



EG-Wasserrahmenrichtlinie

**Statusbericht zum aktuellen Umsetzungs-
stand des Maßnahmenprogramms und zur
aktuellen Gewässergüte bzgl. der Salzbe-
lastung von Werra und Weser**

Berichtsjahr 2021



Herausgeber:

Flussgebietsgemeinschaft Weser
An der Scharlake 39, 31135 Hildesheim

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
(Vorsitz der Flussgebietsgemeinschaft ab 2022 bis Ende 2024)
Archivstraße 2, 30169 Hannover

Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
der Freien Hansestadt Bremen
Contrescarpe 72, 28195 Bremen

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München

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

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen
Emilie-Preyer-Platz 1, 40479 Düsseldorf

Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt 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, September 2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vi
Abkürzungsverzeichnis.....	vii
1 Einleitung.....	1
2 Besonderheiten des Jahres 2021 und zeitlich begrenzte Sofortmaßnahmen	3
3 Stand der Umsetzung des aktualisierten MNP Salz.....	5
3.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)	5
3.2 Haldenabdeckung	6
3.3 Einstapeln unter Tage	9
3.4 F&E-Vorhaben	11
3.5 Flankierendes Monitoring.....	12
3.6 Beendigung der Versenkung	12
3.7 Risikomanagement.....	15
3.8 Zeitplan des Fortschritts der Maßnahmenumsetzung	16
4 Auswertung der Monitoringdaten und Beurteilung der Gewässergüte für den Berichtszeitraum 2021.....	17
4.1 Hydrologie	19
4.1.1 Abflussverhältnisse Werra	19
4.1.2 Abflussverhältnisse Weser	19
4.2 Rohsalzverarbeitung.....	20
4.3 Entsorgung der festen Rückstände	21
4.4 Salzabwasseranfall und Salzabwasserentsorgung.....	21
4.4.1 Salzabwassermengen.....	21
4.4.2 Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls	23
4.4.3 Chlorid-, Kalium- und Magnesiumbilanzen.....	24
4.5 Salzfrachten und -konzentrationen 2021	27
4.5.1 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Gerstungen 2021	27
4.5.2 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Boffzen 2021	30
4.5.3 Monatliche Frachten an den Messstellen an Werra und Ulster	34
4.6 Grundwassermonitoring.....	37
5 Zusammenfassung und Ausblick	38
6 Literatur	40
7 Glossar	41
8 Anhang.....	43
8.1 Sachstandsbericht 2021 zum aktuellen Stand der Umsetzung der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH	43
8.2 F&E-Vorhaben: Jahresbericht 2021 der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH.....	44
8.3 Risikoübersicht der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH	45

8.4	Zielwertkonzept der FGG Weser	46
-----	-------------------------------------	----

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Monatliche Versenkmengen der Jahre 2017 bis 2021	13
Abb. 2:	Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Meiselsgraben 2017 bis 2021	14
Abb. 3:	Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Ulstertal 2017 bis 2021	15
Abb. 4:	Messstellen zur Überwachung der Oberflächenwasserkörper bzgl. der Salzbelastung. ..	17
Abb. 5:	Vergleich der mittleren Abflüsse 2020 und 2021 mit dem Mittelwert 2000 bis 2019 am Pegel Gerstungen/Werra	19
Abb. 6:	Vergleich der mittleren Abflüsse 2020 und 2021 mit dem Mittelwert 2000 bis 2019 am Pegel Boffzen/Oberweser, abgeleitet aus den Abflussdaten des Pegels Höxter.....	20
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 2021.....	27
Abb. 9:	Chloridkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2021	28
Abb. 10:	Tägliche Frachten von Magnesium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2021	28
Abb. 11:	Magnesiumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2021	29
Abb. 12:	Tägliche Frachten von Kalium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2021	29
Abb. 13:	Kaliumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2021	30
Abb. 14:	14-tägige Frachten von Chlorid in der Weser bei Boffzen 2016 bis 2021	31
Abb. 15:	Chloridkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021	31
Abb. 16:	14-tägige Frachten von Magnesium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021.....	32
Abb. 17:	Magnesiumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021	33
Abb. 18:	Tägliche Frachten von Kalium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021	33
Abb. 19:	Kaliumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021.....	34
Abb. 20:	Schema der Eigenkontrollstellen der K+S	35
Abb. 21:	Chloridtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster	36
Abb. 22:	Magnesiumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster	36
Abb. 23:	Kaliumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster	36

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Im Jahr 2021 per Bahn und LKW transportierte Mengen von Haldenwasser und Prozessabwasser	3
Tab. 2:	Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Werra (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2021, Anhang 8.1).....	8
Tab. 3:	Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Neuhof (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2021, Anhang 8.1).....	9
Tab. 4:	Umsetzungsstand der Maßnahme Einstapeln und Versatz (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2021, Anhang 8.1)	10
Tab. 5:	In Planung oder Umsetzung befindliche F&E-Vorhaben mit Angaben zum Projektzeitraum (gem. Sachstandsbericht K+S, Anhang 8.1)	12
Tab. 6:	Vergleich des Umsetzungsstands mit dem festgelegten Zeit- und Maßnahmenplan (FGG Weser, 2021c).....	16
Tab. 7:	Rohsalzverarbeitung und Rohsalzzusammensetzung der Jahre 2016 bis 2021.....	20
Tab. 8:	Feste Rückstände und deren Zusammensetzung der Jahre 2016 bis 2021.....	21
Tab. 9:	Anfall an Prozessabwasser und Haldenwasser sowie Beckenbestände.....	22
Tab. 10:	In die Werra eingeleitete, versenkte sowie transportierte Salzabwassermengen	22
Tab. 11:	In die Werra eingeleitete Salzfrachten und deren Zusammensetzung.....	22
Tab. 12:	Versenkte Salzfrachten und deren Zusammensetzung	23
Tab. 13:	Chloridbilanz für den Pegel Gerstungen.....	26
Tab. 14:	Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen.....	26
Tab. 15:	Magnesiumbilanz für den Pegel Gerstungen	27

Abkürzungsverzeichnis

AFZ	Analytik- und Forschungszentrum
AG	Arbeitsgruppe
BBS	Boden- und Bauschuttdeckung
BGBI	Bundesgesetzblatt
BUND	Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland
BWP	Bewirtschaftungsplan
Ca	Calcium
CO ₂	Kohlendioxid
DEUSA	Deutsche Solbergwerke und Aufbereitungs GmbH
DepV	Deponieverordnung
DS	Dickschichtdeckung
EDA	Eindampfanlage
ESTA	Elektro-Statistische Aufbereitung (trockenes Trennverfahren)
F&E	Forschung und Entwicklung
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
GSES	Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungs GmbH
HA	Standort Hattorf
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HVH	Halbtechnischer Versuch Haldenabdeckung
IHS	Infiltrationshemmschicht
KCl	Kaliumchlorid
KKF	Kainit-Kristallisation-Flotation
Mg	Magnesium
MgCl ₂	Magnesiumchlorid
MgSO ₄	Magnesiumsulfat
MNP	Maßnahmenprogramm
MQ	Mittlerer Abfluss

MSO	Multifunktionale Standortangepasste Oberflächenabdeckung
NaCl	Natriumchlorid
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
PAT	Prozessanalysetechnik
TLUBN	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

1 Einleitung

Der Statusbericht Salz ist ein jährlicher Bericht, der seit 2016 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 dokumentiert das Berichtsjahr 2021 und führt Informationen auf, die der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser) bis zum Ende des Berichtsjahres 2021 vorlagen. Alle später vorliegenden Berichte, Untersuchungen und Monitoringergebnisse werden im Statusbericht 2022 dokumentiert.

Die FGG Weser hat die „Salzbelastung der Werra und Weser durch den heutigen und ehemaligen Kalibergbau“ nach wie vor als eine wichtige Frage der Gewässerbewirtschaftung festgestellt (FGG Weser, 2019).

Für die Beurteilung der Oberflächenwasserkörper bzgl. des guten ökologischen Zustands/Potenzials aufgrund der Salzbelastung wurden für die Flussgebietseinheit Weser für die von der Salzeinleitung betroffenen Wasserkörper 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) (www.fgg-weser.de/gewaesserbewirtschaftung/handlungsfelder/salz/bewirtschaftungsziele-für-die-salzbelastung). 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 (www.fgg-weser.de/gewaesserbewirtschaftung/handlungsfelder/salz/zustand-im-grundwasser), 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.

Zur Erreichung dieser Richtwerte hat sich die Flussgebietsgemeinschaft Weser bereits im „Detaillierten Bewirtschaftungsplan 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gem. § 83 Abs. 3 WHG“ (kurz: **BWP Salz 2015 bis 2021**) (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 Potenzial in den Wasserkörpern der Weser bzw. der bestmögliche ökologische Zustand in den Wasserkörpern der Werra bzgl. der Salzbelastung stufenweise bis Ende 2027 erreicht wird (s. Anhang 8.4).

Mit dem „**Detaillierten Bewirtschaftungsplan 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gem. § 83 Abs. 3 WHG**“ (kurz: **BWP Salz 2021 bis 2027**) (FGG Weser, 2021d) wurde das Zielwertkonzept fortgeschrieben und auf der Weser-Ministerkonferenz am 18.11.2021 in Kassel beschlossen.

Die Maßnahmen zur Erreichung dieser Zielwerte wurden im „Detaillierten Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gemäß § 82 WHG“ (kurz: MNP Salz 2015 bis 2021)“ (FGG Weser, 2016b) ausführlich beschrieben. Das Maßnahmenprogramm wurde aufgrund neuer Erkenntnisse inzwischen in wesentlichen Punkten fortgeschrieben. Die noch 2015 vorgesehenen optionalen Maßnahmen wurden geprüft und als nicht erforderlich angesehen, weil wirkungsgleiche und kosteneffizientere Alternativen zur Reduzierung des Salzabwassers zur Verfügung stehen, wie z. B. temporäre Zwischenspeicherung sowie Abtransport in andere Gruben. Das aktualisierte „**Detaillierte Maßnahmenprogramm 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gemäß § 82 WHG**“ (kurz: **MNP Salz 2021 bis 2027**) (FGG Weser, 2021c) wurde im Entwurf zum Ende 2020 zur Anhörung der Öffentlichkeit erarbeitet und Ende 2021 von der Weser-Ministerkonferenz beschlossen, veröffentlicht und berichtet.

Die Umsetzung der Maßnahmen hat innerhalb eines festgelegten Zeitplans zu erfolgen, der Planung, Genehmigung und bauliche Umsetzung der einzelnen Maßnahmen umfasst. Zur engen Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen und des Dialogs mit dem Unternehmen K+S Minerals and Agriculture GmbH (K+S) wurde 2016 die **Arbeitsgruppe Salzreduzierung (AG Salzreduzierung)** eingerichtet. Die Arbeitsgruppe setzt sich aus Vertretern der Länder, der Geschäftsstelle der FGG Weser und des Unternehmens K+S zusammen. Im Rahmen der Sitzungen der AG Salzreduzierung, die regelmäßig einmal im Quartal stattfinden, werden die Umsetzungsschritte der Maßnahmen mit dem Unternehmen detailliert abgestimmt und dem Weserrat berichtet. Aufgrund der oben beschriebenen Fortschreibung des MNP

Salz hat die AG Salzreduzierung bereits im Statusbericht 2020 dieses zu aktualisierende Maßnahmenprogramm in den Blick genommen und im Statusbericht 2020 entsprechend aufgenommen. Dies betrifft insbesondere die Änderungen bei den Verfahren zur Haldenabdeckung, die Zwischenspeicherung sowie den Abtransport von Salzabwässern. Daher wurden auch in dem hier vorliegenden Statusbericht für das Jahr 2021 die Ergebnisse auf das aktualisierte MNP Salz bezogen. Aus oben genannten Gründen wird sich in den Darstellungen dieses Statusberichtes 2021 allerdings noch maßgeblich auf die Festlegungen des BWP Salz 2015 bis 2021 und somit auch auf das Zielwertkonzept 2015 bis 2021 bezogen (s. Anhang 8.4). Das Unternehmen berichtet anhand von Sachstandsberichten über den Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen.

2 Besonderheiten des Jahres 2021 und zeitlich begrenzte Sofortmaßnahmen

Für die Entsorgung der Prozessabwässer und der Haldenwässer standen im Jahr 2021 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, wurden Teilmengen der Salzabwässer per LKW und/oder Bahn zu geeigneten Gruben oder Gaskavernen transportiert und dort entsorgt bzw. für Verwahrungsarbeiten genutzt.

Im Jahr 2021 schwankten die Tageswerte für den Abfluss der Werra am Pegel Gerstungen zwischen 9,75 m³/s und 162,9 m³/s (s. a. Kap. 4.1). Im arithmetischen Mittel ergibt sich daraus ein Jahreswert von $MQ = 26,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Vergleich zum "Normaljahr" 1999 zeigte sich insbesondere in den Monaten Januar, März, April und Dezember 2021 ein deutlich geringerer Durchfluss der Werra am Pegel Gerstungen. Teilweise, wie im Januar oder April, lagen die jeweiligen Werte mehr als die Hälfte unter den Werten für die entsprechenden Monate des Jahres 1999. Für die Monate Mai und Oktober lagen die monatlichen mittleren Durchflüsse der Werra am Pegel Gerstungen im Bereich der jeweiligen Monate des Jahres 1999. In den anderen Monaten, insbesondere in den Sommermonaten Juni, Juli und August sowie im September lagen die Monatsdurchflüsse über denen des Jahres 1999. Diese erhöhten Durchflüsse konnten aber das Defizit aus den anderen Monaten nicht ausgleichen, so dass das Jahr 2021 im Jahresmittel einen deutlich geringeren Durchfluss aufweist als das "Normaljahr" 1999.

Trotz der im Vergleich zum Normaljahr geringeren Wasserführung der Werra konnte im Jahr 2021 die überwiegende Menge der angefallenen Halden- und Prozessabwässer durch die Einleitung in die Werra entsorgt werden.

Im Jahr 2021 wurden in Summe rund 0,72 Mio. m³ Prozessabwasser und Haldenwasser per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben, Gaskavernen und zur innerbetrieblichen Verwertung transportiert. Der Anteil an reinem LKW-Transport lag bei rund 10 % und an reinem Bahntransport bei rund 90 %.

Die Transporte in 2021 fielen gegenüber 2020 nur geringfügig höher aus. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die im Jahr 2021 transportierten Mengen an Haldenwasser und Prozessabwasser zu den einzelnen Lokationen wiedergegeben.

Der im August 2019 vom Regierungspräsidium Kassel zugelassene Betrieb eines temporären Speichers in der Grube Hattorf-Wintershall wurde auch im Jahr 2021 genutzt, um hochmineralisierte Salzlösungen aus der Kalihrosalzaufbereitung in Phasen mit längerer niedriger Wasserführung der Werra zwischenspeichern. Diese Option soll in 2022 zum integrativen Bestandteil der untertägigen Einstapelung von Salzlösungen werden. Bei ausreichender Wasserführung können diese Salzlösungen bis 2022 wieder nach über Tage gepumpt und in die Werra eingeleitet werden. Mit diesem zusätzlichen Speicher wird zum einen die Produktion gesichert und zum anderen werden Transporte per LKW und Bahn vermieden bzw. deutlich reduziert.

Darüber hinaus liegen Genehmigungen für die temporäre Einstapelung von Salzlösungen im Grubenfeld Springen (Bergwerk Merkers) sowie zur Einleitung von Prozessabwasser und Haldenwasser in das stillgelegte K+S-Bergwerk Bergmannsseggen-Hugo (Region Hannover) sowie in das stillgelegte Kalibergwerk Sigmundshall (Bokeloh/Region Hannover) vor.

Tab. 1: Im Jahr 2021 per Bahn und LKW transportierte Mengen von Haldenwasser und Prozessabwasser

Zielort	Haldenwasser [m³]	Prozessabwasser [m³]
Bergmannsseggen-Hugo	22.360	54.180
Sigmundshall	57.180	238.390
Bad Lauchstädt	0	268.860
GSES	0	27.190
DEUSA	0	48.860

Die Erweiterung der Halde Wintershall wurde am 10.09.2020 genehmigt und wird derzeit umgesetzt. Die erteilte Genehmigung bezieht sich auf eine 25,7 ha große Haldenaufstandsfläche zuzüglich der Fläche für den 100 m breiten Randstreifen und ein neues Haldenwasserbecken mit einem Speichervolumen

von ca. 14.500 m³. Des Weiteren umfasst die Planfeststellung die Umsetzung vorhabenbezogener Kompensationsmaßnahmen sowie eines Monitorings- und Sicherungskonzepts. Die Haldenerweiterung bindet südöstlich an die bestehende Halde an. Sie bietet Kapazitäten für 9-11 Jahre Beschüttung.

3 Stand der Umsetzung des aktualisierten MNP Salz

Im Maßnahmenprogramm wurde eine Maßnahmenkombination festgelegt, mit der die Einhaltung der Zielwerte des Zielwertkonzeptes im Oberflächengewässer gesichert sowie die Einhaltung des Verschlechterungsverbot im Grund- und Oberflächengewässer 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 **zentralen Maßnahmen** dieser Maßnahmenkombination sind:

- Betrieb einer **Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)** dem Ziel, die Salzabwassermenge um 1,5 Mio. m³/a zu reduzieren
- **Einstapelung unter Tage** zur Verbringung von Produktionsabwasser unter Tage
- **Haldenabdeckung** der bestehenden und der künftigen Halden zur Reduzierung und Vermeidung von Haldenabwässern
- **Abtransport** von Prozess- und/oder Haldenabwasser und/oder Zwischenspeicherung bis zur Erreichung der Zielwerte
- **Einstellung der Versenkung** ab 01.01.2022, als die einzige Maßnahme, die den Zustand im Grundwasser dauerhaft verbessert

Zusätzlich umfasst die Kombination folgende begleitende Maßnahmen:

- Ökologisches und ökonomisches Monitoring
- Controlling der Maßnahmenumsetzung durch die AG Salz
- F&E-Vorhaben

Im Folgenden wird der Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen auf Grundlage des Sachstandsberichts von K+S (Anhang 8.1) zusammenfassend dargestellt.

In den Tabellen 2 - 4 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. Auf bereits abgeschlossene Umsetzungsschritte der Einzelmaßnahmen wird in dieser Übersicht nicht mehr im Einzelnen eingegangen, die Umsetzungsschritte sind lediglich subsummiert als abgeschlossen (✓) gekennzeichnet.

3.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)

Am Standort Hattorf wurde im Jahr 2018 eine Kainit-Kristallisations- und Flotationsanlage (KKF-Anlage) in Betrieb genommen. Die verfahrenstechnischen Ziele konnten erreicht werden. Im Eindampf- und Kristallisationsteil der Anlage werden die angestrebten Salzkonzentrationen in der Lösung erreicht. Insbesondere ist eine MgCl₂-Konzentration von rund 300 g/l erforderlich, damit zukünftig die KKF-Lösung durch Mischen mit einer hochkonzentrierten MgCl₂-Lösung so konditioniert werden kann, dass ein Einstapeln in der Grube Springen ab 2022 möglich ist (s. a. Kap. 3.2).

Im Jahr 2021 wurden rund 2,6 Mio. m³ Prozesslösungen aus Hattorf und Unterbreizbach verarbeitet. Diese Menge liegt auf dem Niveau des Vorjahres. Durch die Eindampfung reduzierte sich das Volumen der Ausgangslösung auf ca. 1,38 Mio. m³. Dies entspricht einem Grad der Eindampfung von rund 50 % und erreicht damit die technischen Vorgaben. Durch den Prozess wurden im Jahr 2021 rund 436.000 t

Salz den Lösungen entzogen. Dieses Kristallisat wurde in Nachfolgeprozessen weiter zu Produkten aufbereitet und die dabei anfallenden Rückstände weitgehend in fester Form auf der Rückstandshalde und in geringem Umfang als Salzabwasser entsorgt.

3.2 Haldenabdeckung

Zur Verminderung der anfallenden Haldenwassermengen werden im Rahmen der Haldenabdeckung die aktuell beschütteten Rückstandshalden sowie die geplanten Haldenerweiterungen am Werk Werra und Neuhoof abgedeckt. Die Abdeckung soll während der Produktionsphase beginnen und kann erst in der Nachbetriebsphase abgeschlossen werden.

Um u.a. den bestmöglichen Zugang zu den benötigten Haldenabdeckmaterialien zu bekommen, haben bereits in 2020 K+S und REMEX, eine Tochter der REMONDIS-Gruppe, ihre Entsorgungsaktivitäten in einem neuen Gemeinschaftsunternehmen „REKS“ gebündelt.

Durch das neu gegründete Unternehmen können Synergieeffekte auf dem Entsorgungsmarkt genutzt und das Stoffstrommanagement optimiert werden. Damit ist nach Aussagen von K+S ein kontinuierlicher Stoffstromfluss gewährleistet.

Werk Werra

Das von K+S angestrebte System einer Kombinationsabdeckung mit Boden und Bauschutt (BBS) auf den Plateauflächen und einer Infiltrationshemmschicht (IHS) an den Flanken sowie einer perspektivischen finalen Flankenabdeckung im Dünnschichtverfahren wurde auch 2021 planerisch fortgeführt. Die Machbarkeit dieser „Multifunktionalen Standortangepassten Oberflächenabdeckung“ (MSO) konnte nach Angaben des Unternehmens durch eine extern erstellte Machbarkeitsstudie für die Halde Wintershall und Hattorf dargelegt werden. Die technische Umsetzbarkeit beider Einzelverfahren konnte laut K+S bereits durch mehrere Versuchsstufen bis zum Großversuch (IHS auf der Rückstandshalde des Kaliwerks Zielitz) und durch die langjährigen Erfahrungen aus der Regelabdeckung in Niedersachsen (Boden/Bauschutt - Halde Friedrichshall) aufgezeigt werden.

Im Rahmen der Erarbeitung der Antragsunterlagen wurden von K+S vorbereitende Untersuchungen zur Ermittlung der antragsrelevanten Daten durchgeführt. Diese beinhalteten Säulenversuche im Labor sowie einen Lysimeterversuch und ein Testfeld auf dem Haldenplateau für die IHS. Die Säulenversuche wurden durchgeführt und der Lysimeterversuch sowie das Testfeld aufgebaut und fortlaufend untersucht. Ebenso unterliegt der im Dünnschichtverfahren in 2018 geschüttete halbtechnische Versuch (HVV) an der Halde Hattorf einer kontinuierlichen Untersuchung und Beobachtung.

Eine ausreichende Materialverfügbarkeit der benötigten Abdeckmaterialien konnte laut K+S durch eine Marktstudie und zusätzliche Marktanalysen abgesichert werden. Zusätzlich führt K+S kontinuierlich Untersuchungen zur Identifizierung weiterer potenzieller Abdeckmaterialien durch.

Aufgrund behördlicher Rückmeldungen und Bedenken zum geplanten System MSO der Haldenabdeckung, sowie der aus Nebenbestimmungen der Haldenerweiterungsverfahren bestehenden Verpflichtungen, zeitnah temporär wirkende Polder auf den Plateauflächen zu errichten, hat K+S das bestehende System nochmals angepasst und optimiert. Die geplante Boden-/Bauschuttdeckung wird in Anlehnung an die Deponieverordnung (DepV) nun als geringmächtige Bodenabdeckung mit unterlagernder Kunststoffdichtungsbahn (KDB) ausgeführt. Nach Aussage von K+S wird mit dem Einbau der KDB der gleichwertige Ersatz der Polder gewährleistet.

Aufgrund der Behördenrückmeldung hat K+S auch die geplante Infiltrationshemmschicht (IHS) an den Flanken nochmals überdacht. Hier zeichnete sich ein langwieriges Genehmigungsverfahren ab, was dem eigentlichen Ansinnen einer schnellen Umsetzung dieser Abdeckungsform und Reduzierung der Haldenwässer entgegenstand.

Insofern hat K+S auf die IHS komplett verzichtet und stattdessen auf die perspektivisch sowieso vorgesehene Dünnschichtabdeckung gesetzt. Hier verfügt K+S mittlerweile über 20 Jahre Erfahrung aus der Abdeckung der Halde Sigmundshall sowie zahlreicher Labor- und Gewächshausversuche, Lysimeterversuche sowie dem seit 2018 geschütteten Halbtechnischen Versuch (HVV). Die Anpassung und Optimierung des Systems gewährleistet nach Aussage von K+S eine komplette Begrünbarkeit der Haldenoberfläche und eine gesteigerte Haldenwasserreduzierung.

In Q4/2021 wurden die Antragsunterlagen zur Plateauabdeckung der Halde Hattorf (Boden + KDB) bei der Genehmigungsbehörde eingereicht.

Um der Erfüllung einer Nebenbestimmung aus der Haldenerweiterung gerecht zu werden, wurde ebenfalls mit dem Bau eines weiteren Polders auf der Haldenplateaufläche Hattorf begonnen.

Durch die vorgenommene Anpassung und Optimierung der Plateau- und Flankenabdeckung war es nötig, auch den Zeitplan anzupassen. Damit kann bei der Plateaubdeckung eine frühzeitigere Umsetzung ermöglicht werden. Die nunmehr sofort geplante Dünnschichtabdeckung auf der Flanke wird zwar einen etwas längeren Planungs- und Genehmigungsaufwand erforderlich machen. Doch nach Aussage von K+S wird die zeitliche Verzögerung durch eine höhere Effektivität der Abdeckung gegenüber der IHS wieder ausgeglichen. Der angepasste Zeitplan gilt vorbehaltlich der Dauer des Genehmigungsverfahrens und kann sich im Laufe des Verfahrens noch verändern.

Werk Neuhoof-Ellers

Nach Aussage von K+S wird für die Halde Neuhoof aufgrund erstellter Materialverfügbarkeitsstudien sowie Marktrecherchen die Umsetzung einer Dickschichtabdeckung (DS) möglich.

Eine Dickschichtabdeckung (DS) mittels Boden und Bauschutt weist die höchste Effizienz bei der Reduzierung salzhaltiger Sickerwässer auf und verhindert diese langfristig fast vollständig. Die Wirksamkeit des zunächst an der Halde Neuhoof-Ellers vorgesehenen Innovativen Erosionsschutzes (IES) wird damit deutlich übertroffen. Mittlerweile wurde eine umfangreiche Machbarkeitsstudie erarbeitet und der Genehmigungsbehörde vorgestellt und übermittelt. Die vertiefte Planung und Erarbeitung der benötigten Genehmigungsunterlagen wird weiter fortgeführt. Dabei wird eine mögliche Versteilung des Böschungswinkels verfolgt, um den Vorfeld- und Materialbedarf zu minimieren.

Bei der Planung kann K+S auf langjährige Erfahrungen aus Referenzabdeckungen wie z. B. der Halde Friedrichshall zurückgreifen und diese auf die Standortgegebenheiten im Werk Neuhoof-Ellers übertragen.

Vertiefende und weitergehende Untersuchungen sowie Modellierungen zur Minimierung des Flächen- und Materialbedarfs werden kontinuierlich fortgeführt. Der Umsetzungsstand der einzelnen Maßnahmenschritte ist Tab. 2 zu entnehmen. K+S geht davon aus, dass der Zeitraum, der für die Abdeckung der Halde erforderlich ist, bis über das Jahr 2075 hinausgehen könnte. Sofern sich aus den Planungen für die Abdeckung der Haldenflanken bzw. des Haldentops Veränderungen für den Stand der Umsetzung der Haldenabdeckung ergeben, werden diese in den folgenden Sachstandsberichten und im Statusbericht dokumentiert.

Tab. 2: Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Werra (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2021, Anhang 8.1)

Haldenabdeckung Hattorf und Wintershall		Durchführungszeitraum lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Stand lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 8.1)		Stand Planung K+S
				Beginn	Ende	
2.1	Lysimeterversuche			2011	2017	✓
2.2	Pilotprojekte (Halbtechnischer Versuch)	2016 - 2020	✓	2014	2020 ff.	✓
2.3	Großversuch	2018 - 2021		2016	2021 ff.	✓
2.3.1	Erarbeitung der Antragsunterlagen, altes Konzept (Versuchsort Halde Wintershall)			2016	2019 ¹⁾	✓
2.3.2	Einreichen der Antragsunterlagen, altes Konzept (Versuchsort Halde Wintershall)			Entfällt, wegen Systemwechsel		
2.3.3	Genehmigungsverfahren altes Konzept (Versuchsort, Halde Wintershall)			Entfällt, wegen Systemwechsel		
Systemwechsel zur Multifunktionalen Standortangepassten Oberflächenabdeckung (MSO) (Systemwechsel erfolgte bereits in 2020)						
2.4	Regelbetrieb (Betriebsphase)	2021 - 2075		2019	2075	
2.4.2	Abdeckung MSO			2021		
2.4.2.1	Erstellung Machbarkeitsstudie MSO			Q2/2020	Q3/2020	✓
2.4.2.2	Bau Lysimeterfeld + Probefeld IHS			2020/2021		✓
2.4.2.3	Bau der Prüffelder BBS			2021		✓
2.4.2.4	Bau 1. Quadrant Bodenabdeckung + KDB			2022		
2.4.2.5	Einreichen der Antragsunterlagen für neues Konzept Haldentopabdeckung (MSO)			Q4/2021	Q2/2022	Hattorf: ✓
						Wintershall:
2.4.2.6	Genehmigungsverfahren			2022-2023		
2.4.2.7	Intermittierende Plateaubabdeckung mit Bodenabdeckung + KDB			Q4/2023		
2.4.3	Flankenabdeckung Dünnschichtverfahren			2024		Beginn 2026
2.4.3.1	Einreichen der Antragsunterlagen			Q4/2022		
2.4.3.2	Genehmigungsverfahren			2022 – 2024 ³⁾		

Tab. 3: Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Neuhoof (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2021, Anhang 8.1)

Haldenabdeckung Neuhoof-Ellers		Durchführungszeitraum lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Stand lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 8.1)		Stand Planung K+S
				Beginn	Ende	
2.5	Pilotprojekte zur Untersuchung innovativer Erosionsschutz-/Haldenwasserminimierungsmaßnahmen (Halde Neuhoof)	2016 – 2018	✓	2016	2018	✓
2.6	Beginn der Umsetzung innovativer Erosionsschutz- und Haldenwasserminimierungsmaßnahmen (Halde Neuhoof)	2018		2018 ²⁾	2019 ff	✓
Systemwechsel zur Dickschichtabdeckung (Boden/Bauschutt) (Systemwechsel erfolgte bereits in 2020)						
2.7	DS-Abdeckung NE	2021 – 2075				
2.7.1	Prüfung und Entwicklung möglicher Umsetzvarianten der DS-Abdeckung NE			2020	Ende 2021	✓
2.7.2	Vorplanung der ausgewählten Umsetzungsvariante			2021	2022	
2.7.3	Erarbeitung der Antragsunterlagen			2021	Ende 2024	
2.7.4	Genehmigungsverfahren			2024	Ende 2026	
2.7.5	Beginn der Umsetzung/des Regelbetriebs			Ende 2027		



abgeschlossen



Im Zeitplan

Verzögerung, Enddatum
kann gehalten werden

Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

1) Verzögerung aufgrund des zeitaufwendigen Genehmigungsverfahrens „Pilotprojekt Halbtechnischer Versuch“ – Versuchsergebnisse fließen in die Antragsunterlagen Großversuch ein. Zusätzlich erfolgte aufgrund des langwierigen Genehmigungsprozesses ein Systemwechsel zur Beschleunigung der Abdeckung

3.3 Einstapeln unter Tage

Im Berichtszeitraum wurde die Erarbeitung der seitens des Regierungspräsidiums Kassel, Dezernat Bergaufsicht und der vom Thüringer Landesamtes für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) nachgeforderten Unterlagen zur 7. Ergänzung des Abschlussbetriebsplanes der Grube Merkers-Springen zur Lösungseinstapelung im Südwestfeld Springen fortgesetzt. Die zusätzlichen Unterlagen wurden am 11.10.2021 sowie am 08.12.2021 beim TLUBN eingereicht.

Im Berichtszeitraum fanden keine Arbeiten zur Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeilers statt, da hierzu die 3. Teilzulassung des Sonderbetriebsplans zur Durchörterung erforderlich ist und noch aussteht. Diese werden erst aufgenommen, wenn die 3. Teilzulassung erfolgt ist.

Die Erarbeitung der Antragsunterlagen, die Antragstellung und die Zulassung der eingereichten übrigen Sonderbetriebspläne liegen nach Angaben von K+S im Plan. Die unter- und übertägigen vorbereitenden Arbeiten wurden weiter fortgesetzt.

Da im Berichtszeitraum die Zulassung des Sonderbetriebsplans des Teiles der eigentlichen Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeilers nicht erfolgt ist, verschiebt sich nach Planung des Unternehmens von Ende 2021 der Inbetriebnahmetermin voraussichtlich auf den Sommer 2022 (s. a. Tab. 4). K+S bemüht sich, um diese Verzögerung der Inbetriebnahme zu reduzieren. In der Phase 1 sollen zunächst 1,5 Mio. m³/a konfektionierter Lösung (s. Kap. 3.1) im Grubenfeld Springen eingestapelt werden. Die Einstapelung von bis zu 2 Mio. m³/a konfektionierter Lösung im erweiterten Grubenfeld Springen (Phase 2) soll in Folge spätestens ab Ende 2025 umgesetzt werden. Hierfür liegt der zuständigen Behörde bislang noch kein Betriebsplan zur Zulassung vor.

Tab. 4: Umsetzungsstand der Maßnahme Einstapeln und Versatz (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2021, Anhang 8.1)

Einstapeln und Versatz		Durchführungszeitraum lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Stand lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 8.1)		Stand Planung K+S
				Beginn	Ende	
3.1	Untersuchung	2016 – Ende 2020	✓			✓
3.2	Planung und Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme	2019 – Ende 2020			Q3/2022	
3.2.1	Planung, Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme (inkl. Probebetrieb) von übertägigen Rohrleitungen, Misch- und Dosiereinrichtungen. Beschaffungsvorgänge (Grundstückskäufe/-gestattungen)			2018	Anfang Q1/2022	
3.2.2	Planung, erstmalige & komplexe Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme (inkl. Probebetrieb) von untertägigen Einstapelarealen, 50 km Leitungen, Pumpenanlagen, Vorbereitung bergm. Arbeiten. Beschaffungsvorgänge. Errichtung und Inbetriebnahme von Monitoring-Programmen			2018	07/2022	
3.3	Umsetzung Phase 1 : Einleitung von bis zu 1,5 Mio. m ³ /a vorhandener KKF-Lösung nach Konditionierung im Grubenfeld Springen (Südwest).	Ende 2021 – Ende 2060		01.07.2022	2025	
3.4	Phase 2 : Planung und Genehmigung für die Einleitung von konfektionierter Lösung im erweiterten Grubenfeld Springen			2022	2025	
3.5	Umsetzung Phase 2 : Einleitung von bis zu 2 Mio. m ³ /a konfektionierter Lösung im erweiterten Grubenfeld Springen			2025	2035	

✓	abgeschlossen		Im Zeitplan
	Verzögerung, Enddatum kann gehalten werden		Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

3.4 F&E-Vorhaben

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

Jährlich am Ende des 1. Quartals gibt es einen Jahresbericht zu den F&E-Vorhaben des Vorjahres. Der Jahresbericht 2021 wurde zum Ende des ersten Quartals 2022 fertiggestellt (Anhang 8.2) und erläutert den erzielten Fortschritt bei den einzelnen Projekten. Soweit neue F&E-Vorhaben im Laufe des Jahres 2021 hinzugekommen sind, so wurden diese ebenfalls mit in die Jahresberichterstattung aufgenommen.

2019 und 2020 waren die Konfektionierung und das Einstapeln von Lösungen im Grubenfeld Springen ein Großforschungsprojekt. Die internen Forschungsarbeiten hierzu wurden 2021 abgeschlossen. Mit Beginn der Umsetzung des Vorhabens „Einstapeln von Produktionsabwässern in das Grubenfeld Springen“ hat sich der Fokus der F&E-Tätigkeiten verschoben. Es ergeben sich zukünftig zwei Schwerpunkte:

1. Reduktion bzw. Vermeidung von Prozessabwässern, die aufgrund niedriger $MgCl_2$ -Konzentration nicht für die Einstapelung konfektioniert werden können (z. B. Spülwässer und sogenannte Kieseritdeckwässer).
2. Reduktion des Anfalls von Haldenwässern.

Grundsätzlich zielen die F&E-Aktivitäten darauf ab, die Ressourceneffizienz zu verbessern und damit u.a. die spezifischen Energiekosten und Umweltauswirkungen zu reduzieren. Tab. 5 gibt eine Übersicht der 2021 weitergeführten oder zum Jahresende abgeschlossenen F&E-Vorhaben mit qualitativen Aussagen zum Reduzierungspotenzial. Auf die bereits vorher abgeschlossenen Vorhaben und Projekte wird in dieser Übersicht nicht mehr eingegangen.

Laufende / geplante F&E-Vorhaben		F&E-Projektende nach aktueller Planung K+S (Anhang 8.1)	Wirkung V=Volumenreduktion S=Salzreduktion
1	Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA-Verfahrens		
1.1	ESTA Freifallscheider verbessern	kontinuierlich, derzeit Pause	(V, S)
1.3	Steinsalzvorabtrennung u. T.	2022	(V, S)
2	Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge		
2.3	Konditionierungsmittelversuche ESTA	kontinuierlich	(V, S)
3	Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren		
3.2	Konfektionierung von Prozesswässern für die untertägige Einstapelung von Prozesswässern	2022	(V, S)
3.2.1	Eindampfoptionen von Prozesswässern	2021	(V, S)
3.2.2	Weiterentwicklung des Konfektionierungsverfahrens zur Herstellung der Einstapellösung	2021	(V, S)
4	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung		
4.2	Überlegungen zur Verbesserung der Basisabdichtung	2021	(S)
5	Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren		
5.3	Konstruktive Weiterentwicklung des Auslaufs der neuen Flotationszellen WI zur Verringerung von Spülwassermengen und Zyklen	2021	(V)
6	Prüfung von Membranverfahren		
6.1	Nanofiltration		(S)
6.1.1	Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKover = Forschungs- u. Entwicklungsvorhaben innerhalb des Rahmenprogramms FONA)	2023	(S)
6.2.1	Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMem = Forschungs- und Entwicklungsvorhaben innerhalb des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA))	2024	(V,S)
7	Optimierung der Fest-/Flüssigtrennung		
7.3	Untersuchungen zur Lösungsklärun mit Versuchsdekanter	✓	(S)

Laufende / geplante F&E-Vorhaben		F&E-Projektende nach aktueller Planung K+S (Anhang 8.1)	Wirkung V=Volumenreduktion S=Salzreduktion
8	Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen		
8.1	Versuche zur Haldenabdeckung: HVH	laufend	(V, S)
8.4	Biokrusten zur Haldenwasserminimierung, Neuhof	✓	(V, S)
8.5	Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Additive zur initialen Begrünung abgedeckter Halden	2022	(V, S)
8.6	Screening alternativer Zuschlagsstoffe für die Haldenabdeckung im Rahmen der IHS	Kontinuierlich	(V, S)
8.7	Vorversuche zur Prüfung verschiedener Additive für die Dünnschichtabdeckung	2022	(V)
9	Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung		
9.3	Prozessanalytik, Prozessanalysetechnik (PAT)	kontinuierlich	(V, S)
9.10	Steuerung der elektrostatischen Trennung von Rohsalz in der ESTA des Standortes Wintershall	✓	(S)
9.12	Ringleitung Vakuumstation, Sulfatherstellung Wintershall	✓	(V)
9.13	Versuch zum Kieseritdeckwassereinsatz bei der Aufbereitung von Rückständen aus der KCl-Herstellung	2021	(V, S)
10	Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen (2021 waren keine Teilvorhaben geplant)		
11	Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder (2021 waren keine Teilvorhaben geplant)		
12	Optimierung der Salzsteuerung (2021 waren keine Teilvorhaben geplant)		
13	Sonstiges		
13.6	Gutachten zum Nachweis des Haldenkerns	2022	(V)

Tab. 5: In Planung oder Umsetzung befindliche F&E-Vorhaben mit Angaben zum Projektzeitraum (gem. Sachstandsbericht K+S, Anhang 8.1)

3.5 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 umfassend über das 2021 durchgeführte Monitoring berichtet (Werksmonitoring (Salz und Produktionswässer) und Gewässermonitoring des Grundwassers (Chemie) sowie der Oberflächengewässer (chem.-physikal. Daten, Biologie, Auenmonitoring) in der Region Werra).

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 Bewertungsmonitorings von K+S und der tatsächlichen Entwicklung der Einträge. Die Daten werden periodisch vom Unternehmen K+S erfasst, dokumentiert und den zuständigen Behörden berichtet.

Die wichtigsten Ergebnisse des Monitorings 2021 sind in Kapitel 4 dargestellt.

3.6 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“ Ende 2021 in das MNP Salz 2015 bis 2021 aufgenommen.

Das Regierungspräsidium Kassel hatte 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 wurde vom Unternehmen K+S nicht beantragt und wäre gemäß dem Bescheid des Regierungspräsidiums Kassel nicht erteilt worden.

Aufgrund niedriger Durchflüsse der Werra war die Versenkung im Januar 2021 in Betrieb. Sie konnte dann aber in den Monaten Februar und März unterbleiben und ist erst gegen Ende April wiederaufgenommen worden. Ab Mai 2021 zeigten sich dann, mit Ausnahme der Monate Juni, Juli und September, fast gleich hohe Versenkmengen wie im Jahr 2020. Bis Ende des Jahres 2021 wurden in Summe rund 1,0 Mio. m³ an Prozessabwässern in den Plattendolomit versenkt. Im Vergleich zum Vorjahr wurden damit rund 300.000 m³ weniger versenkt. Die Versenkung wurde am 22.12.2021 endgültig eingestellt. Abb. 1 zeigt die monatlichen Versenkmengen der Jahre 2017 bis 2021.

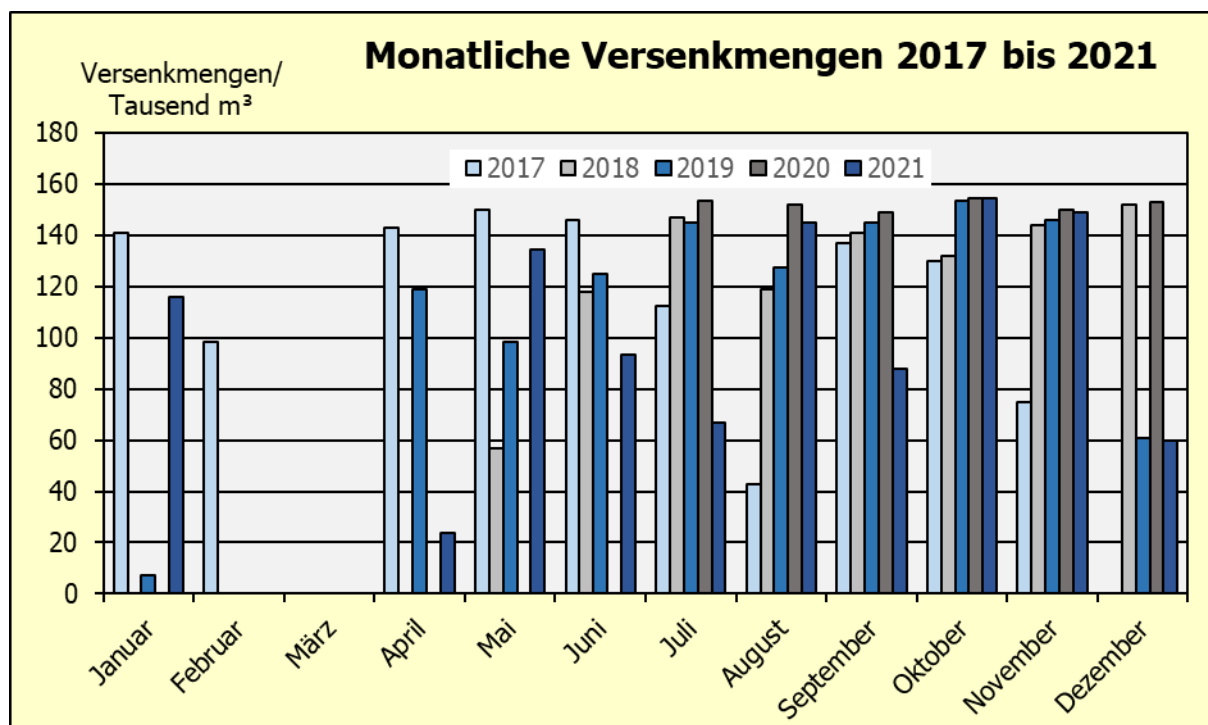


Abb. 1: Monatliche Versenkmengen der Jahre 2017 bis 2021

Ergänzend zur Versenkerlaubnis wurden im Jahr 2017 von K+S 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 war 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 orientierten sich an einem mittleren jährlichen Abfluss (MQ) der Werra am Pegel Gerstungen von 31,4 m³/s.

In den Jahren 2018 bis 2021 wurden durch K+S die behördlich zugelassenen maximalen Versenkmengen in Höhe von 1,5 Mio. m³/a nicht ausgeschöpft, so dass daraus eine entsprechende Einsparung der Versenkmenge resultierte. In Summe beträgt die Einsparung rund 1.500.000 m³. Somit konnte die mit dem BUND vereinbarte Gesamteinsparung von 1,0 Mio. m³ bereits im April 2020 erreicht sowie zum Ende des Jahres 2021 um rund 0,5 Mio. m³ erhöht werden.

Weiterhin ist im Koalitionsvertrag zwischen CDU Hessen und BÜNDNIS 90/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 Anlagen sind monatlich die Hauptinhaltsstoffe (Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogencarbonat, Sulfat, Chlorid und Nitrat) sowie Bromid zu beproben. Die beiden Trinkwassergewinnungsanlagen Ulstertal und Meiselsgraben wurden gemäß der Nebenbestimmung 1 der Versenkerlaubnis des Regierungspräsidiums Kassel intensiv überwacht. Danach war die Versenkung einzustellen, wenn das Grundwassermonitoring an den Brunnen Ulstertal oder Meiselsgraben an drei aufeinanderfolgenden Monats-Messungen eine Chloridkonzentration ≥ 145 mg/l aufgezeigt hätte.

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 2021 am Brunnen Meiselsgraben in den Monaten Februar und Dezember mit jeweils 146 mg/l überschritten. Die anderen Messungen lagen unterhalb des im Bescheid festgesetzten Wertes. Am Brunnen Ulstertal lagen die Chloridwerte stets unterhalb des im Bescheid festgesetzten Wertes. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Überwachung der Jahre 2017 bis 2021 für die Parameter Kalium, Magnesium und Chlorid dargestellt (Abb. 2 und Abb. 3).

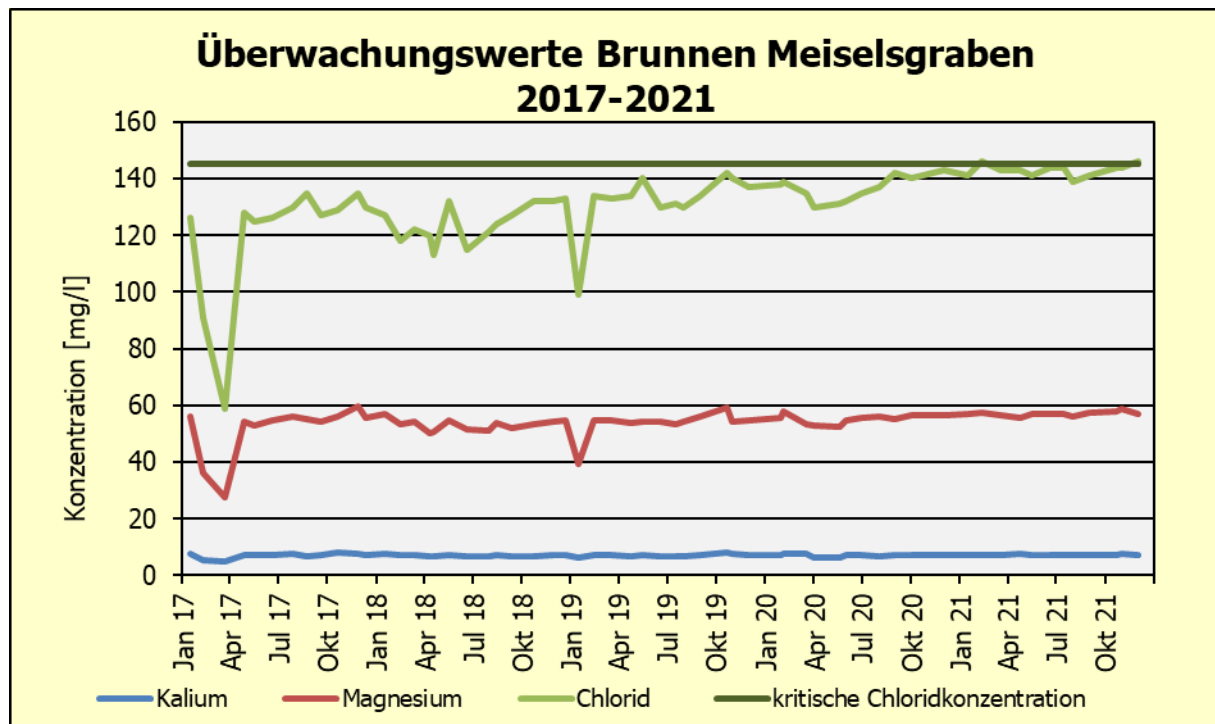


Abb. 2: Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Meiselsgraben 2017 bis 2021

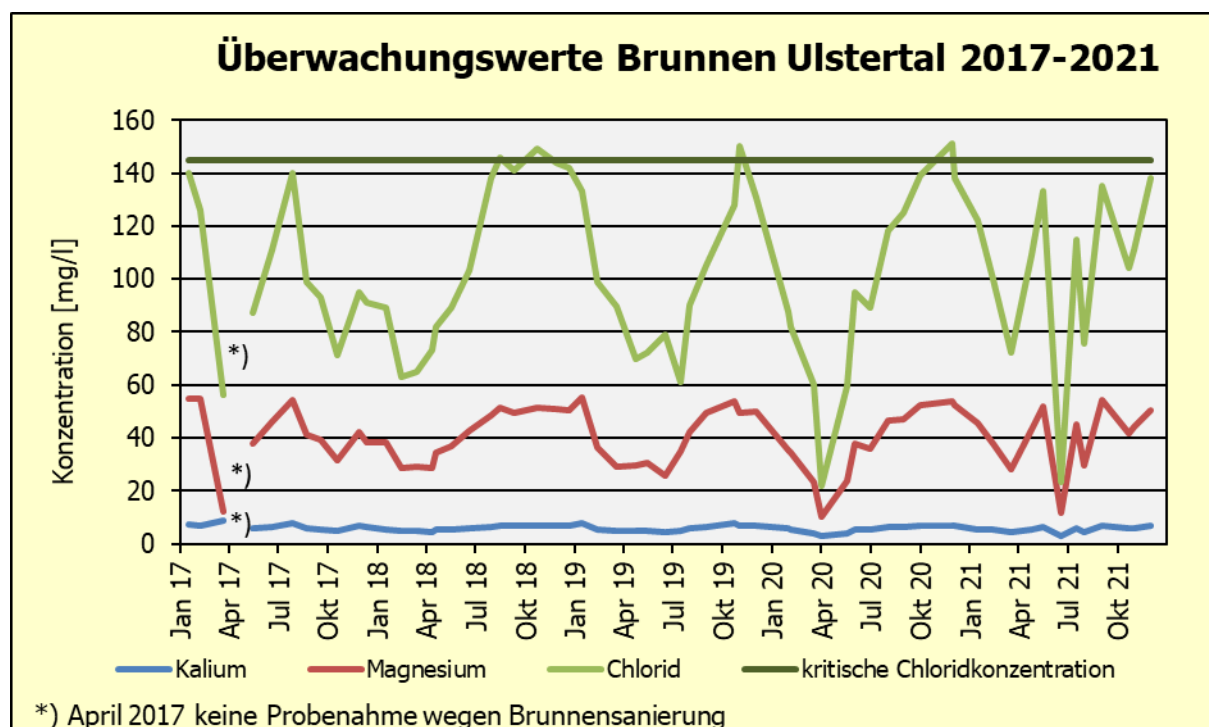


Abb. 3: Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Ulstertal 2017 bis 2021

3.7 Risikomanagement

Bei den in den Kapiteln 3.2 und 3.3 beschriebenen Maßnahmen handelt es sich um innovative Maßnahmen, die zum Teil noch nicht dem Stand der Technik entsprechen 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 AG 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 2015 bis 2021 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 AG Salzreduzierung über Änderungen informiert. Die Risikoübersicht ist in Anhang 8.3 dargestellt und kommt zu folgender, zusammenfassender Einschätzung:

- Die Risiken haben unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten. Für alle Risiken bestehen Gegensteuerungsmaßnahmen, so dass diese beherrschbar sind.
- Diese Einschätzung beruht ausschließlich auf der Betrachtung fachlicher/technischer Aspekte durch K+S und berücksichtigt nicht die Bewertung durch Genehmigungsbehörden oder deren Fachgutachter.

Nach Auffassung des Unternehmens ist die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt der im Einzelnen genannten Risiken bei der Haldenabdeckung wenig und bei der Einstapelung unter Tage in zeitlicher Hinsicht eher wahrscheinlich.

3.8 Zeitplan des Fortschritts der Maßnahmenumsetzung

Tab. 6 gibt einen Überblick über den Fortschritt der aktuellen Maßnahmenumsetzung in 2021 und vergleicht den Umsetzungsstand mit den bisherigen Planungen.

Tab. 6: Vergleich des Umsetzungsstands mit dem festgelegten Zeit- und Maßnahmenplan (FGG Weser, 2021c)

Maßnahmen	Zeitraum der Umsetzung (Jahr)					
	2020	2021	2022	2023 - 2025	2026 - 2027	Nach 2027
Festgesetzte Maßnahmen						
1. KKF-Anlage						
1.1. Regelbetrieb						
2. Einstapeln u. T.						
2.1 Untersuchungen						
2.2 Planung und Genehmigung						
2.3 1. Umsetzungsphase						
2.4 2. Umsetzungsphase						
3. Haldenabdeckung						
3.1 Multifunktionale standortabhängige Oberflächenabdeckung (MSO)						
- Halde Hattorf						
- Halde Wintershall						
3.2 Dickschichtabdeckung Halde Neuhoof-Ellers						
4. Abtransport und/oder Zwischenspeicherung						
5. Einstellung der Versenkung						
Begleitende Maßnahmen						
6. Monitoring						
7. Arbeitsgruppe Salzreduzierung						
8. F+E-Vorhaben						
weitere mögliche Maßnahmen						
9. Kurz- und mittelfristige Maßnahmen (Verringerung Transport)						
10. Langfristige Maßnahmen (Verringerung Ewigkeitslast)						

Legende:

abgeschlossen/ im Zeitplan
Umsetzung/ ggf. Fortsetzung
verzögert, Enddatum kann nicht gehalten werden
Verzögert, Enddatum kann gehalten werden



4 Auswertung der Monitoringdaten und Beurteilung der Gewässergüte für den Berichtszeitraum 2021

Im Zielwertkonzept der FGG Weser (Anhang 8.4) 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 Potenzial in den Wasserkörpern der Weser bzw. der bestmögliche ökologische Zustand in den Wasserkörpern der Werra erreicht wird (s. Kap. 5.2 BWP Salz 2015 bis 2021).

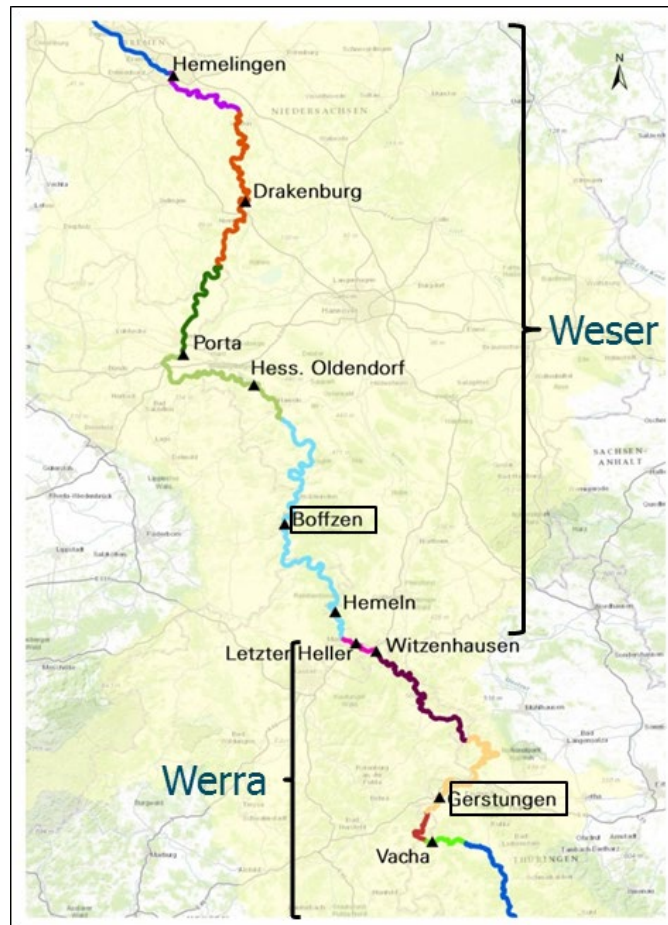


Abb. 4: Messstellen zur Überwachung der Oberflächenwasserkörper bzgl. der Salzbelastung.

Die Farben markieren Wasserkörper im Verlauf von Werra und Weser

Mit der bis zum 31.12.2021 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 23.12.2020, Az. 34/Hef-79 f 12-03-352-2/500) folgende Grenzwerte als Maximalwerte festgelegt:

- 90 °dH Gesamthärte
- 2.400 mg/l Chlorid
- 195 mg/l Kalium
- 334 mg/l Magnesium
- 780 mg/l Sulfat.

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. Im Rahmen des Messprogramms Werra/Elster werden täglich Untersuchungen auf die Salzparameter Chlorid, Magnesium, Kalium, Sulfat, Gesamthärte, Natrium und Calcium und die Untersuchungen gemäß Thüringer Monitoringprogramm (durch das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, TLUBN) 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 und ist seit Oktober 2016 im Regelbetrieb. Im Rahmen des Messprogramms Qualitätsüberwachung Weser werden hier als 3-Tages-Mischproben die gleichen Salzparameter wie in Gerstungen überwacht. Die für die Ermittlung von Stofftransporten benötigten Abflussdaten werden am Pegel Höxter ermittelt.

Zur Bewertung der Auswirkung der in Kapitel 3 beschriebenen Maßnahmen werden im Folgenden Salzabwassermengen sowie Frachten, Abflüsse und Salzkonzentrationen exemplarisch ausgewertet. Die Auswertungen der Daten an den Pegeln Gerstungen und Boffzen (als Kontrollmessstellen (Abb. 4)) werden mit den Vorgaben des Zielwertkonzeptes verglichen.

4.1 Hydrologie

4.1.1 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.

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 mehreren sehr trockenen Jahren die Abflusssumme 2021 erneut unter dem langjährigen Mittel (2000 bis 2019).

Die meisten monatlichen Abflüsse des Jahres 2021 (Januar, März, April, Mai, Oktober, November, Dezember) lagen unter den Abflüssen der Jahre 2000 bis 2019 (Abb. 5). Mit Ausnahme der Monate Januar und März war es aber deutlich abflussreicher als das Vorjahr 2020.

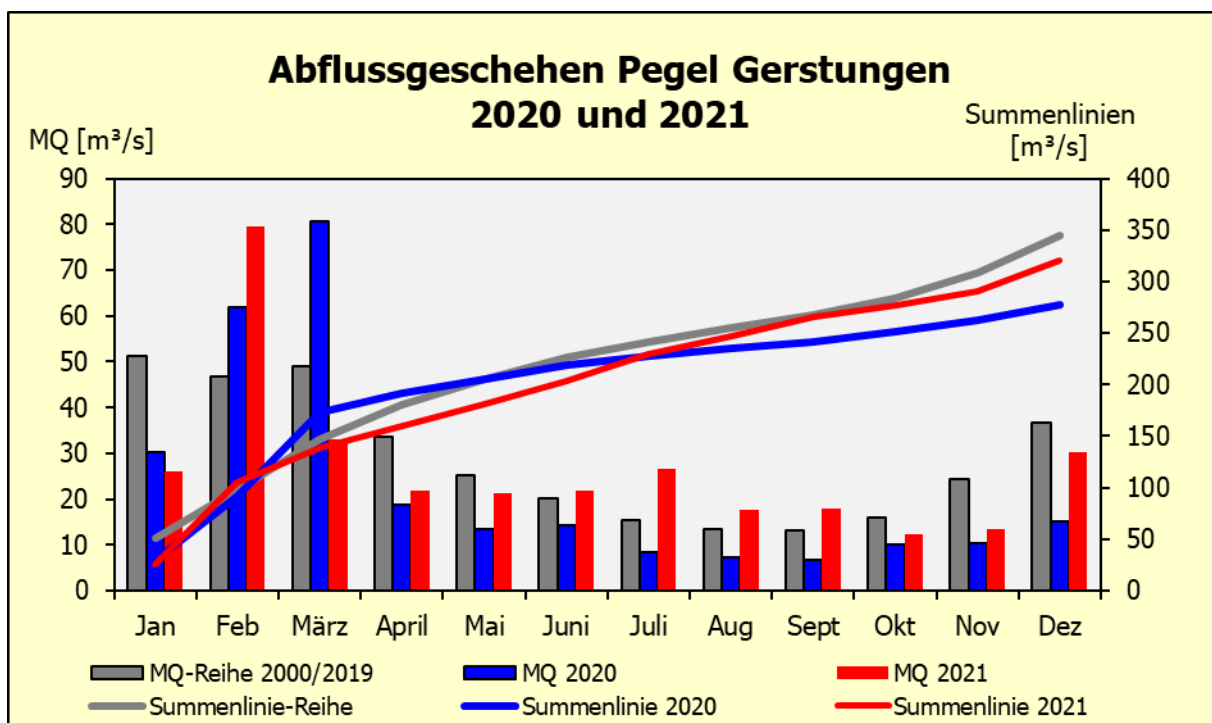


Abb. 5: Vergleich der mittleren Abflüsse 2020 und 2021 mit dem Mittelwert 2000 bis 2019 am Pegel Gerstungen/Werra

4.1.2 Abflussverhältnisse Weser

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

Das Abflussgeschehen in der Weser ist in den meisten Jahren durch hohe Abflüsse im Winter und eine Niedrigwasserperiode von Juni bis Oktober gekennzeichnet. Am Pegel Boffzen lag nach mehreren sehr trockenen Jahren die Abflusssumme 2021 erneut unter dem langjährigen Mittel (2000 bis 2019).

Die meisten monatlichen Mittelwerte des Jahres 2021 (Januar, März, April, Mai, Juni, August, Oktober, November, Dezember) lagen, wie an der Werra, deutlich unter den Abflüssen der Jahre 2000 bis 2019. Mit Ausnahme der Monate Januar bis März war es aber deutlich abflussreicher als das Vorjahr 2020 (Abb. 6).

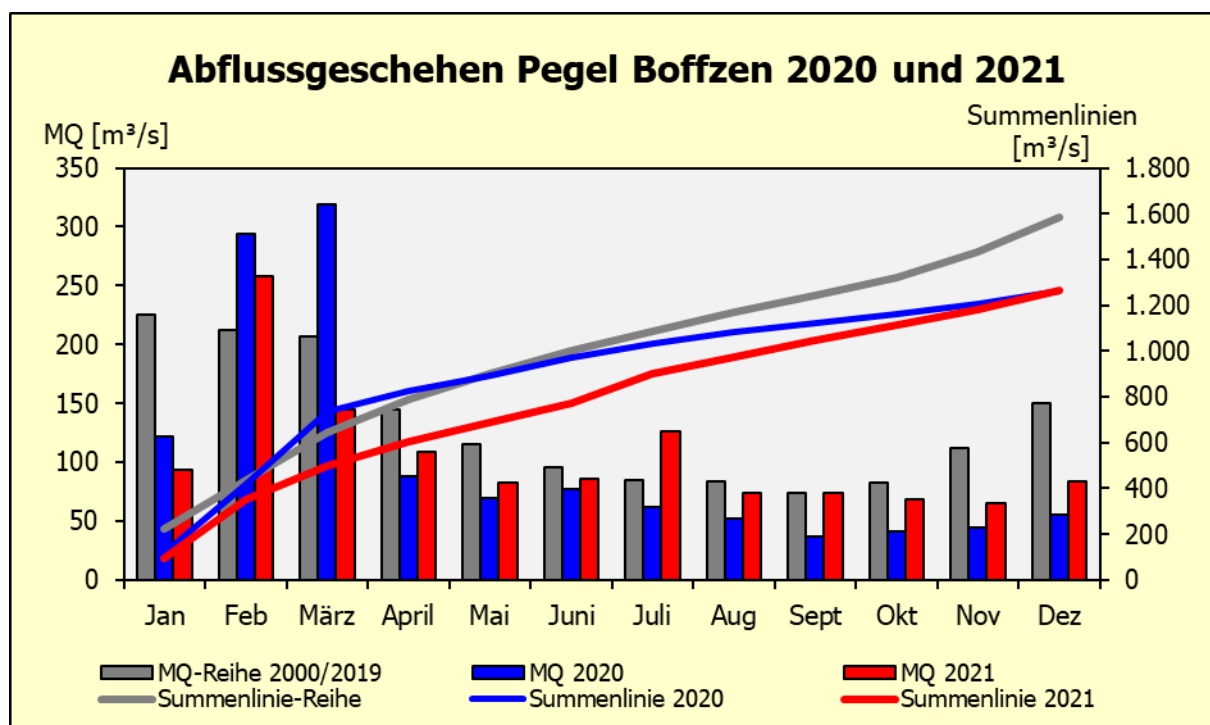


Abb. 6: Vergleich der mittleren Abflüsse 2020 und 2021 mit dem Mittelwert 2000 bis 2019 am Pegel Boffzen/Oberweser, abgeleitet aus den Abflussdaten des Pegels Höxter

4.2 Rohsalzverarbeitung

Im Werk Werra und im Werk Neuhoof-Ellers wurden im Jahr 2021 in Summe rund 23,6 Mio. t Rohsalz in den Fabrikbetrieben verarbeitet. Diese Menge liegt rund 3 % über der Verarbeitungsmenge des Vorjahres.

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. 7 sind die Verarbeitungsmengen sowie die Rohsalzzusammensetzungen dargestellt.

Tab. 7: Rohsalzverarbeitung und Rohsalzzusammensetzung der Jahre 2016 bis 2021

		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Menge	Mio. t	17,572	22,158	21,327	22,459	22,863	23,556
Kaliumchlorid	%	15,7	15,0	14,6	14,7	14,8	14,4
Magnesiumchlorid	%	1,0	1,3	1,5	1,4	1,4	1,7
Magnesiumsulfat	%	12,1	11,7	11,1	11,1	10,9	10,8
Natriumchlorid	%	66,6	67,8	68,5	68,7	68,4	67,9

4.3 Entsorgung der festen Rückstände

Die im Vergleich zum Jahr 2020 höhere Rohsalzverarbeitung führte im Jahr 2021 zu entsprechend höheren Mengen an zu entsorgenden festen Rückstandssalzen. Im Jahr 2021 wurden rund 18,4 Mio. t feste Rückstände unter Tage versetzt bzw. über Tage aufgehaldet.

Der Anteil des festen Rückstands stieg in den Jahren 2016 bis 2021 kontinuierlich von 88,3 % auf rund 90,4 %. Dies ist eine direkte Folge aus der erreichten Salzabwasservermeidung. Die darin gelösten Salzurückstände fielen durch die umgesetzten technischen Maßnahmen daher überwiegend in fester Form an. Die Zusammensetzung der festen Rückstände änderte sich kaum und entspricht der Zusammensetzung der Vorjahre mit einem überwiegenden Anteil von Natriumchlorid mit etwas mehr als 85 %.

In Tab. 8 sind die Gesamtrückstandsmengen sowie die Salzzusammensetzung der Jahre 2016 bis 2021 gegenübergestellt.

Tab. 8: Feste Rückstände und deren Zusammensetzung der Jahre 2016 bis 2021

		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Menge	Mio. t	13,598	17,471	17,071	17,692	18,057	18,420
Kaliumchlorid	%	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Magnesiumchlorid	%	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Magnesiumsulfat	%	5,3	5,1	5,0	5,0	5,1	5,1
Natriumchlorid	%	85,2	85,6	85,5	85,5	85,3	85,3
Anteil am Gesamtrückstand (fest und flüssig)	%	88,3	88,9	90,1	89,8	90,4	90,4

4.4 Salzabwasseranfall und Salzabwasserentsorgung

4.4.1 Salzabwassermengen

Im Jahr 2021 fielen in Summe rund 6,3 Mio. m³ an Salzabwasser (Prozessabwasser und Haldenwasser) an. Das sind im Vergleich zum Jahr 2020 mit einer Salzabwassermenge von rund 5,7 Mio. m³ rund 0,6 Mio. m³ mehr.

Im Vergleich zum Vorjahr stieg die Prozessabwassermenge im Jahr 2021 um rund 0,4 Mio. m³. Dieser Effekt ist vor allem durch einen Anstieg der MgCl₂-Gehaltes im Rohsalz sowie die gestiegenen Rohsalzverarbeitung begründet.

Im Jahr 2019 wurde ein unterirdischer temporärer Speicher mit einer Größe von ca. 400.000 m³ in der Grube Hattorf/Wintershall in Betrieb genommen. Der Füllstand in den übertägigen Becken nahm von Beginn des Jahres 2021 bis zum Ende des Jahres um rund 123.000 m³ ab.

Im Jahr 2021 wurden, anders als in den Vorjahren, noch rund 0,04 Mio. m³ an Grubenwasser aus der Grube Hattorf/Wintershall mit entsorgt.

In der Tab. 9 sind die Anfallmengen der Prozessabwässer und Haldenwässer, die Änderungen der Beckenfüllstände sowie die entsorgte Salzabwassermenge dargestellt.

Tab. 9: Anfall an Prozessabwasser und Haldenwasser sowie Beckenbestände

		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Haldenwasser	Mio. m ³	2,318	2,255	2,566	2,538	2,794	2,933
Prozessabwasser	Mio. m ³	2,885	4,039	3,075	3,391	2,918	3,359
Grubenwasser	Mio. m ³	0	0	0	0	0	0,039
Summe	Mio. m³	5,203	6,294	5,641	5,929	5,713	6,331
Änderung im Beckenfüllstand über Tage	Mio. m ³	+0,192	-0,192	+0,036	-0,012	+0,119	-0,123
Änderung im Beckenfüllstand unter Tage	Mio. m ³				+0,016	-0,001	-0,002
Entsorgte Menge	Mio. m ³	5,011	6,486	5,606	5,925	5,595	6,456

In den Zahlen der Tab. 9 sind die Mengen an Prozesslösungen, die vom Standort Unterbreizbach in die Grube Springen im Jahr 2021 eingebracht wurden, nicht mit enthalten.

Im Vergleich zum Vorjahr konnten aufgrund der etwas höheren Werraabflüsse am Pegel Gerstungen im Jahr 2021 rund 1,1 Mio. m³ mehr Salzabwässer in die Werra eingeleitet werden. Dadurch musste im gesamten Jahr 2021 nur eine Menge von rund 1,03 Mio. m³ an Prozessabwasser versenkt werden.

Im Jahr 2021 wurden in Summe rund 0,72 Mio. m³ per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben, Gaskavernen, zur DEUSA und zur innerbetrieblichen Verwertung transportiert (s. Kap. 2).

In Tab. 10 sind die Einleitmengen in die Werra, die Versenkmengen in den Plattendolomit sowie die zu leeren Gruben oder Gaskavernen transportierten Salzabwassermengen für die Jahre 2016 bis 2021 dargestellt.

Tab. 10: In die Werra eingeleitete, versenkte sowie transportierte Salzabwassermengen

		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Einleitung Werra	Mio. m ³	4,328	4,560	3,409	3,935	3,585	4,708
Versenkung	Mio. m ³	0,683	1,190	1,022	1,141	1,312	1,031
Transport	Mio. m ³	0	0,736	1,175	0,849	0,698	0,717
Summe	Mio. m³	5,011	6,486	5,606	5,925	5,595	6,456

In Tab. 11 und Tab. 12 sind die Salzfrachten und deren Zusammensetzung für die eingeleiteten und versenkten Salzabwässer zusammengestellt.

Tab. 11: In die Werra eingeleitete Salzfrachten und deren Zusammensetzung

		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Menge	Mio. t	1,455	1,505	1,073	1,235	1,142	1,566
Kaliumchlorid	%	14,1	15,4	13,9	12,9	11,8	12,9
Magnesiumchlorid	%	22,7	23,8	23,9	28,3	27,3	26,6
Magnesiumsulfat	%	22,9	22,2	22,7	21,8	21,6	21,5
Natriumchlorid	%	40,3	38,6	39,5	37,0	39,3	39,0

Tab. 12: Versenkte Salzfrachten und deren Zusammensetzung

		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Menge	Mio. t	0,283	0,454	0,379	0,435	0,502	0,420
Kaliumchlorid	%	19,4	19,6	17,6	17,0	15,7	13,1
Magnesiumchlorid	%	34,0	38,9	47,0	50,5	56,2	63,0
Magnesiumsulfat	%	19,2	19,7	17,3	15,6	13,3	12,4
Natriumchlorid	%	27,5	21,8	18,1	16,9	14,8	11,5

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 kalium- und magnesiumreichere Prozessabwässer versenkt statt eingeleitet werden und diese im Vergleich zu den Haldenwässern höhere Gehalte an Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid aufweisen.

4.4.2 Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls

Die Abb. 7 stellt die Entwicklung der Rohsalzverarbeitung, der Einleitungsmengen in die Werra, der Versenkmengen, der Transportmengen 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 0,27 m³/t Rohsalzförderung im Jahr 2021 mehr als halbiert.

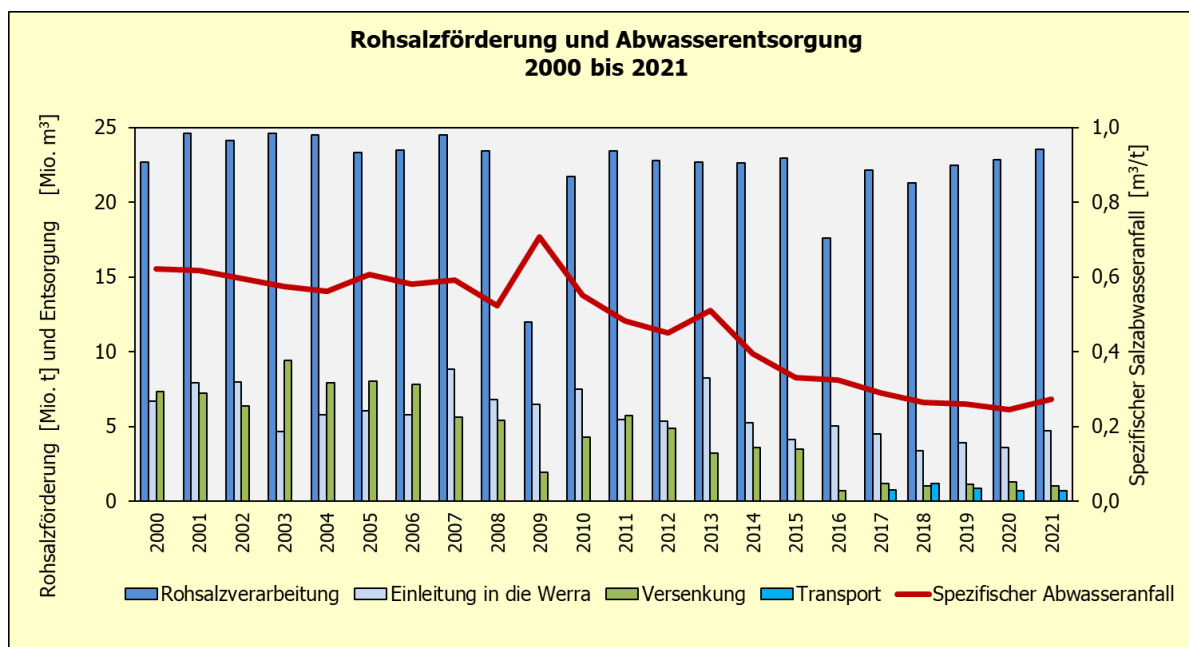


Abb. 7: Entwicklung der Rohsalzverarbeitung, Einleitung in die Werra, Versenkung, Transport und des spezifischen Salzabwasseranfalls

4.4.3 Chlorid-, Kalium- und Magnesiumbilanzen

Man unterscheidet folgende unterschiedliche Salzabwassereinleitungen:

- **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 Inhaltsstoffe analysiert und die Einleitmengen erfasst. Sie resultieren zum überwiegenden Teil aus dem Betrieb der Vakuumkühlanlagen.

- **Prozessabwässer**

Aktuell werden noch fünf Prozessabwasserströme in die Werra eingeleitet. Es handelt sich dabei um die E-Lösung („Endlösung“, magnesiumchlorid-reiches Salzabwasser aus der KKF-Anlage) und das Kieseritdeckwasser (natriumchlorid-reiche Waschlösung) des Standortes Hattorf sowie die sogenannte Q-Lösung (im Kreislauf geführte Löselaugung des Heißlöseprozesses), 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 Prozessabwässern 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 Rotliegend muss dort schon seit vielen Jahren, resultierend aus einer Altlast aus dem Kalibergbau der ehemaligen DDR, produktionsabhängig 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.

- **Salzabwasserrückförderungen 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.

Hauptsächlich tragen Prozessabwässer und Haldenwässer zur Gesamtmineralisierung der Werra am Pegel Gerstungen bei. Die Siel- und Kühlwässer, die beim Betrieb der Aufbereitungsanlagen anfallen, die Salzlösungen der Grube Springen 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 2021 um rund 224.430 t über der des Vorjahres (Tab. 13). Dies resultiert aus der im Vergleich zu 2020 höheren Einleitmenge an Salzabwässern. Zusammen mit den eingeleiteten Kühl- und Sielwässern machten die eingeleiteten Chloridfrachten, bestehend aus Haldenwasser und Prozessabwasser, rund 73 % der gesamten Chloridfracht am Pegel Gerstungen aus. Damit lag der Anteil dieser Einleitungen an der gesamten Chloridfracht im Schwankungsbereich der Vorjahre.

Den zweithöchsten Anteil an der Chloridfracht stellen im Jahr 2021 die diffusen Chlorideinträge dar. Im Vergleich zum Vorjahr erhöhte sich die diffus eingetragene Chloridmenge um rund 12.750 t. Der Anteil an der gesamten Chloridfracht betrug im Jahr 2020 rund 21 %.

Die Vorlast von Werra (Messstelle Unterrohn) und Ulster (Messstelle Räsa) sowie die Einleitung des Grubenwassers Springen haben zusammen einen Anteil von rund 5,8 % an der Chloridfracht am Pegel Gerstungen und liegen damit weiterhin auf dem Niveau der Vorjahre.

Tab. 13: Chloridbilanz für den Pegel Gerstungen

Chlorid	2017		2018		2019		2020		2021	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Gerstungen (gesamt)	1.095.537	100	873.285	100	917.508	100	892.554	100	1.116.984	100
– Kühl- und Sielwasser	64.186	5,9	55.968	6,4	50.317	5,5	45.749	5,1	40.600	3,6
– Salzabwasser	729.210	66,6	519.329	59,5	612.892	66,8	568.296	63,7	776.989	69,6
– Grubenwasser	16.694	1,5	15.435	1,5	18.355	2,0	21.048	2,4	21.210	1,9
– Vorlast Unterrohr	46.683	4,3	43.299	4,9	39.275	4,3	33.474	3,8	40.664	3,6
– Vorlast Räsa	2.525	0,2	2.439	0,3	2.169	0,2	2.040	0,2	2.826	0,3
– Diffuse Einträge	236.239	21,6	236.815	27,1	194.500	21,2	221.946	24,9	234.695	21,0

Bei der Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen zeigt sich ein etwas anderes Bild (Tab. 14). Rund 94 % 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 3,5 % deutlich unter dem Anteil des diffusen Chlorideintrags liegt.

Tab. 14: Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen

Kalium	2017		2018		2019		2020		2021	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Gerstungen (gesamt)	141.726	100	97.559	100	100.371	100	88.648	100	123.666	100
– Kühl- und Sielwasser	12.698	9,0	12.054	12,4	11.034	11,0	10.651	12,0	10.877	8,8
– Salzabwasser	121.482	85,7	78.163	80,1	83.393	83,1	70.527	79,6	105.542	85,3
– Grubenwasser	546	0,4	459	0,5	560	0,6	666	0,8	647	0,5
– Vorlast Unterrohr	2.557	1,8	2.257	2,3	1.860	1,9	1.850	2,1	2.002	1,6
– Vorlast Räsa	410	0,3	339	0,3	335	0,3	314	0,4	337	0,3
– Diffuse Einträge	4.033	2,8	4.287	4,4	3.189	3,2	4.640	5,2	4.262	3,5

Der Anteil der Magnesiumfracht, der durch die Siel- und Kühlwässer sowie die Salzabwassereinleitungen hervorgerufen wird, liegt mit rund 87 % nicht so hoch wie die der Kaliumfracht (Tab. 15). Aber auch bei der Magnesiumfracht ist erkennbar, dass es neben der Salzabwassereinleitung keine größeren Anteile durch andere Eintragspfade gibt.

Tab. 15: Magnesiumbilanz für den Pegel Gerstungen

Magnesium	2017		2018		2019		2020		2021	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Gerstungen (gesamt)	194.285	100	149.830	100	171.979	100	163.957	100	210.121	100
– Kühl- und Sielwasser	14.345	7,4	12.666	8,5	11.666	6,8	10.833	6,6	9.087	4,3
– Salzabwasser	159.155	81,9	114.836	76,6	143.494	83,4	129.436	78,9	174.314	83,0
– Grubenwasser	163	0,1	139	0,1	217	0,1	278	0,2	284	0,1
– Vorlast Unterrohn	6.887	3,5	6.772	4,5	5.305	3,1	5.585	3,4	6.049	2,9
– Vorlast Räsa	1.964	1,0	1.816	1,2	1.714	1,0	1.717	1,0	1.859	0,9
– Diffuse Einträge	11.771	6,1	13.601	9,1	9.583	5,6	16.109	9,8	18.529	8,8

4.5 Salzfrachten und -konzentrationen 2021

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 erfolgen, zeigt sich sowohl am Pegel Gerstungen als auch am Pegel Boffzen ein deutlicher Zusammenhang zwischen den täglichen Frachten und der Abflussganglinie.

4.5.1 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Gerstungen 2021

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 abgeglichen. Die Analytik wurde angepasst und die Ergebnisse stimmen ab dem Jahr 2018 besser überein.

Chlorid

Die täglichen Frachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2021 von minimal 1.612 t/d bis maximal 11.595 t/d (Abb. 8). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 1 Mio. t Chlorid, die etwa 17 % höher ist als 2020.

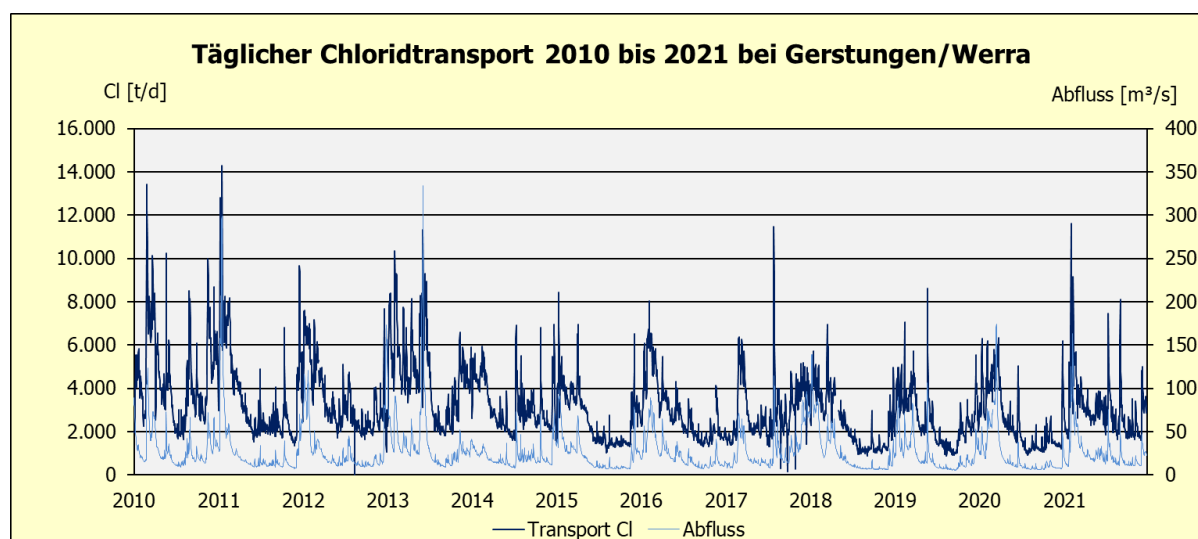


Abb. 8: Tägliche Frachten von Chlorid in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2021

Die Tagesmittelwerte der Chloridkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2021 zwischen minimal 200 mg/l und maximal 2.060 mg/l. (Abb. 9). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich ein 90-Perzentil für Chlorid von 1.930 mg/l. Somit wird, wie auch schon in den Jahren 2015 bis 2020, der Zielwert 2015 bis 2021 des Zielwertkonzepts von 2.310 mg/l eingehalten bzw. unterschritten. Der für 2021 gültige Grenzwert von 2.400 mg/l wurde nicht überschritten. Der bis Ende 2020 gültige Grenzwert von 2.500 mg/l (gem. jeweils geltender Einleitererlaubnisbescheide) wurde seit Ende 2012 eingehalten. Dabei ist zu beachten, dass es in der Vergangenheit in Zeiten geringer Abflüsse am Pegel Gerstungen allein schon durch die diffusen Einträge zum Erreichen oder Überschreiten des Chlorid-Grenzwertes kam.

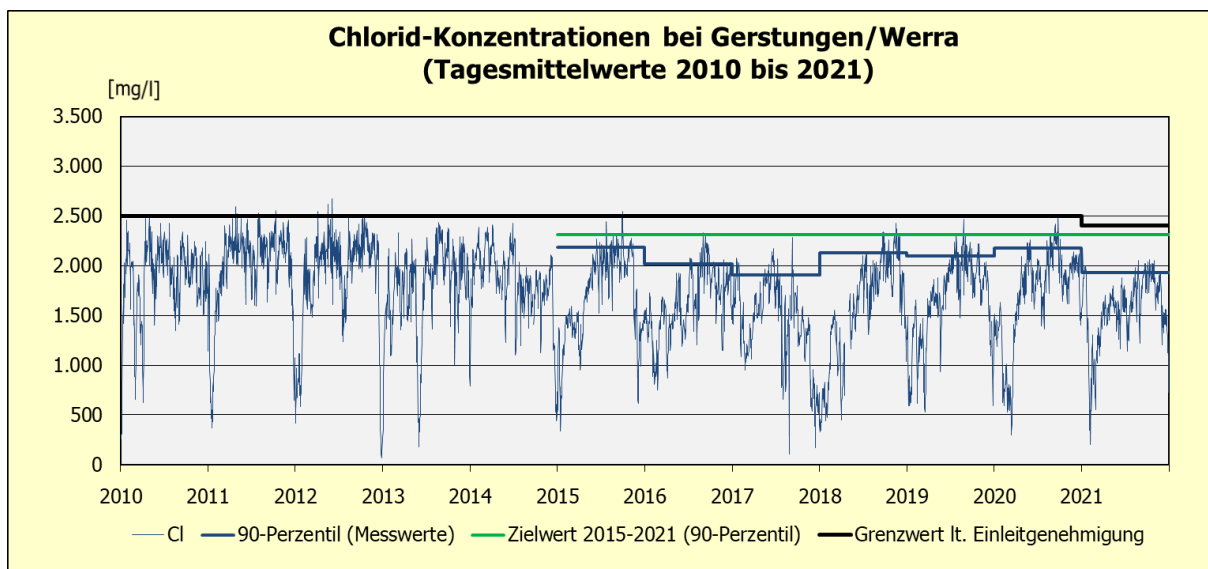


Abb. 9: Chloridkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2021

Magnesium

Die täglichen Magnesiumfrachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2021 von minimal 227 t/d bis maximal 2.470 t/d (Abb. 10). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,2 Mio. t Magnesium, die etwa 29 % höher ist als 2020.

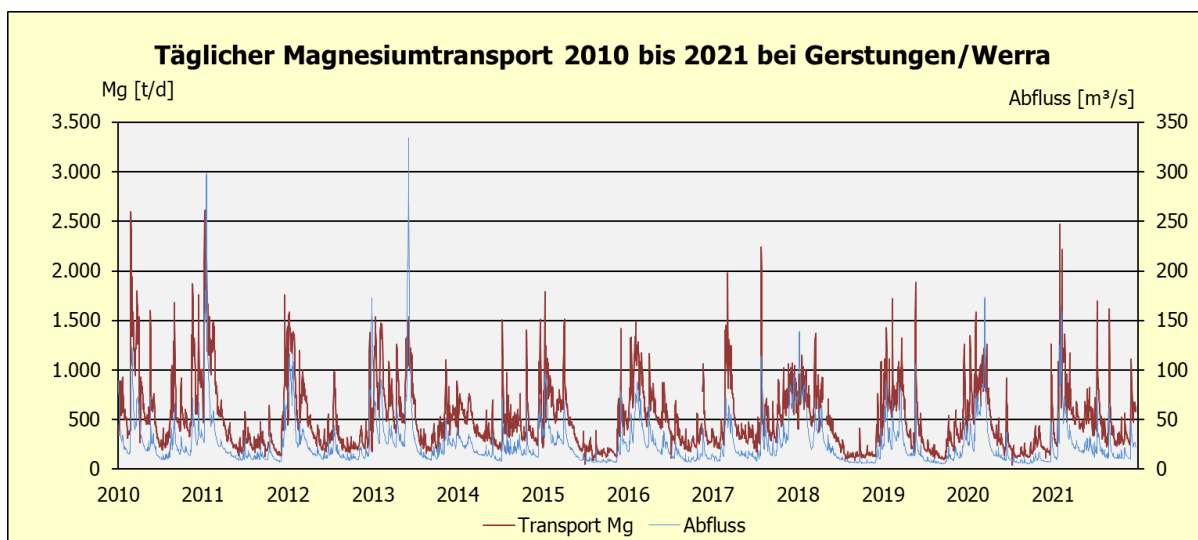


Abb. 10: Tägliche Frachten von Magnesium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2021

Die Tagesmittelwerte der Magnesiumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2021 zwischen minimal 44 mg/l und maximal 330 mg/l (Abb. 11). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich ein 90-Perzentil für Magnesium von 303 mg/l. Somit wird, wie auch zuvor in den Jahren 2015 und 2017 bis

2020, nicht jedoch in 2016, der Zielwert 2015 bis 2021 des Zielwertkonzepts von 310 mg/l eingehalten bzw. unterschritten. Der für 2021 geltende Grenzwert von 334 mg/l wurde eingehalten. Insgesamt kam es bei dem bis Ende 2020 gültigen Grenzwert von 340 mg/l (gem. jeweils geltender Einleitererlaubnisbescheide) zu einigen wenigen Überschreitungen.

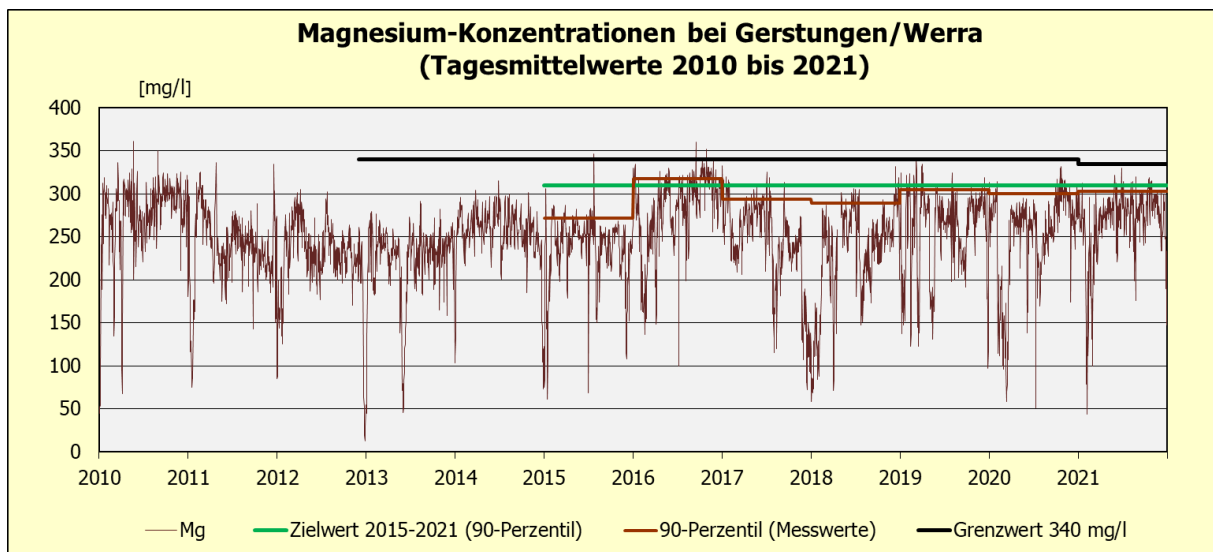


Abb. 11: Magnesiumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2021

Kalium

Die täglichen Kaliumfrachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2021 von minimal 126 t/d bis maximal 1.398 t/d (Abb. 12). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,1 Mio. t Kalium, die etwa 36 % höher ist als 2020.

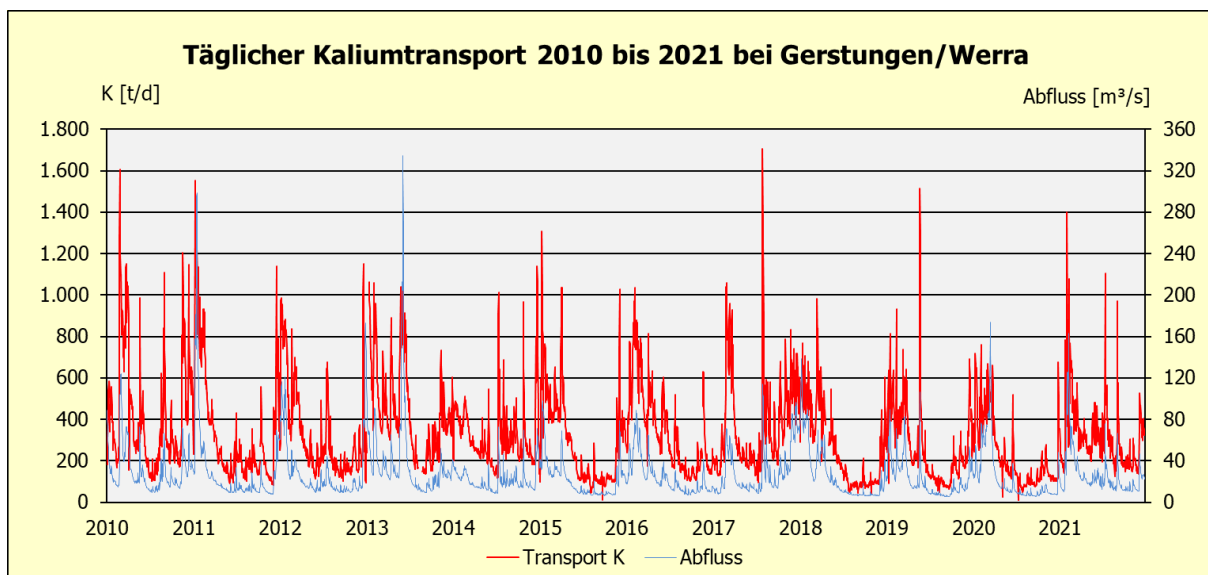


Abb. 12: Tägliche Frachten von Kalium in der Werra bei Gerstungen 2010 bis 2021

Die Tagesmittelwerte der Kaliumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2021 zwischen minimal 19 mg/l und maximal 200 mg/l (Abb. 13). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich ein 90-Perzentil für Kalium von 186 mg/l. Somit wird, wie auch schon 2015 und 2017 bis 2020, nicht jedoch in 2016, der Zielwert 2015 bis 2021 des Zielwertkonzepts von 195 mg/l eingehalten bzw. unterschritten. Der für 2021 geltende Grenzwert von 195 mg/l wurde dreimal überschritten. Insgesamt kam es bei dem bis Ende 2020 gültigen Grenzwert von 200 mg/l (gem. jeweils geltender Einleitererlaubnisbescheide) häufiger zu Überschreitungen, aber mit abnehmender Tendenz.

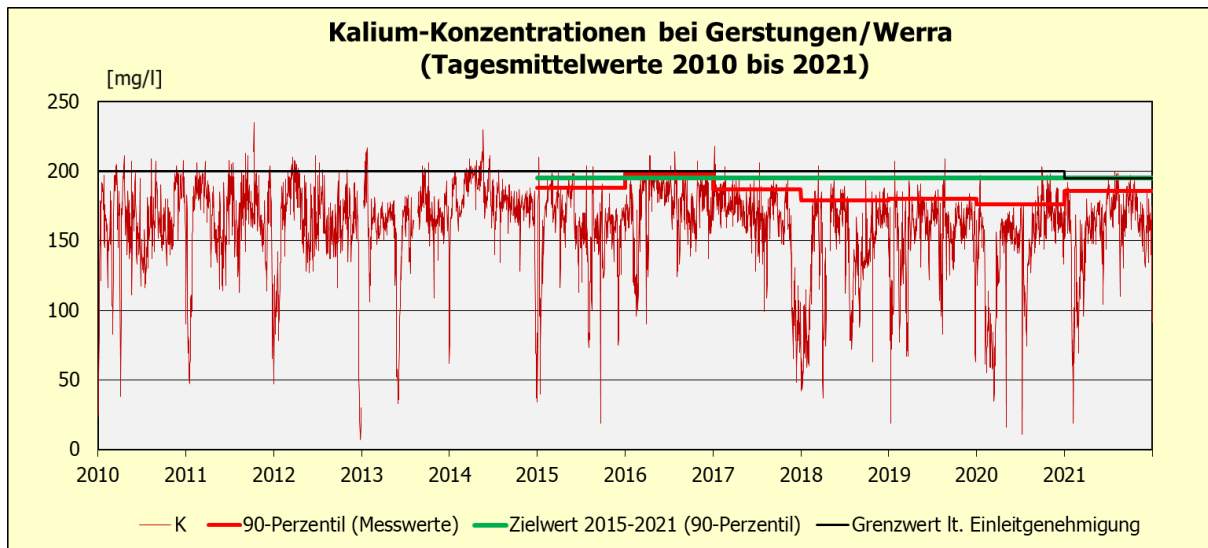


Abb. 13: Kaliumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2010 bis 2021

4.5.2 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Boffzen 2021

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. 4), so dass 14-Tagesmittelwerte für Chlorid, Kalium und Magnesium ab Mai 2016 erhoben werden. 3-Tages-Mittelwerte, die zur Bildung eines 90-Perzentils besser geeignet sind, werden seit August 2018 erhoben.

Die Auswertung der vom NLWKN am Pegel Boffzen erhobenen Daten für das Berichtsjahr 2021 zeigt, dass die 90-Perzentile der Salzparameter Magnesium und Kalium, wie auch bereits in 2020, über den jeweiligen Zielwerten lagen, obwohl die 90-Perzentile in Gerstungen eingehalten werden. In der Vergangenheit wurden bei Einhaltung der Zielwerte am Pegel Gerstungen auch die Zielwerte am Pegel Boffzen sicher unterschritten. Diese Korrelation ist, wie bereits im Vorjahr, in 2021 jedenfalls temporär nicht immer gegeben, da die zeitweise, insbesondere gegen Ende des Jahres gemessenen, höheren Konzentrationen am Pegel Boffzen auch zu höheren 90-Perzentilen führen. Daher sind die gemessenen Konzentrationen noch einmal auf ihre Plausibilität zu prüfen.

Derzeit werden weitere Untersuchungen durchgeführt, um die Ursache der auch bereits in 2020 beobachteten Abweichungen zu ermitteln. Diese Untersuchungen dauern bis zur Veröffentlichung des Statusberichtes 2021 weiter an. Dies sind u. a. sowohl Untersuchungen zu möglichen Einflüssen der Weserzuflüsse Diemel und Nethe, zu gewässerstrukturellen Einflussfaktoren, zu einer möglichen Veränderung der eingeleiteten Abwasserzusammensetzung, zu den bestehenden Durch- und Zuflussverhältnissen am Pegel Boffzen, zur Durchführung der Probenahme und analytischen Bestimmung der Salzkonzentrationen als auch zur Ermittlung weiterer Einflüsse. Noch ist eine finale Aussage zur Erklärung des Phänomens der temporären Zielwertüberschreitungen in Boffzen nicht möglich. Insofern sind die folgenden Abbildungen 14 bis 19 unter dem Vorbehalt der weiteren Prüfung und Plausibilisierung der Daten zu sehen, werden aber der Vollständigkeit halber trotzdem dargestellt.

Chlorid

Die 3-tägigen Chloridfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2021 von minimal 2.210 t/d bis maximal 10.365 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 1,13 Mio. t Chlorid, also ca. 8 % höher als 2020 (Abb. 14).

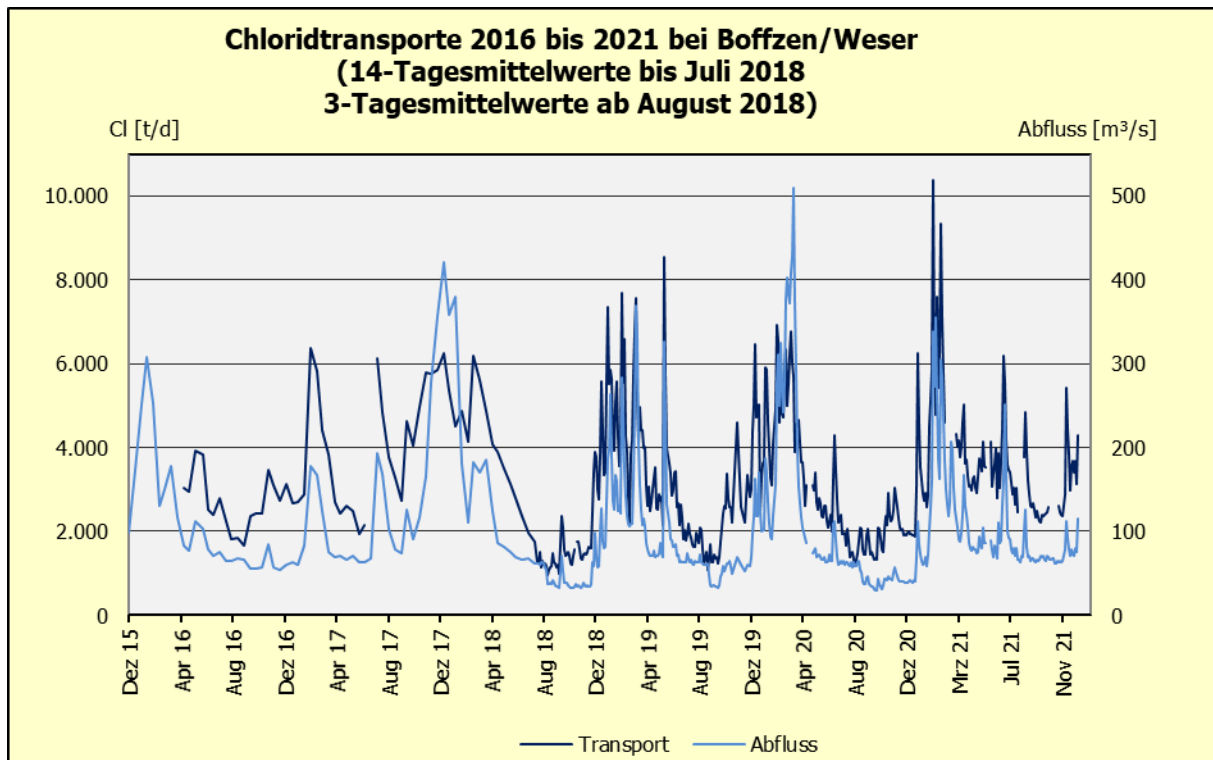


Abb. 14: 14-tägige Frachten von Chlorid in der Weser bei Boffzen 2016 bis 2021

Die 3-Tages-Mittelwerte der Chloridkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2021 zwischen minimal 156 mg/l und maximal 593 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 445 mg/l etwa 5 % über dem Mittelwert des Vorjahres von 424 mg/l (Abb. 15). Das 90-Perzentil 2021 liegt mit 551 mg/l unterhalb des Zielwertes 2015-2021 für Chlorid von 585 mg/l.

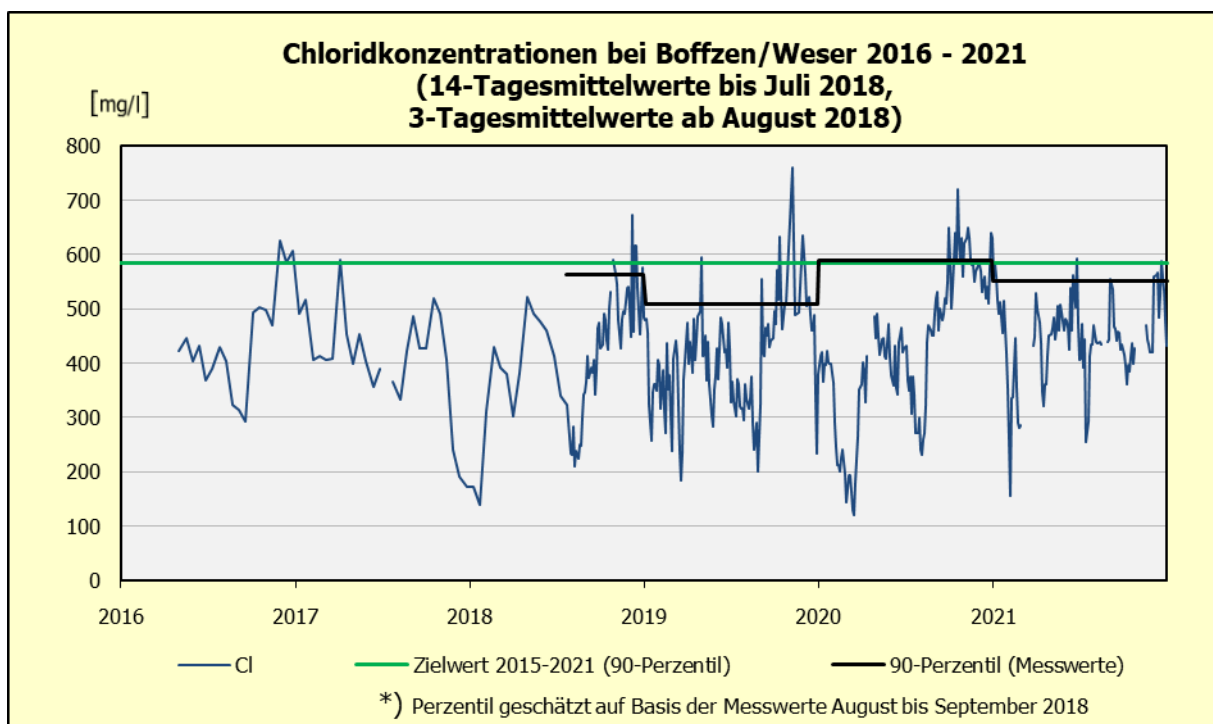


Abb. 15: Chloridkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021

Magnesium

Die 3-tägigen Magnesiumfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2021 von minimal 357 t/d bis maximal 2.307 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,22 Mio. t Magnesium, also ca. 9 % höher als 2020 (Abb. 16).

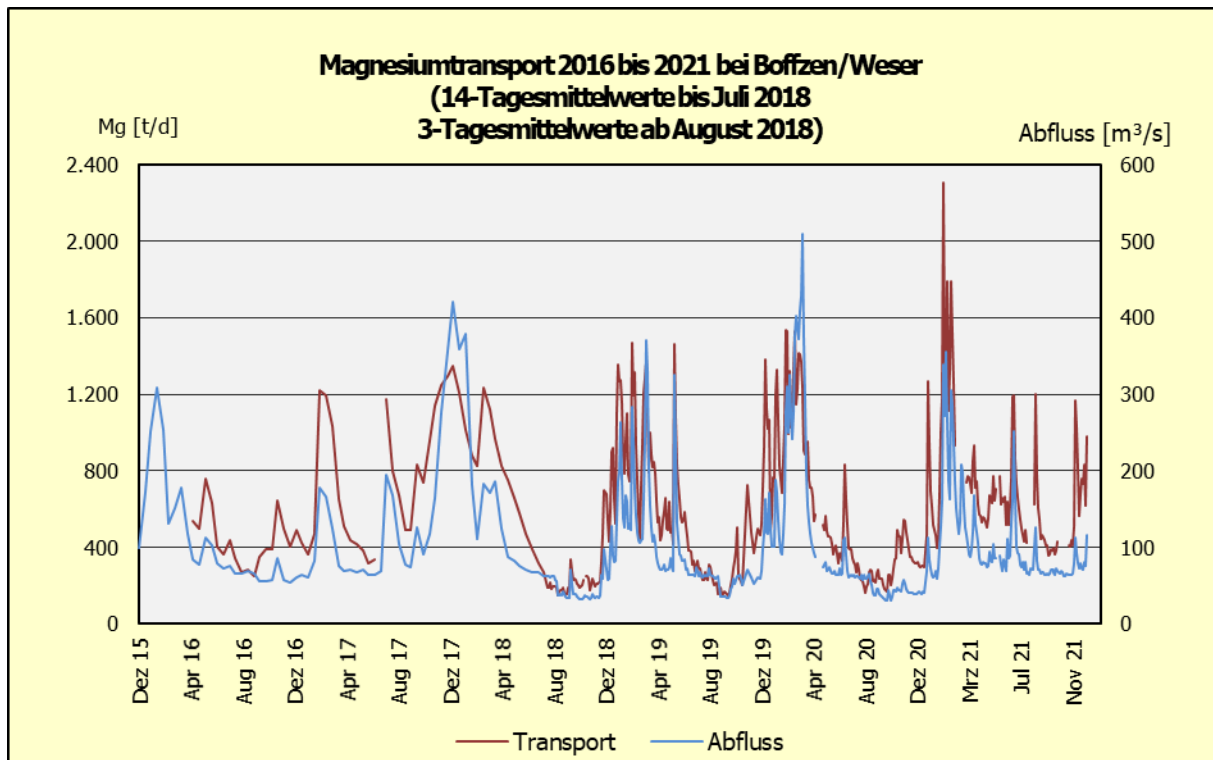


Abb. 16: 14-tägige Frachten von Magnesium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021

Die 3-Tages-Mittelwerte der Magnesiumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2021 zwischen minimal 38 mg/l und maximal 130 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 82 mg/l etwa 12 % über dem Mittelwert des Vorjahres von 73 mg/l (Abb. 17). Das 90-Perzentil 2021 liegt mit 108 mg/l, wie bereits im Vorjahr, über dem Zielwert 2015 bis 2021 für Magnesium von 90 mg/l.

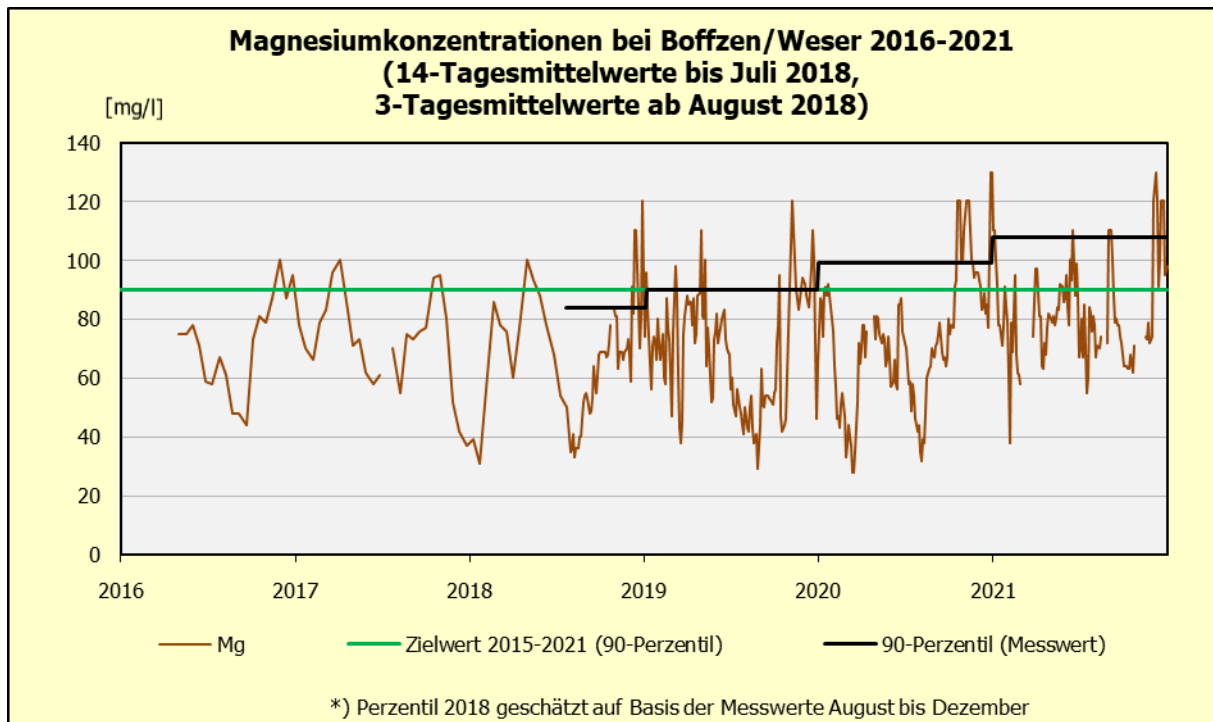


Abb. 17: Magnesiumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021

Kalium

Die 3-tägigen Kaliumfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2021 von minimal 200 t/d bis maximal 1.197 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,12 Mio. t Kalium, also ca. 18 % höher als 2020 (Abb. 18).

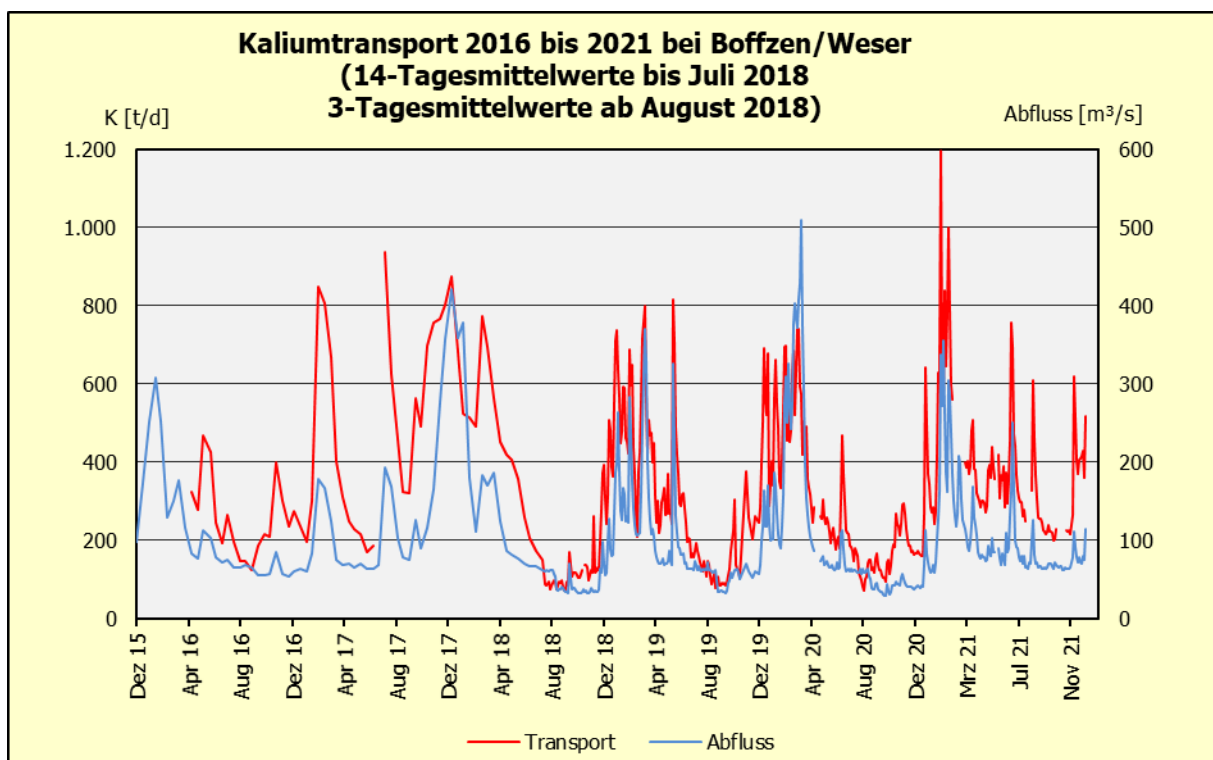


Abb. 18: Tägliche Frachten von Kalium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021

Die 3-Tages-Mittelwerte der Kaliumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2021 zwischen minimal 19 mg/l und maximal 68 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 46 mg/l etwa 15 % über dem Mittelwert des Vorjahres von 39 mg/l (Abb. 19). Das 90-Perzentil 2021 liegt mit 60 mg/l, wie bereits im Vorjahr, oberhalb des Zielwertes 2015-2021 für Kalium von 50 mg/l.

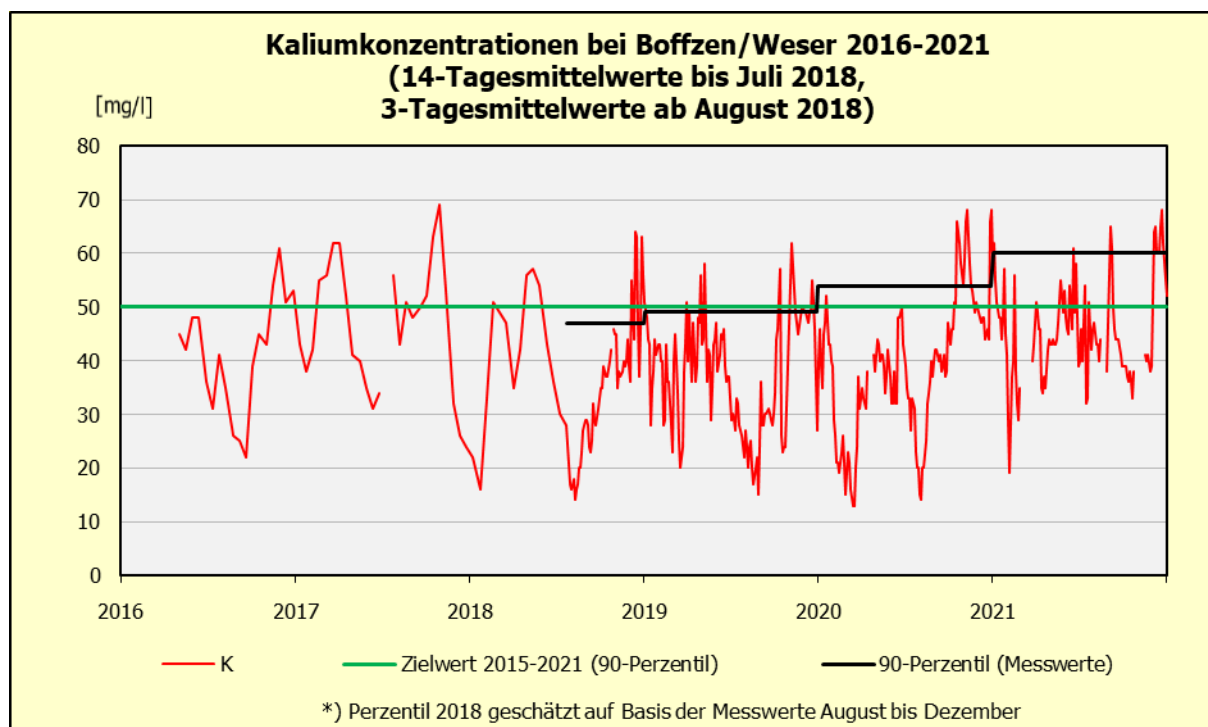


Abb. 19: Kaliumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2021

4.5.3 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 Prozessabwässern 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 Abflussdaten von Unterbreizbach, Philippsthal, Vacha und Gerstungen werden von den zuständigen Behörden in Hessen und Thüringen ermittelt und zur Verfügung gestellt. Die Abflüsse der übrigen Messstellen werden über entsprechende Faktoren aus den gemessenen Abflüssen in Vacha und Gerstungen abgeleitet.

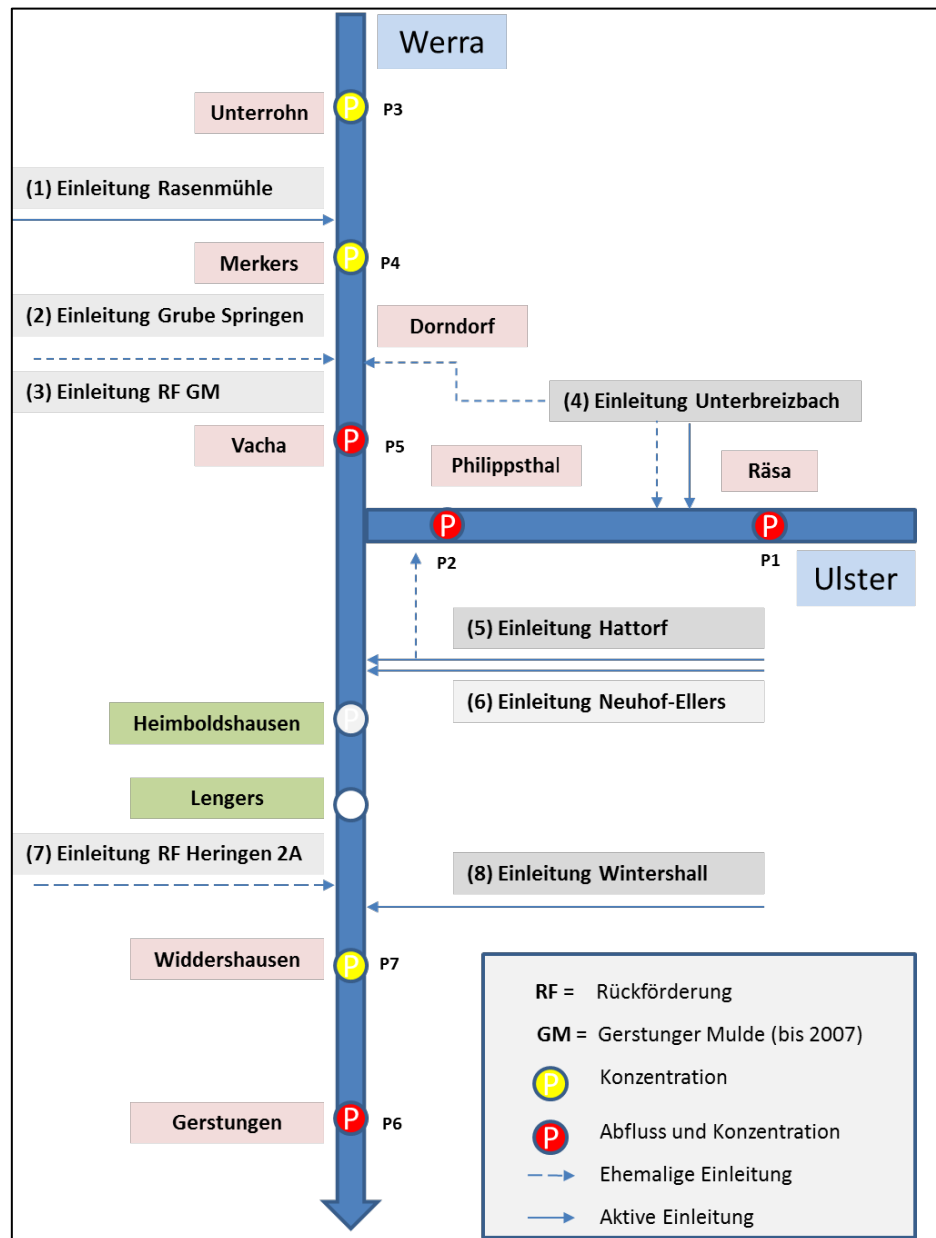


Abb. 20: Schema der Eigenkontrollstellen der K+S

In den Abb. 21 bis 23 sind die monatlichen Transporte der Salzionen für den Zeitraum 2000 bis 2021 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 Abflussdaten und der errechneten Abflussdaten 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. Seitdem hat es keine nennenswerten Frachtreduzierungen gegeben.

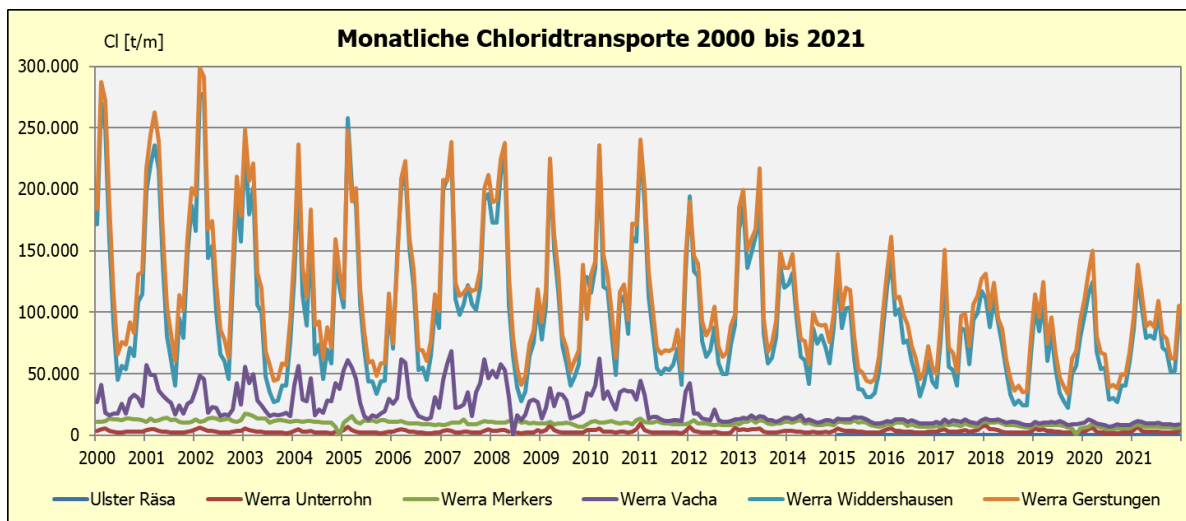


Abb. 21: Chloridtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

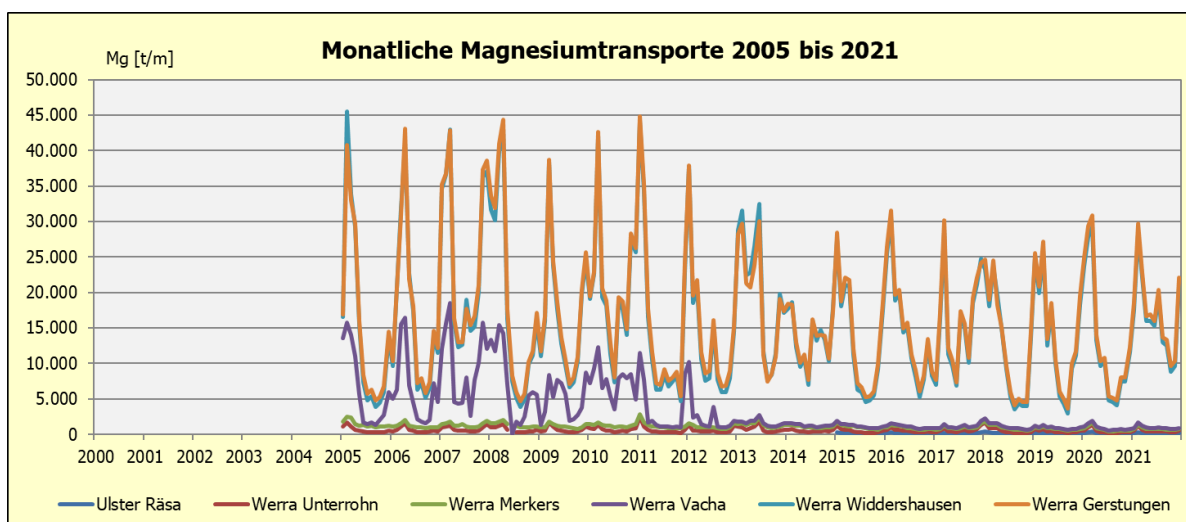


Abb. 22: Magnesiumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

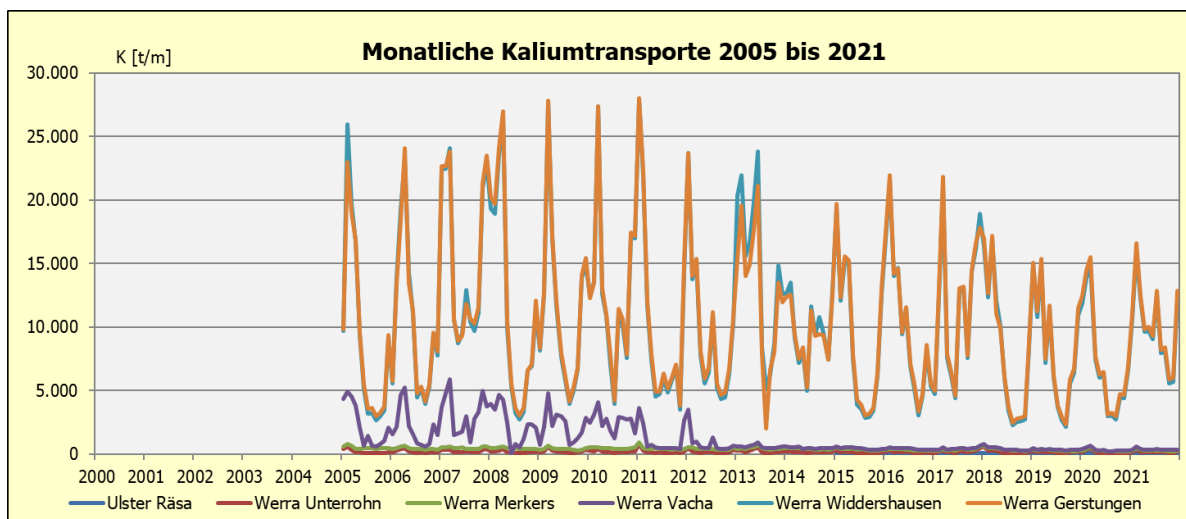


Abb. 23: Kaliumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

4.6 Grundwassermonitoring

Im Bescheid für die bis zum 31.12.2021 befristete Versenkerlaubnis wurde, wie im Zusammenhang mit den vormaligen Versenkerlaubnissen, ein umfangreiches von der K+S durchzuführendes Grundwassermonitoring verankert. Im dazugehörigen Mess- und Beobachtungsplan sind die aktuellen Messstellen mit den jeweils zu überwachenden Parametern festgelegt. Das Grundwassermonitoring erstreckt sich dabei über alle relevanten Grundwasserstockwerke bzw. Grundwasserleiter.

Die Ergebnisse der Grundwasserüberwachung werden jährlich den zuständigen Behörden in Form eines Jahresberichtes übermittelt. Im Ergebnis der Auswertung der Messdaten für das Jahr 2021 sind laut K+S für die Messstellen im Leine-Karbonat (Plattendolomit) keine relevanten hydrochemischen Veränderungen festzustellen.

Die Ausbreitung der versenkten Salzabwässer ist durch das Grundwassermonitoring nach Angaben von K+S gut dokumentiert und es sind im Vergleich zu den vorherigen Jahren keine relevanten Änderungen zu beobachten. Die räumliche Ausbreitung der versenkten Salzabwässer ist weiterhin auf die bisherigen Bereiche innerhalb des Salzhangaußenrandes beschränkt.

Für den Buntsandstein ist festzustellen, dass die stofflichen Einflüsse der Versenkung weiterhin nur auf die bisherigen Bereiche der Entlastungszonen in der Werratalaue (diffuse Einträge) und die eng begrenzte Entlastungszone im Bereich der Breitzbachsmühle beschränkt bleiben.

Die Höhe der diffusen Einträge kann, abhängig von der Wasserführung der Werra, maßgeblich die Menge der in die Werra einleitbaren Salzabwässer bzw. langfristig die zu erreichenden Salzkonzentrationen in Werra und Weser bestimmen. 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 (siehe Kapitel 4.4.3).

Im Hinblick auf die Entwicklung der diffusen Einträge in die Werra erhöhte sich im Vergleich zum Vorjahr die diffus eingetragene Chloridmenge um rund 12.750 t auf ca. 234.700 t (s. Tab. 13). Die Ermittlung der diffusen Einträge über die Bilanzierung der Chloridfrachten ist maßgeblich von der Höhe der Durchflüsse der Werra am Pegel Gerstungen abhängig. Dabei werden durch K+S die aktuellen diffusen Einträge auf Basis der vorläufigen behördlichen Pegeldaten bestimmt. Nachträglich kann es im Rahmen der behördlichen Überprüfung der Durchflüsse zu entsprechenden Korrekturen kommen, die wiederum das Ergebnis der Bilanzierung der diffusen Einträge beeinflussen können. Die aktuell vorliegende Auswertung der diffusen Einträge zeigt für das Jahr 2021 im Vergleich zum Jahr 2020 einen etwas höheren Wert. Da für beide Jahre nur vorläufige Pegeldaten zur Verfügung stehen, kann sich bei einer zukünftigen Überprüfung diese Aussage noch einmal ändern, wenn sich für das Jahr 2020 höhere und für das Jahr 2021 niedrigere Durchflusswerte für den Pegel Gerstungen ergeben sollten. Vor diesem Hintergrund steht die derzeitige Aussage unter dem Vorbehalt der nachträglichen Korrektur.

Im Berichtsjahr 2021 betrug der Anteil der diffusen Einträge an der Chloridfracht am Pegel Gerstungen rund 21 %, an der Kaliumfracht rund 3 % und an der Magnesiumfracht rund 9 %. Somit liegen, wie schon in der Vergangenheit, die diffusen Kalium- und Magnesiumeinträge deutlich niedriger als der diffuse Chlorideintrag.

Mit der durchgeführten Versenkung sind keine Beeinflussungen der Sicherheit der Trinkwasserversorgung verbunden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Statusbericht umfasst das **Berichtsjahr 2021**. Der Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen wird auf Grundlage eines Sachstandsberichts von K+S (Anhang 8.1), den umfangreichen in der AG Salzreduzierung vorgestellten Themenpapieren des Unternehmens K+S und weiteren Informationen aus den Ländern zusammenfassend dargestellt.

Die Anpassungen in der Maßnahmenumsetzung einzelner Maßnahmen im Abgleich zum Zeitplan des Maßnahmenprogramms Salz 2015 bis 2021 wurden seitens des Unternehmens K+S entsprechend in quartalsweisen Berichten vorgelegt und in den Sitzungen der AG Salzreduzierung erläutert.

Im Jahr 2021 ist es bei der Maßnahmenumsetzung einzelner Maßnahmen zu Verschiebungen im Zeitplan des Maßnahmenprogramms Salz 2015 bis 2021 gekommen, deren Auswirkungen im am 22.12.2021 veröffentlichten Bewirtschaftungsplan Salz 2021 bis 2027 berücksichtigt wurden. Der Fortschritt der Maßnahmenumsetzung liegt aber nach Angaben von K+S, mit Ausnahme der Verzögerung im Projekt „Einstapeln“, immer noch in dem vom Unternehmen projektierten und regelmäßig überprüften zeitlichen Rahmen.

Mit einem Jahresdurchschnittswert von rund 26,4 m³/s am Pegel Gerstungen lagen die **Abflüsse der Werra** deutlich unter den Abflüssen eines Normaljahres. Auch in der **Weser** zeigten sich im Jahr 2021 unterdurchschnittliche Werte bei den Abflüssen. Dennoch war das Jahr 2021 abflussreicher als das Vorjahr. Trotz der im Vergleich zum Normaljahr geringeren Wasserführung der Werra konnte die überwiegende Menge der angefallenen Halden- und Prozessabwässer durch die Einleitung in die Werra entsorgt werden. Rund 1 Mio. m³ wurden, entsprechend der seit 2017 gültigen Versenkerlaubnis, am Standort Hattorf in den Untergrund versenkt und eine verbleibende Menge in Höhe von 0,7 Mio. m³ wurde per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben, Gaskavernen und zur innerbetrieblichen Verwertung transportiert. Ende 2021 wurde die **Versenkung endgültig eingestellt**.

Im Werk Werra und im Werk Neuhoof-Ellers wurden im Jahr 2021 in Summe rund 23,6 Mio. t **Rohsalz** in den Fabrikbetrieben verarbeitet. Diese Menge liegt rund 3 % über der Verarbeitungsmenge des Vorjahres 2020. Die im Vergleich zum Jahr 2020 höhere Rohsalzverarbeitung führte im Jahr 2021 zu entsprechend höheren Mengen an zu entsorgenden festen Rückstandssalzen. Im Jahr 2021 wurden rund 18,4 Mio. t feste Rückstände unter Tage versetzt bzw. über Tage aufgehaldet. Für die Entsorgung der Prozessabwässer und der Haldenwässer standen im Jahr 2021 weiterhin der Weg über die Einleitung in die Werra und die Versenkung zur Verfügung. Reichten aufgrund länger andauernder niedriger Wasserführung der Werra die 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, so dass eine Produktionsunterbrechung nicht erforderlich war.

Im Jahr 2021 fielen in Summe rund 6,3 Mio. m³ an **Salzabwasser** (Prozessabwasser und Haldenwasser) an. Das sind im Vergleich zum Jahr 2020 mit einer Salzabwassermenge von rund 5,7 Mio. m³ rund 0,6 Mio. m³ mehr. Die **Prozessabwassermenge** stieg um rund 0,4 Mio. m³. Dieser Effekt ist vor allem durch einen Anstieg des MgCl₂-Gehaltes im Rohsalz sowie die gestiegene Rohsalzverarbeitung begründet.

Für das Jahr 2021 ergaben sich am Pegel Gerstungen **Jahresfrachten** von rund 1 Mio. t Chlorid, rund 0,2 Mio. t Magnesium und rund 0,1 Mio. t Kalium. Damit liegen die Frachten aller Ionen deutlich höher als im Jahr 2020.

Seit der Inbetriebnahme der **Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage** Anfang 2018 befindet sich die Anlage im störungsfreien Betrieb. Seit 2019 läuft der Regelbetrieb. Im Jahr 2021 wurden rund 2,6 Mio. m³ Prozesslösungen aus Hattorf und Unterbreizbach verarbeitet. Dies entspricht der Vorjahresmenge. Durch die Eindampfung reduzierte sich das Volumen der Ausgangslösung auf rund 1,38 Mio. m³. Dies entspricht einem Grad der Eindampfung von 50,3 % und erreicht damit die technischen Vorgaben. Durch die Eindampfung wurden im Jahr 2021 rund 440.000 t Salz den Lösungen entzogen.

Die von K+S angestrebte Kombinationsabdeckung der Halden des Werkes Werra wurde im Jahr 2021 nochmals angepasst und optimiert. Auf den Plateauflächen der Halden Hattorf und Wintershall wird nun eine Bodenabdeckung mit unterlagernder Kunststoffdichtungsbahn verfolgt. An den Flanken verzichtet man auf die Infiltrationshemmschicht und setzt direkt auf die bislang perspektivisch angedachte Dünnschichtabdeckung. Im 4. Quartal 2021 wurden die Antragsunterlagen für die Plateaubabdeckung Hattorf

bei der Genehmigungsbehörde eingereicht. Die Materialverfügbarkeit der benötigten Abdeckmaterialien konnte nach Angaben von K+S durch eine Marktstudie und Marktanalysen abgesichert werden. Die Abdeckung mittels MSO ersetzt die nur temporär wirksamen und mit hohen Kosten verbundenen Polder durch eine dauerhafte, nachhaltige Lösung.

Nach Angaben von K+S weist die für die Halde Neuhoof vorgesehene Dickschichtabdeckung (DS) mittels Boden und Bauschutt (BBS) die höchste Effizienz bei der Reduzierung salzhaltiger Sickerwässer auf. Hierfür wurde im Jahr 2021 eine umfangreiche Machbarkeitsstudie erarbeitet und der Genehmigungsbehörde vorgestellt. Die komplexen Planungen wurden mit Hochdruck vorangetrieben und weiter intensiviert.

Die umfangreiche Dokumentation der Ergebnisse interner und externer Untersuchungen zur Maßnahme **Einstapeln und Versatz unter Tage** wurde nach Angaben von K+S 2019 durch die Bewertung des Markscheidesicherheitspfeilers zwischen den Grubenfeldern Wintershall und Springen für den Abschnitt des ersten Einstapelareals ergänzt und als Bestandteil mit den Antragsunterlagen zum Einstapeln vorgelegt. Im Zuge der weiteren Bearbeitung wurde eine Neufassung der Antragsunterlagen zum Einstapeln von Prozessabwässern in das Südwestfeld der Grube Springen erforderlich, die im August 2021 vorgelegt wurde und Ende 2021 noch in der Vollständigkeitsprüfung der Zulassungsbehörden in Hessen und Thüringen war.

Da sich die erforderliche Verschiebung der Markscheide und die Zulassung des Sonderbetriebsplans zur Durchörterung sowie damit auch, aufgrund des staatsvertraglich geregelten, notwendigen Einvernehmens der Hessischen Bergbehörde gegenüber der Thüringer Bergbehörde, die Zulassung des Einstapelns in das Südwestfeld der Grube Springen in Thüringen gegenüber den zeitlichen Planungen von K+S verschoben haben, mussten die unter- und übertägigen vorbereitenden Arbeiten z. T. ausgesetzt werden. Somit verschiebt sich nach Aussage von K+S nach aktualisierter Planung die Inbetriebnahme der Einstapelung auf den 01.07.2022. Das Unternehmen strebt an, diese Verzögerung so weit wie möglich zu reduzieren.

6 Literatur

- 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).
- FGG Weser. (2019). *Die wichtigen Fragen der Gewässerbewirtschaftung in der Flussgebietseinheit Weser - Anhörungsdokument*. Hildesheim: Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser).
- FGG Weser. (2021c). *Detailliertes Maßnahmenprogramm 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung in Ergänzung zum Maßnahmenprogramm 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 82 WHG*.
- FGG Weser. (2021d). *Detaillierter Bewirtschaftungsplan 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung in Ergänzung zum Bewirtschaftungsplan 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 83 WHG*.
- LAWA. (2012). *Ableitung überregionaler Bewirtschaftungsziele in den Flussgebietseinheiten mit deutscher Federführung*. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- 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).

7 Glossar

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.
BBS	Boden-Bauschutt-Abdeckung (Bestandteil der Abdeckung von Kalirückstandshalden).
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.
IHS	Infiltrationshemmschicht: Form der Haldenabdeckung. Durch die Zugabe von Additiven (z. B. REA-Gips, Wirbelschichtaschen) zum Rückstand wird eine letzte Schüttung auf die Halde aufgebracht. Hierbei werden ca. 5 Gewichts.-% geeigneter Additive dem Rückstand zugegeben und in einer ca. 10 m mächtigen Abdeckschicht auf die Halde aufgebracht. Die sich daraus an der Oberfläche herausbildende Schicht steigert die Verdunstung. Eine spätere Abdeckung im Dünnschichtverfahren zur Optimierung der Verdunstungsleistung bleibt möglich.
Kainit	Ein selten vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Sulfate.
KKF-Anlage	Kainit-Kristallisations- und Flotationsanlage; in der Anlage werden Prozesslösungen auf ca. die Hälfte ihres Volumens eingedampft und die dabei entstehenden Kristallisate aufbereitet.
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
MSO	Multifunktionale Standortangepasste Oberflächenabdeckung: System zur Abdeckung von Kalirückstandshalden bestehend aus einer Abdeckung mit Boden und Bauschutt auf Haldenplateauflächen und einer Infiltrationshemmschicht auf Haldenflanken.
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.

8 Anhang

8.1 Sachstandsbericht 2021 zum aktuellen Stand der Umsetzung der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH

Sachstandsbericht

zum Stand der Umsetzung des Maßnahmenprogramms Salz
2015 bis 2021 sowie weiterer vom Unternehmen K+S initiiertes
Maßnahmen

für den Zeitraum Oktober bis Dezember 2021

vorgelegt von der K+S Minerals and Agriculture GmbH (K+S)
am 01.02.2021



Vorbemerkungen

1. Aktueller Stand und Maßnahmen der Salzwasserentsorgung
2. Maßnahmen des Maßnahmenprogramms Salz 2015-2021
 - 2.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)
 - 2.2 Haldenabdeckung
 - 2.3 Einstapeln und Versatz unter Tage
- 3 Laufende / geplante F&E-Vorhaben
- 4 Zusammenfassung / Fazit

Vorbemerkungen

Der folgende Quartalsbericht gibt einen Überblick über den aktuellen Umsetzungsstand des detaillierten Maßnahmenprogramms „Salz“ sowie weiterer Maßnahmen 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 Maßnahmen des Maßnahmenprogramms „Salz“ ist eine Datentabelle angelegt. Die Gliederung bzw. Ergänzung der Umsetzungsschritte einzelner komplexer technischer Maßnahmen mit den dazugehörigen zeitlichen Annahmen für die einzelnen Versuchsphasen sowie Genehmigungsschritte wurden seitens des Unternehmens nach aktuellen Projektplänen ergänzt und soweit möglich der Datentabelle aus dem Maßnahmenprogramm „Salz“ tabellarisch gegenübergestellt.

Die prognostizierte Planung im Maßnahmenprogramm „Salz“ weicht von der tatsächlichen technischen Projektplanung der Maßnahmen ab. Im Wesentlichen erfolgten die Umsetzungsprognosen im Maßnahmenprogramm „Salz“ auf Basis von Maßnahmen, die sich im Prüfungs- bzw. Forschungsstadium befanden. Im Berichtswesen seitens K+S werden die wesentlichen Schritte der betrieblichen und genehmigungsrechtlichen Maßnahmenumsetzung kontinuierlich und detailliert dargestellt und in der Arbeitsgruppe Salzreduzierung erläutert.

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). Dabei wird der Stand der Prognosen des Maßnahmenprogramms „Salz“ und der tatsächliche Umsetzungsstand der vom Unternehmen projektierten Maßnahmen abgebildet. Bei Verzögerungen sind Begründungen und ggf. ein neues Enddatum anzugeben.

Alle Verzögerungen auf der Umsetzungsschiene werden in der Arbeitsgruppe quartalsweise berichtet und im Projektplan angepasst. Begleitend zum Sachstandsbericht erfolgt die Risiko-berichterstattung.

Weitere 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 Aktueller Stand und Maßnahmen der Salzwasserentsorgung

Im Folgenden wird die Salzabwasserentsorgung im 4. Quartal 2021 dargestellt. Dabei wird insbesondere auf die Salzabwassereinleitung in die Werra, die Versenkung von Prozessabwässern sowie die über den Abtransport per Bahn und LKW entsorgten Salzabwässer eingegangen. Ergänzend erfolgt die Darstellung der Änderungen in den Beckenfüllständen.

Salzabwassereinleitung in die Werra

Das Durchflussgeschehen der Werra am Pegel Gerstungen im 4. Quartal 2021 lag deutlich über dem des Vorjahres und aber unter dem eines Normaljahres (24,6 m³/s für Q4 1999). Im Mittel betrug der Durchfluss im 4. Quartal 2021 rund 18,6 m³/s und lag damit rund 7 m³/s höher als im 4. Quartal 2020. Die mittleren monatlichen Durchflüsse lagen im Oktober bei rund 12,2 m³/s und im November und Dezember bei rund 13,3 m³/s sowie 30,1 m³/s.

Im 4. Quartal 2021 konnten in Summe 960.540 m³ in die Werra eingeleitet werden. Dieses Volumen liegt damit um rund 227.000 m³ über dem Volumen von 733.730 m³, das im 4. Quartal 2020 eingeleitet werden konnte. Die höchste Einleitmenge wurde dabei im Dezember mit 464.330 m³ erreicht. Im Oktober waren es 234.800 m³ und im November 261.410 m³.

Die Chloridkonzentrationen am Pegel Gerstungen lagen im Oktober im Mittel bei 1.915 mg/l, im November bei 1.824 mg/l und im Dezember bei 1.335 mg/l.

Die Kaliumkonzentrationen am Pegel Gerstungen lagen im Oktober im Mittel bei 182 mg/l, im November bei 175 mg/l und im Dezember bei 163 mg/l.

Die Magnesiumkonzentrationen am Pegel Gerstungen betrugen im Oktober im Mittel 294 mg/l, im November 300 mg/l und im Dezember 277 mg/l.

Prozessabwasserversenkung

Im 4. Quartal war die Versenkung am Standort Hattorf an 77 Tagen in Betrieb. In Summe wurden zwischen Oktober und Dezember 363.460 m³ an Prozessabwässern versenkt. Im Vorjahr musste die Versenkung im 4. Quartal dagegen an 92 Tagen betrieben werden, wobei eine Menge von 457.140 m³ an Prozessabwässern versenkt wurde.

Für das gesamte Jahr 2021 summiert sich die Versenkmenge damit auf einen Wert in Höhe von 1.031.090 m³. Daraus ergibt sich in Bezug auf die zugelassene Jahresversenkmenge eine Einsparung in Höhe von 468.910 m³. Im Rahmen der Vereinbarung mit dem BUND sind somit im Zeitraum von 2018 bis 2021 rund 1,5 Mio. m³ (1.493.890 m³) bei der Versenkung eingespart worden.

Mit Ablauf des 21.12.2021 wurde die Versenkung endgültig eingestellt und damit eine weitere zentrale Maßnahme des Maßnahmenprogramms der 2. Bewirtschaftungsperiode umgesetzt.

Im Brunnen Ulstertal wurden im 4. Quartal 2021 Chloridkonzentrationen von 104 mg/l, 111 mg/l und 138 mg/l nachgewiesen. Für den Brunnen Meiselsgraben wurden Chloridkonzentrationen von 144 mg/l, 144 mg/l und 146 mg/l im 4. Quartal festgestellt. Damit lag die Chloridkonzentration nur im Brunnen Meiselsgraben im Dezember mit 1 mg/l oberhalb des Wertes von 145 mg/l.

Abtransporte per LKW und Bahn

In Summe wurden in den Monaten von Oktober bis Dezember 2021 rund 174.000 m³ per LKW und Bahn zu anderen Entsorgungslationen transportiert. Diese Transportmenge liegt rund 33.000 m³ niedriger als im gleichen Zeitraum des Vorjahres.

Rund 161.000 m³ wurden nach Sigmundshall (SI) transportiert und in die dortige Grube eingeleitet. Rund 13.000 m³ wurden zur DEUSA transportiert.

Im 4. Quartal wurden, bis auf eine Menge an Haldenwasser in Höhe von rund 47.100 m³ überwiegend Prozesswässer abtransportiert.

Zur DEUSA wurde ausschließlich KVZ-Lösung des Standortes Unterbreizbach transportiert.

Änderungen der Beckenfüllstände

Von Oktober bis Ende Dezember nahm der Gesamtbeckenfüllstand inklusive des Untertagespeichers in der Grube HW um rund 47.000 m³ ab und lag am Ende des Jahres rund 123.000 m³ unter dem Niveau des Jahres 2020.

Zusammenfassung

In Summe wurden im 4. Quartal rund 1.5 Mio. m³ Salzabwässer entsorgt. Mit rund 64 % trägt die Einleitung in die Werra den größten Anteil, gefolgt von der Versenkung mit einem Anteil von 24 % und vom Abtransport mit einem Anteil von 12 % an der Entsorgung.

Im Vergleich zum 4. Quartal 2020 lag die entsorgte Salzabwassermenge um rund 100.000 m³ höher.

2 Maßnahmen des Maßnahmenprogramms Salz

2.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)

Die Anlage lief im störungsfreien Betrieb.

Im 4.Quartal 2021 wurden rund 696.240 m³ aus Hattorf und Unterbreizbach in der KKF-Anlage verarbeitet. Diese Menge liegt mit 27.600 m³ über der Menge im 4. Quartal des Vorjahres. Durch die Eindampfung reduzierte sich das Volumen der Ausgangslösung auf rund 367.130 m³. Dadurch konnte ein Grad der Eindampfung von rund 47% erzielt werden, was damit den technischen Vorgaben entspricht. Durch die Eindampfung und Kristallisation wurden der Lösung rund 116.660 Tonnen Salz entzogen. Die Kristallisate wurden in Nachfolgeprozessen weiter zu Produkten aufbereitet und die dabei anfallenden Rückstände weitgehend in fester Form auf der Rückstandshalde in Hattorf entsorgt.

2.2 Haldenabdeckung

Werk Werra

Die angepasste und optimierte Haldenabdeckung am Werk Werra, bestehend aus einer Bodenabdeckung mit unterlagernder KDB auf dem Plateau und einer Dünnschichtabdeckung an den Flanken, wird mit Hochdruck vorangetrieben. Für die Abdeckung der bestehenden Plateaufläche der Halde Hattorf wurde im Dezember 2021 der Antrag für 6,5 ha Abdeckungsfläche eingereicht.

Zusätzlich sind die Profilierungsarbeiten für den 2. Polder auf der Haldenplateaufläche umgesetzt worden. Der Polderbau wird in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse im Frühjahr weitergeführt und voraussichtlich bis Mitte des Jahres 2022 fertiggestellt.

Der Antrag zur Plateauabdeckung auf der Halde Wintershall ist in Vorbereitung und wird voraussichtlich in Q2/2022 bei der Genehmigungsbehörde eingereicht.

Das am Haldenfuß der Halde Hattorf aufgebaute Prüffeld zum Aufbau einer Boden-/Bauschutt-abdeckung wird auch zukünftig weiter betreut und untersucht. Es wird vor allem die baulich-technischen sowie logistischen Randbedingungen einer Boden-/Bauschuttdeckung auf dem Plateau abbilden und dient der Optimierung der späteren Umsetzung auf dem gesamten Plateau. Die hierfür vorgesehenen Materialien wurden und werden parallel in Säulenversuchen auf ihre Eignung hin untersucht.

Der eigentliche Start der Abdeckung erfolgte mit dem Bau des ersten Polders auf der Halde Hattorf im Jahr 2019. Ein zweiter Polder wird, wie oben beschrieben, zeitnah fertiggestellt. Dauerhaft sollen die temporären Polder durch eine Abdeckung mittels einer Bodenabdeckung mit unterlagernder Kunststoffdichtungsbahn als nachhaltige Lösung ersetzt werden.


Im Jahr 2022 soll die Aufbringung der Bodenabdeckung mit integrierter Kunststoffdichtungsbahn auf beiden Haldenplateaus beginnen und in einen intermittierenden Abdeckbetrieb übergehen.

Werk Neuhoof-Ellers

Im Rahmen der Vorplanung für die geplante Dickschichtabdeckung der Halde Neuhoof wurde die Machbarkeitsstudie erstellt und an die Genehmigungsbehörde übermittelt. Die Machbarkeitsstudie wurde bereits sowohl bei der Genehmigungsbehörde als auch beim HMUKLV vorgestellt. Verfahrenstechnische Hinweise wurden aufgenommen und in die aktuell fortschreitende Planung integriert.

Vertiefende und weitergehende Untersuchungen sowie Modellierungen zur Minimierung des Flächen- und Materialbedarfs wurden fortgeführt.

Nach aktuellem Kenntnisstand weist eine Dickschichtabdeckung mit Boden und Bauschutt die höchste Effizienz bei der Reduzierung salzhaltiger Haldenwässer auf.

Haldenabdeckung Hattorf und Wintershall		Durchführungs- zeitraum lt. MNP Salz	Stand lt. MNP Salz	Aktuelle Planung K+S		Stand Planung K+S
				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 Versuch)	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 Beschüttung1)			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 (Ver- suchsort Halde Wintershall)			2016	2019 ₂₎	✓
2.3.2	Einreichen der Antragsunterlagen (Ver- suchsort Halde Wintershall)			Systemwechsel		
2.3.3	Genehmigungsverfahren (Versuchsort Halde Wintershall)			Systemwechsel		
2.3.4	Plateauabdeckung mit Polderbau			2019 ₃₎	2019	✓
geplanter Systemwechsel zur Multifunktionalen Standortangepassten Oberflächenabdeckung (MSO)						
2.4	Regelbetrieb (Betriebsphase)	2021 – 2075		2019	2075	
2.4.1	Plateauabdeckung mit Polderbau			2019 ₃₎		✓
2.4.2	Abdeckung MSO			2021		
2.4.2.1	Erstellung Machbarkeitsstudie MSO			Q2/2020	Q3/2020	✓
2.4.2.2	Bau Lysimeterfeld + Probefeld IHS			2020/2021		✓
2.4.2.3	Bau der Prüffelder BBS			2021		✓
2.4.2.4	Bau des 1. Quadranten Bodenabde- ckung + KDB			2022		
2.4.2.5	Einreichen der Antragsunterlagen für neues Konzept Haldentopabdeckung (MSO)			Q4/2021	Q2/2022	 ✓
2.4.2.6	Genehmigungsverfahren			2022 - 2023		
2.4.2.7	Intermittierende Plateauabdeckung mit Bodenabdeckung +KDB			Q4/2023		
2.4.3	Flankenabdeckung Dünnschichtverfah- ren			2024		2026
2.4.3.1	Einreichen der Antragsunterlagen			Q4/2022		
2.4.3.2	Genehmigungsverfahren			2022 – 2024 ₇₎		

Haldenabdeckung Neuhof-Ellers		Durchführungszeit- raum lt. MNP Salz	Stand lt. MNP Salz	Aktuelle Planung K+S		Stand Planung K+S
				Beginn	Ende	
2.5	Pilotprojekte zur Untersuchung innovativer Erosionsschutz-/Haldenwasserminimierungsmaßnahmen (Halde Neuhof)	2016 – 2018	✓	2016	2018	✓
2.6	Beginn der Umsetzung innovativer Erosionsschutz-/Haldenwasserminimierungsmaßnahmen (Halde Neuhof)	2018		2018 ⁴⁾	2018 ff	✓
2.6.1	Chemisch-physikalische (Labor-)Untersuchungen u.a. zur Auswahl geeigneter Zuschlagstoffe und zum Nachweis der Herausbildung einer „Innovativer Erosionsschutz-Schicht“. (IES)			Q2/2018	Q4/2018	✓
2.6.2	Planung und Beantragung <ul style="list-style-type: none"> eines IES-Probefeldes auf dem Halde-entop von Aufbau und Betrieb Lysimeteranlage 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			Q2/2019 ⁵⁾	2019 ff	✓
geplanter Systemwechsel zur Dickschichtabdeckung (DS)						
2.7	DS-Abdeckung NE	2021 – 2025				
2.7.1	Prüfung und Entwicklung möglicher Umsetzungsvarianten der DS-Abdeckung NE			2020	Ende 2021	✓
2.7.2	Vorplanung der ausgewählten Umsetzungsvariante			2021	2022	
2.7.3	Erarbeitung der Antragsunterlagen			2021	Ende 2024	
2.7.4	Genehmigungsverfahren			2024	Ende 2026	
2.7.5	Beginn der Umsetzung/des Regelbetriebs			Ende 2027		

✓ 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. 2½ Jahre in Anspruch genommen.
2) Verzögerung aufgrund des zeitaufwendigen Genehmigungsverfahrens „Pilotprojekt Halbtechnischer Versuch“ - Versuchsergebnisse fließen in die Antragsunterlagen Großversuch ein. Zusätzlich erfolgte aufgrund des langwierigen Genehmigungsprozesses ein Systemwechsel zur Beschleunigung der Abdeckung.
3) Nicht im MNP vorgesehen, Errichtung des 1. Polders in Hattorf markiert Abdeckungsbeginn
4) Keine Berücksichtigung der Genehmigungsphase im MNP
5) SBP wurde am 01.04.2019 zugelassen.
6) BlmSchG-Antrag für den Betriebsversuch der Dünnschichtabdeckung zurückgezogen
7) Abhängig von der Art und Dauer des Genehmigungsverfahrens

2.3 Einstapeln und Versatz unter Tage

Im Berichtszeitraum wurde die Erarbeitung der seitens des RP Kassel, Dezernat Bergaufsicht mit Schreiben vom 14.10.2021 und 08.11.2021 im Beteiligungsverfahren sowie des TLUBN vom 18.10.2021 und 23.11.2021 im Rahmen der Vollständigkeitsprüfung der 7. Ergänzung des Abschlussbetriebsplanes der Grube Merkers-Springen zur Lösungseinstapelung im Südwestfeld Springen nachgeforderten Unterlagen fortgesetzt und zusätzliche Unterlagen am 11. Oktober 2021 sowie am 08.12.2021 beim TLUBN eingereicht.

Im Zulassungsverfahren des Sonderbetriebsplanes Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeilers fanden im Berichtszeitraum keine baulichen Aktivitäten statt. Diese werden erst aufgenommen, wenn die 3. Teilzulassung zur eigentlichen Durchörterung erfolgt ist.

Die Bearbeitung, Antragstellung und Zulassung der eingereichten übrigen Sonderbetriebspläne liegen im Plan. Die übrigen unter- und übertägigen vorbereitenden Arbeiten wurden im Berichtszeitraum weiter fortgesetzt.

Da im Berichtszeitraum die Zulassung des Sonderbetriebsplans des Teiles der eigentlichen Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeilers nicht erfolgt ist, verschiebt sich nach aktueller Planung der Inbetriebnahmetermine voraussichtlich auf den Sommer 2022. Gegenwärtig wird unverändert zum vorherigen Sachstandsbericht Qu. 3/2021 vom 01.07.2022 ausgegangen. K+S wird alles technisch Mögliche unternehmen, um diese Verzögerung der Inbetriebnahme zu reduzieren. Die vorstehend genannten Sachverhalte sind auch dem detaillierten Projektablaufplan zu entnehmen.

Nachfolgend ist eine Auswahl von Besprechungen mit Vertretern der Bergbehörden sowie des TMUEN und des HMUKLV aufgeführt.

- 01.10.2021 Statusgespräch Hessen
- 07.10.2021 Befahrung Grubenfeld Springen durch TMUEN, TLUBN, Thüringer Landtagsabgeordnete und Stiftung Gedenkstätten Buchenwald und Mittelbau-Dora

Stand der Umsetzung der Maßnahme Einstapeln und Versatz (Aktualisierung zum Sachstandsbericht K+S, Q4 2021)

Einstapeln und Versatz		Durchführungszeitraum lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Stand lt. MNP 2015 bis 2021 - Salz	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 7.1)		Stand Planung K+S
				Beginn	Ende	
3.1	Untersuchung	2016 – Ende 2020				✓
3.1.1	Untersuchungen durch interne und externe Prüfung der Verträglichkeit im Rahmen eines Großforschungsprojektes			2016	2018	✓
3.2	Planung und Genehmigung	2019 – Ende 2020			Q1/ 2022	
3.2.1	Planung, Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme (inkl. Probetrieb) von übertägigen Rohrleitungen, Misch- und Dosiereinrichtungen. Beschaffungsvorgänge (Grundstückskäufe/-gestaltungen)			2018	Anfang Q1/2022	
3.2.2	Planung, erstmalige & komplexe Genehmigung (staatsrechtlich, bergrechtlich), Bau und Inbetriebnahme (inkl. Probetrieb) von untertägigen Einstapelarealen, 50 km Leitungen, Pumpenanlagen, vorbereitende bergm. Arbeiten. Beschaffungsvorgänge. Errichtung und Inbetriebnahme von Monitoring-Programme			2018	07/2022	
3.3	Umsetzung	Ende 2021 – Ende 2060				
3.3.1	Phase 1: Einleitung von bis zu 1,5 Mio. m³/a vorhandener KKF-Lösung nach Konditionierung im Grubenfeld Springen (Südwest).			01.07.2022	2025	
3.3.2	Phase 2: Einleitung von bis zu 2 Mio. m³/a konfektionierter Lösung im erweiterten Grubenfeld Springen.			2025	2035	

✓ abgeschlossen

Im Zeitplan

Verzögerung, Enddatum kann gehalten werden

Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

3 Laufende / geplante F&E-Vorhaben

Laufende / geplante F&E-Vorhaben		F&E-Projektende nach aktueller Planung K+S	Stand V=Volumenreduktion S=Salzreduktion
1	Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA-Verfahrens		
1.1	ESTA Freifallscheider verbessern	kontinuierlich, derzeit Pause	(V, S)
1.3	Steinsalzvorabtrennung u.T.	2022	(V, S)
2	Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge		
2.3	Konditionierungsmittelversuche ESTA	kontinuierlich	(V, S)
3	Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren		
3.2	Konfektionierung von Prozesswässern für die untertägige Einstapelung von Prozesswässern	2022	(V) (S)
3.2.1	Konfektionieren und Einstapeln im Grubenfeld Springen	2021	(V) (S)
3.2.2	Effizienzsteigerung des Konfektionierungskonzeptes	2021	(V) (S)
4	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung		
4.2	Überlegungen zu Verbesserung der Basisabdichtung	✓	(S)
5	Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren		
5.3	Konstruktive Weiterentwicklung des Auslaufs der neuen Flotationszellen WI zur Verringerung von Spülwassermengen und Zyklen	2021	(V)
6	Prüfung von Membranverfahren		
6.1	Nanofiltration		(S)
6.1.1	Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKover = Forschungs- u. Entwicklungsvorhaben innerhalb des Rahmenprogramms FONA)	2023	(S)
6.2.1	Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMem = Forschungs- und Entwicklungsvorhaben innerhalb des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA))	2024	(V) (S)
7	Optimierung der Fest-/Flüssigtrennung		
7.3	Untersuchungen zur Lösungsklärung mit Versuchsdekanter	✓	(S)
8	Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen		
8.1	Versuche zur Haldenabdeckung: HVH	laufend	(V, S)
8.4	Biokrusten zur Haldenwasserminimierung, Neuhof	✓	(V, S)
8.5	Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Additive zur initialen Begrünung abgedeckter Halden	2022	(V, S)
8.6	Screening alternativer Zuschlagsstoffe für die Haldenabdeckung im Rahmen der IHS/DSA	kontinuierlich	(V, S)
8.7	Vorversuche zur Prüfung verschiedener Additive für die Dünn-schichtabdeckung	2022	(V)
9	Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung		
9.3	Prozessanalytik, Prozessanalysetechnik (PAT)	kontinuierlich	(V) (S)
9.10	Steuerung der elektrostatischen Trennung von Rohsalz in der ESTA des Standortes Wintershall	✓	(S)
9.12	Ringleitung Vakuumstation, Sulfatherstellung Wintershall	✓	(V)
9.13	Versuch zum Kieseritdeckwassereinsatz bei der Aufbereitung von Rückständen aus der KCl-Herstellung	2021	(V, S)
10	Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen*		
11	Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder*		
12	Optimierung der Salzsteuerung*		
13	Sonstiges		
13.6	Gutachten zum Nachweis des Haldenkerns	2022	(v)

* 2021 keine Teilvorhaben geplant



abgeschlossen



Im Zeitplan



Verzögerung, Enddatum kann gehalten werden



Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

4 Zusammenfassung/Fazit

Zum Ende des 4. Quartals 2021 liegt mit Ausnahme der Verzögerung im Projekt „Einstapeln“ der Fortschritt der Maßnahmenumsetzung in dem vom Unternehmen projektierten und regelmäßig überprüften zeitlichen Rahmen.

8.2 F&E-Vorhaben: Jahresbericht 2021 der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH



F&E-Vorhaben

Jahresbericht 2021

im Rahmen des

Maßnahmenprogramms

2015-2021

Verfasst im März 2022

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	4
Forschungsvorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms	5
1 Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA®-Verfahrens	7
1.1 ESTA®-Freifallscheider verbessern	7
1.2 Steinsalzvorbrennung unter Tage	7
2 Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge	8
2.1 Konditionierungsmittelversuche in der ESTA®	8
3 Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren	9
3.1 Konfektionierung von Prozesswässern für die untertägige Einstapelung von Prozesswässern	10
3.1.1 Weiterentwicklung des Konfektionierungsverfahrens zur Herstellung der Einstapellösung	10
3.1.2 Untertägige Einstapelung von Salzlösungen: Kriterien für die Beschaffenheit von Lösung und Salzgestein	12
4 Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung	13
4.1 Untersuchungen zur Verbesserung der Basisabdichtung	13
5 Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren	15
5.1 Weiterentwicklung des Auslaufs der neuen Flotationszellen in Wintershall	15
6 Prüfung von Membranverfahren	16
6.1 Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKover)	16
6.2 Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMeM)	17
7 Optimierung der Fest-Flüssig-Trennung	18
7.1 Untersuchungen zur Lösungsklärun mit Versuchsdekantern	19
8 Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen	19
8.1 Versuche zur Haldenabdeckung: HVH	20
8.2 Künstliche Biokrustenbildung auf Oberflächenmaterial der Rückstandshalde Neuhof-Ellers	23
8.3 Screening alternativer Zuschlagsstoffe für die Haldenabdeckung im Rahmen der IHS/DSA	27
8.4 Vorversuche mit verschiedenen Additiven zur Eignung für die DSA und die IHS	28

9	Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung	29
9.1	Prozessanalytik und Prozessanalysetechnik (PAT)	29
9.2	Steuerung der elektrostatischen Trennung von Rohsalz in der ESTA® Wintershall	30
9.3	Ringleitung Vakuumstation in Sulfatherstellung am Standort Wintershall	30
9.4	Versuch zum Kieseritdeckwassereinsatz bei der Aufbereitung von Rückständen aus der KCI-Herstellung	31
10	Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen	32
11	Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder	32
11.1	Versuche zur Wirkung von Mg-haltigen Zusatzstoffen auf die Ammoniakemission von Wirtschaftsdüngern	32
12	Optimierung der Salzsteuerung	33
13	Sonstiges	33
13.1	Untersuchungen und Gutachten zum Nachweis des Haldenkerns	33
13.1.1	Hydraulisches Haldenkörperverhalten	33
13.1.2	Weiterentwicklung des Kenntnisstands im Rahmen des F+E-Projekts	35
13.2	KVP-Vorschlagswesen – aktueller Vorschlag 2021	36
	Fazit und Ausblick	39
	Übersicht der abgeschlossenen F&E-Vorhaben	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verfahrenskonzeption für die Konfektionierung von Lösung zum Einstapeln in das Grubenfeld Springen	11
Abbildung 2: Durchführung der Flankenbeschüttung im Spätsommer/Herbst 2018 - Halbtechnischer Versuch Hattorf	20
Abbildung 3: Nassansaat im Frühjahr 2019 – Halbtechnischer Versuch Hattorf.....	21
Abbildung 4: Begrünungszustand im Sommer 2019 (links) und Nachbehandlung/Nachsaat im Herbst 2019 (Mitte, rechts) – Halbtechnischer Versuch Hattorf	21
Abbildung 5: Begrünungszustand drei Wochen nach der Nachsaat im Herbst 2019 – Halbtechnischer Versuch Hattorf	22
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Experimentaufbaus zur Untersuchung künstlicher Biokrustenetablierung auf Oberflächenmaterial der Rückstandshalde Neuhof-Ellers in angezeigten Mischungsverhältnissen mit Dünen sand (a), NaCl-Sand-Mischungen (b) und 100% Dünen sand (c).....	25
Abbildung 7: Fotografien der Versuchstöpfe vier Wochen nach Versuchsbeginn. Angegeben ist der prozentuale Anteil an salzhaltigem Material. a: IHS, b: NE (Neuhof-Ellers), c: WS (waste salt), d: NaCl, e: no Salt (100% Dünen sand), Additive: BCplus und Natriumalginat	26
Abbildung 8 Mischung mit Haldenrückstand, trocken gemischt, initial beregnet.....	28
Abbildung 9: Mischung mit HMV-Asche, nass gemischt	29
Abbildung 10: Haldenzonierung.....	34
Abbildung 11: links gezopfte Pumpen-Abdichtung, sog. ‚Packung‘, rechts deren Platzierung auf der Pumpenwelle.....	37

Forschungsvorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms

Zur Weiterentwicklung von alternativen Maßnahmen im Rahmen des Maßnahmenprogramms Salz 2015 – 2021 und des Folgeprogramms 2021-2027 der FGG Weser hat K+S laufend Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (F&E-Vorhaben) zum nachhaltigen Gewässerschutz durchgeführt und wird diese auch zukünftig fortführen. Diese werden für das Jahr 2021 im vorliegenden F&E-Jahresbericht erläutert und dokumentiert.

Zum 31.12.2021 erfolgte das Ende der Versenkung von Produktionswässern. Dadurch entfällt für K+S die Erfüllung der F&E-Berichtspflicht im Rahmen von Nebenbestimmungen aus wasserrechtlichen Erlaubnissen. Der festgelegten F&E-Berichterstattung für die FGG Weser wird K+S im Hinblick auf die verbleibenden F&E-Maßnahmen weiter gerecht werden.

Im Fokus der untersuchten Maßnahmen stehen neben deren technischer Machbarkeit, die ökologische Sinnhaftigkeit, die rechtliche Umsetzbarkeit aber auch die Frage der wirtschaftlichen Zumutbarkeit. Wirtschaftliche Projekte zur Verbesserung der Wertstoffausbeute haben dabei immer auch eine Rückstands- bzw. Abwasser mindernde Wirkung, auch wenn nicht für alle Projekte im Einzelnen eine mengen- und volumenmäßige Einsparung abgeleitet werden kann.

2019 und 2020 waren die Konfektionierung und das Einstapeln von Lösungen im Grubenfeld Springen ein Großforschungsprojekt. Die internen Forschungsarbeiten hierzu wurden 2021 abgeschlossen. Mit Beginn der Umsetzung des Vorhabens „Einstapeln von Produktionsabwässern in das Grubenfeld Springen“ hat sich der Fokus der F&E-Tätigkeiten verschoben; es ergeben sich zukünftig zwei Schwerpunkte:

1. Reduktion bzw. Vermeidung von Prozessabwässern, die aufgrund niedriger MgCl_2 -Konzentration nicht für die Einstapelung konfektioniert werden können (z.B. Spülwässer und sogenannte Kieseritdeckwässer),
2. Reduktion des Anfalls von Haldenwässern.

Die abgeschlossenen Forschungsvorhaben und Entwicklungsprojekte der Vorjahre sind als Übersicht in Tabelle 1 zusammengefasst. Im vorliegenden Jahresbericht 2021 wird auf diese abgeschlossenen Projekte nicht mehr detailliert eingegangen.

1 Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA®-Verfahrens

1.1 ESTA®-Freifallscheider verbessern

Die in den 70er Jahren von K+S entwickelte ESTA®-Scheidertechnologie wurde ab den 80er Jahren großtechnisch umgesetzt. Seither arbeitet K+S kontinuierlich an deren Weiterentwicklung und ist bestrebt, in den bestehenden Anlagen ein weiter verbessertes Trennverhalten zu realisieren. Seit Dezember 2019 ist in der A-Stufe Wintershall der neue Verarbeitungsweg, die direkte Zufuhr des Mittelgutstroms in den Löseprozess, im Dauerbetrieb und dies bei gleichzeitiger Erhöhung der Rohsalzaufgabe in den ESTA®-Prozess. Durch diesen Umbau der A-Stufe konnte die Abtrennung von Halit (NaCl) in der ESTA® verbessert werden, dies verbesserte auch die Ressourceneffizienz.

Eine weitere Optimierungsmaßnahme der ESTA® in der A-Stufe am Standort Wintershall ist unter 9.2 nachzulesen. Aktuell ist die Entwicklungsarbeit für die maschinentechnische Optimierung der ESTA® Freifallscheider pausierend, um bei Verfügbarkeit entsprechender Ressourcen wieder aufgenommen zu werden.

1.2 Steinsalzvorbrennung unter Tage

Die sogenannte Steinsalzvorbrennung ermöglicht bereits unter Tage die Abtrennung von NaCl aus dem Rohsalz, dafür wurde eine erste, neuartige ESTA®-Technikumsanlage im Analytik- und Forschungszentrum (AFZ) entwickelt, mit welcher die Trennfähigkeit von kieseritischem Hartsalz z.B. aus Neuhof-Ellers grundsätzlich nachgewiesen werden kann. In einem weiteren Schritt wurde ein Konzept zur verfahrenstechnischen Einbindung einer Pilotanlage in die laufende untertägige Produktion des Werkes Neuhof-Ellers erstellt, um die entwickelte Technik (Konstruktion, Werkstoffe etc.) unter realen Bedingungen zu testen. Der Bau der ESTA®-Pilotanlage in der Grube Neuhof-Ellers war ursprünglich für 2020 geplant, musste aber aufgrund der Corona-Pandemie und einer Verfahrensanpassung und der damit verbundenen Lieferengpässe auf 2022 verschoben werden. Zwischenzeitlich erfolgten Versuche im AFZ mit Rohsalz der Grube Neuhof-Ellers um vorab Kenntnisse zur Optimierung von Konditionierungsmittelmengen und den

Trennparametern zu gewinnen. Mit der ESTA®-Pilotanlage soll die betriebliche Tauglichkeit im untertägigen Einsatzgebiet getestet werden.

2 Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge

Bei der Produktherstellung werden hohe Anforderungen an die Reinheit der Vor- und Zwischenprodukte gestellt. Aus diesem Grund ist eine gute Vorselektion eine zentrale Voraussetzung für die Erreichung der erforderlichen Produktqualität. Damit einhergehend bedeutet eine hohe Qualität bzw. Reinheit der Vorprodukte meist eine Reduzierung der Nachbehandlung der Produkte was üblicherweise zur Senkung des Abwasseranfalls führt.

2.1 Konditionierungsmittelversuche in der ESTA®

In der ESTA®-Technikumsanlage im AFZ werden kontinuierlich alternative Konditionierungsmittelregime auf deren ökologische Vorteilhaftigkeit und die Verbesserung der Kali- und Kieseritwertstoffgewinnung getestet. Um die in Versuchen ermittelten Trennpotentiale hinsichtlich einer höheren Kieseritausbeute im Betrieb zu bestätigen wurde 2019 und 2020 in Betriebsversuchen in der ESTA® am Standort Hattorf das Konditionierungsmittelregime ausgetauscht. Die Ergebnisauswertung 2021 ergab eine höhere Kieserit-Ausbeute, dieses positive Resultat soll durch weitere Betriebsversuche unter Verwendung des Konditionierungsmittelprodukts eines anderen Herstellers in 2022 bestätigt werden.

Zur besseren Kieserit-Abtrennung wurden 2021 auch in den ESTA®-Anlagen am Standort Wintershall und dem Werk Neuhoof-Ellers Betriebsversuche durchgeführt. Eine höhere Kieserit-Ausbeute konnte auch in diesen beiden ESTA-Anlagen festgestellt werden. Zur dauerhaften Realisierung sind technische Maßnahmen notwendig.

Bevor das Rohsalz in den Scheidern der C_{Mg}-Stufe der ESTA® am Standort Neuhoof-Ellers aufgetrennt wird, muss es durch die Zugabe von Konditionierungsmitteln vorbereitet werden. Seit mehreren Jahren laufen im AFZ Versuche für ein alternatives Konditionierungsmittelregime für die C_{Mg}-Stufe, um die Ammoniumfracht im Haldenwasser zu senken. Ein Austausch des Ammonium-haltigen Konditionierungsmittels durch eine geeignete Alternative ist potenziell möglich, 2019 wurden aussichtsreiche alternative Konditionierungsmittel identifiziert und entsprechende Betriebsversuche sind 2021 in der ESTA®-Anlage durchgeführt worden. Aus partikelspezifischen Gründen konnte das alternative Konditionierungsmittel zunächst nicht ausreichend gut wirken. Zur Behebung dieses Problems wurde ein gleichartiges Reagenz, diesmal mit vorteilhafteren Eigenschaften, bestellt und die Betriebsversuche werden damit 2022 fortgesetzt.

Ein Ansatz zur besseren NaCl-Abtrennung am Standort Wintershall und damit zur potenziellen Reduzierung von Abwasser ist durch einen Betriebsversuch in der ESTA®-C_K-Stufe geprüft und bestätigt worden. Das angestrebte Potential zur Abwasserreduzierung durch Veränderung des Konditionierungsmittelregimes konnte für die Wintershaller C_K-Stufe erreicht werden, im laufenden Betrieb lassen sich dadurch bis zu 50.000 m³ Abwasser/Jahr einsparen.

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 ausreichend vermarktungsfähige Qualität und müssen daher in weiteren Schritten aufgereinigt werden. Ergänzend wird K+S die Kristallisation aus bestimmten Prozesswässern zur Konfektionierung für die untertägige Einstapelung zur weiteren Wertstoffgewinnung nutzen.

3.1 Konfektionierung von Prozesswässern für die untertägige Einstapelung von Prozesswässern

Das Einstapeln von Salzlösungen in untertägigen Gruben Hohlräumen in Verbindung mit geeigneten Eindampfverfahren zur Konfektionierung hoch MgCl_2 -haltiger Prozesswässer des Werkes Werra wurde in den vorangegangenen Forschungsberichten der Jahre 2018 und 2019 entsprechend beschrieben. Detailliertere Ergebnisse zu diesen Untersuchungen finden sich in den Bänden II und III 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“.

Vor dem Hintergrund, dass Nachhaltigkeit und Klimaschutz eine immer bedeutendere Rolle einnehmen, ergab sich jedoch die Erfordernis Alternativen zu finden, da die Eindampfung von Salzlösungen u. a. mit einem hohen Primärenergieeinsatz und als Folge davon mit hohen CO_2 -Emissionen verbunden ist. Die Entwicklung einer mit der Effizienz eines Eindampfverfahrens vergleichbaren Alternative (siehe Kapitel 3.1.1) war Gegenstand der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten seit 2020.

3.1.1 Weiterentwicklung des Konfektionierungsverfahrens zur Herstellung der Einstapellösung

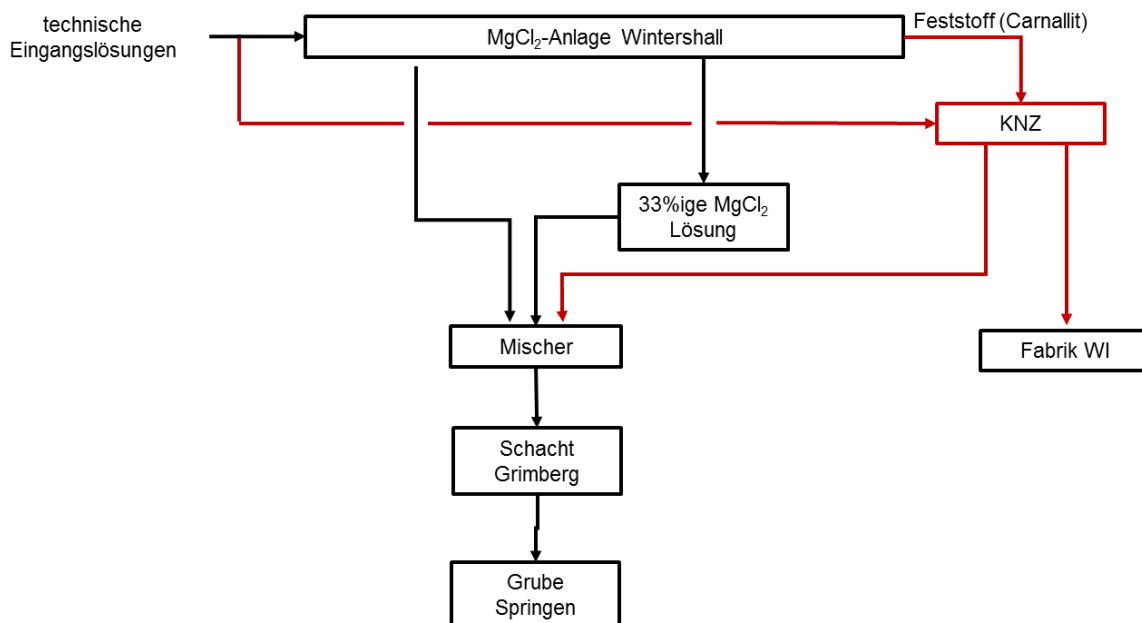
Das Konzept „Einstapeln von Produktionswässern in das Grubenfeld Springen“ setzt voraus, dass die einzustapelnden Salzlösungen ein bestimmtes, hohes MgCl_2 -Konzentrationsniveau besitzen, so dass diese untertage kein oder nur noch ein sehr geringes Lösepotential bezüglich des Carnallits aufweisen. Das notwendige MgCl_2 -Konzentrationsniveau kann neben einem Eindampfprozess auch durch das Mischen mit einer höherkonzentrierten MgCl_2 -Lösung erreicht werden.

Vom Analytik- und Forschungszentrum (AFZ) wurde hierfür gemeinsam mit dem Werk Werra in den Jahren 2018 und 2019 ein Konzept zur Konfektionierung von 1,4 Mio. m^3/a Salzlösungen ausgearbeitet (siehe F&E-Jahresbericht 2019).

Folgender Vorschlag zur weiteren Erhöhung der konfektionierbaren Menge an Salzabwasser wurde ausgearbeitet: Anstelle der 33%igen MgCl_2 -Lösung soll in einem separaten Prozessschritt ein MgCl_2 -haltiger Feststoff (Carnallit) zur Konfektionierung verwendet werden. Dieser Carnallit wird zurzeit regulär zur Herstellung von K_2O -haltigen Produkten (SOP/MOP) eingesetzt. In diesem ergänzenden Prozessschritt wird dieser Carnallit, der im Zuge der Herstellung der 33%igen MgCl_2 -Lösung entsteht, abgetrennt und unter Zugabe der zu konfektionierenden Salzlösungen zersetzt. Dabei geht das im Feststoff enthaltene MgCl_2 in die Lösung über. Das Ergebnis ist eine an MgCl_2 höher konzentrierte und zur Konfektionierung geeignete Salzlösung. Parallel entsteht in diesem Prozess, der auch „Kalte Nachzersetzung“ (KNZ) genannt wird, sogenanntes Zersetzungs-Kaliumchlorid als Feststoff. Dieses wird der Fabrik Wintershall als Wertstoff zur weiteren Verarbeitung zugeführt.

Die folgende Abbildung 1 zeigt dieses Konzept (Ergänzungen durch KNZ in rot):

Abbildung 1: Verfahrenskonzeption für die Konfektionierung von Lösung zum Einstapeln in das Grubenfeld Springen



Die Einstellung der, für das Einstapeln im Grubenfeld Springen erforderlichen, Lösungsqualitäten erfolgt im Anschluss an die KNZ durch Mischen der nun höher MgCl_2 -haltigen Salzlösung mit weiteren (Teil-)Strömen aus dem Herstellungsprozess der 33%igen MgCl_2 -Lösung.

Es wird erwartet, dass durch dieses Konzept in Kombination mit weiteren prozesswasserreduzierenden Maßnahmen nahezu alle MgCl_2 -reichen Prozesswässer des Werkes Werra konfektioniert werden können. Daher wurde dieser Vorschlag vollständig beplant und dessen Umsetzung beschlossen. Die Forschungstätigkeiten zur Effizienzsteigerung des Konfektionierungsverfahrens sind somit abgeschlossen.

3.1.2 Untertägige Einstapelung von Salzlösungen: Kriterien für die Beschaffenheit von Lösung und Salzgestein

Im Rahmen des Großforschungsprojektes zur Einstapelung und zum Versatz von Prozesswässern in Gruben Hohlräumen am Beispiel Neuhof-Ellers und des Grubenfeldes Springen des Werkes Werra wurden in den Jahren 2016 bis 2019 theoretische und praktische Untersuchungen durch K+S-eigene Spezialisten in Zusammenarbeit mit verschiedenen externen Institutionen und Ingenieurbüros durchgeführt. Anhand deren Ergebnissen wurde die Grundlagen für eine dauerhafte Einstapelung von Salzlösungen in Salzgesteine in flacher Lagerung im Sinne einer nassen Verwahrung der Gruben geschaffen. Aus diesen Untersuchungen wurde als detaillierter zu betrachtender Anwendungsfall die Einstapelung von Lösungen in das Grubenfeld Springen abgeleitet.

Seit dem Jahr 2019 wird auf Basis der vorangegangenen Untersuchungen die Einstapelung von Lösungen in das Grubenfeld Springen detailliert geplant und vorangetrieben. Um die zuvor erzielten, grundlegenden Erkenntnisse auf den konkreten Anwendungsfall zu übertragen, wurde die Zusammenarbeit zwischen den K+S-eigenen Fachleuten und den verschiedenen externen Partnern intensiviert. Unter anderem wurde beispielsweise für konkrete Betrachtungen zu den zu erwartenden Wechselwirkungen zwischen den eingestapelten Lösungen und den Salzgesteinen insbesondere im kieseritischen Hartsalz die IBZ-Salzchemie GmbH & Co KG, Halsbrücke, mit mehreren, entsprechenden Versuchsprogrammen beauftragt. Detaillierte Untersuchungen und Modellierungen zu den gebirgsmechanischen Einflüssen, die durch die Lösungseinstapelung zu erwarten sind, wurden durch das Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, durchgeführt. Für die Bearbeitung weiterer Fragestellungen wurden unter anderem die ERCOSPLAN

Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH, Erfurt und die K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen eingebunden.

Ziel der Kooperationen war und ist es, fundierte Kenntnisse über die hoch komplexen Vorgänge bei der Wechselwirkung zwischen Salzlösung und Salzgestein zu erlangen bzw. die vorhandenen Kenntnisse stetig zu erweitern. Die Gutachten liefern das Wissen für die erforderlichen Bewertungen und Stellungnahmen. Um die Prozesse stetig zu verbessern, werden die Kooperationen außerhalb der F+E-Vorhaben auch zukünftig fortgesetzt werden.

4 Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung

Die Aufhaldung 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. K+S beschäftigt sich daher mit der Frage nach Möglichkeiten zur Minimierung dieses Haldenwasseranfalls sowie unterschiedlichen Fragestellungen im Bereich der Haldenentwässerung.

4.1 Untersuchungen zur Verbesserung der Basisabdichtung

In der aktuellen Beschüttung der Haldenerweiterung in Hattorf kommt das neu entwickelte „System Basisabdichtung“ zum Einsatz. In Zusammenarbeit mit mehreren Gutachtern und Institutionen wurde untersucht, ob das „System Basisabdichtung“ sinnvoll weiter durch Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) ergänzt werden könnte. Schwerpunkte entsprechender Untersuchungen waren das Verformungs- und Langzeitverhalten der KDB unter besonderer Berücksichtigung der haldenspezifischen Beanspruchungen. An der Basis der Großhalden treten unter anderem Vertikallast- und Schubbeanspruchungen und insbesondere Zwangsverformungen in Größenordnungen auf, die in keiner Weise mit aus dem Deponiebau bekannten Bedingungen vergleichbar sind. Es erfolgte die Untersuchung verschiedener Materialparameter der KDB unter Berücksichtigung der angrenzenden Materialien und den speziellen Beanspruchungen

aus Zwangsverformungen aus den Großhalden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in numerische Untersuchungen zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Gesamtsystems unter expliziter Berücksichtigung einer KDB mit deren mechanischen Eigenschaften eingeflossen. Die laborativen und numerischen Untersuchungen sind abgeschlossen. Im Ergebnis muss festgehalten werden, dass die Wirksamkeit des Abdichtungssystems durch eine KDB unter Beachtung der relevanten Verformungsbedingungen einer großen Rückstandshalde mit den typischen geländegleichen Gründungsbedingungen voraussichtlich nicht günstig beeinflusst wird. Bei einem Einsatz würden sich nach den Untersuchungsergebnissen Verformungen in Größenordnungen ergeben, bei denen eine solche Halde langfristig nicht gebrauchstauglich ist.

Zum Abschluss des Projektes wurde festgestellt, dass in dem Projekt alle für den Einsatz einer KDB unter Rückstandshalden großer Mächtigkeit als relevant angesehenen Sachverhalte berücksichtigt und abgearbeitet wurden. Als eindeutiges Fazit war demnach festzuhalten, dass die Gebrauchstauglichkeit des untersuchten Systems mit KDB nach Bundesanstalt für Materialforschung (BAM)-Standard beim Einbau unterhalb des Haldenkörpers nicht nachgewiesen werden kann. Diese Einschätzung wurde auch durch den behördenseitig beauftragten Gutachter UMTEC geteilt.

Aus fachgutachterlicher Sicht seitens des geotechnischen Büros Prof. Dr.-Ing. Düllmann ist auszuschließen, dass die Untersuchung einer BAM-zugelassenen KDB eines anderen Herstellers zu einem grundlegenden anderen Ergebnis hinsichtlich eines möglichen Einsatzes in Dichtungssystemen unter Rückstandshalden führt, so dass eine Übertragbarkeit der vorliegenden Ergebnisse auf andere nach BAM-zugelassene KDB dem Grunde nach als gegeben anzusehen ist.

Im Ergebnis wird daher der Einsatz einer KDB als Dichtungselement für die im Projekt betrachteten Großhalden und deren typischen Randbedingungen ausgeschlossen.¹

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 in den zurückliegenden Jahren reduziert werden.

5.1 Weiterentwicklung des Auslaufs der neuen Flotationszellen in Wintershall

Am Standort Wintershall wurde 2016 die sogenannte neue Flotation zur Aufbereitung der kieserithaltigen Rückstände aus der Heißverlösung in Betrieb genommen. Seit der Inbetriebnahme wird der Prozess stetig verbessert, so dass der jährliche Anfall an Kieseritdeckwasser konsequent gesenkt wurde. Aktuell wird untersucht, ob durch weitere, z. T. konstruktive Änderungen, die Fahrweise dahingehend optimiert werden kann, dass Spülvorgänge reduziert werden, somit die Verfahrensausbeute also letztlich verbessert werden kann und zu einer geringfügig reduzierten Rückstandsmenge führt. Im Fokus steht hierbei zurzeit die Füllstandsregelung der einzelnen Flotationszellen unter Berücksichtigung der Auslaufsituation des Flotationsrückstandes aus den Zellen. Die derzeitige Konstruktion des Bergekastens inkl. des Auslaufstutzen ist anfällig gegenüber Salzansätzen und neigt zu Verstopfungen und Verkrustungen, so dass vergleichsweise häufig gespült werden muss. Es zeigte sich, dass die konstruktive Änderung, die an einer Flotationszelle vorgenommen wurde, den Betrieb erleichterten. Die Spülintervalle konnten durch diese

¹ K+S Minerals and Agriculture GmbH, 2021: Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 2 Rahmenbetriebsplan 04/09 HA i.d.F.v. 08/2021 S. 27f, Band 1.1.1E2 technisches Konzept.

Maßnahme optimiert werden, so dass insgesamt von einer Reduzierung des Wassereintrags in die Flotationstraglösung auszugehen ist.

Die Forschungstätigkeiten in diesem Bereich sind abgeschlossen und die konstruktiven Änderungen werden auf weitere Zellen übertragen. Wenn alle vorhandenen Flotationszellen umgerüstet sind, werden eine Reduzierung des Spülwassereinsatzes von bis zu 15.000 m³/Jahr und eine Frachtreduktion an Kieserit im Flotationsrückstand von bis zu 7.000 t/Jahr erwartet. Das erzielbare Ergebnis ist hierbei von der qualitativen und quantitativen Einfuhr des Salzes in den Flotationsprozess abhängig.

6 Prüfung von Membranverfahren

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

6.1 Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKovery)

Die Nanofiltration wird bislang hauptsächlich in der Salzindustrie verwendet um zweiwertige Ionen (z.B. Sulfat) und größere einwertige Ionen, häufig sind dies Schwermetalle, aus einer Salzlösung zu entfernen. In den Salzabwässern der K+S sind sowohl einwertige (Kalium, Natrium) als auch zweiwertige Ionen (Magnesium) vorhanden. Das potenzielle Einsatzziel der Nanofiltration bei K+S wäre eine Aufteilung dieser Salzabwässer, insbesondere der Haldenwässer, in zwei Fraktionen, wobei die kaliumhaltige Fraktion in den Prozess zurückgeführt und genutzt werden könnte.

Der im Jahr 2020 von acht Projektpartnern beim BMBF eingereichte Förderantrag für das Projekt „Recycling von industriellen salzhaltigen Wässern durch Ionentrennung, Konzentrierung und intelligentes Monitoring“, wurde im Januar 2021 genehmigt. Nach Abstimmung des Forschungskooperationsverbundvertrages wurde mit den ersten Arbeiten begonnen. Weitere Informationen im **Link: [RIKOverly](#)**,

In dem für K+S relevanten Teilprojekt soll die technische und wirtschaftliche Machbarkeit zur Aufbereitung von Haldenwässern untersucht werden. Ziel ist die Gewinnung eines möglichst hochkonzentrierten Kaliumchlorid--haltigen Permeats, welches möglichst kein Sulfat und nur geringe Mengen an Magnesium enthält.

Da die aufzubereitenden Wässer Schwankungen in ihrer Zusammensetzung und Konzentration unterworfen sind, ist für deren Aufbereitung ein robustes Verfahren erforderlich, welches schnell auf die variierenden Bedingungen reagieren kann. Hierfür wurde ein Konzept für eine geschickte Verschaltung unterschiedlicher Membranverfahren entwickelt. Es konnten akzeptable Sulfatrückhalte und annehmbare Magnesiumrückhalte erzielt werden. Auch eine Aufkonzentrierung des an Kaliumchlorid angereicherten Permeats wurde erreicht. Auf Basis der erzielten Ergebnisse wurde ein Konzept für eine Pilotanlage entwickelt. Die dafür erforderlichen Komponenten sollen im Jahr 2022 beschafft und die Anlage konstruiert werden. Die Inbetriebnahme und ein Testbetrieb sind für das Jahr 2023 vorgesehen.

6.2 Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMeM)

Auf dem Gebiet der Membrandestillation hat K+S 2019 mit weiteren Projektpartnern eine Förderung für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben innerhalb des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA) beantragt. Das Verbundprojekt HaSiMeM wurde im Rahmen von WavE – Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung - auf den Weg gebracht und kann gemeinsam mit den drei weiteren Partnern von 2021 bis 2024 kooperativ durchgeführt werden.

Im Jahr 2021 wurden von den Projektpartnern u.a. die folgenden geplanten Arbeitspakete abgearbeitet:

- Detaillierte Aufnahme von Anforderungen und Aufgabenstellungen verschiedener Standorte
- Erfassung und Analyse der zu behandelnden Salzlösungen (Haldenwässer)
- Festlegung von Qualitätsstandards für die zu erzeugenden Prozessausgänge sowie Erstellung eines Lastenheftes
- Membransynthese und Membranscreening für Keramikmembranen
- Synthese von hydrophoben Keramikmembranen unterschiedlicher Geometrie und Porenweite
- Membranscreening von Polymermembranen inklusive Leistungstest und Ermittlung von Kenndaten
- Ausarbeitung und Modellierung des Gesamtprozesses
- Bewertung der bisher erreichten Meilensteine

Weitere Informationen werden im Laufe des Jahres auf der entsprechenden Interseite zugänglich sein. Link: [WavE - HaSiMem \(bmbf-wave.de\)](https://bmbf-wave.de)

7 Optimierung der Fest-Flüssig-Trennung

Fest-Flüssig-Trennungen finden in der Aufbereitung von Kalisalzen an vielen Stellen des Prozesses statt. Durch eine bessere Entwässerung oder Abtrennung kann dabei beispielsweise die Qualität der Produkte erhöht werden.

Zwischen einzelnen Verfahrensschritten innerhalb der Produktion eines Standorts oder auch zwischen den Standorten werden Lösungen zur weiteren Verwendung ausgetauscht. Dabei ist oftmals für den Lösungstransport oder die nachfolgenden Prozesse entscheidend, dass die Lösungen keinen Feststoff mitführen. Zur Feststoffabtrennung werden am Werk Werra viele verschiedene Aggregate eingesetzt, die auf die jeweiligen Anforderungen zugeschnitten sind.

7.1 Untersuchungen zur Lösungsklärung mit Versuchsdekantern

Im Bereich der Kainit-Kristallisations- und Flotationsanlage (KKF) werden aktuell Filter zur Fest-Flüssig-Trennung eingesetzt, die nach dem Prinzip einer Vakuumfiltration arbeiten. Die über diesen Prozessschritt erhaltenen Lösungsströme sind jedoch niemals vollständig feststofffrei. Feinste Salzpartikel können noch, u.a. als sogenannter Filterdurchschlag, in der Lösung enthalten sein.

Die in der Lösung verbleibenden Salzpartikel sind häufig so klein, dass sie erst bei längerer Verweildauer in Tanks oder Rohrleitungen sedimentieren. Diese Sedimente mindern die jeweilige Verfahrensausbeute und erfordern zudem erheblichen Reinigungsaufwand zu ihrer Beseitigung. Das Trennprinzip der Vakuumfiltration ist bei sehr geringen Korngrößen und mit abnehmenden Korngrößen immer weniger geeignet, denn deren spezifische Filterleistung reduziert sich rapide, wenn sich die Poren zusetzen. Die feinen Partikel im Filterkuchen setzen sich an die Porenöffnungen, sodass diese immer kleiner werden, wodurch die abzutrennende Flüssigkeit immer weniger hindurchgesaugt werden kann. Durch den Einsatz von Dekantern könnten sehr feine Partikel in der Lösung aus der KKF-Anlage abgetrennt und zur weiteren Verwendung in die Ursprungsprozesse zurückgeführt werden. Im Rahmen eines Betriebsversuches wurde ermittelt, dass der Feststoff zum größten Teil erfolgreich abgetrennt und in der KKF-Anlage zur weiteren Aufbereitung verwendet werden kann. Die großtechnische Umsetzung ist im Bau, es wird erwartet, dass durch diese Maßnahme die verfahrensbedingte Ausbeute gesteigert werden kann, wobei die quantitativen Effekte erst nach erfolgter Inbetriebnahme ausgewiesen werden können.

8 Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasser-minimierungsmaßnahmen

Eine Möglichkeit, die Menge des anfallenden Haldenwassers zu reduzieren ist die Abdeckung und – in Abhängigkeit vom Abdeckmaterial – eine anschließende Begrünung der Halden. Dabei soll z.B. durch die Bildung einer verdunstungsfördernden Patina-

Schicht im Infiltrationshemmschichtverfahren die Speicherkapazität von Niederschlagswasser ermöglicht und die Evaporation auch durch die farbliche Verdunkelung deutlich erhöht werden. Mit der Abdeckung im Dünn- bzw. Dickschichtverfahren wird ebenfalls die Speicherkapazität von Niederschlagswasser deutlich erhöht und durch entsprechenden Pflanzenbewuchs eine hohe Evapotranspirationsleistung erzielt. Im Dickschichtverfahren werden zusätzliche Dichtungsschichten einen Haldenwasseranfall langfristig fast vollkommen vermeiden.

8.1 Versuche zur Haldenabdeckung: HVH

Derzeit befindet sich ein halbtechnischer Versuch zur Haldenabdeckung (HVH) in Hattorf im Dünnschichtverfahren in Umsetzung. In diesem Entwicklungsschritt wurde vor allem die Logistik, die Materialmischung, das Schüttverhalten und die Begrünung getestet. Der Versuch bringt zusätzlich Erkenntnisse bezüglich der langfristigen Standsicherheit.

Abbildung 2: Durchführung der Flankenbeschüttung im Spätsommer/Herbst 2018 - Halbtechnischer Versuch Hattorf



Seit Fertigstellung der Beschüttung unterliegen der Versuchskörper sowie die Begrünungsentwicklung einem umfangreichen Monitoringprogramm. Nach ersten Ansaatversuchen Ende 2018 wurde im April 2019 eine flächendeckende Nassansaat durchgeführt.

Abbildung 3: Nassansaat im Frühjahr 2019 – Halbtechnischer Versuch Hattorf



Während sich im Sommer 2019 auf dem Top der Abdeckung eine flächendeckende Vegetation entwickelt hat, musste auf der steilen Südflanke witterungsbedingt nochmals eine Ansaat und Oberflächenbearbeitung mit verschiedenen Methoden im September 2019 erfolgen.

Abbildung 4: Begrünungszustand im Sommer 2019 (links) und Nachbehandlung/Nachsaat im Herbst 2019 (Mitte, rechts) – Halbtechnischer Versuch Hattorf



Entsprechend der vegetationsfreundlichen Witterung im Herbst 2019 waren in Abhängigkeit der Bearbeitungsmethode bereits nach drei Wochen große Teile der anspruchsvollen Südseite erfolgreich begrünt.

Abbildung 5: Begrünungszustand drei Wochen nach der Nachsaat im Herbst 2019 – Halbtechnischer Versuch Hattorf



Im Rahmen des Monitoringprogramms zum HVH ergaben sich keine wesentlichen Auffälligkeiten. Die installierten Venturikanäle zur Erfassung der Abflussmengen aus dem HVH wurden 2020 um nachgeschaltete Kippwaagen erweitert, wodurch die Genauigkeit der gemessenen Abflussdaten insbesondere bei geringen Abflüssen deutlich verbessert werden konnte. Bezüglich der regelmäßig überwachten Schadstoffkonzentrationen im Haldenwasser des HVH konnte seit 2020 kein signifikanter Anstieg beobachtet werden, der sich mit einer verstärkten Auswaschung von Schadstoffen aus dem Abdeckmaterial in Verbindung bringen ließe. Das Staub-Monitoring im Umfeld des HVH zeigte seit 2020 keine wesentlichen Austräge, die vom Abdeckmaterial stammen, sodass Winderosion nur in einer vernachlässigbaren Größenordnung eine Rolle spielt. Auch 2021 wurde das umfangreiche Monitoringprogramm im Rahmen des HVH fortgeführt. Am 04.06.2021 kam es bei einer Tagesniederschlagssumme von ca. 66 l/m² zu einem außergewöhnlichen Starkregenereignis in der Region um Philippsthal. Während es im Umfeld des HVH zu deutlichen Beschädigungen der Infrastruktur sowie Materialabspülungen am Gegenhang des HVH kam, zeigte der HVH selbst keinerlei sichtbare Schäden oder Erosionsspuren. Die regelmäßige Dokumentation der Vegetationsentwicklung auf dem HVH ergab, dass im Jahr 2021 bereits über 80 Pflanzenarten zu finden waren, wovon sich mehr als die

Hälfte durch natürliche Sukzession aus der Umgebung angesiedelt hat. Somit erhöhte sich die Biodiversität der Pflanzenarten auf dem HVH weiterhin sehr deutlich im Vergleich zu den Vorjahren.

Im Oktober 2020 wurden vier Bohrkern aus der Abdeckschicht gewonnen, die neue Erkenntnisse insbesondere über die Entwicklung der geotechnischen und chemischen Eigenschaften des Abdeckmaterials lieferten. Die Daten aus den gewonnenen Bohrkernen aus der Abdeckschicht deuten darauf hin, dass die im Abdeckmaterial vorhandenen Schadstoffe aufgrund der natürlichen Alterung des Materials und den damit einhergehenden Prozessen (Carbonatisierung, pH-Wert-Reduzierung) weitgehend fixiert sind und somit nur in sehr geringem Umfang ausgewaschen werden. Die Qualität des HVH-Haldenwassers ist somit auch im Jahr 2021 sowohl hinsichtlich der Salz- als auch Schwermetallkonzentrationen deutlich besser als die des Haldenwassers der nicht abgedeckten ESTA-Rückstandshalde Hattorf.

8.2 Künstliche Biokrustenbildung auf Oberflächenmaterial der Rückstandshalde Neuhoof-Ellers

Auch für die Halde Neuhoof-Ellers wurde Ende 2019 ein Systemwechsel von dem innovativen Erosionsschutz zur Dickschichtabdeckung entschieden. Dadurch kann die Effektivität der Haldenwasserreduzierung erheblich gesteigert und langfristig die Haldenwasserentstehung nahezu vollständig verhindert werden.

Dennoch wurden die Untersuchungen, wie untenstehend beschrieben, zunächst weiterverfolgt, um einen optimalen Erkenntnisgewinn aus der Biokrustenforschung zu erhalten. Die verfolgten Ansätze zur Haldenabdeckung mit den Verfahren Infiltrationshemmschicht und Innovativer Erosionsschutz nutzen die Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit und der Verdunstungsleistung des Rückstands durch Zugabe von Additiven.

Eine dauerhafte Begrünung mit höheren Pflanzen (wie z.B. Gräsern oder Gehölzen) ist bei diesen Systemen auf Grund der geringen Substratzugabe nicht bzw. nur in sehr langfristigen Zeiträumen möglich. Es wurde untersucht, ob die Verdunstungsleistung und damit die Effektivität dieser Abdeckungsvarianten durch die Etablierung sogenannter Biokrusten (Lebensgemeinschaften z. B. aus Algen, Bakterien, Moosen oder Flechten)

weiter erhöht werden kann. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro upi und dem Institut für Biowissenschaften der Universität Rostock durchgeführt.

Die Organismen der Biokrusten bewohnen die ersten Millimeter des Bodens und kommen vor allem in Extremregionen vor², wurden aber auch in der Umgebung von Rückstandshalden der Kali-Industrie gefunden³. Die Biokrusten stellen aufgrund ihrer vielen positiven Eigenschaften wie Bodenstabilisierung oder Nährstoff-Anreicherung den Grundstein für eine zukünftige Bodenbildung¹ dar, die langfristig auch eine Etablierung von Vegetation ermöglichen kann.

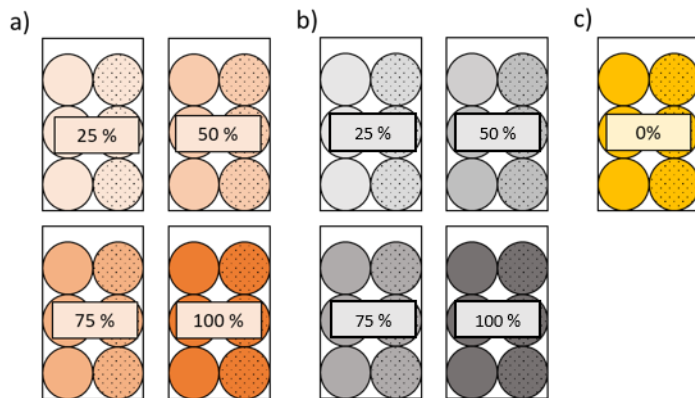
So wäre die Ansiedlung einer künstlichen bzw. initiierten Biokruste auch auf Oberflächen von Rückstandshalden der Kali-Industrie denkbar, um Niederschläge abzufangen und die Infiltration zu verringern. In einem Laborexperiment wurde die Bildung initiiertter Biokrusten auf gealtertem Oberflächenmaterial der Rückstandshalde Neuhof-Ellers (Plateau-Bereich) untersucht. Dabei wurde eine Grünalgenmischung zur Inokulation verwendet. Um den Salzgehalt des Oberflächenmaterials teilweise zu verringern, wurde das Material in drei Stufen mit Dünen sand gemischt, wobei 25%, 50%, 75% und 100% Oberflächenmaterial eingesetzt wurde Abbildung 6 (a).

Zusätzlich wurden NaCl-Sand-Mischungen hergestellt (1%, 5%, 12,5%, 15% NaCl, Abbildung 6 (b) sowie eine Kontrolle mit 100 % Dünen sand eingesetzt Abbildung 6 (c)). Des Weiteren wurde untersucht, ob eine Zugabe von Nährstoffen in Kombination mit einem Stabilisator (Na-Alginat) das Biokrustenwachstum verbessert. Die vorgemischten Substrate wurden in kleine Kulturgefäße gefüllt, mit der Grünalgenmischung besprüht und in Mini-Gewächshäusern unter konstanter Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wasserverfügbarkeit für vier Wochen kultiviert.

² Weber, B.; Büdel, B.; Belnap, J. *Biological Soil Crusts: An Organizing Principle in Drylands*.; Weber, B., Büdel, B., Belnap, J., Eds.; Ecological.; Springer International Publishing: Switzerland, 2016; ISBN 978-3-319-30212-6.

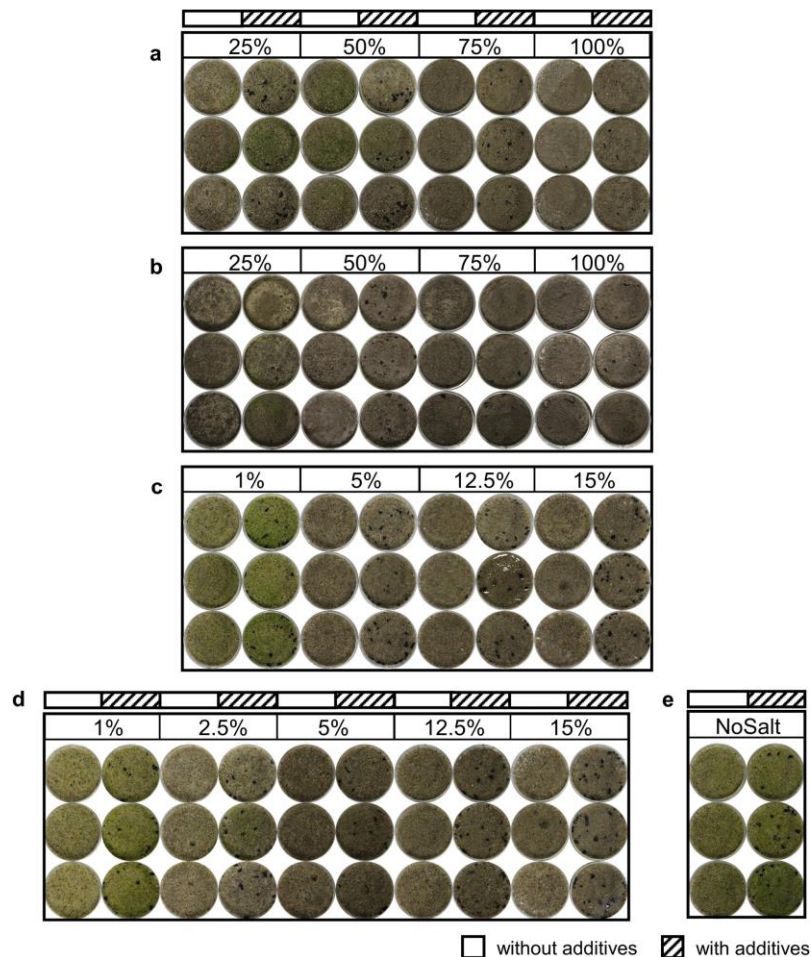
³ Sommer, V.; Kockx, M.; Wölk, A.; Glaser, K. Von Vogelkot zu grünen Teppichen. *Biol. unserer Zeit* **2019**, 49, 122–130, doi:10.1002/biuz.201910671.

Abbildung 6: Schematische Darstellung des Experimentaufbaus zur Untersuchung künstlicher Biokrustenetablierung auf Oberflächenmaterial der Rückstandshalde Neuhof-Ellers in angezeigten Mischungsverhältnissen mit Dünen sand (a), NaCl-Sand-Mischungen (b) und 100% Dünen sand (c).



Der Versuch zeigte, dass trotz konstanter Wasserverfügbarkeit weder auf reinem gealterten Oberflächenmaterial noch auf der Mischung von 75% Oberflächenmaterial und 25% Sand ein Algenwachstum erreicht werden konnte. Selbst bei Proben mit 25% Oberflächenmaterial, 75% Sand und Zuschlagsstoffen konnte nur eine fleckige Bedeckung der Versuchsgefäße mit Algen beobachtet werden, siehe Abbildung 7.

Abbildung 7: Fotografien der Versuchstöpfe vier Wochen nach Versuchsbeginn. Angegeben ist der prozentuale Anteil an salzhaltigem Material. a: IHS, b: NE (Neuhof-Ellers), c: WS (waste salt), d: NaCl, e: no Salt (100% Dünen sand), Additive: BCplus und Natriumalginat



Dass die Ansiedlung von Algen und damit die Biokrustenbildung auf der Oberfläche der Halde Neuhof-Ellers selbst im Labormaßstab unter optimalen Bedingungen und erheblicher Zugabe von Sand und Zuschlagsstoffen nicht oder nur in geringem Maße erreicht werden konnte, legt den Schluss nahe, dass dieser Ansatz keine Möglichkeit darstellt, die Verdunstungsleistung der Haldenoberfläche zu erhöhen.⁴ Die Versuche mit Biokrusten sind somit abgeschlossen; dieser Ansatz wird nicht weiterverfolgt.

⁴ Sommer, V., Palm, A., Schink, A. et al. Artificial biocrust establishment on materials of potash tailings piles along a salinity gradient. J Appl Phycol 34, 405–421 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02609-7>

8.3 Screening alternativer Zuschlagsstoffe für die Haldenabdeckung im Rahmen der IHS/DSA

Bei der Haldenabdeckung mittels Infiltrationshemmschicht (IHS) werden dem Rückstand bei Schüttung der Außenkontur der Halde unlösliche Additive zugegeben. Durch niederschlagsbedingte Lösung des Rückstandssalzes bleibt eine unlösliche Patina auf der Haldenoberfläche zurück, die die Verdunstung auftreffender Niederschläge erhöht. Ein wesentlicher Bestandteil der Additive ist Gips. Hierfür sollten mögliche Alternativen identifiziert werden.

Dazu wurde zunächst durch K-UTEC das Systemverständnis des Systems IHS untersucht. Der Auftrag umfasste die Durchführung von chemischen und mineralogischen Analysen sowie die Durchführung von Durchströmungsversuchen im Labormaßstab anhand von bekannten Additiv-Mischungen sowie alternativen, von K-UTEC vorgeschlagenen, Additiven. Es sollten insbesondere die Phasenum- und Neubildungen der Additivmaterialien und deren Bedeutung für die Ausbildung der Infiltrationshemmschicht betrachtet werden. Basierend auf diesem Wissen und dem daraus resultierenden besseren Systemverständnis sollten dann von dem Auftragnehmer mögliche alternative Einsatzstoffe vorgeschlagen werden, die dann einer konkreten Prüfung unterzogen werden können.

Die Untersuchung des Systemverständnisses ist abgeschlossen. Die Bildung der schwer- bzw. unlöslichen Patina-Schicht wurde wie erwartet bestätigt. Es wurden Erkenntnisse über die ablaufenden Phasenum- und Neubildungen erlangt. Darüber hinaus gibt die Ergebnisstudie von K-UTEC Empfehlungen für die erforderlichen Eigenschaften möglicher ergänzender Additive ab sowie Vorschläge für alternativ einsetzbare Materialien. Das Screening-Projekt ist erfolgreich abgeschlossen worden, bereits ein alternatives Additiv konnte von K-UTEC identifiziert werden.

8.4 Vorversuche mit verschiedenen Additiven zur Eignung für die DSA und die IHS

In den Versuchen wurden mineralisch gebundene Aluminium-aufgeschäumte luftertärende Schaumbetone verwendet. Diese bilden bei der „herkömmlichen“ Anwendung nach der Wasserzugabe zur Trockensubstanz und Ausbringung auf die Zielfläche porenreiche Schichten. Die Poren entstehen durch Gasentwicklung aufgrund der Reaktion der in dem Beton enthaltenen Additive.

Zudem wurde ein weiterer Ansatz betrachtet. Es bestand die Idee, ob eine Zugabe der Trockensubstanz zu bereits untersuchten „herkömmlichen“ Abdeckmaterialien als Additive das Porenvolumen und damit die Wasserhaltefähigkeit der Abdeckmaterialien zur weiteren Verbesserung der Verdunstungsleistung steigern kann. Die „herkömmlichen“ Abdeckmaterialien beziehen sich hierbei zum einen auf die Dünnschichtabdeckung (DSA) und zum anderen auf die IHS.

Hierzu erfolgten Versuche sowohl im AFZ als auch an der Uni Kassel. Dabei wurde der Schaumbeton in geringen Mengen (bis zu ca. 20%) den Abdeckmaterialien zugegeben. Die Zugabe erfolgte sowohl in Form der Trockensubstanz mit anschließender Befeuchtung des fertigen Materialgemisches als auch nach vorherigem Anmischen mit der für den Schaumbeton in Reinform erforderlichen Wassermenge und anschließenden Vermischung mit den Abdeckmaterialien.

Abbildung 8 Mischung mit Haldenrückstand, trocken gemischt, initial berechnet



(Fotos: M. Lange)

Abbildung 9: Mischung mit HMV-Asche, nass gemischt



(Fotos: M. Lange)

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die Zugabe des Schaumbetons eine ähnliche Wirkung erzielt wie die herkömmlich zugegebenen Additive (Verfestigung der Materialien der DSA und durch Beregnung Bildung einer Patina-Schicht bei der IHS). Ein Aufschäumen und die damit einhergehende Erhöhung des Porenvolumens und somit der Wasseraufnahmekapazität konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Somit ist als Ergebnis festzuhalten, dass die Zugabe von Schaumbeton als Additiv sowohl für die DSA als auch für die IHS keinen zusätzlichen Nutzen bringt. Weitere Versuche sind daher nicht vorgesehen und das Projekt kann als abgeschlossen angesehen werden.

9 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. Umso mehr Wertstoff in die Produkte gelangt, desto weniger enthalten die festen und flüssigen Rückstände.

9.1 Prozessanalytik und 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. An den Standorten des Werkes Werra werden die F&E-Entwicklungsarbeiten zur Prozessanalysetechnik weiter fortgesetzt. Das Ziel der Prozessanalysetechnik besteht darin eine zeitnahe Information über die Eigenschaften des Prozessmediums zu erhalten und die Prozesssteuerung zu optimieren.

Zur besseren Ausnutzung der Lösespanne der Rohlösung des Lösebetriebs im Werk Hattorf wird eine schnelle Vor-Ort-Analytik getestet. Eine ortsnahe Atline-Messstelle (manuelle Probenahme / manuelle Messung) wurde in Zusammenarbeit mit dem Standort in Betrieb genommen und kalibriert. Nach einer Schulung und einer abschließenden Plausibilitätsprüfung soll die Messtechnik 2022 an den Standort übergeben werden.

9.2 Steuerung der elektrostatischen Trennung von Rohsalz in der ESTA® Wintershall

Am Standort Wintershall wird Rohsalz im ESTA®-Verfahren trocken aufbereitet. Der erhebliche Vorteil des ESTA®-Verfahrens liegt in der Schonung der Umwelt, da das Verfahren selbst keine Abwässer erzeugt. Der Nachteil des elektrostatischen Verfahrens liegt allerdings in seiner Empfindlichkeit gegenüber der Rohsalzzusammensetzung, welche die Trennschärfe im elektrostatischen Feld bereits bei leichten oder mittleren Schwankungen der Rohsalzzusammensetzung reduzieren kann. Veränderungen der Zusammensetzung sind im untertägigen Abbauprozess unausweichlich, weshalb das Trennverfahren an die jeweilige Rohsalzzusammensetzung entsprechend anzupassen ist. Es wurde ein Konzept zur Optimierung der Anlagensteuerung erarbeitet. Die technischen Maßnahmen wurden umgesetzt, die Verifizierung des Effektes auf das Wertstoffausbringen wird bis Ende 2022 andauern.

9.3 Ringleitung Vakuumstation in Sulfatherstellung am Standort Wintershall

Am Standort Wintershall wird Kaliumsulfat in einem zweistufigen Verfahren aus Kieserit und Kaliumchlorid bei kontinuierlicher Prozessführung hergestellt. Hierbei wird im ersten

Schritt - in der Kalimagnesia-Umsetzung - gemahlener Kieserit mit gelöstem Kaliumchlorid zu Leonit ($K_2SO_4MgSO_4 \cdot 4H_2O$) umgesetzt. Dieser erste Schritt erfolgt bei höheren Temperaturen, so dass für die weitere Verarbeitung zu Kaliumsulfat ein nachgeschalteter Kühlschritt erforderlich ist. In der Kalimagnesia-Vakuumkühlung - der sog. KMg-VKA - wird die Leonit-haltige Suspension abgekühlt und anschließend einer Fest-Flüssig-Trennung unterzogen. Diese kontinuierliche Prozessführung kann z. B. aufgrund von Störfällen zum Erliegen kommen. Bisher war in solch einem Fall z. B. zur Vermeidung von Versandungen das Ablassen sowie das Reinigen sämtlicher Aggregate inklusive der KMg-VKA erforderlich. Um zukünftig ein Ablassen und Reinigen im Störfall zu vermeiden wurde im Jahr 2020 eine Ringleitung installiert. Mit Hilfe dieser Ringleitung kann die Leonit-haltige Suspension im Kreis gefahren werden, so dass ein Entleeren der Aggregate mit nachfolgender Reinigung unter Anfall von Spülwässern nicht mehr notwendig ist. Die Maßnahme ist abgeschlossen, der zu erwartende jährliche Effekt auf die Spülwassermengenreduktion ist nicht quantifizierbar, da er stark vom Störgeschehen und den jeweiligen Fahrweisen abhängt.

9.4 Versuch zum Kieseritdeckwassereinsatz bei der Aufbereitung von Rückständen aus der KCl-Herstellung

Am Standort WI wird der Grobrückstand aus dem Heißlöseprozess nach einer ersten Fest-Flüssig-Trennung der sogenannten Nasssiebung unterworfen. Dabei wird der Rückstand in zwei Fraktionen getrennt, wobei die feinere Fraktion noch verwertbaren Kieserit ($MgSO_4 \cdot H_2O$) enthält, welcher weiter aufbereitet wird. Die gröbere Fraktion besteht hauptsächlich aus Natriumchlorid ($NaCl$), welches über sogenannte Entwässerungsrinnen nach erfolgter Nasssiebung weiter entwässert wird. Hierbei erfolgt auch eine Haftlösungsverdrängung, um die Magnesiumchlorid- ($MgCl_2$) und Kaliumchlorid- (KCl)haltige anhaftende Lösung in die Lösungskreisläufe zurückzuführen. Bislang wurde zur Haftlösungsverdrängung Flusswasser eingesetzt. Hierbei kann nicht vermieden werden, dass Flusswasser in die verdrängte Lösung verschleppt wird. Der Einsatz von Flusswasser wurde im Jahr 2021 zum Teil durch Kieseritdeckwasser ersetzt. Dadurch konnte der Flusswasserverbrauch reduziert werden. Es wird erwartet, dass durch diese Maßnahme zukünftig ca. 20.000 m³/Jahr weniger Prozesswasser anfallen.

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. 2021 wurden keine Aktivitäten zur Nutzung von Kristallisaten durchgeführt.

11 Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder

MgCl₂-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 MgCl₂-haltigen Lösungen oder die Herstellung von neuen Produkten aus MgCl₂-haltigen Lösungen sind ein Forschungsschwerpunkt der Kali-Industrie seit mehr als 100 Jahren.

11.1 Versuche zur Wirkung von Mg-haltigen Zusatzstoffen auf die Ammoniakemission von Wirtschaftsdüngern

2021 wurden Untersuchungen zur Wirkung von Mg-Salzen als Zusätze auf das Emissionsreduktionspotential für Gülle und Gärreste beim Hessischen Landeslabor durchgeführt. Die Wirkung von Zusatzstoffen, ggf. kombiniert mit der Beeinflussung des pH-Wertes auf die Ausgasung von Ammoniak (NH₃) aus Gärrest sollte anhand mehrerer Versuche geprüft und Effekte anhand der gemessenen Ammoniak-Ausgasung quantifiziert werden. Diese ersten Versuchsreihen sind ausgewertet. Es sind 2022 weitere Versuche mit Gülle in Zusammenarbeit mit der Hochschule Osnabrück vorgesehen, um das Potential von MgCl₂-Lösung in Verbindung mit Additiven zu testen.

12 Optimierung der Salzsteuerung

Im vergangenen Jahr wurden in dieser Maßnahmengruppe keine neuen F&E-Vorhaben durchgeführt.

13 Sonstiges

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

13.1 Untersuchungen und Gutachten zum Nachweis des Haldenkerns

13.1.1 Hydraulisches Haldenkörperverhalten

Eine deutliche Tendenz zur Abwasservermeidung ist seit den 1970ern an der Werra-Kalilagerstätte mit dem steigenden Anfall fester Rückstände einhergegangen. Die Aufhaltung des Rückstands führte zu den Großhalden. Parallel mit dem Wachsen der Halden erfolgte die Weiterentwicklung des Kenntnisstands bzgl. der Strömungsprozesse im Haldeninneren. Die Kenntnis von Alterationsprozessen und deren Wirksamkeit auf das hydraulische Haldenkörperverhalten liefert Grundlagen für die Modellierung von Fließprozessen für künftige Erweiterungen und die Weiterentwicklung technischer Konzepte sowie für die Beurteilung von Umweltauswirkungen und die Entwicklung von Konzepten zu deren Minimierung.

An den Halden in Hattorf und Wintershall wurden horizontal und vertikal mehrere Kernbohrungen durchgeführt und ausgewertet. Die Zonierung des Haldenkörpers wurde anhand von diesen Haldenbohrungen an den beiden Standorten ermittelt.⁵

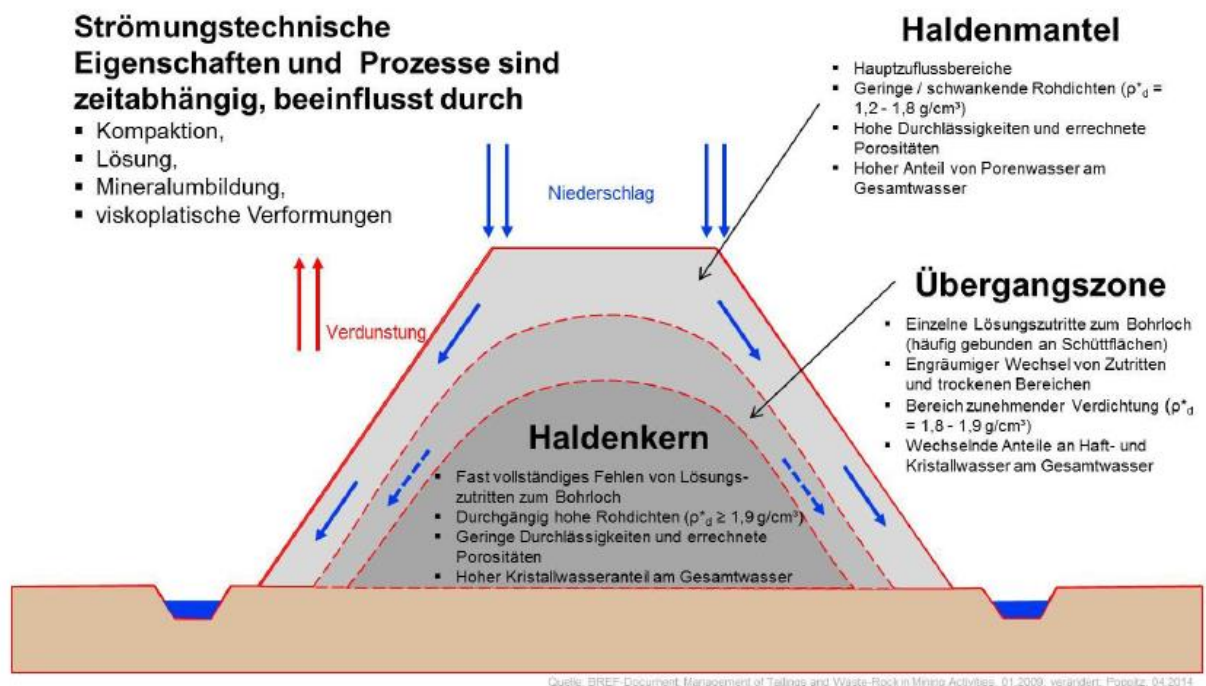
⁵ K+S Minerals and Agriculture GmbH, 2021: Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3 Rahmenbetriebsplan 04/09 HA i.d.F.v. 12/2021, Band 3.17.1 Haldenkörperbohrungen am Standort Hattorf – Ergebnisbericht

Unter Berücksichtigung der physikalischen und chemischen Rückstandseigenschaften (insbesondere Löslichkeit, Mineralisation, Rekristallisation, Dichteentwicklung/Kompaktion) und der Haldenkubatur (Höhe über Geländeoberfläche Böschungen) kann der Haldenkörper in drei hydraulisch unterschiedlich wirksame Zonen/Bereiche eingeteilt werden (vgl. Abbildung 10)

- eine hydraulisch aktive äußere Mantelzone;
- eine sich daran anschließende hydraulisch sehr wenig aktive Übergangszone und
- eine quasi hydraulisch inaktive Kernzone.

Das Haldenwasser gelangt über die hydraulisch aktiven Bereiche zum Abfluss. Dort bewegt es sich auf in Folge der Löslichkeit des Rückstandes gebildeten, bevorzugten Sickerwasserwegen.⁶

Abbildung 10: Haldenzonierung



⁶ K+S Minerals and Agriculture GmbH, 2021: Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3 Rahmenbetriebsplan 04/09 HA i.d.F.v. 12/2021, Band 1.1.1E3

13.1.2 Weiterentwicklung des Kenntnisstands im Rahmen des F+E-Projekts

2020 und 2021 wurden erstmals seismische und geoelektrische Untersuchungen an den Rückstandshalden Hattorf und Wintershall ausgeführt (Salzhaldentomographie). Die Auswertung der Ergebnisse ist in den Berichten zur Salzhaldentomographie aus 2020 für den Standort Hattorf sowie aus 2021 für den Standort Wintershall dokumentiert.⁷ Diese Untersuchungen haben die Ergebnisse der Haldenkörperbohrungen hinsichtlich der Strömungsprozesse bestätigt. Zusätzlich erfolgte mittels bildgebender Verfahren der Nachweis bevorzugter Wegsamkeiten und darauf aufbauend die Ableitung von Kriterien für die Abgrenzung lösungsbeeinflusster von unbeeinflussten Zonen.⁸ Darüber hinaus konnten anhand der Untersuchungen zum Standort Hattorf Aussagen zur altersabhängigen Entwicklung des Haldenkerns bei Überschüttung von Haldenoberflächen im Zuge einer Haldenerweiterung gewonnen werden. Es erfolgte die Einordnung der Rolle von Schüttflächen als temporäre und kleinräumig wirksame hydraulische Leitbahnen bei ausreichender Überdeckung.

Auf dem derart erweiterten Kenntnisstand aufbauend, wurden durch den Sachverständigen Prof. Dr.-Ing. Katzenbach (SV) die bereits ausgeführten und dokumentierten Haldenbohrungen und Haldendurchörterungen an den Standorten Hattorf, Wintershall, Neuhof-Ellers, Zielitz und Bleicherode zusammengefasst und hinsichtlich der Modellvorstellung zur Ausbildung eines dichten Haldenkerns von ihm bewertet. Dabei wurden ebenfalls die vorstehend beschriebenen geophysikalischen Untersuchungen an den Halden Hattorf und Wintershall berücksichtigt. Im Ergebnis kann aus Sicht der Sachverständigen „die Modellvorstellung zum Haldenkörper mit der Ausbildung eines

⁷ K+S Minerals and Agriculture GmbH, 2021: Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3 Rahmenbetriebsplan 04/09 HA i.d.F.v. 12/2021, Band 3.17.2 Salzhaldentomographie K-UTEC.

⁸ Poppitz, H; Untersuchungen zur Alteration von Rückstandshalden der Kaliindustrie im Werratal, Dissertation, Universität Würzburg, 04.2021.

dichten, im Sinne der DIN 18130 nahezu undurchlässigen Haldenkerns bei Rückstandshalden nach Sichtung und Auswertung der bisher ausgeführten Haldenbohrungen bzw. Haldendurchörterung und den durchgeführten Feld- und Laborversuchen sowie den geophysikalischen Erkundungen an der Halde Hattorf bestätigt werden“.⁹

Die weiterentwickelte und verifizierte Modellvorstellung war Ausgangspunkt für hydraulische Berechnungen (mittels HYDRUS 2D/3D, Version 3.01), die erstmals an einer Rückstandshalde der Kaliindustrie zum Einsatz kamen. Es wurde gezeigt, dass sich die Erfahrungen und Vorstellungen der hydrodynamischen Prozesse in einem Rückstandskörper mit HYDRUS 2D/3D (Version 3.01) unter Beachtung der getroffenen konservativen Annahmen und Randbedingungen plausibel abbilden lassen. Die Modellierung ermöglicht eine Bilanzierung der Input-Output-Größen von Niederschlag, Haldenwasseranfall und Restinfiltration für einzelne Haldenbereiche und stellte so konservative Eingangsgrößen für das Grundwassermodell zur Verfügung. Die hydraulischen Berechnungen stützen damit die bisherigen Erfahrungen und Kenntnisse bei der Beschreibung der Fließprozesse.

13.2 KVP-Vorschlagswesen – aktueller Vorschlag 2021

Im Rahmen des K+S-Ideenmanagements werden Verbesserungsvorschläge innerhalb der Prozesskette durch die Mitarbeiter kontinuierlich erfasst (KVP = kontinuierlicher Verbesserungsprozess). Das Vorschlagswesen hat bei K+S Tradition, viele Vorschläge sind umsetzbar und werden prämiert. Ein KVP-Vorschlag im Werk Werra führte u.a. zur frühzeitigen Separierung von unbelasteten Flusswässern, um deren Mischung mit salzhaltigen Wässern zu vermeiden.

⁹ K+S Minerals and Agriculture GmbH, 2021: Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3 Rahmenbetriebsplan 04/09 HA i.d.F.v. 12/2021, Band 3.17.3 Bewertung der Modellvorstellung zur Ausbildung eines dichten Haldenkerns an Rückstandshalden.

Zum Abdichten von Pumpen werden häufig sogenannte „Packungen“ verwendet. Diese „Packungen“ können z.B. aus geflochtenen Schnüren bestehen, die zu endlosen Vierkantzöpfen geflochten werden. Sie werden zur Abdichtung drehender Wellen eingesetzt und durch ein „Einlaufschmiermittel“ gängig gehalten. Das Schmiermittel dient als Schmierfilm, es erhält die Formbarkeit des Geflechtes und kühlt es gleichzeitig. Durch die sich drehende Pumpenwelle entsteht Reibungswärme, welche kontinuierlich abgeführt werden muss. Als Schmier- und Kühlmittel wird Flusswasser verwendet, das sogenannte Sperrwasser. Es wird so dosiert, dass die Packung immer umspült ist.

Abbildung 11: links gezopfte Pumpen-Abdichtung, sog. ‚Packung‘, rechts deren Platzierung auf der Pumpenwelle



Gebrauchte Sperrwässer sind in der Regel nicht salzbelastet und können über die Sielwasserkanäle der Fabriken zurück in die Werra geleitet werden. Die Sperrwässer werden dabei häufig mit anderen unbelasteten Wässern (z. B. Kühlwässern) zusammengeführt, bevor sie in die Sielwasserkanäle geleitet werden. Sollten diese anderen Wässer eine nennenswerte Salzbelastung aufweisen, z. B. im Rahmen von betrieblichen Störungen, werden sie nicht in den Sielwasserkanal abgeführt, sondern in die Abwasserbecken der Standorte eingeleitet und dem Entsorgungsregime des Werkes Werra zugeführt. Die Sperrwässer sind dann bereits in dem salzbelasteten Wasser enthalten und werden zusammen mit diesem entsorgt, obwohl sie selbst nicht salzbelastet sind. Am Standort Hattorf hatte im Jahr 2021 ein Mitarbeiter die Idee, die nicht mit Salz belasteten Sperr-

wässer im Falle einer vorliegenden Salzbelastung der „anderen“ Wässer gezielt zu separieren und weiterhin in den Sielwasserkanal zu leiten. Auf diese Weise kann das zu entsorgende Prozesswasservolumen jährlich um ca. 31.000 m³ reduziert werden.

Fazit und Ausblick

Die dargestellten F&E-Projekte in diesem Bericht zeigen die große Bandbreite der unterschiedlichen Maßnahmen auf. Eine Vielzahl der in den unterschiedlichen F&E-Projekten gewonnenen Erkenntnisse konnten erfolgreich in den betrieblichen Prozess integriert werden und führen zu entsprechenden Verbesserungen.

Mit dem vorliegenden Jahresbericht 2021 wurde nochmals im Schwerpunkt über Maßnahmen zur Reduzierung oder zur Konfektionierung der Prozessabwässer berichtet.

Wie im detaillierten Maßnahmenprogramm 2021 – 2027 der FGG Weser beschrieben, wird der F&E-Schwerpunkt künftig fokussiert auf der Reduktion bzw. Vermeidung von Kieseritdeckwässern im Bereich der Produktionswässer, sowie auf Forschungsaktivitäten zur Reduktion von Haldenwasser liegen. Daraus resultierend werden zukünftig F&E-Projekte die vorwiegend der betrieblichen Weiterentwicklung dienen, wie z.B. ESTA®-Verfahren, Konditionierungsmittelversuche, thermische Trennverfahren, nicht mehr im F&E-Jahresbericht der K+S veröffentlicht. Mit dem Übergang zum neuen Maßnahmenprogramm der FGG Weser erfolgt eine Anpassung des Berichtswesens der K+S mit Fokus auf jene Themen mit direktem Einfluss auf Volumen und Qualität der Kieseritdeckwässer oder Haldenwässer.

K+S wird sich weiterhin in der Werksforschung und im AFZ, als auch unter Einbindung externer Expertise, engagiert Forschung und Entwicklung vorantreiben, um eine bessere Ressourceneffizienz zu realisieren, den Kreislaufgedanken zu fördern und damit u.a. die spezifischen Energiekosten und Umweltauswirkungen zu reduzieren.

Übersicht der abgeschlossenen F&E-Vorhaben

Tabelle 1

Zuordnung*	F&E-Vorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015 - 2021	Projekt-Ende	Veröffentlichung abgeschlossener Projekte im F&E Jahresbericht
1	Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA-Verfahrens		
1.2	Trennung von Stäuben in der ESTA®	2019	2019
2	Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge		
2.1	Eindampfung von Prozesswässern in der Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage) am Standort Hattorf	2018	2019
2.2	Klassierverfahren in der Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage	2018	2018
3	Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren		
3.1	Beauftragung K-UTEC mit Konzept- u. Machbarkeitsstudie Aufbereitung anfallender Produktionsabwässer u. Haldenwässer	2018	2017, 2018
4	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung		

Zuordnung*	F&E-Vorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015 - 2021	Projekt-Ende	Veröffentlichung abgeschlossener Projekte im F&E Jahresbericht
4.1	Schütttechnikversuch Werk Neuhoof-Ellers	2017	2017
5	Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren		
5.1	Überwachung der Sättigungsverhältnisse im Lösebetrieb	2020	2019, 2020
5.2	Zweistufige NaCl-Flotation aus KNZ-Salz der ESTA HA zur Deckwasserreduzierung	2018	2018
6	Prüfung von Membranverfahren		
6.1	Forschungskooperation mit H+E zum Einsatz von Nanofiltration in der Salzabwasseraufbereitung	2018	2019
6.1.2	Versuche mit keramischen Membranen bei hohen Drücken	2020	2020
6.2.1	Vorversuche zu Membrandestillationsprozessen	2020	2019, 2020
7	Optimierung der Fest-/Flüssigtrennung		
7.1	Aufbereitung von Rückständen des Kieseritbetriebes am Standort Wintershall	2017	2017
7.2	Untersuchungen zur Optimierung der Eindampfanlage auf Kainit (EDA-Kainit) am Standort Wintershall	2017	2017

Zuordnung*	F&E-Vorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015 - 2021	Projekt-Ende	Veröffentlichung abgeschlossener Projekte im F&E Jahresbericht
8.	Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen		
8.2	Innovativer Erosionsschutz an der Halde Neuhoof-Ellers	2019	2019
8.3	Errichtung von Poldern auf der Halde Hattorf	2019	2019
9.	Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung		
9.1	Optimierung der Kieseritausbeute bei der elektrostatischen Aufbereitung am Standort Hattorf (Filtertuch)	2017	2017
9.2	Optimierung der Leonitumsetzung am Standort Wintershall (Verdrängung von Haftlösung)	2017	2017
9.4	Aufbereitung von Rückständen des Löse- und Kieseritbetriebes am Standort Hattorf	2017	2017
9.5	Möglichkeiten der Verarbeitung und Verwertung von Beckensalzen im Lösebetrieb Wintershall	2017	2017
9.6	Wertstoffrückgewinnung in opt Verfahren: aus der Tonfraktion am Standort Neuhoof-Ellers	2018	2018
9.7	Weitere Versuche zur Verwertung von Spülwassern in Hattorf	2019	2019

Zuordnung*	F&E-Vorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015 - 2021	Projekt-Ende	Veröffentlichung abgeschlossener Projekte im F&E Jahresbericht
9.8	Versuche zur Haftlösungsverdrängung in der 2. Umsetzungsstufe der Sulfatanlage in HA	2020	2020
9.9	Optimierung von Filtrationsprozessen in der Sulfatherstellung am Standort HA	2020	2020
9.11	Haftlösungsverdrängung im Carnalitzersetzungsprozess UB	2020	2020
10	Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen		
10.1	KKF Kainit substituiert Kieserit, Versuch in der Sulfatanlage Hattorf	2018	2018
10.2	Verwendung von Langbeinit aus der Eindampfanlage WI für die Sulfatherstellung (Machbarkeitsstudie zur Nassklassierung mittels Zyklon)	2020	2018, 2019, 2020
11	Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder		
11.1	Baustoff Sorelzement	2017	2017
11.2	Endlaugenkalk - Walddüngung	2017	2017
11.3	Entwicklung eines Magnesiazementschaums und einer Applikationsapparatur	2020	2019, 2020

Zuordnung*	F&E-Vorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015 - 2021	Projekt-Ende	Veröffentlichung abgeschlossener Projekte im F&E Jahresbericht
12	Optimierung der Salzsteuerung		
12.1	Entwicklung eines automatisierten Probenvorbereitungssystems	2019	2019
12.2	ICP-Messraum, Teilprojekt Redundanz zur Störfallabsicherung durch Einbindung des 2. ICP-OES	2018	2018
13	Sonstiges		
13.1	Versuche zur Mobilisierung von geogen vorhandenen Spurenbestandteilen im Boden	2020	2019, 2020
13.2	Versuche zur Abbindung von Salzabwässern mit Zuschlagsstoffen	2018	2018
13.3	Crowdsourcing (Intern. Ideenwettbewerb) Haldenabdeckung	2019	2019
13.4	Tests zur Schwermetallreduktion in Haldenwässern	2019	2019
13.5	Analytische Versuche mit organischen Aufbereitungshilfsstoffen in einer Salzmatrix	2020	2019, 2020

*Zuordnung gemäß des Arbeitsprogramms F+E Vorhaben der Statustabellen im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015-2021

8.3 Risikoübersicht der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH



K+S Gruppe

Projektrisiken

Stand: Q4/2021

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 Grubenhohlräume 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)	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)	Areale für Maßnahme C auswählen
8	Keine ausreichenden Materialien für verträgliche Einstapelung vorhanden oder keine Zulassungsfähigkeit zu erwarten (Maßnahme C)	Keine
9	Umlösepotenzial durch das Einbringen der Lösungen führt zur unverträglichen Schwächung der Festen	Lösungszusammensetzung verändern, alternative Salzformationen wählen, Kapselung, Lösefläche an den Tragelementen verringern

Projektrisiken Einstapeln und Versatz u. T.

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
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)	Keine
14	Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeiler	Bau der Leitung über Tage / Einschränkungen „grünes Band“ für neue Vorhaben/Leitungen

Gesamtbewertung der Projektrisiken

Einstapeln und Versatz u. T.

- Das Projektrisiko Nr. 11 ist eingetreten. Für die Einhaltung des vorgesehen Inbetriebnahmetermins (01.01.2022) wäre es erforderlich gewesen, dass die Verschiebung der Markscheide im Oktober 2020 und die Zulassung der Durchörterungsbohrungen im Juli 2021 erfolgt wäre und die notwendigen Arbeiten im bisherigen Markscheidesicherheitspfeiler durchgeführt worden wären. Somit kommt es zu einer Verschiebung der Inbetriebnahme um ca. 6-7 Monate.
- Die übrigen Risiken haben unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten. Für die relevanten Risiken bestehen Gegensteuerungsmaßnahmen, so dass diese beherrschbar sind.
- Diese Einschätzung beruht auf der Sicht von K+S und berücksichtigt nicht die abschließende Bewertung durch Genehmigungsbehörden oder deren Fachgutachter.

Projektrisiken Haldenabdeckung Werk Werra

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

Projektrisiken Haldenabdeckung Werk Werra

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, ...) • Änderungen in der Vorbehandlung (Brechen, Sieben etc.)
6	Materialverfügbarkeit ist wider Erwarten nicht gegeben (aktuelle Verfügbarkeit laut Marktstudie 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	<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 (Haldentopabdeckung) • regelmäßige Befahrung • ausreichendes Fachpersonal • Änderungen in der Vorbehandlung (Brechen, Sieben etc.)
8	Ausbleibende Vegetation auf Topabdeckung	<ul style="list-style-type: none"> • (gezielte) Bewässerung • (gezielte) Düngung • Nachsaat • spezielle Pflanzenansaat in Teilbereichen • Oberflächenbearbeitung (Aufrauung, Begrünungsmatten)

Projektrisiken Haldenabdeckung Werk Werra

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
9	Hoher Nachsorgeaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • selbstheilendes Material • gezielte Förderung einer effektiven Begrünung • Ausreichende Vergleichmäßigung der Restdurchsickerung (Topabdeckung)
10	Aufstandsfläche für Abdeckung nicht ausreichend	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (falls erforderlich) • 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"> • möglichst homogenes Material • gleichmäßige Begrünung • selbstheilendes Material • Verfüllung von Rissen, Rinnen, Senken • Ausreichende Vergleichmäßigung der Restdurchsickerung (Topabdeckung) • Berücksichtigung von Materialübergängen im technischen Konzept
12	Technische Probleme beim Polderbau	<ul style="list-style-type: none"> • angepasste Planung des Polderbaus • Ersatz durch andere Abdeckmaßnahmen
13	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
14	Zuschlagstoffe nicht zulassungsfähig – Genehmigung wird versagt	<ul style="list-style-type: none"> • Versuche zum Nachweis der Schadlosigkeit • Ausweichen auf andere Materialien (grundsätzlich verschiedene Zuschlagstoffe anwendbar)

Projektrisiken Dickschichtabdeckung/ Haldenwasserminimierungsmaßnahmen Neuhof-Ellers

Neues Konzept: „Dickschichtabdeckung (Boden-Bauschutt-Abdeckung)“

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
<i>Dickschichtabdeckung (Abdeckung mit Boden und Bauschutt)</i>		
1	Versagen der Genehmigungen oder Anordnung der Einstellung des Betriebs	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführliche Voruntersuchungen und begleitende Untersuchungen • Laufende Prüfung von Alternativmaterialien • Laufende Prüfung von Alternativen zur Abdeckung • Fachgespräche mit Behörden
2	Materialverfügbarkeit ist wider Erwarten nicht gegeben (aktuelle Verfügbarkeit laut Marktstudie gegeben)	<ul style="list-style-type: none"> • Ständige Verfolgung der Marktentwicklung und der technischen Entwicklung • Flexibilität durch Erforschen mehrerer, einsatzfähiger Materialien (Alternative Abdeckmaterialien) • Bestimmung von „Bandbreiten“ für relevante Parameter (Standicherheit, Schadstoffgehalte, ...) • Streckung des Abdeckzeitraums
3	Materialmengen sind logistisch nicht handelbar	<ul style="list-style-type: none"> • Erweiterung der Lager- und Transportmöglichkeiten • Abdeckung nur mit geringeren Mengen → längere Abdeckdauer
4	Aufstandsfläche für Abdeckung nicht ausreichend	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitung und Umsetzung von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen für Umweltauswirkungen • Anpassungen im technischen Konzept (Versteilung des Böschungswinkels unter der Voraussetzung der Standfestigkeit)
5	Ausbleibende Vegetation (in Teilbereichen)	<ul style="list-style-type: none"> • (gezielte) Bewässerung • (gezielte) Düngung • Nachsaat • Spezielle Pflanzenansaat in Teilbereichen • Oberflächenbearbeitung (Aufrauung, Begrünungsmatten)

Projektrisiken Dickschichtabdeckung/ Haldenwasserminimierungsmaßnahmen Neuhoof-Ellers

Neues Konzept: „Dickschichtabdeckung (Boden-Bauschutt-Abdeckung)“

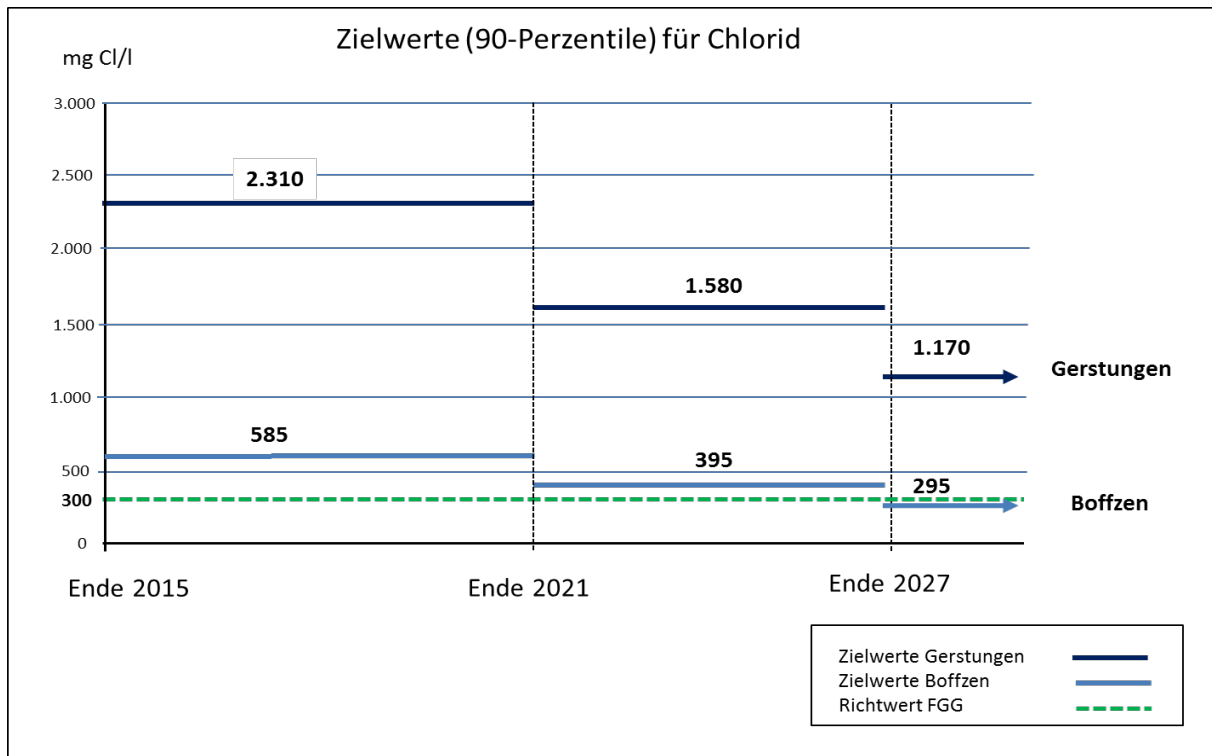
Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
<i>Dickschichtabdeckung (Abdeckung mit Boden und Bauschutt)</i>		
6	Infrastruktur innerhalb der Aufstandsfläche der Abdeckung	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung von Alternativen • Umlegung Infrastruktur
7	Ungleichmäßiges Auflösen des Rückstandsalzes unter der Abdeckung – Einbrüche	<ul style="list-style-type: none"> • Dichtschichten • Möglichst homogenes Material • Gleichmäßige Begrünung • Verfüllung von Rissen, Rinnen, Senken • Berücksichtigung von Materialübergängen im technischen Konzept
8	Schadlose Verwertung des vorgesehenen Abdeckungsmaterials kann nicht nachgewiesen werden (wenn nötig)– Genehmigung wird versagt	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Laboruntersuchungen zum Eluationsverhalten (auch Langzeitverhalten) • Gutachten zur schadlosen Verwertung (Staub, Grundwasser, Abwasser) • Untersuchungen zur Schadstoffaufnahme durch Pflanzen • Laufende Suche nach / Prüfung von unbelasteten Alternativmaterialien • Bei Bedarf technische Sicherungen
9	Technische Eignung (z. B., Standsicherheit) des Abdeckmaterials, Standsicherheit kann im Versuch nicht nachgewiesen werden	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung von Menschen ist technisch und organisatorisch auszuschließen • Sicherheitszone außerhalb des Haldengrabens • Laborversuche/Untersuchungen/Modellierungen • Regelmäßige Befahrung • Ständiges Monitoring • Definition standsicherer Materialmischungen • Bermenanzahl

Gesamtbewertung der Projektrisiken

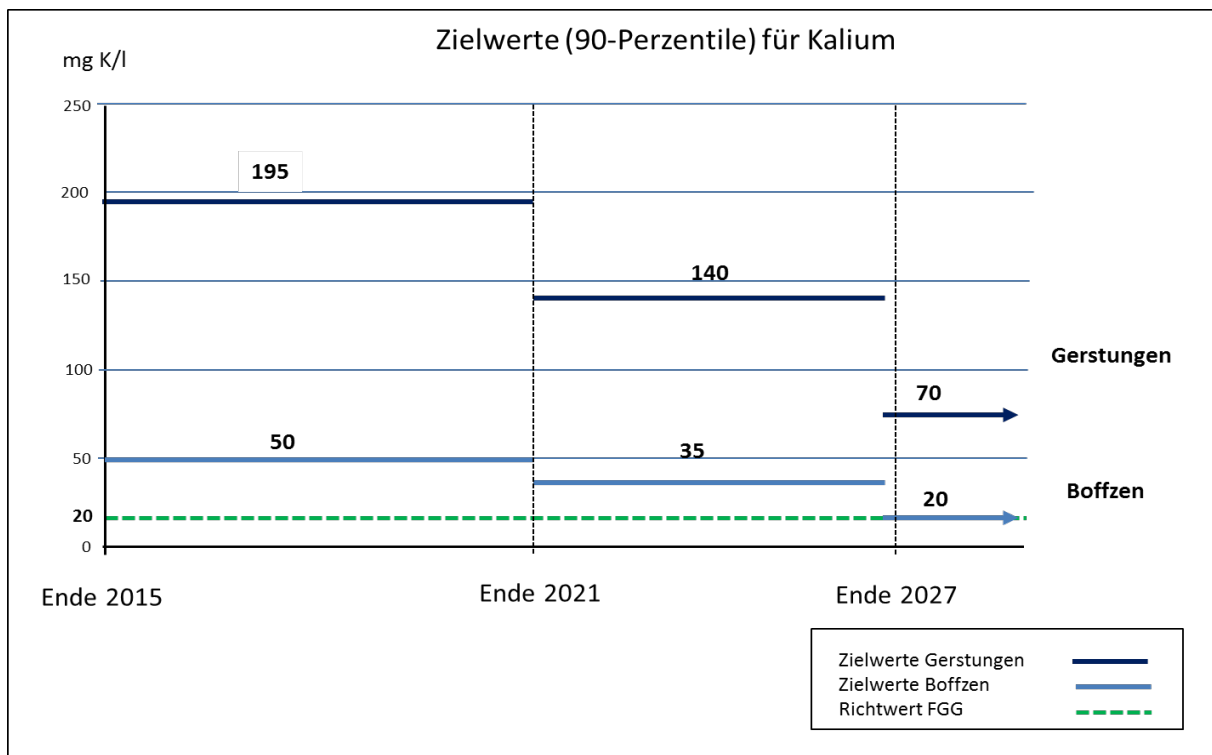
Haldenabdeckung

- Die Risiken haben unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten. Für alle Risiken bestehen Gegensteuerungsmaßnahmen, so dass diese beherrschbar sind.
- Diese Einschätzung beruht auf der Sicht von K+S und berücksichtigt nicht die Bewertung durch Genehmigungsbehörden oder deren Fachgutachter.
- Die Abdeckung im Dickschichtverfahren ist Stand der Technik für mittelgroße Halden, konzeptionelle Anpassungen für Neuhof-Ellers sind möglich.
- Die schadlose Verwertung der Abdeckmaterialien ist Grundvoraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit.

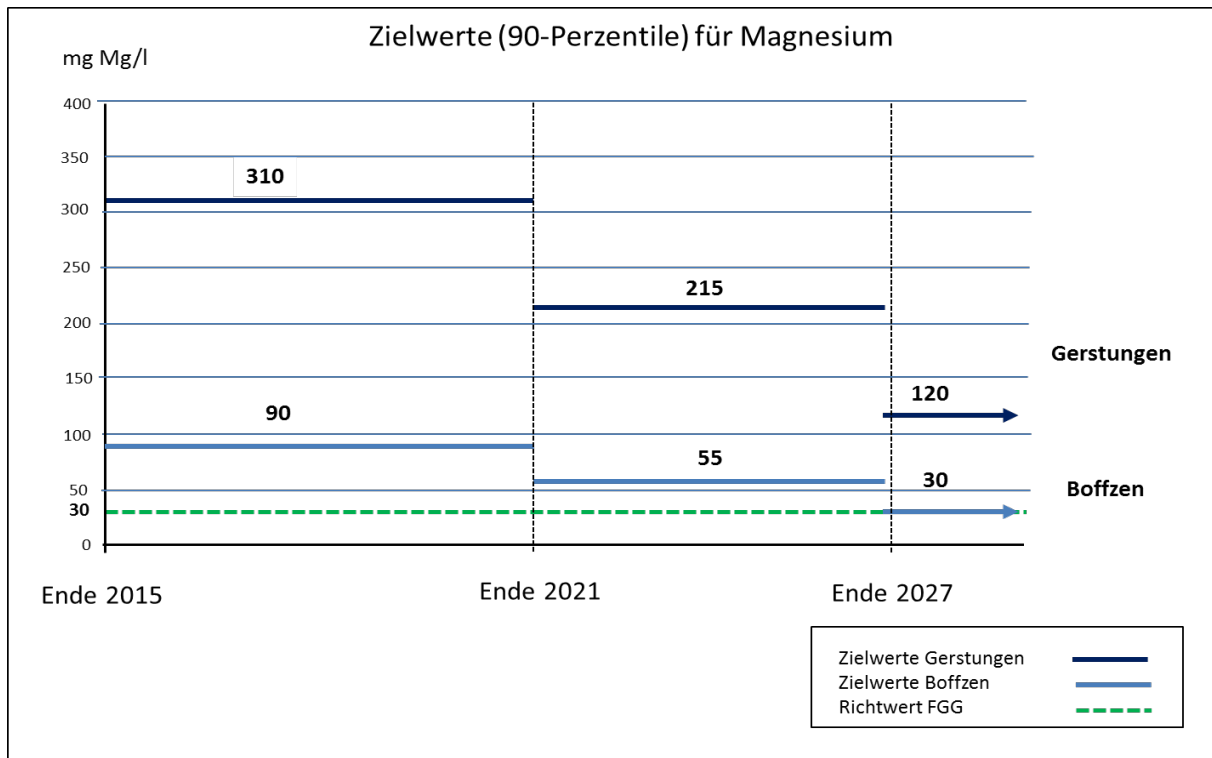
8.4 Zielwertkonzept der FGG Weser



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)



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