



# EG-Wasserrahmenrichtlinie

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

**Berichtsjahr 2022**



**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 Umwelt, Klima und Wissenschaft  
der Freien Hansestadt Bremen  
An der Reeperbahn 2, 28217 Bremen

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz  
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
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](mailto:info@fgg-weser.de)

**Bildquellen Umschlag:**

Kalihalde Wintershall – FGG Weser

© FGG Weser, November 2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>iv</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>v</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>vi</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Stand der Umsetzung des aktualisierten MNP Salz</b> .....	<b>10</b>
2.1 Zeitplan des Fortschritts der Maßnahmenumsetzung.....	10
2.2 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage) .....	11
2.3 Einstapeln unter Tage.....	12
2.4 Haldenabdeckung .....	13
2.5 Abtransport.....	16
2.6 Beendigung der Versenkung.....	17
2.7 Ökologisches und ökonomisches Monitoring .....	18
2.8 F+E-Maßnahmen.....	19
2.9 Risikomanagement .....	19
<b>3 Auswertung der Monitoringdaten und Beurteilung der Gewässergüte für den Berichtszeitraum 2022</b> .....	<b>21</b>
3.1 Hydrologie .....	23
3.1.1 Abflussverhältnisse Werra.....	23
3.1.2 Abflussverhältnisse Weser .....	24
3.2 Rohsalzverarbeitung .....	24
3.3 Entsorgung der festen Rückstände .....	25
3.4 Salzabwasseranfall und Salzabwasserentsorgung.....	25
3.4.1 Salzabwassermengen .....	25
3.4.2 Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls .....	27
3.4.3 Chlorid-, Kalium- und Magnesiumbilanzen.....	28
3.5 Salzfrachten und -konzentrationen 2022 .....	31
3.5.1 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Gerstungen 2022 .....	31
3.5.2 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Boffzen 2022 .....	34
3.5.3 Monatliche Frachten an den Messstellen an Werra und Ulster .....	38
3.6 Grundwassermonitoring .....	41
<b>4 Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>42</b>
<b>5 Literatur</b> .....	<b>44</b>
<b>6 Anhang</b> .....	<b>45</b>
6.1 Sachstandsbericht 2022 zum aktuellen Stand der Umsetzung der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH.....	45
6.2 F&E-Vorhaben: Jahresbericht 2022 der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH.....	46
6.3 Risikoübersicht der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH.....	47
6.4 Zielwertkonzept der FGG Weser .....	48

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Meiselsgraben 2017 bis 2022 .....	18
Abb. 2:	Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Ulstertal 2017 bis 2022 .....	18
Abb. 3:	Messstellen zur Überwachung der Oberflächenwasserkörper bzgl. der Salzbelastung. ...	21
Abb. 4:	Vergleich der mittleren Abflüsse 2021 und 2022 mit dem Mittelwert 2000 bis 2020 am Pegel Gerstungen/Werra .....	23
Abb. 5:	Vergleich der mittleren Abflüsse 2021 und 2022 mit dem Mittelwert 2000 bis 2020 am Pegel Boffzen/Oberweser, abgeleitet aus den Abflussdaten des Pegels Höxter .....	24
Abb. 6:	Entwicklung der Rohsalzverarbeitung, Einleitung in die Werra, Versenkung, Transport und des spezifischen Salzabwasseranfalls .....	27
Abb. 7:	Tägliche Frachten von Chlorid in der Werra bei Gerstungen 2012 bis 2022 .....	31
Abb. 8:	Chloridkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2012 bis 2022 .....	32
Abb. 9:	Tägliche Frachten von Magnesium in der Werra bei Gerstungen 2012 bis 2022 .....	32
Abb. 10:	Magnesiumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2012 bis 2022 .....	33
Abb. 11:	Tägliche Frachten von Kalium in der Werra bei Gerstungen 2012 bis 2022 .....	33
Abb. 12:	Kaliumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2012 bis 2022 .....	34
Abb. 13:	14-tägige Frachten von Chlorid in der Weser bei Boffzen 2016 bis 2022 .....	35
Abb. 14:	Chloridkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022 .....	35
Abb. 15:	14-tägige Frachten von Magnesium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022 .....	36
Abb. 16:	Magnesiumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022 .....	36
Abb. 17:	Tägliche Frachten von Kalium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022 .....	37
Abb. 18:	Kaliumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022 .....	37
Abb. 19:	Schema der Eigenkontrollstellen der K+S .....	38
Abb. 20:	Chloridtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster .....	39
Abb. 21:	Magnesiumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster .....	39
Abb. 22:	Kaliumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster .....	40

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Vergleich des Umsetzungsstands mit dem festgelegten Zeit- und Maßnahmenplan (FGG Weser, 2021c).....	11
Tab. 2:	Umsetzungsstand der Maßnahme Einstapeln unter Tage (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2022, Anhang 6.1) .....	13
Tab. 3:	Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Werra (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2022, Anhang 6.1) .....	15
Tab. 4:	Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Neuhoof (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2022, Anhang 6.1) .....	16
Tab. 5:	Im Jahr 2022 per Bahn und LKW transportierte Mengen von Haldenwasser und Prozessabwasser .....	17
Tab. 6:	Grenzwerte der Einleiterlaubnis .....	21
Tab. 7:	Rohsalzverarbeitung und Rohsalzzusammensetzung der Jahre 2017 bis 2022.....	25
Tab. 8:	Feste Rückstände und deren Zusammensetzung der Jahre 2017 bis 2022.....	25
Tab. 9:	Anfall an Prozessabwasser und Haldenwasser sowie Beckenbestände .....	26
Tab. 10:	In die Werra eingeleitete, versenkte sowie transportierte Salzabwassermengen .....	26
Tab. 11:	In die Werra eingeleitete Salzfrachten und deren Zusammensetzung .....	27
Tab. 12:	Versenkte Salzfrachten und deren Zusammensetzung .....	27
Tab. 13:	Chloridbilanz für den Pegel Gerstungen.....	30
Tab. 14:	Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen .....	30
Tab. 15:	Magnesiumbilanz für den Pegel Gerstungen .....	31

## Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgruppe
BBS	Boden- und Bauschuttdeckung (Bestandteil der Abdeckung von Kalirückstandshalden)
BGBI	Bundesgesetzblatt
BUND	Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland
BWP	Bewirtschaftungsplan
Ca	Calcium
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DEUSA	Deutsche Solbergwerke und Aufbereitungs GmbH
DepV	Deponieverordnung
DS	Dickschichtabdeckung
EDA	Eindampfanlage
ESTA	Elektro-Statistische Aufbereitung (trockenes Trennverfahren zur Aufbereitung von Kalirohsalzen, kommt ohne Salzlösungen und hohen Energieaufwand zur Trocknung der Produkte aus)
F+E	Forschung und Entwicklung
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
GSES	Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungs GmbH
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HVH	Halbtechnischer Versuch Haldenabdeckung
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.
KCl	Kaliumchlorid
KKF-Anlage	Kainit-Kristallisations- und Flotationsanlage (in der Anlage werden Prozesslösungen auf ca. die Hälfte ihres Volumens eingedampft und die dabei entstehenden Kristallisate aufbereitet. Kainit ist ein selten vorkommendes Mineral aus der Klasse der Sulfate).
KDB	Kunststoffdichtungsbahn

Mg	Magnesium
MgCl <sub>2</sub>	Magnesiumchlorid
MgSO <sub>4</sub>	Magnesiumsulfat
MNP	Maßnahmenprogramm
MQ	Mittlerer Abfluss
MSO	Multifunktionale Standortangepasste Oberflächenabdeckung (System zur Abdeckung von Kalirückstandshalden bestehend aus einer Abdeckung mit Boden und Bauschutt auf Haldenplateauflächen und einer Infiltrationshemmschicht auf Haldenflanken)
NaCl	Natriumchlorid
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
RP	Regierungspräsidium Kassel
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 2022 und führt Informationen auf, die der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser) bis zum Ende des Berichtsjahres 2022 vorlagen. Alle später vorliegenden Berichte, Untersuchungen und Monitoringergebnisse werden im Statusbericht 2023 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, 2021d) ([www.fgg-weser.de/gewaesserbewirtschaftung/handlungsfelder/salz/bewirtschaftungsziele-für-die-salzbelastung](http://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](http://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 km<sup>2</sup> 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 6.4).

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.

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 im **„Detaillierten Maßnahmenprogramm 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gemäß § 82 WHG“** (kurz: **MNP Salz 2021 bis 2027**) (FGG Weser, 2021c) 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.

Die Umsetzung der Maßnahmen zur Erreichung der Zielwerte 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. Das Unternehmen berichtet anhand von Sachstandsberichten über den Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen.

Das in den vorangegangenen Statusberichten enthaltene Kapitel zu den Besonderheiten und zeitlich begrenzten Sofortmaßnahmen des jeweiligen Berichtsjahres ist entfallen. Die Maßnahme Abtransport, die im MNP Salz 2015 bis 2021 als temporäre Maßnahme genannt war, wurde im aktuellen MNP Salz 2021 bis 2027 zu einer regulären Maßnahme und wird entsprechend in Kap. 2.5 behandelt.

Während der Erstellung des Statusberichtes 2022 hat sich der Kenntnisstand weiterentwickelt und es kam bei einigen Punkten zu neuen Sachständen, auf die hier nur kurz hingewiesen und im Statusbericht 2023 ausführlich eingegangen wird:

### **Einstapeln unter Tage (s. Kap. 2.3 )**

Nach aktuellem Stand ist voraussichtlich mit einer weiteren Verzögerung des Inbetriebnahmetermins des Einstapelns von Prozessabwässern des Werkes Werra in das Südwestfeld der Grube Springen bis zum Ende des 2. Quartals 2024 zu rechnen.

### **Haldenabdeckung Neuhoof-Ellers (s. Kap. 2.4)**

Nachdem den Planungen Ende 2022 und Anfang 2023 erhebliche Kritik durch regionale Stakeholder entgegengebracht wurde, hat sich das Unternehmen K+S entschlossen, die Planung einer Dickschichtabdeckung in der bisherigen Form nicht weiterzuverfolgen. An dem Runden Tisch „Haldenwasserreduzierung Neuhoof-Ellers“ sollen alternative, geeignete Handlungsvarianten zur Haldenwasserreduzierung beraten werden, die weiterhin auch die Vorgaben der Bewirtschaftungsplanung berücksichtigen.

## 2 Stand der Umsetzung des aktualisierten MNP Salz

Im Maßnahmenprogramm 2021 bis 2027 wurde eine Maßnahmenkombination festgelegt, mit der die Einhaltung der Zielwerte des Zielwertkonzeptes im Oberflächengewässer gesichert sowie die Einhaltung des Verschlechterungsverbotes 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. Aufgabe der AG Salzreduzierung ist die fachliche Begleitung und das Controlling der Umsetzung der Maßnahmen des MNP Salz 2021 bis 2027.

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

- Betrieb einer **Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)** (seit 2018) mit dem Ziel, die Prozessabwassermenge um bis zu 1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a zu reduzieren (seit 2019)
- **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

Darüber hinaus kann das Unternehmen K+S mit Hilfe weiterer innovativer Maßnahmen Umweltauswirkungen und Kosten reduzieren. Dies sind

- Maßnahmen mit kurz-/mittelfristigen Effekten (zur Verringerung des Abtransportes/ der Kosten)
- Maßnahmen mit langfristigen Effekten (zur Verringerung der Ewigkeitslast).

Im Folgenden wird der Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen auf Grundlage des Sachstandsberichts von K+S (Anhang 7.1) zusammenfassend dargestellt.

In den Tabellen 1 - 3 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. Die Einschätzung (Farbgebung) des Planungs-/Umsetzungsstandes erfolgte von der AG Salzreduzierung anhand der Sachstandsberichte von K+S (s. Anlage 7.1). Die Nummerierungen der Maßnahmen in den Tabellen 1-3 entsprechen denen des Zeitplans im MNP Salz 2021, Kap. 4.2.3 (s. a. nachfolgende Tab. 1).

### 2.1 Zeitplan des Fortschritts der Maßnahmenumsetzung

Tab. 1 gibt einen Überblick über den Fortschritt der aktuellen Maßnahmenumsetzung in 2022 und vergleicht den Umsetzungsstand mit den bisherigen Planungen.

Tab. 1: Vergleich des Umsetzungsstands mit dem festgelegten Zeit- und Maßnahmenplan (FGG Weser, 2021c)

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

**Legende:**

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



## 2.2 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)

Am Standort Hattorf wurde im Jahr 2018 eine Kainit-Kristallisations- und Flotationsanlage (KKF-Anlage) in Betrieb genommen. Nach einem halben Jahr Probebetrieb und einer Phase zur Umsetzung der Optimierungspotenziale konnten die verfahrenstechnischen Ziele (die Reduzierung der Prozessabwässer um bis zu 1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a gegenüber dem Stand Ende 2015) ab 2019 erreicht werden. Im Eindampf- und Kristallisationsteil der Anlage werden die angestrebten Salzkonzentrationen in der Lösung erreicht. Insbesondere ist eine MgCl<sub>2</sub>-Konzentration von rund 300 g/l erforderlich, damit zukünftig die KKF-Lösung

durch Mischen mit einer hochkonzentrierten  $\text{MgCl}_2$ -Lösung so konditioniert werden kann, dass technisch ein Einstapeln in der Grube Springen zukünftig möglich ist (s. a. Kap. 2.2).

Im Jahr 2022 wurden rund 2,6 Mio.  $\text{m}^3$  Prozesslösungen aus Hattorf und Unterbreizbach in der KKF-Anlage verarbeitet. Diese Menge liegt auf dem Niveau des Vorjahres. Durch die Eindampfung reduzierte sich das Volumen der Ausgangslösung auf ca. 1,3 Mio.  $\text{m}^3$ . Dadurch konnte ein Grad der Eindampfung von rund 50 % erzielt werden, was damit den technischen Vorgaben entspricht. Durch die Eindampfung und Kristallisation wurden der Lösung rund 487.000 t Salz entzogen. Diese Kristallisate wurden in Nachfolgeprozessen weiter zu Produkten aufbereitet und die dabei anfallenden Rückstände i.H. von 196.000 t/a weitgehend in fester Form auf der Rückstandshalde in Hattorf entsorgt.

## 2.3 Einstapeln unter Tage

Die Phase 1 der Maßnahme Einstapeln unter Tage befindet sich seit 2019 im bergrechtlichen Genehmigungsverfahren. Die einzelnen Verfahrensschritte sind Gegenstand des bergrechtlichen Genehmigungsverfahrens, das in der Verantwortung der zuständigen Bergbehörden in Hessen und Thüringen liegt. Sie werden daher hier bzw. in der Tabelle zum Umsetzungsstand nicht weiter dargestellt. Das Genehmigungsverfahren hat Auswirkungen auf die Umsetzung der Maßnahme, so dass regelmäßig gegenüber der AG Salzreduzierung grundsätzlich ein Sachstand zum Fortgang des Verfahrens berichtet wird. Dieser geht wiederum in den hier vorliegenden Statusbericht zur Maßnahmenumsetzung ein. Die Tab. 2 zeigt die Auswirkungen der Verzögerung auf die Zeitplanung und die Umsetzung der Maßnahme. Die Einhaltung der im BWP/MNP Salz 2021-2027 gesetzten Termine wird nur zusammenfassend dargestellt.

Nachdem das Regierungspräsidium Kassel im 3. Quartal 2022 mitgeteilt hatte, dass das vom Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz erbetene Einvernehmen bzgl. der Zulassung der 7. Ergänzung des Abschlussbetriebsplans der Grube Merkers (Phase 1, Einstapeln von Prozessabwässern des Werkes Werra in das Südwestfeld der Grube Springen) derzeit noch nicht erteilt werden kann, fand im Oktober 2022 ein Fachgespräch unter Beteiligung beider Bergbehörden, des Behördengutachters sowie K+S und deren Gutachtern statt. Im Zuge dessen konnten etliche Fragen geklärt werden. Diese wurden im Berichtszeitraum weitgehend schriftlich beantwortet und in ergänzte und aktualisierte Antragsunterlagen überführt. Diese Unterlagen sollen nach Auskunft von K+S im Januar 2023 eingereicht werden. Im Zulassungsverfahren des Sonderbetriebsplanes „Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeilers“ fanden in 2022 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 die Zulassung des Sonderbetriebsplans des Teiles der eigentlichen Durchörterung des Markscheidesicherheitspfeilers bisher nicht erfolgt ist, verschiebt sich der Inbetriebnahmetermin des Einstapelns unter Tage voraussichtlich in die 2. Jahreshälfte 2023. K+S ist bemüht, diese Verzögerung der Inbetriebnahme zu reduzieren.

Tab. 2: Umsetzungsstand der Maßnahme Einstapeln unter Tage (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2022, Anhang 6.1)

Nummerierung lt. Zeitplan des MNP (s. Tab. 1)	Einstapeln unter Tage	Zeitplan nach MNP Salz 2021-2027	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 6.1)		Stand Planung/ Umsetzung K+S
			Beginn	Ende	
2.1	Untersuchung	2016 – Ende 2020			
2.2	Planung und Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme <b>Phase 1</b>	ab 2019	2018	Q1/2023	
2.3	<b>Umsetzung Phase 1:</b> Einleitung von bis zu 1,5 Mio. m <sup>3</sup> /a vorhandener KKF-Lösung nach Konditionierung im Grubenfeld Springen (Südwest).	ab Ende 2021	Q1/2023	2026	
2.4	Planung und Genehmigung <b>Phase 2</b>		2023	2036	
2.5	<b>Umsetzung Phase 2:</b> Einleitung von bis zu 2 Mio. m <sup>3</sup> /a konfektionierter Lösung im erweiterten Grubenfeld Springen	ab Ende 2027	2027	2036	



Verzögerung, Enddatum kann gehalten werden



Im Zeitplan



Verzögerung, Enddatum kann nicht gehalten werden

## 2.4 Haldenabdeckung

Zur Verminderung der anfallenden Haldenwassermengen werden im Rahmen der Haldenabdeckung die aktuell beschütteten Rückstandshalden sowie die geplanten Haldenerweiterungen am Werk Werra und die Halde Neuhoft abgedeckt. Per Planfeststellungsbeschluss sind die Erweiterungen der Halden des Werkes Werra, Hattorf (Phase 1 am 10.10.2018 und Phase 2 am 03.04.2023) und Wintershall (am 10.09.2020), zugelassen worden. Die Abdeckung soll während der Produktionsphase beginnen und kann erst in der Nachbetriebsphase abgeschlossen werden.

### Werk Werra

Am Werk Werra wird die in 2021 angepasste und optimierte Haldenabdeckung, bestehend aus einer Bodenabdeckung mit unterlagernder Kunststoffdichtungsbahn auf dem Plateau und einer Dünnschichtabdeckung an den Flanken, umgesetzt. Für die Abdeckung der bestehenden Plateaufläche von 6,5 ha der Halde Hattorf liegt seit Mitte Juni 2022 die Genehmigung vor. Bis Ende 2022 wurden insgesamt 2,2 ha Plateaufläche abgedeckt, bis Ende 2024 sollen die gesamten 6,5 ha abgedeckt sein. Außerdem sollen ein Jahr nach dem künftigen Ende der Aufschüttungen auf der Halde weitere 3 ha Abdeckung erfolgen.

K+S hat das System in 2021 nochmals wie im MNP Salz 2021 bis 2027 beschrieben, 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.

Für die geplante Flankenabdeckung (Dünnschicht) auf der Halde Hattorf wurden die Scopingunterlagen erarbeitet und im Dezember 2022 bei den zuständigen Bergbehörden eingereicht.

Die Genehmigung für den Mitte Juni eingereichten und bis Mitte September vervollständigten Antrag zur Plateauabdeckung der Halde Wintershall (Bodenabdeckung mit unterlagernder KDB) ist im Dezember 2022 erteilt worden. Mit dem Start der Grobprofilierung ist der Baubeginn noch 2022 erfolgt.

Die Testfelder sowie der Lysimeterversuch auf dem Haldenplateau Wintershall zur Infiltrationshemmschicht wurden im Vorfeld der langfristig umzusetzenden Haldenplateauabdeckung zurückgebaut.

K+S verzichtet auf die IHS und setzt stattdessen die Dünnschichtabdeckung um. Hier verfügt K+S mittlerweile über 20 Jahre Erfahrung aus der Abdeckung der Halde Sigmundshall (Wunstorf, Niedersachsen) sowie zahlreicher Labor- und Gewächshausversuche, Lysimeterversuche sowie dem seit 2018

geschütteten Halbtechnischen Versuch (HVH). Die Anpassung und Optimierung des Systems gewährleistet nach Aussage von K+S eine komplette Begrünbarkeit der Haldenoberfläche und eine gesteigerte Haldenwasserreduzierung.

Durch die vorgenommene Anpassung und Optimierung der Plateau- und Flankenabdeckung war es nötig, auch den Zeitplan anzupassen. Damit kann bei der Plateauabdeckung 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 oben beschriebene Systemwechsel erfolgte bereits in 2020. In der Tab. 3 ist der Umsetzungsstand der einzelnen Maßnahmenschritte dargestellt. Es wird jedoch nur der Umsetzungsstand des aktuellen Abdecksystems fortgeschrieben. Im Hinblick auf das zunächst favorisierte Verfahren wurden bereits seit 2011 zahlreiche Versuche durchgeführt und Antragsunterlagen erarbeitet. Die einzelnen Entwicklungsschritte dazu können den Statusberichten 2020 und 2021 jeweils im Kapitel 2.2 entnommen werden.

### **Werk Neuhoof-Ellers**

Nach Aussage von K+S ist für die Halde Neuhoof aufgrund erstellter Materialverfügbarkeitsstudien sowie Marktrecherchen die Umsetzung einer Dickschichtabdeckung (DS) möglich. Bei der Planung kann K+S auf langjährige Erfahrungen aus Referenzabdeckungen wie z. B. der Halde Friedrichshall (Sehnde, Niedersachsen) zurückgreifen und diese auf die Standortgegebenheiten im Werk Neuhoof-Ellers übertragen.

Eine 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.

Basierend auf der Machbarkeitsstudie zur Dickschichtabdeckung - Halde Neuhoof wurden Scopingunterlagen erarbeitet und am 15.07.2022 bei der Genehmigungsbehörde eingereicht. Nach Beteiligung der Öffentlichkeit und Prüfung der eingegangenen Stellungnahmen erfolgte die abschließende Unterrichtung über den Untersuchungsrahmen am 30.09.2022. Gleichzeitig wurde das Regierungspräsidium Kassel als federführende Behörde auch für etwaig erforderliche notwendige Folgemaßnahmen bestimmt.

Neben den wiederkehrenden Gesprächen mit Vertretern aus Politik und Gemeinden wurde das Vorhaben auch der breiten Öffentlichkeit in einer Presseveranstaltung sowie in einer weiteren Bürgerinformationsveranstaltung am 19.10.2022 vorgestellt. Zusätzlich wurden Informationen über das Vorhaben auf der K+S Website zur Verfügung gestellt. Im Hinblick auf die neuen Entwicklungen wird auf die Vorbemerkung verwiesen.

In der Tab. 4 ist der Umsetzungsstand der einzelnen Maßnahmenschritte dargestellt. Es wird jedoch nur der Umsetzungsstand des aktuellen Abdecksystems fortgeschrieben. Im Hinblick auf das zunächst favorisierte Verfahren wurden bereits seit 2016 zahlreiche Versuche durchgeführt. Die einzelnen Entwicklungsschritte dazu können den Statusberichten 2020 und 2021 jeweils im Kapitel 2.2 entnommen werden.

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. 3: Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Werra (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2022, Anhang 6.1)

Haldenabdeckung Hattorf und Wintershall		Zeitplan nach MNP Salz 2021- 2027	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbe- richt K+S (Anhang 7.1)		Stand Planung/ Umsetzung K+S
			Beginn	Ende	
Nummerie- rung lt. Zeitplan des MNP (s. Tab. 1)	Multifunktionale Standortangepasste Oberflächenabdeckung (MSO)				
3.1	Regelbetrieb (Betriebs- phase)	2021 - 2075	2019	2075	
3.1.1	Plateauabdeckung Pol- derbau		2019 <sup>1)</sup>		
3.1.2	Abdeckung MSO		2021		
3.1.2.1	Erstellung Machbarkeits- studie MSO		Q2/2020	Q3/2020	✓
3.1.2.2	Bau Lysimeterfeld + Pro- befeld IHS		2020/2021		✓
3.1.2.3	Bau der Prüffelder BBS		2021		✓
3.1.2.5	Bau 1. Quadrant Boden- abdeckung + KDB		2022		
3.1.2.6	Einreichen der Antrags- unterlagen für neues Konzept Haldentopabde- ckung (MSO)		Q4/2021	Q2/2022	✓
3.1.2.7	Genehmigungsverfahren		2022-2023		
3.1.2.8	Intermittierende Pla- teauabdeckung mit Bo- denabdeckung + KDB		Q4/2023		
3.1.3	Flankenabdeckung Dünnschichtverfahren		2024		2026
3.1.3.1	Einreichen der Antrags- unterlagen		Q4/2022		
3.1.3.2	Genehmigungsverfahren		2024 – 2026 <sup>2)</sup>		

✓ abgeschlossen      Im Zeitplan

Verzögerung, Enddatum kann  
gehalten werden

Tab. 4: Umsetzungsstand der Haldenabdeckung Werk Neuhof (gem. Sachstandsbericht K+S für Q4/2022, Anhang 6.1)

Haldenabdeckung Neuhof-Ellers		Zeitplan nach MNP Salz 2021-2027	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbe- richt K+S (Anhang 7.1)		Stand Umsetzung K+S
			Beginn	Ende	
Nummerie- rung lt. Zeitplan des MNP (s. Tab. 1)	Dickschichtabdeckung (Boden/Bauschutt*)				
3.2	DS-Abdeckung NE	2021 – 2075			
3.2.1	Prüfung und Ent- wicklung möglicher Umsetzvarianten der DS-Abdeckung NE		2020	Ende 2021	✓
3.2.2	Vorplanung der aus- gewählten Umset- zungsvariante		2021	2022	✓
3.2.3	Erarbeitung der An- tragsunterlagen		2021	Ende 2024	
3.2.3.1	Scopingtermin		Q3/2022		✓
3.2.4	Genehmigungsver- fahren		2024	Ende 2026	
3.2.5	Beginn der Umset- zung/des Regelbe- triebs		Ende 2027		

☒ Abgeschlossen
 ☐ Im Zeitplan

\* die aktuellen Entwicklungen 2023 in Neuhof-Ellers s. Kap.1 Einleitung

## 2.5 Abtransport

Nach der Einstellung der Versenkung Ende 2021 standen für die Entsorgung der Prozessabwässer und der Haldenwässer im Jahr 2022 der Weg über die Einleitung in die Werra und der Transport zu geeigneten Grubenhohlräumen zur Verfügung. Reichte aufgrund länger anhaltender niedriger Wasserführung der Entsorgungsweg über die Einleitung in die Werra nicht aus, wurden zur Einhaltung der Zielwerte Salzabwässer per LKW und/oder Bahn zu geeigneten Gruben oder Gaskavernen zur Entsorgung bzw. zur Nutzung für Verwahrungsarbeiten abtransportiert.

Trotz der im Vergleich zum Normaljahr geringeren Wasserführung der Werra konnte im Jahr 2022 die überwiegende Menge der angefallenen Halden- und Prozessabwässer durch die Einleitung in die Werra entsorgt werden, insgesamt waren dies rund 2,96 Mio. m<sup>3</sup> (s. a. Tab. 10).

Im Jahr 2022 wurden in Summe rund 1,79 Mio. m<sup>3</sup> Prozessabwasser und Haldenwasser per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben oder Gaskavernen transportiert. Der Anteil an reinem LKW-Transport lag bei rund 13% und an reinem Bahntransport bei rund 81 %. Die restlichen Transporte entfielen auf kombinierte Transporte per Bahn und LKW.

Die Transporte in 2022 fielen gegenüber 2021 deutlich höher aus. Im Jahr 2022 mussten rund 1,0 Mio. m<sup>3</sup> mehr über den LKW- und Bahntransport entsorgt werden als im Jahr 2021. In Tab. 5 sind die im Jahr 2022 transportierten Mengen an Haldenwasser und Prozessabwasser zu den einzelnen Lokationen wiedergegeben.

Zur dauerhaften Entsorgung von Prozessabwasser und Haldenwasser in das stillgelegte Kalibergwerk Sigmundshall (Bokeloh/Region Hannover), in welches der größte Anteil transportiert wurde, steht ein Gesamthohlraumvolumen von 36,4 Mio. m<sup>3</sup> zur Verfügung. Nach niedersächsischem Bergrecht müssen stillgelegte Bergwerke zur langfristigen Sicherung und Stabilisierung geflutet werden. Unter Berücksichtigung der bereits eingeleiteten Flutungswässer aus dem Jahr 2021 waren Ende 2022 noch ca. 33,97 Mio. m<sup>3</sup> verfügbar. Rund 70 % der eingeleiteten Gesamtmenge aus den Jahren 2021 und 2022 resultiert

aus den Einleitungen der Halden- und Prozesswässer der Werke Werra und Neuhoof-Ellers. Die restlichen 30 % stammen überwiegend aus Einleitungen des Standortes Sigmundshall selbst. Es handelte sich dabei im Wesentlichen um Halden- und Brauchwasser. Die Gaskaverne in Bad Lauchstädt (Sachsen-Anhalt) ist mittlerweile komplett geflutet. In Bernburg (Sachsen-Anhalt) stehen für das Jahr 2023 noch ca. 90.000 m<sup>3</sup> Hohlraum zur Verfügung. An die DEUSA (deutsche Solbergwerke und Aufbereitungs GmbH, Thüringen) und die GSES (Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungs GmbH, Thüringen) wurde KKF-Lösung zur Verwertung geliefert.

Tab. 5: Im Jahr 2022 per Bahn und LKW transportierte Mengen von Haldenwasser und Prozessabwasser

Zielort	Haldenwasser [m <sup>3</sup> ]	Prozessabwasser [m <sup>3</sup> ]
Sigmundshall	615.630	791.278
Bad Lauchstädt	0	239.520
Bernburg	0	32.850
Sehnde	0	45.310
GSES	0	11.700
DEUSA	0	51.700
Summe	615.630	1,172 358
Summe gesamt	1.787.988	

### Ober- und unterirdische Zwischenspeicherung

Der temporäre Speicher in der Grube Hattorf-Wintershall wurde auch im Jahr 2022 genutzt, um hoch-mineralisierte Salzlösungen aus der Kalirohsalzaufbereitung in Phasen mit längerer niedriger Wasserführung der Werra zwischenspeichern. Bei ausreichender Wasserführung können diese Salzlösungen wieder nach über Tage gepumpt und in die Werra eingeleitet oder abtransportiert werden. Für die temporäre Einstapelung von Salzlösungen aus dem Werk in Unterbreizbach in das Grubenfeld Springen (Bergwerk Merkers) liegt seit 2016 eine Genehmigung durch das Thüringer Landesbergamt vor.

Die Änderungen der Beckenstände können Tab. 9, Kap. 3.4.1, entnommen werden. Mit diesen zusätzlichen Speichern wird zum einen die Produktion gesichert und zum anderen werden Transporte per LKW und Bahn vermieden bzw. deutlich reduziert.

## 2.6 Beendigung der Versenkung

Um die Bewirtschaftungsziele im Grundwasser erreichen zu können und den diffusen Eintrag in die Werra hinreichend zu reduzieren, war 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 bereits in das MNP Salz 2015 bis 2021 aufgenommen.

Die seit dem Jahr 1925 im Werratal betriebene Einleitung in den Leine-Karbonat (Versenkung) ist am 22.12.2021 mit der Stilllegung der Versenkung am Standort Hattorf endgültig eingestellt worden.

Für die Trinkwassergewinnungsanlagen Ulstertal und Meiselsgraben wurde im Rahmen des letzten Genehmigungsbescheides für die Versenkung vom 23. Dezember 2016 durch das RP Kassel ein intensives Monitoring verankert. An den beiden Anlagen sind monatlich die Hauptinhaltsstoffe (Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Hydrogenkarbonat, Sulfat, Chlorid und Nitrat) sowie Bromid zu beproben. Die beiden Trinkwassergewinnungsanlagen Ulstertal und Meiselsgraben wurden gemäß der Nebenbestimmung 1 der Versenkerlaubnis des RP Kassel intensiv überwacht.

Beide Brunnen werden auch nach Einstellung der Versenkung Ende 2021 weiterhin einmal monatlich beprobt. Die Werte für die Parameter Chlorid, Kalium und Magnesium sind in den folgenden Abb. 1 und Abb. 2 für das Jahr 2022 für beide Brunnen fortgeschrieben.

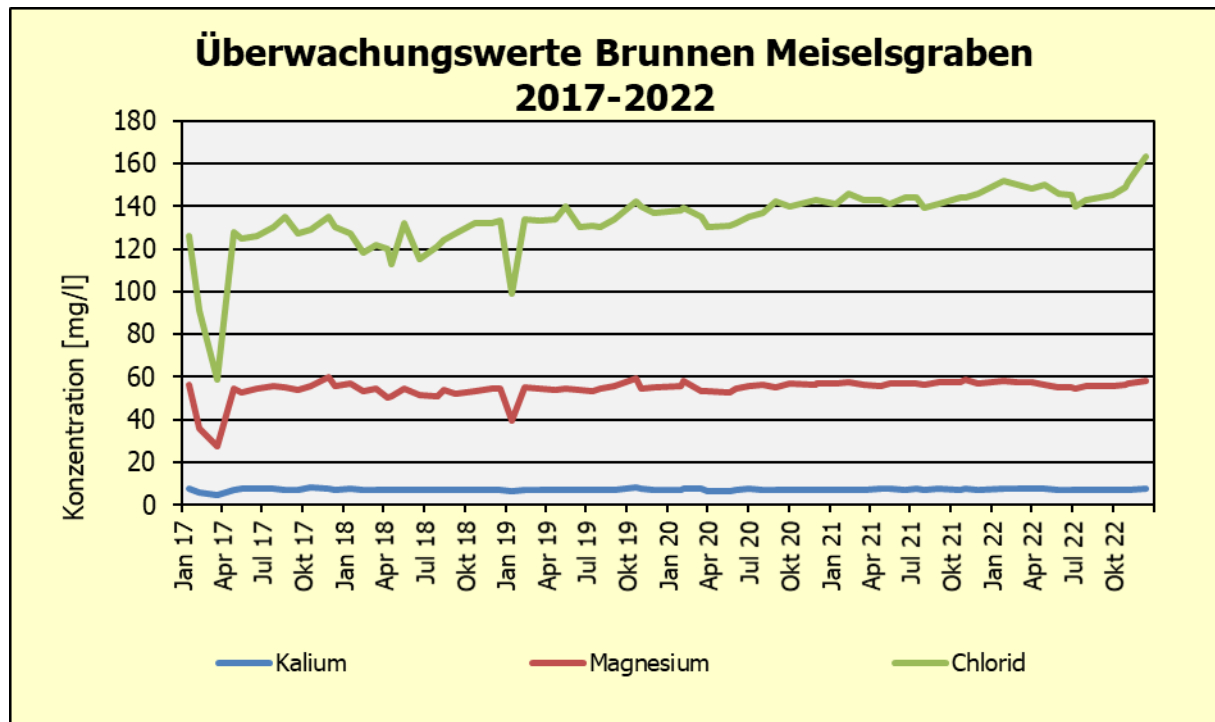


Abb. 1: Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Meiselsgraben 2017 bis 2022

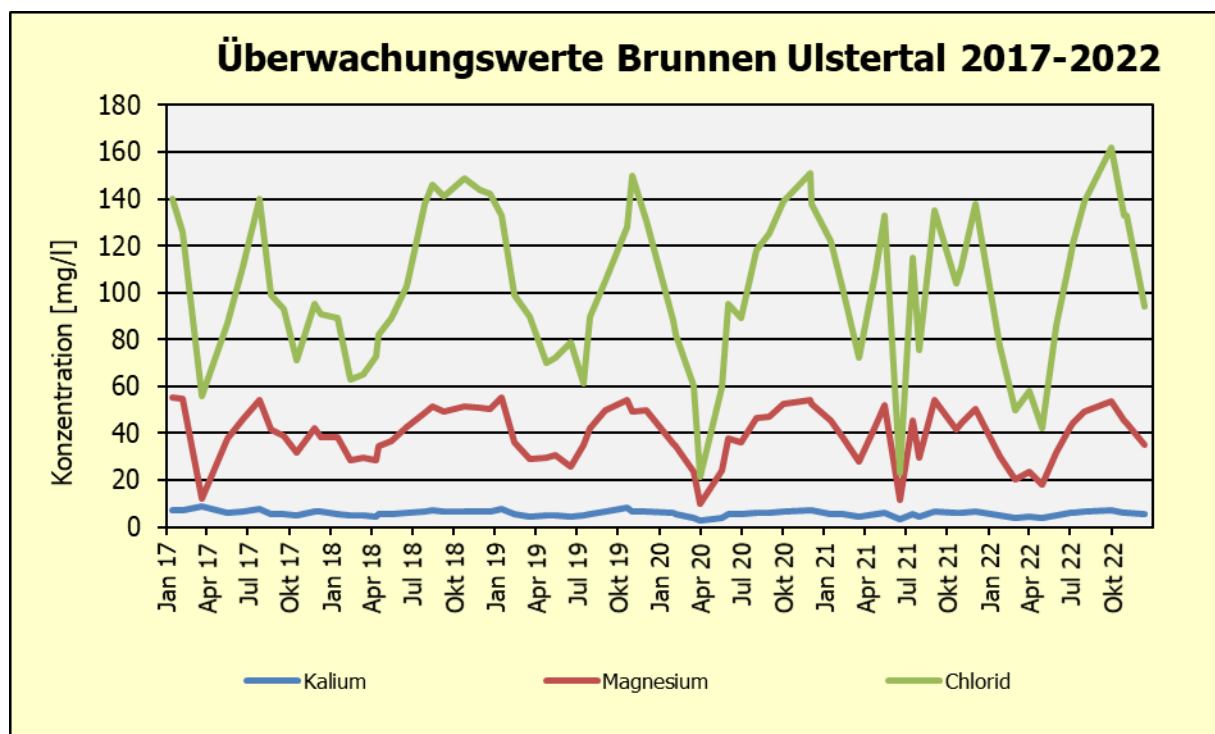


Abb. 2: Ergebnisse der Überwachung des Brunnens Ulstertal 2017 bis 2022

## 2.7 Ökologisches und ökonomisches Monitoring

Da die aufgeführten Maßnahmen hinsichtlich der Zielerreichung mit Prognoseunsicherheiten behaftet sind, wurde bereits seit der Umsetzung des Maßnahmenprogramms Salz 2015 bis 2021 ein flankierendes Monitoring eingerichtet.

Auch 2022 berichtet K+S umfassend über das durchgeführte Monitoring (Werksmonitoring (Salz und Produktionswässer) und Gewässermonitoring des Grundwassers (Chemie) sowie der Oberflächengewässer (chem.-physikal. Daten, Biologie, Auenmonitoring) in der Region Werra). Durch die Umsetzung der Maßnahmen des BWP/MNP Salz 2015-2021 und die Aufnahme von neuen Maßnahmen im MNP Salz 2021-2027 wurde es jedoch erforderlich, den bisherigen jährlichen Monitoringbericht in Bezug auf die Veränderungen entsprechend anzupassen, zu überarbeiten und ansonsten fortzuschreiben.

Das Werksmonitoring beinhaltet im Wesentlichen Daten der Werke Neuhoof-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. Mit dem aktuellen Maßnahmenprogramm Salz 2021 bis 2027 wird dieses Monitoring um ökonomische Kriterien ergänzt. Die Daten werden periodisch vom Unternehmen K+S erfasst, dokumentiert und den zuständigen Behörden berichtet.

Die wichtigsten Ergebnisse des Monitorings 2022 sind in Kapitel 3 dargestellt.

## 2.8 F+E-Maßnahmen

Zur Weiterentwicklung von alternativen Maßnahmen sind von K+S laufend Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (F+E-Vorhaben, s. Anhang 6.2) vorgesehen. Seit 2019 waren dies schwerpunktmäßig Projekte im Rahmen der Konditionierung und Einstapeln im Grubenfeld Springen. Die internen Forschungsarbeiten dazu wurden 2021 abgeschlossen. Seitdem liegt der Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten im Bereich der Reduktion der noch verbliebenen Salzabwässer:

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.

## 2.9 Risikomanagement

Bei den in den Kapiteln 2.2 und 2.3 beschriebenen Maßnahmen handelt es sich um innovative Maßnahmen, die zum Teil noch nicht den Stand der Technik darstellen 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 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 6.3 dargestellt und kommt zu folgender, zusammenfassender Einschätzung:

### Projektrisiken Einstapeln unter Tage

- Das Projektrisiko „Vorlauf länger als bis 2021 (Genehmigung, Beschaffung, Bau)“ 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 mindestens 6 Monate nach Zulassung der Durchörterungsbohrung (Prognose K+S Ende 2022: Ende August 2023).
- Die übrigen Risiken haben unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten. Für relevante Risiken bestehen Gegensteuerungsmaßnahmen, so dass diese beherrschbar sind.

### **Projektrisiken Haldenabdeckung**

- Die Risiken haben unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten. Für alle Risiken bestehen Gegensteuerungsmaßnahmen, so dass diese beherrschbar sind.
- Die Abdeckung im Dickschichtverfahren ist Stand der Technik für mittelgroße Halden. Für eine sehr große Halde wie die Halde Neuhoof-Ellers sind möglicherweise konzeptionelle Anpassungen des Verfahrens erforderlich. (Die aktuellen Entwicklungen 2023 in Neuhoof-Ellers s. Kap.1 Einleitung)
- Die schadlose Verwertung der Abdeckmaterialien ist Grundvoraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit

Diese Einschätzungen beruhen ausschließlich auf der Betrachtung fachlicher/technischer Aspekte durch K+S und berücksichtigen nicht die Bewertung durch Genehmigungsbehörden oder deren Fachgutachter.

### 3 Auswertung der Monitoringdaten und Beurteilung der Gewässergüte für den Berichtszeitraum 2022

Im Zielwertkonzept der FGG Weser (Anhang 6.4) 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 (FGG Weser, 2016a)).



Abb. 3: Messstellen zur Überwachung der Oberflächenwasserkörper bzgl. der Salzbelastung.

Die Farben markieren Wasserkörper im Verlauf von Werra und Weser

Mit der bis zum 31.12.2027 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 23.12.2021, Az. 34/Hef-79 f 12-03-352-2/666) folgende Grenzwerte (Tab. 6) als Maximalwerte festgelegt:

Tab. 6: Grenzwerte der Einleiterlaubnis

Zeitraum	Ab 01.01.2022	Ab 01.01.2023	Ab 01.01.2024
Chlorid [mg/l]	2000	1820	1700
Kalium [mg/l]	175	160	150
Magnesium [mg/l]	270	245	235
Sulfat [mg/l]	635	575	540

Eine Absenkung der Grenzwerte für die Jahre 2026 und 2027 bleibt in der o.g. Erlaubnis noch entsprechend den Festlegungen des BWP Salz 2021-2027 der FGG Weser vorbehalten. Das Unternehmen kann hiernach bis Herbst 2024 darlegen, ob Risiken bezüglich der technischen Realisierbarkeit und Zumutbarkeit bestehen, die einer Festlegung der Werte als Zielwerte für die Jahre 2026 und 2027 des BWP Salz 2021-2027 entgegenstehen. Der Weserrat wird unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Monitorings und des Umsetzungsstands der Maßnahmen bis Ende 2024 eine Empfehlung zur weiteren Absenkung der Zielwerte erstellen. Bei Bedarf findet eine Weserministerkonferenz statt.

Die Einleitung ist nach Menge und Konzentration so vorzunehmen, dass unter Berücksichtigung der Vorbelastung sowie der diffusen Einträge die Grenzwerte am Pegel Gerstungen 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/Ulster werden täglich Untersuchungen auf die Salzparameter Chlorid, Magnesium, Kalium, Sulfat, Gesamthärte, Natrium und Calcium und die Untersuchungen gemäß Thüringer Monitoringprogramm (durch das Thüringer Landesamtes 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 2 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. 3)) werden mit den Vorgaben des Zielwertkonzeptes verglichen.

## 3.1 Hydrologie

### 3.1.1 Abflussverhältnisse Werra

Die Abflussdaten des Pegels Gerstungen werden im Rahmen des „Werra/Ulster-Messprogramms“ von der zuständigen hessischen Behörde zur Verfügung gestellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um vorläufige Daten handelt, die noch einer nachträglichen Prüfung und ggf. einer Korrektur unterzogen werden.

Die Tageswerte für den Abfluss der Werra am Pegel Gerstungen schwankten im Jahr 2022 zwischen  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $106 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einem Jahresmittelwert von  $MQ = 24,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Vergleich zum „Normaljahr“ 1999 mit einem  $MQ$  von  $31,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , zeigte sich insbesondere in den Monaten von März bis August sowie im November und Dezember 2022 ein deutlich geringerer Abfluss. Teilweise, wie im Juli oder August, lagen die Werte mehr als die Hälfte unter den entsprechenden Werten der Monate des Jahres 1999. Nur im September und Oktober lagen die mittleren Abflüsse der Werra am Pegel Gerstungen im Bereich der jeweiligen Monate des Jahres 1999. Insgesamt zeigte das Jahr 2022 im Jahresmittel einen deutlich geringeren Durchfluss als das „Normaljahr“ 1999.

Das Abflussgeschehen der Werra ist üblicherweise geprägt von abflussarmen Sommer- und Herbstperioden sowie von Hochwässern, die zum dominierenden Teil aus der Schneeschmelze resultieren. Als Folgen des Klimawandels sind jedoch bereits schon jetzt Veränderungen von Temperatur und Niederschlag eingetreten, die das Abflussgeschehen beeinflussen. So werden vermutlich niedrige Wasserstände ebenso wie Hochwasserereignisse zahlreicher werden. Am Pegel Gerstungen lag nach mehreren sehr trockenen Jahren die Abflusssumme 2022 zwar in 1. Halbjahr über, im 2. Halbjahr jedoch unter dem langjährigen Mittel (2000 bis 2020).

Mit Ausnahme der Monate Januar und Februar lagen alle monatlichen Abflüsse des Jahres 2022 unter den mittleren Abflüssen der Jahre 2000 bis 2020 (Abb. 4). Mit Ausnahme der Monate Januar, Februar und April war es sogar noch trockener als das Vorjahr 2021.

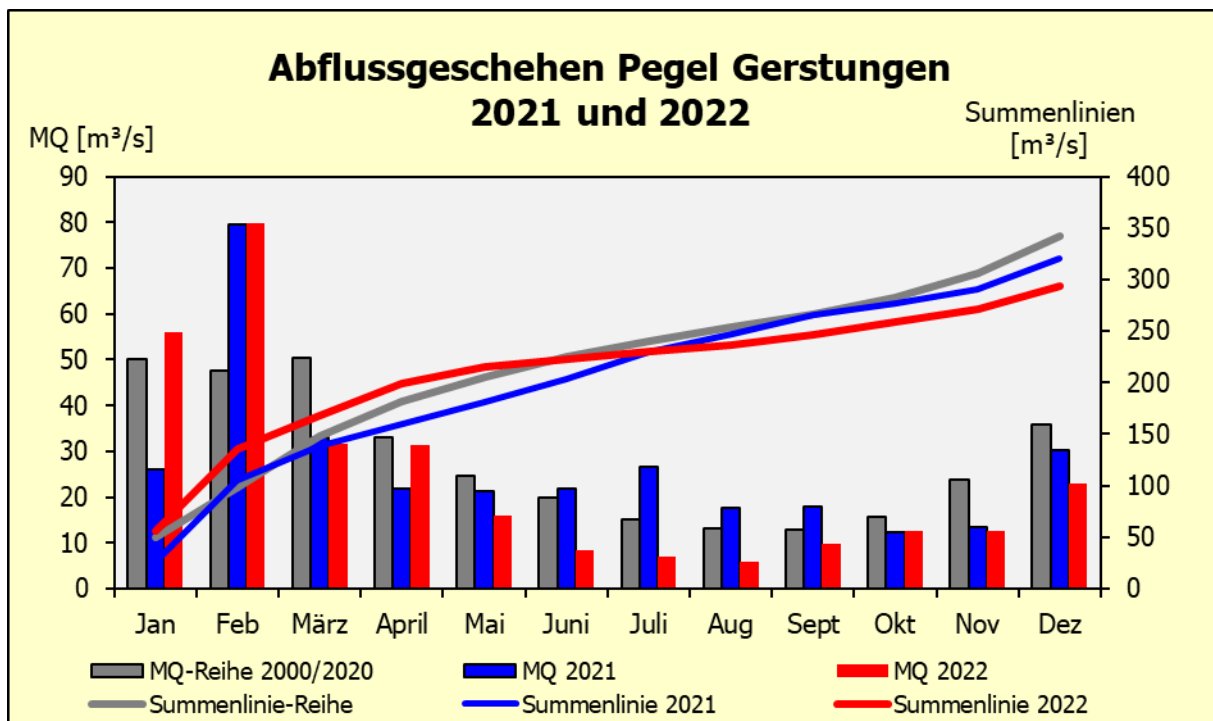


Abb. 4: Vergleich der mittleren Abflüsse 2021 und 2022 mit dem Mittelwert 2000 bis 2020 am Pegel Gerstungen/Werra

### 3.1.2 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 2022 erneut unter dem langjährigen Mittel (2000 bis 2020).

Mit Ausnahme des Monats Februar lagen alle monatlichen Mittelwerte des Jahres, ähnlich wie an der Werra, deutlich unter den Abflüssen der Jahre 2000 bis 2020. Mit Ausnahme der Monate Januar, Februar und April war es sogar noch trockener als das Vorjahr 2021 (Abb. 5).

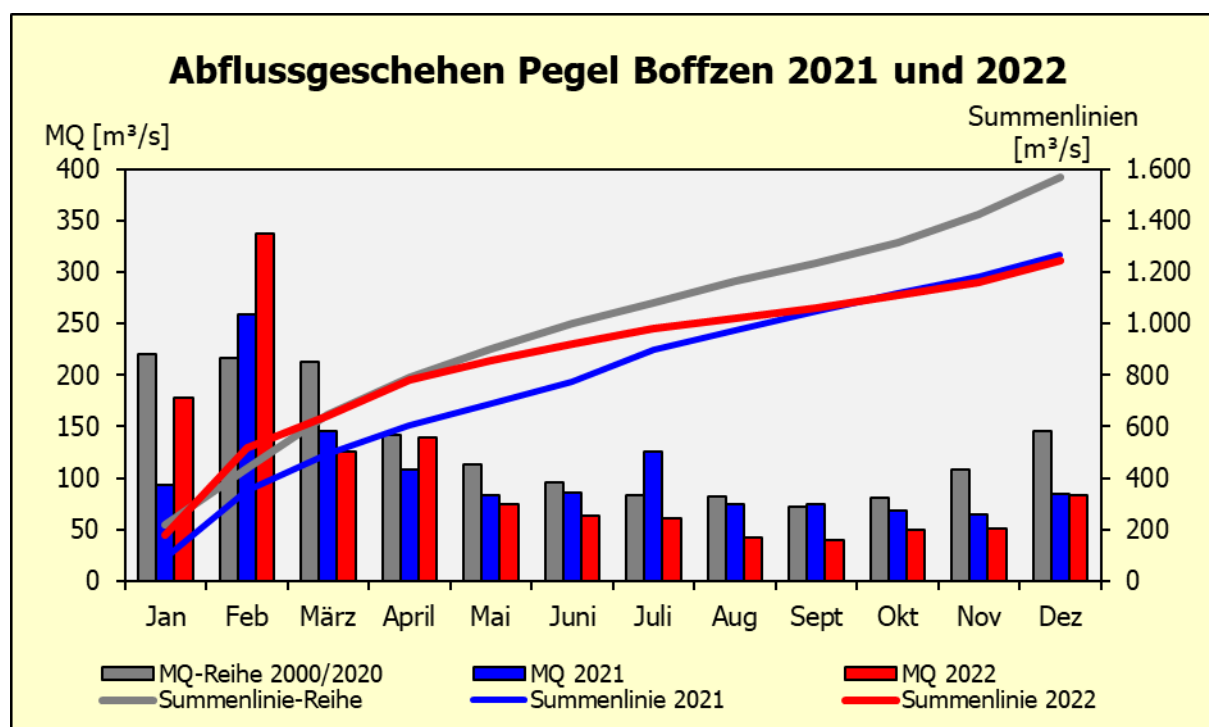


Abb. 5: Vergleich der mittleren Abflüsse 2021 und 2022 mit dem Mittelwert 2000 bis 2020 am Pegel Boffzen/Oberweser, abgeleitet aus den Abflussdaten des Pegels Hörter

## 3.2 Rohsalzverarbeitung

Im Werk Werra und im Werk Neuhoof-Ellers wurden im Jahr 2022 in Summe rund 22,9 Mio. t Rohsalz in den Fabrikbetrieben verarbeitet. Diese Menge liegt rund 2,6 % unter der Verarbeitungsmenge des Vorjahres.

Bei der Rohsalzzusammensetzung bzgl. Kaliumchlorid (KCl), Magnesiumchlorid (MgCl<sub>2</sub>), Magnesiumsulfat (MgSO<sub>4</sub>) und Natriumchlorid (NaCl) traten, im Vergleich zum Vorjahr, geringfügige Änderungen ein. So ging der Wertstoffgehalt an KCl leicht zurück und der von MgSO<sub>4</sub> stieg etwas. Die nicht weiter verwertbaren Bestandteile NaCl nahmen ebenfalls zu und die von MgCl<sub>2</sub> etwas ab. In Tab. 7 sind die Verarbeitungsmengen sowie die Rohsalzzusammensetzungen seit 2017 dargestellt.

Tab. 7: Rohsalzverarbeitung und Rohsalzzusammensetzung der Jahre 2017 bis 2022

		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Menge	Mio. t	22,16	21,33	22,46	22,86	23,56	22,93
Kaliumchlorid	%	15,0	14,6	14,7	14,8	14,4	14,1
Magnesiumchlorid	%	1,3	1,5	1,4	1,4	1,7	1,2
Magnesiumsulfat	%	11,7	11,1	11,1	10,9	10,8	10,9
Natriumchlorid	%	67,8	68,5	68,7	68,4	67,9	69,3

Die nicht in der Tabelle aufgeführten restlichen Bestandteile des Rohsalzes bestehen im Wesentlichen aus Kristallwasser, Calciumsulfat und unlöslichen Bestandteilen.

### 3.3 Entsorgung der festen Rückstände

Trotz der im Vergleich zum Jahr 2021 etwas geringeren Rohsalzverarbeitung nahmen im Jahr 2022 die Mengen an zu entsorgenden festen Rückstandssalzen leicht zu. Dies lag insbesondere an der höheren Rückstandsabscheidung am Standort Hattorf aus der ESTA-Anlage und dem Lösebetrieb inklusive KKF-Anlage. Im Jahr 2022 wurden insgesamt rund 18,6 Mio. t feste Rückstände unter Tage versetzt bzw. über Tage aufgehaldet.

Der Anteil des festen Rückstands stieg in den Jahren 2017 bis 2022 kontinuierlich von 88,9 % auf rund 91,3%. Dies ist eine direkte Folge aus der erreichten Salzabwasservermeidung. Die darin gelösten Salzzückstände 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 86 %.

In Tab. 8 sind die Gesamtrückstandsmengen sowie die Salzzusammensetzung der Jahre 2017 bis 2022 gegenübergestellt.

Tab. 8: Feste Rückstände und deren Zusammensetzung der Jahre 2017 bis 2022

		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Menge	Mio. t	17,6	17,1	17,7	18,1	18,4	18,6
Kaliumchlorid	%	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7
Magnesiumchlorid	%	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Magnesiumsulfat	%	5,1	5,0	5,0	5,1	5,0	5,0
Natriumchlorid	%	85,6	85,5	85,8	85,6	86,4	86,4
Anteil am Gesamtrückstand (fest und flüssig)	%	88,9	90,1	89,8	90,4	90,4	91,3

Die nicht in der Tabelle aufgeführten restlichen Bestandteile des Rohsalzes bestehen im Wesentlichen aus Kristallwasser, Calciumsulfat und unlöslichen Bestandteilen.

### 3.4 Salzabwasseranfall und Salzabwasserentsorgung

#### 3.4.1 Salzabwassermengen

Im Jahr 2022 fielen in Summe rund 5,06 Mio. m<sup>3</sup> an Salzabwasser (Prozessabwasser und Haldenwasser) an. Das sind im Vergleich zum Jahr 2021 mit einer Salzabwassermenge von rund 6,33 Mio. m<sup>3</sup> rund 1,3 Mio. m<sup>3</sup> weniger.

Im Vergleich zum Vorjahr sank die Prozessabwassermenge im Jahr 2022 um rund 1,11 Mio. m<sup>3</sup>. Dieser Effekt ist insbesondere durch ein Absinken des MgCl<sub>2</sub>-Gehaltes im Rohsalz, die gesunkene Rohsalzverarbeitung und einen höheren Anteil an festen Salzzrückständen begründet.

Der Füllstand in den übertägigen und untertägigen Becken nahm von Beginn des Jahres 2022 bis zum Ende des Jahres insgesamt um rund 361.000 m<sup>3</sup> zu.

Im Jahr 2022 wurden noch rund 0,05 Mio. m<sup>3</sup> 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

		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Haldenwasser	Mio. m <sup>3</sup>	2,255	2,566	2,538	2,794	2,933	2,802
Prozessabwasser	Mio. m <sup>3</sup>	4,039	3,075	3,391	2,918	3,359	2,254
Grubenwasser	Mio. m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0,039	0,051
<b>Summe</b>	<b>Mio. m<sup>3</sup></b>	<b>6,294</b>	<b>5,641</b>	<b>5,929</b>	<b>5,713</b>	<b>6,331</b>	<b>5,107</b>
Änderung im Beckenfüllstand <b>über</b> Tage	Mio. m <sup>3</sup>	-0,192	+0,036	-0,012	+0,119	-0,123	+0,288
Änderung im Beckenfüllstand <b>unter</b> Tage	Mio. m <sup>3</sup>			+0,016	-0,001	-0,002	+0,073
Entsorgte Menge	Mio. m <sup>3</sup>	6,486	5,606	5,925	5,595	6,456	4,746

Im Vergleich zum Vorjahr konnten aufgrund der geringen Werraabflüsse am Pegel Gerstungen im Jahr 2022 rund 1,752 Mio. m<sup>3</sup> weniger Salzabwässer in die Werra eingeleitet werden. Eine Versenkung von Prozessabwässern fand im Jahr 2022, nach der Einstellung der Versenkung Ende 2021, nicht mehr statt.

Im Jahr 2022 wurden in Summe rund 1,79 Mio. m<sup>3</sup> per Bahn und LKW zu leerstehenden Gruben, Gaskavernen, zur DEUSA und zur innerbetrieblichen Verwertung transportiert (s. Kap. 2.4).

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 2017 bis 2022 dargestellt.

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

		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Einleitung Werra	Mio. m <sup>3</sup>	4,560	3,409	3,935	3,585	4,708	2,956
Versenkung	Mio. m <sup>3</sup>	1,190	1,022	1,141	1,312	1,031	0,000
Transport	Mio. m <sup>3</sup>	0,736	1,175	0,849	0,698	0,717	1,790
<b>Summe</b>	<b>Mio. m<sup>3</sup></b>	<b>6,486</b>	<b>5,606</b>	<b>5,925</b>	<b>5,595</b>	<b>6,456</b>	<b>4,746</b>

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

		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Menge	Mio. t	1,505	1,073	1,235	1,142	1,566	0,973
Kaliumchlorid	%	15,4	13,9	12,9	11,8	12,9	11,6
Magnesiumchlorid	%	23,8	23,9	28,3	27,3	26,6	23,6
Magnesiumsulfat	%	22,2	22,7	21,8	21,6	21,5	22,6
Natriumchlorid	%	38,6	39,5	37,0	39,3	39,0	42,2

Tab. 12: Versenkte Salzfrachten und deren Zusammensetzung

		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Menge	Mio. t	0,454	0,379	0,435	0,502	0,420	0,0
Kaliumchlorid	%	19,6	17,6	17,0	15,7	13,1	0,0
Magnesiumchlorid	%	38,9	47,0	50,5	56,2	63,0	0,0
Magnesiumsulfat	%	19,7	17,3	15,6	13,3	12,4	0,0
Natriumchlorid	%	21,8	18,1	16,9	14,8	11,5	0,0

Da die Versenkung Ende des Jahres 2021 eingestellt wurde, entfällt der bisher hier vorgenommene Vergleich der Zusammensetzung der Einleidlösung mit der Versenklösung.

### 3.4.2 Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls

Die Abb. 6 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 m<sup>3</sup>/t geförderttes Rohsalz im Jahr 2000 auf 0,21 m<sup>3</sup>/t geförderttes Rohsalz im Jahr 2022 mehr als halbiert.

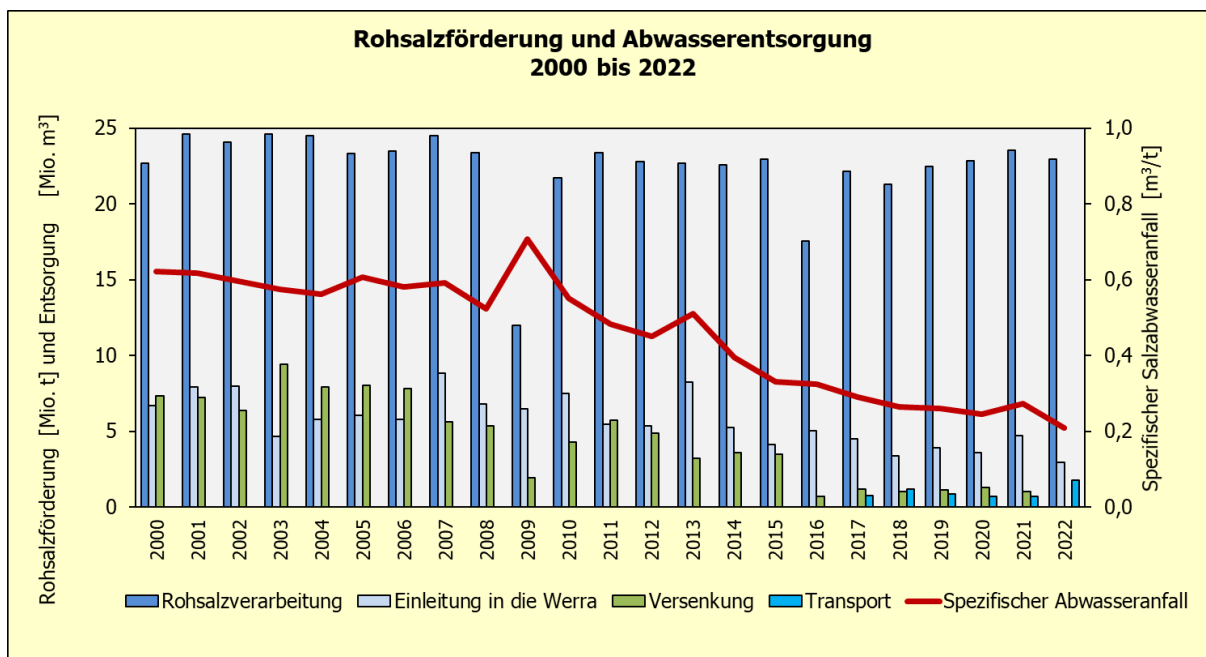


Abb. 6: Entwicklung der Rohsalzverarbeitung, Einleitung in die Werra, Versenkung, Transport und des spezifischen Salzabwasseranfalls

### 3.4.3 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. 19 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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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 2022 mit 770.000 t um rund 347.000 t unter der des Vorjahres (Tab. 13). Dies resultiert aus der im Vergleich zu 2021 niedrigeren Einleitmenge an Salzabwässern. Zusammen mit den eingeleiteten Kühl- und Sielwässern machten die eingeleiteten Chloridfrachten, bestehend aus Haldenwasser und Prozessabwasser, rund 66,4 % der gesamten Chloridfracht am Pegel Gerstungen aus. Damit lag der Anteil dieser Einleitungen an der gesamten Chloridfracht zum Teil deutlich unterhalb der Vorjahre.

Den zweithöchsten Anteil an der Chloridfracht stellen im Jahr 2022 die diffusen Chlорideinträge mit ca. 198.000 t dar. Im Vergleich zum Vorjahr sank die diffus eingetragene Chloridmenge um rund 36.780 t. Der Anteil an der gesamten Chloridfracht betrug im Jahr 2022 rund 25,7 %.

Die Vorlast von Werra (Messstelle Unterrohn) und Ulster (Messstelle Räsa) sowie die Einleitung des Grubenwassers Springen haben zusammen einen Anteil von rund 8,0 % an der Chloridfracht am Pegel Gerstungen und liegen damit weiterhin auf dem Niveau der Vorjahre.

Tab. 13: Chloridbilanz für den Pegel Gerstungen

Chlorid	2018		2019		2020		2021		2022	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Gerstungen (gesamt)	873.285	100	917.508	100	892.554	100	1.116.984	100	770.000	100
– Kühl- und Sielwasser	55.968	6,4	50.317	5,5	45.749	5,1	40.600	3,6	36.770	4,8
– Salzwasser	519.329	59,5	612.892	66,8	568.296	63,7	776.989	69,6	473.970	61,6
– Grubenwasser	15.435	1,5	18.355	2,0	21.048	2,4	21.210	1,9	21.990	2,9
– Vorlast Unterrohn	43.299	4,9	39.275	4,3	33.474	3,8	40.664	3,6	37.130	4,8
– Vorlast Räsa	2.439	0,3	2.169	0,2	2.040	0,2	2.826	0,3	2.220	0,3
– Diffuse Einträge	236.815	27,1	194.500	21,2	221.946	24,9	234.695	21,0	197.920	25,7

Bei der Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen zeigt sich ein etwas anderes Bild (Tab. 14). Rund 90 % der Kaliumfracht am Pegel Gerstungen resultieren aus den Einleitungen der Salzwässer und der Kühl- und Sielwässer. Die anderen Eintragspfade spielen dagegen keine signifikante Rolle. Dies gilt auch für den diffusen Kaliumeintrag, der mit rund 6,2 % deutlich unter dem Anteil des diffusen Chlorideintrags liegt.

Tab. 14: Kaliumbilanz für den Pegel Gerstungen

Kalium	2018		2019		2020		2021		2022	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Gerstungen (gesamt)	97.559	100	100.371	100	88.648	100	123.666	100	75.360	100
– Kühl- und Sielwasser	12.054	12,4	11.034	11,0	10.651	12,0	10.877	8,8	8.530	11,3
– Salzwasser	78.163	80,1	83.393	83,1	70.527	79,6	105.542	85,3	59.410	78,8
– Grubenwasser	459	0,5	560	0,6	666	0,8	647	0,5	623	0,8
– Vorlast Unterrohn	2.257	2,3	1.860	1,9	1.850	2,1	2.002	1,6	1.840	2,4
– Vorlast Räsa	339	0,3	335	0,3	314	0,4	337	0,3	260	0,3
– Diffuse Einträge	4.287	4,4	3.189	3,2	4.640	5,2	4.262	3,5	4.700	6,2

Der Anteil der Magnesiumfracht, der durch die Siel- und Kühlwässer sowie die Salzwässereinleitungen hervorgerufen wird, liegt mit rund 84 % nicht so hoch wie der der Kaliumfracht (Tab. 15). Aber auch bei der Magnesiumfracht ist erkennbar, dass es neben der Salzwässereinleitung keine größeren Anteile durch andere Eintragspfade gibt.

Tab. 15: Magnesiumbilanz für den Pegel Gerstungen

Magnesium	2018		2019		2020		2021		2022	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Gerstungen (gesamt)	149.830	100	171.979	100	163.957	100	210.121	100	131.300	100
– Kühl- und Sielwasser	12.666	8,5	11.666	6,8	10.833	6,6	9.087	4,3	7.520	5,7
– Salzabwasser	114.836	76,6	143.494	83,4	129.436	78,9	174.314	83,0	103.040	78,5
– Grubenwasser	139	0,1	217	0,1	278	0,2	284	0,1	229	0,2
– Vorlast Unterrohn	6.772	4,5	5.305	3,1	5.585	3,4	6.049	2,9	5.580	4,2
– Vorlast Räsa	1.816	1,2	1.714	1,0	1.717	1,0	1.859	0,9	1.600	1,2
– Diffuse Einträge	13.601	9,1	9.583	5,6	16.109	9,8	18.529	8,8	13.330	10,2

### 3.5 Salzfrachten und -konzentrationen 2022

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.

#### 3.5.1 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Gerstungen 2022

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.

##### 3.5.1.1 Chlorid

Die täglichen Frachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2022 von minimal 710 t/d bis maximal 6.134 t/d (Abb. 7). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,8 Mio. t Chlorid, die etwa 32 % niedriger ist als 2021.

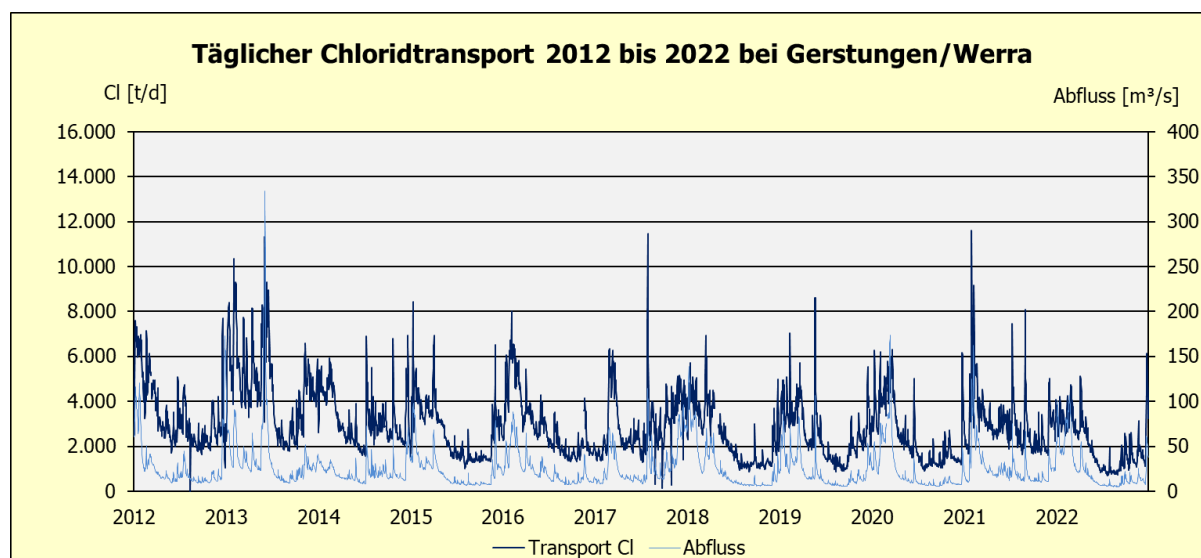


Abb. 7: Tägliche Frachten von Chlorid in der Werra bei Gerstungen 2012 bis 2022

Die Tagesmittelwerte der Chloridkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2022 zwischen minimal 330 mg/l und maximal 2.021 mg/l (Abb. 8). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich für 2022 ein 90-Perzentil für Chlorid von 1.720 mg/l. Somit werden, wie auch schon in den Jahren 2015 bis 2021, die jeweiligen Zielwerte des Zielwertkonzepts (1880 mg/l für 2022, s. Anhang 6.4) eingehalten bzw. unterschritten. Der für 2022 lt. Einleitgenehmigung gültige Grenzwert von 2.000 mg/l wurde einmal leicht überschritten. Da lt. K+S jedoch an diesem Tag keine Einleitung von Salzabwasser stattfand, kann dieser erhöhte Wert nicht auf die Salzabwassereinleitung zurückgeführt werden und ist daher nicht plausibel. Eine Überschreitung der Chloridkonzentration von 2.000 mg/l konnte im Rahmen der von K+S durchgeführten Eigenkontrolle nicht festgestellt werden. Der bis Ende 2020 gültige Grenzwert von 2.500 mg/l (gem. jeweils geltender Einleiterlaubnisbescheide) 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.

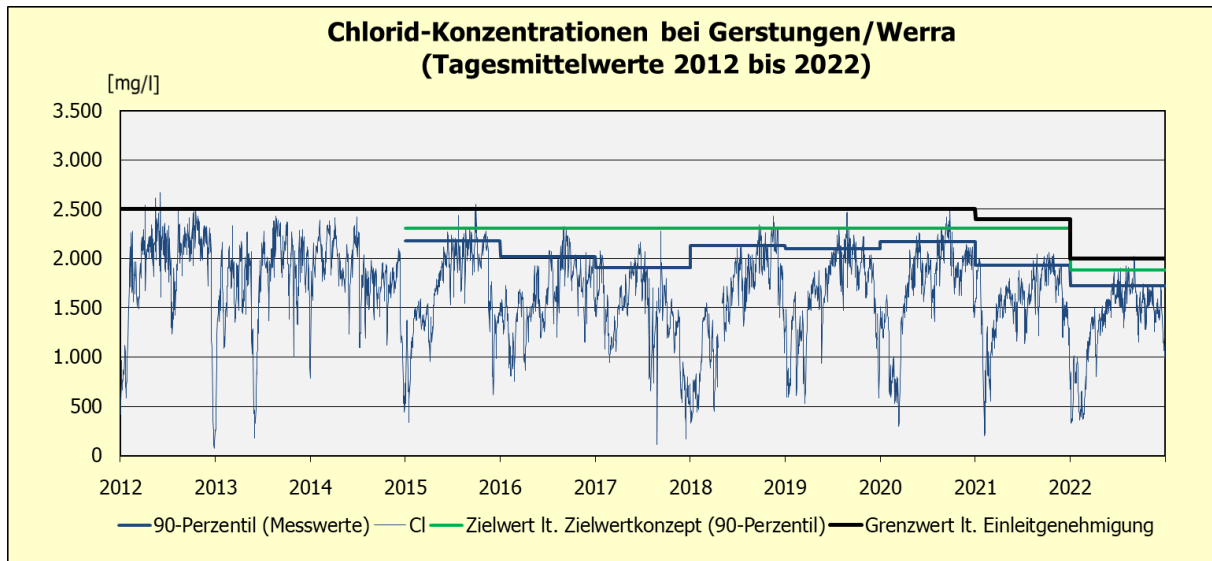


Abb. 8: Chloridkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2012 bis 2022

### 3.5.1.2 Magnesium

Die täglichen Magnesiumfrachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2022 von minimal 44,5 t/d bis maximal 1.230 t/d (Abb. 9). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,12 Mio. t Magnesium, die etwa 37 % niedriger ist als 2021.

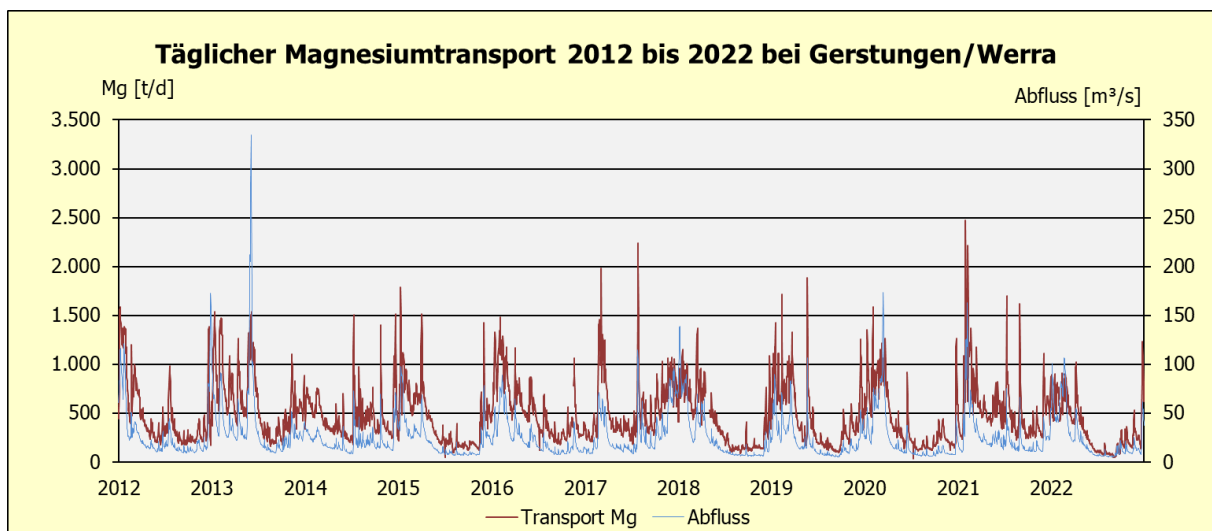


Abb. 9: Tägliche Frachten von Magnesium in der Werra bei Gerstungen 2012 bis 2022

Die Tagesmittelwerte der Magnesiumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2022 zwischen minimal 58 mg/l und maximal 245 mg/l (Abb. 10). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich für 2022 ein 90-Perzentil für Magnesium von 224 mg/l. Somit wird, wie auch zuvor in den Jahren 2015 und 2017 bis 2021, nicht jedoch in 2016, der jeweilige Zielwert des Zielwertkonzepts (250 mg/l für 2022, s. Anhang 6.4) eingehalten bzw. unterschritten. Der für 2022 lt. Einleitgenehmigung geltende Grenzwert von 270 mg/l wurde nicht überschritten. Insgesamt kam es in den zurückliegenden Jahren nur zu einigen wenigen Überschreitungen des jeweils geltenden Grenzwertes.

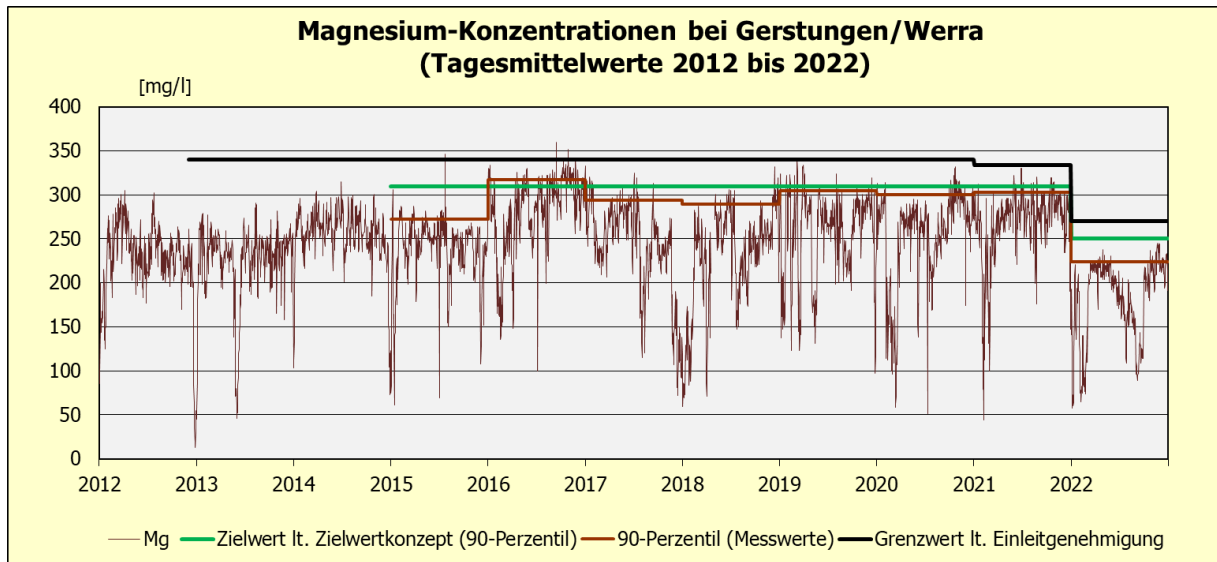


Abb. 10: Magnesiumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2012 bis 2022

### 3.5.1.3 Kalium

Die täglichen Kaliumfrachten am Pegel Gerstungen reichten im Jahr 2022 von minimal 12,4 t/d bis maximal 700 t/d (Abb. 11). Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,07 Mio. t Kalium, die etwa 40 % niedriger ist als 2021.

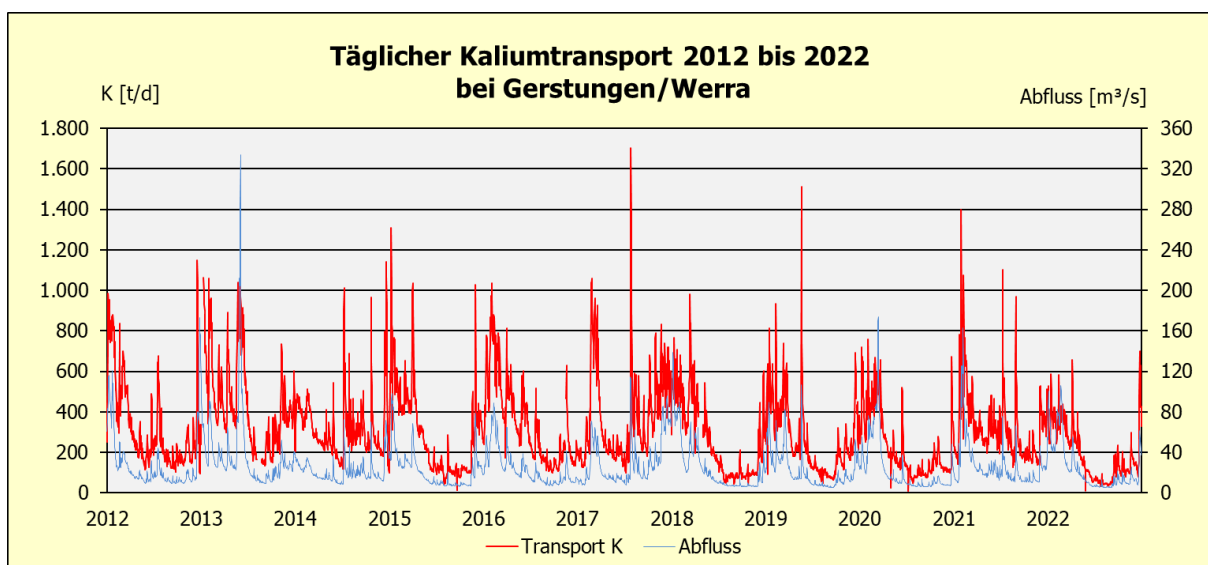


Abb. 11: Tägliche Frachten von Kalium in der Werra bei Gerstungen 2012 bis 2022

Die Tagesmittelwerte der Kaliumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2022 zwischen minimal 12 mg/l und maximal 153 mg/l (Abb. 12). Aus den Tagesmittelwerten ergibt sich für 2022 ein 90-Perzentil für Kalium von 135 mg/l. Somit wird, wie auch zuvor in den Jahren 2015 und 2017 bis 2021, nicht jedoch in 2016, der jeweilige Zielwert des Zielwertkonzepts (195 mg/l für 2022, s. Anhang 6.4)

eingehalten bzw. unterschritten. Der für 2022 lt. Einleitgenehmigung geltende Grenzwert von 175 mg/l wurde nicht überschritten. Insgesamt kam es in den zurückliegenden Jahren vereinzelt zu Überschreitungen des jeweils geltenden Grenzwertes, aber mit abnehmender Tendenz.

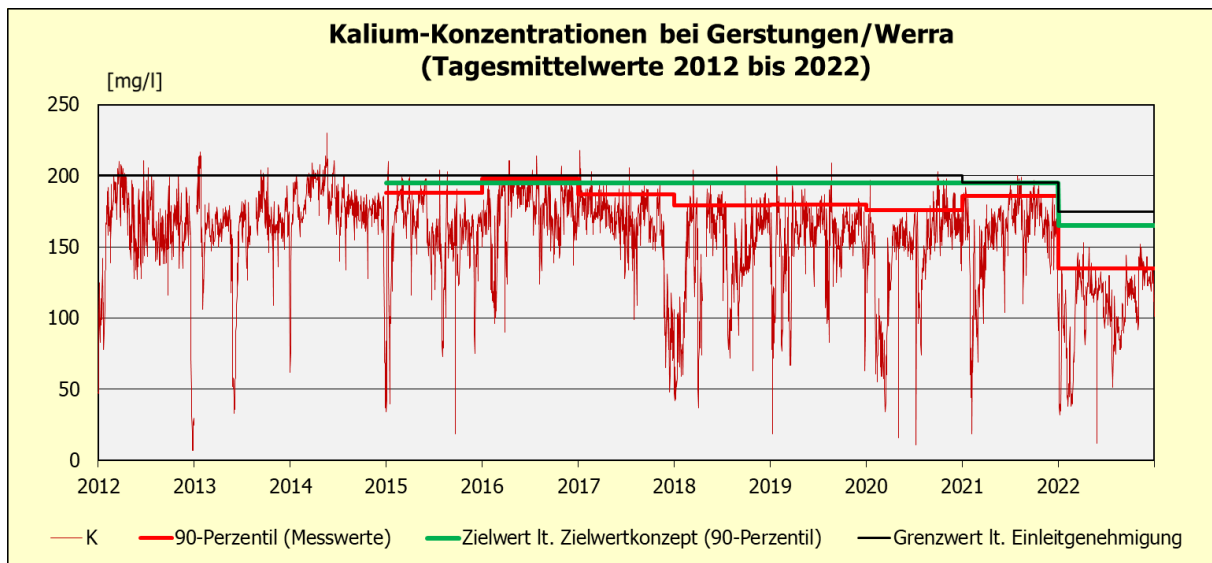


Abb. 12: Kaliumkonzentrationen in der Werra bei Gerstungen als Tagesmittelwerte 2012 bis 2022

### 3.5.2 Frachten und Konzentrationen an der Messstelle Boffzen 2022

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

Boffzen wurde erst im Laufe des Jahres 2016 wieder als automatische Messstation in Betrieb genommen (s. Kap. 3), 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 2022 zeigt, dass die 90-Perzentile der Salzparameter Magnesium und Kalium, wie auch bereits in 2020 und 2021, über den jeweiligen Zielwerten lagen, obwohl die 90-Perzentile in Gerstungen eingehalten werden. In 2022 wird auch erstmals der Zielwert für Chlorid überschritten. In der Vergangenheit wurden bei Einhaltung der Zielwerte am Pegel Gerstungen auch die Zielwerte am Pegel Boffzen sicher unterschritten. Diese Korrelation ist, wie bereits in den Vorjahren, auch in 2022 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 2020/2021 beobachteten Abweichungen zu ermitteln. Diese Untersuchungen dauern bis zur Veröffentlichung des Statusberichtes 2022 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, zum Abflussverhältnis Werra/Fulda als auch zur Ermittlung weiterer Einflüsse. Einige Faktoren wie z. B. die Analytik und der Probenahmeort konnten hierbei bereits erfolgreich ausgeschlossen werden. Die Untersuchungen dauern noch an, da sie einer Betrachtung über einen längeren Probenahmezyklus bedürfen, eine finale Aussage zur Erklärung des festgestellten Phänomens der temporären Zielwertüberschreitungen in Boffzen ist insofern noch nicht möglich. Die folgenden Abbildungen 13 bis 18 sind unter dem Vorbehalt der weiteren Prüfung und Plausibilisierung der Daten zu sehen, werden aber der Vollständigkeit halber trotzdem dargestellt.

### 3.5.2.1 Chlorid

Die 3-tägigen Chloridfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2022 von minimal 684 t/d bis maximal 6.527 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,64 Mio. t Chlorid, also ca. 43 % weniger als 2021 (Abb. 13).

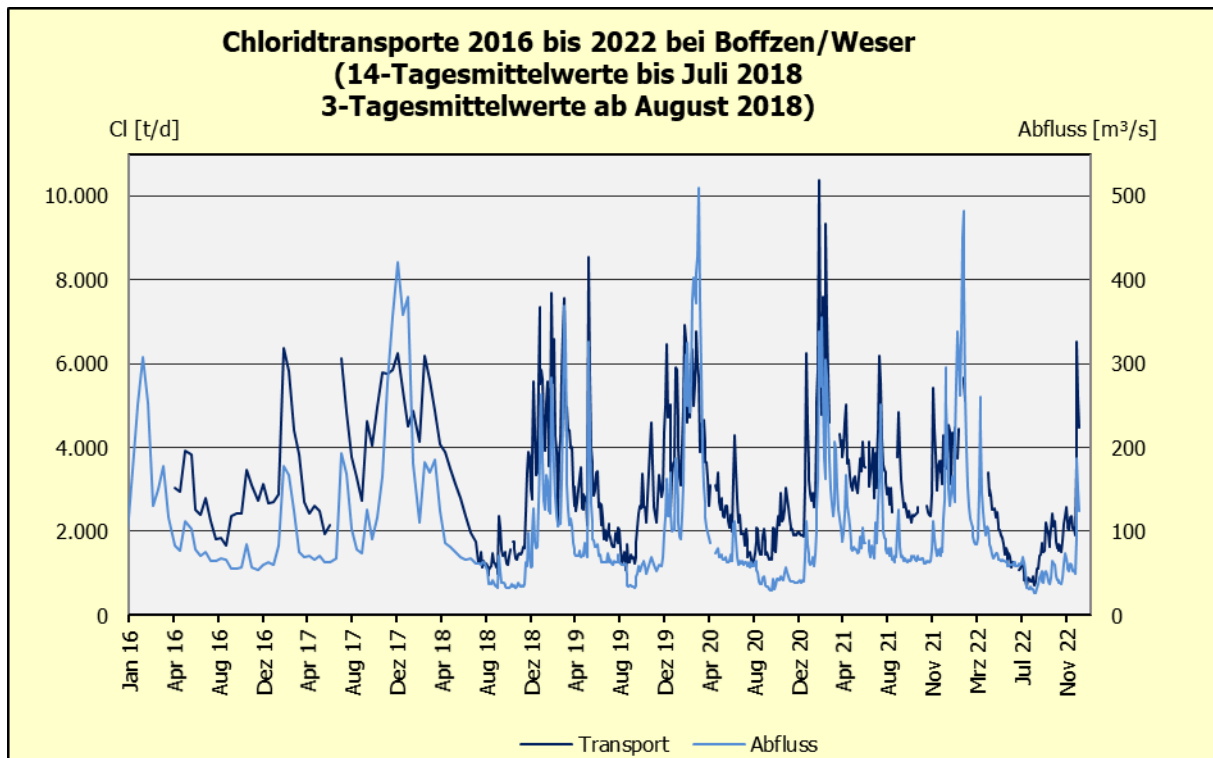


Abb. 13: 14-tägige Frachten von Chlorid in der Weser bei Boffzen 2016 bis 2022

Die 3-Tages-Mittelwerte der Chloridkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2022 zwischen minimal 128 mg/l und maximal 553 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 350 mg/l etwa 20 % unter dem Mittelwert des Vorjahres von 445 mg/l (Abb. 14). Das 90-Perzentil 2022 überschreitet mit 463 mg/l den für 2022 geltenden Zielwert des Zielwertkonzeptes von 425 mg/l.

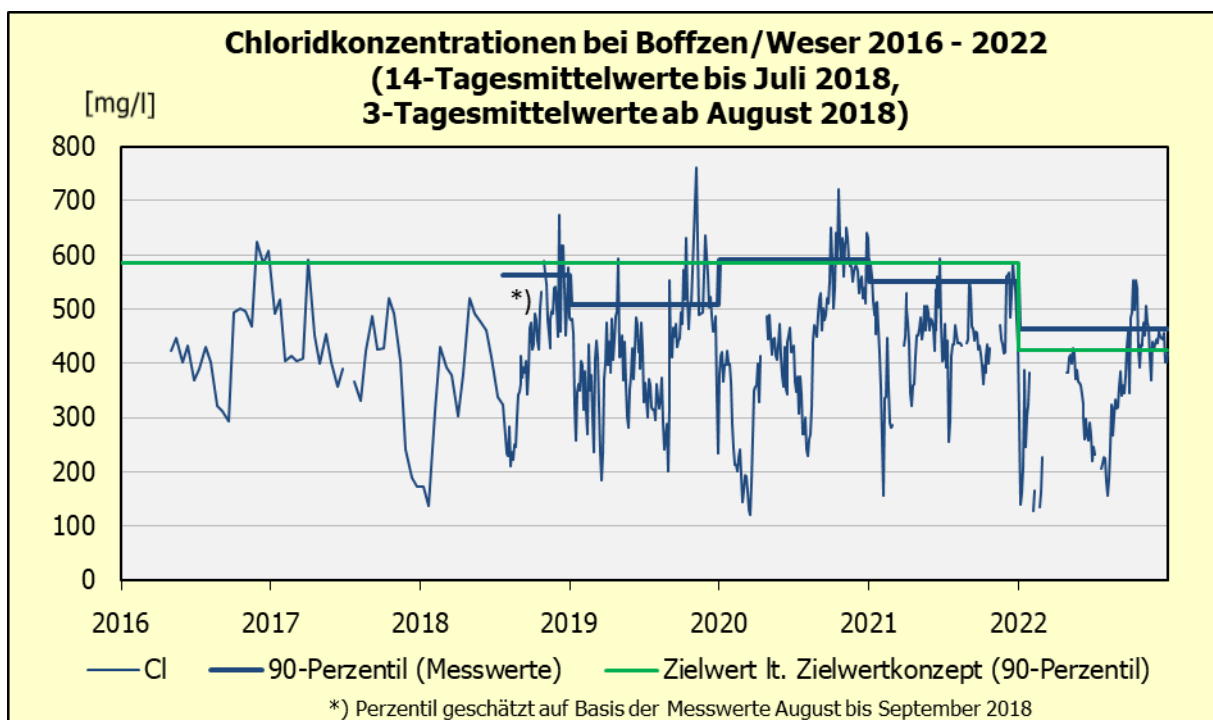


Abb. 14: Chloridkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022

### 3.5.2.2 Magnesium

Die 3-tägigen Magnesiumfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2022 von minimal 88 t/d bis maximal 1.335 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,11 Mio. t Magnesium, also ca. 50 % weniger als 2021 (Abb. 15).

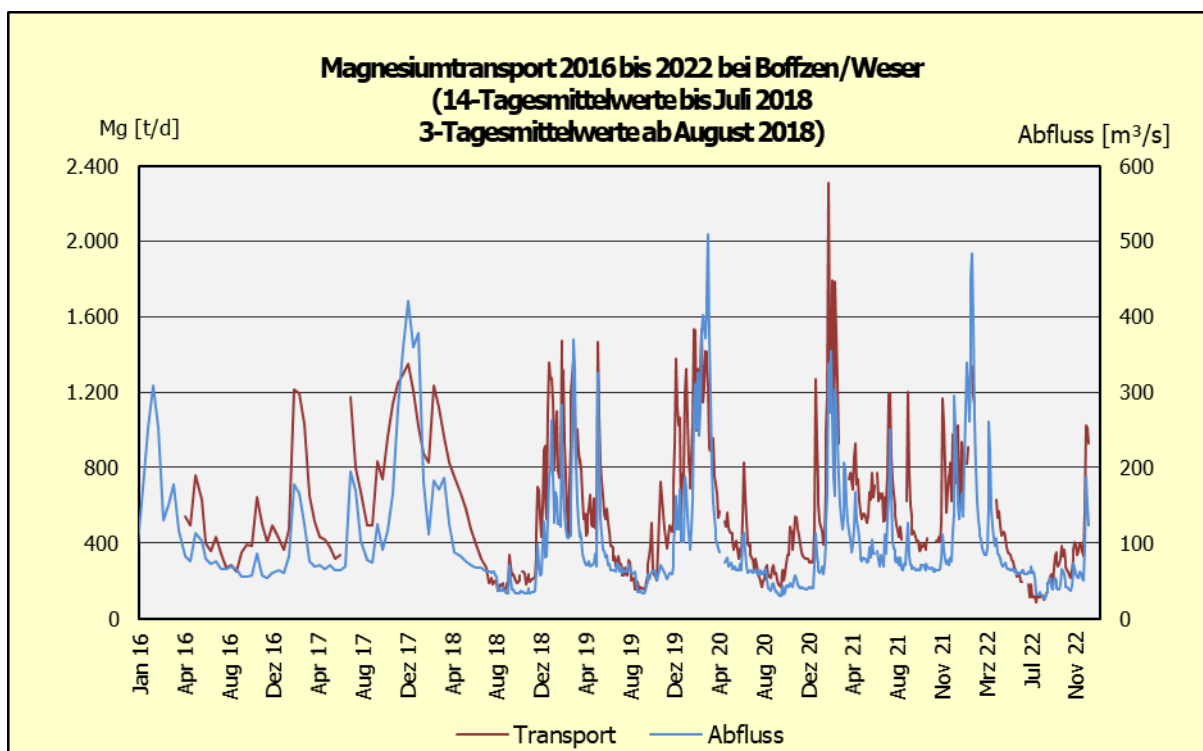


Abb. 15: 14-tägige Frachten von Magnesium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022

Die 3-Tages-Mittelwerte der Magnesiumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2022 zwischen minimal 21 mg/l und maximal 88 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 57 mg/l etwa 30 % unter dem Mittelwert des Vorjahres von 82 mg/l (Abb. 16). Das 90-Perzentil 2022 überschreitet mit 78 mg/l den für 2022 geltenden Zielwert des Zielwertkonzeptes von 62 mg/l.

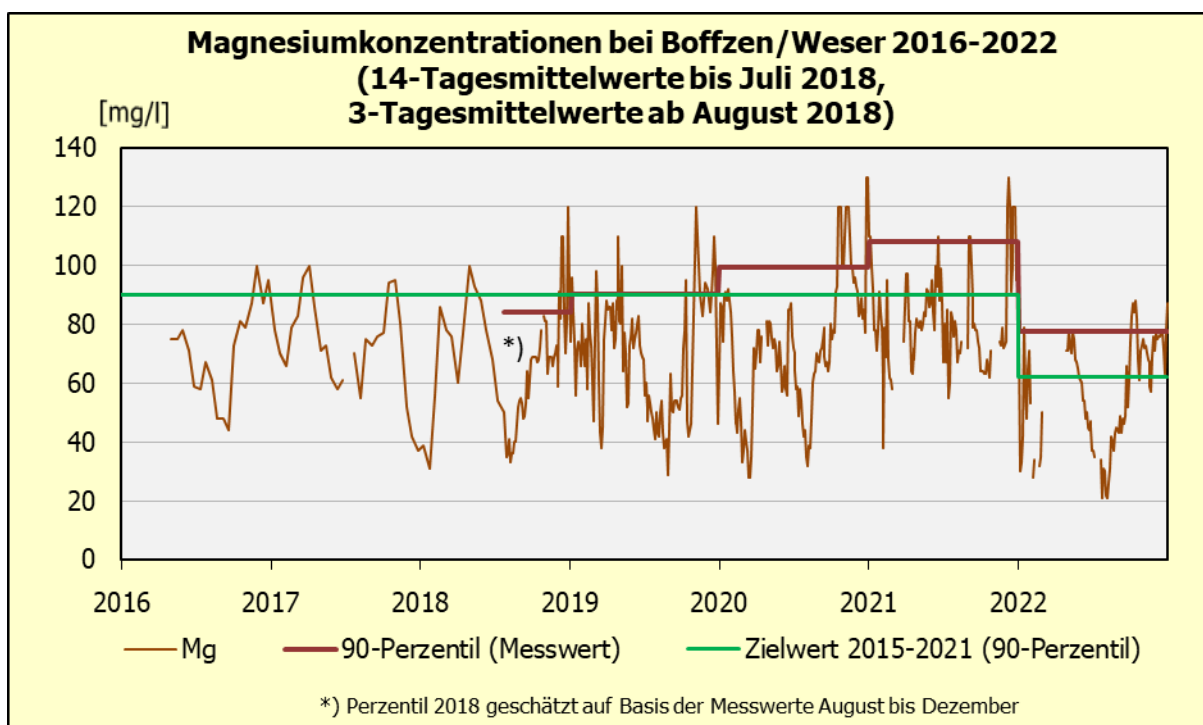


Abb. 16: Magnesiumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022

### 3.5.2.3 Kalium

Die 3-tägigen Kaliumfrachten am Pegel Boffzen reichten im Jahr 2022 von minimal 39 t/d bis maximal 584 t/d. Daraus ergibt sich eine Jahresfracht von ca. 0,06 Mio. t Kalium, also ca. 50 % weniger als 2021 (Abb. 17).

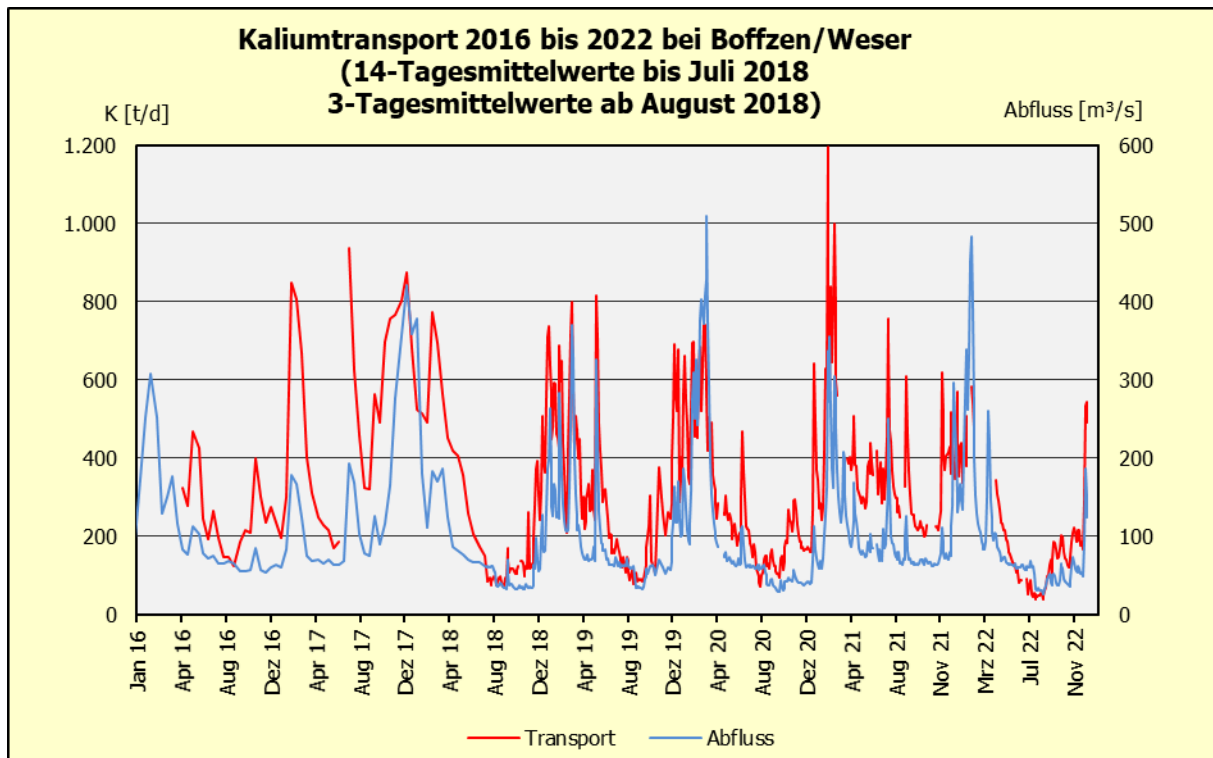


Abb. 17: Tägliche Frachten von Kalium in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022

Die 3-Tages-Mittelwerte der Kaliumkonzentrationen schwanken im Verlauf des Jahres 2022 zwischen minimal 8 mg/l und maximal 48 mg/l und liegen mit einem Mittelwert von 30 mg/l etwa 35 % unter dem Mittelwert des Vorjahres von 46 mg/l (Abb. 18). Das 90-Perzentil 2022 überschreitet mit 42 mg/l minimal den für 2022 geltenden Zielwert des Zielwertkonzeptes von 41 mg/l.

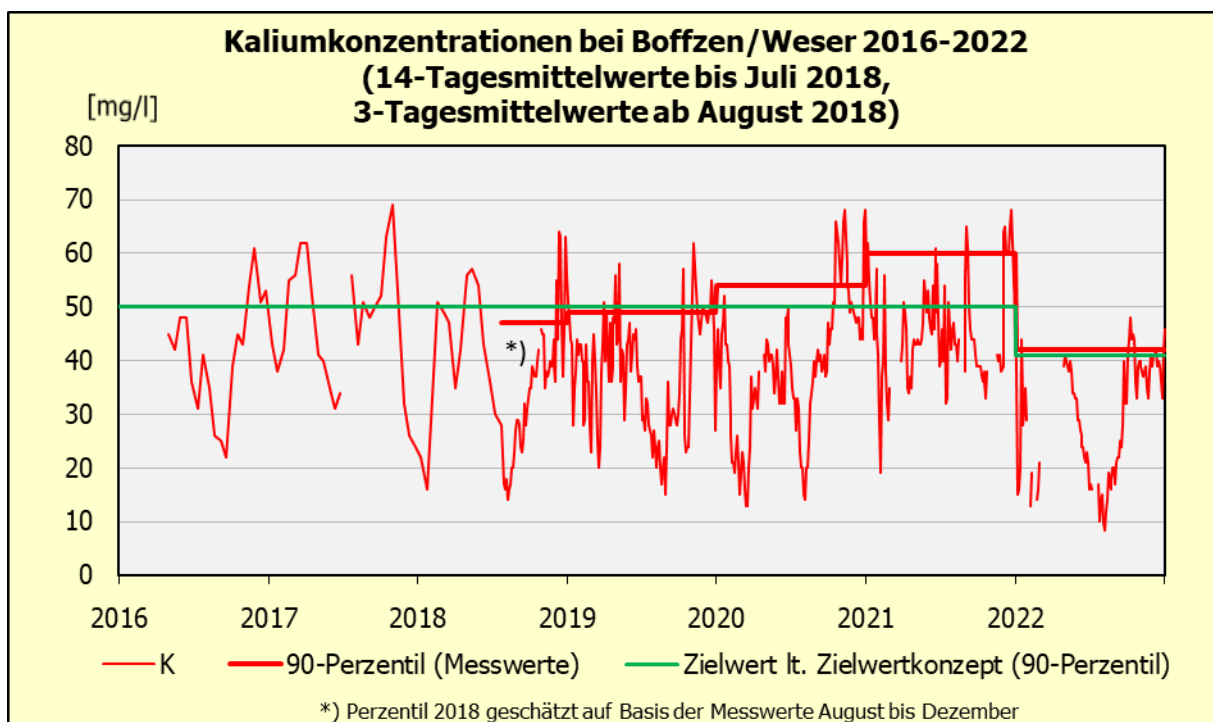


Abb. 18: Kaliumkonzentrationen in der Oberweser bei Boffzen 2016 bis 2022



In den Abb. 20 bis Abb. 22 sind die monatlichen Transporte der Salzionen für den Zeitraum 2000 bis 2022 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 (schrittweise Halbierung der flüssigen Rückstände aus der Kaliproduktion auf 7 Mio. m<sup>3</sup>/a bis 2015) 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.

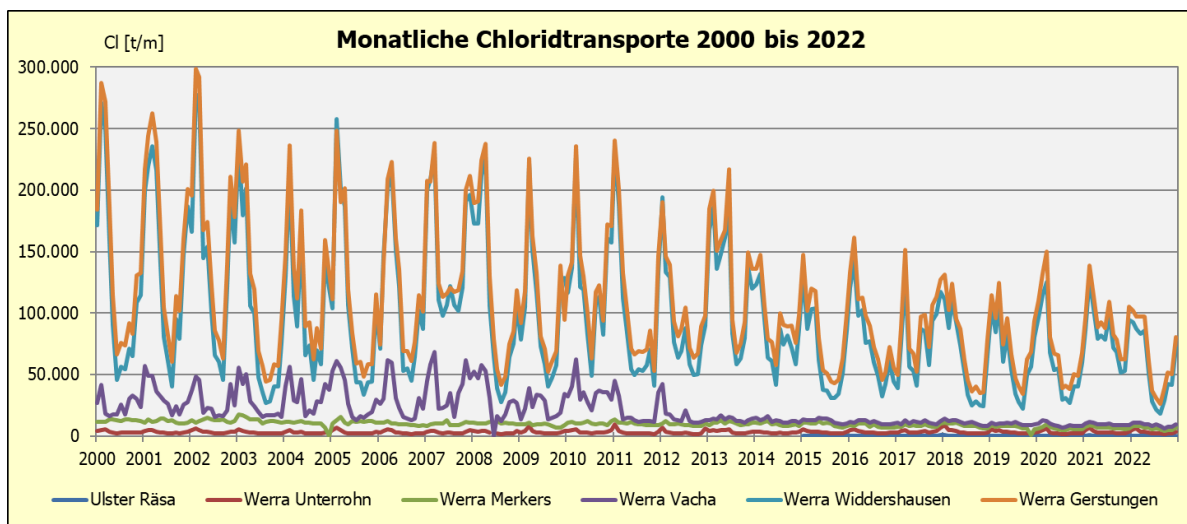


Abb. 20: Chloridtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

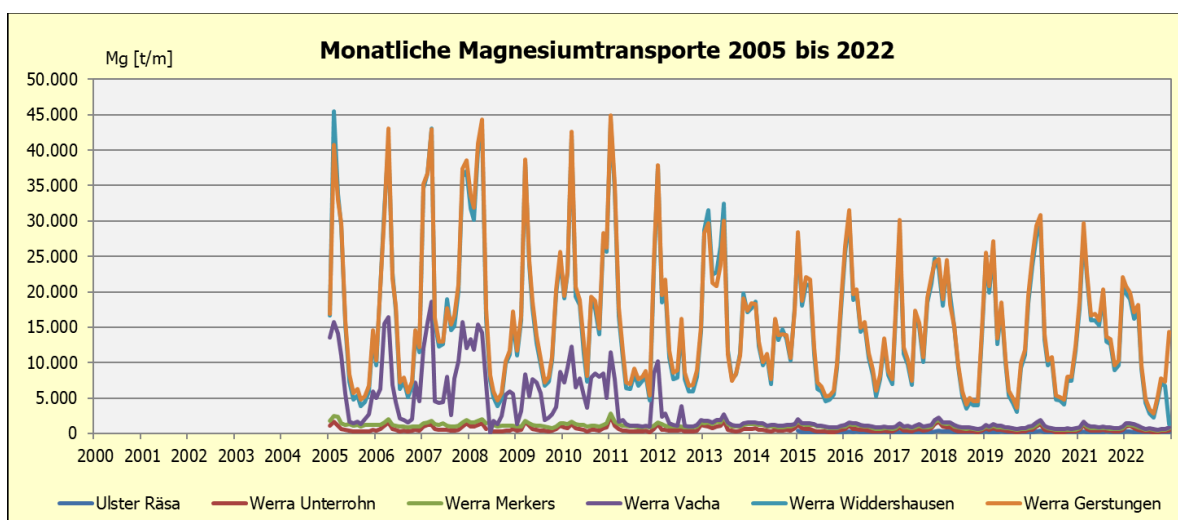


Abb. 21: Magnesiumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

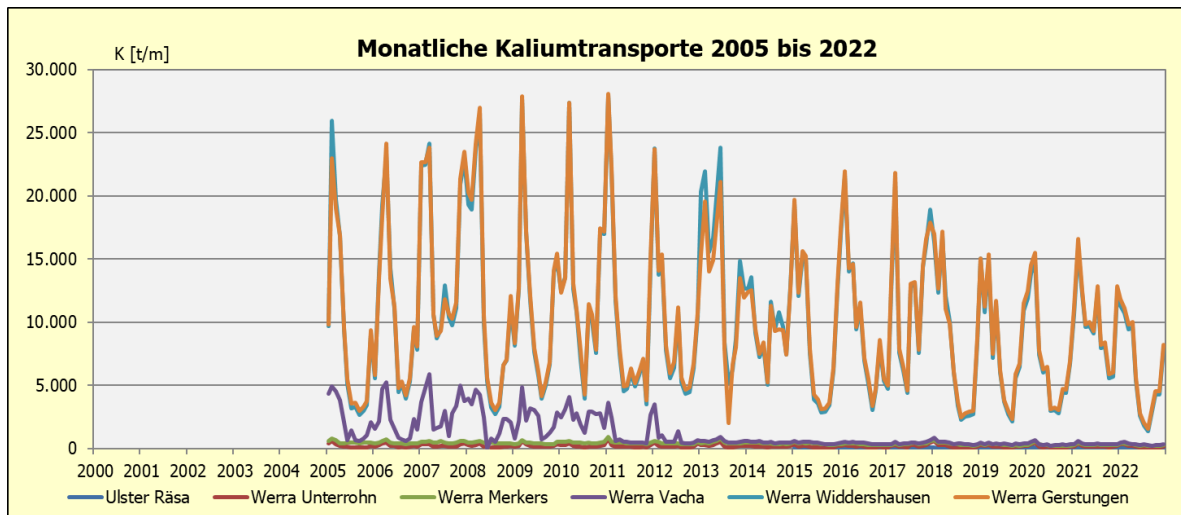


Abb. 22: Kaliumtransporte an den Messstellen an Werra und Ulster

### 3.6 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 durch K+S werden jährlich den zuständigen Behörden in Form eines Jahresberichtes übermittelt. Im Ergebnis der Auswertung der Messdaten für das Jahr 2022 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. Im Vergleich zu den vorherigen Jahren sind keine relevanten Änderungen zu beobachten. Die räumliche Ausbreitung der versenkten Salzabwässer ist nach Einschätzung von K+S weiterhin auf die bisherigen Bereiche innerhalb des Salzhangaußenrandes beschränkt.

Nach Einstellung der Versenkung am Standort Hattorf Ende des Jahres 2021 zeigt sich im Leine-Karbonat im Nahbereich der ehemaligen Schluckbrunnen eine deutliche Reduzierung der Wasserstände. Ebenfalls sinken die Wasserspiegel an hydrodynamisch beeinflussten Messstellen im Süden des Monitoringgebietes.

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.

Als wichtigstes Fazit der Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit im Buntsandstein ist laut K+S herauszustellen, dass an keiner Trinkwasserversorgungsanlage eine Beeinflussung durch die ehemaligen Versenkaktivitäten des Werkes Werra besteht. Die Grundwassergewinnung im Rahmen des fassungsbezogenen, aus der Grundwasserneubildung verfügbaren Angebotes ist unproblematisch möglich. Die Wässer sind auch langfristig zur Trinkwasserversorgung geeignet.

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 (s. Kap. 4.4.3).

Im Hinblick auf die Entwicklung der diffusen Einträge in die Werra sank im Vergleich zum Vorjahr die diffus eingetragene Chloridmenge um rund 36.780 t auf ca. 197.920 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 2022 im Vergleich zum Jahr 2021 einen etwas geringeren Wert. Da für beide Jahre nur vorläufige Pegeldaten zur Verfügung stehen, kann sich bei einer zukünftigen Überprüfung diese Aussage noch einmal ändern.

Im Berichtsjahr 2022 betrug der Anteil der diffusen Einträge an der Chloridfracht am Pegel Gerstungen rund 26 %, an der Kaliumfracht rund 6 % und an der Magnesiumfracht rund 10 %. Somit liegen, wie schon in der Vergangenheit, die diffusen Kalium- und Magnesiumeinträge deutlich niedriger als der diffuse Chlorideintrag.

Durch die Einstellung der Versenkung Ende des Jahres 2021 hat sich bisher, nach Einschätzung von K+S, kein aus den Daten erkennbarer Effekt auf die diffusen Einträge gezeigt. Sie bewegen sich weiterhin in dem vom 3D-Grundwassermodell prognostizierten Rahmen.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Statusbericht umfasst das **Berichtsjahr 2022**. Der Stand der sich aktuell in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen wird auf Grundlage eines Sachstandsberichts von K+S (Anhang 6.1) sowie weiteren Informationen aus den Ländern zusammenfassend dargestellt.

Die Anpassungen in der Maßnahmenumsetzung einzelner Maßnahmen im Abgleich zum Zeitplan des Maßnahmenprogramms Salz 2021 bis 2027 wurden seitens des Unternehmens K+S entsprechend in quartalsweisen Berichten vorgelegt und in den Sitzungen der AG Salzreduzierung erläutert.

Im Jahr 2022 ist es bei der Umsetzung einzelner Maßnahmen zu Verschiebungen im Zeitplan des Maßnahmenprogramms Salz 2021 bis 2027 gekommen. Der Fortschritt der Maßnahmenumsetzung liegt aber nach Angaben von K+S, mit Ausnahme der weiterhin fortschreitenden Verzögerung im Projekt „Einstapeln“, immer noch in dem vom Unternehmen projektierten und regelmäßig überprüften zeitlichen Rahmen.

Mit einem Jahresdurchschnittswert von rund 24,16 m<sup>3</sup>/s am Pegel Gerstungen lagen die **Abflüsse der Werra** deutlich unter den Abflüssen eines Normaljahres. Auch in der **Weser** zeigten sich im Jahr 2022 unterdurchschnittliche Werte bei den Abflüssen. Somit war das Jahr 2022 noch abflussärmer 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. Eine verbleibende Menge in Höhe von 1,79 Mio. m<sup>3</sup> wurde per Bahn (81 %) und LKW (13 %) zu leerstehenden Gruben oder Gaskavernen transportiert. Damit fielen die Transporte in 2022 gegenüber 2021 mit ca. 1,0 Mio. m<sup>3</sup> mehr deutlich höher aus. Die **Versenkung** wurde **Ende 2021 endgültig eingestellt**. Eine Produktionsunterbrechung war in 2022 nicht erforderlich.

Im Werk Werra und im Werk Neuhof-Ellers wurden im Jahr 2022 in Summe rund 22,9 Mio. t **Rohsalz** in den Fabrikbetrieben verarbeitet. Diese Menge liegt rund 2,6 % unter der Verarbeitungsmenge des Vorjahres. Trotz der im Vergleich zum Jahr 2021 etwas geringeren Rohsalzverarbeitung nahmen im Jahr 2022 die Mengen an zu entsorgenden festen Rückstandssalzen leicht zu. Dies lag insbesondere an der höheren Rückstandsabscheidung am Standort Hattorf aus der ESTA-Anlage und dem Lösebetrieb inklusive KKF-Anlage. Ein weiterer Grund war die geringfügig veränderte Rohsalzzusammensetzung, die Wertstoffgehalte nahmen leicht ab. Im Jahr 2022 wurden insgesamt rund 18,6 Mio. t feste Rückstände unter Tage versetzt bzw. über Tage aufgehaldet.

Im Jahr 2022 fielen in Summe rund 5,06 Mio. m<sup>3</sup> an **Salzabwasser** (Prozessabwasser und Haldenwasser) an. Das sind im Vergleich zum Jahr 2021 mit einer Salzabwassermenge von rund 6,33 Mio. m<sup>3</sup> rund 1,3 Mio. m<sup>3</sup> weniger. Die **Prozessabwassermenge** sank um rund 1,11 Mio. m<sup>3</sup>. Dieser Effekt ist insbesondere durch ein Absinken des MgCl<sub>2</sub>-Gehaltes im Rohsalz, die gesunkene Rohsalzverarbeitung und einen höheren Anteil an festen Salzurückständen begründet.

Für das Jahr 2022 ergaben sich am Pegel Gerstungen **Jahresfrachten** von rund 0,8 Mio. t Chlorid, rund 0,12 Mio. t Magnesium und rund 0,07 Mio. t Kalium. Damit liegen die Frachten aller Ionen deutlich niedriger als im Jahr 2021.

Seit der Inbetriebnahme der **Kainit-Kristallisations-Flotations-Anlage (KKF)** Anfang 2018 befindet sich die Anlage im störungsfreien Betrieb. Seit 2019 läuft der Regelbetrieb. Im Jahr 2022 wurden rund 2,6 Mio. m<sup>3</sup> 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. 1,3 Mio. m<sup>3</sup>. Dadurch konnte ein Grad der Eindampfung von rund 50 % erzielt werden, was damit den technischen Vorgaben entspricht. Durch die Eindampfung und Kristallisation wurden der Lösung rund 487.000 t Salz entzogen. Diese Kristallisate wurden in Nachfolgeprozessen weiter zu Produkten aufbereitet und die dabei anfallenden Rückstände weitgehend in fester Form auf der Rückstandshalde in Hattorf entsorgt.

**Am Werk Werra** wird die angepasste und optimierte **Haldenabdeckung**, bestehend aus einer Bodenabdeckung mit unterlagernder Kunststoffdichtungsbahn auf dem Plateau und einer Dünnschichtabdeckung an den Flanken, umgesetzt. Für die Abdeckung der bestehenden Plateaufläche der Halde Hattorf liegt seit Mitte Juni 2022 die Genehmigung vor. Bis Ende 2022 wurden insgesamt 2,2 ha Plateaufläche abgedeckt. Ende 2024 werden insgesamt 6,5 ha abgedeckt sein.

Nach Aussage von K+S ist für die **Halde Neuhof-Ellers** die Umsetzung einer Dickschichtabdeckung (DS) mittels Boden und Bauschutt möglich. Diese ist deutlich wirksamer als die zunächst vorgesehene Abdeckung mit dem Innovativen Erosionsschutz (IES). Die Federführung für die im Zusammenhang mit diesem Vorhaben zu führenden Verwaltungsverfahren wurde durch Erlass an das Regierungspräsidium Kassel als Bergbehörde übertragen. Die Scopingunterlagen wurden am 15.07.2022 bei der Genehmigungsbehörde eingereicht. Nach Beteiligung der Öffentlichkeit und Prüfung der eingegangenen Stellungnahmen erfolgte die abschließende Unterrichtung über den Untersuchungsrahmen am 30.09.2022 (aktuelle Entwicklungen 2023 in Neuhof-Ellers s. Kap.1 Einleitung).

Da sich die Zulassung der 7. Ergänzung des Abschlussbetriebsplans der Grube Merkers (Phase 1, **Einstapeln von Prozessabwässern** des Werkes Werra in das Südwestfeld der Grube Springen) durch die Thüringer Bergbehörde aufgrund des staatsvertraglich geregelten, bislang jedoch nicht erteilten Einvernehmens der Hessischen Bergbehörde gegenüber den ursprünglichen zeitlichen Planungen von K+S verschoben hat, wurden die unter- und übertägigen vorbereitenden Arbeiten z. T. ausgesetzt. Somit verschiebt sich nach Aussage von K+S die Inbetriebnahme der Einstapelung auf die 2. Jahreshälfte 2023. Das Unternehmen strebt an, diese Verzögerung so weit wie möglich zu reduzieren (aktuelle Entwicklungen 2023 s. Kap.1 Einleitung).

## 5 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*.

## **6 Anhang**

### **6.1 Sachstandsbericht 2022 zum aktuellen Stand der Umsetzung der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH**

# Sachstandsbericht

zum Stand der Umsetzung des Maßnahmenprogramms Salz  
2021 bis 2027 sowie weiterer vom Unternehmen K+S initiiertes  
Maßnahmen

für den Zeitraum Oktober bis Dezember 2022

vorgelegt von der K+S Minerals and Agriculture GmbH (K+S)  
am 10.01.2023



## Vorbemerkungen

1. Aktueller Stand und Maßnahmen der Salzwasserentsorgung
2. Maßnahmen des Maßnahmenprogramms Salz 2021-2027
  - 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 2022 dargestellt. Dabei wird insbesondere auf die Salzabwassereinleitung in die Werra und 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 2022 lag unter dem des Vorjahres und deutlich unter dem eines Normaljahres ( $24,4 \text{ m}^3/\text{s}$  für Q4 1999) und war durch ein geringes Niederschlagsgeschehen geprägt. Im Mittel betrug der Durchfluss im 4. Quartal 2022 rund  $16,1 \text{ m}^3/\text{s}$  und lag damit rund  $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$  niedriger als im 4. Quartal 2021 aber  $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$  oberhalb der Durchflüsse für das trockene Referenzjahr 2003. Die mittleren monatlichen Durchflüsse lagen im Oktober und November bei rund  $12,6 \text{ m}^3/\text{s}$  und im Dezember bei rund  $23,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Der mittlere Jahresdurchfluss im 2022 lag mit rund  $24,2 \text{ m}^3/\text{s}$  rund  $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$  niedriger als im Referenz trockenjahr 2003 ( $25,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Im 4. Quartal 2022 konnten in Summe  $811.370 \text{ m}^3$  in die Werra eingeleitet werden. Dieses Volumen liegt damit um rund  $150.000 \text{ m}^3$  unter dem Volumen von  $960.540 \text{ m}^3$ , das im 4. Quartal 2021 eingeleitet werden konnte. Die höchste Einleitmenge wurde dabei im Dezember mit  $406.044 \text{ m}^3$  erreicht. Im Oktober waren es  $205.390 \text{ m}^3$  und im November  $199.940 \text{ m}^3$ .

Die Chloridkonzentrationen am Pegel Gerstungen lagen im Oktober im Mittel bei  $1.545 \text{ mg/l}$ , im November bei  $1.585 \text{ mg/l}$  und im Dezember bei  $1.430 \text{ mg/l}$ .

Die Kaliumkonzentrationen am Pegel Gerstungen lagen im Oktober im Mittel bei  $134 \text{ mg/l}$ , im November bei  $139 \text{ mg/l}$  und im Dezember bei  $135 \text{ mg/l}$ .

Die Magnesiumkonzentrationen am Pegel Gerstungen betrugen im Oktober im Mittel  $230 \text{ mg/l}$ , im November  $222 \text{ mg/l}$  und im Dezember  $233 \text{ mg/l}$ .

Die 90-Perzentilzielwerte am Pegel Gerstungen wurden somit auf Grundlage der K+S Eigenkontrolldaten in den Monaten des 4. Quartals für alle drei Parameter unterschritten. Für das gesamte Jahr 2022 liegen die 90-Perzentile für Chlorid bei  $1.723 \text{ mg/l}$  (ZW:  $1.880 \text{ mg/l}$ ), Kalium bei  $140 \text{ mg/l}$  (ZW:  $165 \text{ mg/l}$ ) und Magnesium bei  $235 \text{ mg/l}$  (ZW:  $250 \text{ mg/l}$ ) und damit ebenfalls unterhalb der Zielwerte für die Werra am Pegel Gerstungen.

### Abtransporte per LKW und Bahn

In Summe wurden in den Monaten von Oktober bis Dezember 2022 rund  $588.881 \text{ m}^3$  per LKW und Bahn zu anderen Entsorgungslokalationen transportiert. Diese Transportmenge liegt rund  $415.150 \text{ m}^3$  höher als im gleichen Zeitraum des Vorjahres.

Rund  $469.100 \text{ m}^3$  bzw. rund 80% wurden nach Sigmundshall (SI) transportiert und in die dortige Grube eingeleitet. In Summe wurden im Jahr 2022 rund 1,41 Mio.  $\text{m}^3$  Halden- und Prozessabwässer nach Sigmundshall transportiert. Daher steht von dem anfänglichen Hohlraumvolumen in Höhe von  $36,4 \text{ Mio. m}^3$  unter Berücksichtigung der anderen eingeleiteten Flutungswässer Ende 2022 noch ein Hohlraumvolumen in Höhe von rund  $34 \text{ Mio. m}^3$  zur Verfügung.

Rund  $13.566 \text{ m}^3$  wurden zur DEUSA transportiert und  $34.429 \text{ m}^3$  nach Bad Lauchstädt. Die restlichen Mengen gingen zur GSES, nach Bernburg und nach Sehnde.

### **Änderungen der Beckenfüllstände**

Von Oktober bis Ende Dezember nahm der Füllstand in den übertägigen Becken um rund 64.560 m<sup>3</sup> ab und lag zum Ende des Monats Dezember rund 217.000 m<sup>3</sup> über dem Niveau des Monats Dezember 2021.

Der untertägige Speicher in der Grube HW wurde im Zeitraum von Oktober bis Ende Dezember mit rund 53.000 m<sup>3</sup> gefüllt

### **Zusammenfassung**

In Summe wurden im 4. Quartal rund 1.400.250 Mio. m<sup>3</sup> Salzabwässer entsorgt. Mit rund 58 % trägt die Einleitung in die Werra den größeren Anteil. Der Anteil über die Abtransporte beträgt 42 %.

Im Vergleich zum 4. Quartal 2021 lag die entsorgte Salzabwassermenge um rund 97.480 m<sup>3</sup> niedriger.

## **2 Maßnahmen des Maßnahmenprogramms Salz**

### **2.1 Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage)**

Die Anlage lief im störungsfreien Betrieb.

Im 4. Quartal 2022 wurden rund 674.200 m<sup>3</sup> aus Hattorf und Unterbreizbach in der KKF-Anlage verarbeitet. Diese Menge liegt mit rund 22.000 m<sup>3</sup> unter der Menge im 4. Quartal des Vorjahres. Durch die Eindampfung reduzierte sich das Volumen der Ausgangslösung auf rund 341.900 m<sup>3</sup>. Dadurch konnte ein Grad der Eindampfung von rund 50% erzielt werden, was damit den technischen Vorgaben entspricht. Durch die Eindampfung und Kristallisation wurden der Lösung rund 140.200 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 Kunststoffdichtungsbahn auf dem Plateau und einer Dünnschichtabdeckung an den Flanken, wird mit Hochdruck vorangetrieben. Für die Abdeckung der bestehenden Plateaufläche der Halde Hattorf liegt seit Mitte Juni 2022 die Genehmigung vor. Bis Ende 2022 wurden insgesamt 2,2 ha Plateaufläche abgedeckt. Ende 2024 werden insgesamt 6,5 ha abgedeckt sein.

Für die geplante Flankenabdeckung auf der Halde Hattorf wurden die Scopingunterlagen erarbeitet und im Dezember 2022 bei den zuständigen Bergbehörden eingereicht.

Die Genehmigung für den Mitte Juni eingereichten und bis Mitte September vervollständigten Antrag zur Plateaubdeckung der Halde Wintershall ist im Dezember 2022 erteilt worden. Mit dem Start der Grobprofilierung ist der Baubeginn ist noch 2022 erfolgt.

Die Testfelder sowie der Lysimeterversuch auf dem Haldenplateau Wintershall zur Infiltrationshemmschicht wurden im Vorfeld der langfristig umzusetzenden Haldenplateaubdeckung zurückgebaut.

#### **Werk NeuhoF-Ellers**

Basierend auf der Machbarkeitsstudie zur Dickschichtabdeckung - Halde NeuhoF wurden Scopingunterlagen erarbeitet und am 15.07.2022 bei der Genehmigungsbehörde eingereicht. Nach Beteiligung der Öffentlichkeit und Prüfung der eingegangenen Stellungnahmen erfolgte die abschließende Unterrichtung über den Untersuchungsrahmen am 30.09.2022.

Neben den wiederkehrenden Gesprächen mit Vertretern aus Politik und Gemeinden wurde das Vorhaben mittlerweile auch der breiten Öffentlichkeit in einer Presseveranstaltung sowie in einer weiteren Bürgerinformationsveranstaltung am 19.10.2022 vorgestellt. Zusätzlich stehen Informationen über das Vorhaben auf der K+S Website zur Verfügung.

Um die Dickschichtabdeckung der Halde NeuhoF-Ellers umzusetzen, bedarf es der Verlegung mehrerer Infrastrukturanlagen (u.a. MIDAL-Gasleitung, Landstraße 3206). Da hierfür nach dem jeweils einschlägigen Fachrecht voraussichtlich eigenständige Planfeststellungsverfahren durchzuführen sind, war die Bestimmung einer federführenden Behörde gemäß § 57 b Abs. 1 BbergG iVm. 31 Abs. 1 UVPG erforderlich. Die Federführung für die im Zusammenhang mit dem Vorhaben Dickschichtabdeckung am Standort NeuhoF-Ellers zu führenden Verwaltungsverfahren wurde nach vorherigem Einvernehmen mit dem HMWEVW durch Erlass des

HMUKLV vom 02. Dezember an das Regierungspräsidium Kassel als Bergbehörde übertragen.

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 <sub>2)</sub>	✓
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 <sub>3)</sub>	2019	✓
<b>Systemwechsel zur Multifunktionalen Standortangepassten Oberflächenabdeckung (MSO)</b>						
2.4	Regelbetrieb (Betriebsphase)	2021 – 2075		2019	2075	
2.4.1	Plateauabdeckung mit Polderbau			2019 <sub>3)</sub>		✓
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		HA: ✓ WI: ✓
2.4.2.6	Genehmigungsverfahren			2022 - 2023		
2.4.2.7	Intermittierende Plateauabdeckung mit Bodenabdeckung +KDB			Q4/2023	Q2/2022	HA: ✓ WI: ✓
2.4.3	Flankenabdeckung Dünnschichtverfah- ren			2024		2026
2.4.3.1	Einreichen der Antragsunterlagen			Q4/2024		
2.4.3.2	Genehmigungsverfahren			2024 – 2026 <sub>7)</sub>		

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 <sup>4)</sup>	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"> <li>eines IES-Probefeldes auf dem Halde- dentop</li> <li>von Aufbau und Betrieb Lysimeter- anlage zum Funktionsnachweis</li> </ul>			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 <sup>5)</sup>	2019 ff	✓
<b>Systemwechsel zur Dickschichtabdeckung (DS)</b>						
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	
2.7.3.1	Scopingtermin			Q3/2022		✓
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) BImSchG-Antrag für den Betriebsversuch der Dünnschichtabdeckung zurückgezogen
- 7) Abhängig von der Art und Dauer des Genehmigungsverfahrens

## 2.3 Einstapeln und Versatz unter Tage

Nachdem das RP Kassel, Dezernat Bergaufsicht im 3. Quartal 2022 mitgeteilt hatte, dass das Einvernehmen derzeit noch nicht erteilt werden kann, fand im Oktober 2022 ein Fachgespräch unter Beteiligung beider Bergbehörden, des Behördengutachters sowie K+S und deren Gutachtern statt. Im Zuge dessen konnten etliche Fragen geklärt werden. Diese wurden im Berichtszeitraum weitgehend schriftlich beantwortet und in ergänzte und aktualisierte Antragsunterlagen überführt. Diese Unterlagen sollen im Januar 2023 eingereicht werden. 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 Inbetriebnahmetermin voraussichtlich in die 2. Jahreshälfte 2023. 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.

- 01.12.2022 Statusgespräch Thüringen
- 02.12.2022 Statusgespräch Hessen

Stand der Umsetzung der Maßnahme Einstapeln und Versatz (Aktualisierung zum Sachstandsbericht K+S, Q2/2022)

Einstapeln und Versatz		Durchführungszeitraum lt. MNP Salz 2021 bis 2027 -	Stand lt. MNP Salz 2021 bis 2027 -	Aktuelle Planung K+S gemäß Sachstandsbericht K+S (Anhang 7.1)		Stand Planung K+S
				Beginn	Ende	
1	Planung und Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme	2019 – Ende 2020 Oder Ende 2022	Ende 2021	2018	Q1/2023	
2	Umsetzung					
2.1	<b>Phase 1:</b> Einleitung von bis zu 1,5 Mio. m <sup>3</sup> /a vorhandener KKF-Lösung nach Konditionierung im Grubenfeld Springen (Südwest).		Ab Ende 2021	Q1/2023	2026	
2.2	<b>Phase 2</b>					
2.2.1	<b>Phase 2:</b> Planung und Genehmigung			2023	2036	
2.2.2	<b>Phase 2:</b> Einleitung von bis zu 2 Mio. m <sup>3</sup> /a konfektionierter Lösung im erweiterten Grubenfeld Springen.		Ab Ende 2027	2027	2036	

 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	Vermeidung und Reduzierung von Haldenwasser		
1.1	Haldenabdeckung		
1.1.1	Vorversuche zur Haldenabdeckung HVH	offen	(V, S)
1.1.2	Screening alternativer Zuschlagsstoffe für die Haldenabdeckung für die Haldenabdeckung	kontinuierlich	(V, S)
1.1.3	Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Additive zur initialen Begrünung abgedeckter Halden	2022	(V) (S)
1.1.4	Vorversuche mit verschiedenen Additiven zur Eignung für die Dünnschichtabdeckung	2022	(V)
1.1.5	Erweiterung des Körnungsbands für die Dünnschichtabdeckung	2023	(v)
1.2	Haldenwassermodellierung		
1.2.1	Modellierung zu Strömungsprozessen in der Haldenabdeckung und im Mantelbereich des Haldenkörpers	2024	(V) (S)
1.3	Entsalzung des Haldenwassers		
1.3.1	Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKover) Nanofiltration	2023	(S)
1.3.2	Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMem)	2024	(V) (S)
2	Vermeidung von Kieseritdeckwässer**		
13	Sonstiges**		


\* Mit dem Übergang zum neuen Maßnahmenprogramm 2021-2027 der FGG Weser erfolgte eine Anpassung des Berichtswesens der K+S mit Fokus auf jene Themen mit direktem Einfluss auf Volumen und Qualität der Kieseritdeckwässer oder Haldenwässer.

\*\* 2022 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 2022 liegt mit Ausnahme der Verzögerung im Projekt „Einstapeln“ der Fortschritt der Maßnahmenumsetzung in dem vom Unternehmen projektierten und regelmäßig überprüften zeitlichen Rahmen.

## **6.2 F&E-Vorhaben: Jahresbericht 2022 der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH**



# **F&E-Vorhaben**

**Jahresbericht 2022**

**im Rahmen des**

**Maßnahmenprogramms**

**2021- 2027**

Verfasst im März 2023



## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Forschungsvorhaben im Rahmen des dritten Maßnahmenprogramms</b>	<b>4</b>
<b>1 Vermeidung und Reduzierung von Haldenwasser</b>	<b>5</b>
1.1 Haldenabdeckung	5
1.1.1 Versuche zur Haldenabdeckung HVH	5
1.1.2 Screening alternativer Zuschlagsstoffe für die Haldenabdeckung	9
1.1.3 Untersuchungen zur Wirksamkeit von „Be-Grow Boost®“ zur initialen Begrünung abgedeckter Halden	9
1.1.4 Versuche mit Schaumbeton als temporäre und räumlich begrenzte Maßnahme zur Haldenabdeckung – Fortsetzung Vorversuche (Teil II)	10
1.1.5 Erweiterung des Körnungsbands für die Dünnschichtabdeckung	13
1.2 Haldenwassermodellierung	15
1.2.1 Modellierung zu Strömungsprozessen in der Haldenabdeckung und im Mantelbereich des Haldenkörpers	15
1.3 Entsalzung des Haldenwasser	18
1.3.1 Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKover) Nanofiltration	19
1.3.2 Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMem)	20
<b>2 Vermeidung und Reduzierung von Kieseritdeckwässer und Prozesswässer</b>	<b>21</b>
2.1 Alternative zur Verdünnung von Hartsalzlösung mit Flusswasser in Unterbreizbach	21
<b>Fazit</b>	<b>23</b>



## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Durchführung der Flankenbeschüttung im Spätsommer/Herbst 2018 - Halbtechnischer Versuch Hattorf .....	5
<b>Abbildung 2:</b> Nassansaat im Frühjahr 2019 – Halbtechnischer Versuch Hattorf.....	6
<b>Abbildung 3:</b> Begrünungszustand im Sommer 2019 (links) und Nachbehandlung/Nachsaat im Herbst 2019 (Mitte, rechts) – Halbtechnischer Versuch Hattorf .....	6
<b>Abbildung 4:</b> Begrünungszustand drei Wochen nach der Nachsaat im Herbst 2019 – Halbtechnischer Versuch Hattorf .....	7
<b>Abbildung 5:</b> Einzelangefertigte Lysimetergefäße und deren Befüllung (rechtes Foto) .....	11
<b>Abbildung 6:</b> Grafik des Lysimeter-Einbau-Schemas.....	12
<b>Abbildung 7:</b> Die drei eingebauten Lysimeter an ihrem jeweiligen Haldenstandort .....	12
<b>Abbildung 8:</b> Haldenzonierung.....	17



## Forschungsvorhaben im Rahmen des dritten Maßnahmenprogramms

Zur Weiterentwicklung von alternativen Maßnahmen im Rahmen des Maßnahmenprogramms Salz vom 2021-2027 der FGG Weser führt K+S seine Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (F&E-Vorhaben) fort. Diese werden für das Jahr 2022 im vorliegenden F&E-Jahresbericht dokumentiert und erläutert.

Mit der erwarteten zeitnahen Umsetzung des Vorhabens „Einstapeln von Produktionsabwässern in das Grubenfeld Springen“ und dem Start des Projektes „Werra 2060“ (weitere Informationen im Internet abrufbar, [Werra 2060 | K+S Aktiengesellschaft \(kpluss.com\)](https://www.kpluss.com/de/unternehmen/werra-2060)) hat sich der Fokus der F&E-Tätigkeiten verschoben. Es ergeben sich zukünftig zwei Schwerpunkte im Rahmen des aktuellen Maßnahmenprogramms:

1. Reduktion des Anfalls von Haldenwässern.
2. Reduktion bzw. Vermeidung von Prozessabwässern, die aufgrund niedriger  $\text{MgCl}_2$ -Konzentration nicht für die Einstapelung konfektioniert werden können (z.B. Spülwässer und sogenannte Kieseritdeckwässer).

Im Zentrum 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. abwassermindernde Wirkung, auch wenn nicht für alle Projekte im Einzelnen eine konkrete mengen- und volumenmäßige Einsparung beziffert werden kann.

## 1 Vermeidung und Reduzierung von Haldenwasser

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

### 1.1 Haldenabdeckung

Eine Möglichkeit, die Menge des anfallenden Haldenwassers zu reduzieren, ist die Abdeckung und – in Abhängigkeit vom Abdeckmaterial – eine anschließende Begrünung der Halden. Dabei soll durch die Bildung einer verdunstungsfördernden Oberfläche (Patina-Schicht) oder einer entsprechend dimensionierten Schicht aus Boden durch entsprechenden Pflanzenbewuchs eine hohe Evapotranspirationsleistung erzielt werden.

#### 1.1.1 Versuche zur Haldenabdeckung HVH

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

**Abbildung 1:** Durchführung der Flankenbeschüttung im Spätsommer/Herbst 2018 - Halbtechnischer Versuch Hattorf



Seit Fertigstellung der Beschüttung unterliegen der Versuchskörper sowie die Begrünungsentwicklung einem umfangreichen Monitoringprogramm.

**Abbildung 2:** 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 zweite Ansaat und Oberflächenbearbeitung mit verschiedenen Methoden im September 2019 erfolgen.

**Abbildung 3:** 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 4:** Begrünungszustand drei Wochen nach der Nachsaat im Herbst 2019 – Halbtechnischer Versuch Hattorf



Im Monitoringprogramm zum HVH ergaben sich bislang 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. Am 04.06.2021 kam es bei einer Tagesniederschlagssumme von ca. 66 l/m<sup>2</sup> zu einem 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 Bohrkerne 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 Schwermetalle 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.

Im Jahr 2022 war die Witterung am HVH durch ein Niederschlagsdefizit mit weniger als 600 l/m<sup>2</sup> Jahresniederschlag sowie durch langanhaltende Trockenphasen im Frühjahr und Sommer geprägt. Vor allem der Zeitraum zwischen Anfang Juni und Ende August war mit einer Niederschlagssumme von weniger als 50 l/m<sup>2</sup> deutlich zu trocken im Vergleich zum langjährigen Mittel. Am 18.10.2022 kam es in Philippsthal hingegen erneut zu einem Starkregenereignis mit mehr als 50 l/m<sup>2</sup> innerhalb weniger Stunden. Wie bereits beim Starkregen im Juni des Vorjahres waren am HVH anschließend jedoch keine wesentlichen Abspülungen bzw. Erosionserscheinungen zu erkennen. Insbesondere die langanhaltenden Trockenphasen wirkten sich jedoch ungünstig auf die Vegetationsentwicklung aus. Der witterungsbedingte Wassermangel konnte auch durch die Bewässerungsmaßnahmen nicht vollständig kompensiert werden, wodurch erhebliche Teile des Pflanzenbestandes im Laufe des Jahres immer wieder unter Trockenstress gerieten. Infolgedessen sank im Jahr 2022 auch die im Rahmen der floristischen Aufnahmen festgestellte Artenanzahl. Von den ungünstigen Witterungsbedingungen war zudem auch ein im Laufe des Jahres begonnener Kleinparzellenversuch auf dem Plateau des HVH betroffen. Hierbei wurden dem Abdeckmaterial zugesetzte Bodenhilfsstoffe (Polyacrylat „Be-Grow“ und Poliermehl aus der Zuckerrübensaatgutaufbereitung, vgl. 1.1.3) auf ihre Eignung zur Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit des Substrats untersucht.

Darüber hinaus wurden am HVH im April 2022 erfolgreich verschiedene Techniken zur Verfüllung von oberflächennahen Rissen erprobt. Hiermit konnte nachgewiesen werden, dass mit praxistauglichen Instandhaltungsmaßnahmen ein wesentlicher Beitrag zum Erhalt der langfristigen Gebrauchstauglichkeit der Abdeckschicht geleistet werden kann. Darüber hinaus wurde im Jahr 2022 bei der zuständigen Behörde beantragt, die im nördlichen Plateaubereich des HVH eingebaute Kunststoffdichtungsbahn zu entfernen, da es



in deren Randbereich zur Ausbildung von Rissen gekommen war, die sich nachteilig auf die langfristige Entwicklung des HVH ausgewirkt hätten. Der Rückbau der Kunststoffdichtungsbahn wurde zugelassen und erfolgte Anfang 2023. Die ursprünglich vorgesehene Funktion als Großlysimeter zum Erkenntnisgewinn über den Wasserhaushalt des HVH konnte die eingebaute Kunststoffdichtungsbahn aufgrund diverser Einschränkungen nicht erfüllen. Aus diesem Grund ist für das Jahr 2023 vorgesehen, im Bereich des HVH eine begehbare Lysimeterstation zu installieren, mit deren Hilfe deutlich belastbarere Ergebnisse zum Wasserhaushalt der Abdeckschicht gewonnen werden können.

Im Rahmen des Wassermonitorings zum HVH ergaben sich im Jahr 2022 erneut keine Auffälligkeiten, die auf einen erhöhten Austrag von Schwermetallen aus dem Abdeckmaterial hindeuten würden

#### 1.1.2 Screening alternativer Zuschlagsstoffe für die Haldenabdeckung

Im Zuge der Forschungen zur Erstellung von Rezepturen für Material zur Flankenabdeckung einer Kalirückstandshalde wurden in der Vergangenheit Braunkohleflugaschen als Bindemittel zur Herstellung der langfristigen Standsicherheit verwendet und betrachtet. Vor dem Hintergrund des Kohleausstiegs ist zu erwarten, dass diese Aschen mittelfristig nicht mehr (in der erforderlichen Menge) zur Verfügung stehen werden. Daher sind alternative Additive erforderlich. 2022 wurden die Planungen aufgenommen, um alternative Additive zu finden und auf ihre Einsatzmöglichkeit zu testen. Erste Untersuchungen sind für 2023 und dann fortlaufend, je nach Forschungsstand und Verfügbarkeit möglicher Materialien, geplant.

#### 1.1.3 Untersuchungen zur Wirksamkeit von „Be-Grow Boost®“ zur initialen Begrünung abgedeckter Halden

Bei „Be-Grow Boost®“ handelt es sich um einen Bodenhilfsstoff, der aufgrund seiner Wasserspeicherkapazität die pflanzenverfügbare Wassermenge im Boden erhöht (Hydrogel). Niederschlagswasser wird unter Quellung von Be-Grow Boost aufgenommen und gespeichert und soll den Pflanzen später zur Verfügung stehen. Bei Einarbeitung des Hilfsstoffes in die oberen Bodenschichten kann so prinzipiell die Wasserverfügbarkeit,



insbesondere für Keimlinge und junge Pflanzen, in Trockenphasen erhöht werden. Der Vorteil gegenüber herkömmlichen Hydrogelen besteht in der deutlich verbesserten Salzresistenz des Produktes. In Gewächshaus- und Laborversuchen wurde untersucht, ob das Produkt positive Effekte bei der Begrünung abgedeckter Halden bewirken kann.

Parallel zu diesen Untersuchungen wurden auch geotechnische Aspekte betrachtet. Insbesondere die Auswirkungen auf die Standsicherheit des Abdeckmaterials an der Flanke sind von elementarer Bedeutung. Weiterhin wurde das Produktverhalten im Freilandversuch getestet. Dazu standen Versuchsflächen auf dem HVH an der Halde Hattorf zur Verfügung. Die Versuchsergebnisse haben den erhofften Erfolg nicht gezeigt. Erst bei sehr hohen Zugabemengen von Be-Grow Boost konnte ein verbesserter Begrünungserfolg festgestellt werden. Die hohen Zugabemengen stellen aber einerseits die Stabilität der behandelten Bodenschichten und andererseits das Kosten-Nutzen-Verhältnis in Frage. Voraussichtlich werden keine weiteren Untersuchungen zu Be-Grow Boost vorgenommen.

#### 1.1.4 Versuche mit Schaumbeton als temporäre und räumlich begrenzte Maßnahme zur Haldenabdeckung – Fortsetzung Vorversuche (Teil II)

Ergänzend zu den Ende 2021 abgeschlossenen Vorversuchen mit Schaumbeton als Additiv zur Eignung für die Dünnschichtabdeckung und die Infiltrationshemmschicht im Labor folgten nun Freiland- und Lysimeterversuche. Dazu wurde an zwei Haldenstandorten in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel die Eignung eines innovativen Abdeckkonzeptes in Flächenversuchen sowohl auf dem Plateau als auch an der Flanke erprobt. Ziel ist es dabei die technische Umsetzbarkeit der Erstellung solcher Schaumbetonschichten sowie die Haltbarkeit und zeitliche Entwicklung der Oberflächen in situ zu untersuchen.

An den Standorten auf den Rückstandshalden Zielitz und Sigmundshall sowie zusätzlich am Analytik- und Forschungszentrum (AFZ) in Unterbreizbach ergänzen Lysimeterversuche, ebenfalls in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel, die Prüfung der Eignung von Schaumbeton. Hier werden die Kenngrößen für den Oberflächenabfluss, die

Durchsickerung und vor allem die Verdunstungsleistung unter realen Bedingungen auf der Halde und in Haldennähe ermittelt.

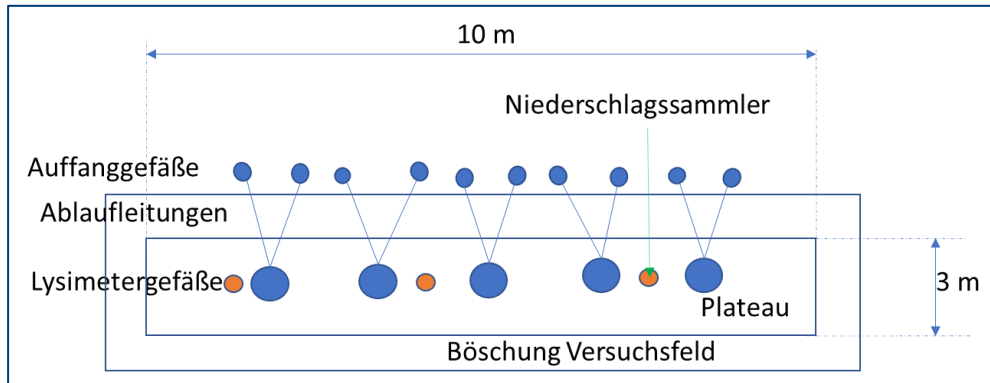
Die Lysimetergefäße sind Einzelanfertigungen und wurden auf dem Standort Neuhoft-Ellers gefertigt. Die fertigen Lysimetergefäße wurden dann an der Universität Kassel zentral für alle Versuche gefüllt mit folgendem Schichtenaufbau von unten nach oben:

- Drainagekies
  - Trennvlies
  - Feinsand
- ca. 10 cm
- Schaumbeton (ca. 40 cm in mehreren Lagen)
  - Randüberstand: ca. 0 – 1,5 cm zur Ableitung eventueller Oberflächenabflüsse

**Abbildung 5:** Einzelangefertigte Lysimetergefäße und deren Befüllung (rechtes Foto)



Pro Lysimeterstandort wurden fünf baugleiche Lysimeter nach folgender grob schematischer Anordnung eingebaut:

**Abbildung 6:** Grafik des Lysimeter-Einbau-Schemas

Die Lysimetergefäße wurden mit einer Ablaufleitungen für die Fassung des Oberflächenabflusses und der Durchsickerung versehen. Nach Messung der eingetragenen Niederschlagsmenge sowie Erfassung der Mengen an Oberflächenabfluss und Durchsickerung kann die Verdunstungsleistung berechnet werden. Der Aufbau der Lysimeteranlagen erfolgte im Zeitraum Juli bis September 2022. Die folgenden Abbildungen zeigen die fertiggestellten Lysimeterversuche:

**Abbildung 7:** Die drei eingebauten Lysimeter an ihrem jeweiligen Haldenstandort



Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass ein relevanter Anteil der eingetragenen Niederschläge, wie erwartet, von der Schaumbetonoberfläche aufgenommen wird. Ein gewisser Anteil der Niederschläge läuft oberflächlich ab. Auch sind bisher kleinere Durchsickerungsmengen erfasst worden. Es ist weiterhin erkennbar, dass ein signifikanter Anteil der zurückgehaltenen Niederschläge wieder verdunstet.

Eine Quantifizierung der einzelnen Wasserströme und damit einhergehend die Angabe einer Verdunstungsleistung sind zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht möglich bzw. sinnvoll, da zum einen davon auszugehen ist, dass zunächst eine Aufsättigung des Porenraumes mit Niederschlagswasser erfolgt. Zum anderen betrifft der bisherige Versuchszeitraum mit Herbst und Winter die verdunstungsschwache Zeit – es gilt einen ganzjährigen Bewetterungszeitraum abzuwarten, um belastbare Aussagen treffen zu können.

#### 1.1.5 Erweiterung des Körnungsbands für die Dünnschichtabdeckung

Dieses F&E-Projekt dient der Grundlagenermittlung/Planung für eine Flankenabdeckung im Dünnschichtsystem mit flankenparalleler Schüttung (im Folgenden - Dünnschichtabdeckung; kurz: DSA). Zur Untersuchung dieses Abdeckungssystems wurde am Standort Hattorf des K+S-Werkes Werra bereits im Jahr 2018 ein halbtechnischer Versuch zur Haldenabdeckung (HVH) initiiert, mit dem auf rd. 100 m Länge eine rund 20 bis 30 m hohe Haldenböschung abgedeckt wurde.

Zur Abdeckung der Halden mit einer DSA werden geeignete Materialien benötigt, Materialien, die über Eigenschaften verfügen, mit denen die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der DSA nachgewiesen und langfristig sichergestellt werden kann.



Unter dem Begriff Gebrauchstauglichkeit werden in diesem Zusammenhang in geotechnischer Sicht z.B. eine

- ausreichende Verformbarkeit mit Einfluss auf
  - die Entstehung/ Selbstheilung von Rissen und
  - den Wasserhaushalt über die Dicke und Dichte der Abdeckschicht,
- sowie die Material- und Scherfestigkeit als bestimmende Größe für die Stand-sicherheit, aber auch mit Einfluss auf die Erosionsanfälligkeit/ Durchwurzelbarkeit

verstanden. Diese Eigenschaften/Parameter werden wiederum maßgeblich durch die Korngrößenverteilung, die Oberflächenrauigkeit der Einzelkörner sowie eventuelle Inhaltsstoffe im Abdeckmaterial bestimmt, die zu verfestigenden Bindungen zwischen den Einzelkörnern, vor allem in Folge von puzzolanischen Reaktionen führen.

Wegen ihrer Verfügbarkeit und ihrer hinsichtlich der Material- und Scherfestigkeit positiven Eigenschaften sowie unter wirtschaftlichem Aspekt stehen dazu bei der Auswahl geeigneter Abdeckmaterialien Schlacken und Aschen im Fokus. Im Rahmen des HVH wurden bisher vergleichsweise „feinkörnige“ Schlacken im Körnungsband<sup>1</sup> 0/5 mm mit einer relativ hohen Additivzugabe an Braunkohleflugaschen von ca. 10 % verwendet.

Ziel der konkreten Untersuchungen ist insbesondere eine Erweiterung des Körnungsbandes geeigneter Abdeckmaterialien unter Berücksichtigung der Marktverfügbarkeit in Verbindung mit einer optimierten Additivzugabe. Des Weiteren sollen anhand der Ergebnisse Untersuchungsmethoden für die weitere Konfektionierung geeigneter Abdeckmaterialien im Dünnschichtsystem entwickelt werden, zum einen für die Untersuchungen, mit denen vor der Abdeckung die Eignung der Materialien grundsätzlich nachgewiesen wird, sowie zum anderen für die Untersuchung begleitend zur Ausführung der Abdeckung, mit denen im Sinne einer Eingangskontrolle die Qualität sowie Konformität der vorgesehenen und angelieferten Materialien zu den Eignungsuntersuchungen überwacht

---

<sup>1</sup> Korngrößenverteilung, von/ bis

wird. Für die Eingangskontrolle werden materialspezifische Indexparameter gesucht, die schnell und einfach, möglichst vor Ort, durch das Personal ermittelt werden können.

Die Maßnahme umfasst in diesem Kontext Laboruntersuchungen und Ingenieurleistungen und soll abschließend ein geotechnisches Sachverständigengutachten über die Konfektionierung von Materialien zur Abdeckung der Steilhalden im Dünnschichtsystem beinhalten. Es sollen zwei verschieden zusammengesetzte Abdeckgemische untersucht werden. Mit der Maßnahme wurde ein externes Ingenieurbüro beauftragt, bis Ende 2022 wurde der erreichte Untersuchungsstand in einem Zwischenbericht zusammengefasst. Bislang erfolgte die Grundlagenermittlung zu den Anforderungen an Materialien einer DSA sowie die Korngrößenverteilung an zwei Schlackeproben. Darauf basierend wurde unter Berücksichtigung der Materialverfügbarkeit und -zusammensetzung von Schlacken und Aschen für ein erstes Abdeckgemisch die Korngrößenverteilung sowie die Massen-Prozente für die Aschezugabe festgelegt. Im Fortgang der Untersuchungen sind entsprechende Laborproben herzustellen, um mit umfangreichen Begleituntersuchungen die geeigneten Einbaumethoden bestimmen zu können.

## **1.2 Haldenwassermodellierung**

### **1.2.1 Modellierung zu Strömungsprozessen in der Haldenabdeckung und im Mantelbereich des Haldenkörpers**

Eine deutliche Abwasservermeidung ist seit den 1970ern an der Werra-Kalilagerstätte mit dem steigenden Anfall fester Rückstände einhergegangen. Die Aufhaltung des Rückstands führte zu den Großhalden mit steigendem Haldenwasseranfall.

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. Das Ziel der Aufstellung eines Modells zu Strömungsprozessen im Haldenkörper besteht in der Beurteilung der von diesen Halden ausgehenden Umweltauswirkungen. Darüber hinaus dienen die Erkenntnisse der Einschätzung der Wirksamkeit der bereits ergriffenen bzw. noch zu ergreifenden Schutz- und Emissionsminderungsmaßnahmen sowie der Planung zukünftiger Maßnahmen.



### 1.2.1.1 Hydraulisches Haldenkörperverhalten

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.<sup>2</sup>

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 8)

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

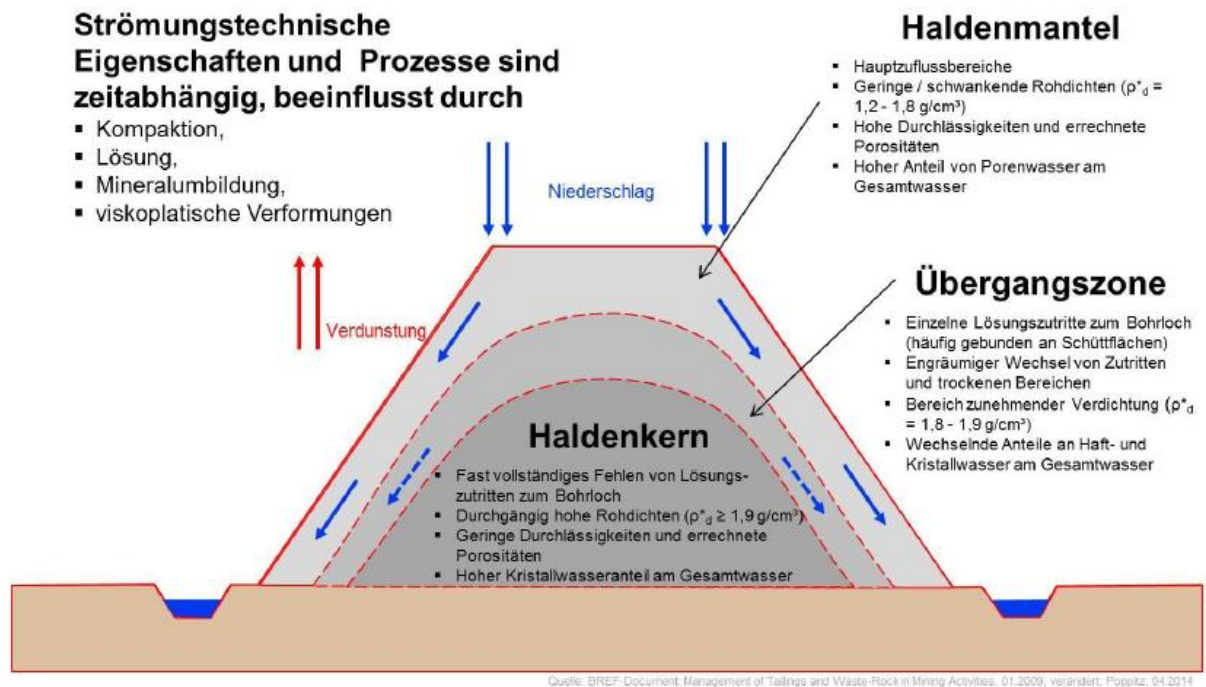
Das Haldenwasser gelangt über die hydraulisch aktiven Bereiche zum Abfluss. Dort bewegt es sich auf in Folge der Löslichkeit des Rückstandes gebildeten, bevorzugten Sickerwasserwegen.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 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

Abbildung 8: Haldenzonierung



### 1.2.1.2 Weiterentwicklung des Kenntnisstands im Rahmen des F+E-Projekts

Ein relevanter Eingangsparameter zur Ermittlung des Haldenwasseranfalls und der Restinfiltration und damit für die Abschätzung des Eintrags aus den Haldenerweiterungsvorhaben und des daraus resultierenden Kompensationsbedarfs ist der aufhaltungsbedingte Beitrag aus der anhaftenden Feuchte des Rückstands (restfeuchtebedingter Haldenwasseranfall). Zur Ermittlung desjenigen Anteils der Restfeuchte, der als freier Wassergehalt in die o.g. Berechnungen eingeht bzw. des Anteils, der als Haftwasser im Rückstand verbleibt, wurden Ödometerversuche durchgeführt. Ödometer sind eindimensionale Kompressionsgeräte, die hier zur Untersuchung des Entwässerungsverhaltens des Rückstands unter verschiedenen Belastungszuständen im Labor eingesetzt wurden.

Das in den Vorjahren gemeinsam mit den Mitarbeitern des AFZ unter verschiedenen Versuchsrandbedingungen entwickelte Probenahme- und Messkonzept wurde 2022 in



weiteren Versuchsreihen zur Erweiterung der Datenbasis zum Haftwassergehalt angewandt, und deren Ergebnisse bestätigen in der Größenordnung die Erkenntnisse aus den Haldenkörperbohrungen an den Rückstandshalden Hattorf und Wintershall.

Im Zuge der Umsetzung der Haldenerweiterung Hattorf, Phase 1, wurde ein Testfeld zur Entwicklung des Haldenkerns in den 1. Bauabschnitt der Erweiterungsfläche integriert (vgl. RBP 04/09 HA i.d.F.v.2018, Band 1.1.1). Das hydraulisch abgegrenzte Feld entwässert über ein Vollrohr nach außen und ermöglicht so eine Beobachtung des durch den Haldenkern perkolierenden Wassers. Das Feld wurde 2019 überschüttet, die Überdeckung mit Rückstandssalz liegt bei rund 100 m. Kamerabefahrungen 2020 und 2022 haben gezeigt, dass das Testfeldrohr intakt ist. Seit Februar 2019 wird monatlich eine Probe zur chemischen Analyse aus dem Vollrohr, falls dort Lösung austritt, entnommen. Es liegen jedoch nur wenige Analysen aus 2020 und 2021 vor, da das Rohr seit Mai 2021 trocken geblieben ist. Die Analysen zeigen gegenüber dem sonstigen Haldenwasser (auch bezogen auf den benachbarten Randgraben) erhöhte Werte von Magnesium und Chlorid, und (mit Ausnahme der Erstbeprobung nach Anlage unter Witterungsschutz) sehr hohe Gesamtmineralisationen von rund 380 bis 415 g/l. Dies lässt auf ein Abfließen der bei Aufhaldung anhaftenden Feuchte (Prozesswasser) zu Beginn der Aufhaldung schließen. Seit Mai 2021 wurde im Bereich des Haldenkerns demnach kein Lösungsausstritt festgestellt. Die Kontrolle wird auch 2023 fortgesetzt.

### **1.3      Entsalzung des Haldenwasser**

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 abweichende 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 der Kaliindustrie bieten können.



### 1.3.1 Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKovery) Nanofiltration

Acht Projektpartner reichten beim Bundesministerium für Bildung und Forschung einen Förderantrag für das Projekt „Recycling von industriellen salzhaltigen Wässern durch Ionentrennung, Konzentrierung und intelligentes Monitoring“ ein. Dieser wurde genehmigt und das Verbundprojekt startete 2021.

In dem für K+S relevanten Teilprojekt soll die technische und wirtschaftliche Machbarkeit zur Aufbereitung von Haldenwässern untersucht werden. In den Salzabwässern der K+S sind sowohl einwertige (Kalium, Natrium), als auch zweiwertige Kationen (Magnesium) vorhanden. Das potenzielle Einsatzziel der Nanofiltration als zu testende Aufbereitungsmethode wäre eine Aufteilung dieser Salzabwässer, insbesondere der Haldenwässer, in zwei Fraktionen. Ziel ist die Gewinnung eines möglichst hochkonzentrierten Kaliumchlorid-haltigen Permeats, welches möglichst kein Sulfat und nur geringe Mengen an Magnesium enthält, wobei diese kaliumhaltige Fraktion in den Prozess zurückgeführt und genutzt werden könnte.

Da die aufzubereitenden Wässer Schwankungen in ihrer Zusammensetzung und Salzkonzentration 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 zweier unterschiedlicher Membranverfahren entwickelt. Es konnten damit im Labor der Technischen Hochschule Köln akzeptable Sulfatrückhalte und annehmbare Magnesiumrückhalte erzielt werden. Auch eine membrantechnisch basierte Aufkonzentrierung des an Kaliumchlorid angereicherten Permeats wurde erreicht. Die Aufkonzentrierungen konnten bis hin zur Sättigung festgestellt werden.

Hinsichtlich der oben beschriebenen Schwankungen der Haldenwasserzusammensetzungen und -konzentrationen sind weitere Sensitivitätsuntersuchungen im Jahr 2023 vorgesehen. Zusätzlich wird parallel ein Verfahren entwickelt, mit dem der enthaltene TOC-Anteil (Total Organic Carbon) in einer Vorstufe durch Einsatz von Aktivkohle in Fließbettfiltern aus den Haldenwässern entfernt wird. Ziel ist es, durch diese Vorbehand-



lung sicherzustellen, dass die Membranen nicht geschädigt werden und eine Membranverblockung verhindert wird. Damit soll auf Basis der durch die Vorbehandlung gereinigten Wässer ein dauerhafter Betrieb für die konzeptionierte Pilotanlage gewährleistet werden. Die dafür erforderlichen Komponenten wurden 2022 bestellt. Die Inbetriebnahme und ein Testbetrieb der Pilotanlage an der Technischen Hochschule Köln mit verschiedenen Fahrweisen sind für das Jahr 2023 vorgesehen.

### 1.3.2 Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMem)

Auf dem Gebiet der Membrandestillation (MD) hat K+S 2019 mit weiteren Projektpartnern eine Förderung für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben innerhalb des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA) für die „Wasserrückgewinnung aus Haldensickerwässern auf der Basis von Membrandestillation und Kopplung mit Kristallisation“ (HaSiMeM) beantragt. Das Verbundprojekt wurde im Rahmen von WavE – Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung - auf den Weg gebracht und wird gemeinsam mit vier weiteren Partnern seit 2021 bis 2024 kooperativ bearbeitet werden. Ziel des Vorhabens ist es, ein Aufbereitungsverfahren auf der Basis eines gekoppelten Verfahrens bestehend aus Wasserentzug durch MD und anschließender Kristallisation zu entwickeln, um die Wasserverfügbarkeit zu erhöhen und Einträge von Salz in Vorfluter zu reduzieren. Das Erreichen dieser Ziele soll im Rahmen dieses interdisziplinär angelegten Projektes mit einer Pilotanlage mit einer Ausdampfleistung von bis zu 30 Litern Kondensat pro Stunde demonstriert werden.

Im Jahr 2022 wurden von den Projektpartnern schwerpunktmäßig die folgenden geplanten Arbeitspakete bearbeitet:

- Ausschluss von prinzipiellen Hemmnissen technischer oder ökonomischer Art, die einer Überführung des Konzeptes in den Industriemaßstab entgegenstehen sowie die Überprüfung der Erreichbarkeit der Projektzielstellung (30 L/h Kondensatfluss bei einer Energieeffizienz mit einem GOR von mindestens 2 für die Pilotanlage im Dauerbetrieb). Dieses Arbeitspaket konnte nicht, wie ursprünglich geplant, bis Ende



des Jahres abgeschlossen werden. Eine Entscheidung über den Bau einer Pilotanlage ist derzeit somit noch nicht getroffen.

- Ein weiterer Schwerpunkt der Bearbeitung war die Frage, wie die Kristallisation von Salzen in der Grenzschicht der Membran verhindert werden kann. Bislang tritt eine entsprechende Kristallisation auf, bei der es zu einem starken Abfall des Flusses durch die Membran kommt, bis der Destillationsprozess ganz zum Erliegen kommt.
- Weiterhin erfolgte die Fortführung der Erarbeitung von Konzepten zur Wärmerückgewinnung und Steigerung der Energieeffizienz durch die Projektpartner.

## **2 Vermeidung und Reduzierung von Kieseritdeckwässer und Prozesswässer**

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

### **2.1 Alternative zur Verdünnung von Hartsalzlösung mit Flusswasser in Unterbreizbach**

Der Überschuss der Hartsalzlösung (HSL) aus dem Löse- und Kristallisationsprozess des Standorts Unterbreizbach wird vorwiegend zum Standort Hattorf gefördert und dort in den Aufbereitungsverfahren der KKF-Anlage zwecks Gewinnung von Wertstoff weiter verwertet. Dafür wird die HSL ab Unterbreizbach zunächst durch die sogenannte Salzwasserleitung (SWL) und dann durch die Lösungsverbundleitung zum Standort Hattorf gepumpt. Bei entsprechender Differenz zwischen Lösungs- und Außentemperaturen kommt es zu einer Abkühlung der transportierten HSL. Dies führt zu einer Erhöhung der Sättigung an NaCl und KCl und in Folge zur Auskristallisation dieser Salze in den Rohrleitungen.



Um diese Kristallisationen bei entsprechenden Außentemperaturprognosen zu vermeiden, wurde zur Verdünnung bei Übernahme der Lösung durch das Abwassermanagement bisweilen Flusswasser zugegeben.

Der alternative Verfahrensansatz ist, für diese Verdünnung Spülwässer des Produktionsbetriebs Unterbreizbach zu nutzen. Diese werden bisher weitgehend am Standort z.B. im sogenannten Deckprozess verwendet, in dem die Qualität der Produkte eingestellt wird. Wird nun Frischwasser anstelle von Spülwasser im Deckprozess verwendet, werden sowohl positive Einflüsse auf die Lösespanne der HSL im Löseprozess, als auch ein verbesserter Deckprozess erwartet, da Flusswasser ein höheres Lösevermögen für Nebenminerale aufweist als die mit Salz vorbelasteten Spülwässer.

Einerseits ermöglichte der bisherige Einsatz der Spülwässer im Deckprozess, den enthaltenen Wertstoff am Standort Unterbreizbach zu gewinnen, mit der Transportverdünnung wird diese Wertstoffrückgewinnung nach Hattorf verlagert.

Andererseits wird damit auch die Menge an vorhandener HSL vermehrt. Da die zu transportierende Lösung mengenspezifisch verdünnt wird, ist aufgrund der erhöhten HSL-Menge insgesamt ein höherer Wassereinsatz zur Vermeidung von Kristallisationen auf dem Transportweg erforderlich. Erfolgt die Transportverdünnung über Spülwässer, können die Kristallisationsrisiken ebenfalls gesenkt werden. Die enthaltenen Wertstoffe werden dann am Standort Hattorf in Form von Produkten gewonnen.

Wenn die Menge der an Hattorf übergebenen HSL aus Unterbreizbach geringer wird, können die Aufbereitungsprozesse mit anderen Wässern, z.B. vom Standort Wintershall, gespeist werden, so dass die zu entsorgende Prozesswassermenge des Werkes Werra insgesamt reduziert werden kann.

Die transportierte HSL wird inzwischen automatisiert mit 5 % überschüssigen Spülwässern verdünnt. Dadurch konnte auch innerhalb des Lösungsverbandes der Zusatz von Flusswasser zur Transportverdünnung sowie für Reinigungsprozesse deutlich reduziert werden.

Die Zusammensetzung des Rohsalzes und ein Produktionsregime mit deutlichem Schwerpunkt auf qualitativ hochwertigen Produkten sowie die Gesamtmenge der



hergestellten Produkte bewirkten im Berichtszeitraum 2022 gegenüber dem Jahr 2021 einen höheren Bedarf an Frischwasser in den Herstellungsprozessen. Die hier geschilderte Maßnahme hat jedoch dazu beigetragen, dass der spezifische Prozesswasseranfall je Tonne  $K_2O$  und damit der Überschuss an HSL am Standort UB im Vergleich nicht angestiegen sind. Aufgrund dieser vielfältigen Einflussfaktoren kann der Effekt allerdings nicht näher quantifiziert werden. Der Prozess ist in seiner Entwicklung abgeschlossen und in den Regelbetrieb überführt.

## Fazit

Mit dem vorliegenden Jahresbericht 2022 wurde - wie im detaillierten Maßnahmenprogramm 2021–2027 der FGG Weser beschrieben - der F&E-Schwerpunkt auf die Forschungsaktivitäten zur Reduktion von Haldenwasser bzw. die Vermeidung von Kieseritdeckwässern im Bereich der Prozesswässern gelegt.

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

## **6.3 Risikoübersicht der Firma K+S Minerals and Agriculture GmbH**



K+S Gruppe

# Projektrisiken

Stand: Q4/2022

# 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/Standicherheit	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 <sub>2</sub> -Ereignissen auf das Einstapeln	Areale ohne CO <sub>2</sub> -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 mindestens 6 Monate nach Zulassung der Durchörterungsbohrung (Prognose K+S: Ende August 2023).
- 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"> <li>• Ausführliche Voruntersuchungen und begleitende Untersuchungen</li> <li>• laufende Prüfung von Alternativmaterialien</li> <li>• laufende Prüfung von Alternativen zur Abdeckung</li> <li>• Fachgespräche mit Behörden</li> </ul>
2	Schadlose Verwertung des vorgesehenen Abdeckungsmaterials kann nicht nachgewiesen werden (wenn nötig) – Genehmigung wird versagt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• umfangreiche Laboruntersuchungen zum Eluationsverhalten (auch Langzeitverhalten)</li> <li>• Gutachten zur schadlosen Verwertung (Staub, Grundwasser, Abwasser)</li> <li>• Untersuchungen zur Schadstoffaufnahme durch Pflanzen</li> <li>• laufende Suche nach / Prüfung von unbelasteten Alternativmaterialien</li> <li>• Bei Bedarf technische Sicherungen</li> </ul>
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"> <li>• Gefährdung von Menschen ist technisch und organisatorisch auszuschließen</li> <li>• Sicherheitszone außerhalb des Haldengrabens</li> <li>• Laborversuche/Untersuchungen/Modellierungen</li> <li>• regelmäßige Befahrung</li> <li>• ständiges Monitoring</li> <li>• Definition standsicherer Materialmischungen</li> <li>• stufenweise Entwicklung der Abdeckung</li> </ul>
4	Materialmengen sind logistisch nicht handelbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Lager- und Transportmöglichkeiten</li> <li>• Abdeckung nur mit geringeren Mengen → längere Abdeckdauer</li> </ul>

# Projektrisiken Haldenabdeckung Werk Werra

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

# Projektrisiken Haldenabdeckung Werk Werra

Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
9	Hoher Nachsorgeaufwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• selbstheilendes Material</li> <li>• gezielte Förderung einer effektiven Begrünung</li> <li>• Ausreichende Vergleichmäßigung der Restdurchsickerung (Topabdeckung)</li> </ul>
10	Aufstandsfläche für Abdeckung nicht ausreichend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (falls erforderlich)</li> <li>• Ableitung und Umsetzung von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen für Umweltauswirkungen</li> <li>• umfangreiches Monitoringkonzept</li> </ul>
11	Ungleichmäßiges Auflösen des Rückstandsalzes unter der Abdeckung – Einbrüche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• möglichst homogenes Material</li> <li>• gleichmäßige Begrünung</li> <li>• selbstheilendes Material</li> <li>• Verfüllung von Rissen, Rinnen, Senken</li> <li>• Ausreichende Vergleichmäßigung der Restdurchsickerung (Topabdeckung)</li> <li>• Berücksichtigung von Materialübergängen im technischen Konzept</li> </ul>
12	Technische Probleme beim Polderbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• angepasste Planung des Polderbaus</li> <li>• Ersatz durch andere Abdeckmaßnahmen</li> </ul>
13	Verfügbarkeit (in Werksnähe) Zuschlagstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abdeckung Teilflächen</li> <li>• Ausweichen auf andere Materialien (grundsätzlich verschiedene Zuschlagstoffe anwendbar)</li> <li>• Vergrößerung des Suchraums für Anbieter</li> </ul>
14	Zuschlagstoffe nicht zulassungsfähig – Genehmigung wird versagt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuche zum Nachweis der Schadlosigkeit</li> <li>• Ausweichen auf andere Materialien (grundsätzlich verschiedene Zuschlagstoffe anwendbar)</li> </ul>

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

# Projektrisiken Dickschichtabdeckung/ Haldenwasserminimierungsmaßnahmen Neuhoof-Ellers

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

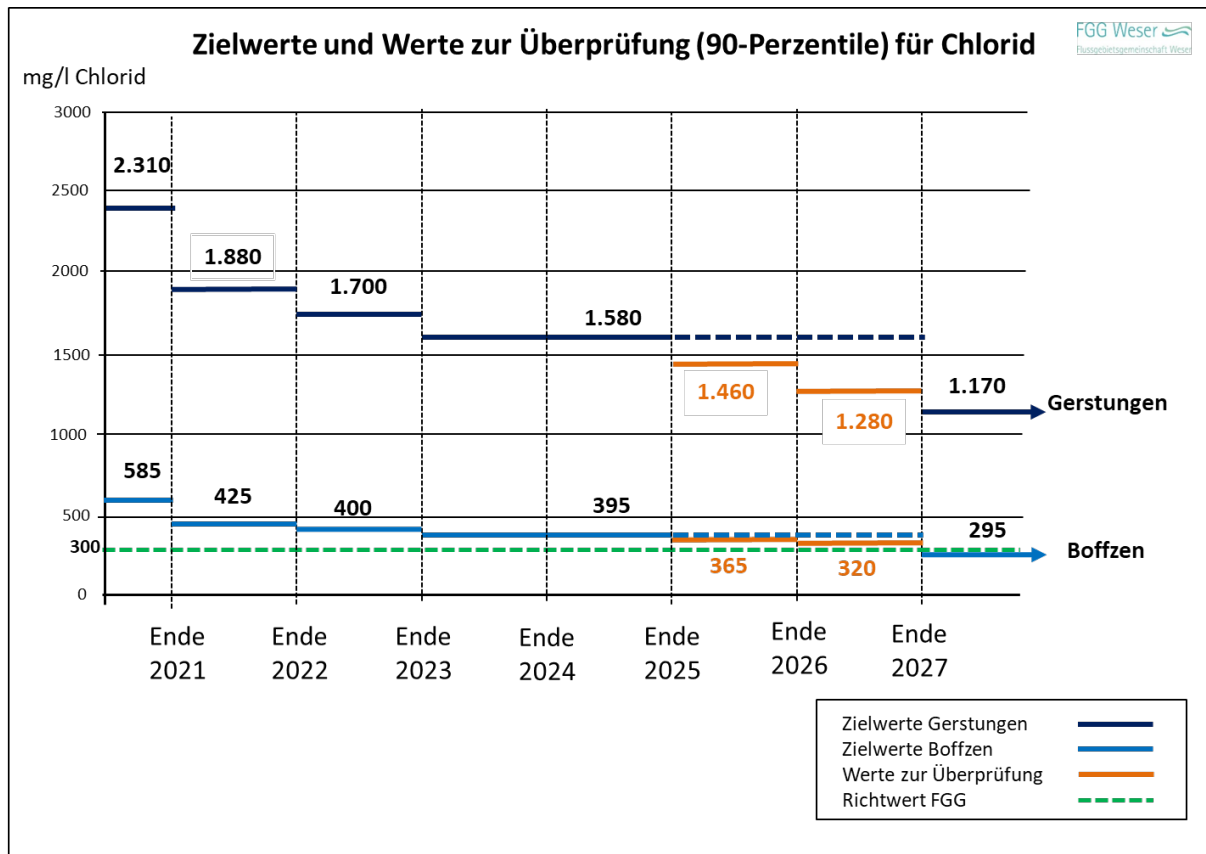
Nr.	Beschreibung	Steuerungsmaßnahme
<i>Dickschichtabdeckung (Abdeckung mit Boden und Bauschutt)</i>		
6	Infrastruktur innerhalb der Aufstandsfläche der Abdeckung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaffung von Alternativen</li> <li>• Umlegung Infrastruktur</li> </ul>
7	Ungleichmäßiges Auflösen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

# Gesamtbewertung der Projektrisiken

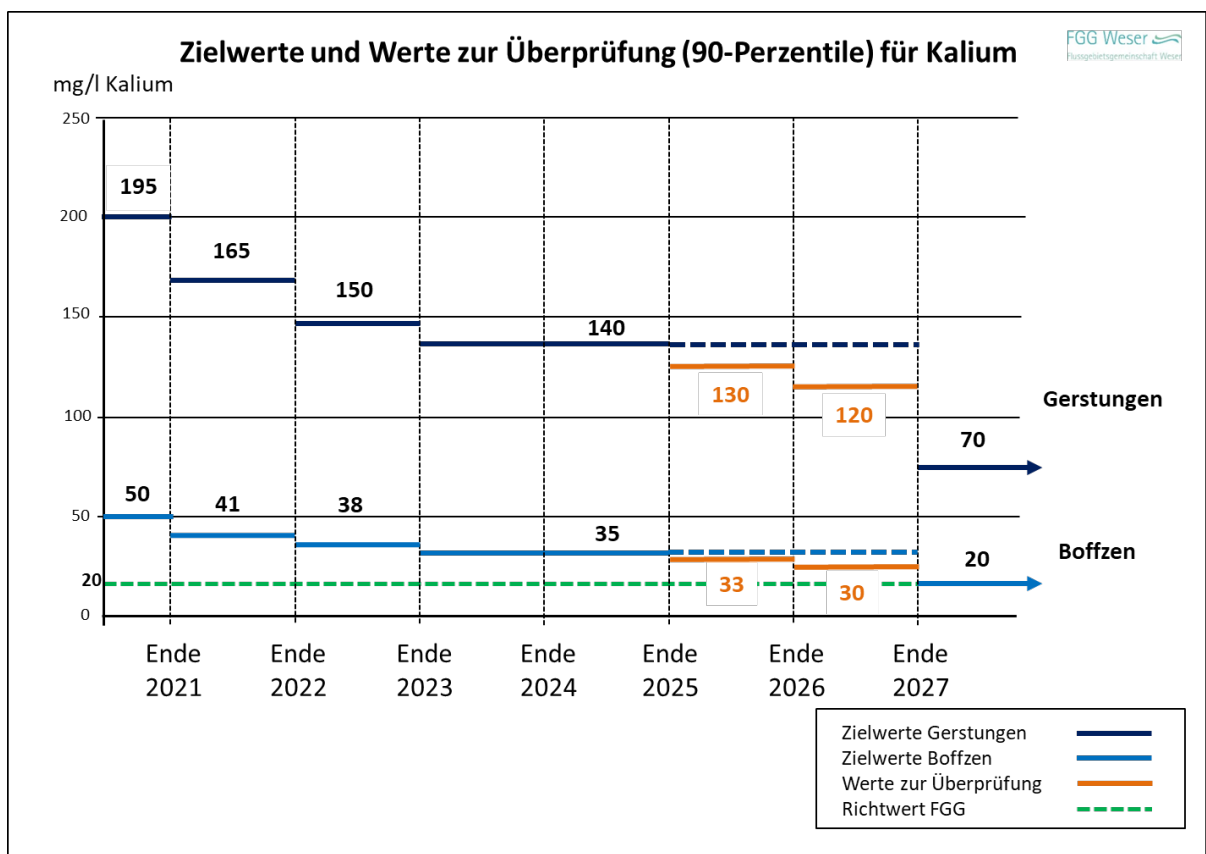
## Haldenabdeckung

- 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.

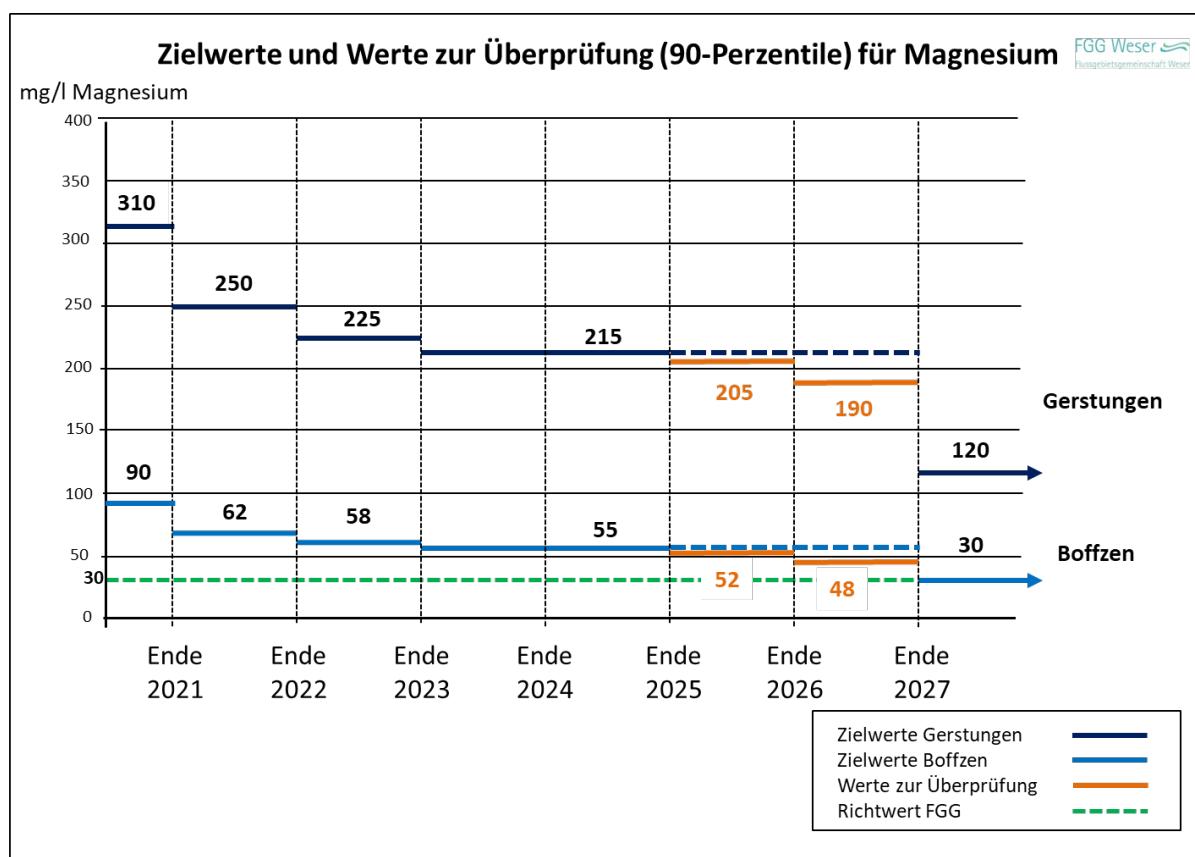
## 6.4 Zielwertkonzept der FGG Weser



Festlegung von Zielwerten für die Pegel Gerstungen und Boffzen hinsichtlich der Chloridkonzentration (FGG Weser, 2021d)



Festlegung von Zielwerten für die Pegel Gerstungen und Boffzen hinsichtlich der Kaliumkonzentration (FGG Weser, 2021d)



Festlegung von Zielwerten für die Pegel Gerstungen und Boffzen hinsichtlich der Magnesiumkonzentration (FGG Weser, 2021d)