

# Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf

## (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3

**Band 3.4E2 der Antragsunterlage**

**Optimierung der Aufbereitungsverfahren (Verfahren zur Minimierung der Rückstände)**

Vorhabensträgerin:



**K+S Minerals and Agriculture GmbH**

Standort Hattorf  
Werk Werra  
Hattorfer Straße  
36269 Philippsthal/Werra

Verfasser:

U/U\_BA\_A  
Abteilung Umwelt/Genehmigungen

**K+S Minerals and Agriculture GmbH**

Standort Hattorf  
Werk Werra  
Postfach 1163  
36267 Philippsthal/Werra

  
.....  
Dr. Frank Bock

Leiter Produktion und Technik  
über Tage, Standort Hattorf

  
.....  
Stephanie Meyer

Projektingenieurin

## Impressum

Fassung vom 28.05.2021

Ansprechpartner: Stephanie Meyer  
Telefon: +49 6620 79-2065  
Fax: +49 6620 79-4004  
E-Mail: [stephanie.meyer2@k-plus-s.com](mailto:stephanie.meyer2@k-plus-s.com)  
Web: [www.k-plus-s.com](http://www.k-plus-s.com)



**Ergebnisse im Überblick:**

Bei der Aufbereitung von Kalirohsalzen fallen zwangsläufig Rückstände in fester und/oder flüssiger Form an. Als Entsorgungswege der Rückstände werden weltweit die Aufhaltung und der Versatz für die festen Rückstände und die Einleitung in Oberflächengewässer (z. B. Meere, Binnenseen oder Flüsse) und die Einleitung in den Untergrund (Versenkung) für die flüssigen Rückstände genutzt.

Art und Menge der Rückstände hängen in hohem Maße von den Verhältnissen der jeweiligen Lagerstätten sowie der Produktpalette der einzelnen Kaliwerke ab. Es ist deshalb nicht möglich, international oder national einen einheitlichen Stand der Technik bezüglich der chemischen Qualität und der Quantität der Rückstände festzulegen.

Die bei der Produktion an Standort Hattorf zum Einsatz kommenden technischen Methoden, Verfahren und Anlagen zur Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung der unvermeidbar anfallenden Aufbereitungsrückstände sind

- wissenschaftlich begründet,
- in der Praxis langjährig erprobt und unter vielfältigen Einflussfaktoren seit langem bewährt sowie
- in der aktuell angewandten Form das Ergebnis eines langwierigen Optimierungsprozesses, der die verschiedenen natürlich vorgegebenen und vom Menschen geschaffenen Randbedingungen berücksichtigt.

Die im Werk Werra eingesetzten Verfahren entsprechen dem Stand der Technik der Kaliaufbereitung.

Neben den hier berücksichtigen technischen Möglichkeiten zur effektiven Verminderung der Salzurückstände quantitativ bedeutender Salz- oder Abwasserfrachten sind keine weiteren verfügbar.

Dessen ungeachtet wird bei K+S kontinuierlich weiter geforscht, um die Umweltauswirkungen der Kaliproduktion auch zukünftig zu verringern.

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG.....</b>	<b>7</b>
1.1	VERANLASSUNG UND HINTERGRUND .....	7
1.2	ZIELE UND VORGEHENSWEISE .....	8
<b>2</b>	<b>KALIROHSALZAUFBEREITUNG.....</b>	<b>9</b>
2.1	KALIAUFBEREITUNG ALLGEMEIN.....	9
2.2	WERK WERRA.....	9
<b>3</b>	<b>STAND DER TECHNIK DER KALIAUFBEREITUNG .....</b>	<b>11</b>
3.1	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN.....	11
3.2	WELTWEITER STAND DER TECHNIK DER KALIPRODUKTION.....	12
3.3	TEILZUSAMMENFASSUNG STAND DER TECHNIK KALIAUFBEREITUNG .....	13
<b>4</b>	<b>AUFBEREITUNGSPROZESS WERK WERRA, STANDORT HATTORF .....</b>	<b>15</b>
4.1	BESTEHENDE AUFBEREITUNG .....	15
4.1.1	<i>Übersicht.....</i>	15
4.1.2	<i>Rohsalz .....</i>	16
4.1.3	<i>Aufmahlung und Klassierung.....</i>	16
4.1.4	<i>ESTA®-Verfahren.....</i>	17
4.1.5	<i>Heißlöseverfahren und Kristallisation .....</i>	18
4.1.6	<i>Kieseritflotation .....</i>	19
4.1.7	<i>Bittersalzproduktion .....</i>	19
4.1.8	<i>Herstellung von Kaliumsulfat .....</i>	19
4.1.9	<i>Kainit-Kristallisation und Flotation.....</i>	20
4.1.10	<i>Feste Rückstände aus der Aufbereitung .....</i>	21
4.1.11	<i>Haldenbetrieb .....</i>	21
4.1.12	<i>Flüssige Rückstände .....</i>	22
4.1.13	<i>Kühl- und Siewässer.....</i>	22
4.2	UMGESETZTE MAßNAHMEN .....	22
4.3	GEPRÜFTE ALTERNATIVEN.....	23
4.4	TEILZUSAMMENFASSUNG AUFBEREITUNG STANDORT HATTORF .....	23
<b>5</b>	<b>ZIELE UND RANDBEDINGUNGEN FÜR DEN PRODUKTIONSPROZESS .....</b>	<b>25</b>
5.1	PRODUKTPORTFOLIO .....	25
5.1.1	<i>Einbeziehung weiterer Stoffströme.....</i>	26
5.2	LAGERSTÄTTE UND ROHSALZ .....	27
5.3	SONSTIGE RANDBEDINGUNGEN.....	28
5.3.1	<i>Infrastrukturelle, logistische und klimatische Randbedingungen.....</i>	28
5.3.2	<i>Energieversorgung .....</i>	28
5.3.2.1	<i>Optimierungen und Anlagenerweiterungen.....</i>	29
<b>6</b>	<b>FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSVORHABEN .....</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>35</b>

**VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN**

Abbildung 4-1: Allgemeines Aufbereitungsschema Standort Hattorf .....	15
Abbildung 4-2: Durchschnittliche Rohsalzzusammensetzung (Mittelwerte von 2014-2020) am Standort Hattorf .....	16
Abbildung 4-3: Aufbereitungsschema ESTA® HA inkl. C <sub>Mg</sub> -Stufe .....	17
Abbildung 4-4: Anteil der Rückstandssalze am Gesamtrückstand im Mittel der Jahre 2019 und 2020 .....	21

**VERZEICHNIS DER TABELLEN**

Tabelle 6-1: Laufende/geplante F&E-Vorhaben.....	30
Tabelle 6-2: Abgeschlossene und veröffentlichte F&E-Maßnahmen.....	32

**VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN**

BAT	Best available techniques
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BVT	Beste verfügbare Technik
CaSO <sub>4</sub>	Calciumsulfat; Anhydrit
EU	Europäische Union
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
HA	Standort Hattorf der K+S
K <sub>2</sub> O	Kaliumoxid
KCl	Kaliumchlorit; Sylvin
KDW	Kieserit-Deckwasser
KKF	Kainit-Kristallisation-Flotation
KMgCl <sub>3</sub> · 6 H <sub>2</sub> O	Carnallit
KNZ	Kalte Nachzersetzung
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MgCl <sub>2</sub>	Magnesiumchlorid
MgSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	Bittersalz
MgSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	Kieserit
MOP	Magnesiumsulfat

NaCl	Natriumchlorid; Halit
NE	Standort Neuhof-Ellers der K+S
SOP	Kaliumsulfat
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

# 1 Einführung

## 1.1 Veranlassung und Hintergrund

Die K+S-Gruppe ist als internationales Rohstoffunternehmen einer der führenden Anbieter von systemrelevanten mineralischen Produkten für die Bereiche Landwirtschaft, Industrie, Gemeinden und Verbraucher mit weltweit mehr als 11.000 Mitarbeitern. Zur K+S Gruppe gehört die Tochtergesellschaft K+S Minerals and Agriculture GmbH mit dem Verbundwerk Werra als größtem Werk der K+S. Neben diesem internationalen Stellenwert kommt der Kaliproduktion im Werratal eine außerordentlich wichtige regionale wirtschaftliche Bedeutung zu.

Bei der Kaligewinnung und -verarbeitung durch die K+S Minerals and Agriculture GmbH (im Folgenden: K+S) fallen erhebliche Mengen fester und flüssiger Aufbereitungsrückstände an. Die festen Rückstände werden überwiegend aufgehaldet, für die flüssigen Rückstände aus Produktion und Aufhaldung stehen neben der Einleitung in die Werra die Versenkung in den Plattendolomit (bis Ende 2021), die dauerhafte Einstapelung in die Grube Springen (beantragt, schrittweise ab Anfang 2022 ) sowie der Abtransport von Teilmengen mit Bahn und LKW zur Verfügung. Die mit der Kaligewinnung und -verarbeitung anfallenden festen und flüssigen Rückstände erfordern stabil nutzbare Entsorgungswege über den Zeithorizont der Reichweite der Lagerstätten. Ohne nachhaltige Verfügbarkeit derartiger Entsorgungswege kann die Kalilagerstätte im Werra-Fulda-Revier, deren Vorräte nach derzeitigem Kenntnisstand bis etwa in das Jahr 2060 reichen, in allen ihren Teilen nicht bzw. nicht optimal genutzt werden.

Diese Entsorgungswege bedürfen eines nachhaltigen Rückstandsmanagements, um die Kaliproduktion in Hessen und Thüringen auf dem heutigen Produktionsniveau fortzusetzen, zu sichern und gleichzeitig einen schonenden Umgang mit der Umwelt für die künftigen Jahrzehnte zu gewährleisten [RAHMENVEREINBARUNG 2009, § 1].

Im Sinne eines nachhaltigen Rückstandmanagements ist kontinuierlich zu überprüfen, ob durch eine Veränderung bzw. Optimierung der bestehenden Aufbereitungsverfahren der Anfall von Rückständen (fest / flüssig) unter Beibehaltung einer möglichst hohen Wertstoffausbeute minimiert werden kann.

K+S hat bis heute eine ganze Reihe wichtiger verfahrenstechnischer Maßnahmen und neuer Anlagen zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Salzwasserminimierung entwickelt und umgesetzt, welche u.a. zur Vermeidung oder zur Verwertung von Reststoffen der Kaliproduktion beitragen. Weiterhin werden kontinuierlich Entwicklungs- und Forschungsprojekte zur weiteren Vermeidung und Verminderung von Rückständen erarbeitet und geprüft sowie an bestehenden Projekten weitergeforscht.

Hier wird von einer detaillierten Beschreibung der dargestellten Maßnahmen abgesehen. Wo es im Hinblick auf die möglichen Optimierungen des Betriebes und der Produktion sinnvoll ist, wird in den späteren Abschnitten darauf Bezug genommen.

Ebenso ist es nicht Gegenstand dieser Betrachtung, Verwertungsmöglichkeiten für den aufgehaldeten Rückstand bzw. den enthaltenen Halit (NaCl) aufzuzeigen oder Entsorgungswege zu beleuchten.

## 1.2 Ziele und Vorgehensweise

Die Ziele und Prüfungspunkte der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt gliedern:

1. Beschreibung und Bewertung des Produktionsprozesses bzw. der einzelnen Verfahrensstufen unter Berücksichtigung des Standes der Technik der Kaliaufbereitung und unter besonderer Beachtung der Wertstoffausbeute und der Zusammensetzung der festen und flüssigen Rückstände. Der hierfür zu beachtende Stand der Technik der Kaliindustrie von der Gewinnung der Rohsalze, der Verarbeitung der Rohsalze zu Produkten, bis zur Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände ist für die derzeit weltweit in Betrieb befindlichen Standorte der Kalidüngemittelproduktion ausführlich in dem Buch „Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert“ beschrieben [RAUCHE 2015]. Der Produktionsprozess wird auch im aktuell gültigen Hauptbetriebsplan des Standortes näher beschrieben [K+S 2018].
2. Darstellung der aktuell und in Zukunft zu berücksichtigenden Ziele und Randbedingungen für den Produktionsprozess im Hinblick auf Produktportfolio, Zusammensetzung des Rohsalzes sowie sonstiger Faktoren wie Energieversorgung etc. Hierbei erfolgt auch die Prüfung, ob die Produktpalette unter Berücksichtigung der Nachfrage und Markterfordernisse für eine bessere Rohstoffausbeute ggf. angepasst werden kann und ob durch die Einbeziehung von Stoffströmen aus anderen Werken die Produktion optimiert werden kann.
3. Im Rahmen eines nachhaltigen Rückstandsmanagements am Standort Hattorf werden Möglichkeiten und Maßnahmen einer Reduzierung der obertägigen Aufhaltungsmengen untersucht. Einen wichtigen Bestandteil stellen dabei entsprechende Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen dar. Grundsätzlich ist eine weitestgehende Vermeidung respektive Verwertung der in der Produktion anfallenden Abfälle und Abwässer anzustreben. Im Hinblick auf diesbezügliche Optimierungspotenziale für die Produktion des Standortes Hattorf ist der Stand von Forschung und Entwicklung zu erläutern, wobei in diesem Zusammenhang nur Maßnahmen mit einer entsprechenden Wirksamkeit behandelt werden.

Mit einer zusammenfassenden Bewertung des bestehenden Produktionsprozesses sowie der Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Reduktion von Rückständen (inkl. potenzieller Sekundärwirkungen) und ihrer Machbarkeit in technischer, rechtlicher und ökonomischer Hinsicht ist die Prüfung abzuschließen.

## 2 Kaliohsalzaufbereitung

### 2.1 Kaliaufbereitung allgemein

Die besondere Stellung der Kaliindustrie als Bergbauzweig mit sehr spezifischen, über die klassischen mechanischen Aufbereitungsverfahren hinausreichenden Verarbeitungsmethoden geht letztlich auf die unmittelbar von den Lagerstätten bestimmten, sehr verschiedenartigen Ausgangspositionen für die Gewinnung und die Aufbereitung an den Einzelstandorten zurück. Insofern verwundert es nicht, dass anders als z.B. für viele Verfahren in der chemischen Industrie keine allgemein anerkannten Regeln der Technik in entsprechenden Vorschriften und/oder Empfehlungen fixiert sind. Welches Verfahren eingesetzt werden kann, hängt von der Zusammensetzung der Rohsalze und von den Anforderungen an das Produkt ab. Bei der Kaligewinnung und -verarbeitung fallen dabei erhebliche Mengen fester und flüssiger Rückstände an. Die Frage, wie viele und welche Abfälle entstehen, hängt ebenfalls von der Zusammensetzung des Ausgangsstoffes (Rohsalz), dem Produkt (z. B. Kalidünger) und vom verwendeten Produktionsverfahren ab. Bei bestimmten Rohsalzzusammensetzungen -wie in Hattorf- lässt sich ein trockenes Verfahren ohne Abwassererzeugung einsetzen (elektrostatische Aufbereitung – ESTA®), die Rückstände werden aufgehaldet. Dieses Verfahren herrscht weltweit nur K+S. Je höher der gewünschte Reinheitsgrad, desto mehr Rückstände ergeben sich. Der erforderliche Reinheitsgrad der Produkte ergibt sich aus den am Markt nachgefragten Qualitäten.

Die Trennung der Rohsalze der Kaliindustrie, wie sie auch auf dem Standort Hattorf des Werkes Werra betrieben wird, bedarf einer aufwendigen Verfahrenstechnik, welche in den nachfolgenden Kapiteln erläutert werden.

### 2.2 Werk Werra

Das Verbundwerk Werra besteht seit 1997 aus einem Verbund der ehemals eigenständigen Werke Hattorf, Wintershall, Unterbreizbach und Merkers, in welchen bereits seit über 100 Jahren Kalisalze abgebaut und die Produkte vermarktet werden. Das Verbundwerk Werra der K+S liegt im Grenzbereich zwischen den Bundesländern Hessen und Thüringen. Die Standorte Wintershall (Heringen) und Hattorf (Philippsthal) liegen in Hessen, der Standort Unterbreizbach in Thüringen. Die Erschließung der Salzlagerstätte des Zechsteins geht in Philippsthal auf die Jahre 1904/1905 mit dem Teufbeginn des Schachtes Hattorf zurück. Im Jahr 1908 wurde die Rohsalzförderung aufgenommen.

Die aus dem unter Tage abgebauten Rohsalz hergestellten Produkte werden in zahlreiche Länder der Welt geliefert. Neben Düngemitteln werden hier Vorprodukte für vielfältige technische und industrielle Anwendungen sowie für die Pharma-, Lebensmittel- und Futtermittelindustrie hergestellt.

Pro Jahr werden im Werk Werra derzeit etwa 20 Millionen Tonnen Rohsalz in die Fabriken zur weiteren Aufbereitung gefördert. Die Wertstoffgehalte (Sylvin und Kieserit) im Rohsalz liegen bei circa 27 %. Darüber hinaus enthält das Rohsalz circa 67 % nichtverwertbare Salze. Eine vollständige Wertstoffgewinnung aus dem Rohsalz ist verfahrenstechnisch nicht realisierbar, daher geht ein geringer Wertstoffanteil über Aufbereitungsrückstände verloren. Die Menge an verkaufsfähigen Produkten liegt bei etwas mehr als 3 Millionen Tonnen pro Jahr bei einer Rückstandsmenge von etwa 16 Millionen Tonnen Salz.

Der auch im Werk Werra angewandte, allgemeine Stand der Technik zur Kaliumaufbereitung wird im folgenden Kapitel beschrieben, die hier relevante Aufbereitung des Standortes Hattorf des Werkes Werra im Kapitel 4.

## 3 Stand der Technik der Kaliaufbereitung

### 3.1 Begriffsbestimmungen

Die zu einem bestimmten Zeitpunkt in Betrieb befindlichen technologischen Verfahren und technischen Methoden oder Einrichtungen werden als allgemein anerkannte Regeln der Technik zusammengefasst. Das Einhalten der allgemein anerkannten Regeln der Technik ist notwendig, genügt aber zum Erfüllen der Anforderungen an die eigenen Sorgfaltspflichten nicht ausschließlich. Vielmehr gilt es zur Erfüllung der Sorgfaltspflicht nachzuweisen, dass der gegenwärtige Stand der Technik Berücksichtigung gefunden hat. Nach dem Verständnis des Bundesverfassungsgerichtes (BVerfG) geht der Stand der Technik stets über das in allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgewiesene Methodeninventar hinaus und enthält vollumfänglich das von Fachleuten verfügbare Fachwissen, welches wissenschaftlich begründet, praktisch erprobt und ausreichend bewährt sein muss. Der Stand der Technik steht somit auf der mittleren Stufe der vom BVerfG entwickelten Drei-Stufen-Theorie zwischen den bewährten anerkannten Regeln der Technik und dem weiter fortgeschritteneren Stand der Wissenschaft [BVerfG 1978].

Der bundesdeutsche Gesetzgeber definiert den Begriff Stand der Technik in seiner Umweltgesetzgebung wie folgt:

*„Stand der Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung und Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die in der Anlage [der jeweiligen Rechtsnorm] aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.“* (vgl. § 3 VI BImSchG, § 3 Nr. 11 WHG, §3 XXVIII KrWG).

Das europäische Äquivalent des Stands der Technik sind die besten verfügbaren Techniken (BVT). Dieser Rechtsbegriff wird durch die sogenannte Industrieemissionsrichtlinie (RL 2010/75/EU; vorher durch die IVU-Richtlinie 96/61/EG bzw. 2008/1/EG) und deren Umsetzungen in nationales Recht überführt.

Für den Bereich Bergbau hat die Europäische Kommission im Jahr 2018 den Stand der Technik mit dem Dokument *„Best Available Techniques (BAT) Reference Dokument for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/ EC“* festgeschrieben [MWEI BREF 2018].

Dieses maßgebliche EU-Dokument zum Umgang mit bergbaulichen Abfällen stellt fest, dass bei der Verarbeitung von Rohsalzen zu Kali über 78 % als Aufbereitungsrückstände bzw. Abfälle in fester oder flüssiger Form verbleiben. Dies liegt in der Größenordnung, die auch bei der Produktion von K+S anfällt. Weitergehende Vorschläge zu besten verfügbaren Technologien mit einer besseren Ausbeute finden sich in dem Reference Document der EU nicht.

Das Umweltbundesamt hat im Juli 2004 ein BVT-Merkblatt zum „Management von Bergbauabfällen und Taubgestein“ über die besten verfügbaren Techniken der Kaligewinnung veröffentlicht. Auch danach gibt es kein Standardverfahren des Kalibergbaus. Ein übergreifender Stand der Technik ist im Bereich der Kaliproduktion nicht definierbar, da die jeweils unterschiedlichen Standortbedingungen, die aus den geogenen Lagerstättenverhältnissen resultieren, betrachtet werden müssen. Sowohl die räumlichen Lagerstättenbedingungen als auch die

Rohsalze unterscheiden sich an einzelnen Standorten und erfordern unterschiedliche Gewinnungs- und Aufbereitungsmaßnahmen. Unter anderem die an den Standorten des Werks Werra angewandten Aufbereitungs- und Entsorgungstechniken, nämlich das Flotations-, Heißlöse- und ESTA®-Verfahren<sup>1</sup>, die Aufhaldung (Wintershall und Hattorf) bzw. der Versatz der festen Rückstände in große Abbaukammern (Unterbreizbach) sowie die Einleitung salzhaltiger Abwässer in Oberflächengewässer und Grundwasser sind im BVT-Merkblatt als Beste Verfügbare Techniken beschrieben [UBA 2004].

### 3.2 Weltweiter Stand der Technik der Kaliproduktion

Das Element Kalium kommt in einer Vielzahl von Verbindungen in der Natur vor. Zur industriellen Gewinnung und Herstellung von kaliumhaltigen Produkten, insbesondere Düngemittel, Grundstoffe für die Industrie oder den Pharma-, Futtermittel- und Lebensmittelbereich werden Salzlagerstätten genutzt, die einen ausreichenden Gehalt an den kaliumhaltigen Mineralen Sylvin und Carnallit enthalten. Dabei werden die Kalirohsalze überwiegend bergmännisch und in einem untergeordneten Anteil soltechnisch gewonnen. Neben der Nutzung der Salzlagerstätten werden natürliche Salzlösungen zur Kaliumgewinnung verwendet. Einige Kalilagerstätten enthalten neben dem Wertstoff Kaliumchlorid den Wertstoff Magnesiumsulfat, der in Form von Kieserit vorliegt und ebenfalls gewonnen werden kann [WINNACKER UND KÜCHLER 2005].

Die Kaliproduktion ist räumlich an die Lagerstätten bzw. an das Vorkommen der natürlichen Salzlösungen gebunden. Da in allen Kalivorkommen neben den Wertstoffen hohe Anteile an nicht weiter verwertbaren Stoffen, beispielsweise Halit, vorkommen, ist zur Herstellung möglichst reiner und damit hochwertiger Produkte eine Abtrennung der Wertstoffe aus den gewonnenen Rohsalzen bzw. aus den Salzlösungen erforderlich. Die Trennung erfolgt durch geeignete Aufbereitungsverfahren und führt dazu, dass neben den Produkten entsprechende Mengen an Rückständen entstehen, die entsorgt werden müssen. Die Rückstände fallen entweder in fester Form oder auf Grund der guten Löslichkeit der Salzminerale in Form von Salzabwasser an.

Der Stand der Technik in der Kaliindustrie von der Gewinnung der Rohsalze, der Verarbeitung der Rohsalze zu Produkten, bis zur Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände ist für die derzeit weltweit in Betrieb befindlichen Standorte der Kalidüngemittelproduktion ausführlich bei RAUCHE [2015] beschrieben.

Die darin enthaltenen Aussagen zum Umgang mit festen und flüssigen Rückständen der Kaliindustrie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Für die Gesamtmenge der anfallenden Aufbereitungsrückstände gibt es nach derzeitigem Stand der Technik keine Verwertungsmöglichkeit. Die meisten Produktionsstandorte weltweit verwerten jedoch Teilmengen dieser festen und flüssigen Rückstände als Nebenprodukte und vermarkten diese. Der überwiegende Teil der Rückstände muss jedoch entsorgt werden.
- Grundsätzlich fallen feste Rückstände sowohl bei der Gewinnung, vor allem aber bei der Aufbereitung fester Kalirohsalze aus bergmännischer Gewinnung, als auch bei der

---

<sup>1</sup> ESTA®: Patentiertes Verfahren zur elektrostatischen Aufbereitung polymineralischer Kalisalze. Diese für den gesamten Industriezweig wesentliche Neuerung zur Rohsalzverarbeitung wurde im Zeitraum 1965 bis 1974 im Werk Neuhoof-Ellers der K+S zur industriellen Reife entwickelt: Die elektrostatische Aufbereitung (ESTA®) von Kalirohsalzen wurde hier 1974 im industriellen Maßstab zur Abtrennung des Kieserit von Sylvin und Halit eingeführt und ist durch verschiedene Patente rechtlich geschützt.

Aufbereitung technischer Lösungen aus der soltechnischen Gewinnung fester Kalisalz-lagerstätten sowie bei der Aufbereitung natürlicher Lösungen an. Die größten Mengen an festen Rückständen entstehen bei der Aufbereitung fester Kalirohsalze. Mit diesem Verfahren werden mehr als 70 % der weltweiten Kaliprodukte erzeugt.

- Etwa 9 % der derzeit im Rahmen der Aufbereitung fester Rohsalze unvermeidbar anfallenden festen Rückstände werden als Versatz in Bergwerke zurück nach unter Tage verbracht. Praktiziert wird dieser Versatz lediglich in knapp einem Viertel der Kalibergwerke. Der Versatz erfolgt dabei, bis auf eine Ausnahme, ausschließlich aus Gründen der geomechanischen Stabilisierung der Kammer-Pfeilersysteme und der Minimierung der Senkungen über Tage, oder aber er ist verfahrenstechnisch für die Machbarkeit des Gewinnungsverfahrens notwendig und dann auch bergbehördlich angewiesen. In allen anderen Kalibergwerken, das heißt in mehr als drei Viertel der Kalibergwerke mit bergmännischer Gewinnung von festen Kalirohsalzen im geologischen Untergrund, findet kein Versatz von festen Aufbereitungsrückständen statt.
- Zur Aufhaldung gelangen heute etwas mehr als 80 Prozent der bei der Kalidüngemittelproduktion weltweit insgesamt anfallenden festen Aufbereitungsrückstände, sodass die Aufhaldung den wichtigsten Entsorgungsweg für die festen Rückstände darstellt.
- Mehr als 10 Prozent der festen Rückstände werden aufgelöst und teilweise zusammen mit den flüssigen Aufbereitungsrückständen als wässrige Lösungen in Oberflächengewässer eingeleitet oder durch Versenkung in geeignete geologische Schichten beseitigt.
- Auch die festen Aufbereitungsrückstände, die bei der Aufbereitung von technischen Lösungen aus der soltechnischen Gewinnung fester Kalirohsalze anfallen, werden auf gleiche Weise entsorgt. Die bei der solaren Evaporation natürlicher Lösungen anfallenden festen Rückstände werden in der Regel im Umfeld der Evaporationsbecken beseitigt.
- Die im Aufbereitungsprozess anfallenden Produktionsabwässer (flüssige Rückstände) werden ebenfalls durch Einleitung in Oberflächengewässer oder durch Versenkung in den geologischen Untergrund entsorgt. Knapp ein Viertel der heute in Betrieb befindlichen Produktionsanlagen nutzt die Versenkung in den geologischen Untergrund als Entsorgungsweg für flüssige und zum Teil auch für aufgelöste feste Aufbereitungsrückstände. Dieser Entsorgungsweg steht noch bis zum 31.12.2021 zur Verfügung.

### **3.3 Teilzusammenfassung Stand der Technik Kaliaufbereitung**

Alle heute weltweit bei der Kalidüngemittelproduktion zum Einsatz kommenden technischen Methoden, Verfahren und Anlagen zur Gewinnung von Kalirohstoffen, zu deren Aufbereitung sowie zur Entsorgung der unvermeidbar anfallenden Aufbereitungsrückstände sind wissenschaftlich begründet, wurden in der Praxis erprobt und haben sich auch unter sehr vielfältigen Einflussfaktoren ausreichend bewährt.

Sie stellen keine untereinander konkurrierenden, weniger oder mehr entwickelten technischen Methoden oder Verfahren dar, sondern sind vielmehr das Ergebnis eines meist langwierigen Optimierungsprozesses, der die an den einzelnen Standorten ausgesprochen verschiedenartigen Randbedingungen zu berücksichtigen hat. Sie repräsentieren ausnahmslos das technisch Erforderliche, in vielen Fällen auch das heute technisch Mögliche, soweit das Letztgenannte dem wirtschaftlich Machbaren gleichkommt. Somit verkörpern alle diese technischen Methoden, Verfahren und Anlagen gemeinsam den heutigen Stand der Technik bei der Kali-

düngemittelproduktion und haben daher ihre Berechtigung nebeneinander, da sie für den individuellen Standort die bestmögliche technische und ökologische Effizienz und damit auch ökonomische Attraktivität garantieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es eine Kaligewinnung und –aufbereitung ohne Rückstände nicht gibt. Alle Kaliwerke der Welt passen sich an die konkreten Standortbedingungen an. Für die Entsorgung der Rückstände werden weltweit die Aufhaldung, der Versatz, die Einleitung in Gewässer oder die Versenkung in den Untergrund genutzt.

Insofern wendet auch K+S im Allgemeinen als auch das Werk Werra mit seinen Standorten im Speziellen den Stand der Technik an in dem ständigen Bestreben, über Forschung und Entwicklung weitere Potenziale zur Steigerung der Effizienz der Verfahren oder zur Senkung der anfallenden Rückstandsmengen zu heben.

## 4 Aufbereitungsprozess Werk Werra, Standort Hattorf

### 4.1 Bestehende Aufbereitung

#### 4.1.1 Übersicht

K+S produziert am Werk Werra insgesamt über 3 Millionen Tonnen Produkte im Jahr, wobei etwa 1 Million Tonnen am Standort Hattorf erzeugt werden. Um diese Produkte zu gewinnen, muss Rohsalz aus einer Tiefe von etwa 700 Metern gefördert und dann industriell aufbereitet werden.

Der Standort Hattorf befindet sich im Bundesland Hessen nahe der Landesgrenze zu Thüringen. Das Werk liegt circa 18 km östlich der Stadt Bad Hersfeld im Landkreis Hersfeld-Rotenburg, in der Gemarkung Philippsthal (Werra). Die genehmigte Haldenfläche liegt in den Bundesländern Hessen und Thüringen. Der Standort befindet sich südlich der Werra und östlich der Ortslage Röhrigshof in der Nähe der Einmündung der Ulster in die Werra, die zur Versorgung des Standortes mit Kühl- und Prozesswasser dient. Im Norden des Standortes Hattorf befindet sich ein Gleisanschluss an das öffentliche Bahnnetz in Richtung des Bahnhofs Heimboldshausen, sodass über 90 % der Produktmenge per Bahn versandt wird. Mittels eines auf Gas als Primärenergiequelle basierenden Kraftwerkes mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird sowohl die nötige Prozesswärme in Form von Dampf als auch die nötige elektrische Energie durch die Eigenstromerzeugung über verschiedene Netzebenen zur Verfügung gestellt.

Zur ausreichenden Primärenergieversorgung ist der Standort an eine in der Nähe verlaufende Gas-Fernleitung angeschlossen. Die am Standort Hattorf bestehende Aufbereitung zeigt Abbildung 4-1. Sie wird in den folgenden Kapiteln sukzessive erläutert.

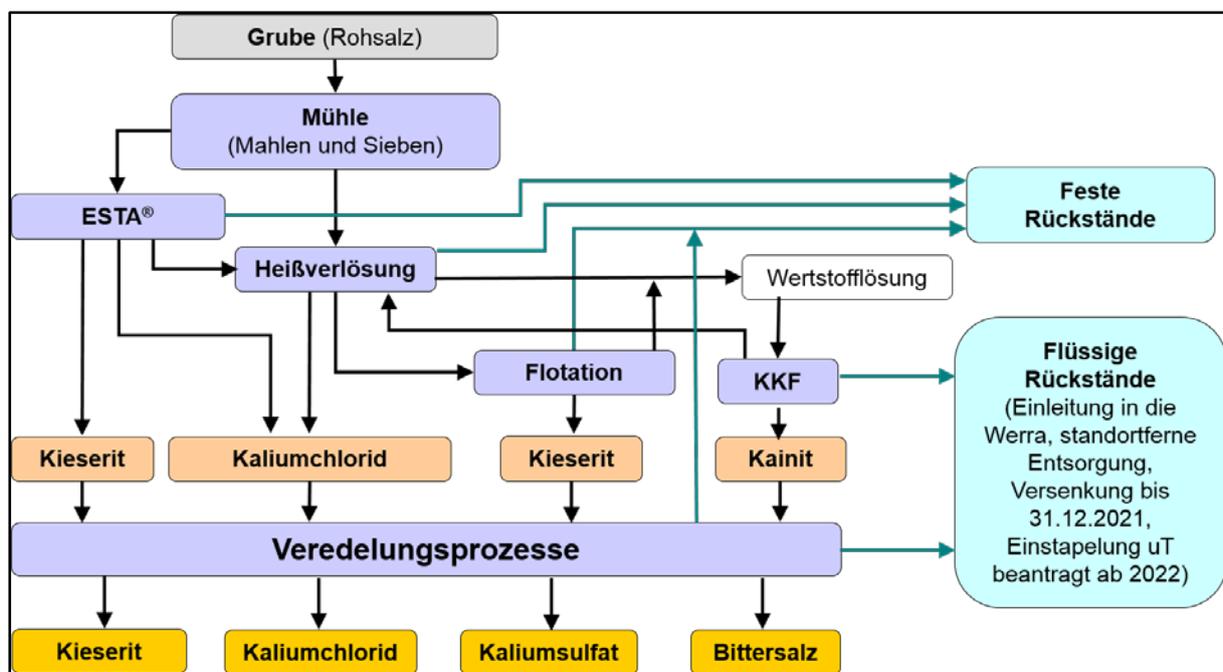
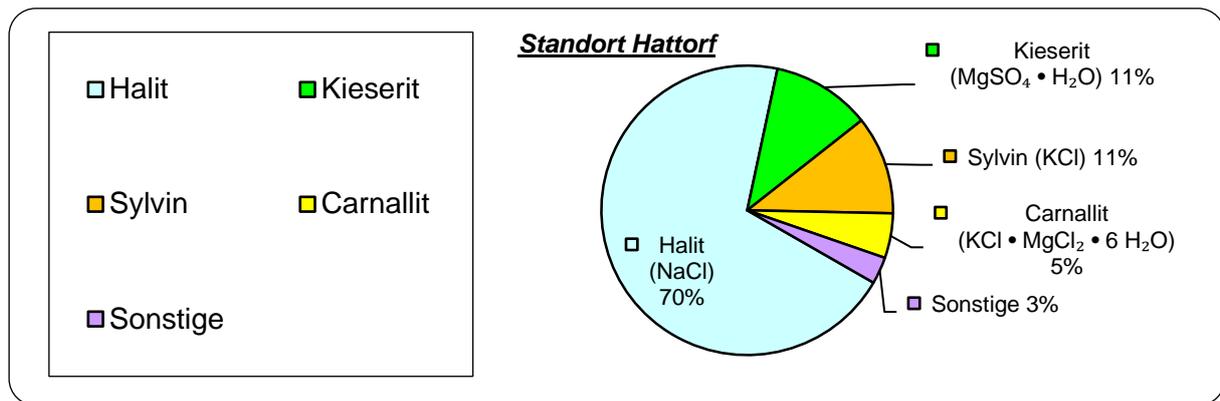


Abbildung 4-1: Allgemeines Aufbereitungsschema Standort Hattorf

### 4.1.2 Rohsalz

Am Standort Hattorf werden durchschnittlich circa 1.300 t/h Rohsalz mit einer Körnung von bis zu 80 mm gefördert.

Die in der Rohsalzmischung enthaltenen und verarbeitbaren Wertstoffe sind im Wesentlichen Sylvin (KCl), Carnallit ( $\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) und Kieserit ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Die typische mineralogische Zusammensetzung des Rohsalzes für den Standort Hattorf zeigt sich wie folgt:



**Abbildung 4-2: Durchschnittliche Rohsalzzusammensetzung (Mittelwerte von 2014-2020) am Standort Hattorf**

Eine Besonderheit stellt dabei der im Weltmaßstab vergleichsweise hohe Gehalt an Kieserit dar. Aus Kieserit können durch entsprechende Veredelungsschritte spezielle Magnesiumsulfatprodukte, Kaliumsulfat und weitere hochwertige chloridfreie Düngemittel hergestellt werden. Dieser Aspekt trägt wesentlich zur wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Werkes Werra bei.

Hauptsächlich aufgrund des hohen Halit (NaCl)-Gehaltes im Rohsalz und unvermeidbarer Aufbereitungsverluste können nur circa 16 % zu verkaufsfähigen Produkten verarbeitet werden. Etwa 70 % der geförderten Rohsalzmenge fallen als nicht verwertbarer fester Rückstand an. Der Hauptbestandteil der festen Rückstände ist Halit. Neben dem Rückstand in fester Form fällt der übrige Teil in flüssiger Form als Salzabwasser an, das überwiegend Natrium- (NaCl) und Magnesiumchlorid ( $\text{MgCl}_2$ ) in gelöster Form enthält.

### 4.1.3 Aufmahlung und Klassierung

Das Rohsalz wird in der Rohsalzmühle zerkleinert und in zwei Fraktionen klassiert. Die Fraktion kleiner 1,0 mm (Feinsalz) wird in der ESTA®-Anlage und die Fraktion 1 mm bis 4 mm im Heißlösebetrieb weiter aufbereitet. Die Mahlung stellt somit für die angewandten Aufbereitungsverfahren die entsprechend notwendigen Körnungen bzw. Aufschlussgrade für den verwendeten Rohstoff zur Verfügung, um die Folgeprozesse mit entsprechenden Ausbeuten erfolgreich betreiben zu können. Die verwendete Maschinenteknik ist so konzipiert und wird so betrieben, dass bei dem Prozess außerdem möglichst wenig Staub entsteht, da Staub bislang nicht erfolgreich auf trockenem Wege aufbereitet werden kann.

#### 4.1.4 ESTA®-Verfahren

Das ESTA®-Verfahren wurde erstmals 1974 großtechnisch in Deutschland zur Trennung komplexer Hartsalze eingesetzt. Mit Hilfe dieses Verfahrens können Sylvit (KCl), Carnallit ( $\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) und Kieserit ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) von Halit (NaCl) in trockener Form getrennt werden.

Die Trennung bzw. Anreicherung ist dabei nur in Ausnahmefällen ausreichend hoch, um direkt ein verkaufsfähiges Produkt zu erhalten, wie bei der Herstellung des sogenannten ESTA®-Kieserit. In der Regel sind weitere Verfahrensschritte mittels Heißlöseverfahren oder Flotationsverfahren notwendig, um die erforderlichen Produktqualitäten zu erreichen.

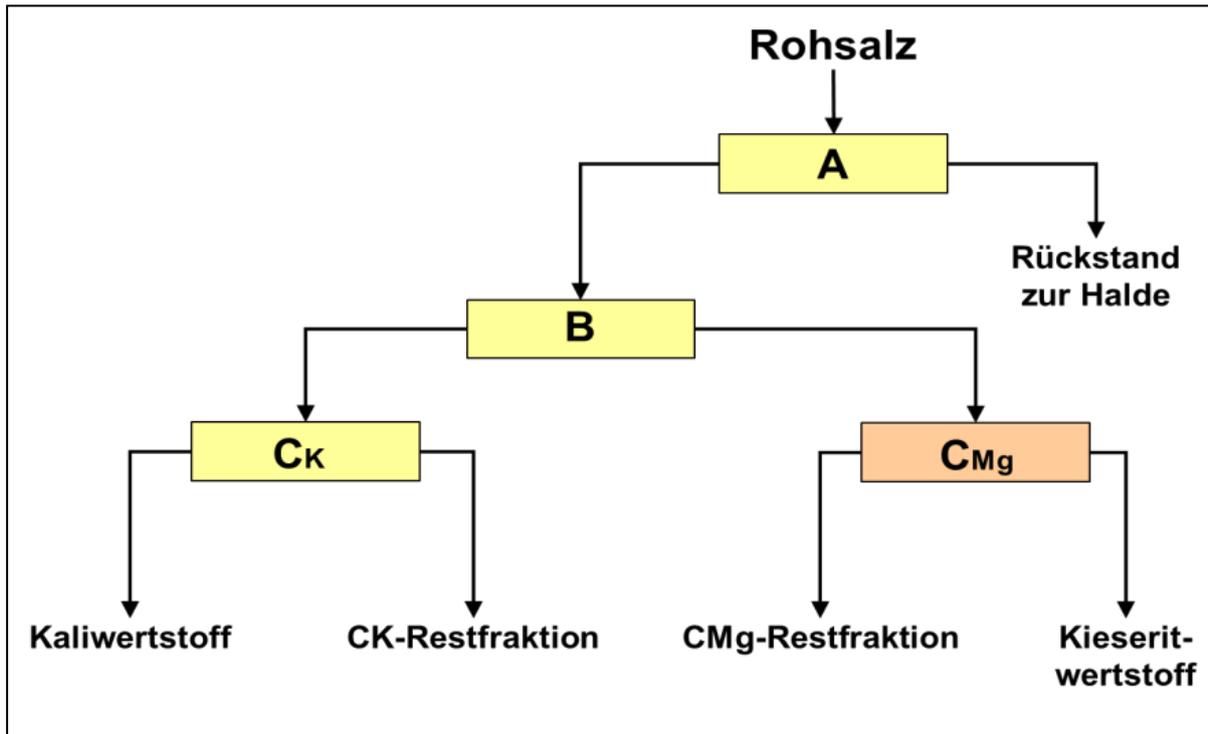


Abbildung 4-3: Aufbereitungsschema ESTA® HA inkl.  $\text{C}_{\text{Mg}}$ -Stufe

In der ESTA®-Anlage wird zerkleinertes Rohsalz der Korngröße  $< 1 \text{ mm}$  mit einem Durchsatz von über 900 t/h verarbeitet. Für die Aufbereitung in der ESTA®-Anlage wird das Rohsalz entstaubt, erwärmt und konditioniert. Gleichzeitig erfolgt die selektive Aufladung der Salzkristalle. Das so behandelte Salz gelangt in die Freifallscheider, wo circa  $\frac{2}{3}$  des aufgegebenen Halits abgetrennt werden. Dieser in der ersten Stufe (A-Stufe, s. auch Abbildung 4-3) anfallende Rückstand, der in der Regel zu mehr als 90 % aus Halit besteht, wird mittels Bandanlagen zur Rückstandshalde gefördert. Die Rückstandsabtrennung ist durch die in vielen Jahren optimierte Verfahrensführung nur mit einem vergleichsweise geringen Wertstoffverlust behaftet, so können in Hattorf beispielsweise Kaliausbeuten von über 90 % in der Wertstofffraktion (Produkt der A-Stufe, das sogenannte  $\text{KMg}$ -Vorprodukt) erreicht werden.

Das gewonnene  $\text{KMg}$ -Vorprodukt wird in die B-Stufe gefördert, erneut konditioniert und in eine Kieserit- und eine Kalirohfraktion zerlegt, deren Anteile je etwa 50 % betragen.

Die Kalirohfraktion wird in eine 3. Stufe (CK-Stufe) überführt, in der sie nach weiterer Konditionierung gereinigt wird. Die dabei anfallende Kalirestfraktion wird zur Heißverlösung gefördert.

Die gewonnene Kalireinfraktion (35 % bis 40 %  $K_2O$ ) enthält als Kalikomponente neben dem Sylvin noch circa 20 bis 40 % Carnallit. Der Carnallit wird in der sogenannten kalten Nachzerersetzung (KNZ) einstufig mit kalter Hartsalzmutterlösung zersetzt, wobei das Magnesiumchlorid in Lösung geht und Kaliumchlorid auskristallisiert. Das resultierende KNZ-Salz (circa 40 % bis 45 %  $K_2O$ ) und die entstandene Zersetzungslösung werden mittels Fest-Flüssig-Trennung voneinander separiert. Das Salz gelangt in den Deckprozess. Die Lösung wird weiterverwendet.

Die gewonnene Kieseritrohfraktion wird in eine 3. Stufe (CMg-Stufe) überführt, in der sie nach weiterer Konditionierung gereinigt wird. Die dabei anfallende Kieseritrestfraktion wird zur Heißverlösung gefördert.

Die Kieseritreinfraktion wird nach Erfordernis mittels Deckverfahren auf die benötigte Qualität eingestellt. Der gedeckte Kieserit wird nach einer Fest-Flüssig-Trennung weiteren Veredelungsprozessen zugeführt. Die abgetrennte Lösung, das sogenannte Kieseritdeckwasser (KDW), wird dem Entsorgungsregime für Salzabwasser zugeführt.

Insgesamt ist für die auf dem kieseritischen Hartsalz basierende Produktion am Standort Hattorf hervorzuheben, dass mit der ESTA®-Technologie ein sehr großer Anteil der KCl- und  $MgSO_4$ -Produktion bei zufriedenstellenden Ausbeuten auf trockenem Wege erzeugt werden kann.

#### 4.1.5 Heißlöseverfahren und Kristallisation

Das Herauslösen des Kaliumchlorids erfolgt zum einen aus der Rohsalzfraktion 1-4 mm und zum anderen aus dem bei der Entstaubung anfallenden Mühlen- und ESTA®-Staub sowie aus den Restfraktionen der ESTA®-Stufen und der Sylvin/Halit-Fraktion der KKF-Anlage mit einer im kalten Zustand an Natriumchlorid und Kaliumchlorid gesättigten Mutterlösung, die außerdem noch Magnesiumchlorid und Magnesiumsulfat enthält. Diese Mutterlösung wird zunächst vorgewärmt und anschließend in den Vorwärmern der Lösestraßen erhitzt. Der grobe Anteil der Löserückstände, hauptsächlich Halit, wird nach erfolgter Fest-Flüssig-Trennung auf die Rückstandshalde verbracht. Die feinen Fraktionen des Löserückstands werden mittels Flotation zur Kieseritgewinnung weiter aufbereitet.

Die gesättigte Kaliumchloridlösung wird anschließend in einer Vakuumkühlanlage abgekühlt, wobei das Kaliumchlorid auskristallisiert. Es wird von der Mutterlösung abgetrennt und weiterverarbeitet.

Im Heißlöseprozess fällt durch die Zersetzung von Carnallit u. a. Magnesiumchloridlösung an. Da die Mutterlösung allerdings einen bestimmten Magnesiumchloridgehalt nicht überschreiten darf, um die Löslichkeit von Kaliumchlorid zu erhalten und den Prozess nicht zum Erliegen zu bringen, muss ein Teil der umlaufenden  $MgCl_2$ -haltigen Lösung aus dem Prozess entfernt und durch geringer  $MgCl_2$ -haltige Lösungen oder Wasser ersetzt werden. Die ausgeführte Lösung wird in der KKF-Anlage entwertet.

Das gewonnene Kaliumchlorid muss analog dem KNZ-Salz aus der ESTA® in einer anschließenden Deckstufe zur weiteren Veredelung von NaCl befreit werden, um die geforderte Produktqualität zu erlangen. Das hierbei anfallende Deckwasser wird im Prozess wiederverwendet. Das gewonnene, feuchte Kaliumchlorid wird getrocknet und eingespeichert oder in weiteren Schritten zu Kaliumsulfat veredelt.

Das in Hattorf angewandte Löseverfahren stellt insgesamt eine sehr gute Kombination zu der vorausgehenden elektrostatischen Aufbereitung für die kieseritische Hartsalzbasis dar, da sowohl die groben Rohsalzfraktionen als auch die Restfraktionen der ESTA® dort zur Kaligewinnung verwendet werden können. Mit diesem sehr selektiven Verfahren, nach dem Stand der Technik, können Verfahrensausbeuten von nahezu 90 % erreicht werden. Die Löserückstände dienen außerdem zur weiteren Kieseritgewinnung, was die Gesamtausnutzung der im Rohsalz enthaltenen Wertstoffanteile erhöht.

#### 4.1.6 Kieseritflotation

Kieserit wird mittels Flotation aus den Feinrückständen der Heißverlösung gewonnen. Mit Hilfe spezieller Konditionierungsmittel wird die Oberfläche des Kieserits ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) so verändert, dass sich kleine Luftblasen anlagern können und der Kieserit in der Salzlösung aufschwimmt. Der gewonnene Kieserit wird gereinigt und dann mittels Fest-Flüssig-Trennung separiert, wobei Kieseritdeckwasser anfällt, das entsorgt werden muss. Das gereinigte Konzentrat wird zur Weiterverarbeitung in die Kieseritverlösung transportiert. Der feste Flotationsrückstand (im Wesentlichen Halit und Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ )) wird entwässert und gemeinsam mit dem ESTA®-Rückstand aufgehaldet.

Die Flotation der Heißlöserückstände führt insgesamt zu einer weiteren Ausnutzung der im Rohsalz enthaltenen Kieseritkomponente (hier speziell derjenigen in den sehr feinkörnigen Schlammrückständen der Verlösung). Dadurch wird eine insgesamt hohe Werks-Kieserit-Ausbeute erreicht.

#### 4.1.7 Bittersalzproduktion

Durch Verlösung von Kieserit ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) aus dem Deckverfahren mit anschließender Feinfiltration wird eine reine, hoch  $\text{MgSO}_4$ -haltige Lösung gewonnen. Durch Vakuumkühlkristallisation und anschließende schonende Trocknung kann Bittersalz ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) unterschiedlicher Reinheit als Verkaufsprodukt hergestellt werden. Da die entstehenden Überschusslösungen dieses Prozesses in anderen Prozessen komplett weiterverwendet werden, stellt dieses Verfahren insgesamt eine gute Möglichkeit zur Weiterveredelung der Kieseritkomponente dar.

In einem zweiten Löse- und Kristallisationskreislauf wird Kieserit in einer kontinuierlichen Kieseritverlösung gelöst. Aus der Kieserit-Rohlösung wird ein technisches, rückstandsarmes Bittersalz gewonnen, das ausschließlich zur Herstellung von Kaliumsulfat weiterveredelt wird. Der Prozess ist daher notwendige Voraussetzung zur Herstellung von Kaliumsulfat in den am Standort Hattorf erzeugten Dünge- und Industriesalzqualitäten.

#### 4.1.8 Herstellung von Kaliumsulfat

Am Standort Hattorf wird aus technischem Bittersalz ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) und Kaliumchlorid (KCl) Kaliumsulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) hergestellt, gemäß der Gleichung:



Die Umsetzung erfolgt über zwei Teilschritte. In beiden Verfahrensschritten fällt Magnesiumchloridlösung ( $\text{MgCl}_2$ ) als Koppelprodukt an. Die Lösungen werden zur vollständigen Verwertung dem KCl-Deckprozess, dem Lösekreislauf des Heißlöseprozesses oder der KKF zugeführt.

Zunächst gelangt das über die Schritte Kieseritverlösung und Vakuumkühlung gewonnene technische Bittersalz mit KCl aus dem Deckprozess, sowie Kainit ( $\text{KMg}[\text{Cl}|\text{SO}_4]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) aus der KKF in die Kalimagnesiaumsetzung als erste Umsetzungsstufe. Dort wird unter Zugabe von Sulfatlösung der Rohschönit ( $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) hergestellt und anschließend per Fest-Flüssig-Trennung separiert. Die Kalimagnesialösung wird geklärt und dem Heißlöseprozess zugeführt. Der Rohschönit wird mit Sulfatlösung gewaschen und danach entwässert. Überschüssige Lösung wird zur weiteren Verwendung dem Deckprozess zugeführt.

Der Reinschönit wird in die Sulfatumsetzung gefördert und mit heiß gesättigter KCl-Lösung versetzt. In weiteren Schritten wird die Sulfatumsetzung zu Ende geführt, wobei  $\text{K}_2\text{SO}_4$  und Sulfatlösung resultieren. Diese Trübe wird mittels Fest-Flüssig-Trennung aufbereitet. Die Sulfatlösung wird nach Bedarf in die KMg-Umsetzung, in den Deckprozess und in die KKF gefördert.

Um den Chlorid-Gehalt des Kaliumsulfates auf Verkaufsqualitätsniveau zu senken, wird das Kaliumsulfat gewaschen. Je nach Fahrweise des Prozesses entsteht das Standard-Kaliumsulfat mit maximal 1 % Chlorid oder das reinere Produkt mit maximal 0,5 % Chlorid. Die Prozesslösungen werden in beiden Fällen im Gesamtprozess wiederverwendet. Das gewonnene, feuchte Kaliumsulfat wird anschließend getrocknet und eingespeichert. In einer nachgeschalteten Granulierung kann das feine Kaliumsulfat vor der Einspeicherung auf eine Korngröße im Bereich 2 – 4 mm verpresst werden, um als Granulat vor allem für den Streueinsatz oder das Mischen mit anderen Düngern vermarktet zu werden.

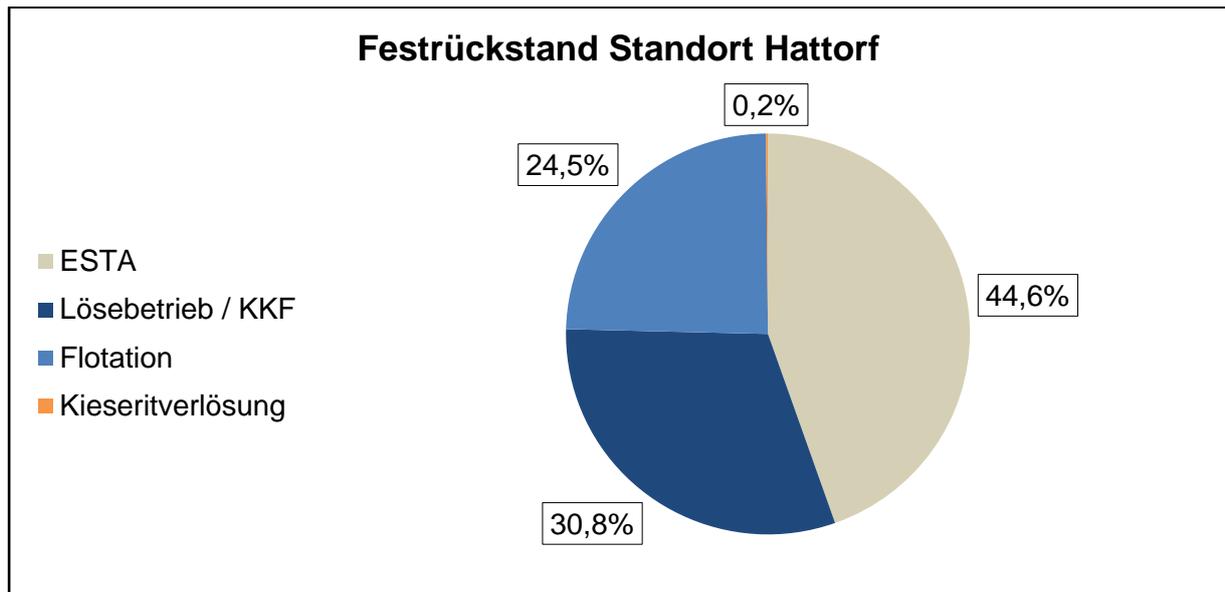
Insgesamt stellt die über Bittersalz als Zwischenprodukt geführte Kaliumsulfatproduktion am Standort Hattorf eine ideale Ergänzung der KCl-Gewinnung dar, da sie sowohl den im Rohsalz neben KCl enthaltenen Kieserit optimal weiterveredelt als auch weltweit vermarktungsfähige sulfatische Dünge- und Industriesalzqualitäten ermöglicht.

#### **4.1.9 Kainit-Kristallisation und Flotation**

Am Standort Hattorf wurde mit Beginn des Jahres 2018 die Kainit-Kristallisations- und Flotations-Anlage (KKF-Anlage) in Betrieb genommen. In dieser Anlage werden Wertstoffe aus den an  $\text{MgCl}_2$ -angereicherten Prozesslösungen der Standorte Hattorf und Unterbreizbach gewonnen. Im Eindampfprozess wird den Lösungen zunächst Wasser entzogen und Wertstoffe auskristallisiert. Die Feststoffe setzen sich vor allem aus Kainit, Sylvin und Halit zusammen. In den nachfolgenden Aufbereitungsschritten, unter anderem per Flotation, wird Kainit vom Sylvin/Halit-Gemisch separiert. Der Kainit wird nach erfolgter Fest-Flüssig-Trennung in der Kaliumsulfatproduktion veredelt. Die Sylvin/Halit-Fraktion wird nach der Fest-Flüssig-Trennung im Lösehaus verarbeitet. Die in den Prozessschritten abgetrennte KKF-Lösung ist entwertet und wird dem Entsorgungsregime für Salzabwässer zugeführt.

#### 4.1.10 Feste Rückstände aus der Aufbereitung

Bei den gegenwärtigen Rohsalzgehalten und eingesetzten Aufbereitungsverfahren fallen jährlich circa 7 Mio. t nicht verwertbare Rückstände am Standort Hattorf an (Mittel 2019-2020), die zur Rückstandshalde transportiert werden. Bei zeitweise reduzierten Wertstoffgehalten kann die Menge entsprechend höher ausfallen, da der NaCl-Anteil im Rohsalz und damit die NaCl-Ausfuhr aus dem Gesamtprozess dann höher ist. Im Folgenden sind die festen Rückstandsanteile aus den einzelnen Aufbereitungsschritten exemplarisch dargestellt.



**Abbildung 4-4: Anteil der Rückstandssalze am Gesamtrückstand im Mittel der Jahre 2019 und 2020**

In der Abbildung sind typische Mengenanteile an Rückstand aufgeführt, die in den einzelnen Produktionsstufen anfallen. Hierbei ist festzustellen, dass ein Großteil des festen Rückstandes im Bereich der ESTA®-Aufbereitung anfällt.

Die Stapelbecken für die Pufferung der Salzabwässer müssen von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Die dabei abgetragenen Feststoffe und Schlämme werden ebenfalls aufgehaldet. Des Weiteren werden Fege- und Reinigungssalze aufgehaldet. Die chemische Zusammensetzung umfasst das Spektrum Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Chlorid und Sulfat (s. Band 1.1.3E2 Art der Abfälle und Salzwässer).

#### 4.1.11 Haldenbetrieb

Auf dem Haldengelände des Standortes Hattorf befindet sich die sog. Rückstandshalde. Die genehmigte Rückstandshalde liegt in den Hoheitsgebieten der Bundesländer Hessen (Landkreis Hersfeld-Rotenburg, Gemarkung Ransbach und Philippsthal) und Thüringen (Wartburgkreis, Gemarkung Unterbreizbach). Der nicht verwertbare, feste Rückstand aus der Produktion wird über eine Bandanlage kontinuierlich zur Betriebshalde transportiert.

Der Rahmenbetriebsplan für den Haldenbetrieb in Hessen wurde mit Beschluss vom 25.11.2004 planfestgestellt. Den Rahmenbetriebsplan für den in Thüringen gelegenen Haldenteil hat das Thüringer Landesbergamt mit Planfeststellungsbeschluss vom 12.11.2004 zugelassen. Die Aufhaldungsfläche der Bestandshalde beträgt mit Stand Ende 2020 87,5 ha.

Mit Planfeststellungsbeschluss vom 10.10.2018 wurde die Änderung und Erweiterung der Kalirückstandshalde Hattorf um 29,6 ha genehmigt. Die Aufhaldung ist bei um 31.12.2026 befristet.

#### **4.1.12 Flüssige Rückstände**

Neben den festen Rückständen fallen Salzabwässer in verschiedenen Verarbeitungsprozessen vor allem als KKF-Lösung sowie als Kieseritdeckwasser an. Die KKF-Lösung fällt im Rahmen der Entwertung der Hartsalzlösung an; Kieseritdeckwasser fällt im Rahmen der Kieseritaufbereitung an und kann einen nicht vermeidbaren Anfall an Spülwässern enthalten.

Daneben fallen in Folge von Niederschlägen auf die nicht abgedeckten und die sukzessive abgedeckten Rückstandshalden salzhaltige Haldenwässer an, die in Haldenrandgräben und in Drainagen gefasst und der Entsorgung zugeführt werden.

Das Salzabwasser wird im Rahmen der bestehenden wasserrechtlichen Erlaubnisse für das Jahr 2021 durch Einleitung in die Werra, durch Versenkung in den Untergrund bis Ende 2021 (Ende der Erlaubnis) oder Abtransport standortfern entsorgt.

#### **4.1.13 Kühl- und Sielwässer**

Kühl- und Sielwasser fällt in der gesamten Fabrik als Folge von großen Kühlwasserbedarfen in den verschiedenen Vakuümkühlanlagen an. Der Bedarf wird durch Zufuhr von Frischwasser aus der Werra gedeckt. Nach der Nutzung in den Anlagen wird das Wasser wieder über Kanäle der Werra und der Ulster zugeleitet. Sowohl die Entnahme aus als auch die Einleitung in Werra und Ulster folgt den behördlichen Regelungen.

## **4.2 Umgesetzte Maßnahmen**

Generell lässt sich festhalten, dass die Kaliproduktion, wie fast alle industriellen Prozesse, mit Auswirkungen auf die Umwelt verbunden ist. K+S setzt daher durch weitreichende Verbesserungen der Verfahrenstechnik und betriebliche Optimierungen auf nachhaltige und umweltgerechte Produktionsprozesse, um unvermeidbare Umweltauswirkungen so weit wie möglich zu reduzieren.

Zur konsequenten Verringerung von Umweltauswirkungen wurde das Maßnahmenprogramm der FGG Weser (2015-2021) in der aktuell laufenden Bewirtschaftungsperiode umgesetzt. Als wesentlicher Meilenstein wurde am Standort Hattorf eine weitere Anlage (sog. KKF-Anlage) in Betrieb genommen, die neben einer weiteren Volumenreduzierung, die Voraussetzung für die Konfektionierung salzhaltiger Wässer für eine spätere Einstapelung in untertägige Grubenbaue ermöglicht und dadurch den Eintrag von Salzen, Nähr- und Spurenstoffen in die Werra reduziert. Das ursprüngliche Großforschungsvorhaben zur Einstapelung unter Tage wurde so weiterentwickelt und konzipiert, dass es im kommenden Jahr in das betriebliche Entsorgungs-

regime integriert wird und die Versenkung ersetzt. Zusätzlich wurden weitere prozessabwasserreduzierende Maßnahmen (z.B. Einsatz alternativer Aufbereitungshilfsstoffe zur erhöhten Rohstoffausbeute) umgesetzt, die uns ermöglichen, die zu entsorgenden Salzabwassermengen bei aufgrund von Haldenerweiterungen zunehmenden Haldenwassermengen auf dem seit 2015 erreichten Niveau zu halten.

### 4.3 Geprüfte Alternativen

Über die – zuletzt im Rahmen des Maßnahmenpakets zum Gewässerschutz – realisierten und geplanten Maßnahmen hinaus gibt es derzeit weltweit keine fortschrittlichen, praktisch geeigneten und dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen entsprechenden Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen zur weiteren Reduzierung der Umweltauswirkungen der Kaliproduktion im Werk Werra (siehe dazu auch Band 3.5E2 der Antragsunterlage).

### 4.4 Teilzusammenfassung Aufbereitung Standort Hattorf

Zusammenfassend werden auf dem Standort Hattorf wie oben beschrieben folgende Endprodukte hergestellt:

- Kaliumchlorid Düngesalz (MOP) in feiner, ungranulierter Form mit einem  $K_2O$ -Gehalt von mindestens 60 %,
- Kaliumsulfat (SOP) in verschiedenen Reinheiten und Korngrößen: Kaliumsulfat fein mit maximal 1,0 % oder mit maximal 0,5 % Chlorid, Kaliumsulfat kristallin und Kaliumsulfat gran, alle mit mindestens 50 %  $K_2O$ ,
- Kieserit als Dünger mit mindestens 26 % MgO sowie
- Bittersalz in verschiedenen Qualitäten (Landwirtschaft, technisch, technisch fein, pharmazeutisch).

Am Standort Hattorf ist die Auswahl der jeweiligen Verarbeitungsmethoden, die in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben und bewertet wurden, sowohl an der Rohsalzqualität, einem kieseritischen Hartsalz, als auch an den avisierten, vermarktungsfähigen Endprodukten sowie an der vorhandenen Energie- und Nutzwasserbasis orientiert.

Die bei der Produktion zum Einsatz kommenden technischen Methoden, Verfahren und Anlagen zur Aufbereitung sowie zur Entsorgung der unvermeidbar anfallenden Aufbereitungsrückstände sind sowohl wissenschaftlich begründet als auch in der Praxis langjährig erprobt. Sie haben sich auch unter sehr vielfältigen Einflussfaktoren seit langem bewährt und sind in der aktuell angewandten Form das Ergebnis eines langwierigen Optimierungsprozesses, der die verschiedenen Randbedingungen berücksichtigt. Sie liefern für den Standort Hattorf die bestmögliche technische und ökologische Effizienz und garantieren damit auch die ökonomische Attraktivität.

Die festen Rückstände werden aufgehaldet. Für die flüssigen Rückstände aus Produktion und Aufhaldung stehen neben der Einleitung in die Werra die Versenkung in den Plattendolomit (bis Ende 2021), die dauerhafte Einstapelung in die Grube Springen (schrittweise ab Anfang 2022 (in Planung)) sowie der Abtransport von Teilmengen mit Bahn und LKW zur Verfügung.

Insofern wendet auch der Standort Hattorf des Werkes Werra den nationalen und internationalen Standard der Kaliaufbereitung an. Mit den im Zuge des Maßnahmenpakets umgesetzten

Maßnahmen geht K+S sogar über den Stand der Technik hinaus. Weiterreichende Vorkehrungen werden in der weltweiten Kaliindustrie bisher nicht eingesetzt und sind auch nicht verfügbar. Dessen ungeachtet wird bei K+S kontinuierlich weiter geforscht und jährlich in einem Forschungsbericht an die FFG-Weser berichtet, um die Umweltauswirkungen der Kaliproduktion auch zukünftig zu verringern.

## 5 Ziele und Randbedingungen für den Produktionsprozess

### 5.1 Produktportfolio

K+S gehört mit seinen Produktionswerken Bergmannsseggen-Hugo, Neuhof-Ellers, Werra und Zielitz international zur Spitzengruppe der Kalibergbauunternehmen. Ihre Stärken liegen im effizienten Abbau und der umweltbewussten Aufbereitung heterogener, insbesondere magnesiumhaltiger Rohsalze. Aus diesen Rohsalzen produziert sie eine breite Palette an hochwertigen Kalium- und Magnesiumprodukten für industrielle Anwendungen und für den Bereich Health Care & Nutrition. Diese Produkte sind in hohen Reinheitsstufen und in speziellen Körnungen erhältlich.

K+S bietet eine einzigartige Palette an Düngemitteln an. Ihre Spezialdüngemittel unterscheiden sich vom Klassiker Kaliumchlorid durch zusätzliche Nährstoffformen und weitere Produktveredelungen. Verschiedenartige, auf die unterschiedlichen Kulturen angepasste Nährstoffrezepturen mit Kalium, Magnesium, Schwefel und Spurenelementen sind die Basis einer bedarfsgerechten Pflanzenernährung.

Dieses differenzierte Produktportfolio sichert eine hohe Auslastung und eine effektive Verwertung der magnesiumhaltigen Rohsalze, was für eine kosteneffiziente und umweltschonende Produktion notwendig ist. Zu der breiten Produktpalette gehören neben den MOP-Düngersorten, die knapp die Hälfte der aktuell vermarkteten Menge ausmachen, die Düngespezialitäten der SOP-Produktfamilie mit dem Spezialdünger Patentkali (basierend auf Kalium- und Magnesiumsulfat) sowie die Spezialitäten der Korn-Kali- und Kainitprodukte und der verschiedenen Kieseritsorten. Alle vermarkteten Düngespezialitäten enthalten Magnesiumsulfat (Korn-Kali, Patentkali und Kainit) bzw. benötigen Magnesiumsulfate für ihre Herstellung (SOP-Produkte). Neben KCl-Produkten für die Industrie werden auch noch verschiedene  $MgSO_4$ -Spezialitäten wie Bittersalz und  $MgSO_4$  wasserfrei vermarktet.

Für die Betrachtung der Produkte eines Einzel-Standortes wie Hattorf ist besonders wichtig festzuhalten, dass das Produktportfolio in Gänze über die gesamte K+S Minerals and Agriculture GmbH optimiert ist und laufend den aktuellen Randbedingungen des Marktes und der Produktionsmöglichkeiten der Standorte angepasst wird (produktionsoptimiertes Regionalportfolio). Änderungen an der Produktpalette können somit nicht isoliert, sondern immer nur im Verbund betrachtet werden, um eine optimale Gesamtleistung und damit eine wirtschaftlich tragbare Produktion und Vermarktung zu erreichen.

Als Basis für die strategische Ausrichtung von K+S dient die Strategie des Geschäftsbereiches Kali- und Magnesiumprodukte. Diese mündet in den Produktstrategien, deren relevante Aussagen zum Produktportfolio des Standortes Hattorf wie folgt sind:

#### MOP

- K+S will in wichtigen MOP-Märkten eine relevante Position einnehmen,
- K+S setzt unter Optimierungsgesichtspunkten regionale Schwerpunkte,
- K+S will ihr Regional-Portfolio flexibel halten, um auf Marktveränderungen entsprechend reagieren zu können,
- K+S will seine Wettbewerbsfähigkeit langfristig erhalten.

## SOP

- K+S will SOP zur ertragsoptimierten Steuerung des Portfolios nutzen,
- K+S analysiert und prüft Wachstumsmöglichkeiten in ausgewählten Regionen und Segmenten,
- K+S will SOP als Spezialität weiterhin weltweit mit Marketingmaßnahmen begleiten.

## Magnesiumprodukte

- K+S ist weltweit größter Anbieter von magnesiumhaltigen Düngemitteln und will diese Position festigen,
- Limitierte Kapazitäten erfordern Wachstumsprojekte.

Die Aussagen zu den Produktstrategien unterstreichen die Notwendigkeit zur Produktion und den Bedarf an den Produkten des Standortes Hattorf. Zur Ertragsoptimierung ist außerdem die Flexibilität der Produktion zur Herstellung von Kaliumsulfat einerseits oder zur Herstellung der Primärprodukte KCl und Magnesiumsulfat andererseits weiterhin nötig.

Insgesamt bedeutet dies für den Standort Hattorf, dass die in gewissen Grenzen flexible Produktpalette aktuell und auch in weiterer Zukunft im Einklang mit dem über alle K+S-Produktionsstandorte optimierten Portfolio steht und die erzeugten Produkte weiterhin am Weltmarkt gefragt sind, sodass sich hier keine Änderungsmöglichkeiten ergeben.

### 5.1.1 Einbeziehung weiterer Stoffströme

Am Standort Hattorf werden, wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, die beiden Wertstoffe KCl und  $MgSO_4$  aus dem im Wesentlichen nur noch NaCl als weiteren Hauptbestandteil enthaltenden Rohsalz mit der unter den gegebenen Randbedingungen maximal möglichen Ausbeute nach dem Stand der Technik gewonnen. Es sind derzeit keine Verfahren nach dem Stand der Technik bekannt, wie unter Einbeziehung von Stoffströmen anderer Standorte oder externer Quellen die Verfahrensausbeuten zur Extraktion dieser Wertstoffe so signifikant angehoben werden könnten, dass eine merkliche Minimierung der anfallenden festen Rückstandsmengen wirtschaftlich erreicht werden könnte.

Die Hinzuziehung anderer Ströme zu den Endprodukten zur Herstellung von z. B. Mischdüngern oder mehrere Wertstoffe enthaltenden Spezialdüngern wie z. B. Korn-Kali folgt nicht den im vorigen Abschnitt aufgeführten Aussagen zu den Standort-Produkten. Somit führt diese Betrachtung unter Beachtung aller Randbedingungen weder zu weiteren vermarktungsfähigen Produkten noch zu einer Minimierung von Aufbereitungsrückständen, da letztlich nur weitere Stoffe zu den am Standort hergestellten Produktmengen zugemischt werden.

## 5.2 Lagerstätte und Rohsalz

Am Standort Hattorf werden jährlich circa 9 Mio. t kieseritisches Hartsalz mit einer Körnung bis zu 80 mm gefördert, was der Kapazitätsgrenze des Förderschachtes entspricht. Die in der Rohsalzmischung enthaltenen und verarbeitbaren Wertstoffe sind im Wesentlichen KCl (in Sylvin und Carnallit) und Kieserit ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

Um langfristig die Fabrik des Standortes Hattorf mit Rohsalzen versorgen zu können, die den Verarbeitungsansprüchen genügen, ist eine langfristige Abbauplanung erforderlich. Bei dieser Planung wird die Entwicklung der Grube über das gesamte Baufeld betrachtet. Planungsgrundlage ist u. a. die Vollausslastung des Förderschachtes.

Zur Erstellung der Abbauplanung werden die gesamten Vorratsflächen des Grubenbetriebes in Blöcke mit einer Kantenlänge von 500 x 500 m eingeteilt. Im nächsten Schritt werden jedem Block sowohl Werte für den  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalt, den Kieseritgehalt, die Lagerstättenmächtigkeit als auch Werte für Verwitterung und Abbauverlust zugeordnet. Dabei werden aufbauend auf den Planungen der letzten Jahre alle neu hinzugewonnenen Erkenntnisse über die Lagerstätte berücksichtigt. Dies sind vor allem Bohrerkundungen sowie die Vor-Ort-Beprobungen im aktuellen Gewinnungsfeld. Bereiche, in denen aus geologischer Sicht kein Abbau möglich ist, werden in der weiteren Planung nicht weiter berücksichtigt.

Die aktualisierten Block-Daten werden anschließend in einer Abbauplanung bis an das Lagerstättenende verplant. Dabei werden u. a. folgende Parameter berücksichtigt:

- Zielwerte der Fabrik für  $\text{K}_2\text{O}$ - und Kieseritgehalt,
- zu fördernde Tonnage,
- Betriebspunktkonzentration unter Tage,
- maximal mögliche Abbaugeschwindigkeiten,
- Lage zukünftiger Hauptachsen für Bandanlagen sowie
- erforderliche Feldeentwicklung.

Die Planung erfolgt in 5-Jahresscheiben, für die als Endergebnis Durchschnittswerte für Tonnage und Qualität für den Schacht Hattorf ausgewiesen werden. Weiterhin liegt zum Abschluss der Planung neben den tabellarischen Daten ein Risswerk vor, in dem die Entwicklung der Abbaufrenten farblich dargestellt ist.

Dieser Langfristplanung folgend wird der Kaliumoxidgehalt ( $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalt) in der Rohsalzförderung der Grube Hattorf-Wintershall in den nächsten Jahrzehnten zwischen 8 und 9 % liegen. Die Gehalte am Schacht Hattorf schwanken dabei nach den derzeitigen Erkenntnissen etwas weniger als die Gehalte am Schacht Grimberg und liegen nahe bei circa 8 %  $\text{K}_2\text{O}$ .

Dies entspricht dem aktuellen Niveau der Rohsalzförderung und -verarbeitung am Standort Hattorf und lässt somit keine wesentlichen Auswirkungen auf die Produktion erwarten.

Der Kieseritgehalt, der aktuell in der Größenordnung von bis zu 11 % liegt, wird die nächsten Jahre ebenfalls auf diesem Niveau liegen, wobei er langfristig auf Werte bis 15 % steigen wird. Dies sichert den Bedarf der Fabrik an Kieserit sowohl für die Kaliumsulfatproduktion als auch für die Herstellung von Kieserit-Verkaufsprodukt.

Somit sind aus der Langfristplanung für die Lagerstätte und das zu fördernden Rohsalz der Grube Hattorf/Wintershall keine signifikanten Änderungen für die Produktion des Standortes Hattorf zu erwarten.

## 5.3 Sonstige Randbedingungen

### 5.3.1 Infrastrukturelle, logistische und klimatische Randbedingungen

Am Standort Hattorf ist die Auswahl der Verarbeitungsmethoden nicht nur an der vorhandenen Rohsalzqualität und den avisierten, vermarktungsfähigen Endprodukten orientiert, sondern auch an der vorhandenen Energie- und Nutzwasserbasis und den infrastrukturellen und logistischen Randbedingungen. Besonders letztere haben sich seit Entstehung des Werksstandortes vor über 100 Jahren ebenso langfristig entwickelt, nicht zuletzt in gegenseitigem Wechselspiel bzw. in gegenseitiger Abhängigkeit, da die Kaliindustrie an der Werra mit ihren großen Produktionsstandorten in dieser ansonsten strukturschwachen Region ein wesentlicher Impulsgeber für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung im Umfeld darstellt.

Aus dieser Sicht heraus ist die aktuelle Aufbereitung auch optimal an die herrschenden Gegebenheiten angepasst. Änderungen der infrastrukturellen und logistischen Randbedingungen mit signifikanten Auswirkungen auf die Aufbereitung und damit auf die Entstehung von Rückständen sind nicht bekannt, sodass hier keine weiteren Einflüsse zu berücksichtigen sind.

Analoges gilt für die klimatischen Randbedingungen, an die die bestehende Aufbereitung, besonders das ESTA®-Verfahren, über sehr lange Zeiträume angepasst wurde und ist. Beispielsweise werden in der ESTA® die Betriebstemperaturen in den Konditionierungsschritten den jeweiligen Sommer- und Winterbedingungen angepasst, um immer die bestmögliche Effizienz des Verfahrens zu sichern. Gesichert absehbare Änderungen der gesamt-klimatischen Randbedingungen (Stichwort „Klimawandel“) mit signifikanten Auswirkungen auf die Aufbereitung und damit auf die Entstehung von Rückständen sind derzeit nicht belegt, sodass hier keine weiteren Einflüsse zu berücksichtigen sind.

### 5.3.2 Energieversorgung

Das bestehende Energieversorgungskonzept sieht für den Betrieb des Produktionsstandortes Hattorf die Nutzung der Energieträger Erdgas, Dampf sowie elektrischer Strom vor. Durch die Verbrennung von Erdgas werden sowohl Dampf als auch Strom in ausreichender Menge für den Standort erzeugt. Damit ist Erdgas die einzige Form der Primärenergie, welche extern bezogen wird. Um dem Bedarf des Standortes gerecht zu werden, wurde das bestehende Kraftwerk im Hinblick auf eine sichere und zukunftsfähige Energieversorgung im Jahr 2012 in Teilen modernisiert. Es erfüllt damit auch alle notwendigen Anforderungen hinsichtlich der Förderung gemäß des KWK-(Kraft-Wärme-Kopplung)-Gesetzes.

Bei der Nutzung von Erdgas kommen grundsätzlich zwei verschiedene Anwendungsfälle zum Einsatz.

- **Trocknung von Produkten**  
Die Trocknung der Endprodukte wie Kaliumchlorid, Kaliumsulfat oder Kieserit erfolgt durch den Einsatz von Trommeltrocknern. Die erforderliche Wärme wird über eine Direktbefeuerung mit Erdgas im Trockner erzeugt.

- Erzeugung von Prozessdampf und elektrischem Strom  
Die Erzeugung von Prozessdampf und Strom wird über ein hocheffizientes Kraftwerk nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung sichergestellt. Das wärmegeführte Kraftwerk erzeugt zunächst Hochdruckdampf entsprechend des Bedarfes der Produktion. Über eine Dampfturbine wird der Hochdruckdampf auf das benötigte Niveau für Prozessdampf entspannt. Gemäß des KWK-Prinzipes wird beim Entspannen durch die Dampfturbine ein Generator angetrieben, der wiederum elektrischen Strom produziert. Die hierbei erzeugte Strommenge übersteigt den Bedarf des Standortes Hattorf, wobei der Überschuss im K+S-eigenen Bilanzkreis konzernweit vermarktet wird. Der Produktionsbetrieb kondensiert als Wärmesenke den gesamten Prozessdampf und führt das entstehende Kondensat wieder der Dampferzeugung zu. Durch diesen Kreislauf werden eine optimale Energieausbeute und damit eine Primärenergieausnutzung von über 90% erzielt. Das Kraftwerk Hattorf befindet sich damit auf dem neusten Stand der Technik.

### **5.3.2.1 Optimierungen und Anlagenerweiterungen**

Das KWK-Kraftwerk am Standort Hattorf verfügt unter Berücksichtigung des derzeitigen Produktionsprozesses über ausreichende Kapazitäten. Sollte die verfügbare Menge bedingt durch grundsätzliche konzeptionelle Änderungen im Anlagenbetrieb nicht ausreichen, so muss die Kapazität durch die Installation eines weiteren Dampfkessels sowie von Gas- und Dampfturbinen erweitert werden. Durch das bestehende Energiekonzept kann der Kraftwerksbetrieb sehr flexibel auf die Bedürfnisse der Produktion reagieren. In diesem Sinne stellt die aktuelle und die zukünftige Energieversorgung des Standortes Hattorf keine Beschränkung für den zukünftigen oder einen modifizierten Aufbereitungsbetrieb dar.

Das Kraftwerk erfüllt den Stand der Technik. Um diesem in den nächsten Jahren und ggf. sich ändernden Randbedingungen gerecht werden zu können, wird die Anlageninfrastruktur fortlaufend angepasst und notwendige Optimierungsmaßnahmen umgesetzt.

## 6 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

Die Reduzierung der Umweltbelastungen stellt seit vielen Jahren einen zentralen Schwerpunkt der Forschung und Entwicklung in der K+S-Gruppe dar. Die Aktivitäten in diesem Bereich werden auch in Zukunft einen besonderen Stellenwert einnehmen. Die eigene intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit wird durch zahlreiche Kooperationen mit Hochschulen und sonstigen Forschungseinrichtungen begleitet.

Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und -ergebnisse werden im K+S Jahresforschungsbericht beschrieben und jährlich u. a. an die FGG Weser übermittelt. Auf diesen Bericht wird verwiesen [K+S 2021].

Im Fokus der untersuchten Maßnahmen stehen deren technische Machbarkeit, die ökologische Sinnhaftigkeit, aber auch die Frage der wirtschaftlichen Zumutbarkeit. Gleichzeitig müssen die Ergebnisse der F&E-Vorhaben rechtlich umsetzbar sein. Wirtschaftliche Projekte zur Verbesserung der Wertstoffausbeute haben dabei immer auch eine rückstands- und abwasserermindernde Wirkung und somit eine Erhöhung der Ressourceneffizienz zur Folge.

Die folgende Tabelle 6-1 stellt die laufenden und geplanten F&E-Maßnahmen am Werk Werra dar.

**Tabelle 6-1: Laufende/geplante F&E-Vorhaben**

Laufende/geplante F&E-Vorhaben		F&E-Projektende nach aktueller Planung K+S
<b>1</b>	<b>Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA®-Verfahrens</b>	
1.1	ESTA® Freifallscheider verbessern	kontinuierlich
1.3	Steinsalzvorabtrennung u.T.	2021
<b>2</b>	<b>Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge</b>	
2.3	Konditionierungsmittelversuche ESTA® Hattorf	kontinuierlich
2.3.1.	Untersuchung alternativer Konditionierungsmittelregime für die CMg-Stufe der ESTA® Neuhof-Ellers	kontinuierlich
<b>3</b>	<b>Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren</b>	
3.2	Eindampfversuche im Rahmen von Einstapelung von Salzabwässern (Konzentrationsniveaus)	2021
3.2.1	Konditionierung und Einstapeln im Grubenfeld Springen	2021
<b>4</b>	<b>Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung</b>	
4.2	Überlegungen zu Verbesserung der Basisabdichtung	2021
<b>5</b>	<b>Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren</b>	
5.1	Überwachung der Sättigungsverhältnisse im Lösebetrieb	2020
5.2	Weiterentwicklung des Auslaufs der neuen Flotationszellen in Wintershall	2021
<b>6</b>	<b>Prüfung von Membranverfahren</b>	
6.1	Nanofiltration – Recycling durch Ionentrennung, Konzentrierung und Monitoring von salzhaltigen Wässern (RIKovery)	2024

6.1	Nanofiltration – Versuche mit keramischen Membranen bei hohen Drücken	offen
6.2	Membrandestillation -Pilotversuche zur Membrandestillation von Haldenwässern	offen
6.2	Membrandestillation – Forschung zu Membrandestillationsprozessen in Kopplung mit Kristallisation (HaSiMeM)	2024
<b>8</b>	<b>Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen</b>	
8.1	Versuche zur Haldenabdeckung: HVH	offen
8.4	Biokrusten zur Haldenwasserminimierung, Neuhof	offen
<b>9</b>	<b>Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwassermeidung</b>	
9.3	Prozessanalytik, Prozessanalysetechnik (PAT)	kontinuierlich
9.8	Versuche zur Haftlösungsverdrängung in der 2. Umsetzungsstufe der Sulfatanlage in HA	offen
9.9	Optimierung von Filtrationsprozessen in der Sulfatherstellung am Standort HA	offen
9.10	Steuerung der elektrostatischen Trennung von Rohsalz in der ESTA® in Wintershall	2021
<b>10</b>	<b>Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen</b>	
10.2	Verwendung von Langbeinit aus EDA für die Sulfatherstellung WI (Machbarkeitsstudie zur Nassklassierung mittels Zyklon)	offen
<b>11</b>	<b>Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsfelder</b>	
11.3	Entwicklung eines Magnesiazementschaums und einer Applikationsapparatur	offen
<b>13</b>	<b>Sonstiges</b>	
13.1	Versuche zur Mobilisierung von geogen vorhandenen Spurenbestandteilen im Boden	offen
13.3	Versuche zum analytischen Nachweis und Abbau von organischen Aufbereitungshilfsstoffen	offen

In der nachfolgenden Tabelle 6-2 sind bis zum Ende des Jahres 2020 abgeschlossene Maßnahmen aufgeführt. In den Jahren 2019 und 2020 waren Konfektionierung und das Einstapeln von Lösungen im Grubenfeld Springen ein Großprojekt.

**Tabelle 6-2: Abgeschlossene und veröffentlichte F&E-Maßnahmen**

F&E-Vorhaben im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015-2021		F&E-Projektende
<b>1</b>	<b>Weiterentwicklung und Anpassung des ESTA®-Verfahrens</b>	
1.2	Neukonzept 'Staub'ESTA	2020
<b>2</b>	<b>Vorselektion zur Stofftrennung mit dem Ziel der Verringerung der Abfallmenge</b>	
2.1	Eindampfung von Prozesswässern in der Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (KKF-Anlage) am Standort Hattorf	2018
2.2	Klassierverfahren in der Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage	2018
<b>3</b>	<b>Weiterentwicklung und Möglichkeiten thermischer Trennverfahren</b>	
3.1	Beauftragung K-UTEK mit Konzept- u. Machbarkeitsstudie Aufbereitung anfallender Produktionsabwässer u. Haldenwässer	2018
<b>4</b>	<b>Wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Haldenentwässerung</b>	
4.1	Schütttechnikversuche Werk Neuhoof-Ellers	2017
<b>5</b>	<b>Reduzierung des Wassereinsatzes in den Prozessen/Verfahren</b>	
5.2	Zweistufige NaCl-Flotation aus KNZ-Salz der ESTA® HA zur Deckwasserreduzierung	2018
<b>6</b>	<b>Prüfung von Membranverfahren</b>	
6.1	Forschungskooperation mit H+E zum Einsatz von Nanofiltration in der Salzabwasseraufbereitung	2018
<b>7</b>	<b>Optimierung der Fest-/Flüssigtrennung</b>	
7.1	Aufbereitung von Rückständen des Kieseritbetriebes am Standort WI	2017
7.2	Untersuchungen zur Optimierung der Eindampfanlage auf Kainit (EDA-Kainit) am Standort Wintershall	2017
<b>8</b>	<b>Entwicklung von alternativen innovativen Haldenwasserminimierungsmaßnahmen</b>	
8.2	Innovativer Erosionsschutz an der Halde Neuhoof-Ellers	2019
8.3	Errichtung von Poldern auf der Halde Hattorf	2019
<b>9</b>	<b>Prozesse/Verfahren zur Erhöhung der Wertstoffausbeute und Abwasservermeidung</b>	
9.1	Optimierung der Kieseritausbeute bei der elektrostatischen Aufbereitung am Standort Hattorf (Filtertuch)	2017
9.2	Optimierung der Leonitumsetzung am Standort Wintershall (Verdrängung von Haftlösung)	2017
9.4	Aufbereitung von Rückständen des Löse- und Kieseritbetriebes am Standort Hattorf	2017
9.5	Möglichkeiten der Verarbeitung und Verwertung von Beckensalzen im Lösebetrieb Wintershall	2017
9.6	Wertstoffrückgewinnung in optischen Verfahren aus der Tonfraktion am Standort NE	2018
9.7	Weitere Versuche zur Verwertung von Spülwässern in Hattorf	2019

<b>10</b>	<b>Untersuchung zur Nutzung von Kristallisaten aus Eindampfprozessen</b>	
10.1	KKF Kainit substituiert Kieserit, Versuch in der Sulfatanlage HA	2018
<b>11</b>	<b>Entwicklung neuer Projekte und Anwendungsfelder</b>	
11.1	Baustoff Sorelzement	2017
11.2	Endlaugenkalk - Walddüngung	2017
<b>12</b>	<b>Optimierung der Salzsteuerung</b>	
12.1	Entwicklung eines automatisierten Probenvorbereitungssystems	2019
12.2	ICP-Messraum, Teilprojekt Redundanz zur Störfallabsicherung durch Einbindung des 2. ICP-OES	2018
<b>13</b>	<b>Sonstiges</b>	
13.2	Versuche zur Abbindung von Salzabwässern mit Zuschlagsstoffen	2018
13.3	Crowdsourcing (Interner Ideenwettbewerb) Haldenabdeckung	2019
13.4	Tests zur Schwermetallreduktion in Haldenwässern	2019

## 7 Zusammenfassung

Die Antragstellung zur Haldenerweiterung Hattorf erfordert den Nachweis eines nachhaltigen Rückstandsmanagements. Dabei ist im Einklang mit den umweltrechtlichen Grundsätzen darzustellen, dass nur die Stoffe einer Aufhaltung, und damit einer Entsorgung, zugeführt werden, die nicht vermieden, verwertet oder recycelt werden können.

Im Zuge dessen war zu prüfen, ob durch eine Modifizierung bzw. Optimierung der Gewinnungs- und/ oder Aufbereitungsverfahren am Standort Hattorf des Werkes Werra der Anfall von festen Rückständen unter Beibehaltung einer möglichst hohen Wertstoffausbeute zur Sicherstellung ökonomischer Ziele und unter Einhaltung des Minimierungsgebotes für nicht feste Rückstände verhindert oder reduziert werden kann.

Vor diesem Hintergrund war der derzeitige Aufbereitungsprozess zu beschreiben und hinsichtlich aktueller bzw. zukünftig absehbarer Randbedingungen zu bewerten und darüber hinaus mögliche aktuelle, zweckdienliche Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung zu prüfen.

Auf dem Standort Hattorf wird bergmännisch gewonnenes Rohsalz mittels der Hauptverfahren Flotation, Heißlöseprozess und Kühlkristallisation sowie elektrostatischem Trennverfahren aufbereitet. Mit weiteren Prozessen zur Umsetzung von Kaliumchlorid zu Kaliumsulfat oder zur Veredelung per Granulierung werden verschiedene Kali-Endprodukte wie Kaliumchlorid Düngesalz (MOP) oder Kaliumsulfat (SOP) in verschiedenen Reinheiten und Korngrößen hergestellt. Die Gewinnung verkaufsfähiger Nebenprodukte wie Kieserit als Dünger und Bittersalz in verschiedenen Qualitäten garantiert eine möglichst hohe Ausnutzung der Rohstoffbasis. Für die Entsorgung der festen Rückstände wird die Aufhaltung, für die Entsorgung der flüssigen Rückstände die Einleitung in die Werra und die Versenkung in den Untergrund (bis Ende 2021) genutzt, wie es an vielen Kalistandorten weltweit üblich ist.

Die getroffene Auswahl der jeweiligen Verarbeitungsmethoden ist sowohl an der Rohsalzqualität, einem kieseritischen Hartsalz, als auch an den avisierten, vermarktungsfähigen Endprodukten sowie an der vorhandenen Energie- und Nutzwasserbasis orientiert.

Die bei der Produktion zum Einsatz kommenden technischen Methoden, Verfahren und Anlagen zur Aufbereitung sowie zur Entsorgung der unvermeidbar anfallenden Aufbereitungsrückstände entsprechen mindestens dem Stand der Technik bzw. gehen über diesen noch hinaus. Sie liefern für den Standort Hattorf die bestmögliche technische und ökologische Effizienz und garantieren damit die ökonomische Attraktivität, auch unter den zukünftig zu erwartenden Randbedingungen hinsichtlich vermarktbarer Produkte, verfügbarer Rohstoffbasis oder infrastruktureller oder energietechnischer Zwänge.

K+S ist bestrebt, durch kontinuierliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit Optimierungsmöglichkeiten zu erarbeiten. Derzeit kann allerdings festgestellt werden, dass neben den am Standort Hattorf umgesetzten keine weiteren technischen Möglichkeiten zur effektiven Verminderung von Salzurückständen, quantitativ bedeutender Salz- oder Abwasserfrachten verfügbar sind. Mit der vollständigen Umsetzung bereits geplanter Maßnahmen hat K+S alle Möglichkeiten zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit nach heutigem Stand der Technik voll ausgeschöpft.

## 8 Literaturverzeichnis

- BVerfG (1978): „Kalkar-Beschluss“; Beschluss vom 08.08.1978 – 2 BvL8/77.
- K+S (2018): K+S KALI GmbH, Werk Werra, Hauptbetriebsplan des Fabrik- und Tagesbetriebes des Standortes Hattorf einschließlich der Zusammenarbeit mit der Zentralen Technik für 01.01.2019 bis 31.12.2023, Oktober 2018.
- K+S (2021): F & E – Vorhaben. Jahresbericht 2020 im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2015-2021, April 2021.
- MWEI BREF 2018: Europäische Kommission (Hrsg.): Best Available techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/ EC, online abrufbar unter: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/best-available-techniques-bat-reference-document-management-waste-extractive-industries> (Tag des Abrufs: 12.04.2021).
- Rahmenvereinbarung (2009): Hessischer Minister für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Thüringischer Minister für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, K + S KALI GmbH, vertreten durch Herrn Gerd Grimmig, Öffentlich-rechtliche Vereinbarung über einen Gesamtrahmen für eine nachhaltige Kaliproduktion in Hessen und Thüringen zwischen dem Land Hessen, dem Freistaat Thüringen und der K + S KALI GmbH, 04.02.2009.
- RAUCHE, H. (2015): Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert. Stand der Technik bei der Rohstoffgewinnung und der Rohstoffaufbereitung sowie bei der Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- UBA (2004): Umweltbundesamt (Hrsg.): BVT-Merkblatt zum „Management von Bergbauabfällen und Taubgestein“, Dessau.
- WINNACKER UND KÜCHLER (2005): Chemische Technik. Prozesse und Produkte. Band 8 – Ernährung, Gesundheit, Konsumgüter. Herausgegeben von Dittmeyer, Keim, Krysa und Oberholz. Wiley-VCH- Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim.