässt. Die Versuche wurden durchgeführt und zeigten, dass die Verwendung dieses Geotextils nicht zu einem günstigeren Schüttwinkel und damit zu einer Stabilisierung führte. Die Versuche sind abgeschlossen, eine Fortführung ist nicht geplant.

Im „biologischen Ansatz“ wurden verschiedene Ansätze zur Förderung der natürlichen Sukzession gewählt. Ziel war es, durch Etablierung einer Vegetation an der Oberfläche angereicherten Ton zu stabilisieren und die Verdunstung zu fördern. Dazu wurden Gefäßversuche am Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL) unter Einsatz eines

Bodenverbesserers durchgeführt. Weiterhin wurde eine Direktansaat auf einer Althaldenflanke durchgeführt und ein Geotextil (Kombination aus Geotextil mit Saatgut und Düngemittel) der Firma Greentex aufgebracht. Die Untersuchungen am LHL sind abgeschlossen, und ein zusammenfassender Bericht liegt vor. Demnach konnten unter kontrollierten Bedingungen und mit ausreichender Wasserversorgung Arten identifiziert werden, die auch längere Zeit und unter erhöhten Salzkonzentrationen vital blieben. Die Freilandversuche wurden durch die Aussaat von halophilen Pflanzen ergänzt (Empfehlung des LHL) und 2018 weitergeführt und durch ein externes Büro (Umweltsicherung Schmeisky) begleitet. Eine dauerhafte Etablierung eines flächendeckenden Pflanzenbewuchses konnte nicht erzielt werden.

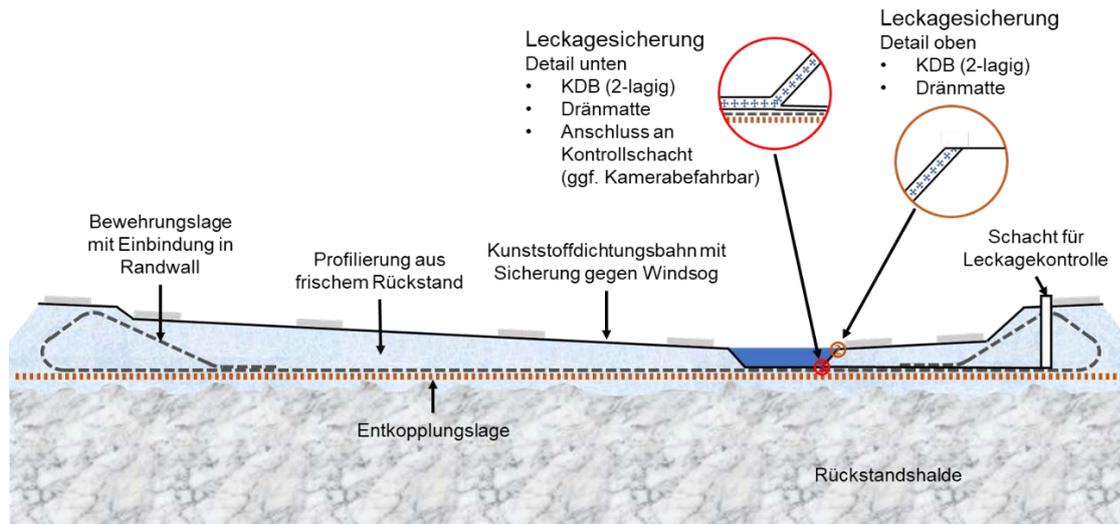
Im „chemischen Ansatz“ sollte untersucht werden, ob SELMA-Ton mittels Zuschlagstoffe konditioniert werden kann, so dass sich eine verdunstungsstarke Patina-Schicht an der Oberfläche bildet. Basierend auf Erfahrungen einer Pilothalde in Zielitz wurden seit April 2018 durch die upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH Labor-Untersuchungen zur Identifikation geeigneter Zuschlagstoffe zum Rückstand der Halde Neuhof-Ellers zur Verbesserung des Erosionsverhaltens durchgeführt, verschiedene Rückstand-Additiv-Gemische untersucht und eine Mischung zur Abdeckung von Teilflächen der Halde Neuhof-Ellers ausgewählt. Die vorbereitenden Forschungsarbeiten wurden damit planmäßig 2018 abgeschlossen. Zur Beobachtung der Schichtbildungsprozesse und Schichteigenschaften wurden daraufhin 2018 die Errichtung eines Probefeldes auf dem Haldentop der Halde Neuhof-Ellers sowie zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung die Installation und der Betrieb einer Lysimeteranlage inkl. Wetterstation beantragt. Mit der Umsetzung beider Maßnahmen wurde 2018 auf der Basis der bergrechtlichen Teilzulassung begonnen.

2.8.3 Errichtung von Poldern auf der Halde Hattorf

Im Rahmen der Haldenerweiterung Hattorf Phase 1 werden als Sickerwasserminimierungsmaßnahme sowie zur Reduzierung des niederschlagsbedingten Haldenwasseranfalls Bereiche der Plateaufläche auf der Bestandshalde bis zur Errichtung der endgültigen Abdeckung mit einer temporären Abdichtung versehen. Diese besteht aus kunststoffgedichteten Becken (Poldern) und einer Entwässerungsanlage. Somit kommt das Regenwasser nicht in Kontakt mit dem Rückstand. Der Bau eines

Versuchspolders wurde Ende 2018 beantragt. Die Umsetzung findet 2019 statt, in Abhängigkeit des Beschüttungsfortschritts ist der schrittweise Bau von insgesamt 9,5 ha Polderfläche geplant.

Abbildung 9: Schema Polderbecken auf dem Haldentop



2.9 Optimierung der bestehenden Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung

Die stetige Verbesserung der Wertstoffausbeute und somit der Ressourceneffizienz ist eines der Dauerziele der Forschung bei K+S. Hierbei hat eine solche Verbesserung nicht nur einen ökonomischen Aspekt, sondern bringt auch ökologische Vorteile, denn je mehr Wertstoff in die Produkte gelangt, desto weniger enthalten die festen und flüssigen Rückstände.

2.9.1 Optimierung der Kieseritherstellung am Standort Hattorf

In Hattorf wurde die Fest-Flüssig-Trennung des Flotationskieserits optimiert. Dadurch konnten Ausbeuteverluste reduziert werden. Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Maßnahme ist nachzulesen unter 2.9.1 im F&E Jahresbericht 2017.

2.9.2 Optimierung der Leonitumsetzung am Standort Wintershall (Haftlösungsverdrängung)

Die Herstellung von Kaliumsulfat am Standort Wintershall erfolgt über das Zwischenprodukt Leonit. Im ersten Umsetzungsschritt wird Kieseritstaub mit Sulfatmutterlösung (SML) aus der zweiten Umsetzungsstufe zu Leonit umgesetzt. Der entstandene Leonit wird von der entstandenen Kalimagnesialösung (KMg-Lösung), die einen hohen $MgCl_2$ -Gehalt aufweist, mit Hilfe von zwei Bandfiltern abfiltriert. Durch die am feuchten Leonit anhaftende Flüssigkeit wurden nennenswerte Mengen an $MgCl_2$ -reicher KMg-Lösung in den nachfolgenden Prozessschritt verschleppt, was dort zu erhöhtem Wassereinsatz und geringeren Prozessausbeuten führte. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der Anteil an verschleppter KMg-Lösung durch eine Filterkuchenwäsche deutlich reduzieren lässt. Schrittweise konnte die Filterkuchenwäsche an beiden Leonit-Bandfiltern implementiert werden. Seit Anfang 2018 wird die Haftlösungsverdrängung auf beiden Bandfiltern routinemäßig betrieben und die anhaftende KMg-Lösung lässt sich ohne nennenswerte Vermischung der beiden Lösungen ins Filtrat verdrängen. Die KMg-Lösung wird in nachgeschalteten Prozessen vollständig verwertet. Indirekt kann durch diese Maßnahme der Anfall an sogenannter Q-Lauge gesenkt werden. Diese Maßnahme ist abgeschlossen.

2.9.3 Prozessanalytik Prozessanalysetechnik (PAT)

Unter Prozessanalysetechnik (PAT), auch Online-Analytik genannt, werden alle Messverfahren zusammengefasst, mit denen Substanzeigenschaften, Konzentrationen und Zusammensetzungen von Stoffströmen in verfahrenstechnischen Produktionsanlagen gemessen werden. Sie ergänzen bzw. ersetzen damit die klassische Laboranalytik. Im Kern geht es beim Einsatz der PAT um eine optimierte Prozessführung. Durch eine kontinuierliche stoffspezifische Überwachung von Prozessen kann die bei K+S schon sehr hohe Produkt-Ausbeute graduell weiter optimiert werden. Dies eröffnet in den Prozessen von K+S somit auch die Möglichkeit der Reduzierung von festen Rückständen und Salzabwasser. An den Standorten des Werkes Werra wurden die F&E-Entwicklungsarbeiten zur Prozessanalysetechnik weiter fortgesetzt. Bis Ende 2018 konnten sechs Projekte umgesetzt und in den Dauerbetrieb überführt werden. Aktuell wird geprüft in wie weit die Übertragbarkeit der Messtechnik auf andere K+S Standorte möglich ist.

Standortübergreifend erarbeitet das Team der Prozessanalysetechnik im AFZ ein standardisiertes, modulares Probenvorbereitungssystem. Mit dem Probenvorbereitungssystem werden feststoffhaltige und temperaturkritische Lösungen vorbereitet, um eine nachgeschaltete Prozessanalysetechnik optimal durchführen zu können. Die erzeugten Messwerte werden online in das Prozessleitsystem übertragen und dienen unmittelbar der verbesserten Steuerung und Regelung der Abläufe, wodurch sich auch der Prozesswasserverbrauch reduzieren lässt.

2.9.4 Aufbereitung von Rückständen des Löse- und Kieseritbetriebes am Standort Hattorf

Es wurde eine Verwertung des Kieseritdeckwassers in Betriebsteilen des Standortes HA getestet. Diese Tests sind abgeschlossen und Kieseritdeckwasser wird zur Haftlösungsverdrängung eingesetzt. Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Maßnahme ist nachzulesen unter 2.9.4 im F&E Jahresbericht 2017.

2.9.5 Möglichkeiten der Verarbeitung und Verwertung von Beckensalzen im Lösebetrieb Wintershall

Die versuchsweise Aufbereitung von abgelagerten und ausgebaggerten Beckensalzen aus einem Stapelbecken am Standort WI wurde abgeschlossen. Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Maßnahme ist nachzulesen unter 2.9.5 im F&E Jahresbericht 2017.

2.9.6 Wertstoffrückgewinnung aus der Tonfraktion in optischen Verfahren am Standort Neuhof-Ellers

Wie unter 2.8.2 beschrieben, findet zur Abtrennung der im Rohsalz befindlichen tonhaltigen Mineralphase eine selektive Mahlung statt. Der dabei entstehende SELMA-Ton (tonhaltiges Steinsalzgemisch) wurde ursprünglich mit dem Rückstand auf die Halde verbracht. Umfangreiche Untersuchungen und Vorversuche im AFZ zeigten, dass es möglich ist, mit Hilfe einer optischen Sortierung wertstoffhaltige Partikel aus dem SELMA-Ton abzutrennen. Seit Mitte 2018 ist die optische Sortierung als Prozessschritt dem eigentlichen Aufbereitungsverfahren vorgeschaltet. Aus dem durch selektive Mahlung separierten Teilstrom SELMA-Ton, wird jetzt durch optische Sortierung eine wertstoffhaltige Teilmenge dieses (SELMA-) Rückstands abgetrennt und dem Aufbereitungsprozess zugeführt. In der Folge verringert sich die

aufzuhaldende Rückstandsmenge. Gleichzeitig erhöht sich dadurch die Produktausbeute und die bestehende Rohstoffbasis wird effizienter genutzt.

2.9.7 Weitere Versuche zur Verwertung von Spülwässern in Hattorf

Durch die erfolgreiche Inbetriebnahme der KKF-Anlage am Standort HA konnte eine Erhöhung der Wertstoffausbeute sowie eine Reduzierung des zu entsorgenden Prozesswassers erreicht werden. Aufbereitungsanlagen in den sogenannten Nassbetrieben müssen aber in bestimmten Zeitabständen mit Wasser gespült bzw. gereinigt werden. Dabei entstehen die sogenannten Spül- und Reinigungswässer. Es ist gängige Praxis diese Spülwässer mehrfach zu nutzen, bis sie sich aufgrund ihrer Mineralisation nicht mehr für weitere Spülzwecke oder andere Einsatzmöglichkeiten eignen. Je nach Zusammensetzung dieser Spülwässer ist bis zu einem bestimmten Grad eine Verwertung in geeigneten Aufbereitungsprozessen möglich. Diese Wässer werden dann getrennt von anderen Prozesswässern gesammelt und nach Bedarf weiter verwertet.

Mit der Inbetriebnahme der KKF-Anlage steht nun eine weitere Anlage zur Verfügung, in der ebenfalls überschüssige Spül- und Reinigungswässer (neben denjenigen, die in der Anlage selbst erzeugt werden) verwertet werden könnten. In Abhängigkeit vom Produktionsregime und der Rohsalzzusammensetzung variiert die Menge an Hartsalzlösung, die üblicherweise in der KKF-Anlage verwertet wird. Um die verfügbaren Kapazitäten der KKF-Anlage jederzeit vollumfänglich ausnutzen zu können, wird geprüft unter welchen betrieblichen Bedingungen und unter Berücksichtigung von Auslegungsparametern sowie Arbeitspunkten eine Verwertung weiterer aufkonzentrierter Spülwässer möglich wäre.

2.10 Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen

Die Produkte aus Eindampfprozessen können entweder als Produkt vermarktet oder in den bestehenden Prozessen als Zwischenprodukt eingebracht werden.

2.10.1 Kainit substituiert Kieserit – Versuch in der Kaliumsulfatanlage HA

Wie unter 2.2 beschrieben wird in der KKF-Anlage am Standort HA ein Kristallisationsgemisch aus Halit, Sylvin und Kainit gewonnen und aufbereitet. Die Wertstofffraktionen, bestehend aus Sylvin und Kainit, werden in die Herstellungsprozesse zu Kaliumsulfat- (SOP) und Kaliumchloridproduktion (MOP) eingeführt. Da Kainit ($\text{KClMgSO}_4 \cdot 2,75\text{H}_2\text{O}$) zum Teil aus Magnesiumsulfat besteht, ist es möglich – je nach Bedarf – die Verarbeitung von Kieserit zu Kaliumsulfat entsprechend der Menge an MgSO_4 im Kainit zu reduzieren und stattdessen mehr Kieserit als Verkaufsprodukt zu erzeugen. Die Produktionsmenge an SOP-Produkten muss somit bei höherer Nachfrage an Kieserit nicht zwangsläufig reduziert werden.

2.10.2 Langbeinit aus der Eindampfanlage

Bei der Eindampfung der sogenannten E-Lösung am Standort Winterhall fällt als Kristallinat Langbeinit ($\text{K}_2\text{Mg}_2[\text{SO}_4]_3$) an, der mit NaCl verunreinigt ist. Bislang konnte dieser anfallende Langbeinit nicht verfahrenstechnisch verwertet werden, da die Abtrennung von NaCl aufgrund der hohen Temperaturen technisch sehr aufwändig ist. 2018 wurden Klassierversuche zur Abtrennung des Langbeinites via Hydrozyklon durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass eine selektive Abtrennung von Langbeinit prinzipiell möglich ist. Da bislang keine Erkenntnisse zu Verschleißfestigkeit und Temperaturbeständigkeit der verwendeten Werkstoffe der Hydrozyklone vorliegen, sollen in einem Langzeitversuch die Haltbarkeit des gewählten Werkstoffes vor Ort und die Reproduzierbarkeit der Klassier-Ergebnisse getestet werden.

2.11 Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder

MgCl_2 -Lösung ist eines der Verkaufsprodukte der K+S und findet in verschiedenen Gebieten u.a. als Mittel im Winterdienst, in Kläranlagen oder als Staubbindemittel Verwendung.

Weitere Anwendungen von MgCl_2 -haltigen Lösungen oder die Herstellung von neuen Produkten aus MgCl_2 -haltigen Lösungen sind ein Forschungsschwerpunkt der Kali-Industrie seit mehr als 100 Jahren. Erwähnt sei z.B. die Herstellung von Magnesiumoxid (MgO) via Hydrolyse, die Magnesium-Metallherstellung oder die Herstellung

von Bischofit ($\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$). Hierbei sind verfahrenstechnische Lösungsansätze bekannt oder im Markt verfügbar. Allerdings sind bei der Herstellung dieser Produkte die ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen (z.B. Magnesium-Metall-Preis vs. Vollkosten) nicht gegeben. Es entstehen zwangsläufig Koppelprodukte, deren Weiterverarbeitung oder Entsorgung in nennenswerter Menge derzeit nicht möglich (z.B. Salzsäure (HCl) aus der MgO-Hydropyrolyse) erscheint.

2.11.1 Baustoff Sorelzement

K+S konnte mit Unterstützung der Fa. ITICON keine Qualitätsverbesserung von Sorelzementen erzielen, die Untersuchungen werden nicht weiterverfolgt. Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Maßnahme ist nachzulesen unter 2.11.1 im F&E Jahresbericht 2017.

2.11.2 Endlaugenkalk - Walddüngung

Der betrachtete Ansatz eines alternativen kalkhaltigen Walddüngers wird von K+S wegen fehlender Marktakzeptanz des zu entwickelnden Produkts nicht weiterverfolgt. Eine detaillierte Beschreibung zur abgeschlossenen Maßnahme ist nachzulesen unter 2.11.2 im F&E Jahresbericht 2017.

2.11.3 Entwicklung eines Magnesiacementschaums und einer Applikationsapparatur

Im Labormaßstab konnte gezeigt werden, dass es gelingt einen Mineralschaum auf einer handelsüblichen Schaumbeton-Versuchsanlage herzustellen. Hierbei wird zunächst aus Wasser, einem Schaumbildner und Luft ein feinporiger Schaum hergestellt; dieser wird dann in einem Mischer mit der Baustoffsuspension bestehend aus Magnesiumoxid und Magnesiumchloridlösung vermischt. Der sogenannte Sorelzementschaum bindet innerhalb mehrerer Stunden ab. Derzeit werden unterschiedliche Applikationsmöglichkeiten für diesen Sorelzementschaum diskutiert und bewertet. Weitere Versuche sind in Arbeit.

Abbildung 10: Schaumbeton-Versuchsanlage zur Sorelschaumerzeugung

2.12 Optimierung der Salzlaststeuerung

Die optimale Einleitung der Salzabwässer der unterschiedlichen Werra-Standorte unter Berücksichtigung der diffusen Einträge ist Ziel des Salzwassermanagements. Hierbei werden die Salzabwässer aus den unterschiedlichen Stapelbecken der Standorte derart eingeleitet, dass eine Einhaltung der Grenzwerte (Chlorid, Magnesium, Kalium) am Pegel Gerstungen sichergestellt wird.

2.12.1 Entwicklung eines automatisierten Probenvorbereitungssystems

Das in einem mehrjährigen Entwicklungsprojekt von AFZ und Werk Werra konzipierte Probenahme-, Probenvorbereitungs- und Analysekonzept für die Salzfrachtsteuerung ist mit der Installation eines neuartigen und vollautomatisierten Aufbaus zur parallelen Probenahme von vier in ihrer Salzkonzentration unterschiedlichen Flüssigprobenströmen umgesetzt. Zur Inbetriebnahmephase gehören in Zusammenarbeit mit Lieferanten und dem AFZ umfangreiche Versuche, um den dauerhaften Onlinebetrieb sicher zu stellen. Trotz diverser technischer Anpassungen und Umbauten am System der automatischen Probenvorbereitung konnte ein Dauerbetrieb noch nicht realisiert werden. Die Überwachung der Salzströme im Mess- und Analytikraum wird zurzeit manuell sichergestellt.

2.12.2 ICP - Mess- und Analytikraum

Der vollautomatisierte Aufbau zur parallelen Probenvorbereitung war zum Anschluss an die vorhandene Online-ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy) zur kontinuierlichen Überwachung des Werrawassers vorgesehen und für den Anschluss einer weiteren redundanten Online-ICP-OES vorbereitet. Die relevanten Grenzwertparameter Kalium, Magnesium, Kalzium und Chlorid werden weiterhin kontinuierlich überwacht. Nach Abschluss der Testläufe des Online-ICP-OES auf dem Standort wurde das Bedienpersonal geschult, seitdem erfolgt in Wintershall der Betrieb zur Salzfrachtsteuerung. Zur Erweiterung des Messumfangs und gleichzeitiger Redundanz wurde 2017 die Beschaffung eines weiteren Online-ICP-OES angestoßen. Der vollautomatisierte Aufbau zur parallelen Probenvorbereitung ist an die vorhandene Online-ICP-OES zur kontinuierlichen Überwachung des Werrawassers angeschlossen und eine weitere redundante Online-ICP-OES wurde Anfang 2018 in Betrieb genommen.

2.13 Sonstiges

Der von der FG Weser verabschiedete Masterplan Salzreduzierung differenziert zwölf F&E Teilvorhaben oder Projektbereiche. In diesem 13. Kapitel werden Maßnahmen beschrieben, die keinem der voran gegangenen Kapitel bzw. Projektbereiche zugeordnet werden können.

2.13.1 Versuche zur Mobilisierung von geogen vorhandenen Spurenbestandteilen im Boden

An ausgewählten Böden aus dem Umfeld der Halde Hattorf wurden im AFZ Untersuchungen durchgeführt. In der Untersuchungsreihe wurden die pH-Wert-Absenkung bei Mischung der Böden mit synthetischen und natürlichen Haldenwässern untersucht und Spurenbestandteile analysiert. Weiterhin wurde die Wirkung der Beimengung von Kalk untersucht. Dazu wurden die am Standort Hattorf vorliegenden Böden im Batchversuch in An- und Abwesenheit von Kalk mit Haldenwasser versetzt und – unter beschleunigten Reaktionsbedingungen – die flüssige Phase über längere Versuchszeiträume analysiert. Des Weiteren wurden durch die upi Stendal mehrere Säulenversuche mit Laufzeiten bis > 1 Jahr initiiert, die die In-Situ-Verhältnisse und Reaktionen sowie deren Geschwindigkeit abbilden.

Darüber hinaus wird ein umfangreiches Forschungsprogramm mit der BTU Cottbus, dem Deutschen Geo-Forschungs-Zentrum und der Universität Jena durchgeführt. Auf Grundlage analytischer Ergebnisse wird mit der Jungk Consult GmbH, Berlin, die chemische Modellierung der Mobilisierungs- und Transportprozesse mithilfe des Programms PHREEQC vorangetrieben. Das am Standort aufgetretene Phänomen findet gruppenweit Beachtung.

Die Ergebnisse bestätigen, dass die durch die Reaktion von mineralisierten Sickerwässern und dem natürlichen Boden hervorgerufene pH-Absenkung im Sickerwasser durch die Einmischung von Kalk in den Boden verhindert werden kann. Die untersuchten technischen Maßnahmen (Zugabe von 5 - 10 Gew.-Prozent Kalkgestein) können den pH-Wert über Jahrzehnte nachhaltig stabilisieren, so dass durch die Bodenverbesserung mittels Einfräsen von Kalkgestein in die quartäre Bodenzone der Schwermetall- und Aluminiumanfall im Untergrund deutlich und langfristig reduziert werden kann. Eine Kalkeinfräsung wurde auf Grund der Umsetzung anderer Sicherungsmaßnahmen nicht vorgenommen. Hierzu zählt z.B. die Errichtung der für die Haldenerweiterung am Standort Hattorf weiterentwickelten Basisdichtung. Weiterhin werden Quellaustritte im Abstrom der Halde Hattorf gefasst und mittels einer Fällungsanlage behandelt. Weitere Abwehrmaßnahmen wie der Bau einer Liniendrainage und einer Brunnengalerie sind abgeschlossen bzw. befinden sich noch in der Umsetzungsphase. Als weitere potenzielle Maßnahmen wird der in-situ Einsatz von Kalziumphosphat zur Fällung von Schwermetallen erforscht bzw. erprobt.

2.13.2 Versuche zur Abbindung von Prozesswässern mit Zuschlagsstoffen

„Maßnahme B“

Im Kontext der Untersuchung zur Einstapelung von Prozesswässern unter Tage wurde im Berichtszeitraum weiterhin überprüft, ob $MgCl_2$ -haltige Prozesswässer mittels Zugabe von Bindemitteln (z.B. Bypass-Stäube, Dolomitmalkhydrat und Magnesiumoxid) in eine gebundene, stichfeste und unter Tage versetzbare Form gebracht werden können. Hierzu werden Versuche im AFZ und bei Dritten (u.a. Fa. K-UTEK und Fa. IRATec) durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung sowie die Versuchsergebnisse sind im Band II - Technische Konzepte der Konditionierung gemäß den Maßnahmen

A, B und C in den Kapiteln zu Maßnahme B dargestellt. In Band IV „Großforschungsprojekt zu den Untersuchungen zum Einstapeln und zum Versatz von Prozesswässern in Grubenhohlräumen im hessisch-thüringischen Werra-Fulda-Kalirevier der Werke Werra und NeuhoF-Ellers“ wurde die rechtliche Bewertung in Kapitel 3 zu dieser Maßnahme B ausführlich betrachtet.

Für das Einstapeln von Prozesswässern mit Zuschlagsstoffen gemäß Maßnahme B gelten die gleichen Anforderungen an die Kapselbarkeit wie bei der Einstapelung in flüssiger Phase (Maßnahme A). Aufgrund des begrenzt geeigneten Hohlräumvolumens von 7,6 Mio. m³ für kapselbare Muldenstrukturen im Grubenfeld Hattorf-Wintershall und den im Vergleich zur Maßnahme A deutlich höheren Herstellungskosten wurde eine wirtschaftliche Bewertung der Maßnahme B nicht durchgeführt. Als Fazit ist festzustellen, dass die Versuche sich als nicht zielführend für das aussichtsreichste Verfahren der Konditionierung der Prozesswässer für das Einstapeln erwiesen und beendet wurden.

2.13.3 Methodenentwicklung zum analytischen Nachweis organischer Verbindungen und deren Abbaubarkeit

Zur Verbesserung der Analytik ausgewählter Carbonsäuren und ihrer Derivate in konzentrierten Salzlösungen wurde eine flüssig-chromatografische Tandem-Massenspektrometrie-Methode (LC-MS/MS) entwickelt. Hintergrund ist die Verbesserung der analytischen Nachweisempfindlichkeit für die in den Aufbereitungsprozessen eingesetzten organischen Aufbereitungshilfsstoffe. Bei der Methodenentwicklung wurde zum einen die Probenvorbereitung in Verbindung mit der Festphasenextraktion und zum anderen der qualitative und quantitative Nachweis über eine Kombination von Flüssigchromatographie und Massenspektrometrie verbessert. Die Bestimmungsgrenzen für die einzelnen Verbindungen konnten in den Bereich von wenigen µg/l herabgesetzt werden. Aufbauend auf dieser Weiterentwicklung der Nachweisempfindlichkeit werden Untersuchungen zum Abbau dieser Verbindungen im Labor sowie im Freiland durchgeführt. Beide Forschungsansätze werden im Rahmen einer Kooperation mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt.

Abbildung 11: Freestyle Robotiksystem zur automatisierten Probenvorbereitung (LCTech GmbH)



2.13.4 Crowdsourcing (Internationaler Ideenwettbewerb) für die Haldenabdeckung

K+S verfolgt aktuell einen „Open Innovation“ –Ansatz mittels eines „Crowdsourcings“. Hierbei handelt es sich um einen international ausgeschriebenen Ideenwettbewerb zum Thema Haldenabdeckung zur Verringerung der Entstehung niederschlagsbedingter Haldenwässer. Durch den Ideenwettbewerb „Brine Challenge“ wurden Firmen, Universitäten, Fachleute aber auch Laien nach neuen Ideen für eine Möglichkeit zur Verringerung der Entstehung von niederschlagsbedingten Haldenwässern befragt. Im Fokus standen hierbei die Großhalden (Hattorf und Wintershall) des Werks Werra.

Der Ideenwettbewerb wird hierbei von K+S in Zusammenarbeit mit einem „Open Innovation“-Anbieter durchgeführt. Dabei wurden die von K+S aktuell geplanten oder angewendeten Verfahren zur Haldenabdeckung den Teilnehmern vorgestellt und verschiedene Hintergrundinformationen zu diesem Thema bereitgestellt. Teilnehmer konnten bis Dezember 2018 eigene Ideen über das System des Anbieters einreichen. Eine Bewertung der eingereichten 44 Ideen findet durch K+S interne sowie externe Experten statt. Die Auszeichnung des/der Gewinner ist für April 2019 geplant. Eine

Gewinnausschüttung erfolgt unabhängig von der Umsetzungsfähigkeit der eingereichten bzw. ausgezeichneten Ideen.

2.13.5 Externe Begutachtung der F&E Vorhaben

Im Jahr 2018 beauftragte die FGG Weser Herrn Prof. Dr. Rosenwinkel von der Universität Hannover mit der Erstellung eines Gutachtens zur

- *„Überprüfung der Einschätzung des Unternehmens K+S bzgl. des Reduzierungspotentials von bis 2021 umsetzbaren F+E-Vorhaben,*
- *Überprüfung der Einschätzung von K+S bzgl.*
 - a) der technischen Durchführbarkeit der F+E Vorhaben bis 2021 und*
 - b) der Kosten bzw. Verluste der F+E-Vorhaben gem. dem Abschlussbericht von K+S,*
- *Abschätzung des Reduzierungspotenzials weiterer Vermeidungsmaßnahmen,*
- *Überprüfung der erfolgsversprechenden Maßnahmen auf*
 - a) technische Durchführbarkeit bis 2021 und*
 - b) Kosten bzw. Verluste auf Basis der heutigen technischen Rahmenbedingungen.*

Dazu wird der Gutachter die auf Grundlage der vom runden Tisch ausgearbeiteten Maßnahmen mit den von K+S vorgesehenen oder umgesetzten Maßnahmen sowie weiteren F+E-Maßnahmen vergleichen und deren Durchführbarkeit bewerten.“²

In diesem Zusammenhang stellte K+S dem Gutachter umfangreiche Daten und Informationen zur Prüfung zur Verfügung. Weiterhin wurden im Rahmen des Besuchs des Analytik- und Forschungszentrums (AFZ) in Unterbreizbach Einblicke in die laufenden Forschungsarbeiten von K+S gegeben. Der Gutachter kommt daraufhin zu dem Ergebnis, dass sich bis zum Jahr 2021 mit den untersuchten Maßnahmen eine Prozessabwassermenge in Höhe von bis zu 230.000 m³/a einsparen lässt. Wesentliche Einsparpotentiale für die Zeit nach 2021 sieht der Gutachter darüber hinaus bei den Maßnahmen der Abdeckung der Haldentops, der Haldenabdeckung sowie bei einer noch

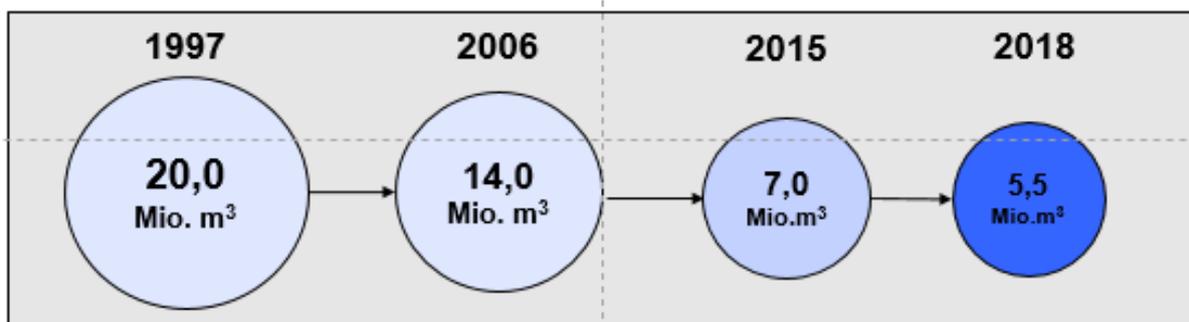
² Prof. Dr. K.-H. Rosenwinkel, *Gutachten Flussgebietsgemeinschaft Weser: Gutachten zu weiteren Vermeidungsmaßnahmen vor Ort zur Reduzierung der Salzabwassermengen im Werk Werra der K+S KALI GmbH im Hinblick auf die technische Durchführbarkeit bis 2021 und das Reduzierungspotential.* Hannover, November 2018

zu entwickelnden Behandlung der Haldenwässer mit Hilfe der Nanofiltration. Der Gutachter empfiehlt insbesondere die Weiterführung der Forschungsarbeiten im Bereich der Staub-ESTA, der Nanofiltration sowie der weitergehenden Behandlung und Eindampfung von Teilströmen aus der Kalirohsalzaufbereitung.

3 Fazit

In den vergangenen Jahren ist es K+S auf Basis intensiver F&E Tätigkeit gelungen, große Investitionsprojekte umzusetzen und hierbei signifikante Schritte in der Salzabwasserreduktion in Volumen und Fracht zu realisieren. Die Salzabwassermenge wurde ausgehend von 20 Mio. m³/a anno 1997, auf 14 Mio. m³/a im Jahr 2006 und auf 5,5 Mio. m³/a im Berichtsjahr 2018 gesenkt.

Abbildung 12: Entwicklung der Salzabwasserreduktion am Standort Werra



Auch im Jahr 2018 wurden eine Vielzahl von Forschungs- & Entwicklungsprojekten bearbeitet, um noch weitere Schritte auf diesem Reduktionspfad zu gehen. Schwerpunkt waren die Untersuchungen zur Einstapelung von Prozesswässern in untertägige Grubenholräume; hierbei insbesondere phasentheoretische Überlegungen zu Konditionierung der Salzabwässer sowie verfahrenstechnische Konzepte zur Konditionierung.

Weiterhin standen 2018 Fragen zur Reduktion des Haldenwasseranfalls im Fokus – insbesondere der halbtechnische Versuch in Hattorf (HVH). K+S sucht permanent nach neuen Ideen und Möglichkeiten zur Verringerung der Entstehung von niederschlagsbedingten Haldenwässern – hierbei werden aktuell ein „Open Innovation“ – Ansatz verfolgt und eigene F&E Anstrengungen intensiviert.

10.3 Risikoübersicht der Firma K+S GmbH



K+S KALI GmbH

Projektrisiken Stand 12/2018

Projektrisiken Einstapeln und Versatz u. T.

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
1	Eingeschränkte Verfügbarkeit der zugesicherten internen Projektressourcen	Sofern interne Kompensation nicht möglich, externe Bearbeitung in einigen Teilbereichen vorstellbar
2	Abhängigkeit von externen Gutachtern	Alternative Bearbeitung bzw. zusätzliche Bearbeiter eingeschränkt / nicht möglich
3	Kapselung/Schachtverschlüsse nicht möglich	Alternative Areale / Keine
4	Keine Zulassung durch Untertage-Deponie/Untertage-Verwertung/Standssicherheit	nur Grubenhöhlräume ohne Untertage-Deponie/Untertage-Verwertung → Neuhof-Ellers oder Merkers/Springen ggf. weitere Werke Sigmundshall, Salzdetfurth, Siegfried-Giesen
5	Unverhältnismäßig hohe Kosten	Keine (signifikante Reduzierung möglich), Einstellung Produktion
6	Keine Areale für verträgliche Einstapelung nach Konditionierung vorhanden (Maßnahme A - flüssig)	alternative Areale für Maßnahmen B und C auswählen
7	Keine Areale, keine ausreichende Materialien für verträgliche Einstapelung vorhanden oder keine Zulassungsfähigkeit zu erwarten (Maßnahme B – gebunden)	Areale für Maßnahme C auswählen
8	Keine ausreichenden Materialien für verträgliche Einstapelung vorhanden oder keine Zulassungsfähigkeit zu erwarten (Maßnahme C – fest)	Keine

Projektrisiken Einstapeln und Versatz u. T.

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
9	Umlösepotential durch das Einbringen der Lösungen führt zur unverträglichen Schwächung der Festen	Lösungszusammensetzung verändern, alternative Salzformationen wählen, Kapselung, Lösefläche an den Tragelementen verringern
10	Auswirkungen von unverträglichen CO ₂ -Ereignissen auf das Einstapeln	Areale ohne CO ₂ -Gefährdung auswählen, Kapselung
11	Vorlauf länger als bis 2021 (Genehmigung, Beschaffung, Bau)	Keine
12	Keine Nachweisführung für Begrenzung auf ein zulässiges Umlösevermögen (geochemisch, geotechnisch)	Keine
13	Keine geeignete Stoffe (Maßnahme B - gebunden)	Keine

Projektrisiken Haldenabdeckung

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
1	<p>Versagen der Genehmigungen oder Anordnung der Einstellung des Betriebs von HVH (Halbtechnischer Versuch), BVH (Betriebsversuch) oder Regelbetrieb</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführliche Voruntersuchungen und begleitende Untersuchungen • laufende Prüfung von Alternativmaterialien • Prüfung alternativer Abdeckmaßnahmen (IHS=Infiltrationshemmschicht, Folie) • laufende Prüfung von Alternativen zur Abdeckung • Fachgespräche mit Behörden
2	<p>Schadlose Verwertung des vorgesehenen Abdeckungsmaterials kann nicht nachgewiesen werden – Genehmigung wird versagt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • umfangreiche Laboruntersuchungen zum Eluationsverhalten (auch Langzeitverhalten) • Gutachten zur schadlosen Verwertung (Staub, Grundwasser, Abwasser) • Untersuchungen zur Schadstoffaufnahme durch Pflanzen • Wäsche des Materials • laufende Suche nach / Prüfung von unbelasteten Alternativmaterialien
3	<p>Technische Eignung (z.B. Schüttverhalten, Standsicherheit) des Abdeckmaterials ist im Feldversuch nicht gegeben Standsicherheit kann im Versuch bzw. langfristig nicht nachgewiesen werden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung von Menschen ist technisch und organisatorisch auszuschließen • Sicherheitszone außerhalb des Haldengrabens • Laborversuche • regelmäßige Befahrung • ständiges Monitoring • Definition standsicherer Materialmischungen • stufenweise Entwicklung der Abdeckung Labor/HVH/BVH/GA
4	<p>Materialmengen sind logistisch nicht handelbar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erweiterung der Lager- und Transportmöglichkeiten • Abdeckung nur mit geringeren Mengen → längere Abdeckdauer

Projektrisiken Haldenabdeckung

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
5	Änderung der Materialeigenschaften im Laufe der Zeit	<ul style="list-style-type: none"> • ständige Verfolgung der Marktentwicklung und der technischen Entwicklung • laufende Prüfung von Alternativmaterialien • Bestimmung von „Bandbreiten“ für relevante Parameter (Standicherheit, Schadstoffgehalte, ...)
6	Materialverfügbarkeit ist wider Erwarten nicht gegeben	<ul style="list-style-type: none"> • ständige Verfolgung der Marktentwicklung und der technischen Entwicklung • Flexibilität durch Erforschen mehrerer, einsatzfähiger Materialmischungen • Bestimmung von „Bandbreiten“ für relevante Parameter (Standicherheit, Schadstoffgehalte, ...)
7	Starke Erosionserscheinungen vor Begrünung	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung von Menschen ist technisch und organisatorisch auszuschließen • ausreichendes Vorfeld zwischen Aufstandsfuß und Haldengraben • Sicherheitszone außerhalb des Haldengrabens • Begrünung • regelmäßige Befahrung • ausreichendes Fachpersonal
8	Ausbleibende Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> • (gezielte) Bewässerung • (gezielte) Düngung • Nachsaat • spezielle Pflanzenansaat in Teilbereichen • Oberflächenbearbeitung (Aufrauung, Begrünungs-matten)

Projektrisiken Haldenabdeckung

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
9	Hoher Nachsorgeaufwand	<ul style="list-style-type: none">• selbstheilendes Material• gezielte Förderung einer effektiven Begrünung
10	Aufstandsfläche für Abdeckung nicht ausreichend	<ul style="list-style-type: none">• Durchführung einer Umweltverträglichkeits-prüfung• Ableitung und Umsetzung von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen für Umweltauswirkungen• umfangreiches Monitoringkonzept
11	Ungleichmäßiges Auflösen des Rückstandsalzes unter der Abdeckung – Einbrüche	<ul style="list-style-type: none">• kein Materialwechsel• möglichst homogenes Material• gleichmäßige Begrünung• selbstheilendes Material• Verfüllung von Rissen, Rinnen, Senken

Gesamtbewertung der Risiken

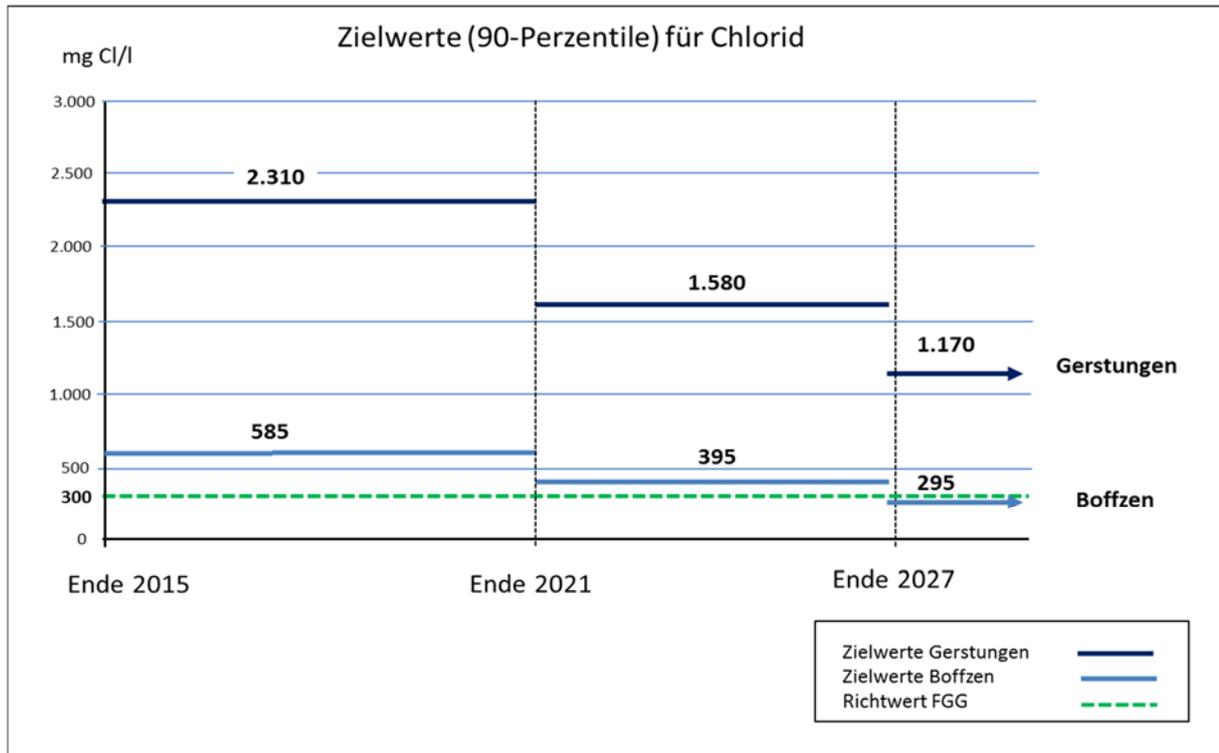
Aus heutiger Sicht ist der Eintritt der im einzelnen genannten Risiken, soweit bewertbar, weniger wahrscheinlich.

Diese Einschätzung beruht auf der Sicht von K+S und berücksichtigt nicht die Bewertung durch Genehmigungsbehörde oder deren Fachgutachtern.

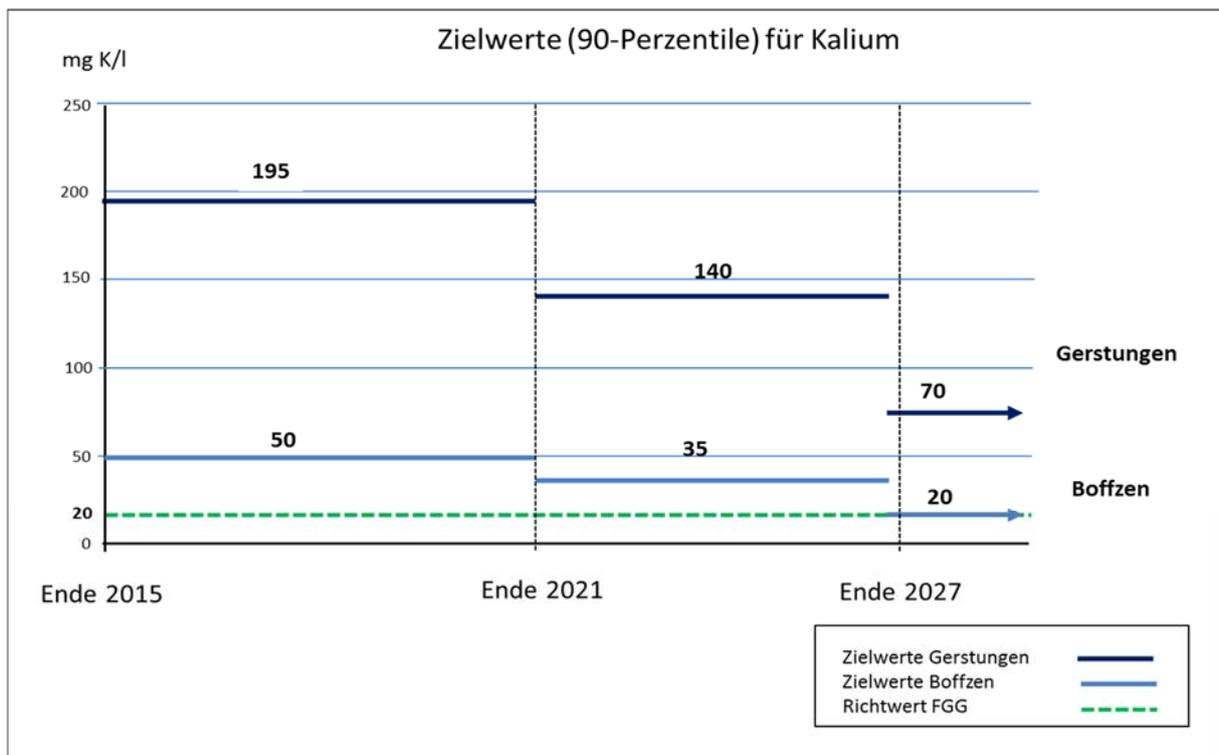
Die Fortführung der biologischen Stabilisierung dient dem Erkenntnisgewinn, hierfür bestehen keine Projektrisiken.

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
<i>Innovativer Erosionsschutz (chemische Konditionierung durch Zuschlagstoffe)</i>		
1	Verfügbarkeit SELMA-Ton als Bestandteil des Rückstands und der Erosionsschutz-Schicht	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung Anteil der Zuschlagstoffe • Abdeckung Teilflächen
2	Verfügbarkeit (in Werksnähe) Zuschlagstoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Abdeckung Teilflächen • Ausweichen auf andere Materialien (grundsätzlich verschiedene Zuschlagstoffe anwendbar) • Vergrößerung des Suchraums für Anbieter
3	Zuschlagstoffe nicht zulassungsfähig – Genehmigung wird versagt	<ul style="list-style-type: none"> • Lysimeterbetrieb und Analytik zum Nachweis der Schadlosigkeit • Ausweichen auf andere Materialien (grundsätzlich verschiedene Zuschlagstoffe anwendbar)
4	Technische Umsetzung; Standfestigkeit der Abdeckschicht	<p>Gefährdung von Menschen ist technisch und organisatorisch auszuschließen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • regelmäßige Befahrung, Monitoring • Optimierung Anteil Zuschlagstoffe • Prüfung alternativer Abdeckmaßnahmen (z. B. Polder als temporäre Maßnahme – standortübergreifende Bearbeitung)
5	Versagen der Genehmigung für Probefeld und weitere Abdeckung	<ul style="list-style-type: none"> • Ausweichen auf anderes Verfahren zur Haldenwasserreduzierung
6	Begrünbarkeit nicht bekannt	Die Begrünbarkeit ist keine Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit

10.4 Zielwertkonzept der FGG Weser



Festlegung von Zielwerten für die Pegel Gerstungen und Boffzen hinsichtlich der Chloridkonzentration (FGG Weser, 2016a)



Festlegung von Zielwerten für die Pegel Gerstungen und Boffzen hinsichtlich der Kaliumkonzentration (FGG Weser, 2016a)

