



Pilotprojekt

Werra-Salzabwasser

Endbericht



Januar 2007

Inhaltsverzeichnis:

| | | |
|---------|---|----|
| 0 | Vorwort | 8 |
| 1 | Pilotprojekt Werra/Salzabwasser | 9 |
| 1.1 | Beschreibung..... | 9 |
| 1.2 | Ziel..... | 10 |
| 1.3 | Organisationsstruktur..... | 11 |
| 1.4 | Projektablauf..... | 12 |
| 2 | Grundlagen | 13 |
| 2.1 | Werk Werra..... | 13 |
| 2.1.1 | Salzabwasseranfall..... | 14 |
| 2.2 | Entsorgungswege | 15 |
| 2.2.1 | Versenkung in den Plattendolomit | 16 |
| 2.2.2 | Einleitung in die Vorfluter..... | 19 |
| 2.2.3 | Aufhaldung der festen Rückstände..... | 20 |
| 3 | Baseline Szenario | 22 |
| 3.1 | Entwicklung Salzabwasser | 22 |
| 3.2 | Entwicklung Diffuse Einträge | 23 |
| 3.3 | Gebiet Breitzbachsmühle..... | 24 |
| 3.4 | Gebiet Untere Ulster | 24 |
| 3.5 | Gebiet Werra | 25 |
| 4 | Maßnahmen | 26 |
| 4.1 | Salzabwasseranfall reduzieren | 28 |
| 4.1.1 | Halde | 28 |
| 4.1.1.1 | Maßnahme 1.1.1 Untertageversatz der anfallenden Rückstände.. | 28 |
| 4.1.1.2 | Maßnahme 1.1.2 Haldenabdeckung/Haldenbegrünung | 35 |
| 4.1.1.3 | Maßnahme 1.1.3 Steinsalzgewinnung aus den festen Rückständen (Haldenrecycling)..... | 41 |
| 4.1.1.4 | Maßnahme 1.1.4 Optimierung Haldenentwässerung | 48 |
| 4.1.2 | Produktion | 50 |
| 4.1.2.1 | Maßnahme 1.2.1 Zusätzliche Produkte | 50 |
| 4.1.2.2 | Maßnahme 1.2.2 Andere Produktions- und Abbauverfahren: Nachkühlung von Salzabwässern | 54 |
| 4.1.2.3 | Maßnahme 1.2.3 ESTA-Aufbereitungsverfahren in Unterbreizbach | 55 |
| 4.1.2.4 | Maßnahme 1.2.4 Einstellung der Produktion..... | 57 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1.3 | Behandlung des Salzabwassers | 59 |
| 4.1.3.1 | Maßnahme 1.3.1 Eindampfen bzw. Verdunsten der Salzabwasserlösungen..... | 59 |
| 4.1.3.2 | Maßnahme 1.3.2 Deponierung des Salzabwassers untertage | 65 |
| 4.1.3.3 | Maßnahme 1.3.3 Haldenberieselung..... | 66 |
| 4.1.3.4 | Maßnahme 1.3.4 Nanofiltration | 69 |
| 4.2 | Diffuse Einträge reduzieren | 70 |
| 4.2.1 | Versenkung | 70 |
| 4.2.1.1 | Maßnahme 2.1.1 Versenkstandorte verlegen/ Rückförderung aus dem Plattendolomit..... | 70 |
| 4.2.1.2 | Maßnahme 2.1.2 Versenkung einstellen bzw. reduzieren | 72 |
| 4.2.2 | Austrittsstellen | 74 |
| 4.2.2.1 | Maßnahme 2.2.1 Kiessee Dankmarshausen..... | 74 |
| 4.2.2.2 | Maßnahme 2.2.2 Reduzierung der Einleitungen aus der Grube Springen | 76 |
| 4.3 | Einleitewerte | 77 |
| 4.3.1 | Maßnahme 3.1 Betrachtung weiterer Ionen | 77 |
| 4.3.2 | Maßnahme 3.2 Änderung der bestehenden Einleitewerte.... | 79 |
| 4.4 | Auswirkungen minimieren..... | 81 |
| 4.4.1 | Verlegung der Einleitestellen..... | 81 |
| 4.4.1.1 | Maßnahme 4.1.1 Leitung an die Nordsee | 81 |
| 4.4.1.2 | Maßnahme 4.1.2 Leitung an die Weser..... | 83 |
| 4.4.1.3 | Maßnahme 4.1.3 Verlegung der Leitung von der Ulster an die Werra..... | 84 |
| 4.4.2 | Maßnahme 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge an der Breitzbachsmühle..... | 86 |
| 4.5 | Teilmaßnahmen..... | 88 |
| 4.5.1 | Teilausführung der Maßnahme 1.1.1 Versatz | 89 |
| 4.5.2 | Kombination der Maßnahme 1.3.1 Verdampfen und 1.1.1 Versatz..... | 89 |
| 4.5.3 | Kombination der Maßnahme 1.3.1 Verdampfen (zu MgCl ₂)und 1.2.1 Herstellung von Magnesium | 89 |
| 4.5.4 | Maßnahmen in der Nachbergbauphase: 1.1.3 Haldenrecycling..... | 90 |
| 4.6 | Umsetzbare Maßnahmen | 91 |
| 4.7 | Maßnahmen, deren Umsetzung kontrovers diskutiert wurden..... | 91 |
| 5 | Festlegung von Bewirtschaftungszielen | 93 |
| 5.1 | Allgemeines | 93 |
| 5.2 | Umweltziele | 93 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.3 | Bewirtschaftungsziele | 95 |
| 5.3.1 | Bewirtschaftungsziel für die Solz (OWK He 42712.1 Solz)..... | 95 |
| 5.3.2 | Bewirtschaftungsziel für die Fulda (OWK He 42.4 Fulda/Bad Hersfeld) | 95 |
| 5.3.3 | Bewirtschaftungsziel für die Ulster (OWK Th 414_0+49 Untere Ulster) | 96 |
| 5.3.4 | Bewirtschaftungsziel für die Werra (OWK He 41.4 Werra und Th 41_68+129 untere Werra bis Heldrabach) | 96 |
| 5.3.5 | Bewirtschaftungsziel für die Grundwasserkörper | 97 |
| 5.3.6 | Sonstiges: Struktur, Nitrat..... | 97 |
| 6 | Literaturverzeichnis..... | 98 |
| 7 | Glossar | 102 |
| 7.1 | Abbauverfahren | 102 |
| 7.1.1 | Flache Lagerung | 102 |
| 7.1.2 | Kuppenabbau | 102 |
| 7.2 | Aufbereitungsverfahren | 102 |
| 7.2.1 | Das Heißlöseverfahren..... | 102 |
| 7.2.2 | Das Flotationsverfahren | 103 |
| 7.2.3 | Das ESTA-Verfahren (elektrostatische Verfahren)..... | 104 |
| 7.3 | Begriffserklärungen..... | 105 |
| 8 | Anhang | 109 |
| 8.1 | Wasserkörper des Pilotprojektes | 109 |
| 8.1.1 | Ergebnisse Bestandsaufnahme Oberflächenwasserkörper..... | 112 |
| 8.2 | Projektgruppen/Arbeitsgruppenmitglieder..... | 121 |
| 8.3 | Maßnahmenkataloge der beschriebenen Maßnahmen und der evtl. noch zu beschreibenden Maßnahmen | 123 |
| 8.4 | Maßnahmen des Pilotprojektes: technisch mögliche Maßnahmen, technisch mögliche Teilmaßnahmen, monetäre Bewertung | 124 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1-1: Pilotgebiet | 10 |
| Abbildung 1-2: Mitglieder der Projektgruppe Pilotprojekt Werra..... | 11 |
| Abbildung 2-1: Werra mit den eingezeichneten Fabrikstandorten Hattorf, Unterbreizbach und Wintershall sowie Merkers (stillgelegt) des Werkes Werra. | 13 |
| Abbildung 2-2: Gesamtsalzabwasseranfall und der darin enthaltene Haldenwasseranfall..... | 14 |
| Abbildung 2-3: Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls | 15 |
| Abbildung 2-4: Entsorgungsmöglichkeiten der flüssigen und festen Rückstände der hessischen Standorte des Werkes Werra | 15 |
| Abbildung 2-5: Nicht steuerbare Einträge im Jahre 2003 in Abhängigkeit vom Abfluss | 17 |
| Abbildung 2-6: Entwicklung der Versenkmengen ab 1925-2005..... | 17 |
| Abbildung 2-7: Entwicklung der diffusen Einträge in Tiefenort und Widdershausen . | 18 |
| Abbildung 2-8: Aussüßung im quartären Grundwasserleiter der Werratalaue | 18 |
| Abbildung 2-9: Chloridgehalte am Pegel Gerstungen | 19 |
| Abbildung 2-10: Entwicklung der Chloridtageswerte am Pegel Gerstungen | 20 |
| Abbildung 2-11: Halde Hattorf und Halde Wintershall (Quelle K+S)..... | 20 |
| Abbildung 3-1: Gesamtsalzabwasseranfall und der darin enthaltene Haldenwasseranfall, Schätzung für 2015..... | 23 |
| Abbildung 3-2: Frachtbetrachtung Breitzbachsmühle ab 2000 bis heute | 24 |
| Abbildung 3-3: Heutige Chloridbelastung am Beispiel des jahreszeitlichen Verlaufes von Oktober 2004 bis Juni 2005 | 25 |
| Abbildung 4-1: Zusammenhang der Maßnahmen | 26 |
| Abbildung 4-2: Schematische Darstellung des room-pillar-Abbauverfahren | 29 |
| Abbildung 4-3: Kuppenabbau (Quelle K+S) | 31 |
| Abbildung 4-4: Flache Lagerung (Quelle K+S)..... | 32 |
| Abbildung 4-5: Abdeckung mit dünnen Schichten (Haldenhöhe von 100 m) | 36 |
| Abbildung 4-6: Konventionelle Abdeckung..... | 38 |
| Abbildung 4-7: Salzproduktion in Deutschland (in Tausend Tonnen) | 41 |
| Abbildung 4-8: Industriesalzstammbaum (Quelle Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V.) | 42 |
| Abbildung 4-9: Schema Flotation | 44 |
| Abbildung 4-10: Vereinfachtes Schema der Siedesalzproduktion..... | 45 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 4-11: Vergleich der jährlich anfallenden Wassermengen der Haldenwässer Hattorf und Wintershall (1), mit Flotation von 11 Mio. t Rückstand (2) und mit Siedesalzproduktion aus 11 Mio. t Rückstand (3). | 47 |
| Abbildung 4-12: Schematische Darstellung der Haldenentwässerung..... | 49 |
| Abbildung 4-13: Lohnsumme Standort Werk Werra für das Jahr 2004..... | 58 |
| Abbildung 4-14: Globalstrahlung in Deutschland (Quelle BMU)..... | 61 |
| Abbildung 4-15: Mittlerer Haldenwasseranfall Halde Wintershall (2001 – 2005); und die mittleren Niederschläge..... | 67 |
| Abbildung 4-16: Chloridkonzentrationen im Jahresverlauf 2003..... | 80 |
| Abbildung 4-17: Chloridkonzentrationen im Mündungsbereich der Ulster | 84 |
| Abbildung 4-18: derzeitige und zukünftige Einleitstelle Hattorf (Quelle K+S)..... | 85 |
| Abbildung 4-19: Schematische Darstellung der geplanten Maßnahme | 88 |
| Abbildung 5-1: Wasserrahmenrichtlinie (WRRL): Gemeinsame Umsetzungsstrategie Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie - Redaktionsgruppe „Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie, 2005“ | 94 |
| Abbildung 7-1: Das Heißlöseverfahren | 103 |
| Abbildung 7-2: Das Flotationsverfahren..... | 104 |
| Abbildung 7-3: Das ESTA-Verfahren | 105 |
| Abbildung 8-1: Grundwasserkörper des Pilotprojektes | 110 |
| Abbildung 8-2: Oberflächenwasserkörper des Pilotprojektes..... | 111 |
| Abbildung 8-3: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK He 42712.1 | 113 |
| Abbildung 8-4: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK He 42.4 | 115 |
| Abbildung 8-5: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK He 41.4 | 117 |
| Abbildung 8-6: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK Th 414_0+49 hessischer Teil | 119 |
| Abbildung 8-7: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK Th 41_68+129 hessischer Teil | 121 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|---------------|---|-----|
| Tabelle 4–1: | Maßnahmenkatalog | 27 |
| Tabelle 4–2: | Erforderliche Mengen pro lfd. Meter Haldenrand bei der Abdeckung mit dünnen Schichten..... | 37 |
| Tabelle 4–3: | Erforderliche Vorschüttung und Mengen zur Abdeckung pro lfd. Meter Haldenrand bei konventioneller Abdeckung..... | 38 |
| Tabelle 4–4: | Kennzahlen der deutschen esco Standorte | 43 |
| Tabelle 4–5: | Durchschnittliche Mengen und Jahresfrachten der Magnesiumsalze der anfallenden Abwässer der Jahre 2000 bis 2005 | 50 |
| Tabelle 4–6: | Preise und Kosten (ca.-Angaben) für die Fällung des im Abwasser enthaltenen Magnesiums | 50 |
| Tabelle 4–7: | Mögliche Mengen an herstellbarem Magnesium bzw. Magnesiumverbindungen unter der Annahme einer Ausbeute von 100% aufgrund der Abwassermenge und Abwasserzusammensetzung des Jahres 2005..... | 52 |
| Tabelle 4–8: | Thermodynamischer Energiebedarf und Kosten für die Eindampfung von 14,0 Mio. m ³ Abwasser | 60 |
| Tabelle 4–9: | Zusammenfassung: machbare Maßnahmenkombination des Pilotprojektes | 91 |
| Tabelle 4–10: | Maßnahmen deren Umsetzungsmöglichkeit kontrovers diskutiert wurde | 92 |
| Tabelle 8–1: | Wasserkörper des Pilotprojektes | 109 |
| Tabelle 8–2: | Maßnahmenkatalog des Pilotprojektes | 123 |
| Tabelle 8–3: | Maßnahmenkatalog der evtl. noch zu erarbeitenden Maßnahmen | 124 |
| Tabelle 8–4: | Maßnahmen des Pilotprojektes- Bewertung | 126 |

0 Vorwort

Der vorliegende Endbericht für das Pilotprojekt Werra - Salzabwasser stellt den aktuellen Stand zum Ende des Pilotprojektes dar. Gerade zum Ende des Pilotprojektes gab es noch Maßnahmenvorschläge, die aus Zeitgründen nicht mehr behandelt werden konnten. Diese wären ggf. bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne weiter zu betrachten.

Der Endbericht stellt die behandelten Themen innerhalb des Pilotprojektes allgemeinverständlich dar. Er ist keine detaillierte und vollständige Aufarbeitung und Ausarbeitung der gesamten komplexen Kaliabwasserproblematik.

Weiterhin musste bei der Beschreibung der Maßnahmen ein Kompromiss zwischen Verständlichkeit der Maßnahmen und fachlichen Details gefunden werden. Denn einige der Maßnahmen, wie z.B. der Untertageversatz, sind für sich alleine schon umfangreiche und komplexe Einzelprojekte. Daher gestaltete sich die Darstellung der Maßnahmen als nicht einfach. Denn sie sollten allgemeinverständlich formuliert werden, damit nicht nur Fachspezialisten die Maßnahmen verstehen und beurteilen können. Allerdings geht dies zu Lasten von Details und die Nachvollziehbarkeit für den Fachmann wird erschwert.

Bei der Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit, insbesondere bei der Einschätzung der finanziellen Zumutbarkeit, gibt es sehr unterschiedliche Standpunkte innerhalb der Projektgruppe. Dies müsste bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne weiter diskutiert werden.

1 Pilotprojekt Werra/Salzabwasser

1.1 Beschreibung

Im Rahmen der Bestandsaufnahme der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurden für das Gewässer Werra Defizite im Bereich Struktur, Nährstoffe und Chlorid festgestellt. Diese wurden bei der Bestandsaufnahme ausführlich dargestellt. Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme für die Oberflächenwasserkörper des Pilotprojektes können im Anhang eingesehen werden.

Im Grundwasserbereich kann im Werra-Kaligebiet neben dem Parameter Nitrat (aus diffusen Quellen) auch der Parameter Chlorid zu Belastungen führen.

Aufgrund der Salzabwasserbelastung aus dem Werra-Kaligebiet („sonstige anthropogene Einwirkungen“) wurde die Zielerreichung in 4 Grundwasserkörpern und 7 Oberflächenwasserkörpern als unwahrscheinlich eingestuft.

Als Datengrundlage dient das vorhandene umfangreiche Monitoring im Rahmen der Eigen- und staatlichen Überwachung. Das Messnetz besteht aus über 250 Messstellen in Grund- und Oberflächengewässern und wird jährlich vom Salzabwasserausschuss Hessen (SaAbHe) fortgeschrieben. Dabei werden einige Messstellen seit Jahrzehnten beobachtet.

In Hessen werden seit Mitte 2005 verschiedene Pilotprojekte durchgeführt. Zielsetzung ist die Vorbereitung auf die Aufstellung der Bewirtschaftungspläne durch Erprobung verschiedener Arbeitsschritte/-felder. Dabei liegen in den einzelnen Pilotgebieten unterschiedliche Problembereiche vor. Die Pilotprojekte sollen bis Ende 2006 abgeschlossen sein.

Im Pilotprojekt Werra – Salzabwasser soll die Einbindung der (Umwelt-)Verbände, die Aufstellung des Maßnahmenprogramms sowie die Formulierung der Umwelt-/Bewirtschaftungsziele erprobt werden, um Erfahrungen für die zukünftige Aufstellung der Bewirtschaftungspläne zu bekommen.

Im Pilotprojekt Werra wird nur der Themenkomplex Salzabwasser betrachtet.

Die Teilbereiche Struktur und Nährstoffe der Oberflächengewässer müssen später bei der Umsetzung der Bewirtschaftungspläne abgearbeitet werden. Dabei ist allen Beteiligten bewusst, dass durch Strukturverbesserungen und Nährstoffreduzierungen ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Situation für Flora und Fauna der Werra erfolgen kann.

Das Pilotprojekt beschränkt sich im Wesentlichen auf das Land Hessen. Die grenzüberschreitende Bearbeitung, wie von der EU-Wasserrahmenrichtlinie vorgesehen, erfolgt bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne.

Ebenso erfolgte im Rahmen des Pilotprojektes keine Offenlegung gemäß dem SUP-Gesetz. Dies erfolgt erst bei Aufstellung der Bewirtschaftungspläne. Dabei werden alle gesetzlichen Vorgaben berücksichtigt

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Ein geographischer Überblick wird in nachfolgender Abbildung gegeben.

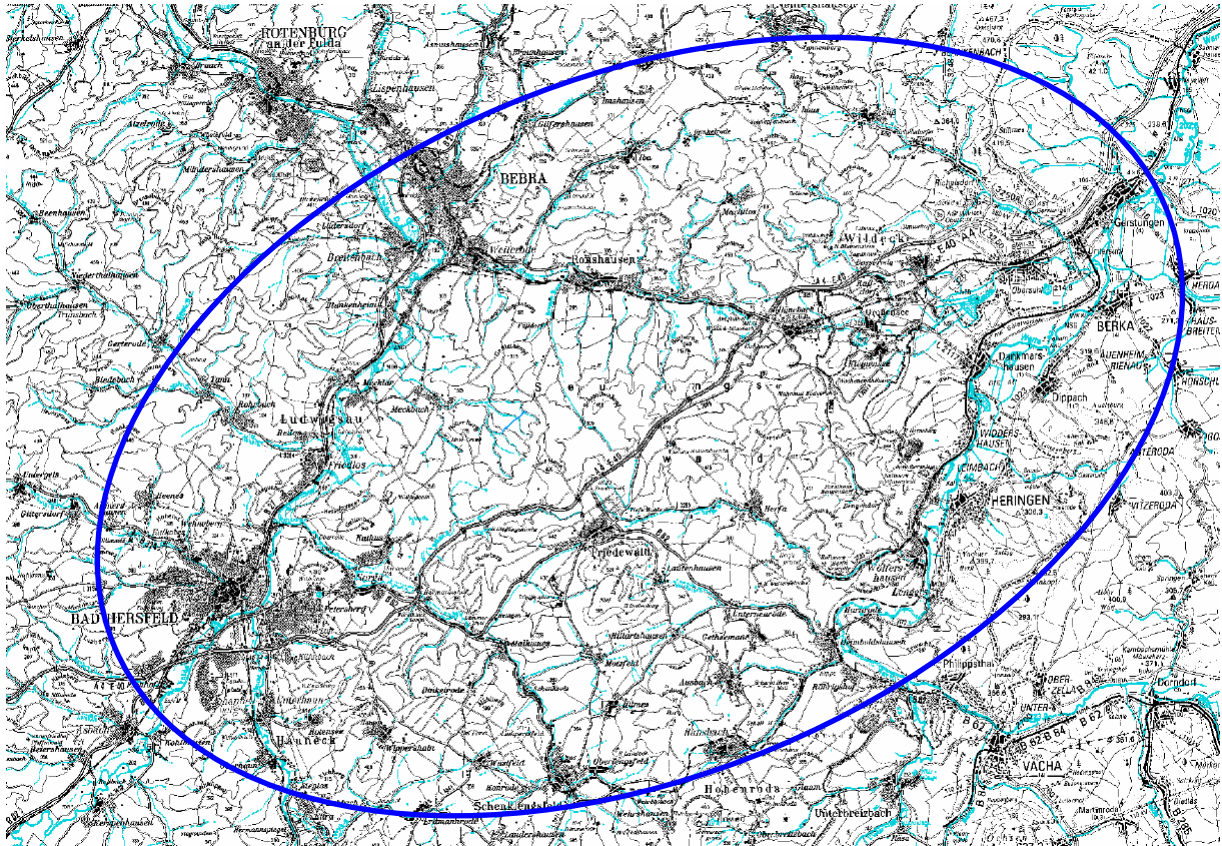


Abbildung 1-1: Pilotgebiet

Die genaue Bezeichnung und Lage der Grund- und Oberflächenwasserkörper ist im Anhang dargestellt.

1.2 Ziel

Ziel des Pilotprojektes ist die

- **Identifizierung möglicher Maßnahmen** unter Berücksichtigung der technischen Machbarkeit, der Finanzierung und der notwendigen Trendumkehr
- **Formulierung der Umweltziele** einschließlich Ausnahmen (Fristverlängerung, weniger strenge Umweltziele)
Entwicklung eines Verfahren zur Ableitung von Umweltzielen (für das hessische Handbuch)
- **Beteiligung der Verbände** (Besprechungen, Vorschlagswesen, fachliche Information)

1.3 Organisationsstruktur

Ein zentrales Element des Pilotprojektes war die aktive Einbindung der Verbände sowie der betroffenen Firma K+S. Dies geschah durch die Gründung einer Projektgruppe. Dort fand vor allem die Information, Einbindung und Beteiligung der Verbände statt.

Aufgrund der sehr speziellen fachlichen und umfangreichen Problematik wurde die fachliche Hauptarbeit von den Behörden und der K+S in Kleinarbeitsgruppen erledigt. Die Ergebnisse wurden dann in die Projektgruppe eingebracht, dort diskutiert und überarbeitet.

Im Vorfeld wurden alle Verbände, die im hessischen Beirat vertreten sind, angeschrieben und um Nennung von Vertretern gebeten. Rückmeldung zur Mitarbeit bei dem Pilotprojekt kam hauptsächlich von den Naturschutzverbänden. Insgesamt wurden 11 Vertreter durch die Verbände benannt. Diese wurden in die Projektgruppe aufgenommen.

Zusätzlich besteht die Projektgruppe neben dem RP Kassel, Standort Bad Hersfeld noch aus Vertretern der betroffenen Firma K+S, des Landes Thüringen und Vertretern der Fachbehörden (HLUG, RP Kassel)

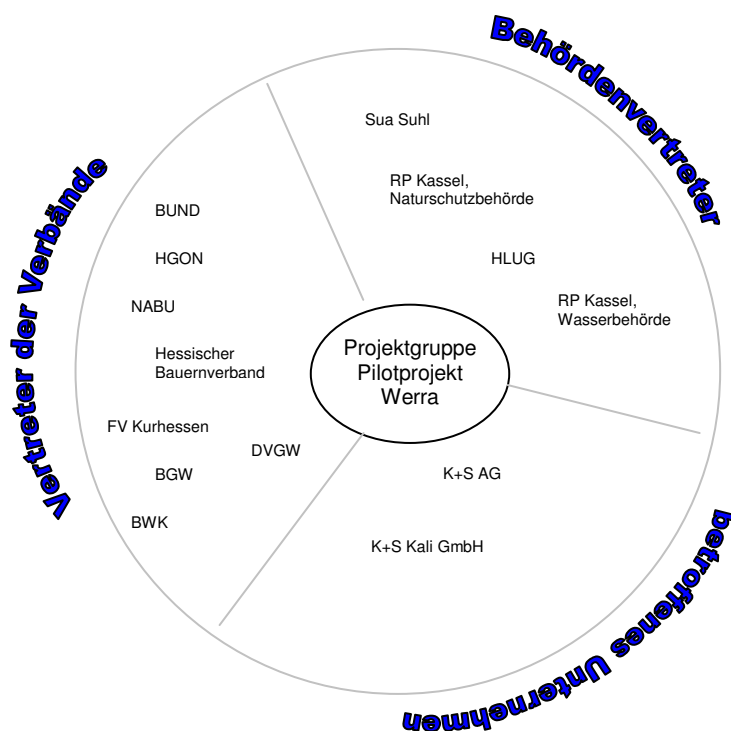


Abbildung 1-2: Mitglieder der Projektgruppe Pilotprojekt Werra

Die namentliche Nennung der Mitglieder erfolgt im Anhang.

Der Informationsaustausch mit den anderen Pilotprojekten, dem Freistaat Thüringen, FGG Weser usw. erfolgte durch das RP Kassel, Abt. Umwelt- und Arbeitsschutz, Standort Bad Hersfeld.

1.4 Projektablauf

Die konstituierende Sitzung fand am 14.07.2005 statt. In insgesamt 8 Sitzungen wurde das Projekt abgearbeitet.

Im Rahmen der 1. Projektgruppensitzung stellte sich heraus, dass der Wissensstand der einzelnen Projektteilnehmer sehr unterschiedlich war. Daher wurde beschlossen, alle Projektteilnehmer auf den gleichen Kenntnisstand zu setzen.

Bei den nächsten Sitzungen wurden allen Teilnehmern die Zusammenhänge und Hintergrundinformationen zum Themenkomplex Salzabwasser sowie die bereits erfolgten und/oder bereits per Bescheid veranlassten Maßnahmen erläutert.

Nach der Information der Projektteilnehmer war die Erarbeitung der denkbaren Maßnahmen das Kernthema des Pilotprojektes und nahm auch die längste Zeit in Anspruch. Denn nur anhand der Maßnahmen lässt sich erkennen, was in Bezug auf die Salzproblematik erreicht werden kann.

Da es sich hierbei um konkrete Einzelmaßnahmen handelt, die keine Planspiele darstellen, gestaltete sich die Erstellung der einzelnen Maßnahmenvorschläge als sehr zeitintensiv.

Außerdem sind einige der Maßnahmen wie z.B. der Untertageversatz für sich alleine schon umfangreiche und komplexe Einzelprojekte.

Daher gestaltete sich die Darstellung der Maßnahmen als nicht einfach. Denn sie sollten allgemeinverständlich formuliert werden, damit nicht nur Fachspezialisten die Maßnahmen verstehen und beurteilen können. Allerdings geht dies zu Lasten von Details und die Nachvollziehbarkeit für den Fachmann wird erschwert. Daher wurde im Pilotprojekt bei der Beschreibung der Maßnahmen versucht, einen Kompromiss aus fachlichen Details und Verständlichkeit zu finden.

Nach Erarbeitung einiger Maßnahmen wurde hierfür jeweils eine Projektgruppensitzung einberufen. Aufgrund des Diskussionsbedarfes wurde auf jede Maßnahme einzeln eingegangen und im Anschluss an die Sitzung diese nochmals modifiziert.

Danach wurde ein Baseline-Szenario erarbeitet und es wurden mit Hilfe des vorher aufgestellten Maßnahmenkatalogs die Bewirtschaftungsziele festgelegt.

2 Grundlagen

2.1 Werk Werra

Das Werk Werra der K+S KALI GmbH liegt im Grenzbereich zwischen Hessen und Thüringen. Die K+S KALI GmbH ist der größte Arbeitgeber in einer strukturschwachen Region und somit von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung für diesen Raum.

Aufgrund der besonderen Lagerstätte ist das Werk Werra der K+S KALI GmbH der weltweit größte Produzent von sulfatischen Düngemitteln. Nach dem jetzigen Kenntnisstand reichen die Lagerstättenvorräte noch für mindestens 30 Jahre.

Das Werk Werra besteht aus den beiden hessischen Standorten Hattorf (Philipppsthal) und Winterhall (Heringen), sowie dem thüringischen Standort Unterbreizbach.

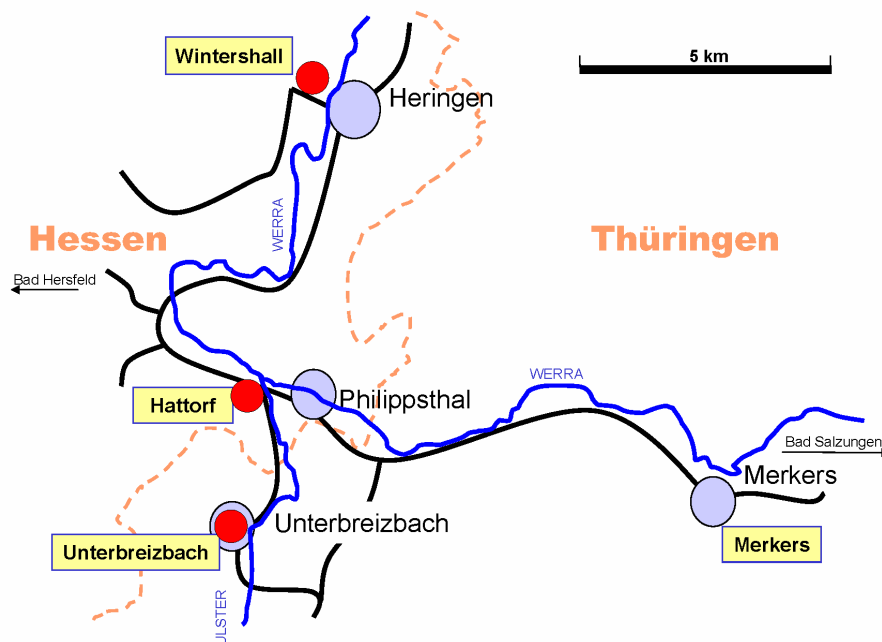


Abbildung 2-1: Werra mit den eingezeichneten Fabrikstandorten Hattorf, Unterbreizbach und Winterhall sowie Merkers (stillgelegt) des Werkes Werra.

Im gesamten Werk Werra werden untertage jährlich ca. 20 Millionen Tonnen Rohsalz gefördert und übertage zu Kali- und Magnesiumprodukten verarbeitet.

Es werden unterschiedlichste Produkte hergestellt. Diese reichen von Düngemitteln bis hin zu Speziessalzen für medizinische Anwendungen.

Bei der Aufbereitung der Rohsalze fallen feste (Rückstandssalze) und flüssige Rückstände (Salzabwasser) an, die entsorgt werden müssen.

2.1.1 Salzabwasseranfall

Im Werk Werra fallen jährlich ca. 14 Mio. m³ Salzabwasser an, wobei weniger als 10% von den beiden Rückstandshalden Hattorf (HA) und Wintershall (WI) kommen und über 90% des Salzabwasseranfalls in der Produktion direkt anfallen.

Dabei kommen rund 11,5 Mio. m³/a Salzabwasser aus den beiden hessischen Standorten und ca. 2,5 Mio. m³/a aus dem thüringischen Standort Unterbreizbach (UB).

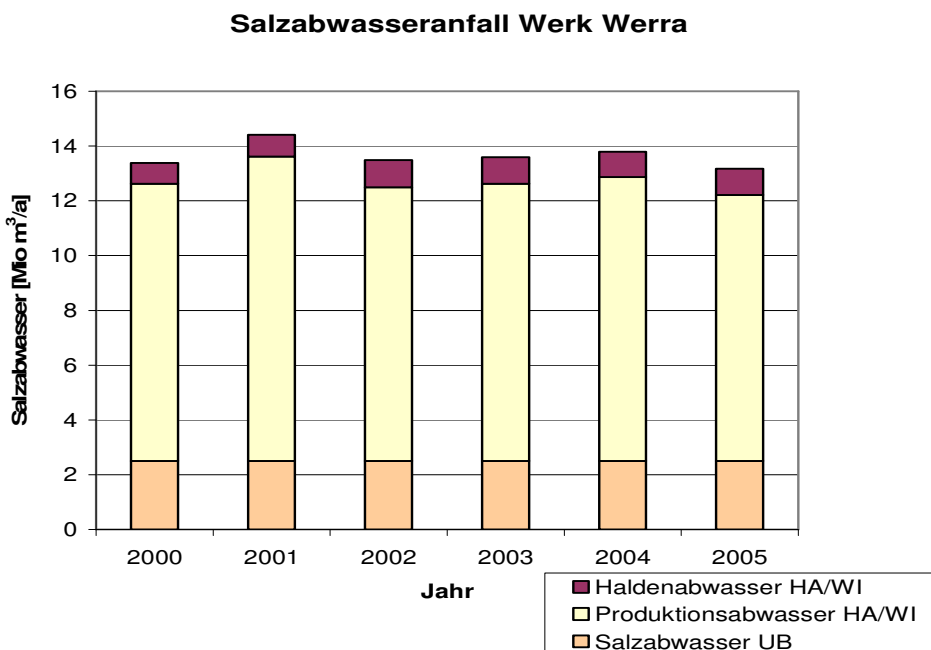


Abbildung 2-2: Gesamtsalzabwasseranfall und der darin enthaltene Haldenwasseranfall

Der spezifische Salzabwasseranfall, der aussagt wie viel Salzabwasser pro Tonne Rohsalz entsteht, ist durch Einführung des ESTA-Verfahrens in den hessischen Standorten stark zurückgegangen. Innerhalb der letzten Jahre ist die Entwicklung weiter fallend. In der folgenden Darstellung ist die Entwicklung ab dem Jahr 1948 dargestellt.

Spezifischer Abwasseranfall der Standorte HA und WI

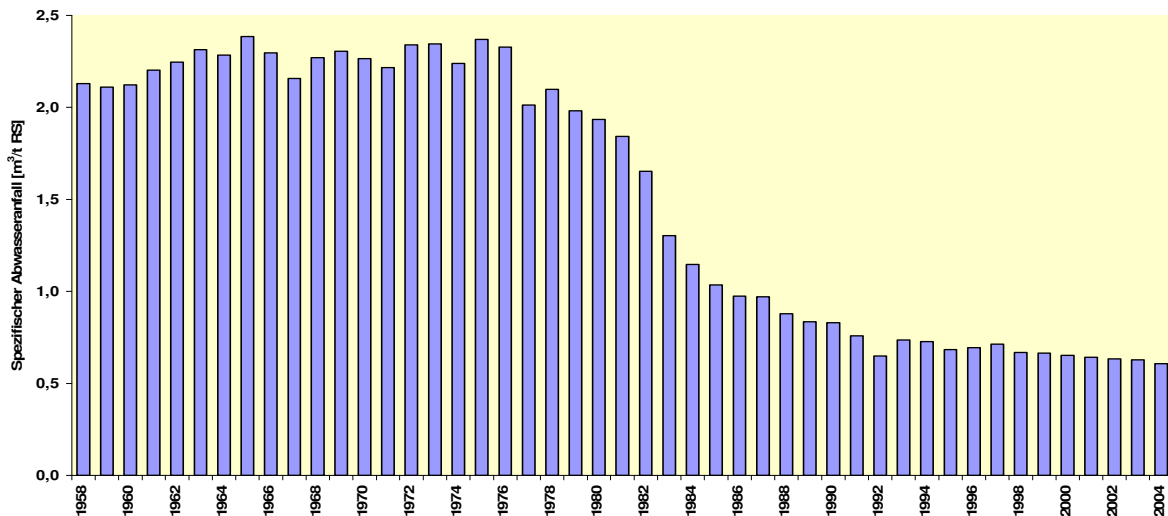


Abbildung 2-3: Entwicklung des spezifischen Salzabwasseranfalls

2.2 Entsorgungswege

Die Entsorgungswege sind in der nachfolgenden Abbildung 2-4 dargestellt.

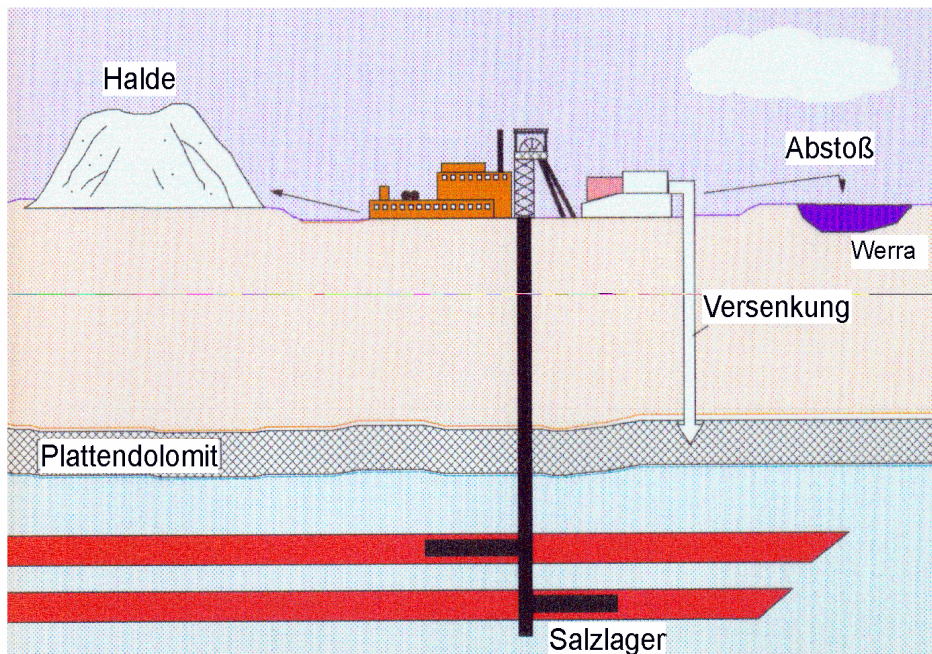


Abbildung 2-4: Entsorgungsmöglichkeiten der flüssigen und festen Rückstände der hessischen Standorte des Werkes Werra

Dabei wird das Salzabwasser in die Vorfluter in Abhängigkeit der Wasserführung eingeleitet. Das restliche Salzabwasser wird vor allem bei niedrigen Abflüssen in den Plattendolomit versenkt. Die festen Rückstände werden an den hessischen

Standorten aufgehaldet., am thüringischen Standort Unterbreizbach nach Untertage gebracht (Kuppenversatz).

2.2.1 Versenkung in den Plattendolomit

Seit 1925 wird im Werra-Kali-Gebiet Salzabwasser versenkt. Bisher wurde über 1 Milliarde m³ versenkt.

Als Versenkhorizont dient der Kluftgrundwasserleiter Plattendolomit (Zechstein 3).

Unter- bzw. überlagert wird der bis zu 20 m mächtige und natürliches Salzwasser führende Plattendolomit durch mehrere Zehnermeter mächtige abdichtende Gesteinsschichten, so dass er vom unterlagernden Salz bzw. vom überlagernden, Süßwasser führenden Kluftgrundwasserleiter (Buntsandstein) getrennt ist. Der Plattendolomit weist im übertägigen Ausstrich (Thüringer Wald, Richelsdorfer Gebirge) ein Niveau bis +300 m NN auf, liegt aber sonst in Tiefen bis zu max. – 800 m NN.

Die spezifisch schweren Salzabwässer folgen in ihrer Ausbreitung dem Sohlgefälle des Plattendolomits und dem hydraulischen Potential und verdrängen zum größten Teil das Formationswasser. Es entsteht eine Mischungs- und Verdrängungszone, die die Ausbreitung des versenkten Salzabwassers charakterisiert. Dabei stellen hauptsächlich die Muldenpositionen des Plattendolomits auch über geologische Zeiträume sichere Versenkräume dar.

Allerdings treten im Bereich von geologischen Störungszonen Salzwasserübertritte in Süßwasser führende Grundwasserstockwerke und in Vorfluter als diffuse Einträge auf.

Diese diffusen Einträge in die Vorfluter bewirken, dass bei niedriger Wasserführung der Grenzwert von 2.500 mg/l Chlorid am Pegel Gerstungen allein durch diese Einträge erreicht und überschritten wird. Selbst ohne den durch die Versenkung im Plattendolomit erhöhten Druck, liegt der natürliche Druck im Plattendolomit in weiten Bereichen über der Geländeoberkante (artesisch), so dass bei natürlich vorhandenen vertikalen Durchlässigkeiten das Wasser aus dem Plattendolomit die Oberfläche erreichen kann.

Im Jahre 2003, mit seinem heißen und trockenen Sommer, wurde der Grenzwert 6 Wochen lang erreicht bzw. überschritten.

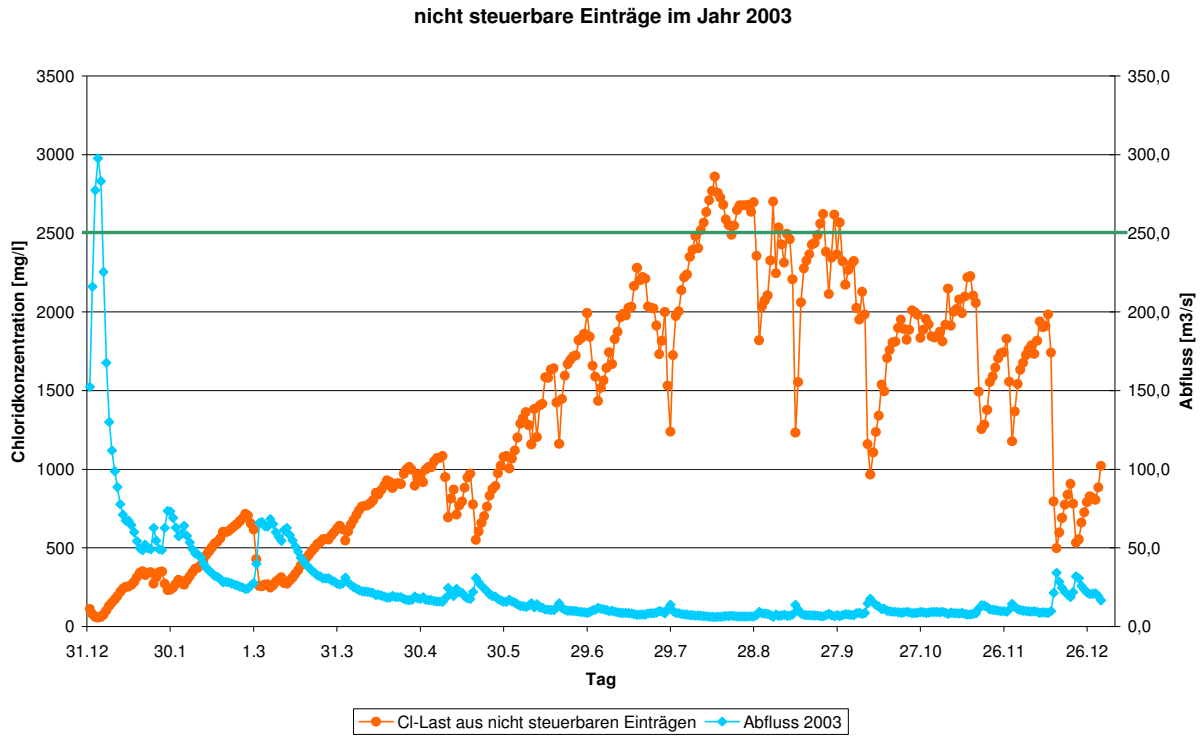


Abbildung 2-5: Nicht steuerbare Einträge im Jahre 2003 in Abhängigkeit vom Abfluss

Durch die Reduzierung der Versenkmengen von über 25 Mio. m³/a auf den heutigen Stand von durchschnittlich 6-7 Mio. m³/a haben sich die diffusen Einträge reduziert.

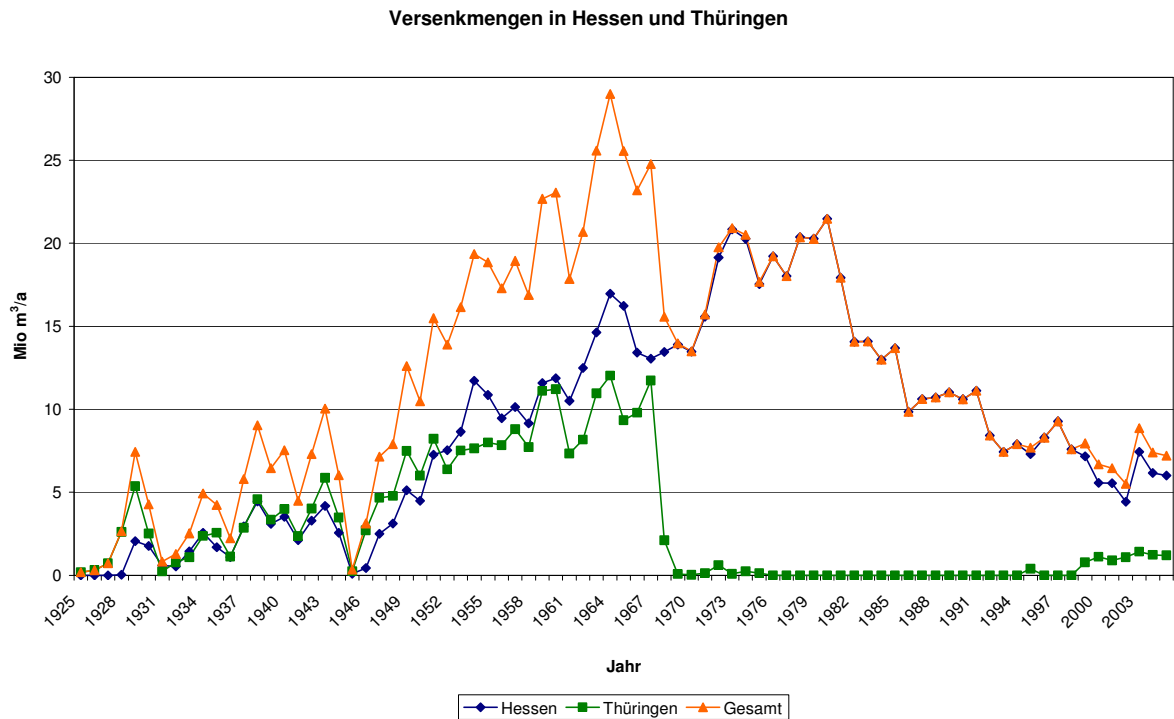


Abbildung 2-6: Entwicklung der Versenkmengen ab 1925-2005

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

So ging z.B. der örtlich eng begrenzte diffuse Chlorid-Eintrag in die Werra zwischen Widdershausen und Gerstungen von einem Maximum im Jahre 1980 (ca. 28 kg/s) auf heute unter 8 kg/s im Jahresmittel zurück. Insgesamt liegen die nicht steuerbaren Einträge (inkl. Heilbad Bad Salzungen, Grube Springen, Tiefenort) derzeit bei ca. 17 kg/s.

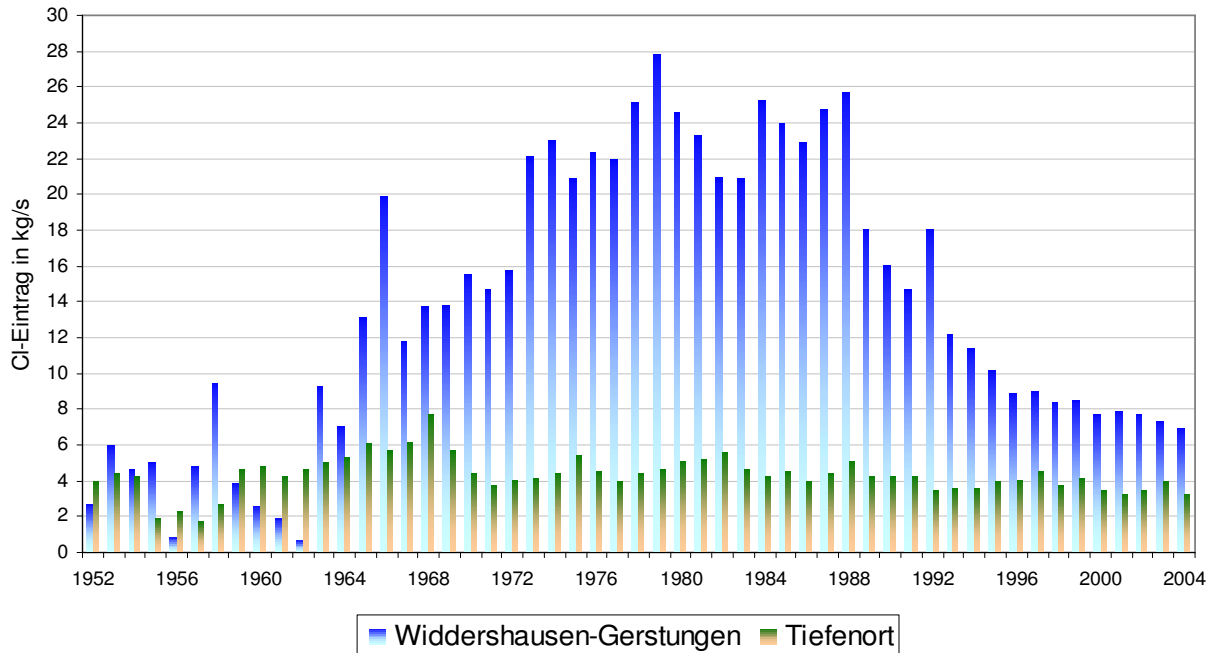


Abbildung 2-7: Entwicklung der diffusen Einträge in Tiefenort und Widdershausen

Einen weiteren Erfolg der bisherigen Bemühungen sieht man an der Aussüßung innerhalb des quartären Grundwasserleiters der Werratalaue.

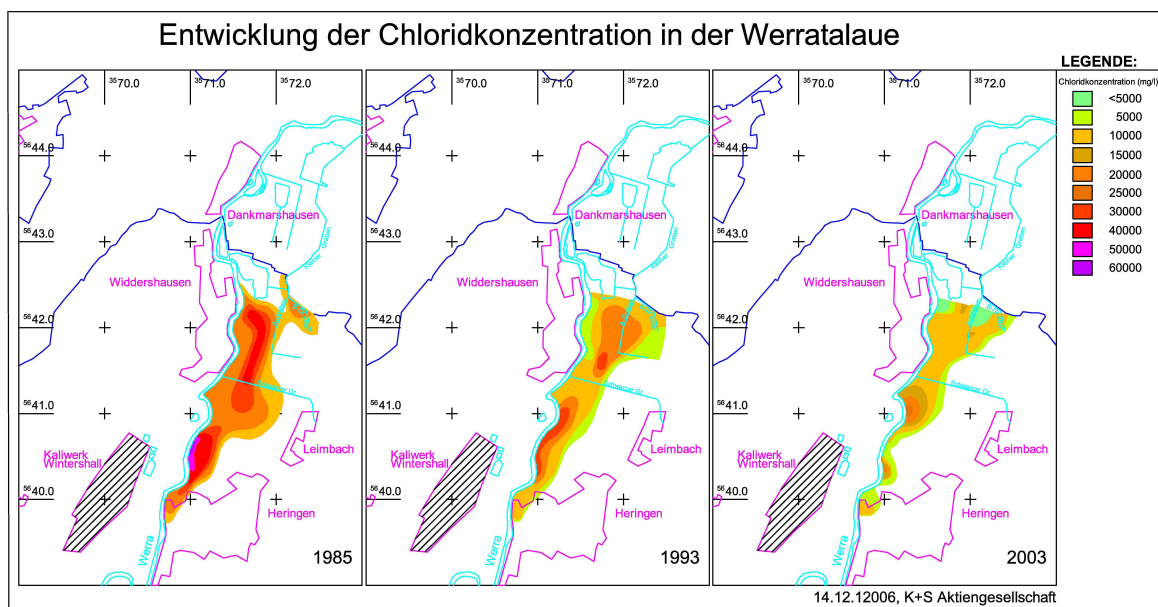


Abbildung 2-8: Aussüßung im quartären Grundwasserleiter der Werratalaue

2.2.2 Einleitung in die Vorfluter

Die Salzabwässer der Kaliindustrie werden bereits seit Beginn des Kaliabbaus an der Werra in die Vorfluter Werra und Ulster eingeleitet.

Die Einleitungen erfolgen heute im Rahmen der bestehenden Einleitegrenzwerte. Diese betragen 2.500 mg/l Chlorid und 90°dH, gemessen am Pegel Gerstungen. Dabei sind alle Vorbelastungen mit zu berücksichtigen.

Die Belastung der Werra/Weser durch Chloride ist nach der Wiedervereinigung durch Schließung der thüringischen Werke Dorndorf und Merkers und durch hohe Investitionen am thüringischen Standort Unterbreizbach erheblich reduziert worden. Die Chloridfracht ist von durchschnittlich 330 kg/s (Spitzenwerte in den 80-er-Jahren) auf die heutigen Werte von durchschnittlich unter 50 kg/s in Gerstungen gesunken, d.h die durchschnittliche Salzfracht hat sich um 85-90% reduziert. Erstmals seit dem Jahr 2000 wird der historische Wert von 2.500 mg/l (Chloridkonzentration) seit über 50 Jahren weitgehend eingehalten.

Chloridgehalte am Pegel Gerstungen (01.01.1947-30.04.2006)

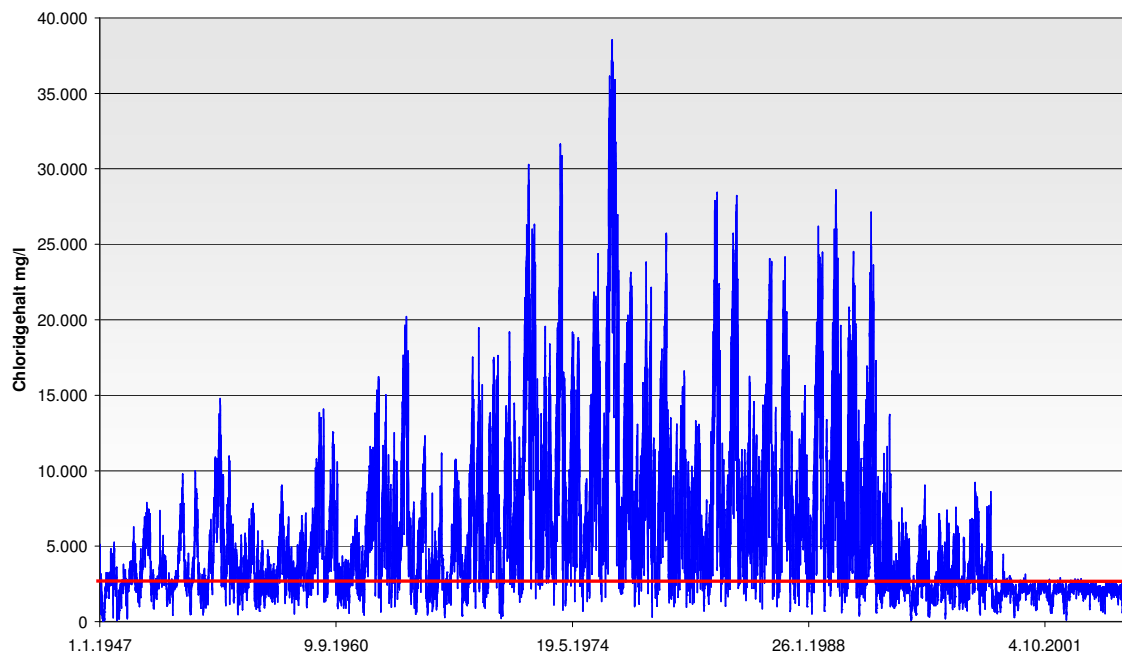


Abbildung 2-9: Chloridgehalte am Pegel Gerstungen

Durch die Einführung einer Salzlaststeuerung auf allen 3 Standorten des Werkes Werra konnte die Chloridkonzentration enorm vergleichmäßigt werden. Eine möglichst gleichmäßige Chloridkonzentration mit geringen Schwankungen ist für die Regeneration und Entwicklung von Flora und Fauna günstigster, als stark schwankende Chloridgehalte (Bäthe & Coring).

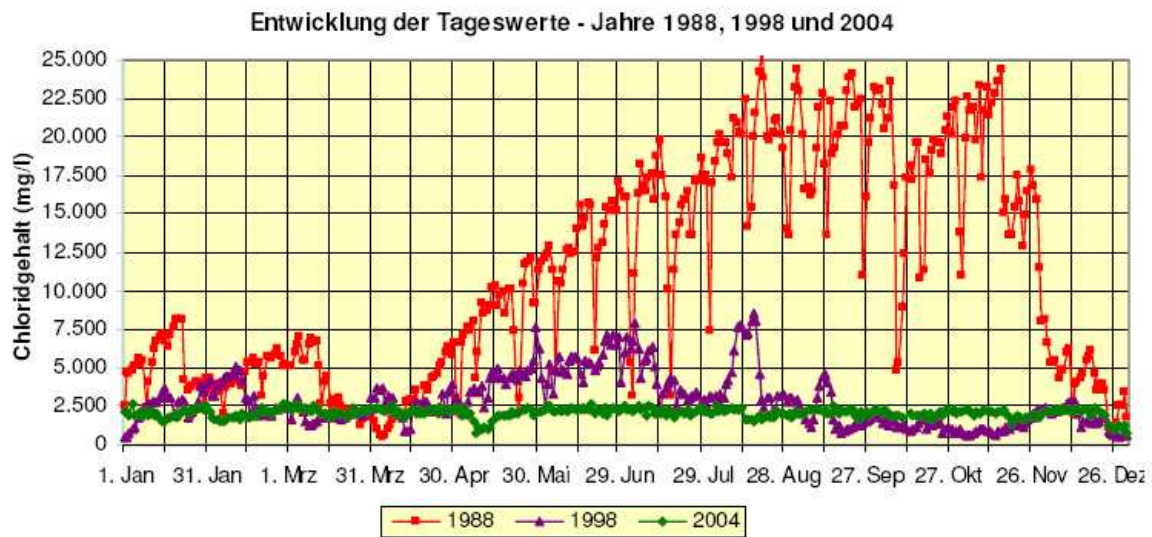


Abbildung 2-10: Entwicklung der Chloridtageswerte am Pegel Gerstungen

2.2.3 Aufhaldung der festen Rückstände

Die festen Rückstände aus der Produktion werden an den hessischen Standorten aufgehaldet.

Am Werk Werra existieren zwei Großhalden, jeweils eine an den Standorten Hattorf und Wintershall. Seit Anfang (Wintershall) und Mitte der 80er Jahre (Hattorf) werden dort bedingt durch die Einführung des ESTA-Verfahrens (trockenes Aufbereitungsverfahren) vermehrt feste Rückstände aus der Produktion aufgehaldet.

Die Zusammensetzung des Salzes der beiden Halden ist ähnlich und der größte Anteil ist Steinsalz (91-94 %).

Die derzeit aufgehaldete Menge in Hattorf beträgt 95,3 Mio. t und in Wintershall 139,4 Mio. t. Jährlich werden je Halde ca. 5,5 Mio. t zusätzlich aufgehaldet.



Abbildung 2-11: Halde Hattorf und



Halde Wintershall (Quelle K+S)

Die geplanten Haldenerweiterungen sind bereits durch einen bergrechtlichen Rahmenbetriebsplan planfestgestellt. Daraus ergibt sich eine zukünftige Haldengröße in Hattorf von ca. 205 Mio. t und in Wintershall von ca. 275 Mio. t.

Die Rückstände werden mittels Förderband auf die Halde transportiert und dort an verschiedenen Stellen nach Bedarf nach vorne abgeworfen. Dabei entsteht eine Halde in Spitzkegelform. Sie ist bis zu 250 m hoch und die Böschungen haben eine Neigung von 70 bis 80 % (dies entspricht einem Böschungswinkel von ca. 35-40°).

Ziel der Einführung des ESTA-Verfahrens und der damit verbundenen Aufhaltung ist eine Reduktion der Salzabwassermenge und -fracht. Jährlich werden durchschnittlich 11 Mio. t Salz aufgehaldet. Dies entspricht einer eingesparten Abwassermenge von ca. 42 Mio. m³ jährlich.

Die Halden sind aufgrund ihrer Größe und Höhe nicht abgedeckt und witterungsbedingt fällt so genanntes Haldenwasser an. Der Niederschlag in Form von Regen führt im Mantelbereich der Halden zu Lösungserscheinungen des Rückstandes und es entsteht dabei salzbelastetes Haldenwasser. Die anfallenden Haldenwässer werden durch Gräben am Fuß der Halden gesammelt und über Sammelbecken dem Regime der Salzabwasserentsorgung des Werkes Werra zugeführt.

Die jährliche Menge der Haldenwässer wird vor allem durch die Witterung bestimmt. Dabei sind die folgenden Größen von entscheidendem Einfluss:

- Niederschlagsmenge und Dauer,
- Verdunstungsrate sowie
- der Zufluss aus Flächen im Umfeld der Halden

Die Haldenabwässer werden gemeinsam mit den Salzabwässern der Produktion entweder versenkt oder in die Werra eingeleitet

Untergrundabdichtung

Da in den so genannten Kernzonen der Halden das Salz durch Eigenlast stark verdichtet ist, ähnlich dem Salzgestein unter Tage, und praktisch keine durchgehende Porosität mehr aufweist, kann es nur unterhalb der rund 30-40 Meter breiten Mantelzone zu nennenswerten Haldenwasserversickerungen kommen. Mit Zulassung der Haldenerweiterung in Wintershall und Hattorf wird der Untergrund unter den Halden (Kern- und Mantelbereich) vor der Beschüttung so verdichtet und gegebenenfalls mit Tonmehl vergütet, dass die Anforderungen einer vergleichbaren mineralischen Untergrundabdichtung von Deponien erfüllt sind (kf-Wert von 10⁻⁹m/s). Dadurch ist ein zukünftiger Haldenwassereintrag ins Grundwasser als gering einzustufen.

3 Baseline Szenario

Das Baseline Szenario ist eine Abschätzung der Entwicklung bis zum Jahr 2015, unter der Annahme dass keine zusätzlichen Maßnahmen getroffen werden, mit Ausnahme bereits veranlasster Maßnahmen und beabsichtigter Vorhaben.

Zweck des Baseline Szenario ist es zu erkennen, wo zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden müssen oder wo das Bewirtschaftungsziel schon mit den bereits andauernden Maßnahmen und Techniken ggf. mit Fristverlängerung erreicht wird.

3.1 Entwicklung Salzabwasser

Aufgrund der Produktion von Kali- und Magnesiumprodukten entsteht Salzabwasser. Zusätzlich entsteht noch Haldenabwasser. Die Abwassermengen haben sich innerhalb der letzten Jahre nur unwesentlich geändert und betragen insgesamt ca. 14 Mio. m³/a. Der Salzabwasseranfall ist von vielen Faktoren, wie z.B. Rohsalzzusammensetzung, Produktionsmengen und Art der Produkte abhängig.

Anhand der derzeitigen Prognosen ist auch davon auszugehen, dass sich innerhalb der nächsten 10 Jahre die Mengen nicht wesentlich ändern.

Dazu trägt auch das bereits umgesetzte Sylvinitprojektes des Werkes Werra bei. Es wird Sylvinit, ein Salz mit einem höheren Anteil am Wertstoff Kalium im Werk Unterbreizbach untertage abgebaut und anschließend am Standort Wintershall übertage verarbeitet. Durch die höhere Rohstoffausbeute verringert sich der Salzabwasseranteil wie auch der Anteil an aufgehaldetem Material am Standort Wintershall.

Die Haldenwässer werden bedingt durch die Flächenzunahme der Halden zunehmen, allerdings sind diese Mengen im Vergleich zu den Produktionsabwässern (derzeit ca. 13 Mio. m³/a) vergleichsweise gering. Die Gegenüberstellung ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

Ausgehend von der heutigen Situation wird die Haldenwassermenge bis 2015 von derzeit 1 Mio. m³/a auf max. 1,4 Mio. m³/a steigen. D.h. jährlich steigt die Haldenwassermenge um ca. 50.000 m³ an. Diese Menge (ca. 0,4%) muss an Produktionsabwasser pro Jahr durch Optimierungen reduziert werden damit die Gesamtmenge gleich bleibt.

Die Salzabwässer werden entsprechend der witterungsabhängigen Wasserführung der Werra (trockene oder feuchte Jahre) versenkt bzw. gesteuert in die Werra eingeleitet.

Ausgehend von der heutigen Situation wird angenommen, dass die Gesamtmenge an Produktions- und Haldenabwässern zukünftig gleich bleiben wird. Sie wird ca. 14 Mio. m³/a betragen.



Abbildung 3-1: Gesamtsalzabwasseranfall und der darin enthaltene Haldenwasseranfall, Schätzung für 2015

Ab dem Jahr 2009 kann sich die Abwassermenge ggf. aufgrund der beabsichtigten, derzeit allerdings noch nicht beantragten und genehmigten Salzabwasserleitung (Übernahme und Nutzung von salzhaltigen Haldenabwässern aus dem Werk Neuhoof-Ellers am Standort Hattorf) um ca. 0,3 bis 0,4 Mio. m³/a erhöhen.

3.2 Entwicklung Diffuse Einträge

Wie aus Abbildung 2-7 zu ersehen ist, werden die diffusen Einträge auch weiterhin zurückgehen. Voraussetzung allerdings ist, dass die Versenkmenge nicht wieder steigt, sondern auf dem bisherigen Niveau bleibt bzw. weiter reduziert wird. Allerdings lässt die Entwicklung der letzten Jahre vermuten, dass sich die Abnahme der diffusen Einträge verlangsamen wird.

Durch den natürlicherweise über der Geländeoberfläche der Werratalaue liegenden Druck im Plattendolomit werden aber auch bei völliger Einstellung der Versenkung die diffusen Einträge nicht vollständig aufhören, sondern über eine sehr lange Zeitdauer (mehrere Jahrzehnte) weiter andauern.

Genauere Aussagen über die Entwicklung der diffusen Einträge werden mit einem Numerischen Modell (mathematisch hydrogeologisches Rechenmodell), das in den nächsten Jahren Ergebnisse bringen soll, erwartet.

3.3 Gebiet Breitzbachsmühle

Im Gebiet Breitzbachsmühle erfolgt keine direkte Einleitung, sondern die Belastung resultiert ausschließlich durch diffuse Einträge aus dem Grundwasser.

Die Belastung im Gebiet wird seit Jahren gemessen. Die bisherigen Messergebnisse lassen eine Reduzierung der Salzfracht vermuten. Allerdings lassen sich eindeutige Aussagen, wie sich die Belastung entwickelt wird, z. Z. noch nicht feststellen. Daher werden die weiteren Ergebnisse des Monitorings benötigt.

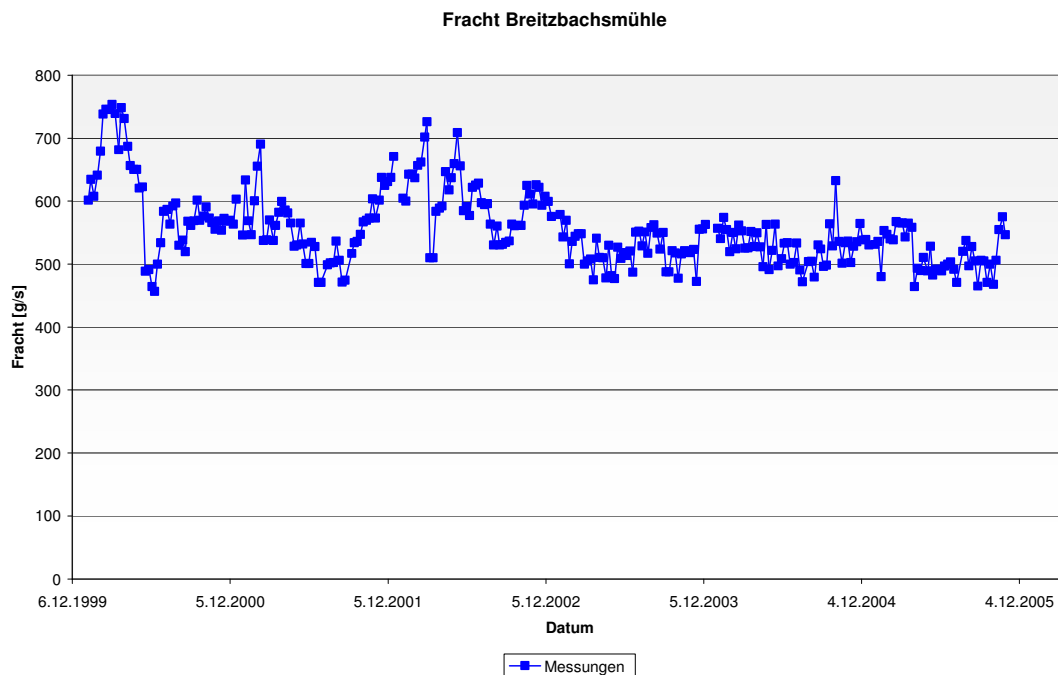


Abbildung 3-2: Frachtbetrachtung Breitzbachsmühle ab 2000 bis heute

3.4 Gebiet Untere Ulster

Zurzeit wird das Gebiet der Unteren Ulster durch direkte Einleitungen belastet.

Die Belastung verringert sich maßgeblich, da ab 2007 kein Salzabwasser mehr von Hattorf in die Ulster geleitet werden darf. Ab diesem Zeitpunkt ist die Einleitestelle von der Ulster an die Werra verlegt worden (siehe Kapitel 4.4.1.3). Ab dem Jahr 2012 darf vom Standort Unterbreitzbach kein Salzabwasser in die Ulster eingeleitet werden.

Damit wird ab 2012 die Ulster salzabwasserfrei sein und wird voraussichtlich für den Parameter Chlorid den LAWA-Richtwert für Chlorid ab diesem Zeitpunkt erreichen können.

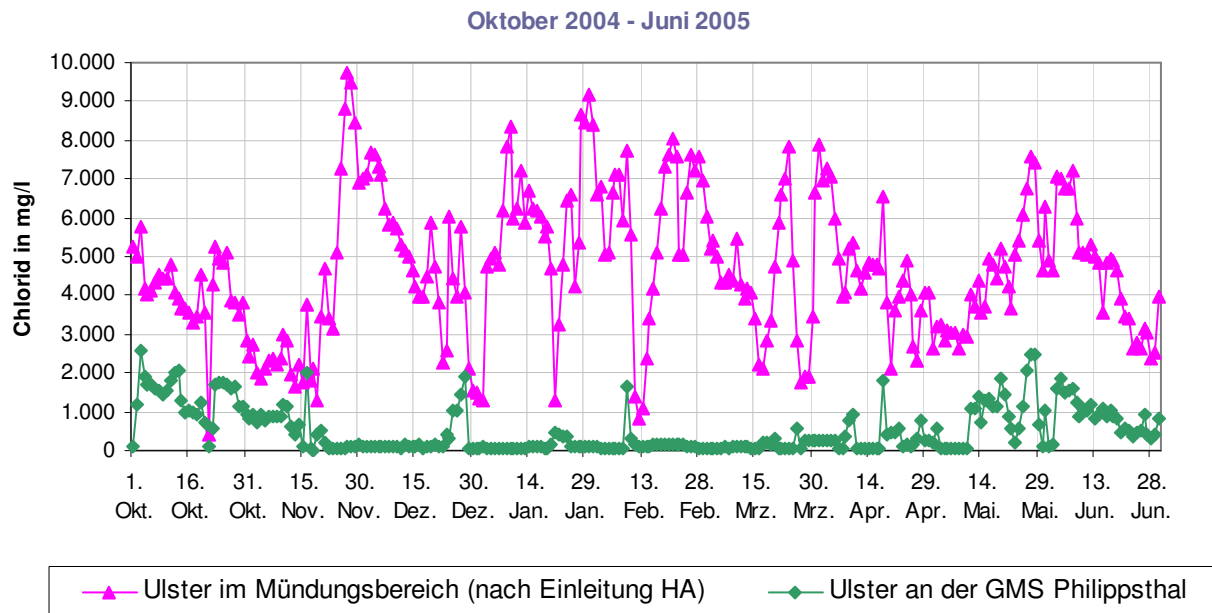


Abbildung 3-3: Heutige Chloridbelastung am Beispiel des jahreszeitlichen Verlaufes von Oktober 2004 bis Juni 2005

Ab Januar 2007 erfolgt unterhalb der Gütemessstelle Philippsthal keine Einleitung mehr. Das bedeutet dass die max. Konzentrationen deutlich reduziert werden.

3.5 Gebiet Werra

An den beschriebenen bestehenden Verhältnissen wird sich ohne zusätzliche Maßnahmen wenig ändern. Ansonsten wird sich die bisher beobachtete Regeneration von Flora und Fauna fortsetzen. Dies zeigen die derzeitigen Studien und Untersuchungen die aufgrund einer Genehmigungsaufgabe an der Werra durchgeführt werden (Bäthe und Coring). Aber an der hohen Belastung durch das Salzabwasser wird sich kaum etwas ändern.

4 Maßnahmen

Ein Schwerpunkt des Pilotprojektes waren Entwicklung und Bewertung eines Maßnahmenkataloges.

Denn ohne geeignete Maßnahmen lassen sich de facto keine Verbesserungen erzielen. Daher ist es gerade beim sehr komplexen Themengebiet der Salzabwasserproblematik wichtig, mögliche Maßnahmen sehr sorgfältig zu untersuchen, um auf deren Grundlage die Bewirtschaftungsziele festzulegen.

Da eine Trennung von Grund- und Oberflächenwasser aufgrund der fachlichen Zusammenhänge nicht zielführend ist, wurde im Folgenden nicht mehr dazwischen unterschieden. Denn die Hauptprobleme für die Belastung der Oberflächengewässer sind, neben der Direkteinleitung, die diffusen Einträge aus dem Grundwasser.

Durch die Projektgruppe wurde ein Katalog denkbarer Maßnahmen aufgestellt, der im Laufe des Projektes modifiziert und immer wieder ergänzt wurde. Die Maßnahmen, welche sich erst zum Ende des Pilotprojektes ergeben haben und dann nicht mehr erarbeitet werden konnten, sind im Anhang aufgeführt.

Dabei wurden die Maßnahmen in vier Blöcke aufgeteilt.

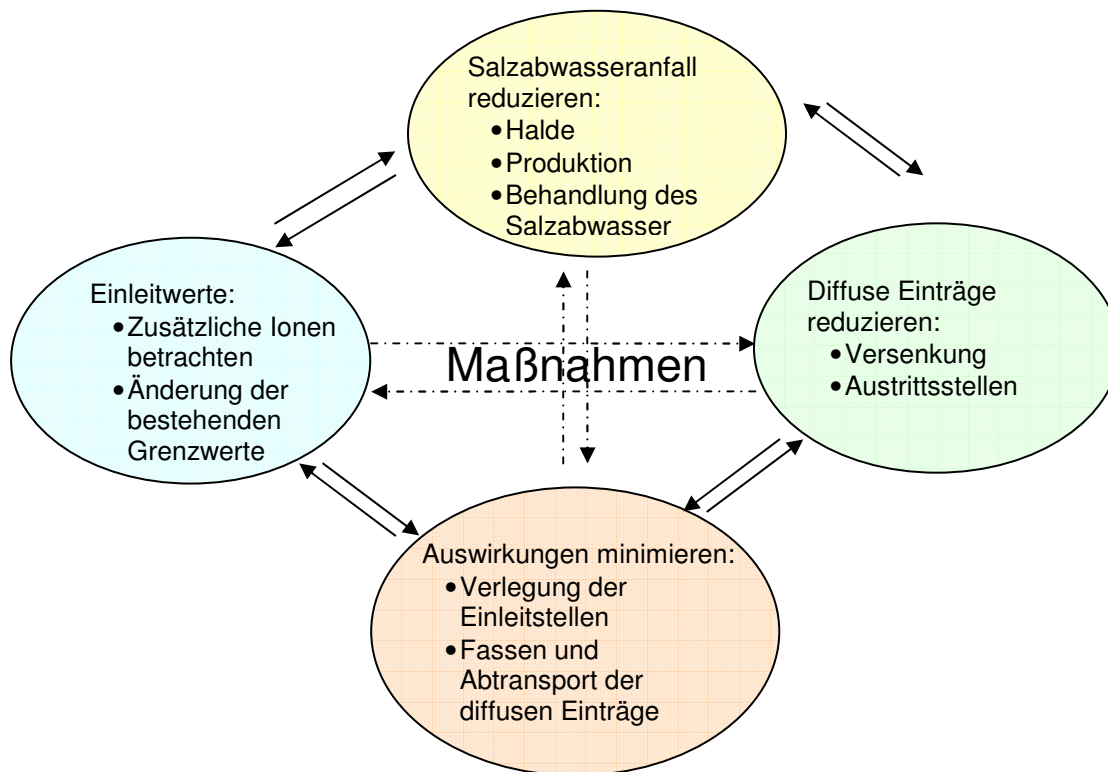


Abbildung 4-1: Zusammenhang der Maßnahmen

Da es sich hierbei um konkrete Einzelmaßnahmen handelt, die keine Planspiele darstellen, gestaltete sich die Erstellung der einzelnen Maßnahmen als sehr zeitintensiv. Es wurde auch in den angrenzenden Bundesländern bzw. auch in

europäischen Nachbarländern überprüft, ob bereits ähnliche oder vergleichbare Maßnahmen durchgeführt wurden und welche Ergebnisse dabei erzielt wurden.

Es stellte sich heraus, dass eine Kostenermittlung nicht für alle Maßnahmen sinnvoll erscheint. Wenn z.B. nicht genügend Material für die Abdeckung vorhanden ist, ist es nicht zielführend, Kosten hierfür zu ermitteln. Die Kostenermittlung erfolgt daher auf Vorschlag der Projektgruppe nur in den Fällen, in denen die Maßnahmen auch technisch umsetzbar sind.

Ebenso stellte sich im Rahmen der Erarbeitung der Maßnahmen heraus, dass Maßnahmen, die technisch machbar sind, erhebliche Nachteile für andere Teilbereiche darstellen können. Auch hierfür wurden keine Kosten mehr ermittelt, wenn diese Maßnahme nicht realisierbar erschienen.

Im Folgenden ist der Maßnahmenkatalog dargestellt.

| | | | |
|---|---|--|---|
| Maßnahmen | 1. Salzabwasseranfall reduzieren | 1.1 Halde | 1.1.1 Versatz |
| | | | 1.1.2 Haldenabdeckung |
| | | | 1.1.3 Haldenrecycling |
| | | | 1.1.4 Optimierung Haldenentwässerung |
| | | 1.2 Produktion | 1.2.1 Zusätzliche Produkte (z.B. Mg, Cl, MgO usw.) |
| | | | 1.2.2 Andere Produktions- und Abbaufahrten |
| | | | 1.2.3 ESTA in Thüringen |
| | | | 1.2.4 Produktion einstellen |
| | | 1.3 Behandlung des Salzabwassers | 1.3.1 Verdampfen/Verdunsten |
| | | | 1.3.2 Untertage deponieren |
| | 1.3.3 Auf der Halde verrieseln | | |
| | 1.3.4 Nanofiltration | | |
| | 2. Diffuse Einträge reduzieren | 2.1 Versenkung | 2.1.1 Versenkstandorte verlegen/ Rückförderung |
| | | | 2.1.2 Versenkung einstellen/reduzieren |
| | | 2.2 Austrittsstellen | 2.2.1 Kiese See Dankmarshausen: (Einbau einer Schwelle, Sohlenerhöhung, Sohlenabdichtung) |
| | | | 2.2.2 Grube Springen (Thüringen) |
| | 3. Einleitewerte | 3.1 Zusätzliche Ionen betrachten | |
| 3.2 Änderung der bestehenden Grenzwerte | | | |
| 4. Auswirkungen minimieren | 4.1 Verlegung der Einleitstellen | 4.1.1 Leitung an die Nordsee | |
| | | 4.1.2 Leitung an die Weser | |
| | | 4.1.3 Verlegung der Einleitung von der Ulster in die Werra | |
| | 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge (Möglichkeiten zur Fassung der diffusen Einträge Breitzbachsmühle) | | |

Tabelle 4–1: Maßnahmenkatalog

4.1 Salzabwasseranfall reduzieren

4.1.1 Halde

4.1.1.1 Maßnahme 1.1.1 Untertageversatz der anfallenden Rückstände

Ziel

- Reduzierung des Anfalls der Haldenwässer

Geologischer Überblick

Die Salzablagerungen im Werra-Kali-Gebiet stammen aus dem Zechstein. Eingebettet in 200 bis 300 m mächtige Steinsalzschiefer sind zwei abbauwürdige Flöze ausgebildet, das Flöz Hessen und das Flöz Thüringen. Bedingt durch die Morphologie an der Oberfläche beträgt die Teufe der abbauwürdigen Flöze zwischen 720 und 920 m unter Gelände z.B. im Grubenfeld Hattorf/Wintershall.

Die Schichten zeigen ein generelles Einfallen von 2° bis 3° nach Südwesten. Die Salzfolgen zeigen z. T. große Mächtigkeitsschwankungen aufgrund der geologischen Situation bei der Entstehung der Lagerstätte bzw. späterer tektonischer Einflüsse. Die Kaliflöze sind zum Teil sehr stark verfalltet.

In der Grube Hattorf/Wintershall wird sowohl Salz des Flözes Thüringen als auch des Flözes Hessen abgebaut

Das im Grubenbetrieb Hattorf/Wintershall stärker abgebaute Flöz Hessen (1. Sohle) liegt im nördlichen Grubenfeld als Hartsalz und im südlichen Grubenfeld als Carnallit über Hartsalz vor. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 1,6 m und 3 m bei reiner Hartsalzausbildung. Je nach Ausbildung der carnallitischen Begleitflöze kann die Mächtigkeit über sieben Meter betragen.

Das Kaliflöz Thüringen (2. Sohle) liegt im Grubenfeld Hattorf/Wintershall in der Regel als Carnallit über Hartsalz vor. Die Mächtigkeiten liegen im Allgemeinen zwischen drei und fünf Metern, können im Einzelfall aber auch zehn Meter überschreiten.

Das im Mittel 60 m mächtige Mittlere Werra-Steinsalz trennt die beiden Kaliflöze.

Abbau und Gewinnung

Der Abbau auf beiden Sohlen erfolgt im Kammer-Pfeiler-Bau (room-pillar-Verfahren). Zur Abstützung der hangenden Schichten werden Salzfesten, die nicht abgebaut werden, stehengelassen. Durch das Stehenlassen der Salzfesten entsteht ein Abbauverlust an der abbaubaren Lagerstättensubstanz, der je nach Salzart und Mächtigkeit des Deckgebirges 30 bis über 60 % beträgt.

Das Rohsalz wird mit Hilfe von Bohr- und Sprengarbeit aus dem Lagerstättenverband gelöst. Das gelöste Salz wird mit Fahrladern, über Brecher-, Band- und Bunkeranlagen zum Schacht und von dort über eine Schachtfördereinrichtung zutage in den Fabrikbetrieb zur Herstellung der Endprodukte gefördert.

Die heute zur Anwendung kommende Abbau- und Maschinenteknik stellt für diesen Lagerstättentyp die kostengünstigste Alternative dar und entspricht weltweit dem Stand der Technik.

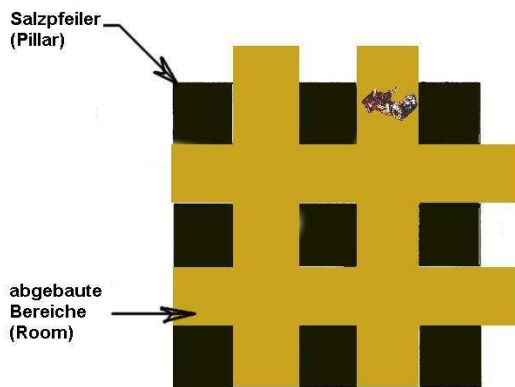


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung des room-pillar-Abbauverfahren

Gründe für Versatz

Versetzen ist das Füllen von Grubenräumen durch geeignetes Material. Als Material soll hier das übertage anfallende Rückstandssalz in die offengelassenen Grubenräume verbracht werden. Für das Einbringen von Versatz im Bergbau untertage können folgende Gründe allgemein aufgeführt werden:

- bergtechnische,
- bergsicherheitliche,
- bergwirtschaftliche,
- ökologische.

Bergtechnische Gründe können zum Beispiel durch ein angewendetes Abbauverfahren begründet sein, das einen versatzlosen Abbau verbietet. Auch das Grubenklima, welches die Verfüllung abgebauter Bereiche erfordert, um die Erwärmung der Wetter so gering wie möglich zu halten, oder aus der Lagerstätte oder dem

Nebengestein stetig austretendes Grubengas kann das Einbringen von Versatz erfordern.

Bergsicherheitliche Gründe für das Einbringen von Versatz können im Einzelfall bestehen, wenn es um die Verminderung von Bergschäden im Grubengebäude und an der Oberfläche durch das Abstützen der Hangendschichten geht.

Zu den bergwirtschaftlichen Gründen zählen der vollständiger Lagerstättenabbau sowie eine eventuelle Verminderung der Kosten innerer und äußerer Bergschäden durch vollständigen Versatz.

Als ökologische Gründe für das Einbringen von Versatz untertage schließlich zählen der Schutz der Umwelt durch Begrenzen bzw. Einstellen der Aufhaltung und der Abstoßung von Salzabwässern in Vorfluter.

Situation der hessischen Werrastandorte

Ein Versatz aus bergtechnischen Gründen ist nicht erforderlich. Der K+S wurde seit den 60-er Jahren vom Hessischen Oberbergamt (jetzt Regierungspräsidium Kassel) eine Erlaubnis zum versatzlosen Abbau gemäß § 166 Allgemeine Bergverordnung für das Land Hessen (ABV) erteilt. Der letzte Änderungsbescheid datiert vom 31.01.2003 (44/hef-76d04-350/3/13).

Der Versatz bringt auch keine Vorteile hinsichtlich der Ausnutzung der Lagerstätte. Eine Änderung der Pfeilerdimensionierung mit dem Ziel der Verringerung der Abbauverluste ist durch das Einbringen von Versatz aus folgenden Gründen nicht darstellbar:

- Breitere Strecken und schlankere Pfeiler würden schon während der Abbauphase zu Hangendreaktionen in Form von Löserfall führen. Eine mögliche tragende Wirkung des Versatzes muss außer Betracht bleiben, da der Versatz erst nach der Abbauphase eingebracht werden kann.
- Die Tragfähigkeitseigenschaften des Versatzes setzen in Abhängigkeit von dem Verfüllungsgrad und der Konvergenz erst lange Zeit nach der Betriebsphase ein. Diese Aussage beruht auf den Erkenntnissen von Versuchen auf dem Forschungsbergwerk Asse.

Lediglich zwangsweise untertage beim Abbau, der Streckenunterhaltung und der Herrichtung sonstiger Grubenräume anfallendes, nicht wertmineralhaltiges oder förderfähiges Rohsalz verbleibt untertage. Es wird dort in nicht mehr benötigten offenen Grubenräumen versetzt. Im Einzelfall wird das taube Salz zur Herstellung von Fahrbahnen oder Wetterwällen genutzt.

Spülversatz

Für das Verbringen von festem Rückstandssalz als Versatz in die niedrigen und kleinvolumigen untertägigen Hohlräume des Werra-Kali-Gebietes gilt zurzeit der

Spülversatz als wirtschaftlichste Variante. Andere Verfahren, wie zum Beispiel der Blasversatz, der Schleuderversatz oder der Schiebeversatz, erwiesen sich im hessischen Kalibergbau als technisch nicht vorteilhaft und unwirtschaftlich.

Die grundsätzliche technische Machbarkeit einer Spülversatzanlage ist mit der Errichtung einer solchen Anlage auf dem Standort Unterbreizbach nachgewiesen.

Auf dem Standort Unterbreizbach werden jedoch spezielle Grubenbaue versetzt, die nicht auf den Standorten Hattorf und Wintershall existieren. Im Bereich von Carnallitit-Anstauungen im Flöz Thüringen, die im südöstlichen Bereich des Grubenfeldes Unterbreizbach auftreten, wird der sogenannte Kuppenabbau durchgeführt. Dabei werden Hohlräume aufgefahren, die maximal 40 m breit, 90 m hoch und zum Teil einige hundert Meter lang sind. Diese Hohlräume werden für das Einbringen von Versatz hergerichtet.

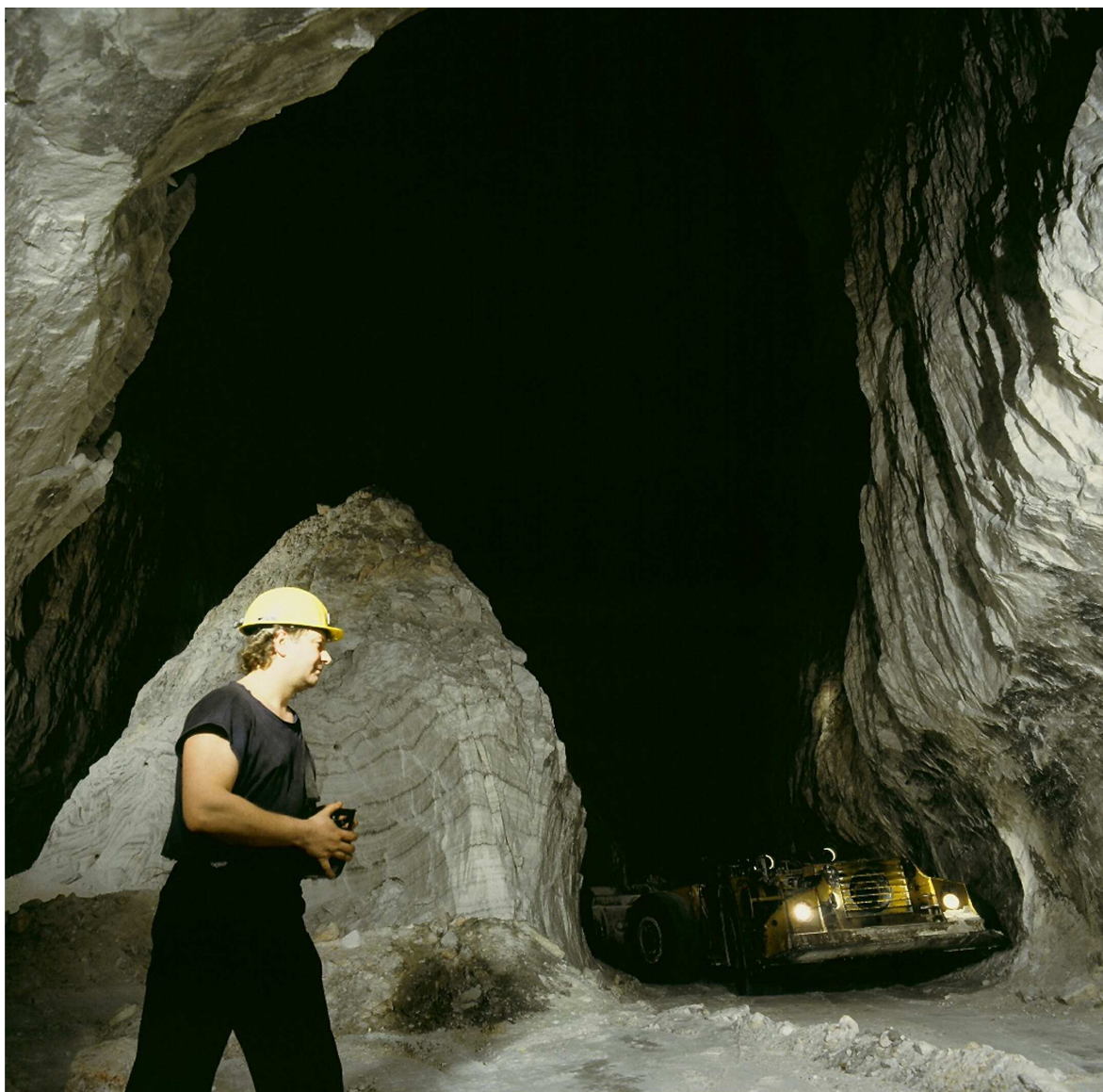


Abbildung 4-3: Kuppenabbau (Quelle K+S)

Im Grubenfeld Hattorf/Wintershall existieren aufgrund der ausschließlich flachen Lagerung der Kaliflöze keine Carnallit-Anstauungen und demzufolge keine derartigen großen Grubenräume. Vielmehr wäre der Spülversatz in die flachen und weitläufigen Grubenbaue einzubringen.



Abbildung 4-4: Flache Lagerung (Quelle K+S)

Beim Versatz in den flachen Lagerstätten sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- große untertägige Förderentfernungen,
- großflächige Verteilung des Versatzgutes,
- geringe Höhe des Hohlraums, in den der Versatz eingebracht werden soll,
- Einfluss der Kleintektonik mit kleinflächigem Wechsel von Sattel- und Muldenstrukturen auf die Lage der zu versetzenden Hohlräume.

Mengenbilanz

Bei der Betrachtung der Mengenbilanz ergibt sich, dass das Rückstandssalz auf Dauer nicht vollständig nach untertage verbracht werden kann

Dieses ist durch folgende allgemeine Sachverhalte begründet:

1. Auf dem Standort Hattorf beträgt der Anteil an verkaufsfähigen Produkten bezogen auf die Menge des geförderten Rohsalzes nur rund 15 - 20 %.
2. Aufgrund der Auflockerung des Versatzzalzes (Volumenzunahme) und der damit verbundenen geringeren Schüttdichte des Versatzmaterials gegenüber dem unter Tage anstehenden Salz ist der benötigte Versatzhohlraum (Auffüllungsgrad liegt in der flachen Lagerung bei ca. 80%) größer als der durch Gewinnung erzeugte Hohlraum.
3. Aufgrund der Notwendigkeit der Nutzung von Hohlräumen für die Infrastruktur (Fahr-, Band- und Wetterstrecken) des Gewinnungs- und Versatzbetriebes können nicht alle aufgefahrenen Hohlräume versetzt werden (nur 55 – 70%).

Welches genaue Volumen unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hohlräume zur Verfügung steht, müsste detailliert in einem eigenen Projekt untersucht werden.

Überschlägig wird nach jetzigem Kenntnisstand von etwa der Hälfte der anfallenden Rückstandsmengen ausgegangen, die nach Untertage verbracht werden können,

Das bedeutet:

Trotz einer technisch möglichen Verbringung des Rückstandssalzes als Versatz nach Untertage könnte auf die übertägige Verkippung auf der Rückstandshalde nicht verzichtet werden, da nicht aller Rückstand versetzt werden kann. Das würde auch heißen, dass sich die jetzigen Abwassermengen nicht verringern würden, da die Halden weiterhin bestehen blieben, aber langsamer wachsen würden. Der Anstieg der Haldenwassermenge wäre mit Versatz etwas geringer. Auch der langfristig (aufgrund der Haldengröße) zu erwartende Haldenwasseranfall wäre zeitlich kürzer.

Kosten

Zurzeit werden im Auftrag des Freistaates Thüringen in Teilen des Bergwerkfeldes Merkers in den dortigen Langkammerabbaufeldern zur Abwendung von dynamischen Ereignissen (z.B. Gebirgsschlägen) die untertägigen Hohlräume versetzt. Dabei entstehen aktuell Kosten von 8 Euro/t. Welche tatsächlichen genauen Kosten bei einem großflächigen Versatz unter Berücksichtigungen von Einsparungen durch Kosten für Aufhaldung, Einleitung etc. entstehen, müsste detailliert in einem eigenen Projekt untersucht werden.

Bei einem Versatz von 50 % der anfallenden Mengen ergäben sich jährliche Kosten von 44 Mill. Euro bei einer Einsparung von 25.000 m³ Haldenabwasser. Nicht berücksichtigt wurde die langfristige Einsparung von Haldenabwasser, die sich dadurch ergibt, dass sich der Haldenwasseranfall insgesamt zeitlich verkürzt.

Fazit

Es ist technisch möglich, feste Rückstände nach Untertage zu verbringen.

Allerdings kann nicht die gesamte anfallende Rückstandsmenge Untertage versetzt werden. Auf eine übertägige Aufhaldung kann daher nicht verzichtet werden. Ein Haldenrückbau findet nicht statt. Die jetzigen Abwassermengen sowie die diffusen Einträge ins Grundwasser verringern sich nicht. Der Anstieg der Haldenwassermenge wäre mit Versatz geringer. Ebenso würde bei Versatz insgesamt (über die nächsten Jahrzehnte gesehen) weniger Haldenwasser entstehen.

Die Kosten für Versatz sind hoch. Genauere Untersuchungen zu Kosten und Mengen wären im Rahmen eines Einzelprojektes zu ermitteln.

4.1.1.2 Maßnahme 1.1.2 Haldenabdeckung/Haldenbegrünung

Ziel

- Reduzierung des jährlichen Haldenwasseranfalls
- Reduzierung der jährlichen diffusen Einträge ins Grundwasser

Haldenabdeckung

Für eine Haldenabdeckung ergeben sich grundsätzlich fünf Varianten:

1. Dünnschichtabdeckung und Begrünung
2. Konventionelle Abdeckung und Begrünung
3. Abdeckung mit statischen Schichten
4. Teilabdeckung
5. Direktbegrünung

Die Punkte 4 und 5 werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Eine Teilabdeckung kann zwar zu einer Verminderung des Haldenwasseranfalls führen, ist aber wegen zusätzlicher Sicherheitsprobleme riskant (Gefährdung der Standsicherheit der Halde und der Beschäftigten), da die entsprechenden Flächen ständig nachgebessert werden müssten. Insbesondere im Bereich der Kontaktflächen zwischen Abdeckung und unabgedeckter Halde kommt es zu starken Erosionserscheinungen, die nicht nur die Standsicherheit der Halde gefährden können, sondern auch einen erhöhten Salzabwasseranfall durch intensive Lösungsvorgänge verursachen. Eine Direktbegrünung ist im Falle von Steinsalzhalde nicht möglich.

Nach der Abdeckung, sowohl durch die Dünnschichtabdeckung, wie auch bei konventioneller Abdeckung erfolgt eine entsprechende Begrünung, die zum einen dem Schutz der Abdeckung dienen soll, andererseits aber auch für eine höhere Evaporation (Verdunstung) sorgt.

Die Schichtdicke der Abdeckung ergibt sich aus der Art der Begrünung. Bei Begrünungen mit Gräsern sind geringmächtigere Schichtdicken (ca. 1 m) möglich, allerdings ist eine regelmäßige Pflege und Düngung notwendig. In sehr trockenen Jahren kann evtl. die Schichtdicke nicht ausreichend sein. Wenn mit Gehölzen begrünt werden soll, die sich teilweise von selbst ansiedeln und bei denen keine Pflege notwendig ist, muss eine Schichtdicke von ca. 3 m berücksichtigt werden. Unsere Betrachtung erfolgte mit einer Begrünung durch Gehölze.

Beide Varianten werden bereits erfolgreich in Norddeutschland an wesentlich kleineren Halde praktiziert.

Durch eine Abdeckung in Verbindung mit einer Begrünung der Halden soll der Anfall der Haldenwässer fast vollständig entfallen. Verdunstungsraten von bis zu 90% könnten erreicht werden.

Eine Abdeckung ist erst möglich, wenn die Setzungen der Halde abgeklungen sind und keine Beschüttung in diesem Bereich erfolgen soll. Das wird in den meisten Teilbereichen erst nach Einstellung des Haldenbetriebes/Produktion auf den jeweiligen Standorten Hattorf bzw. Wintershall möglich sein. Allerdings verlängert sich durch die Abdeckung die Lebensdauer der Halde bis zur vollständigen Auflösung (durch Regen).

Dünnschichtabdeckung

Bei der Dünnschichtabdeckung kann ein Abdeckmaterial verwendet werden, das einen ähnlich hohen Schüttwinkel besitzt wie das Haldenmaterial selbst. Dazu können Kraftwerksaschen, die einen puzzolanischen Effekt aufweisen, genutzt werden. Diese Aschen müssten mit geeignetem Erdaushub im Verhältnis von ca. 20:80 und Wasser gemischt und dann aufgebracht werden. Ziel wäre dann eine Überdeckung mit einer Schichtdicke von ca. 3 m. Dies würde am Haldenfuß z.B. bei ca. 100 m Haldenhöhe zu einer mind. 15 m starken Überdeckung führen (je höher die Halde wird, umso größer kann die Stärke der Überdeckung am Haldenfuß werden) (siehe dazu auch die folgende Abbildung 4-5).

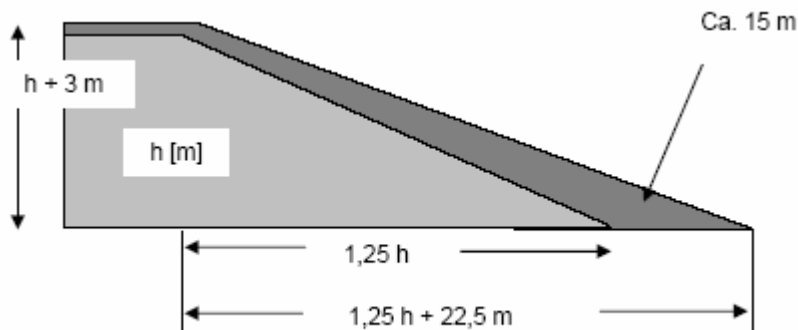


Abbildung 4-5: Abdeckung mit dünnen Schichten (Haldenhöhe von 100 m)

In Abhängigkeit von der Haldenhöhe ergibt sich pro laufendem Meter der Anschüttung („Umfang der Halde“) eine erforderliche Menge an Abdeckmaterial, die in der nächsten Tabelle dargestellt sind.

| Höhe über Grund [m] | Abdeckung [m ³ /m] |
|---------------------|-------------------------------|
| 100 | Ca. 1.350 |
| 140 | Ca. 1.870 |
| 180 | Ca. 2.400 |
| 220 | Ca. 2.920 |

Tabelle 4–2: Erforderliche Mengen pro lfd. Meter Haldenrand bei der Abdeckung mit dünnen Schichten

Unter Vernachlässigung der realen Geländeverhältnisse ergäbe sich für die Halde Hattorf im heutigen Zustand eine benötigte Menge von ca.12 Mio. m³ bzw. rund 18 Mio. t.

Einschließlich der zweiten Halde am Standort Wintershall, sowie den genehmigten Haldenerweiterungen würden ca. 50 Mio. m³ bzw. rund 75 Mio. t. benötigt.

Für die Abdeckung der bestehenden Halden (mit genehmigten Erweiterungen) würde eine Zeitdauer von ca. 300 Jahre benötigt, wenn die jährlich erforderliche Menge an Material (ca. 250.000 t) zur Verfügung stände. Dabei wurde mit 100 LKW/d, d.h. alle 6 min über 10 Stunden am Tag sowie 250 Arbeitstagen/a und 10 t/LKW gerechnet. Ob die benötigten Mengen an geeigneten Kraftwerksaschen und Boden zur Verfügung stehen, ist sehr fraglich. Zudem müsste noch die Frage der Langzeitstabilität geklärt werden.

Fazit

- Beschaffung von genügend Materialien und Substraten zur Rekultivierung (Erdbaustoffe/-substrate, Aschen) ist schwierig, da aufgrund der erforderlichen hohen Standsicherheit der Ummantelungen nur wenige Erdbau- (Bodenaushub) und Reststoffe (z.B. Aschen mit puzzolanhydraulische Effekten) geeignet sind
- Zeitdauer ca. 300 Jahre

Konventionelle Abdeckung

Die konventionelle Abdeckung erfolgt nach dem bewährten Verfahren der Dammbautechnik und ist demzufolge technisch erprobt. Aus der Notwendigkeit, den Schüttwinkel der Halden entsprechend abzuflachen, um eine dauerhafte standfeste Überdeckung zu gewährleisten, ergeben sich aber gravierende Konsequenzen. In Abhängigkeit von der Haldenhöhe wird eine bestimmte Fläche im Vorfeld der Halde als Vorschüttung benötigt. Die Zusammenhänge sind in Abbildung 4-6 und in der Tabelle 4–3 dargestellt.

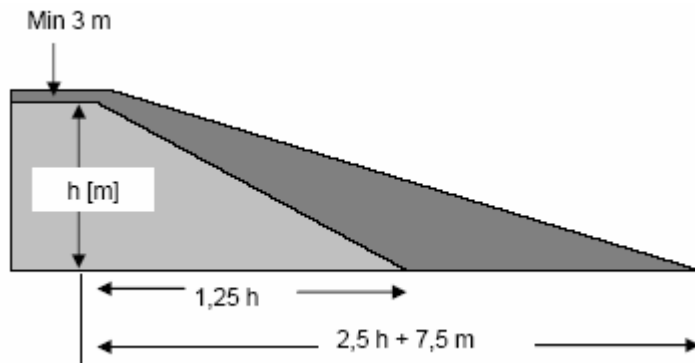


Abbildung 4-6: Konventionelle Abdeckung.

| Höhe über Grund [m] | Vorschüttung [m] | Abdeckung [m ³ /m] |
|---------------------|------------------|-------------------------------|
| 100 | 133 | Ca. 7.010 |
| 140 | 183 | Ca. 13.310 |
| 180 | 233 | Ca. 21.610 |
| 220 | 283 | Ca. 31.910 |

Tabelle 4-3: Erforderliche Vorschüttung und Mengen zur Abdeckung pro lfd. Meter Haldenrand bei konventioneller Abdeckung.

Für die bestehende Halde Hattorf ergäbe sich dann idealisiert ein Bedarf an Vorschüttung von ca. 283 m. Für die benötigten Mengen an Abdeckmaterial kann in grober Abschätzung bei heutiger Haldengröße ein Wert von ca. 128 Mio. m³ bzw. 192 Mio. Tonnen angenommen werden. Für beide Halden inklusive den genehmigten Haldenerweiterungen würde ca. 750 Millionen t benötigt.

Im Jahr 2003 fielen in ganz Hessen ca. 1,3 Mio. t erfasste Mengen an Erdaushub und Bauschutt (aus Siedlungsbereich und Industrie) zur Verwertung und Beseitigung an. Wenn die gesamte Menge an Bauschutt und Erdaushub des Landes Hessen verwendet würden, wäre die komplette Abdeckung innerhalb 600 Jahren fertig gestellt.

Fazit:

- Nicht genügend Materialien und Substrate zur Rekultivierung (Bodenaushub, Bauschutt, Erdbaustoffe/-substrate i.w.S.) verfügbar
- Sehr großer Flächenbedarf an Haldenvorland

Abdeckung mit statischen Schichten (Folienabdeckung)

In den 90er Jahren wurde an der Halde 1 im Kaliwerk Zielitz die Abdeckung mit Folien getestet. Die Rückstandshalde in Zielitz ist zwar deutlich niedriger als die Halden des Werkes Werra, bezüglich der Abdeckversuche jedoch vergleichbar.

Auf der Halde in Zielitz wurde ein Versuchsfeld mit 5 m breiten PEHD Bahnen in einer Länge von ca. 75 m angelegt. Die PEHD Bahnen sind heute noch Stand der Technik und haben sich innerhalb der letzten Jahre nicht wesentlich geändert. Der Böschungswinkel betrug ca. 40 ° (dieser Winkel ist vergleichbar mit Hattorf und Wintershall). Auf die Folie wurde eine Krallmatte aufgebracht, die einerseits einen sicheren Reibungsverbund zur profilierten Oberseite der Kunststoff-Dichtungsbahn und gleichzeitig eine sichere Ableitung der anfallenden Sickerwässer gewährleisten sollte. Die Krallmatte bildete außerdem den Untergrund für die anschließend aufgebrachte Substratschicht mit Rasenspritzsaat. Diese musste aufgebracht werden, da ansonsten die Folie klimatischen Bedingungen (UV-Strahlung, Wind, Temperatur) ausgesetzt gewesen wäre und es zu Rissen kommen würde. Die Rasensaart diente der Sicherung des Abdeckmaterials, damit es nicht erodiert.

Gleichzeitig müssten die unebenen Haldenflanken vor Auflage der Folien begradigt werden. Bei der Länge und Steilheit der Haldenflanken ist dies sehr kompliziert und auch im Bezug auf die Arbeitssicherheit bedenklich.

Im Verlauf der begleitenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Abdeckschicht bereits nach kurzer Zeit zu rutschen begann. Gleichzeitig wurden im oberen Hangbereich plastische Straffungen mit gleichzeitigem Ausdünnen der Kunststoffdichtung, Zerstörung der Substratschicht und Krallmatten beobachtet.

Durch die Beobachtungen an den Versuchsflächen in Zielitz lässt sich feststellen, dass Kunststoffdichtungsbahnen in den steilen Hanglagen der Rückstandshalden große statische Probleme bereiten. Gleichzeitig sind alterungsbedingte Veränderungen der mechanischen Eigenschaften des Materials zu beobachten, die eine längerfristige Gewährleistung der Dichtigkeit nicht sicherstellen. Um diese Probleme einzugrenzen, müsste eine Abflachung der Haldenflanken ähnlich der konventionellen Abdeckung erfolgen. Dies hätte einen enormen zusätzlichen Flächen- wie auch Substratverbrauch (siehe konventionelle Abdeckung) zur Folge.

Fazit:

- Aufgrund der starken mechanischen Beanspruchung besteht die Gefahr der Zerstörung der Kunststoffbahnen. Die Langzeitstabilität kann nicht gewährleistet werden.

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

- Die auf steilen Haldenflanken zwangsläufig begrenzte Dicke der Rekultivierungsschicht , die jedoch notwendig ist damit die Folie nicht zerstört wird, reicht nicht für eine nachhaltige Begrünung (die auch notwendig ist, damit das die Rekultivierungsschicht nicht abgetragen wird) aus.
- Abflachung der Haldenflankung (damit einen nachhaltige Begrünung erfolgen kann) hätte einen enormen zusätzlichen Flächen- und Substratverbrauch, ähnlich der konventionellen Abdeckung zur Folge.
- Auch bei einer Terrassierung ist die Langzeitstabilität nicht gewährleistet, da dann die Haldenflanken noch steiler werden.

4.1.1.3 Maßnahme 1.1.3 Steinsalzgewinnung aus den festen Rückständen (Haldenrecycling)

Ziel:

- Reduzierung des Haldenwasseranfalls
- Reduzierung der diffusen Einträge ins Grundwasser

Steinsalzgewinnung aus den festen Rückständen

Eine Möglichkeit zur Verwertung der festen Rückstände und Rückbau der Halden wäre die Nutzung des Steinsalzanteiles. Dies wird im Folgenden untersucht.

Allgemeines

In der Bundesrepublik Deutschland lag die durchschnittliche jährliche Produktion an Salz in den letzten sechs Jahren bei rund 14 Mio. Tonnen (Siehe Abbildung 4-7). Damit ist Deutschland der größte Produzent von Steinsalz in der EU. Die Weltproduktion liegt bei circa 215 Mio. Tonnen Salz pro Jahr.

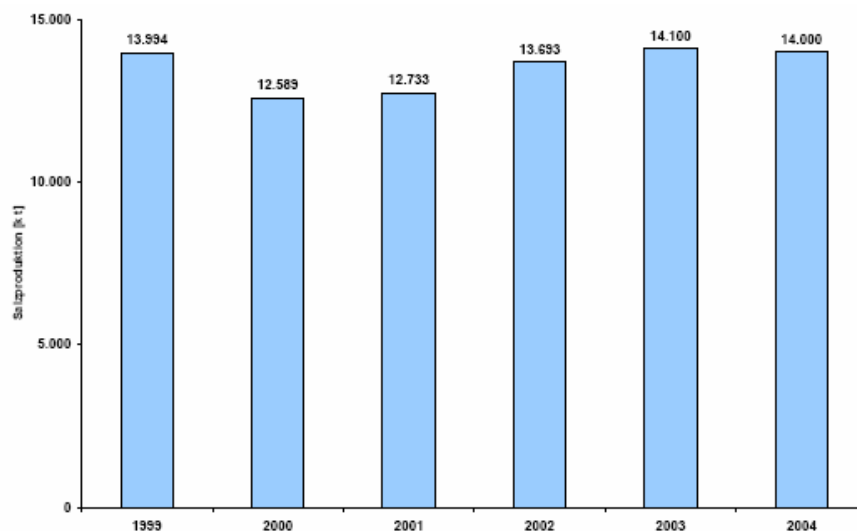


Abbildung 4-7: Salzproduktion in Deutschland (in Tausend Tonnen)

Die Produktion erfolgt zum einen über die sohlende Gewinnung und zum anderen über den bergmännischen Abbau. Bei der sohlenden Gewinnung fällt das NaCl in Wasser gelöster Form an, beim bergmännischen Abbau als Festsalz. Beim Festsalz unterscheidet man, je nach Aufbereitungsverfahren, zwischen Siedesalz und Steinsalz. Der Anteil von Siedesalz an der Festsalzproduktion liegt bei rund

14%. Der durch sohlende Gewinnung produzierte Anteil an der gesamten Steinsalzproduktion liegt durchschnittlich bei 50%. Als Produzenten treten in Deutschland die Südsalz GmbH, die esco GmbH & Co KG, die Südwestdeutschen Salzwerke, DOW in Deutschland, die Wacker-Chemie GmbH und die Saline Luisenhall GmbH auf.

Die Marktsituation auf dem deutschen bzw. europäischen Salzmarkt ist unverändert und keinen großen Schwankungen unterworfen. Der Bedarf ist durch die bisherige Produktion mehr als gedeckt. Ein Anstieg der Nachfrage ist mittel- bis langfristig nicht zu erwarten. Größere Mengen können nur über einen Verdrängungswettbewerb abgesetzt werden.

Die produzierten Mengen werden als Industriesalz (ca. 80%), Auftausalz (ca. 12%), Gewerbesalz (ca. 5%) und Speisesalz (ca. 3%) verwendet. Der Anteil an Auftausalz kann dabei witterungsbedingt schwanken und ist zudem nur ein saisonales Geschäft. Die Hauptmenge wird als Industriesalz in Sodafabriken und in der Elektrolyse verwendet. In Abbildung 4-8 ist der Salzstammbaum für Industriesalz dargestellt.

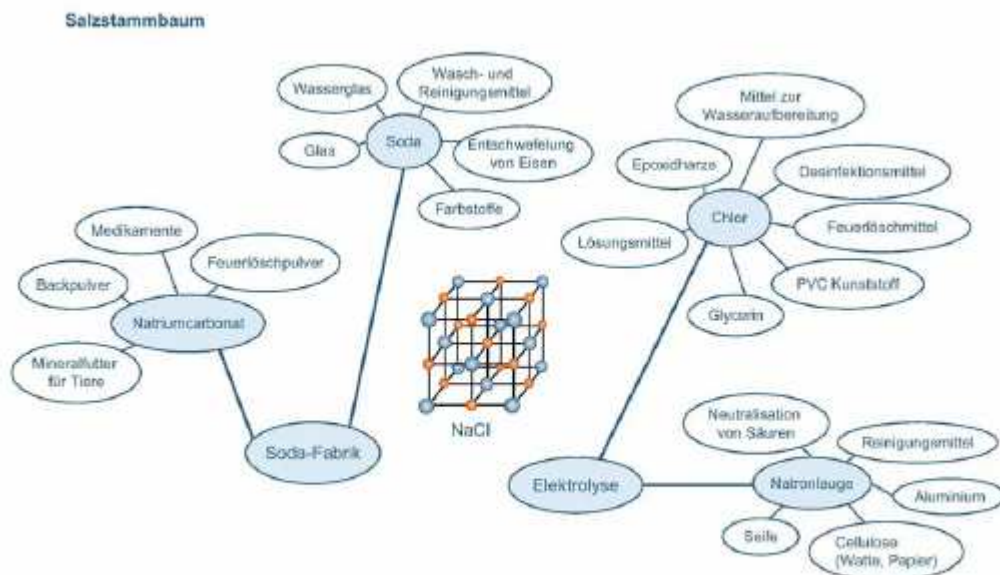


Abbildung 4-8: Industriesalzstammbaum (Quelle Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V.)

Die esco GmbH & Co KG

Da zur K+S Gruppe auch ein Geschäftsbereich Salz gehört, soll kurz auf diesen eingegangen werden.

Die esco (european salt company) GmbH & Co KG ist der größte Salzanbieter in Europa. Sie unterhält neben Standorten in den Niederlanden, Belgien, Frankreich, Spanien und Portugal in Deutschland die vier Standorte Bernburg, Borth, Grasleben und Staudt. In Tabelle 4-4 sind die wichtigsten Daten dieser Standorte zusammengefasst.

| Standort | Bernburg | Borth | Grasleben | Staudt | Summe |
|-----------------------------|----------|---------|-----------|----------|---------|
| Produktionskapazität | | | | Vertrieb | |
| - Steinsalz [kt/a] | 2.500 | 2.300 | 1.000 | - | 5.800 |
| - Siedesalz und Sole [kt/a] | 1.680 | 280 | - | - | 1.960 |
| Mitarbeiter | ca. 400 | ca. 300 | ca. 190 | ca. 20 | ca. 910 |

Tabelle 4-4: Kennzahlen der deutschen esco Standorte

Der Reinheitsgrad des untertägig gewonnen Salzes ist mit etwa 99% sehr hoch und es kann in der Regel ohne weitere nasschemische Aufbereitung an den Kunden abgegeben werden. Es fallen im Vergleich zur Kaliumaufbereitung nur sehr geringe bis gar keine Salzabwassermengen an.

Alle esco-Produktionsstätten verfügen über besondere logistische Standortvorteile. Vom Werk Borth aus sind Stein- und Industriesalz-Lieferungen bis zu 4.000 t per Küstenmotor- oder Binnenschiff dank der Rheinanbindung möglich. Das Werk Bernburg verfügt nicht nur über günstige Belademöglichkeiten von Bahnwaggons, sondern darüber hinaus über eine hervorragende Anbindung an den Ostseehafen Wismar.

Industriesalzproduktion aus Rückstands- bzw. Haldenmaterial: Flotationsverfahren

Hierbei soll Industriesalz aus ESTA-Rückstand gewonnen werden. Die chemische Zusammensetzung des ESTA-Rückstandes entspricht in etwa der Zusammensetzung der gesamten aufgehaldeten Rückstände (ca. 92% NaCl, ca. 3% MgSO₄, ca. 2% KCl). Das Ziel besteht darin, durch Flotation von ESTA-Rückstand ein verkaufsfähiges Produkt (Industriesalz) für die Elektrolyse herzustellen.

Dazu wird der ESTA-Rückstand vor der Flotation auf Korngrößen < 0,8 mm abgeseibt. Die gröberen Anteile sind verstärkt mit Erdalkalisulfaten angereichert. Dieser Grobrückstand ist nicht weiter zu verarbeiten und muss aufgehaldet werden. Das Feingut wird dann in die Flotation gefahren. Als Traglauge dient schweres Kieseritdeckwasser aus der Kali- und Kieseritproduktion, das dort sowieso als Abwasser anfällt. Die Verwendung von Kieseritdeckwasser ist daher von der anfallenden Menge abwasserneutral. Durch die Verwendung in der Flotation kommt es nur zu einer Erhöhung der NaCl-Fracht. Das Kieseritdeckwasser muss nämlich mit etwa 1,3% des abgeseibten ESTA-Rückstandes aufgesättigt werden. Da Mg-Ionen in der Traglauge stören und bei vollständiger Wiederverwertung der Lauge der Mg-Gehalt durch aus dem Rückstand in Lösung gehende Mg-Salze ansteigt, müssen pro Umlauf ca. 30% der Flotationslauge durch frisches Kieseritdeckwasser ersetzt und abgestoßen werden. Nach der Flotation wird das gewonnene NaCl entwässert und gereinigt. Beim Waschen entstehen NaCl-Verluste in Höhe von ca. 5%. Diese werden ebenfalls über den Abstoß entsorgt.

Auf dem Standort Wintershall wurde 1980 dieses Verfahren zur Herstellung von Industriehalbesalz aus ESTA-Rückstand in einer Kleinanlage erfolgreich getestet.

In Abbildung 4-9 ist das Schema dargestellt.

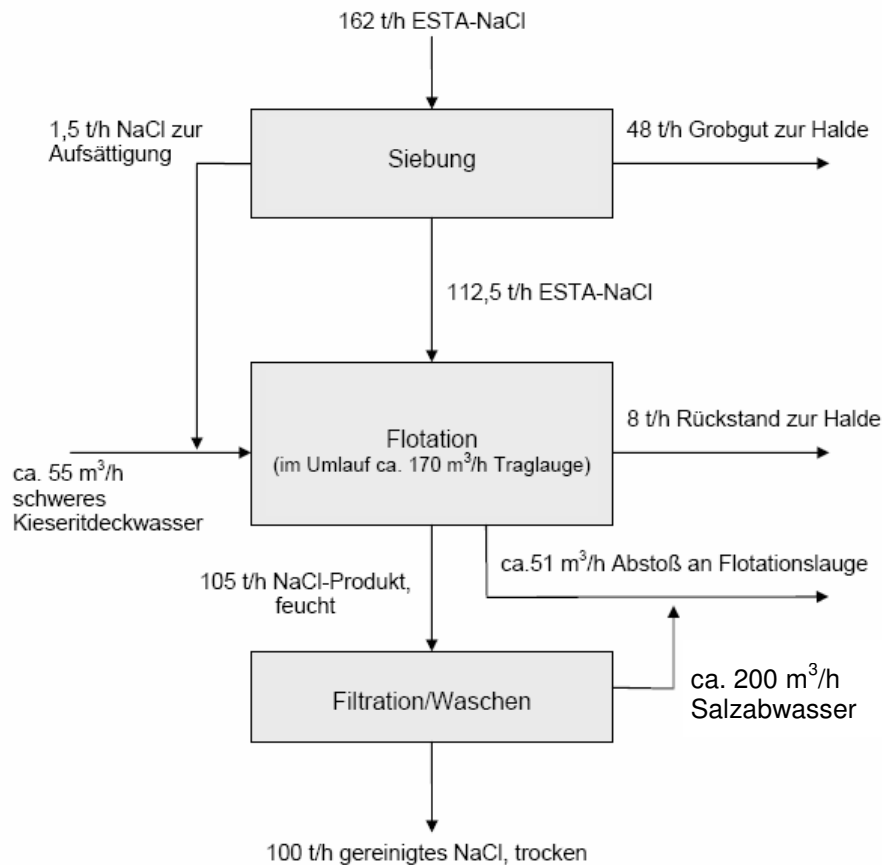


Abbildung 4-9: Schema Flotation

Bei der Aufbereitung des gesamten anfallenden Rückstandes ohne Haldenrückbau fällt zusätzliches Abwasser von jährlich 1,5-2 Mio. m³ (resultierend aus 4,5t/h NaCl Waschverluste, die ca. 200 m³/h Abwasser ergeben) an. Weiterhin müssen noch 35 % d.h. ca. 3,7 Mio. t/a aufgehaldet werden.

Damit findet eine Erhöhung und keine Reduktion der Salzabwassermengen statt.

Siedesalzproduktion aus Rückstands- bzw. Haldenmaterial: Siedesalzverfahren

Neben der Aufbereitung der Rückstände durch das Flotationsverfahren kommt auch die Produktion von NaCl nach dem Siedesalzverfahren in Betracht. Grundsätzlich kann man mit diesem Verfahren den anfallenden Rückstand bzw. das vorhandene Haldenmaterial zu sehr reinem NaCl (~99,95%) aufbereiten. Das

Verfahren ist dabei relativ einfach. Der Rückstand bzw. das Haldenmaterial wird mit der so genannten Löselösung aufgelöst, von unlöslichen Bestandteilen geklärt bzw. gereinigt und in einer Vakuumverdampfungsanlage wiederum soweit eingedampft, dass ein entsprechend reines Produkt entsteht. Das Produkt wird entwässert und gewaschen und je nach Bedarf getrocknet oder als Feuchtsalz gelagert bzw. konfektioniert. Das prinzipielle Verfahrensschema ist in

Abbildung 4-10 dargestellt. Der Vorteil gegenüber der Flotation ist, dass hierbei nichts mehr aufgehaldet werden muss.

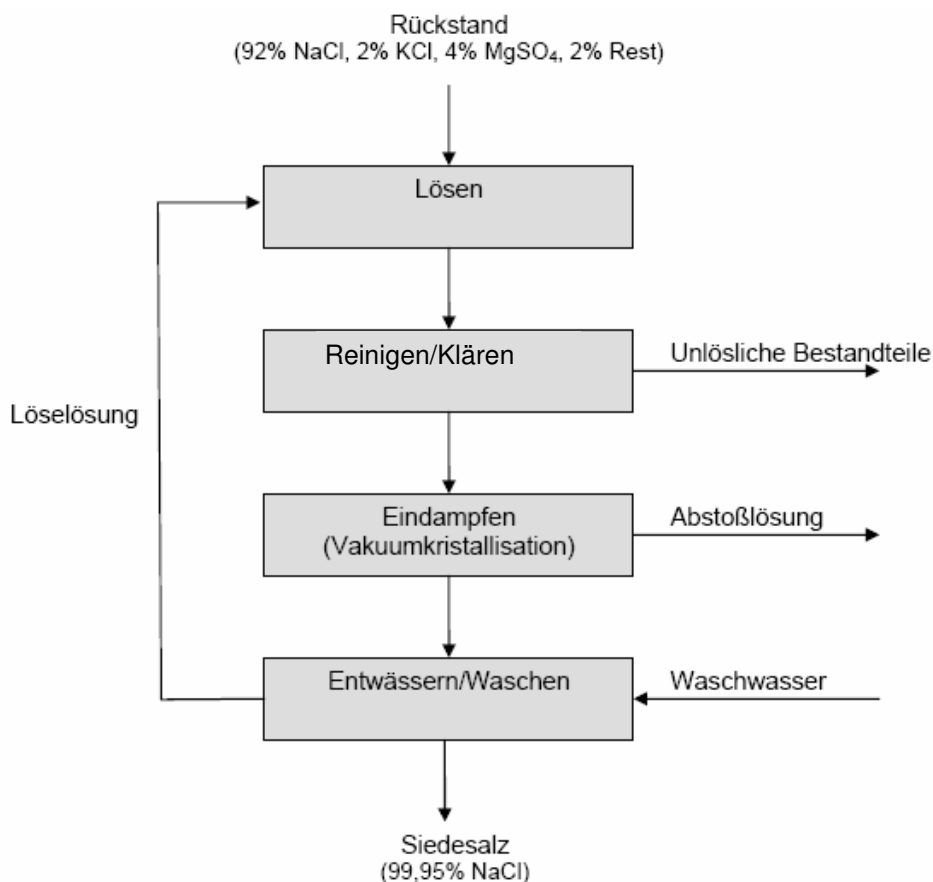


Abbildung 4-10: Vereinfachtes Schema der Siedesalzproduktion

Das Verfahren entspricht dem klassischen Umkristallisieren. Das Eindampfen erfolgt dabei nur soweit, dass nicht alles gelöste Salz wieder als Feststoff ausfällt, sondern ein Großteil der Verunreinigungen in Lösung bleibt. Damit lassen sich sehr reine Produkte erhalten. Da aber die Löselösung immer wieder verwendet wird, reichern sich die Verunreinigungen an. Zum einen verringert sich dadurch die Lösespanne, zum anderen fallen diese Verunreinigungen beim Eindampfen vermehrt aus, was auf Kosten der Reinheit des Produktes geht. Es gibt natürlich die Möglichkeit, durch Zugabe von bestimmten Chemikalien einen Teil dieser

Verunreinigungen in einem weiteren Verfahrensschritt aus der Löselösung auszufällen (Kalk- Soda-Reinigungsstufe), also die Fällung von Magnesium als Magnesiumhydroxid oder von Sulfat als Kalziumsulfat (Gips). Deshalb muss immer ein Teil der Löselösung durch frisches Wasser bzw. Waschwasser ersetzt werden, um die Konzentration der Verunreinigungen in der Löselösung auf ein Minimum zu beschränken. Beim Prozess der Siedesalzherstellung stören vor allem Kalium, Magnesium, Sulfat und Bromid. Bei der so genannten Abstoßlösung geht natürlich auch ein Teil des Produktes verloren. Die Höhe der Verluste schlägt sich dann in der Ausbeute nieder. Da die Abstoßlösung aufgrund ihrer Zusammensetzung nicht weiter verarbeitet werden kann, muss sie entsorgt werden. Die Menge an Abstoßlösung hängt vor allem vom Anteil der Verunreinigungen im Vorprodukt ab, hier also vom Anteil der Nebenbestandteile bzw. Spuren im Rückstand bzw. Haldenmaterial.

Mit dem Siedesalzverfahren sollten sich aber Ausbeuten von 91% erreichen lassen (Quelle: Krupp, Stoffliche Verwertung von Rückstandshalden und Endlaugen der Kaliindustrie, Glückauf 138 (2002)). Das heißt aber, dass 9% des eingesetzten NaCl in flüssiger Form anfallen und als Abwasser entsorgt werden müssen. Dazu kommen noch 2% KCl, wenn man annimmt, dass das Magnesium und das Sulfat durch Zugabe von Fremdchemikalien vorher abgetrennt worden sind.

Nimmt man die jährlich in Hattorf und Winterhall anfallenden Rückstandsmengen von rund 11 Mio. Tonnen mit einer Zusammensetzung von 92% NaCl, 2% KCl, 4% MgSO₄ und einem Rest von 2%, so ließe sich eine Menge von Siedesalz in Höhe von rund 9,2 Mio. Tonnen herstellen.

Diese Mengen müssen erst einmal am Markt untergebracht werden. Um eine Größenordnung der benötigten Anlage zu bekommen, erfolgt hier ein Vergleich mit der derzeit größten in Europa bestehende Anlage für Siedesalzherstellung in Harlingen (Niederlande). Diese hat eine Kapazität von ca. 1,2 Mio. t/a Siedesalz.

Daneben würden 911.000 t NaCl (552.613 t Chlorid) und 220.000 t KCl (104.610 t Chlorid) in gelöster Form als Abstoßlösung anfallen. Diese Abstoßlösung müsste neben dem weiterhin anfallenden Haldenwasser zusätzlich entsorgt werden. Dies wäre eine zusätzliche Abwassermenge von durchschnittlich ca. 3-4 Mio. m³/a. Allerdings würde sich die Menge des Haldenabwassers nicht mehr erhöhen, da nicht mehr weiter aufgehaldet würde.

Bei der bisherigen Betrachtung wurde noch kein Haldenrückbau berücksichtigt.

Abwassermenge bei Abbau der Rückstandshalden

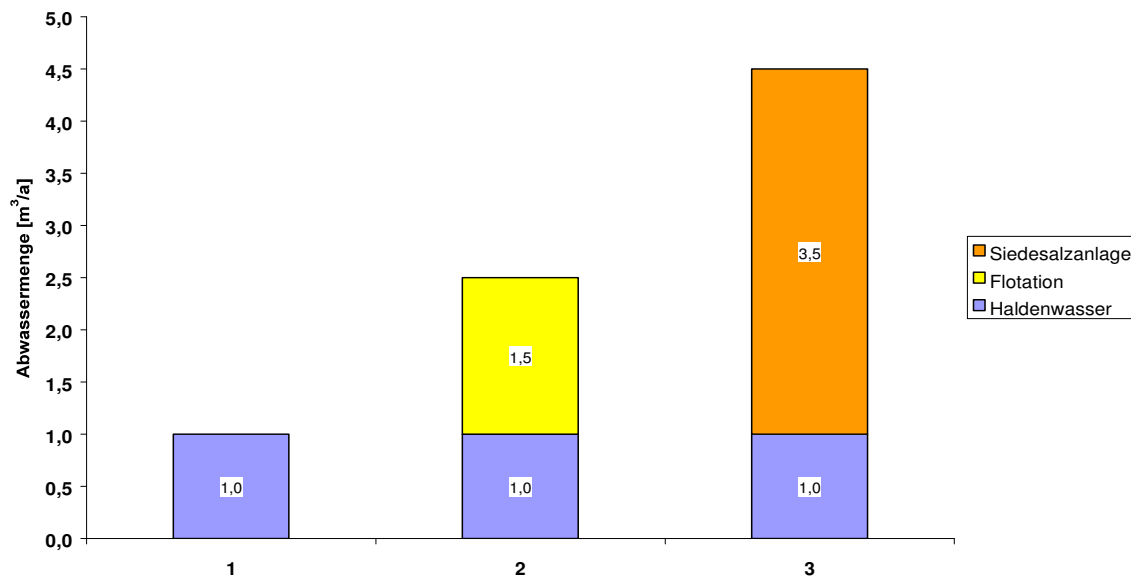


Abbildung 4-11: Vergleich der jährlich anfallenden Wassermengen der Haldenwässer Hattorf und Wintershall (1), mit Flotation von 11 Mio. t Rückstand (2) und mit Siedesalzproduktion aus 11Mio. t Rückstand (3).

Ein Vergleich (siehe Abbildung 4-11) der beschriebenen Aufbereitungsverfahren Flotation und Siedesalzproduktion mit dem bestehenden Zustand zeigt, dass durch die Anwendung dieser Verfahren keine kurz- und mittelfristige Reduzierung des Haldenwasseranfalls möglich ist. Im Gegenteil, es müssen zusätzliche Mengen an Salzabwasser entsorgt werden. Allerdings würde bei einem Haldenrecycling langfristig gesehen insgesamt weniger Haldenwasser entstehen.

Nach Einstellung der Kalirohsalzaufbereitung ist die Nutzung des Flotationsverfahren oder des Siedesalzverfahrens denkbar, da dann die Abwassermengen der Produktion nicht mehr anfallen und man einen Rückbau der Halden damit erreichen könnte. Zudem könnte ein Teil der heutigen Fabrikanlagen (z.B. Flotation, Trocknung, Zwischenlagerung, Verladung) dafür genutzt werden.

Fazit

Durch die Aufbereitung des Rückstandes findet keine kurzfristige Reduzierung, sondern erstmal eine deutliche Zunahme des jährlichen Salzabwasseranfalls statt.

Die zusätzlich produzierten Salzmenen müssen auf dem Markt untergebracht werden.

4.1.1.4 Maßnahme 1.1.4 Optimierung Haldenentwässerung

Ziel:

- Reduzierung des Haldenwasseranfalls

Optimierung Haldenentwässerung

Der deutlich höhere Haldenwasseranfall am Standort Hattorf gegenüber dem Standort Wintershall ist dadurch bedingt, dass Teile des NSG Stöckig-Ruppertshöhe in das Haldenvorfeld der Halde Hattorf entwässern. Dies geschieht aufgrund der Bodenbeschaffenheit und der Neigung in Richtung Halde Hattorf. Dieses Problem tritt immer zwei bis drei Tage nach Starkregenereignissen bzw. im Frühjahr bei Tauwetter auf. Der Stöckig (Hochmoorgebiet) entwässert dann temporär in das Haldeneinzugsgebiet. Dadurch kommt es teilweise zu zusätzlichen Lösungsvorgängen am Fuß der Halde. Zudem erhöht sich die Menge des anfallenden salzhaltigen Haldenwassers. Dieser Zufluss findet sich auch in den mittleren Konzentrationen des Haldenwassers Hattorf wieder. Dort liegen die Konzentrationen der Salze im Haldenwasser etwas niedriger als beim Haldenwasser von Wintershall.

Daher soll dieser Süßwasserzufluss im Bereich der Halde Hattorf minimiert werden. Somit würde sich der jährliche Haldenwasseranfall am Standort Hattorf um bis zu 150.000 m³ reduzieren lassen. Die Versenkung bzw. die Einleitung der salzhaltigen Wässer in die Vorflut wird entlastet.

An dem vorhandenen Rohrdurchlass an dem Waldweg werden die Oberflächenwässer des Stöckigs in den äußeren Graben am neu anzulegenden Haldenweg geleitet. Dieser Graben wird je nach Anforderungen im Rohzustand belassen, vertont oder wenn die Umstände (Fließverhalten/Menge) es nötig machen sogar ausgekleidet. Die Wässer werden mit der Hangneigung an der östlichen Haldenseite abgeführt und an einer Freifläche der Grundwasserneubildung zugeführt.

Fazit

Maßnahme ist durchführbar und wird realisiert.

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Anlage Stöckig



Legende:






-  Gebiet der Grundwasserneubildung
-  vorhandener Wassergraben
-  vorhandener Rohrdurchlass unter dem Waldweg
-  neuer Entwässerungs-graben an neu angelegtem Haldenweg
-  gerodetes Gebiet

Abbildung 4-12: Schematische Darstellung der Haldenentwässerung

4.1.2 Produktion

4.1.2.1 Maßnahme 1.2.1 Zusätzliche Produkte

Ziel

- Reduzierung des Anfalls von Produktionsabwässern

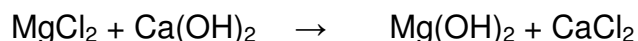
Möglichkeit 1: Herstellung von Magnesiumhydroxid (Mg (OH)₂)

Eine Möglichkeit wäre die Nutzung des im Salzabwasser vorhandenen Magnesiums. In Tabelle 4–5 sind die jährlichen durchschnittlichen Abwassermengen und die sich daraus ergebenden durchschnittlichen Jahresfrachten an Magnesiumsalzen angegeben.

| Werk Werra | Menge[Mio. m ³ /a] | MgSO ₄ [t/a] | MgCl ₂ [t/a] |
|------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Summe | 14 | 537.000 | 1.460.000 |

Tabelle 4–5: Durchschnittliche Mengen und Jahresfrachten der Magnesiumsalze der anfallenden Abwässer der Jahre 2000 bis 2005

Die Fällung von Magnesium (in Form von Magnesiumchlorid) zu Magnesiumhydroxid wäre mit Natriumhydroxid oder Calciumhydroxid möglich:



Die Preise für die Fällungsmittel Natriumhydroxid und Calciumhydroxid sind in Tabelle 4–6 wiedergegeben. Diese Preise stellen unseren derzeitigen Kenntnisstand dar. Diese müssten ggf. bei einer Detailprüfung nochmals verifiziert werden.

| Fällungsmittel | Preis [€/t] | Menge [t] | Kosten [Mio. €] |
|-----------------|-------------|-----------|-----------------|
| Natriumhydroxid | 200 | 1.612.380 | 322,4 |
| Calciumhydroxid | 121 | 1.496.420 | 181,0 |

Tabelle 4–6: Preise und Kosten (ca.-Angaben) für die Fällung des im Abwasser enthaltenen Magnesiums

Das anfallende Magnesiumhydroxid würde über Filterpressen entwässert und könnte aufgehaldet bzw., falls ein Markt besteht, auch verkauft werden. Je nach verwendetem Fällungsmittel verbliebe eine Natriumchloridlösung oder

Calciumchloridlösung. Die Natriumchloridlösung müsste sowohl abgestoßen als auch versenkt werden.

Die Fällung von Magnesiumhydroxid findet im alkalischen Bereich statt. Bevor also eine Einleitung der verbliebenen Salzabwässer erfolgen kann, muss eine Neutralisation dieser Salzabwässer mit Salzsäure erfolgen. Auf eine mengen- und kostenmäßige Betrachtung wird an dieser Stelle verzichtet.

Bei der Verwendung von Calciumhydroxid als Fällungsmittel kommt es aufgrund des Sulfat-Gehaltes der Abwässer zur Gipsbildung. Diese würde schon in den entsprechenden Anlagen, Pumpen und Rohrleitungen ablaufen, so dass diese sehr schnell verstopfen und unbrauchbar würden. Zudem wäre die anfallende Calciumchloridlösung aufgrund der einsetzenden Gipsbildung nicht für die Versenkung in den Plattendolomit geeignet. Die Aufnahmefähigkeit der Schluckbrunnen und des Versenkhorizontes wären stark gefährdet. Damit kann Calciumhydroxid nicht als Fällungsmittel eingesetzt werden.

Die Reduzierung von Magnesium aus dem Abwasser würde sich nur auf die Härte auswirken. Der Chloridgehalt würde sich nicht ändern. Ebenso wenig würden sich die Abwassermengen reduzieren.

Möglichkeit 2: Herstellung von Magnesium (Mg)

Die Abstoss- und Versenklösungen der Standorte Hattorf, Unterbreizbach und Wintershall enthalten Magnesiumionen in unterschiedlichen Konzentrationen. Es wäre theoretisch denkbar, daraus Magnesium herzustellen.

Die Herstellung von Magnesium erfolgt heute großtechnisch durch zwei Verfahren, zum einen über die Schmelzflusselektrolyse von wasserfreiem Magnesiumchlorid, zum anderen über die thermische Reduktion von Magnesiumoxid.

Voraussetzung für die Herstellung von Magnesium durch das Verfahren der Schmelzflusselektrolyse ist das Vorhandensein von wasserfreiem Magnesiumchlorid. Dieses kann entweder durch Chlorierung von Magnesiumoxid unter Zugabe von Kohlenstoff hergestellt werden oder über das Eindampfen von Magnesiumchlorid-Lösungen mit anschließendem Entfernen des Kristallwassers der beim Eindampfen entstehenden Magnesiumchloride (siehe hierzu auch Maßnahme 1.3.1). Reines wasserfreies Magnesiumchlorid ergibt bei der Schmelzflusselektrolyse den höchsten Wirkungsgrad des eingesetzten Stromes und erlaubt die Herstellung von hochkonzentriertem Chlorgas.

Für den Herstellungsprozess der thermischen Reduktion von Magnesiumoxid zu Magnesium muss zuvor Magnesiumchlorid zu Magnesiumoxid umgeformt werden. Dies kann durch Fällern mit Natronlauge oder Calciumhydroxid bzw. über das Sprüh-Rost-Verfahren (Ruthner-Verfahren) erfolgen. Hierfür sind erheblich Mengen an Hilfsmittel notwendig.

Das mögliche Potenzial für die Herstellung von Magnesium bzw. Magnesiumverbindungen bei einer theoretischen Ausbeute von 100% ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

| | Magnesium [t/a] | Magnesiumoxid [t/a] | Magnesiumhydroxid [t/a] |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Total | 424.200 | 703.300 | 1.017.800 |
| Weltproduktion im Jahr 2000 | 405.000 | | |

Tabelle 4–7: Mögliche Mengen an herstellbarem Magnesium bzw. Magnesiumverbindungen unter der Annahme einer Ausbeute von 100% aufgrund der Abwassermenge und Abwasserzusammensetzung des Jahres 2005.

Die Marktsituation in den letzten Jahren in Bezug auf die Produktion von Magnesium ist geprägt durch die wirtschaftliche Entwicklung in China. China ist durch den Aufbau von Magnesiumhütten zum weltweit zweitgrößten Hersteller von Magnesium hinter den USA aufgestiegen. Im Jahr 2000 wurden weltweit rund 405.000 Tonnen Magnesium produziert und ca. 400.000 Tonnen verbraucht. Dies führte zu einem weiteren Preisverfall von Magnesium und in Verbindung mit steigenden Energiepreisen sowie sonstigen Kosten zur Schließung einiger Produktionsstätten. In Deutschland wird seit dem Ende des 2. Weltkrieges aus wirtschaftlichen Gründen kein Magnesium mehr produziert.

Möglichkeit 3: Herstellung von Natriumsulfat (Na₂SO₄)

Bei der Kaliproduktion fallen Salzabwässer an, die vornehmlich die Kationen von Natrium, Kalium und Magnesium sowie die Anionen Chlorid und Sulfat enthalten.

Aus der Kombination der genannten Kationen mit den Anionen Chlorid und Sulfat ergeben sich die entsprechenden Natrium-, Kalium- und Magnesiumchloride und -sulfate. Von den möglichen Verbindungen werden aus dem Rohsalz bzw. durch entsprechende Umsetzung die folgenden Produkte erzeugt:

1. Kaliumchlorid und Kaliumsulfat
2. Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat, Kieserit und Bittersalz

Es wäre grundsätzlich auch die Produktion von Natriumsulfat (Natriumsulfat wasserfrei oder Glaubersalz) möglich. Bei der Produktion von Natriumsulfat wird die Sulfatkomponente benötigt. Diese wird derzeit zur Herstellung von Kaliumsulfat verwendet und ist nur im begrenzten Maß im Rohsalz vorhanden.

Das heißt, es müsste versucht werden Natriumsulfat aus den Rückständen zu gewinnen.

Dies wäre einerseits möglich durch Trennen des Magnesiumsulfats im ESTA- oder Löserückstand. Der Anteil beträgt ca. 4 %. Hierbei würden allerdings größere Mengen an härtereichem Wasser entstehen, da die Herstellung von Natriumsulfat

durch Auflösung der ESTA- und Löserückstände, die normalerweise aufgehaldet werden würden, erfolgt (siehe hierzu auch Maßnahme 1.1.3).

Eine andere Möglichkeit Natriumsulfat herzustellen, wäre die Umsetzung von Natriumchlorid (welches in erheblichem Umfang im ESTA- oder Löserückstand vorhanden ist) mit Schwefelsäure bei Temperaturen zwischen 550 und 650 °C. Dabei würde neben Natriumsulfat noch Chlorwasserstoff anfallen. Auch hier würde sich der Salzabwasseranfall nicht reduzieren, sondern erhöhen, da die vorhandenen festen Rückstände zuerst aufgelöst werden müssten. Ebenso müsste für den Prozess Schwefelsäure hinzugekauft werden.

Fazit

Die Herstellung der einzelnen Produkte wäre zwar möglich, hätte jedoch nach derzeitigen Erkenntnissen folgende Nachteile:

- der Absatzmarkt ist z.Zt. nicht vorhanden
- zusätzliche Abfallprodukte entstehen, die entweder entsorgt oder vermarktet werden müssen (Absatzmarktproblematik)
- große Energiemengen werden benötigt
- teilweise erhöht sich der Salzabwasseranfall durch die neue hergestellten Produkte

4.1.2.2 Maßnahme 1.2.2 Andere Produktions- und Abbauverfahren: Nachkühlung von Salzabwässern

Ziel

- Reduzierung des Anfalls von Produktionsabwässern

Zurzeit wird am Standort Hattorf ein Projekt erforscht, das zum Ziel hat durch ein Abkühlen der Salzabwässer auf Temperaturen bis -10 °C weitere Wertstoffe in Form von Kaliumchlorid und Bittersalz zu gewinnen. Durch das Abkühlen der entsprechenden Salzlösung sinkt die Löslichkeit von Kaliumchlorid und Bittersalz. Beide Verbindungen fallen aus, können abfiltriert und in der Kaliumsulfatproduktion verwendet werden.

Mit diesem Verfahren kann sowohl der Kalium- als auch der Magnesiumgehalt in der Abstoßlösung verringert werden. Mit der Folge, dass weniger Kalium und Magnesium sowie Chlorid und Sulfat in der Abstoßlösung anfallen. Dies bedeutet eine Entlastung für die Werra wie auch eine Ausbeutesteigerung. Das Projekt befindet sich noch in einer frühen Entwicklungsphase. Bei erfolgversprechenden Ergebnissen ist mit einer möglichen Umsetzung in frühestens 3 Jahren zu rechnen.

Die Abwasserfracht wird sich durch dieses Projekt verringern. Hierdurch lassen sich voraussichtlich

- bis zu 47.000 t/a Chlorid
- bis zu 31.000 t/a Magnesium

einsparen. Dies entspricht ca. 250.000 m^3 - 300.000 m^3 Salzabwasser jährlich. Diese Maßnahme wird weiterverfolgt.

4.1.2.3 Maßnahme 1.2.3 ESTA-Aufbereitungsverfahren in Unterbreizbach

Ziel

- Reduzierung des Anfalls von Salzabwasser.

Derzeitiges Produktionsverfahren

Die Fabrik in Unterbreizbach verarbeitet ein Gemisch aus Sylvinit, Carnallit und untergeordnet Hartsalz.

Die Aufbereitung des geförderten Rohsalzes zu verkaufsfähigen Produkten (60er Kali und Korn-Kali) geschieht mittels des Heißlöseverfahrens und der Flotation. Beim Heißlöseverfahren nutzt man die unterschiedliche temperaturabhängige Löslichkeit der Salze um die Trennung von Kaliumchlorid (KCl) von den anderen Salzen zu erreichen. In diesem Zusammenhang zersetzt sich auch der als Doppelsalz vorliegende Carnallit zu KCl und gelöstem Magnesiumchlorid ($MgCl_2$). Im Verlauf des Heißlöseprozesses kommt es in Folge der Carnallitzersetzung zu einer Anreicherung von $MgCl_2$ in den Lösungen. Ein zu hoher Gehalt an $MgCl_2$ schränkt dabei die Löslichkeit von KCl und somit dessen Gewinnung ein. Daher muss immer wieder ein gewisser Anteil an so genannter Q-Lösung aus dem Prozess abgeführt werden. Die Einhaltung eines bestimmten $MgCl_2$ -Gehalt in der Löse- bzw. Vakuumlösung führt zu einem für den Heißlöseprozeß in Unterbreizbach optimalen Wertstoffausbringen.

Die anfallende Q-Lösung (Salzabwasser) kann bisher nicht weiter genutzt werden und fällt somit als Abwasser an.

Als so genannter Löserückstand verbleiben zum Grossteil das Steinsalz und der Kieserit. Die Trennung von Steinsalz und dem Wertstoff Kieserit erfolgt in einem weiteren Verfahrensschritt mittels Flotation. Im Verlauf des Flotationsprozesses fallen noch Mengen an Kieseritdeckwasser (Salzabwasser) an, die ebenfalls entsorgt werden müssen.

Der hauptsächlich (> 92%) aus Steinsalz bestehende feste Rückstand wird mittels Spülversatz wieder nach unter Tage verbracht.

ESTA-Verfahren in Unterbreizbach

Das ESTA-Verfahren ist im Vergleich zum Heißlöseverfahren, der Flotation und dem Waschprozess ein trockenes Aufbereitungsverfahren. Beim ESTA-Verfahren wird das sehr fein aufgemahlene Rohsalz nach entsprechender Konditionierung und elektrostatischer Aufladung in einem Hochspannungsfeld in die jeweiligen Salze getrennt. Bei den bestehenden ESTA-Anlagen in Hattorf und Wintershall wird in der so genannten A-Stufe ein Großteil des im Rohsalz enthaltenen

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Steinsalzes somit trocken von den Wertstoffen Kaliumchlorid und Kieserit abgetrennt und anschließend aufgehaldet.

Prinzipiell ist auch eine Verarbeitung von Rohsalz mit einem hohen Carnallit-Anteil möglich. Eine Abtrennung von Steinsalz von den wertstoffhaltigen Mineralen Sylvin, Carnallit und Kieserit wäre damit denkbar und möglich.

Allerdings müsste vom trocken abgetrennten Carnallit noch die $MgCl_2$ -Komponente abgetrennt werden, um Kaliumchlorid zu gewinnen. Dies ist nach den heutigen technischen und chemischen Erkenntnissen nur über die Nasszersetzung mit dem damit verbundenen Anfall von Salzabwasser (Q-Lösung) möglich.

Die Einführung des ESTA-Verfahrens in Unterbreizbach würde den Anfall von salzhaltigen Abwässern nicht reduzieren.

4.1.2.4 Maßnahme 1.2.4 Einstellung der Produktion

Ziel

- Vermeidung des Anfalls von Produktionsabwasser
- Einstellung der Versenkung

Einstellung der Produktion und Schließung der Standorte des Werkes Werra

Die Einstellung der Produktion an der Werra würde den Salzabwasseranfall drastisch um über 90 % reduzieren. Es würde nur noch Haldenabwasser anfallen.

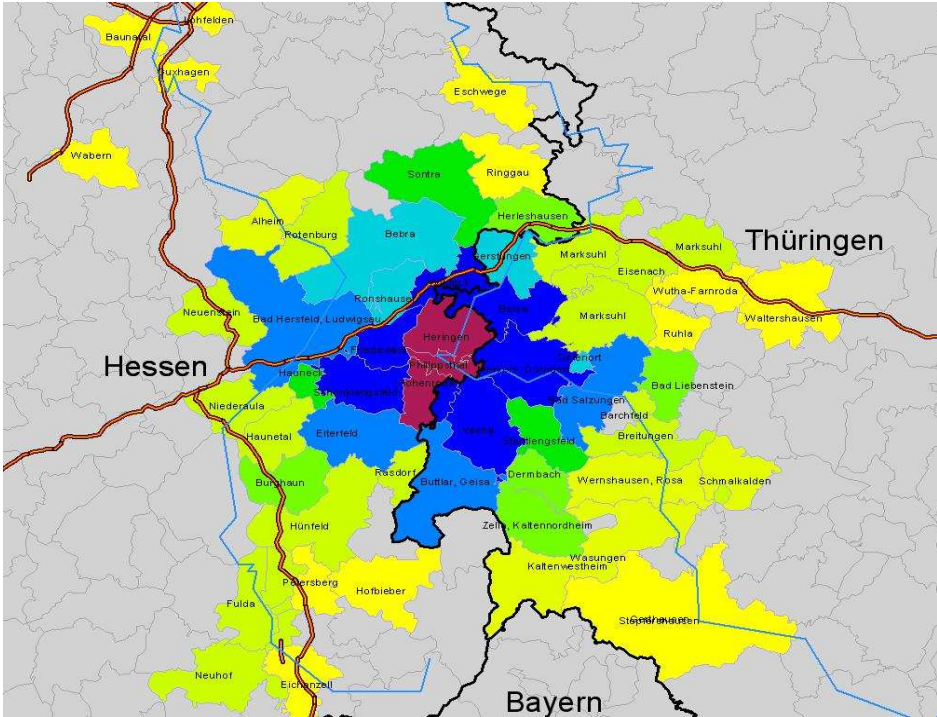
Die Versenkung würde eingestellt und die Einleitung der Haldenabwässer in die Werra würde eine maximale rechnerische Erhöhung der Chloridkonzentration von ca. 300 – 700 mg/l bedeuten. Unter Ausnutzung der vorhandenen Stapelbecken könnten theoretisch die anfallenden Haldenwässer bei Hochwasser schadlos abgeführt werden.

Die ökonomische Bedeutung des Werkes Werra in der Region Ost-Hessen/Thüringen ist durch die jährlich ausgezahlten Lohnsummen gut darstellbar. Für das Jahr 2004 betragen diese 150 Mio. Euro an ca. 4.200 Mitarbeiter. Die entsprechenden Lohnkosten liegen bei ca. 200 Mio. Euro. Die Verteilung ist in der Abbildung 4-13 wiedergegeben. Dazu kommen noch Kauf- und Lieferaufträge an die regionale Wirtschaft in Höhe von ca. 50 Mio. Euro.

Bei Schließung der Standorte ist mit großer Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass die ca. 4.200 Mitarbeiter arbeitslos würden, da es in der Region keine größere Anzahl an freien Arbeitsplätzen gibt. Die Auswirkungen auf Zulieferbetriebe, externe Handwerker etc. dürften gravierend sein. Eine genaue Abschätzung ist aber nicht möglich. Entsprechend verliert die Region an Kauf- und Wirtschaftskraft.

Das Problem der diffusen Einträge ist mit o. a. Maßnahme vorerst nicht gelöst. Denn bei Niedrigwasser würden die diffusen Einträge auch ohne Versenkung noch eine lange Zeit hohe Chloridkonzentrationen in der Werra bewirken.

Eine kurzfristige und nachhaltige Verbesserung von Flora und Fauna in der Werra würde nicht eintreten, sondern durch die Schwankung der Chloridbelastung würde sich wahrscheinlich vorerst eine Verschlechterung der bestehenden Verhältnisse einstellen. Erst wenn die diffusen Einträge mittelfristig bis langfristig zurückgehen, würde sich eine Verbesserung der Flora und Fauna einstellen.



Lohnsumme
2004 gesamt:

Lohnsummen Werk Werra 2004 (Euro)

- < 50.000 €
- 50.000 - 100.000 €
- 100.000 - 250.000 €
- 250.000 - 500.000 €
- 500.000 - 750.000 €
- 750.000 - 1 Mio. €
- 1 - 2.5 Mio. €
- 2.5 - 5 Mio. €
- 5 - 10 Mio. €
- > 10 Mio. €

Abbildung 4-13: Lohnsumme Standort Werk Werra für das Jahr 2004

4.1.3 Behandlung des Salzabwassers

4.1.3.1 Maßnahme 1.3.1 Eindampfen bzw. Verdunsten der Salzabwasserlösungen

Ziel

- Vermeidung/Minderung des Anfalls von Produktionsabwasser

Beschreibung

Im Werk Werra fallen an den drei Standorten durchschnittlich 14 Mio. m³/a Salzabwasser an. Es gibt verschiedenen Gedankenansätze wie diese durch Verdunsten oder Verdampfen reduziert werden können.

Reduzierung der Salzabwassermengen durch konventionelle Energie

Der thermodynamische Energiebedarf für das Eindampfen von Wasser beträgt 2,26 MJ/kg Wasser (Literaturangabe, Verdampfungsenthalpie von Wasser bei 100 °C). Daraus ergibt sich bei einfacher Destillation /Eindampfen ein Energiebedarf von 645 kWh/m³. Es gibt heute bereits im Bereich von Meerwasserentsalzungsanlagen Optimierungen, die den Energiebedarf um den Faktor 3-3,5 reduzieren (z.B. 5-stufige Destillation, Energiebedarf 180 kWh/m³, Verfahren der FH Aachen, max. Salzkonzentration 10 %, es wird nicht bis zur Trockne eingedampft).

Aufgrund der Salzkonzentrationen im Abwasser allerdings, müsste beim Eindampfen dieser Wässer von höherem Energiebedarf ausgegangen werden. (Je höher der Salzgehalt, desto mehr Energie muss eingesetzt werden)

a.) Eindampfen

Der thermodynamische Energiebedarf für das Eindampfen von Salzabwasser liegt unter Berücksichtigung von möglichen Optimierungen voraussichtlich bei etwa 420 kWh/m³ (Erfahrungswert durch bereits vorhandene Eindampfungsanlage in Wintershall). Umgerechnet auf die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl ergeben sich die folgenden Mengen: an Erdgas rund 40,2 m³/m³ und an Heizöl 42 l/m³. Der tatsächliche, verfahrenstechnische Energiebedarf liegt, bedingt durch die entsprechenden Verluste von mindestens 10%, noch höher. Der thermodynamische Energiebedarf und die damit verbundenen Kosten für die Eindampfung der gesamten anfallenden Abwässer ist Tabelle 4–8 dargestellt.

| | | Preis | Gesamtkosten | Kosten/m ³ | CO ₂ -Emissionen |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|
| Thermodyn. Energiebedarf | 5,9 Mrd. kWh | | | | |
| Erdgas | 563 Mio. m ³ | 0,03 €/kWh | 176 Mio. € | 12,60 € | Ca. 1,1 Mio. t/a |
| Heizöl | 588 Mio. l | 0,06 €/kWh | 352 Mio. € | 25,20 € | Ca. 1,6 Mio. t/a |

Tabelle 4–8: Thermodynamischer Energiebedarf und Kosten für die Eindampfung von 14,0 Mio. m³ Abwasser

Dabei sind nur die Kosten für die benötigte Energie berücksichtigt worden.

Bei der Eindampfung der Lösungen können aufgrund der unterschiedlichen Löslichkeiten der Salze u. a. die folgenden Verbindungen ausfallen:

- Kaliumchlorid (KCl)
- Natriumchlorid (NaCl)
- Kieserit (MgSO₄*H₂O)
- Carnallit (KCl*MgCl₂*6H₂O)
- Bischoffit (MgCl₂*6H₂O)

Unklar beim Eindampfen ist die Entsorgung der dabei anfallenden Salze. Grundsätzlich wäre eine Aufbereitung der Wertstoffe möglich, was aber wiederum mit einem erneuten Anfall von Abwässern verbunden wäre.

Ebenso wäre es denkbar, dass die anfallenden Salze auf die Halde verbracht werden. Dies wäre allerdings nur möglich, wenn der Anteil an Magnesiumchlorid zuvor abgetrennt würde, da ansonsten die mechanische Stabilität der Halde nicht gewährleistet ist (siehe hierzu auch Maßnahme Haldenberieselung)

b.) Teileindampfung

Es wäre auch vorstellbar, dass das Salzabwasser nur soweit eingedampft wird, dass kein bzw. nur wenig Magnesiumchlorid ausfällt. Dies würde die Energiekosten dahingehend senken, dass nicht 14 Mio. m³ Salzabwasser eingedampft werden, sondern nur ca. 7 Mio. m³. Die Energiekosten pro m³ Salzabwasser würden sich dadurch aber nicht ändern.

Die Salzabwassermenge würde sich dadurch um max. 50 % reduzieren.

Das restliche Salzabwasser hätte eine niedrigere Chloridfracht als bisher, allerdings wären die Härtewerte um ein vielfaches höher. Das würde bedeuten, dass die Steuerung am Pegel Gerstungen nicht mehr durch den Chloridgrenzwert bestimmt werden würde, sondern der Härtegrenzwert wäre die entscheidende Größe.

Reduzierung von Salzabwasser durch Nutzung von Sonnenenergie

Es soll überprüft werden, ob es möglich ist, durch Nutzung der Sonnenenergie die Salzabwassermengen zu reduzieren.

Die auf der Erdatmosphäre auftreffende Bestrahlungsstärke des Sonnenlichts beträgt 1350 W/m^2 . Durch die Lufthülle wird die Bestrahlungsstärke verringert. Am höchsten ist die verbleibende Bestrahlungsstärke am Äquator, mit zunehmendem Breitengrad (nördlich oder südlich) wird dieser Wert kleiner. Auch innerhalb Deutschlands macht sich diese Breitengradabhängigkeit als Nord-Süd-Gefälle deutlich bemerkbar (siehe hierzu auch die folgende Abbildung).



Abbildung 4-14: Globalstrahlung in Deutschland (Quelle BMU)

Auf Grund der unterschiedlichen, täglichen und wetterbedingten Einstrahlungsbedingungen steht die solare Strahlungsenergie nur saisonal (täglich, jahreszeitlich und wetterabhängig) zur Verfügung. Sonnenstrahlung (Globalstrahlung) lässt sich in direkte und diffuse Strahlung unterteilen. An klaren Tagen, an denen es nur wenig diffuse Strahlung gibt, beträgt die Bestrahlungsstärke in der Region um Heringen ca. 950 W/m^2 während der Sonnenstunden, an bewölkten Tagen reduziert sich die Bestrahlungsstärke auf teilweise unter 150 W/m^2 .

Folgende Möglichkeiten zur Nutzung der Sonnenenergie zur Verringerung der Salzabwassermengen wären theoretisch denkbar:

- a.) Aufstellung von Spiegeln zur Erhöhung der natürlichen Verdunstungsrate
 - b.) Errichtung eines solarthermischen Kraftwerkes und Nutzung der Energie zur Verdampfung der Salzabwassermenge
 - c.) Errichtung von Sonnenkollektoren und Nutzung der Energie zur Verdampfung der Salzabwassermenge
 - d.) Errichtung einer Photovoltaikanlage und Nutzung des Stroms zur Verdampfung der Salzabwassermenge
-
- a.) Aufstellung von Spiegeln zur Erhöhung der natürlichen Verdunstungsrate

Die natürliche Verdunstungsrate wird z.B. bei der Meersalzherstellung in Südeuropa genutzt. Dort wird in sogenannten Salzgärten Meersalz hergestellt. Dies ist allerdings nur in den Sommermonaten möglich, da es in den Wintermonaten zuviel regnet und das Wasser nicht komplett verdunsten kann.

Die Becken zur Herstellung, die kaskadenförmig angelegt werden, sind sehr flach gehalten, weil dadurch die Verdunstung begünstigt wird.

Ausgehend von den klimatischen Bedingungen in Mitteldeutschland, die keine niederschlagsarmen und heißen Sommer beinhaltet (siehe hierzu auch Maßnahme 1.3.3) ist hier eine Verdunstung ähnlich wie in Südeuropa nicht zu erreichen. Auch müsste eine große Anzahl an flachen Becken geschaffen werden, damit überhaupt genügend verdunsten kann.

Die Spiegel könnten nur die direkte Strahlung nutzen, um die Verdunstungsrate zu erhöhen und dann auch nur zu den Tagstunden, wie auch nur in den Sommermonaten. Nach Rücksprache mit Experten im Bereiche solare Energien schätzen diese den Wirkungsgrad einer solchen Anlage allerdings als sehr gering ein, da in unseren Breitengraden die Sonnenenergie nur durch großen technischen Aufwand und aufgrund von staatlichen Subventionen derzeit wirtschaftlich nutzbar ist.

- b.) Errichtung eines solarthermischen Kraftwerkes und Nutzung der Energie zur Verdampfung der Salzabwassermenge

Solarthermische Kraftwerke nutzen Hochtemperaturwärme aus konzentrierenden Sonnenkollektoren (gängige Systeme: Parabolspiegel, Rinnenkollektoren) um eine konventionelle Kraftmaschine anzutreiben. Die Anlagen können zur reinen Stromerzeugung, aber auch zur Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden, also zur kombinierten Erzeugung von Strom und Prozesswärme. So kann ein

solarthermisches Kraftwerk z.B. gleichzeitig Elektrizität, Kälte über eine Absorptionskältemaschine und industriellen Prozessdampf erzeugen und somit einen hohen Anteil der geernteten Solarwärme in Nutzenergie umwandeln.

Es ist heute auch bereits technisch möglich durch effiziente thermische Speicherung der erzeugten Solarwärme und Zufeuerung mit konventionellen Brennstoffen ständige Verfügbarkeit des Kraftwerkes zu erreichen. Teilweise ist die thermische Speicherung schon so effizient, dass Kraftwerke fast komplett solar betrieben werden können.

Allerdings sind solarthermische Kraftwerke zurzeit technisch nur sinnvoll errichtbar im „Sonnengürtel“ der Erde (z.B. Nordafrika, Südeuropa) da lediglich der direkte Anteil der Sonnenstrahlung mittels Spiegeln gebündelt werden kann. Der hohe Anteil diffuser Strahlung und die insgesamt niedrigere Einstrahlung erschweren den wirtschaftlichen Einsatz hier in unseren Breiten.

Um die komplette Abwassermenge zu verdampfen würde man 5,9 Milliarden kWh benötigen. Um eine Anlage in dieser Größenordnung selbst in den möglichen Gebieten zu bauen würde man auch dort sehr große Flächen benötigen. Z.B. ist derzeit eine Aufwindanlage in Australien geplant mit einer Leistung von 200 MW die einen Kollektordurchmesser von 6-7 km benötigt. In Heringen müsste eine Anlage mit einer Leistung von ca. 670 MW errichtet werden, d.h. wenn hier ähnliche Bedingungen wie in Australien herrschen würden, müsste der Kollektordurchmesser 10-11 km betragen. Selbst wenn nur 10 % der möglichen Abwassermenge verdampft würden, müsste immer noch ein Kraftwerk mit einer Leistung von ca. 70 MW errichtet werden (der Durchmesser der Kollektorfläche hierfür wäre immer noch 3-4 km).

c.) Errichtung von Sonnenkollektoren und Nutzung der Energie zur Verdampfung der Salzabwassermenge

Mit Sonnenkollektoren wird die Strahlung der Sonne in Wärme umgesetzt, um etwa Wasser für den täglichen Bedarf zu erwärmen oder Gebäude zu heizen. Wichtig hierbei ist die Temperaturunterschied zwischen Kollektor und Außentemperatur. In unserem Fall, bei dem Wasser verdampft werden soll, müsste diese sehr hoch sein und es müsste ein Kollektorsystem eingesetzt werden, welches geringe Wärmeverluste hat. Es wären hierfür immense Flächen notwendig (erheblich größere als bei Einsatz eines solarthermischen Kraftwerks, welches auch die Sonnenwärme nutzt) um die entsprechend benötigte Energie zu erzeugen.

d.) Errichtung einer Photovoltaikanlage und Nutzung des Stroms zur Verdampfung der Salzabwassermenge

Solarzellen wandeln Sonnenlicht ohne mechanische, thermische oder chemische Zwischenschritte in elektrischen Strom um. Herzstück jeder Solarzelle ist ein Halbleiter, meist Silizium. Solarzellen beruhen auf dem photovoltaischen Effekt: bei bestimmten übereinander angeordneten Halbleiterschichten entstehen unter dem Einfluss von Licht (Photonen) freie positive und negative Ladungen, die durch

ein elektrisches Feld getrennt und als Elektronen über einen elektrischen Leiter abfließen können. Der so entstehende Gleichstrom kann direkt zum Betrieb elektrischer Geräte genutzt oder in Batterien gespeichert werden. Er kann auch in Wechselstrom umgewandelt und in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Der Wirkungsgrad der Solarzelle liegt bei ca. 10 % (d.h. aus 1000 W/m² Sonneneinstrahlung entstehen 100 W Strom).

In unserem Fall könnte man den Strom direkt nutzen. Allerdings müsste dieser dann wieder in Wärme umgewandelt werden und man hätte nochmals einen entsprechenden Wirkungsgrad Verlust. Auch hierbei würden immense Flächen benötigt werden, um entsprechende Wassermengen verdampfen zu können.

Fazit:

Durch verschiedene Möglichkeiten könnten die Produktionsabwassermengen durch Eindampfen bzw. Verdunstung reduziert werden. Allerdings ist dafür ein hoher energetischer und finanzieller Aufwand notwendig.

Bei einer vollständigen Eindampfung ist die Entsorgung der eingedampften Rückstände noch nicht gelöst, da eine Aufhaldung aufgrund der Magnesiumanteile zu Problemen bei der Haldenstabilität führen könnte.

4.1.3.2 Maßnahme 1.3.2 Deponierung des Salzabwassers untertage

Ziel

- Entlastung der Werra

Beschreibung

Grundsätzlich ist eine Flutung vorhandener Grubenbaue möglich. Dies kann aber erst nach Beendigung der aktiven Bergbauphase umgesetzt werden. Bei laufendem Bergbaubetrieb ist zum einen das Sicherheitsrisiko für die unter Tage Beschäftigten zu groß, da die einzelnen Bereiche nicht bzw. nur unter großem Aufwand abzutrennen sind, da das derzeitige Abbaugelände tiefer liegt. Zum anderen kann die damit einhergehende Erhöhung der Luftfeuchtigkeit im Grubengebäude die Anwendung des ESTA-Verfahrens in Hattorf und Wintershall negativ beeinflussen (siehe hierzu auch die Maßnahme 1.1.1 Versatz).

Wenn in der Nachbergbauphase eine Flutung vorgenommen werden sollte, besteht die Gefahr, dass es zu Gebirgsschlägen kommt. Deshalb wären entsprechende Untersuchungen in Bezug auf die Standsicherheit der Pfeiler und damit der Grubengebäude Voraussetzung, um mögliche Schäden in diesem Bereich auszuschließen. Ebenso würde durch Flutung der Grubenbaue die Untertagedeponie Herfa-Neurode gefährdet werden, da der Nachweis der Langzeitsicherheit der Deponie auf trockene Verwahrung beruht.

Die Flutung der Grubengebäude stellt aber auch nur ein begrenztes Volumen für eine mögliche Entsorgung der weiterhin anfallenden Haldenwässer dar.

Das vorhandene Volumen ist in etwa dem Volumen der vorhandenen Halden gleichzusetzen. Dieses beträgt derzeit ca. 160 Mio. m³ und wird auf ca. 320 Mio. m³ anwachsen.

Wenn nunmehr neben dem vorhandenen Haldenabwasser (ca. 2-3 Mio. m³/a) evtl. auch die Halden aufgelöst würden, entstünden pro m³ Haldenmaterial ca. 4 m³ Abwasser. D.h. der zur Verfügung stehende Raum würde maximal für ein Viertel des entstehenden Abwassers ausreichen. D.h. es würden immer noch 3/4 der Halden bestehen bleiben.

Fazit:

Eine Flutung des Bergwerkes ist aufgrund der Untertagedeponie Herfa-Neurode gefährlich und rechtlich nicht genehmigungsfähig.

4.1.3.3 Maßnahme 1.3.3 Haldenberieselung

Ziel

- Vermeidung/Verminderung des Anfalls der Haldenwässer.

Beschreibung

Die Rückstandshalden sollen im Sommer mit Haldenwasser berieselt werden bzw. der Rückstand vor der Aufhaldung mit Haldenwasser besprüht werden.

Durch das Berieseln bzw. das stärkere Anfeuchten des Rückstands mit Haldenwasser soll es aufgrund der im Sommer bei höheren Temperaturen sich einstellenden stärkeren Verdunstung zu einer Verringerung des anfallenden Haldenwassers kommen.

Klimatische Voraussetzungen

Betrachtet man sich die Daten für den monatlichen Anfall der Haldenwässer in Hattorf und Wintershall (Durchschnitt der letzten 4 Jahre), so ergibt sich für die Sommermonate Juli, Juni und August kein signifikanter Einbruch beim Haldenwasseranfall. Dies liegt vor allem an den gemäßigten klimatischen Verhältnissen. Es gibt keine ausgeprägt heiße und niederschlagsarme Sommermonate. Daraus ergibt sich, dass mit einem Berieseln der Halden keine signifikante Reduzierung des Haldenwassers durch Verdunstung verbunden sein wird. Der klimatische Einfluss müsste für größere Verdunstungsraten sehr viel höher sein, um mit dem Verfahren der Berieselung der Halden merkliche Haldenwasserreduzierungen erreichen zu können.

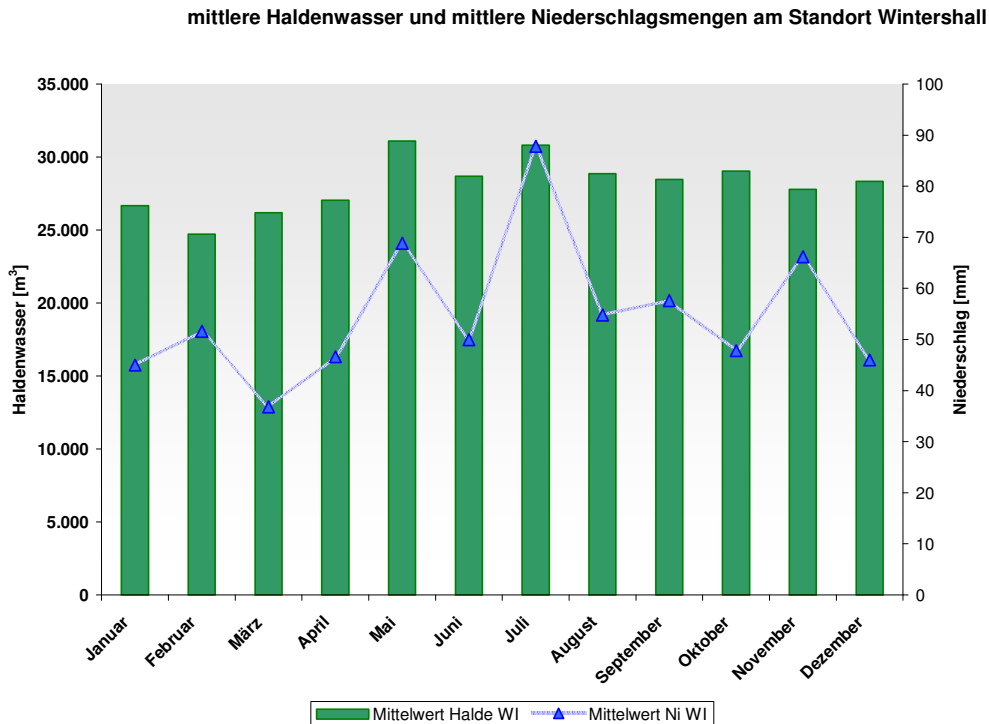


Abbildung 4-15: Mittlerer Haldenwasseranfall Halde Wintershall (2001 – 2005); und die mittleren Niederschläge

Sicherheitstechnische Probleme

Bei dem schon seit Jahren durchgeführten Verfahren des Aufhaldens wurde erkannt, dass es bei höheren Gehalten an Magnesiumchloridlösungen im Rückstand zu einem drastischen Anstieg von Rutschungen des frisch aufgehaldeten Materials kommt. Dies liegt daran, dass Magnesiumchlorid sehr hygroskopisch ist und sich bei höheren Gehalten Gleitschichten ausbilden, ähnlich wie Schneelawinen.

Rutschungen stellen für die Haldenbewirtschaftung ein sehr hohes Sicherheitsrisiko dar. Es wird deshalb darauf geachtet, den Magnesiumchloridgehalt im Rückstand bzw. als anhaftende Lösung so gering wie möglich zu halten. Dies geschieht durch ein entsprechendes Entwässern der anfallenden Rückstände aus der nassen Aufbereitung (Lösebetrieb, Flotation).

Das Berieseln der Halden im Sommer mit Haldenwasser zum Zwecke der Verringerung des Haldenwasseranfalls führt aber, da es sich bei den im Haldenwasser gelösten Salzen um leicht lösliche Salze handelt, beim nächsten Niederschlagsereignis zu einem erneuten Auflösen dieser Salze und damit zu einer Aufkonzentrierung dieser Salze im Haldenwasser. Speziell würde sich Magnesiumchlorid im Haldenwasser anreichern. Ein erneutes Berieseln der Halden mit dem entstehenden Haldenwasser führt dann zu höheren Magnesiumchloridgehalten im Haldenmantel. Das Risiko von Rutschungen großer Mengen von Rückstandsmaterial würde drastisch ansteigen.

Zusammenfassung

Die in der Region herrschenden klimatischen Bedingungen sind nicht geeignet durch das Verfahren der Haldenberieselung eine signifikante Reduzierung des Haldenwasseranfalls zu erreichen. Dass in den Sommermonaten weniger Haldenwasser anfällt, ist nicht nachzuweisen. Somit ist von dieser Seite das Verfahren der Haldenberieselung schon in Frage gestellt.

Die anfallenden Haldenwässer enthalten leichtlösliche Salze insbesondere Magnesiumchlorid. Beim Berieseln der Halden mit Haldenwasser und anschließender Verdunstung würden diese Salze wieder ausfallen. Dabei bilden sich leicht lösliche Salze insbesondere die sehr hygroskopischen Magnesiumchloride. Bei entsprechenden Luftfeuchten oder Niederschlägen würden sich diese Salze wiederum auflösen und zu einem weiteren Anstieg der Salzkonzentration im Haldenwasser führen. Durch ein erneutes Berieseln der Halden mit dem dabei entstehenden Haldenwasser würden sich diese Verbindungen im Haldenwasser somit aufkonzentrieren. Der Anfall von Haldenwasser könnte sich evtl. in der Menge etwas reduzieren, aber es würde auch zu einem entsprechenden Anstieg des Salzgehaltes im verbleibenden Haldenwasser kommen. Höhere Gehalte an Magnesiumchlorid im Haldenwasser wären die Folge.

Ein Anstieg von Magnesiumchloridverbindungen im Rückstand bzw. im Mantelbereich der Halden führt nachweislich zu einer Verringerung der Standsicherheit der Halden. Bei der vorhandenen Hangneigung würde eine Erhöhung von Magnesiumchlorid unweigerlich zu einem Anstieg von Rutschungen des Haldenmaterials bzw. zu einer höheren Instabilität des Haldenmantels führen. Dies stellt ein großes Sicherheitsproblem bei der Haldenbewirtschaftung dar und ist nicht zu verantworten.

Zudem besteht die Gefahr das beim feinen Versprühen (Berieseln) der Halden mit Haldenwasser ein Teil durch Wind als feine Tröpfchen ins Umland der Halden getragen würden. Eine entsprechende Salzbelastung der Haldenumgebung wäre die Folge. Die Alternative, den Rückstand mit Haldenwasser verstärkt anzufeuchten führt aber, wie schon gesagt zu einer höheren Instabilität des Haldenmantels bzw. des frisch aufgehaldeten Materials, entsprechende Haldenrutschungen wären die Folge.

4.1.3.4 Maßnahme 1.3.4 Nanofiltration

Ziel

- Reduzierung des Anfalls von Produktionsabwässern bzw. der Fracht

Beschreibung

Nanofiltration ist eine relativ neue Trennmethode. Es ist ein Trennverfahren mit hoher Selektivität. Sie kombiniert die Eigenschaften von Ultrafiltration und Umkehrosmose. Mit der Nanofiltration können sehr gut zweiwertige Anionen, wie z.B. Sulfat zurückgehalten werden.

Die Nanofiltration wird bereits heute eingesetzt in Elektrolyseanlagen (zur Aufkonzentration der sulfathaltigen Natriumchlorid-Abstoßsole), ebenso bei der Solereinigung anstelle einer Natriumsulfatkristallisation.

Es ist vorstellbar, dass die Nanofiltration in folgenden Kalibereichen eingesetzt werden könnte:

- Aufkonzentrierung von Magnesium- und Kaliumsulfat gegen Chloride
- Abtrennung von Magnesiumchlorid im Kaliumsulfatprozess (unpolares Verhalten des Magnesiumchlorids)
- Variante des Methanolverfahrens zur Kaliumherstellung:
 - Fällung von Kaliumsulfat aus Abstoßlösungen durch Lösemittelzusatz
 - Einsatz hochmolekularer Lösemittel wie Puriol anstatt niedrigmolekularem Methanol
 - Lösemittelrückgewinnung durch Nanofiltration statt Destillation

Diese Einsatzbereiche sind allerdings noch nicht erprobt und es besteht noch entsprechender Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Das Verfahren sollte von daher in 6 Jahren erneut überprüft werden.

4.2 Diffuse Einträge reduzieren

4.2.1 Versenkung

4.2.1.1 Maßnahme 2.1.1 Versenkstandorte verlegen/ Rückförderung aus dem Plattendolomit

Ziel

- Reduzierung der diffusen Einträge

Verlegung der Versenkstandorte

Bei einer Verlegung der Versenkstandorte ist die Frage nach Möglichkeiten neuer Lokationen am Rande oder außerhalb des bisher von der Versenkung beeinflussten Gebietes zu beantworten.

Die Positionierung neuer Versenkbohrungen in westlicher bzw. östlicher Richtung ist nicht möglich, weil dies zu einer Gefährdung der Kurbäder Bad Hersfeld bzw. Bad Salzungen führen könnte.

Es verbleiben potentielle Versenkstandorte in SW- bzw. SE-Richtung zur Eiterfelder Mulde hin.

Hierbei sind folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- Ungünstigere Versenkeigenschaften im Plattendolomit wegen geringerer Mächtigkeiten (Abnahme auf < 10 m) und zunehmendem Tonanteil
- Hydrogeologische Situation mit unbekanntem, nicht sicher prognostizierbaren Auswirkungen in bisher nicht beeinflussten Gebieten
- Gegenüber dem Ist-Zustand ergibt sich keine Veränderung, denn es erfolgt eine Entlastung verdrängter Plattendolomitwässer letztendlich über Nebenflüsse zu den Vorflutern Werra oder auch Fulda

Neben den nicht kalkulierbaren Auswirkungen in einem neuen Versenkgebiet werden weiterhin über Jahrzehnte die bekannten diffusen Einträge in die Werra zu beobachten sein, da die Entlastung des Plattendolomits in der tief gelegenen Werra-Aue schon durch die natürliche hydraulische Kommunikation mit höher gelegenen Einzugsgebieten bewirkt wird. Das bedeutet, dass sich voraussichtlich die diffusen Einträge nur langsam reduzieren werden.

Im genutzten Versenkgebiet sind die geologischen und hydrogeologischen Modelle zur Beschreibung des Geschehens bekannt. Sie finden jährlich Bestätigung in der Auswertung der behördlich auferlegten hydrogeologisch-hydrochemischen Untersuchungen bzw. Beobachtungen. Flächenhaft wird die Versenkung an der Werra im Umfeld von über 500 km² z. T. seit mehr als 70 Jahren beobachtet, so dass Entwicklungen sehr gut eingeschätzt werden können.

Durch die Jahrzehnte währende Praxis der Salzabwasserversenkung in den Plattendolomit hat sich ein stabiles hydrodynamisches Regime etabliert, bei dem die Austritte von Salzwasser an der Oberfläche (diffuse Einträge) in ihren Auswirkungen dokumentiert und zudem seit vielen Jahren stark rückläufig sind.

Hauptsächliches Bestreben ist es, die Salzabwassermengen weiter zu minimieren und dadurch die Entsorgungswege insgesamt weniger zu belasten.

Fazit

Die Verlegung der Versenkstandorte würde nach jetzigem Kenntnisstand keine Reduzierung der diffusen Einträge bewirken. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass es dann zu Einträgen in bisher nicht belastet Gebiet kommen könnte.

Rückförderung aus dem Plattendolomit

Grundsätzlich ist mit einer Rückförderung von Salzwasser aus dem Plattendolomit eine Entlastung des Versenkhorizontes gegeben.

Im Jahr 2005 stehen der Rückförderung (über zwei Bohrungen) von 0,2 Mio. m³ die Versenkung von 6,4 Mio. m³ Salzwasser gegenüber.

Aus hydrodynamischer Sicht ist zwar ein lokaler kurzzeitiger Absenkungstrichter durch die Rückförderung vorhanden, jedoch werden keine unmittelbaren Auswirkungen auf die Höhe der diffusen Einträge erreicht, da die Rückfördermengen gering sind. Selbst bei Einrichtung von mehreren Rückförderbohrungen würde voraussichtlich kein entscheidender Entlastungseffekt erzielbar sein.

Grund hierfür sind einmal die technischen Randbedingungen (Bohrlochausbau, Förderkapazitäten) und die hydrologischen Verhältnisse (ausreichend Wasserführung der Werra).

Eine weitere Möglichkeit zur Eingrenzung diffuser Einträge in die Werra, nämlich die hydrostatische Situation so zu ändern, dass eine flächige und dauerhafte Absenkung des Druckspiegels im Plattendolomit weit unter die Geländeoberfläche der Werra-Aue erzielt wird, kann mit der Rückförderung nicht erfüllt werden, da auch der natürliche Druckspiegel noch über der Werra-Aue liegt.

4.2.1.2 Maßnahme 2.1.2 Versenkung einstellen bzw. reduzieren

Ziel

- Vermeidung/Minderung der diffusen Einträge in die Werra

Geologischer Überblick

Als Versenkhorizont dient der Kluftgrundwasserleiter Plattendolomit (Zechstein 3).

Die spezifisch schweren Salzabwässer folgen in ihrer Ausbreitung dem Sohlgefälle des Plattendolomits und verdrängen das Formationswasser in höher gelegene Bereiche. Es entsteht eine Mischungs- und Verdrängungszone, die die Ausbreitung des versenkten Salzabwassers charakterisiert. Dabei stellen die Muldenpositionen des Plattendolomits auch über geologische Zeiträume relativ sichere Versenkräume dar.

Natürlich bedingt und durch die Salzabwasserversenkung verstärkt, treten jedoch örtlich begrenzte Salzwasserübertritte in Süßwasser führende Grundwasserstockwerke oder sogar in den Vorfluter auf.

Diese Einträge sind seit vielen Jahren rückläufig. Die nicht steuerbaren Einträge pendeln sich in den letzten Jahren auf einer Höhe von ca. 17 kg/s Chlorid ein. Durch die Einstellung/Reduzierung der Versenkung sollen sich die diffusen Einträge minimieren.

a.) Versenkung einstellen

Wenn man nunmehr die Versenkung einstellen würde, müssten entweder

- die Grenzwerte in der Werra massiv erhöht werden ,
- massive Produktionsreduzierungen bzw. andere Salzabwasserreduzierung erfolgen
- andere Entsorgungsmöglichkeiten gefunden werden

Um die Größenordnung zu ermitteln, wie hoch der Grenzwert festgelegt werden müsste, wurde folgende Abschätzung durchgeführt.

Die jährlichen Versenkmengen werden gleichmäßig verteilt in die Werra zusätzlich zu den bisherigen Einleitmengen eingeleitet. Hierbei würde sich eine durchschnittliche Chloridkonzentration in Gerstungen von 4.700 mg/l Chlorid ergeben. Allerdings wurden dabei Konzentrationsspitzen aufgrund von

Niedrigwasser nicht berücksichtigt. Diese würden für das Jahr 2005 bei ca. 7.800 mg/l liegen.

Weiterhin müsste berücksichtigt werden, dass die Salzlaststeuerung nicht 100 % den Grenzwert einhalten kann, d.h. es müsste noch eine ca. 10 % Erhöhung der Grenzwerte mit eingeplant werden.

Daher müsste ein Grenzwert von ca. 5.000-5.500 mg/l Chlorid festgelegt werden. Dies wäre allerdings wasserrechtlich nicht genehmigungsfähig.

Wann und in welchem Umfang sich durch diese Maßnahme eine nachhaltige Reduzierung der diffusen Einträge einstellen würde, lässt nur schwer abschätzen, da es sich um ein komplexes großräumiges System handelt, welches sehr langsam reagiert.

Massive Produktionsreduzierungen würde nach jetzigem Kenntnisstand die Wirtschaftlichkeit der Kaliumaufbereitung an der Werra bzw. an einzelnen Standorten in Frage stellen.

Möglichkeiten zur Salzabwasserreduzierung bzw. anderen Entsorgungsmöglichkeiten sind bei den weiteren Maßnahmen beschrieben.

b.) Versenkung reduzieren

Die Versenkung zu reduzieren könnte über 2 unterschiedliche Maßnahmen realisiert werden.

Eine rechnerische Reduzierung der Versenkung könnte erfolgen durch entsprechende Rückfördermengen. D.h. das Versenkbrunnen auch bzw. nur als Rückförderbrunnen genutzt werden und in Zeiten mit hoher Wasserführung aus dem Plattendolomit salzbelastetes Wasser zurückfördern und in die Werra einleiten. Dies wird auch schon praktiziert, könnte aber noch erweitert werden. Ob sich durch diese Maßnahme die diffusen Einträge reduzieren lassen ist, wie bereits bei der Maßnahme „Versenkung einstellen“ erwähnt, nicht genau verifizierbar.

Eine weitere Möglichkeit die Versenkung zu reduzieren wäre dadurch erreichbar, dass der Grenzwert besser ausgenutzt wird. Dies wäre evtl. durch folgende Teilmaßnahmen möglich:

- zusätzliche Einleitstelle hinter dem Wehr Berka (kurz vor dem Pegel Gerstungen), um die Salzlaststeuerung zu optimieren. Hierdurch könnte eine bessere Feinsteuerung unter Einbeziehung aller diffusen Einträge erfolgen.
- Optimierung der Salzlaststeuerung

4.2.2 Austrittsstellen

4.2.2.1 Maßnahme 2.2.1 Kieselsee Dankmarshausen

Ziel

- Einhaltung des Grenzwertes am Pegel Gerstungen
- Vergleichmäßigung der diffusen Einträge aus dem Kieselsee

Beschreibung

Im Rahmen ihre Einleitungserlaubnis ist die K+S Kali GmbH für die Salzlaststeuerung der Werra verantwortlich. Dazu müssen die Grenzwerte am Pegel Gerstungen eingehalten werden. Die am Pegel Gerstungen gemessenen Werte sind in erheblichem Maß von diffusen Salzeinträgen aus dem Raum zwischen Widdershausen und Gerstungen beeinflusst. Diese betragen im Mittel ca. 8 kg/s Cl.

Eine diffuse Einleitung resultiert mit hoher Wahrscheinlichkeit aus einem kurzzeitig verstärkten Überfließen von stark salzhaltigem Wasser, resultierend aus diffusen Salzaufstiegen innerhalb der Werratalaue, aus dem Kieselsee 1 bei Dankmarshausen in die Werra. Diese Tatsache leitet sich aus starken Schwankungen des Wasserspiegels in Gerstungen und dabei häufig nachfolgenden Leitfähigkeitsspitzen des Werrawassers ab, welche erhöhte Salzgehalte anzeigen.

Eine Möglichkeit diese Leitfähigkeitsspitzen zu vergleichmäßigen, wäre die Errichtung einer Stauschwelle am Auslauf des Kieselsees, um den Abfluss zu vergleichmäßigen. Eine andere Möglichkeit wäre evtl. eine Sohlenabdichtung bzw. -erhöhung durchzuführen.

a.) Einbau eine Schwelle

Diese Möglichkeit wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht, um herauszufinden, welchen Einfluss der Einbau einer Stauschwelle auf die Leitfähigkeitsspitzen hätte. Ebenso wurde untersucht, ob und wie sich der Wasserspiegel im See ändern würde.

Es wurde berechnet, dass eine Stauschwelle von mindestens 15 cm sinnvoll wäre, deren Höhe am besten über einen Dammbalkenaufsatz nach Bedarf auf 30 cm erhöht werden könnte.

Somit könnte eine Vergleichmäßigung der diffusen Einträge aus dem Kieselsee Dankmarshausen erreicht werden.

Allerdings würde sich der Wasserspiegel des Kiesees in geringem Maße verändern.

Die Maßnahme wird weiterverfolgt.

b.) Abdichtung des Kiesees

Um den Zufluss höher mineralisierter Wässer zu unterbinden, soll dichtendes Material in den Kiesesee eingebracht werden. Das heißt, der gesamte Seeboden im Unterwasserbereich des Kiesees sollte qualifiziert abgedichtet werden.

Da es wegen der erforderlichen Wasserhaltung außerordentlich aufwendig wäre, den ca. 60 m tiefen See trocken zu legen, müsste der Einbau des Dichtungsmaterials unter der Wasseroberfläche erfolgen.

Nach heutigem Stand der Technik gibt es kein Verfahren, welches den flächenhaften Unterwassereinbau von bindigen Materialien zur Abdichtung in der erforderlichen Qualität und dauerhaft gewährleistet.

c.) Sohlenerhöhung des Kiesees

Um den Zufluss höher mineralisierter Wässer zu unterbinden, soll Material in den Kiesesee eingebracht werden. Das heißt, der gesamte Seeboden im Unterwasserbereich des Kiesees sollte eine entsprechend mächtige Schicht als Auflast aufgebracht werden.

Die Auffüllung bzw. Auflast kann so erfolgen, dass das Material nur „in das Wasser geworfen“ würde, bis eine entsprechende Schicht eingebracht ist.

Da diese Schicht nicht abdichtend ist, würden die Salzaustritte weiterhin in den Kiesesee erfolgen.

Darüber hinaus würde die Gefahr bestehen, dass bei einem Abhalten bzw. Reduzieren der Zuflüsse in den Kiesesee (falls die Schicht doch an einigen Stellen abdichtend bzw. hemmend wirken würde) anderenorts verstärkt Salzwasseraustritte erfolgen würden.

4.2.2.2 Maßnahme 2.2.2 Reduzierung der Einleitungen aus der Grube Springen

Ziel

- Reduzierung der diffusen Einträge

Beschreibung

Seit 1986 werden in Dorndorf geogene Salzlösungen, welche aus natürlichen Salzlösungsvorkommen in der Grube Springen entstammen, in die Werra eingeleitet.

Die Salzlösungen wurden beim Abbau der Kaliflöze angetroffen. Sie fließen über Spalten und Hohlräume aus dem Rotliegenden, dem Untergrund der Salzlagerstätte, zu.

Die Zuflüsse werden gefasst und da eine Auflösung der die Grubenhohlräume umgebenden Pfeiler zu befürchten ist nach übertage abgepumpt und in der Werra eingeleitet.

Alle Salzlösungen sind hochmineralisiert und annähernd NaCl-gesättigt.

Im Jahr 2005 wurden ca. 110.000 m³ Salzlösung aus der Grube Springen eingeleitet.

Durch die derzeit laufenden untertägigen Arbeiten soll ein Versiegen der Zuflüsse oder zumindest eine starke Zuflussreduzierung erreicht werden. Bevorzugte Methode ist dabei die gipsbildende Mineralsynthese, mit deren Hilfe die Zuflussspalten im Untergrund der Salzlagerstätte verschlossen werden sollen.

Bisher wurde damit der Zufluss um ca. 20.000 m³ pro Jahr reduziert.

Bis zu welchem Zeitpunkt eine komplette Versiegelung der Zuflüsse erreicht werden kann, ist derzeit nicht absehbar.

4.3 Einleitewerte

4.3.1 Maßnahme 3.1 Betrachtung weiterer Ionen

Ziel

- Verbesserung der Gewässergüte

Für die Einleitung von Salzabwasser aus dem Werk Werra gelten Grenzwerte für Chlorid und Härte, gemessen am Pegel Gerstungen. Allerdings sind im Salzabwasser noch andere Ionen vorhanden.

Die Zusammensetzung der Salzlösung weist erhöhte Anteile von Kalium, Kalzium, Magnesium und Sulfat aus. Insbesondere die erhöhten Kalium und Magnesiumkonzentrationen können von den aquatischen Organismen außerordentliche physiologische Anpassungsleistungen erfordern. Zudem können diese Stoffe bei einer Vielzahl aquatischer Organismen subletale oder letale Effekte bewirken.

Daher wäre es denkbar, auch für Kalium oder Magnesium (direkt und nicht nur indirekt über die Härte) eine Beschränkung bzw. Grenzwerte einzuführen.

Allerdings gibt es zurzeit keine genauen wissenschaftlichen Erkenntnisse, welcher Schwellenwert eine Verbesserung bewirken würde bzw. wie die Wechselwirkungen der einzelnen Ionen genau aussehen. Dabei muss im Hintergrund immer die hohe Chloridbelastung berücksichtigt werden.

Zurzeit wird ein umfangreiches Forschungs- und Untersuchungsprogramm mit folgender Fragestellung durchgeführt:

- inwieweit ist das ungünstige Ca-Mg-Verhältnis von < 1 für den angetroffenen biologischen Zustand ursächlich verantwortlich und ab welchem Verhältnis (ggf. auch unterhalb von 1) kann eine Verbesserung auftreten
- inwieweit spielen – trotz vergleichmäßiger Chloridkonzentration – die Schwankungen der übrigen Stoffparameter (Kaliabwasserinhaltsstoffe) für den angetroffenen Gütezustand eine signifikante Rolle und ob eine Vergleichmäßigung eine Gewässergüteverbesserung bewirken würde
- ist die Chloridkonzentration in der Größenordnung der vorhandenen 2.500 mg/l der alles bestimmende und überlagernde Parameter
- inwieweit ist die kombinatorische Wirkung der angetroffenen Ionenverhältnisse maßgebend für die biologische Beschaffenheit der Fließgewässer

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

- inwieweit sind die vorhandenen Kaliumkonzentrationen bestimmend für den angetroffenen Gütezustand und kann eine Begrenzung – etwa in der Höhe von 150 mg/l – eine Gewässergüteverbesserung bewirken

Belastbare Ergebnisse werden Ende 2008 erwartet. Danach wird weiter entschieden.

4.3.2 **Maßnahme 3.2 Änderung der bestehenden Einleitegrenzwerte**

Ziel

- Verbesserung der Gewässergüte

Eine Möglichkeit die Konzentrationen in der Werra zu vermindern, wäre eine Änderung der bestehenden Grenzwerte von 2.500 mg/l Chlorid und 90° dH am Pegel Gerstungen.

Eine Reduzierung der Grenzwerte hätte zur Folge, dass weniger Salzabwasser in die Werra eingeleitet werden kann. Daher müssten die anfallenden Salzabwassermengen entsprechend reduziert oder anderweitig entsorgt werden. Eine Erhöhung der Versenkung mit den bekannten Auswirkungen auf die diffusen Einträge ist zu vermeiden.

a.) Chlorid

- Würde man einen Grenzwert von 2.000 mg/l Chlorid festsetzen, könnten unter Berücksichtigung der diffusen Einträge ca. 25 % weniger Salzabwasser eingeleitet werden.
Außerdem wäre der Grenzwert von 2.000 mg/l an einigen Tagen im Jahr auch ohne Einleitung von K+S nicht einzuhalten. Als Beispiel ist hier das Jahr 2003 zu nennen an dem der Wert von 2.000 mg/l alleine durch die diffusen Einträge an 82 Tagen überschritten worden wäre.
- Würde man einen Grenzwert von 1.500 mg/l Chlorid festsetzen könnten unter Berücksichtigung der diffusen Einträge ca. 55 % weniger Salzabwasser eingeleitet werden.
Durch die diffusen Einträge wäre der Grenzwert in 2003 bei einem Wert von 1.500 mg/l fast ½ Jahr überschritten worden.

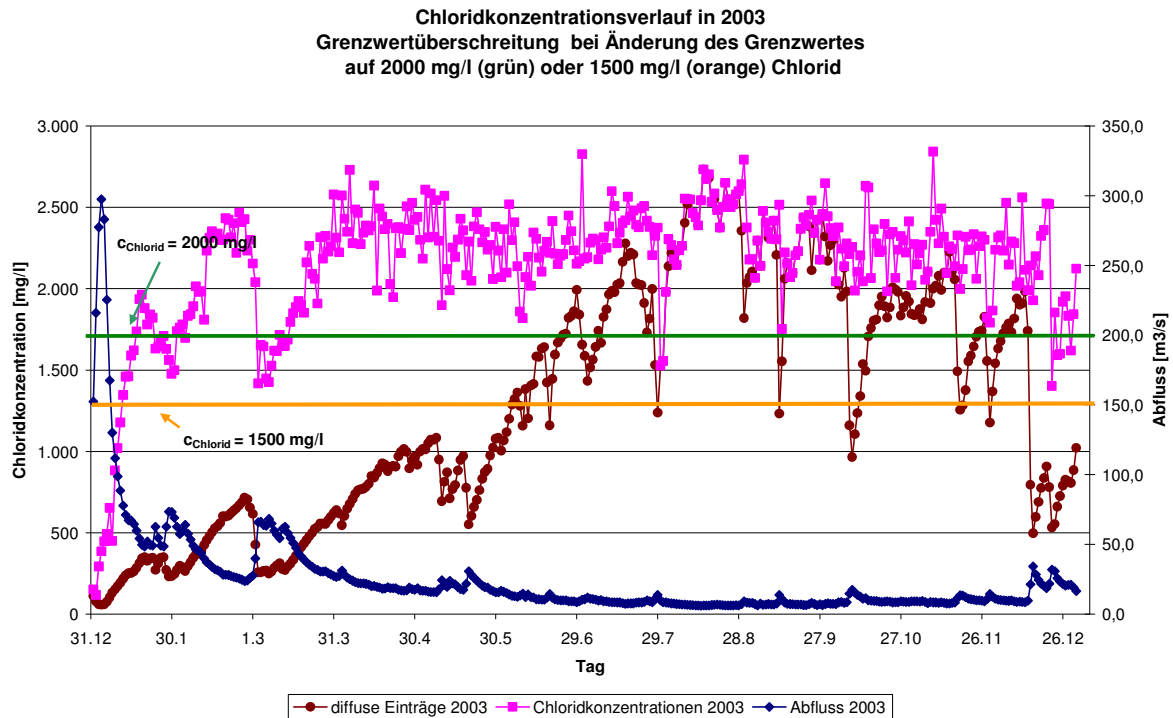


Abbildung 4-16: Chloridkonzentrationen im Jahresverlauf 2003

b.) Härte

Dieses Thema wurde bereits näher ausgeführt bei der Maßnahme „Betrachtung weiterer Ionen“. Da die Untersuchungen hierzu erst 2008 abgeschlossen sein werden, lässt sich hierzu noch nichts Genaueres sagen.

Fazit

Eine Herabsetzung des bestehenden Chloridgrenzwertes hätte folgende Auswirkungen:

- Deutliche Reduzierung der Salzabwassermengen ggf. durch größere Produktionseinschränkungen oder andere Entsorgungsmöglichkeit und –wege finden
- Nur bedingte Vergleichmäßigung der Chloridkonzentrationen (evtl. Verschlechterung für die Biozönose), da in Niedrigwasserphasen der neue Wert bereits durch die diffusen Einträge häufig überschritten werden kann

4.4 Auswirkungen minimieren

4.4.1 Verlegung der Einleitestellen

4.4.1.1 Maßnahme 4.1.1 Leitung an die Nordsee

Ziel

- Einstellung der Einleitung von Produktions- und Haldenabwasser in die Werra.
- Einstellung der Versenkung

Beschreibung

Der Bau einer Leitung an die Nordsee wurde schon einige Male von unterschiedlichen Expertengruppen untersucht.

Letzmalig im Jahr 1979 wurde im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung der Weser ein Rahmenentwurf zum Bau einer Salzabwasserleitung an die Nordsee geprüft. Die Gesamtinvestition wurde mit 1 Milliarde DM und die laufenden Betriebskosten mit 13 Mio. DM/Jahr angesetzt. Dabei wurde ein Kapitaldienst (Abschreibungen) nicht berücksichtigt. Diese Angaben stammen aus einer Vorstudie von Prof. H.-W. Holz, Universität Hannover, aus dem Jahr 1979.

Eine etwas detailliertere Aufstellung findet sich in einer Projektstudie des VEB Kombinat KALI aus dem Jahr 1977. Dort ist für eine Gesamtabwassermenge von rund 48,5 Mio. m³/a eine gemeinsame Leitung der Ost- und Westbetriebe des Werragebietes geplant worden. Die Kosten beliefen sich bei dieser Ermittlung auf einen Gesamtwert von 2.870 Mill. Ost-Mark, die jährlichen Betriebskosten wurden mit 137 Mio. Ost-Mark angegeben. Bei diesen Zahlen wurden Abschreibungen mit berücksichtigt.

Für die Realisierung wurde ein Zeitraum von 5 Jahren angenommen.

Die heutigen Preise für eine entsprechende Rohrleitung (Kapazität von max. 2.000 m³/h) liegen überschlägig bei rund 500 Euro/m Leitungslänge. Bei einer Länge von ca. 500 km ergäben sich somit Investitionskosten von mindestens 250 Mio. Euro alleine für die Leitung. Dazu kämen entsprechende Beträge für Pumpstationen, Zwischenspeicherbecken, Überwachungseinrichtungen etc. Die jährlichen Betriebskosten für Energie, Wartung, Instandhaltung etc. werden überschlägig mit jährlich etwa 13 Mio. Euro angenommen werden.

Die Kosten würden mit Planung und Bau der Leitung, Pumpwerke, Zwischenspeicherbecken etc. mindestens 400-500 Millionen Euro betragen.

Durch den Bau könnten die jährlich anfallenden Mengen an Salzabwasser (ca. 14 Mio. m³) direkt in die Nordsee eingeleitet werden.

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Für eine konkrete Kostenermittlung wären detaillierte Untersuchungen notwendig.

Das Problem der diffusen Einträge und deren Auswirkungen auf die Werra wäre trotz dieser Maßnahme weiterhin vorhanden. Es ist derzeit noch nicht genau vorhersagbar, wann und wie weit die diffusen Einträge zurückgehen werden.

Eine kurzfristige Verbesserung von Flora und Fauna würde wahrscheinlich nicht eintreten, sondern es könnte durch die Schwankungen der Chloridgehalte auch zu Verschlechterungen kommen. Erst wenn mittel- bis langfristig die diffusen Einträge zurückgehen, würde sich eine Verbesserung der Flora und Fauna einstellen.

4.4.1.2 Maßnahme 4.1.2 Leitung an die Weser

Ziel

- Einstellen der Einleitung von Produktions- und Haldenabwasser in die Werra.

Beschreibung

Durch den Bau könnten die jährlich in die Werra eingeleiteten Mengen an Salzabwasser (ca. 6 -7 Mio. m³) direkt in die Weser eingeleitet werden.

Der Bau einer Leitung an die Weser (Hann. Münden) würde bei einer Leitungslänge von ca. 120 km (Stecke Heringen – Hann. Münden) ca. 60 Mio. Euro kosten.

Die Werra würde nur von den direkt eingeleiteten Salzabwassermengen entlastet. Eine Reduzierung der Versenkmengen findet nicht statt.

Das Problem der diffusen Einträge bleibt weiterhin bestehen.

Weiterhin wird über die Auswirkungen auf Flora und Fauna bei einer direkten Einleitung in die Weser kontrovers diskutiert. Daher müssten vor einer möglichen Realisierung noch Untersuchungen durchgeführt werden

4.4.1.3 Maßnahme 4.1.3 Verlegung der Leitung von der Ulster an die Werra

Ziel

- Reduzierung der Salzlast im Vorfluter

Beschreibung

Bisher werden die Abwässer des Werkes Werra an unterschiedlichen Stellen in die Werra und Ulster eingeleitet.

Die Einleitungen der Prozesswässer von Hattorf, wie auch der Prozesswässer von Unterbreizbach erfolgen teilweise direkt in die Ulster.

In der folgenden Abbildung sind die Chloridkonzentrationen dargestellt.

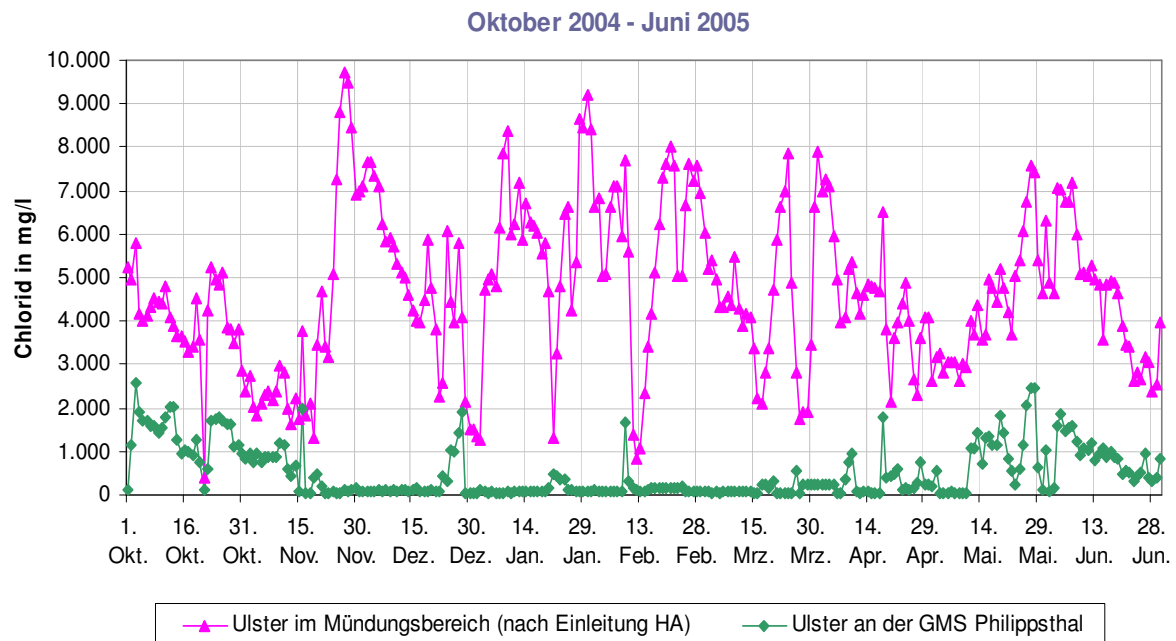


Abbildung 4-17: Chloridkonzentrationen im Mündungsbereich der Ulster

Durch die Verlegung der Einleitestelle für Salzabwassers des Standortes Hattorf von der Ulster an die Werra wird es zu keinen Einleitungen von Prozessabwässern aus diesem Werk mehr kommen.

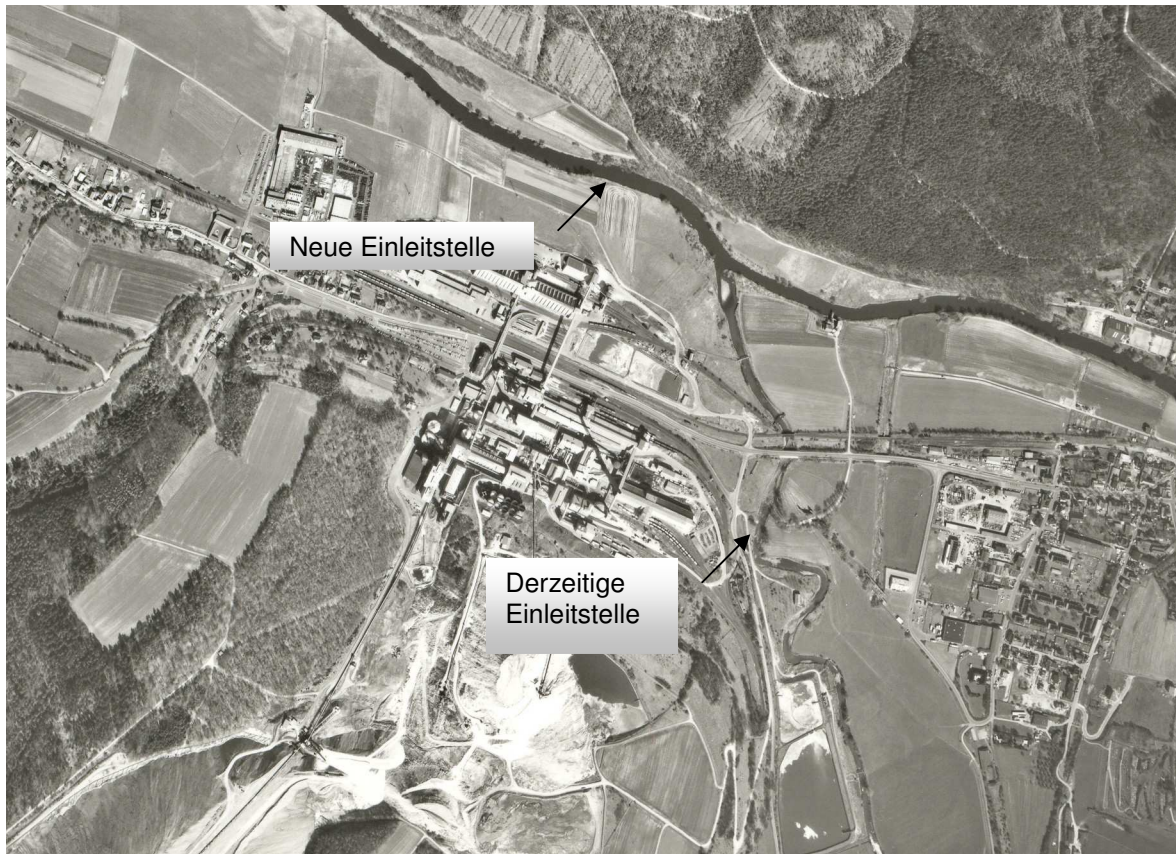


Abbildung 4-18: derzeitige und zukünftige Einleitstelle Hattorf (Quelle K+S)

Diese Maßnahme wird bis Ende 2006 umgesetzt.

Als nächster Schritt ist bis 2012 geplant, dass auch die Prozessabwässer des Werkes Unterbreizbach nicht mehr in die Ulster eingeleitet werden, sondern direkt in die Werra geleitet werden. Daraus ergibt sich eine weitere erhebliche Entlastung für die Ulster. Es können sich wieder natürliche Bedingungen einstellen. Die Durchgängigkeit und Durchwanderbarkeit ist dann wieder hergestellt.

Bis zu diesem Zeitpunkt (ab 2007 bis 2012) hat sich das Werk Werra verpflichtet eine Selbstbeschränkung der Einleitung des Standortes Unterbreizbach in die Ulster vorzunehmen, damit an der Gütemessstelle Philippsthal der Wert von 1.000 mg/l Chlorid (gegenüber dem festgelegten Grenzwert von 3.000 mg/l Chlorid) nicht überschritten wird.

4.4.2 Maßnahme 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge an der Breitzbachsmühle

Ziel

- Reduzierung der Salzlast im Vorfluter
- Fassung der diffusen Einträge

Beschreibung

Das Quellgebiet der Breitzbachsmühle ist der einzige bekannte Austrittspunkt für konzentrierte Salzwässer mit nachweisbaren Salzabwasseranteilen aus der Versenkung im Fuldaeinzugsgebiet.

Innerhalb der letzten Jahre werden vermehrt Messungen an der Quelle Breitzbachsmühle wie auch innerhalb des Breitzbaches und der Solz durchgeführt um die Entwicklung der Belastung darzustellen.

Anhand der bisherigen Daten lässt sich derzeit noch kein eindeutiger Trend für die weitere Entwicklung erkennen.

Die Schüttungsmenge der Quelle beträgt ca. 15-20 l/s und die Chloridfracht ist ca. 0,5 - 0,6 kg/s.

Allerdings sind aufgrund der Chloridfracht der Quelle Breitzbachsmühle der Breitzbach wie auch die Solz stark belastet.

In Niedrigwasserphasen erreicht die Chloridkonzentration in der Fulda Maximalwerte von 250 mg/l Chlorid. Das Ziel in der Fulda ist eine Chloridkonzentration von < 200 mg/l Chlorid.

Um den Breitzbach, die Solz und die Fulda zu entlasten, wäre eine Fassung der Quelle Breitzbachsmühle denkbar.

Um die Gewässer nachhaltig zu entlasten sind folgende Alternativen denkbar:

1. Einleitung in die Fulda durch Errichtung einer Leitung zur Fulda

Damit würden die Chloridkonzentrationen des Breitzbaches wie auch der Solz stark zurückgehen. Allerdings wäre dadurch nicht das Ziel von < 200 mg/l Chlorid in der Fulda erreicht. Dies würde sich nur einstellen, wenn die Chloridkonzentration und somit die Fracht der Quelle Breitzbachsmühle zurückgehen würde.

2. Einleitung in die Werra durch Errichtung einer Leitung zur Werra

Damit würden die Chloridkonzentrationen des Breitzbaches sowie der Solz stark zurückgehen. Ebenso würde die Fulda entlastet.

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Allerdings würde die Werra mit einer zusätzlichen Fracht von 0,6 kg/s belastet (Dies würde eine zusätzliche Salzfracht von < 2 % bedeuten). Das Salzabwasser könnte nicht direkt in die Werra eingeleitet werden, sondern müsste im Rahmen der Salzlaststeuerung mitberücksichtigt werden, damit der Grenzwert der Werra eingehalten wird.

Die Kosten für diese beiden Maßnahmen würden pro laufenden Meter ca. 500 € betragen und die Leitung an die Fulda wären je nach Streckenführung ca. 5 km, die Leitung an die Werra ca. 25-30 km lang. Die hierfür angenommenen Kosten für die Leitung sind eine grobe Schätzung und müssten bei entsprechender Detailplanung nochmals geprüft werden.

Eine weitere Alternative könnte sein, nicht generell das Salzwasser von der Breitzbachsmühle zur Werra zu transportieren, sondern nur während Niedrigwasserphasen der Fulda, wenn z.B. ein Wert von 200 mg/l Chlorid in der Fulda überschritten würde.

Dies würde eine Verbesserung für die Fulda darstellen und das Abwasserregime der Werra entlasten (bei der Annahme, dass dies 2 Monate im Jahr der Fall sein würde, wären die Mengen, die zusätzlich über die Werra entsorgt werden müssten < 0,5 % der Gesamtfracht).

Dies wäre durch folgende Alternativen machbar:

- a.) Bau einer Leitung an die Werra und deren Nutzung nur bei Niedrigwasser der Fulda
- b.) Schaffung der Infrastruktur zur Nutzung von LKW's (Bau von neuen Verkehrswegen (derzeitiger Zugang ein Feldweg, dann eine Straße, die für große Tanklastzüge geeignet ist), einem Abfüllplatz, mehrere Stapelbecken etc.)

Auch diese Mengen müssten bei der Salzlaststeuerung mit berücksichtigt werden.

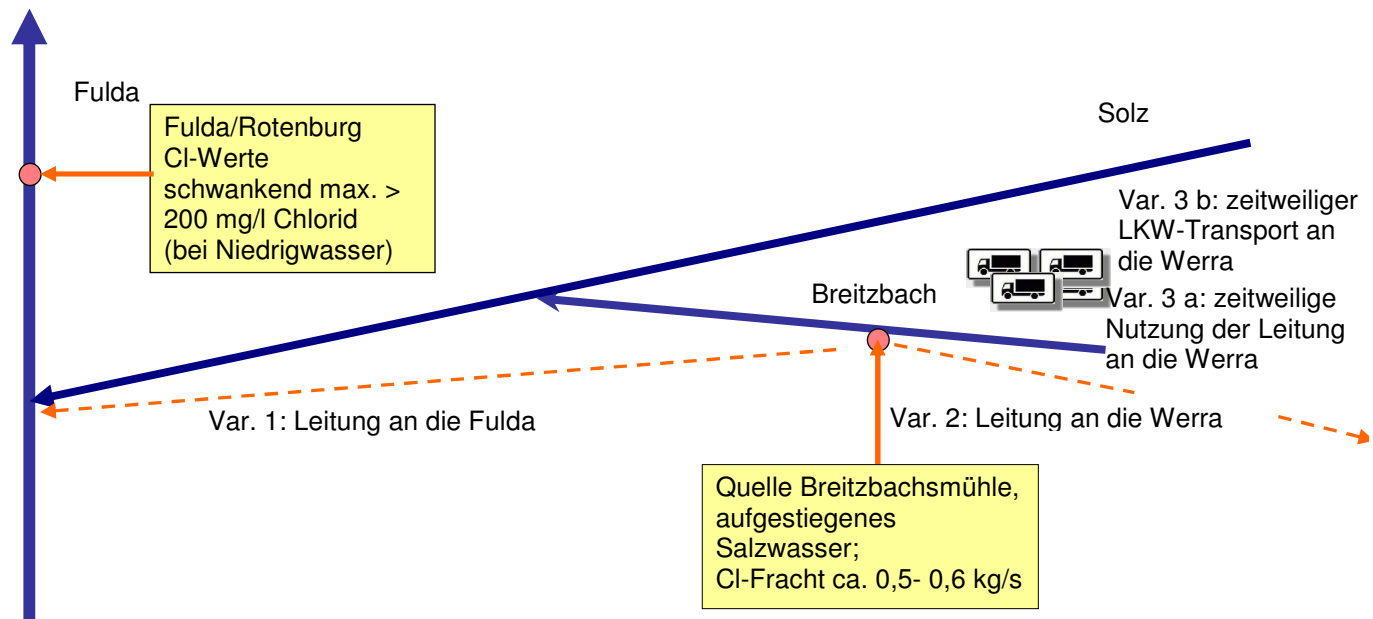


Abbildung 4-19: Schematische Darstellung der geplanten Maßnahme

Für die weiteren Schritte ist es notwendig die zukünftige Entwicklung der Salzfracht genau abzuschätzen. Dies ist durch weiteres Monitoring zu gewährleisten.

4.5 Teilmaßnahmen

Im Rahmen des Pilotprojektes wurde untersucht, welche Maßnahmen möglich sind. Ebenso wurde überprüft, ob auch Teilmaßnahmen möglich wären.

Es war von Anfang an unstrittig, dass das komplexe Problem nicht mit einer Maßnahme sondern nur mit einer Maßnahmenkombination geklärt werden kann. Es war klar, dass alle Maßnahmen die für umsetzbar gehalten werden, umgesetzt werden müssen. Bei Maßnahmen die komplett aus Kostengründen entfielen, wurde überprüft, ob eine Teilverwirklichung möglich ist. Die Ergebnisse dieser Überprüfung ist im Anhang in Tabelle 8–4 dargestellt.

Die Überprüfung ergab, dass folgende Maßnahmen sich kombinieren bzw. teilweise ausführen lassen:

- 1.1.1 Versatz
- 1.2.1 zusätzliche Produkte
- 1.3.1 Verdampfen

4.5.1 Teilausführung der Maßnahme 1.1.1 Versatz

Es ist möglich einen Teil des anfallenden festen Rückstandes nach Untertage versetzen. Dadurch würde sich die Aufhaltung reduzieren.

Wenn z.B. 10 % (1,1 Mio. t.) der jährlich anfallenden festen Rückstände von derzeit insgesamt 11 Mio. Tonnen versetzt werden würden, würden Kosten in Höhe von ca. 8,8 Mio. Euro anfallen. Diese Maßnahme würde 5.000 m³ Salzabwasser /Jahr von insgesamt 14 Mio. m³ einsparen. Nicht berücksichtigt wurde die langfristige Einsparung von Haldenabwasser, die sich dadurch ergibt, dass sich der Haldenwasseranfall insgesamt zeitlich verkürzt.

4.5.2 Kombination der Maßnahme 1.3.1 Verdampfen und 1.1.1 Versatz

Hierbei wurde die überprüft, ob es möglich wäre einen Teil des Salzabwassers zu verdampfen und die entstandenen Rückstände anschließend zu versetzen. Für diese Maßnahmenkombination wurden die Kosten mit dem möglichen Nutzen verglichen.

Wenn 10% (1,4 Mio m³ Salzabwasser) der vorhandenen Salzabwassermenge verdampft würde, würden Energiekosten bei Nutzung von konventionellen Energieträgern in Höhe von 17,4 Mio Euro anfallen. Zusätzlich müssten CO₂-Äquivalente gekauft werden und ein neues Kraftwerk errichtet werden.

Der Versatz der eingedampften Rückstände würden nochmals Kosten von ca. 4,8 Mio. Euro verursachen.

Daraus ergibt sich, dass für die Reduzierung des Salzabwasser um 10 % Kosten in Höhe von mindestens 22 Mio. Euro anfallen würden.

4.5.3 Kombination der Maßnahme 1.3.1 Verdampfen (zu MgCl₂) und 1.2.1 Herstellung von Magnesium

Hierbei wurde die überprüft, ob es möglich wäre ein Teil des Salzabwassers zu verdampfen, bis nur noch MgCl₂ in Lösung ist und aus diesem dann Magnesium herzustellen. Der eingedampfte Rückstand müsste aufgehaldet werden. Für diese Maßnahmenkombination wurden die Kosten mit dem möglichen Nutzen verglichen.

Wenn 10% der vorhandenen Salzabwassermenge verdampft würde, würden Energiekosten bei Nutzung von konventionellen Energieträgern in Höhe von 17,4 Mio. Euro anfallen. Zusätzlich müssten CO₂-Äquivalente gekauft werden und ein neues Kraftwerk errichtet werden.

Das dabei entstandene $MgCl_2$ würde dann zu Magnesium weiterverarbeitet werden. Dies ist nur möglich unter hohem Einsatz von Energie, bei entsprechenden Kosten. Evtl. würden Einnahmen durch den Verkauf von Magnesium erzielt werden können. Wie diese Kosten im Verhältnis stehen, ist durch uns nicht ermittelbar, deswegen gehen wir davon aus, dass die Kosten durch die Einnahmen ausgeglichen werden.

Daraus ergibt sich, dass für die Reduzierung des Salzabwassers um 10 % Kosten in Höhe von mindestens 17,4 Mio. Euro anfallen würden.

4.5.4 Maßnahmen in der Nachbergbauphase: 1.1.3 Haldenrecycling

Die Maßnahme Haldenrecycling ist derzeit nicht umsetzbar, da kurzfristig erhebliche Mengen an zusätzlichem Salzabwasser entstehen würden. In der Nachbergbauphase ist dies aber durchaus denkbar, da mit dieser Maßnahme ein Rückbau der Halden erreicht werden könnte und die Belastung durch Produktionsabwasser nicht mehr vorhanden ist.

4.6 Umsetzbare Maßnahmen

Durch die Erarbeitung der Maßnahmen wurde erkannt, dass es Maßnahmen gibt, die umgesetzt werden können. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst dargestellt

| | | | | |
|------------------|----------------------------------|---|--|--|
| Maßnahmen | 1. Salzabwasseranfall reduzieren | 1.1 Halde | 1.1.4 Optimierung Haldenentwässerung | |
| | | 1.2 Produktion | 1.2.2 Andere Produktions- und Abbauverfahren | |
| | 2. Diffuse Einträge reduzieren | 2.1 Versenkung | 2.1.2 Versenkung reduzieren | |
| | | 2.2 Austrittsstellen | 2.2.1 Kieselsee Dankmarshausen: Einbau einer Schwelle | |
| | | | 2.2.2 Grube Springen (Thüringen) | |
| | 3. Einleitewerte | 3.1 Zusätzliche Ionen betrachten | | |
| | 4. Auswirkungen minimieren | 4.1 Verlegung der Einleitstellen | 4.1.3 Verlegung der Einleitung von der Ulster in die Werra | |
| | | 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge (Möglichkeiten zur Fassung der diffusen Einträge Breitzbachsmühle) | | |

Tabelle 4–9: Zusammenfassung: machbare Maßnahmenkombination des Pilotprojektes

4.7 Maßnahmen, deren Umsetzung kontrovers diskutiert wurden

Im Laufe des Pilotprojektes wurden immer wieder die unterschiedlichen Sichtweisen deutlich. Gerade im Hinblick auf die Machbarkeit und Umsetzbarkeit konnte bei einigen Maßnahmen keine Einigung gefunden werden. Grund dafür war vor allem die unterschiedliche Sichtweise, was finanziell zumutbar ist. Da das Pilotprojekt jedoch die Meinungen aller Mitglieder darstellen soll, sind nachfolgend auch diese Maßnahmen aufgeführt.

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

| | | | |
|-----------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Maßnahmen | 1. Salzabwasseranfall reduzieren | 1.1 Halde | 1.1.1 Versatz |
| | 4. Auswirkungen minimieren | 4.1 Verlegung der Einleitstellen | 4.1.1 Leitung an die Nordsee |

Tabelle 4–10: Maßnahmen deren Umsetzungsmöglichkeit kontrovers diskutiert wurde

5 Festlegung von Bewirtschaftungszielen

5.1 Allgemeines

Im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie werden für Oberflächenwasserkörper und Grundwasserkörper Bewirtschaftungsziele erarbeitet.

Bewirtschaftungsziele werden für verschiedene Parameter der Wasserrahmenrichtlinie festgelegt. D.h. es werden auch Bewirtschaftungsziele für Struktur, Nährstoffe, Chlorid, prioritäre Stoffe etc. festgelegt.

Da bei diesem Pilotprojekt nur die Salzbelastung betrachtet wurde, werden auch nur Bewirtschaftungsziele hierfür festgelegt.

Als Bewirtschaftungsziel wird aufgrund der bekannten Vorbelastungen und der Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt für die Salzbelastung wie folgt formuliert:

- Reduzierung der diffusen Einträge
- Reduzierung der Salzbelastung im Vorfluter
- Reduzierung der negativen Folgen der Salzbelastung

Als vordringlichstes Ziel sind die diffusen Einträge zu reduzieren. Wenn sich die diffusen Einträge reduzieren, ist die Belastung für die Grundwasserkörper wie auch für die Oberflächenwasserkörper geringer. Eine drastische Reduzierung der diffusen Einträge würde die Möglichkeit eröffnen,, die Einleitewerte zu reduzieren.

5.2 Umweltziele

Aufgrund der Vorbelastung in Grund- und Oberflächenwasserkörpern ist es nach heutigem Kenntnisstand ungewiss, ob der gute Zustand für Chlorid gemäß LAWA-Vorgaben (200 mg/l Chlorid) innerhalb der Fristen der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen ist.

Falls dies nicht möglich ist, wären weniger strenge Umweltziele für die Oberflächen- und Grundwasserkörper für die Salzbelastung zu formulieren.

Als Vorgehen für die Prüfung von Ausnahmen vom guten Zustand ist entsprechend des Papiers „Gemeinsame Umsetzungsstrategie - Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie“ (LAWA) vorzugehen. Die Planungs- und Entscheidungsstufen im Projekt haben sich daran orientiert.

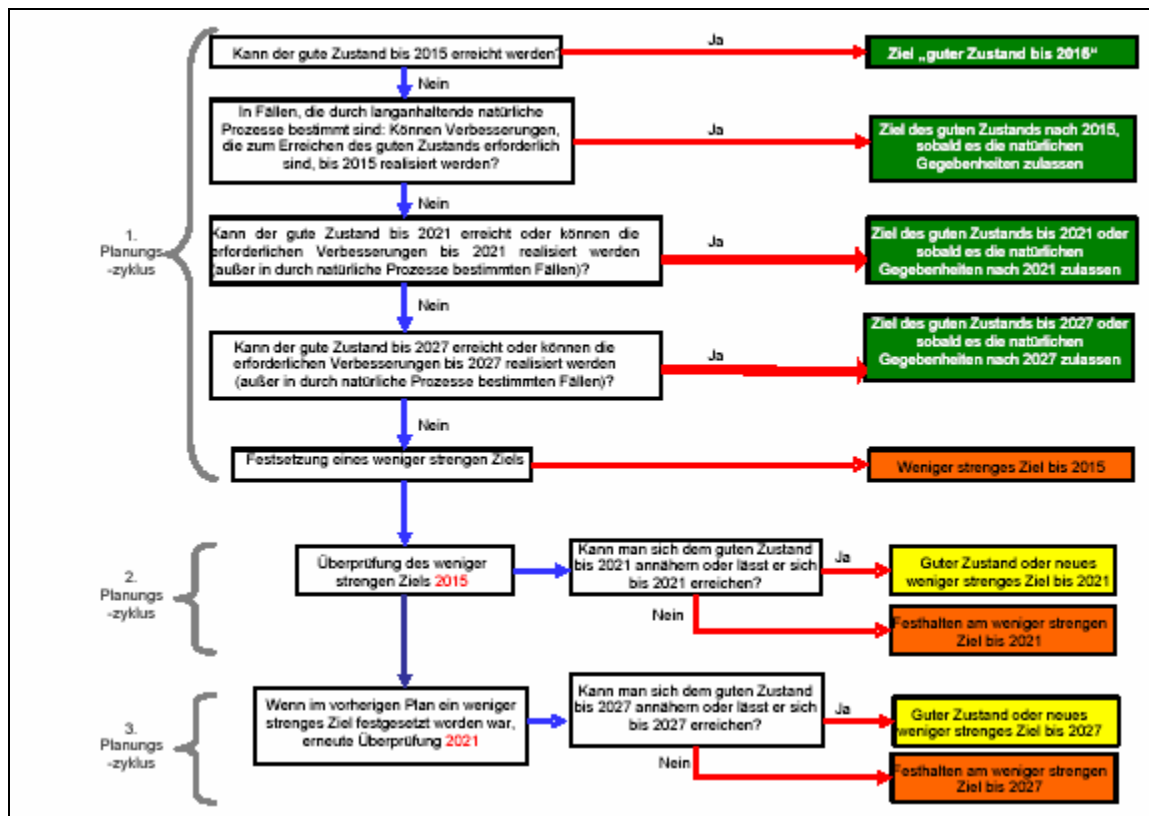


Abbildung 5-1: Wasserrahmenrichtlinie (WRRL): Gemeinsame Umsetzungsstrategie Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie - Redaktionsgruppe „Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie, 2005“

Von entscheidender Bedeutung bei der Inanspruchnahme von Ausnahmen ist die Realisierbarkeit der Maßnahmen und die ökonomische Begründung. Die hierfür notwendigen Schritte hatte der LAWA Arbeitskreis EU-ECON zusammengestellt.

Zum einen galt es, ein Baseline Szenario (siehe hierzu Kapitel 3) für die voraussichtliche Entwicklung bis 2015 zu erstellen und zum anderen die Auswahl der Maßnahmen neben der technischen Realisierbarkeit auch mit ökonomischen Aussagen zu hinterlegen.

Die Ermittlung der Kosten einer Maßnahme wurde von uns allerdings nur durchgeführt, wenn die Maßnahme umsetzbar war.

Da die Salzbelastung nur durch einen Verursacher hervorgerufen wurde, ist eindeutig, wer für die Umsetzung der Maßnahmen verpflichtet werden kann.

Allerdings gab es bei einigen Maßnahmen bis zum Abschluss des Pilotprojektes unterschiedliche Auffassungen was finanziell zumutbar ist (siehe Kap. 4.7). Über die Realisierbarkeit dieser Maßnahmen ist bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne weiter zu diskutieren und zu entscheiden. Erst danach können die Umweltziele formuliert werden.

5.3 Bewirtschaftungsziele

Im nachfolgenden Kapitel sind die Bewirtschaftungsziele für die einzelnen Wasserkörper konkretisiert und die entsprechenden Maßnahmen zugeordnet worden. Dabei wurden nur die Maßnahmen, die von allen Projektteilnehmer als umsetzbar angesehen wurden, aufgeführt. Zusätzliche Maßnahmen müssten ggf. ergänzt werden.

5.3.1 Bewirtschaftungsziel für die Solz (OWK He 42712.1 Solz)

Folgende Bewirtschaftungsziele werden für die Solz (Teilbereich: Salzbelastung) bis 2015 festgesetzt:

- Reduzierung der diffusen Einträge
- Reduzierung der Salzbelastung im Breitzbach, Solz und Fulda

Diese Ziele versucht man durch folgende Maßnahmen zu erreichen:

- Maßnahme 2.1.2 Versenkung reduzieren
- Maßnahme 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge (Möglichkeiten zur Fassung der diffusen Einträge Breitzbachsmühle)

5.3.2 Bewirtschaftungsziel für die Fulda (OWK He 42.4 Fulda/Bad Hersfeld)

Folgende Bewirtschaftungsziele werden für die Fulda (Teilbereich: Salzbelastung) bis 2015 festgesetzt:

- Reduzierung der diffusen Einträge
- Reduzierung der Salzbelastung auf Werte kleiner 200 mg/l Chlorid

Diese Ziele versucht man durch folgende Maßnahmen zu erreichen:

- Maßnahme 2.1.2 Versenkung reduzieren
- Maßnahme 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge (Möglichkeiten zur Fassung der diffusen Einträge Breitzbachsmühle)

5.3.3 Bewirtschaftungsziel für die Ulster (OWK Th 414_0+49 Untere Ulster)

Folgendes Bewirtschaftungsziel wird für die Ulster (Teilbereich: Salzbelastung) bis 2015 festgesetzt:

- Keine Salzabwassereinleitung in die Ulster

Aufgrund der heutigen Erkenntnisse wird davon ausgegangen, dass dieses Ziel bis 2015 erreicht wird und die Ulster für die Salzbelastung den LAWA-Richtwert für den „guten Zustand“ erreichen wird.

Dieses Ziel versucht man durch folgende Maßnahme zu erreichen:

- Maßnahme 4.1.3 Verlegung der Einleitung von der Ulster an die Werra

5.3.4 Bewirtschaftungsziel für die Werra (OWK He 41.4 Werra und Th 41_68+129 untere Werra bis Heldrabach)

Folgende Bewirtschaftungsziele werden für die Werra (Teilbereich: Salzbelastung) bis 2015 festgesetzt:

- Reduzierung der diffusen Einträge
- Verbesserung der Biologie
- Beibehaltung bzw. wenn möglich Reduzierung der bisherigen Grenzwerte

Innerhalb des nächsten Planungszyklus wird dann festgelegt wie das Bewirtschaftungsziel für 2021 festzusetzen ist.

Im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren 2012 wird ebenfalls die Situation und der Grenzwert überprüft und gegebenenfalls muss das Bewirtschaftungsziel angepasst werden.

Diese Ziele versucht man durch folgende Maßnahmen zu erreichen:

- Maßnahme 1.1.4 Optimierung Haldenentwässerung
- Maßnahme 1.2.2 Andere Produktions- und Abbauverfahren

- Maßnahme 2.1.2 Versenkung reduzieren
- Maßnahme 2.2.1 Kiessee Dankmarshausen: Einbau einer Schwelle
- Maßnahme 2.2.2 Grube Springen
- Maßnahme 3.1 Zusätzliche Ionen betrachten

5.3.5 Bewirtschaftungsziel für die Grundwasserkörper

Folgendes Bewirtschaftungsziel wird für die Grundwasserkörper bis 2015 festgesetzt:

- Reduzierung der diffusen Einträge

Innerhalb des nächsten Planungszyklus wird dann festgelegt wie das Bewirtschaftungsziel für 2021 festzusetzen ist. Allerdings ist die Trendumkehr schon eingetreten (Kapitel 3).

Dieses Ziel versucht man durch folgende Maßnahmen zu erreichen:

- Maßnahme 2.1.2 Versenkung reduzieren

5.3.6 Sonstiges: Struktur, Nitrat

Weiterhin ist die Projektgruppe sich einig, dass durch Strukturverbesserungen (z.B. Renaturierung der Auen, auenangepasste Nutzung) und Nährstoffreduktion (Reduzierung der organischen Einträge z.B. durch Erhöhung von Anschlussraten) ein deutlicher Beitrag, trotz der Salzbelastung, für eine wesentliche Verbesserung der Werra geleistet werden kann. Gerade durch Verbesserung der Struktur und durch Nährstoffreduktion können sich Synergieeffekte einstellen, die zu einer Erhöhung des Artenreichtums führen kann.

In diesem Zusammenhang sind Maßnahmen der Strukturverbesserung an der Werra zeitnah zu diskutieren und zu definieren und deren zeitliche Umsetzungsziele ebenso im Rahmen der Bewirtschaftungsziele festzulegen.

Erste praktische Umsetzungen könnte die Förderung von Gewässerdynamik an der Werra sein durch z.B. Entfernen von Uferverbauung, Flutmuldenanbindung, Nebenarmschaffung, Flussaufspaltung überall dort, wo entsprechend genügend geeignete Flächen zur Verfügung stehen.

6 Literaturverzeichnis

- AKADEMIE DER GEOWISSENSCHAFTEN ZU HANNOVER E.V., VOLKER LUKAS (2000): Kali- und Steinsalz in Deutschland
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LÄNDER ZUR REINHALTUNG DER WESER (1993): Fachtagung Salz in Werra und Weser – Ursachen, Folgen, Abhilfe –
- ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINHALTUNG DER WESER (ARGE WESER) (2000): Fachtagung Salz in Werra und Weser – Maßnahmen, Folgen, Zukunft -
- AUST, H., FRITSCHKE, J.-G. & SEDLACEK, R. A. (2000): Beseitigung von Abwässern und flüssigen Abfällen durch Tiefversenkbohrungen. - Handbuch der Müll- und Abfallbeseitigung, Lieferung 12/00; Berlin (Erich-Schmidt-Verlag).
- BÄTHGE, H.-G. (2002): Wasserwirtschaft in der deutschen Kaliindustrie. Kali und Steinsalz, 1/2002, S. 24-31. (Kaliverein e.V.)
- BEER, W. W. (1996): Kalilagerstätten in Deutschland. Kali und Steinsalz, Bd. 12, heft 1, 18-29, Essen (Glückauf)
- BEER, W. W. & KLUGE, S. (1999): Grundwasserspiegelmessungen zur Überwachung der Salzabwasserversenkung im Werra-Kaligebiet. Kali und Steinsalz 12, Nr. 11, Essen (Glückauf)
- BMBF VERBUNDVORHABEN(2005): Flussgebietsmanagement für die Werra- Abschlusspräsentation
- BMU, BERLIN (2004): Erneuerbare Energien- Innovationen für die Zukunft
- BREUER BARBARA, DIERS MAREN & SENF NICOLE (2001): Geoelectric measurements to determine salt input from the Werra River into the flood plain aquifer. – Zeitschrift für angewandte Geologie, Volume 47 (2001) Number 3 / 4, Hannover.
- BÜRO FÜR INGENIEURBIOLOGIE UND LANDSCHAFTSPLANUNG, WITZENHAUSEN (2005): Limnologische Untersuchungen der Fulda und einiger Nebenbäche bei Bad Hersfeld und Bebra sowie einiger Nebenbäche der Werra bei Heringen, Nachuntersuchungen 2001-2004
- DEPPE, S. UND PIPPIG, M. (2002): Erkundung und Maßnahmen zur Beherrschung der Salzlösungszuflüsse im Grubenfeld Merkers. - Kali und Steinsalz, 2/2002, S. 40-49. (Kaliverein e.V.)
- DIEKMANN, R. (2002): Renaturierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie mit geringem zusätzlichen Flächenbedarf am Beispiel der Halde des Kaliwerkes Sigmundshall. – Kali und Steinsalz, 3/2002 (Kaliverein e.V.)
- ECORING, DR. JÜRGEN BÄTHE, DR. ECKHARD CORING, DR. UWE KOOP, FISCHOR ULRICH MATTHES, FISCHWM REINALD WERNER (2002): Biologisch-ökologische Untersuchungen zur Abschätzung von Auswirkungen veränderter Salzeinleitungen auf die aquatische Flora und Fauna von Werra und Ulster

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

FINKENWIRTH, A. & FRITSCHKE, H.-G. (1993): Hydrogeologische Möglichkeiten und Grenzen der Versenkung. -In: Salz in Werra und Weser: Ursachen, Folgen, Abhilfe. - DVWK-Mitteilungen **24**, S. 40 - 66; Bonn.

FISCHEREIKUNDE AM INSTITUT FÜR WILDBIOLOGIE UND JAGDKUNDE DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN, GÜNTER BUHSE (1987): Fischereibiologische Auswirkungen durch die Salzstörungen in Werra und Weser

FRITSCHKE, H.-G. (1999): Salzabwasserversenkung und Grundwassertypisierung in Osthessen. –In: Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. –Geologie in Hessen, Bd. 5. Wiesbaden (HLfB)

FRITSCHKE, J.-G. (2000): Influences of Deep Well Injection of Waste Brine on the Environment in the Werra Potash Region, Germany. - Proceedings 8th World Salt Symposium Den Haag, Vol. 2, S. 867-870; Amsterdam (Elsevier Science B.V.).

FRITSCHKE, J.-G. (2001): Geologische Beratung zum Erdgaskavernenspeicher Reckrod; –Jahresbericht 2001 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, S. 107-108; Wiesbaden.

FRITSCHKE, J.-G. (2002): Die Erweiterung der Rückstandshalden der Kaliindustrie im Werra-Fulda-Kaligebiet- Maßnahmen zum Grundwasserschutz. – Jahresbericht 2001 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, S. 127-131; Wiesbaden.

IKSMS (2001): Aktionsprogramm Mosel-Saar, Wasserqualität, Bilanz 1990-1999

INGENIEURBÜRO FÜR UMWELTECHNIK, KATHARINA STOLL (UNVERÖFFENTLICHTE AUSGABE, 2005): Ursachenforschung für die erhöhte Chloridbelastung

INGENIEURBÜRO PROWA GMBH (UNVERÖFFENTLICHTE AUSGABE, 2006): Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Stauschwelle am Kiessee Dankmarshausen

ISSET - INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIEVERSORGUNG (2006): Multifunktionale Photovoltaik

KÄDING, K.-C. (2000): Die Aller-, Ohre, Friesland- und Fulda-Folge (vormals Bröckelschiefer-Folge). Stratigraphie und Verbreitung des z4 bis z7 im Zechstein-Becken. . –Kali und Steinsalz 13, 86 - 96, Essen (Glückauf).

KÄDING, K.-C. (2001): Die Werra-Fulda-Kalilagerstätte – 100 Jahre Förderung. – Kali und Steinsalz 14, Nr. 16, Essen (Glückauf).

KOORDINIERUNGS-AUSSCHUSS SALZABWASSER HESSEN-THÜRINGEN (KOSAAB) (1995): Sonderbericht Diffuse Einträge von Salzwasser in die Werra -1994. Hrsg.: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt.

KRUPP, RALF E. (2004): Kalibergbau und Aluminium-Recycling in der Region Hannover

K+S AG (2005): Nachhaltigkeitsbericht 2004

K+S KALI GMBH, M. STRUBE (2003): Speicherung der Salzabwässer auf den Standorten Hattorf und Wintershall des Werkes Werra – Optimierung der Speicherbewirtschaftung

K+S KALI GMBH, M. STRUBE (2002): Möglichkeiten zur Verbesserung der Grenzwertausnutzung in der Werra

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

- LUKAS, V. (2002): Kali- und Steinsalz in Deutschland . -Akad. Geowiss. Hannover, Veröffentl., **20**: 54 – 62.
- MINKLEY, W., BAUMERT, H., MÜHLBAUER, J. & GEIBLER, D. (2006): Sicherung von carnallitischen Abbaufeldern in der stillgelegten Grube Merkers. - Kali und Steinsalz, 2/2006, S. 12-19. (Kaliverein e.V.)
- ÖKOLOGIE UND UMWELTSICHERUNG, GÜNTER PODLACHA (1999): Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie, Untersuchungen zur Substratdeckung mit geringen Schichtstärken aus Bodenaushub-Wirbelschichtasche-Gemischen und ihrer Begrünung
- ÖKOLOGIE UND UMWELTSICHERUNG, HELGE SCHMEISKY, HUBERTUS HOFMANN (2000): Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie, Untersuchungen zum Salzaustrag, zu Sukzession sowie Maßnahmen und Erkenntnisse der Begrünung
- ÖKOLOGIE UND UMWELTSICHERUNG, HUBERTUS HOFMANN (2004): Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie, Untersuchungen zur Begrünung und zur Sukzession auf einer anhydritisch geprägten Rückstandshalde der Kaliindustrie im Werragebiet
- ÖKOLOGIE UND UMWELTSICHERUNG, MICHAEL LÜCKE (1997): Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie, Untersuchungen zum Standort, zur Begrünung mit Komposten und zur Gehölzsukzession von Rückstandshalden mit anhydritischen Auflageschichten
- ÖKOLOGIE UND UMWELTSICHERUNG, SILVIA NIESING (2005): Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie, Begrünungsmaßnahmen auf der Rückstandshalt des Kaliwerkes – Sigmundshall in Bokeloh
- ÖKOLOGIE UND UMWELTSICHERUNG, TOBIAS SCHEER (2001): Rekultivierung von Rückstandshalden der Kaliindustrie, Untersuchungen zur Nutzbarkeit aufbereiteter Salzschlacke der Sekundäraluminium-Industrie als Rekultivierungsmaterial einer Kali-Rückstandshalde
- SCHLOTZAUER, M. UND JAKOB T. (2005): Rückspülversatz im Grubenbetrieb Unterbreizbach des Werkes Werra der K+S KALI GmbH. - Kali und Steinsalz, 2/2005, S. 30-39. (Kaliverein e.V.)
- SCHMEISKY, H. (1998): Zur Begrünung von Rückstandshalden der Kaliindustrie – Ergebnisse einer 25jährigen Forschungsarbeit. Glückauf mit Kali und Steinsalz 134, Nr. 9, S. 501 – 515, Essen (Glückauf).
- SKOWRONEK, F., FRITSCHKE, J.-G., ARAGON, U. & RAMBOW, D. (1999): Die Versenkung von Salzabwasser im Untergrund des Werra-Kaligebietes. - Geologische Abhandlungen Hessen Bd. 105; Wiesbaden.
- TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN, INSTITUT FÜR HYDROBIOLOGIE, JOCHEN H.E. KOOP (UNVERÖFFENTLICHT, 1998): Auswirkungen der Magnesium-Wasserhärte auf die Gewässerökologie der Werra und Oberweser, nach Erhöhung des Grenzwertes für Gesamtwasserhärte auf 100 °dH
- TJADEN, PROFESSOR DR. (1915): Die Kaliindustrie und ihre Abwässer mit besonderer Berücksichtigung des Weserstromgebiets

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

UMWELTINFORMATIONEN FÜR NIEDERSACHEN, RALF. E. KRUPP (2003): Umweltschäden und stoffliche Verwertungspotentiale in der Kali- und Salzindustrie

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ, HUBERTUS HOFMANN (2005): Vegetationsentwicklung in salzbeeinflussten Bereichen nahe der Breitzbachsmühle (2002-2004)

WASSERWIRTSCHAFTSDIREKTION WERRA-GERA-UNSTRUT, H. ZIEMANN. (1966): Die Wirkung der Kaliabwässer auf die Flora und Fauna der Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Werra und Wipper

ZAPP, J. (2004): Projekt zur Gewinnung und Verarbeitung von Sylvinit im Werk Werra. - Kali und Steinsalz, 3/2004, S. 40-49. (Kaliverein e.V.)

ZAPP, J. UND LINDLOFF, U. (2003): Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit des Werkes Werra: Projekt zur Gewinnung und Verarbeitung von Sylvinit. - Kali und Steinsalz, 1/2003, S. 24-31. (Kaliverein e.V.)

7 Glossar

7.1 *Abbauverfahren*

Die bergmännischen Abbauverfahren im deutschen Kalibergbau lassen sich in zwei Grundtypen einordnen: einen für die am weitesten verbreitete flache Lagerung, wie sie im Werra-Kali-Gebiet vorliegt, und einen für die steile Lagerung (Salzstöcke), wie sie im Hannoverschen Revier vorliegt.

7.1.1 Flache Lagerung

Die in der flachen Lagerung angewandten Abbauverfahren sind dem Kammerpfeilerbau zuzuordnen („room-and-pillar“-Bau). Dabei handelt es sich um eine Bauweise, bei der Pfeiler zur Stützung des Gebirges stehen bleiben. Die Pfeilerabmessungen und Abbaubreiten werden durch Teufe, Baumächtigkeit und die von der Salzart abhängigen Gesteinsparameter bestimmt.

Bei allen Abbauverfahren in der flachen Lagerung wird heute meist ohne Versatz gearbeitet.

7.1.2 Kuppenabbau

Beim Kuppenabbau von Carnatillit werden Hohlräume aufgefahren, die maximal 40 m breit, 90 m hoch und zum Teil einige hundert Meter lang sind. Es werden keine Pfeiler stehen gelassen (nur in Unterbreizbach).

7.2 *Aufbereitungsverfahren*

7.2.1 Das Heißlöseverfahren

Das Heißlöseverfahren ist das älteste Verfahren zur Kaliumaufbereitung. Es wurde erstmals 1860 von dem Chemiker Grüneberg zur Gewinnung von Kaliumchlorid getestet und wird in gleicher Weise auch heute noch angewandt.

Es basiert auf dem temperaturabhängigen Löseverhalten. Während sich Steinsalz in Wasser abhängig von dessen Temperatur gleichermaßen gut löst, steigt die Löslichkeit von Kaliumchlorid mit der Temperatur. Nimmt beispielsweise ein Liter Wasser bei 25 °C nur 137 Gramm Kaliumchlorid auf, sind es bei 95 °C schon 265 Gramm je Liter.

Um Kaliumchlorid aus dem Rohsalz herauszulösen, wird eine Salzlösung, die an Stein- und Kalisalz gesättigt ist (bei 25 °C), erwärmt (diese Lösung nennt man

Mutterlauge). Nach der Erwärmung bleibt die Lösung an Steinsalz gesättigt, das Lösevermögen für Kali nimmt jedoch mit steigender Temperatur zu.

Nun wird der heißen Lösung Rohsalz zugemischt, die Kaliumminerale gehen in Lösung und das Steinsalz bleibt als Feststoff ungelöst. Durch Filtern oder Schleudern und Nachklären wird das feste Steinsalz abgetrennt. Aus der heißen, klaren Lösung wird dann durch Abkühlung in Vakuumkristallisationsanlagen ein Kaliumchlorid mit einer Reinheit von bis zu 97 Prozent gewonnen.

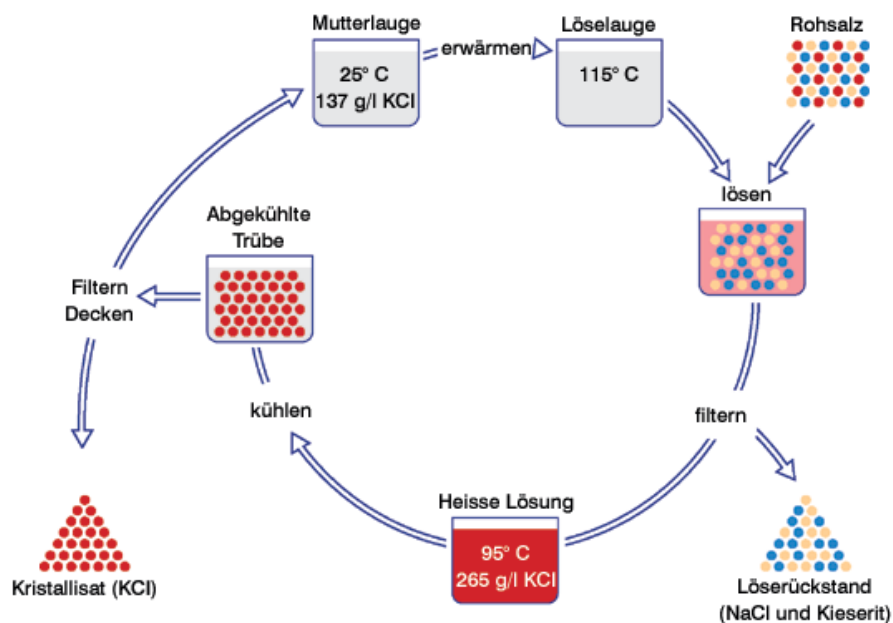


Abbildung 7-1: Das Heißlöseverfahren

7.2.2 Das Flotationsverfahren

Das Flotationsverfahren vermeidet den hohen thermischen Aufwand des Heißlöseverfahrens. Es verlangt allerdings ein so weitgehendes Aufmahlen des Rohsalzes, dass die einzelnen Minerale als unverwachsene Körner vorliegen. Danach werden sie in gesättigte Salzlösungen eingebracht. Dieser Flotationstrübe werden selektiv wirkende Sammler-Reagenzien zugesetzt. Solche Sammler-Reagenzien haften nur an Kaliumchloridkristallen und überziehen sie mit einem hauchdünnen Film, so dass sie wasserabstoßend werden. In die Flotationstrübe wird Luft eingeblasen, die bevorzugt an diesem Film haftet. Die aufsteigenden Luftblasen tragen so die Kaliumchloridkristalle an die Oberfläche und bilden einen Schaum, der mechanisch abgestreift wird. Nach der Flotation müssen die Kaliumchloridschäume und der in der Flotationstrübe zurückbleibende Rückstand der Salzlösung auf Filtern und Zentrifugen befreit werden. Die Salzlösung wird

geklärt, gereinigt und geht in den Flotationskreislauf zurück. Die Kaliumchloridprodukte werden getrocknet.

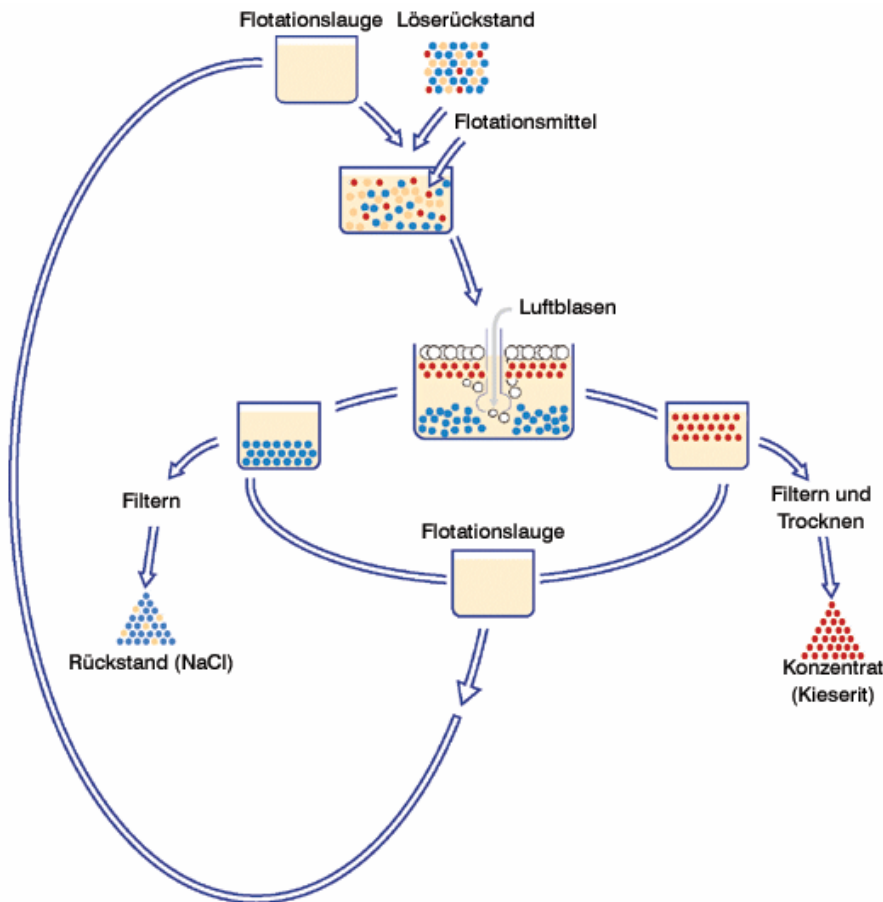


Abbildung 7-2: Das Flotationsverfahren

7.2.3 Das ESTA-Verfahren (elektrostatische Verfahren)

Das elektrostatische Verfahren verlangt wie die Flotation ein weitgehendes Aufschließen der einzelnen Minerale durch Aufmahlen. Danach wird das Rohsalz trocken einer chemischen und klimatischen Behandlung unterworfen. Infolge dieser Konditionierung werden die verschiedenen Minerale elektrostatisch aufgeladen, so dass sie anschließend beim Fall durch ein starkes elektrisches Feld verschiedenartig abgelenkt und getrennt aufgefangen werden können. So gelingt es, auf völlig trockenem Wege — gegebenenfalls durch mehrstufige Anreicherungen — das Rohsalz in seine verschiedenen Bestandteile zu zerlegen.

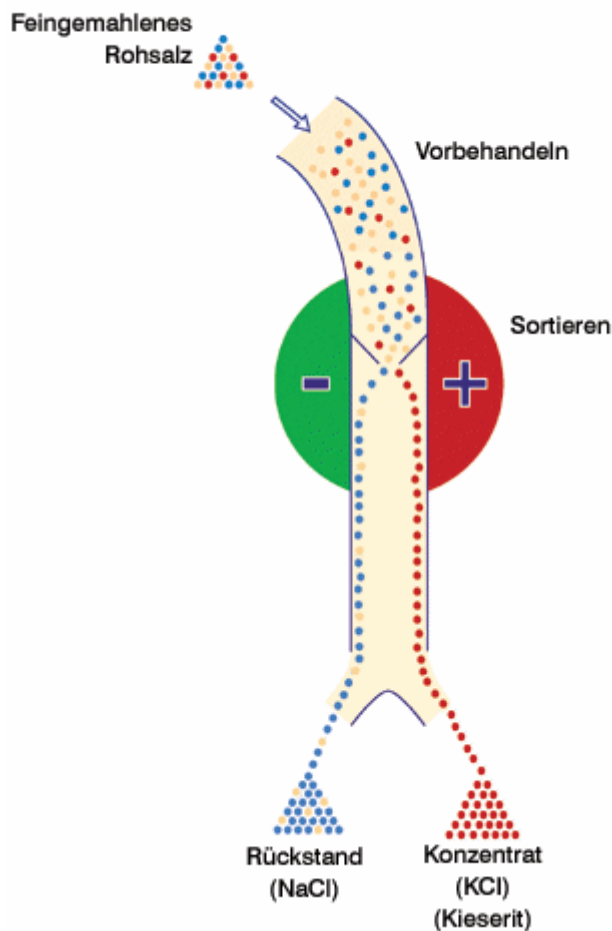


Abbildung 7-3: Das ESTA-Verfahren

7.3 Begriffserklärungen

Abbauverfahren von Steinsalz

bergmännischer Abbau - Auffahrung großer Abbaukammern durch Bohr- und Sprengarbeit und anschließende Förderung des festen Salzes nach über Tage

solende Gewinnung – Erschließung von Steinsalzvorkommen durch eine oder mehrere Tiefbohrungen und Auslaugung durch Einpressen von Wasser und Abziehen der gesättigten Sole (mit Salz gesättigtes Wasser)

Bischofit- Mineral Magnesiumchlorid ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)

Bittersalz - Magnesiumsulfat-Heptahydrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), auch bekannt als Mineral Epsomit, ist eine Magnesiumsulfat-Verbindung mit Wasser

Carnallit – Mineral $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ Doppelsalz bestehend aus Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid

Carnallitit – Salzmineral mit Carnallit und Halit als Hauptbestandteil

Evaporation - Verdunstung

Gipsbildende Mineralsynthese – Abdichten der Klüfte im Rotliegenden durch Bildung von Gips

Hangendes - bergmännische Bezeichnung für die über dem Flöz abgelagerten Gebirgsschichten (siehe Liegendes).

Halit- Mineral Steinsalz (NaCl)

Kaliumsulfat- Grundsätzlich wird bei der Herstellung von Kaliumsulfat Kieserit und Kaliumchlorid in 2 Reaktionsschritten umgesetzt.

Dabei fallen magnesiumchloridreiche Abwässer an, die nicht weiter verwertet, sondern als Abwasser entsorgt werden müssen.

Kieserit – Mineral Magnesiumsulfat-Hydrat ($MgSO_4 \cdot H_2O$)

Kieseritdeckwasser -Salzabwasser, dass bei der Reinigung von Kieserit entsteht. Der Anteil an Chlorid und Magnesium ist erheblich niedriger als bei Q-Lösung

Konvergenz - Druck aus alle Richtungen von außen auf das Gestein, dadurch Verkleinerung des Hohlraumes

Liegendes- bergmännische Bezeichnung für die unterhalb eines Flözes abgelagerten Gebirgsschichten (siehe Hangendes)

Löserfall – Herabfallen von Teilen der Firste, die durch Tonlagen im Salz schlechte Verbindungen haben

Lösespanne - Möglichkeit der Lösung des Salzes

Numerisches Modell - Dieses mathematisch hydrogeologische Rechenmodell ist eine Auflage der Versenkerlaubnis und kann die Entwicklung der diffusen Einträge und des Verbleibs des Salzabwassers im Untergrund genauer vorhersagen, als dies derzeit möglich ist.

PEHD – Polyethylen High Density, Polyethylen ist ein durch Polymerisation von Ethen [$CH_2 = CH_2$] hergestellter, teilkristalliner, thermoplastischer Kunststoff. Er gehört zur Gruppe der Polyolefine. Wenn die Polymerketten nur schwach verzweigt sind, ist die Dichte hoch und der Kunststoff trägt dann die Bezeichnung PEHD (Polyethylen mit hoher Dichte).

Puzzolanischer Effekt – Eigenverfestigung der Erde und Asche in Verbindung mit Wasser.

Puzzolane sind künstliche oder natürliche Gesteine, die erst durch ihren Gehalt an Kieselsäure und Kalkhydrat in Verbindung mit Wasser bindfähig werden.

Der Name stammt vom italienischen Ort Puteoli (heute Pozzuoli) am Fuße des Vesuv, wo bereits im Altertum große Mengen an puzzolanischer Vulkanasche gewonnen und für römischen Beton (lat. opus caementicium) verarbeitet wurde.

Natürliche Puzzolane sind entweder magmatische Gesteine oder Sedimentgesteine, die einen hohen Anteil an löslicher Kieselsäure und teilweise auch reaktionsfähigem Aluminiumoxid (Tonerde) enthalten. Zusammen mit Calciumhydroxid (Kalkhydrat) und Wasser reagieren Puzzolane hydraulisch und bilden Calciumsilicathydrate und Calciumaluminathydrate. Dies sind die gleichen Kristalle, die auch bei der Erhärtung (Hydratation) von Zement entstehen und die z. B. die Festigkeit und Gefügedichtigkeit von Beton bewirken. Natürliche

Puzzolane sind in erster Linie vulkanischer Tuff, in Deutschland insbesondere der rheinische Trass. Künstliche Puzzolane sind z. B. Flugaschen aus mit Steinkohle oder Braunkohle befeuerten Kraftwerken.

Q-Lösung - Salzabwasser mit einem hohen Anteil an Magnesium und Chlorid. Es entsteht bei der Verarbeitung von carnallitischen Salzen im Heißlöseprozess.

Sylvin – Mineral Kaliumchlorid (KCl)

Sylvinit – Sylvinit, ein kalireiches Gestein, besitzt als Hauptgemengeteil Sylvinit neben Halit.

Taubes Salz (gestein) - bezeichnet in der Bergmannssprache Salz(gestein), welches nicht verwertbar ist.

Teufe - Teufe ist die bergmännische Bezeichnung für Tiefe. Sie gibt an, wie tief ein Punkt unter Tage gegenüber einem definierten Referenzpunkt auf der Oberfläche liegt, wie tief er also „unter Flur“ ist. Das Vortreiben (Graben, Bohren) eines Schachtes nennt man auch abteufen.

Traglauge- Flotationslauge; Flüssigkeit in der das Salz gelöst wird

Ultrafiltration - Die Ultrafiltration bezeichnet eine Technik zur Abtrennung von makromolekularen Substanzen und zur Aufkonzentrierung derselben.

Umkehrosmose- Die Umkehrosmose ist ein physikalisches Verfahren zur Aufkonzentrierung von in Flüssigkeiten gelösten Stoffen. Bei der Umkehrosmose benutzt man Druck, um den natürlichen Osmose-Prozess (eine einseitig gerichtete (= selektive) Diffusion eines Lösungsmittels durch ein semipermeables (teildurchlässiges) Medium) umzukehren. Das Medium, in dem die Konzentration eines bestimmten Stoffes verringert werden soll, ist durch eine semipermeable Membran von dem Medium getrennt, in dem die Konzentration erhöht werden soll. Dieses wird einem Druck ausgesetzt, der höher sein muss als der Druck, der durch das osmotische Verlangen zum Konzentrationsausgleich entsteht. Dadurch können die Moleküle des Lösungsmittels gegen ihre „natürliche“ osmotische Ausbreitungsrichtung in den Bereich wandern, in dem die gelösten Stoffe bereits geringer konzentriert sind.

Umkristallisation - unter einer Umkristallisation versteht man hier einen Aufbereitungsschritt zur Verbesserung der Produktqualität.

Versatzarten:

Blasversatz – Verfüllen von Hohlräumen durch Einblasen von zerkleinerten, tauben, Gestein oder z.B. Rückstand durch Maschinen in die vorhandenen Hohlräume. Für dieses Verfahren müssen die Stoffe pneumatisch umschlagbar und förderbar sein

Spülversatz – Verfüllen von Hohlräumen durch Einspülen von Rückstandsmaterial mit Hilfe einer gesättigten Salzlösung durch Pumpen dieser Suspension in die vorhandenen Hohlräume.

Schleuderversatz – Verfüllen von Hohlräumen durch Verschleudern von feuchtem zerkleinerten, tauben Gestein oder z.B. feuchten Rückstand durch Maschinen in die vorhandenen Hohlräume. Für dieses Verfahren müssen die Stoffe pneumatisch umschlagbar und förderbar sein.

Schiebeversatz – Verfüllen von Hohlräumen durch Hineinschieben des Versatzmaterials als Schüttgut mit einem Fahrlader oder einer Planierraupe in den Versatzraum, anschließendem Befahren des Versatzes sowie durch Schieben bis unter den First (mehrstufiger Versatz).

8 Anhang

8.1 Wasserkörper des Pilotprojektes

| Wasserkörperart | Wasserkörper-Nr. | Bezeichnung |
|-----------------|------------------|-----------------------------|
| OWK | He 42712.1 | Solz |
| OWK | He 42.4 | Fulda/Bad Hersfeld |
| OWK | He 41.4 | Werra/Philippsthal |
| OWK | Th 414_0+49 | Untere Ulster |
| OWK | Th 41_68+129 | Untere Werra bis Heldrabach |

| Wasserkörperart | Wasserkörper-Nr. | Weser-ID |
|-----------------|------------------|----------------------------|
| GWK | 4250_5201.1 | 4_1044 (ehemals 4_1018) |
| GWK | 4140_5201 | 4_0013 |
| GWK | 4150_5206 | 4_0017 |
| GWK | 4150_5201 | 4_0016 |

Tabelle 8–1: Wasserkörper des Pilotprojektes

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

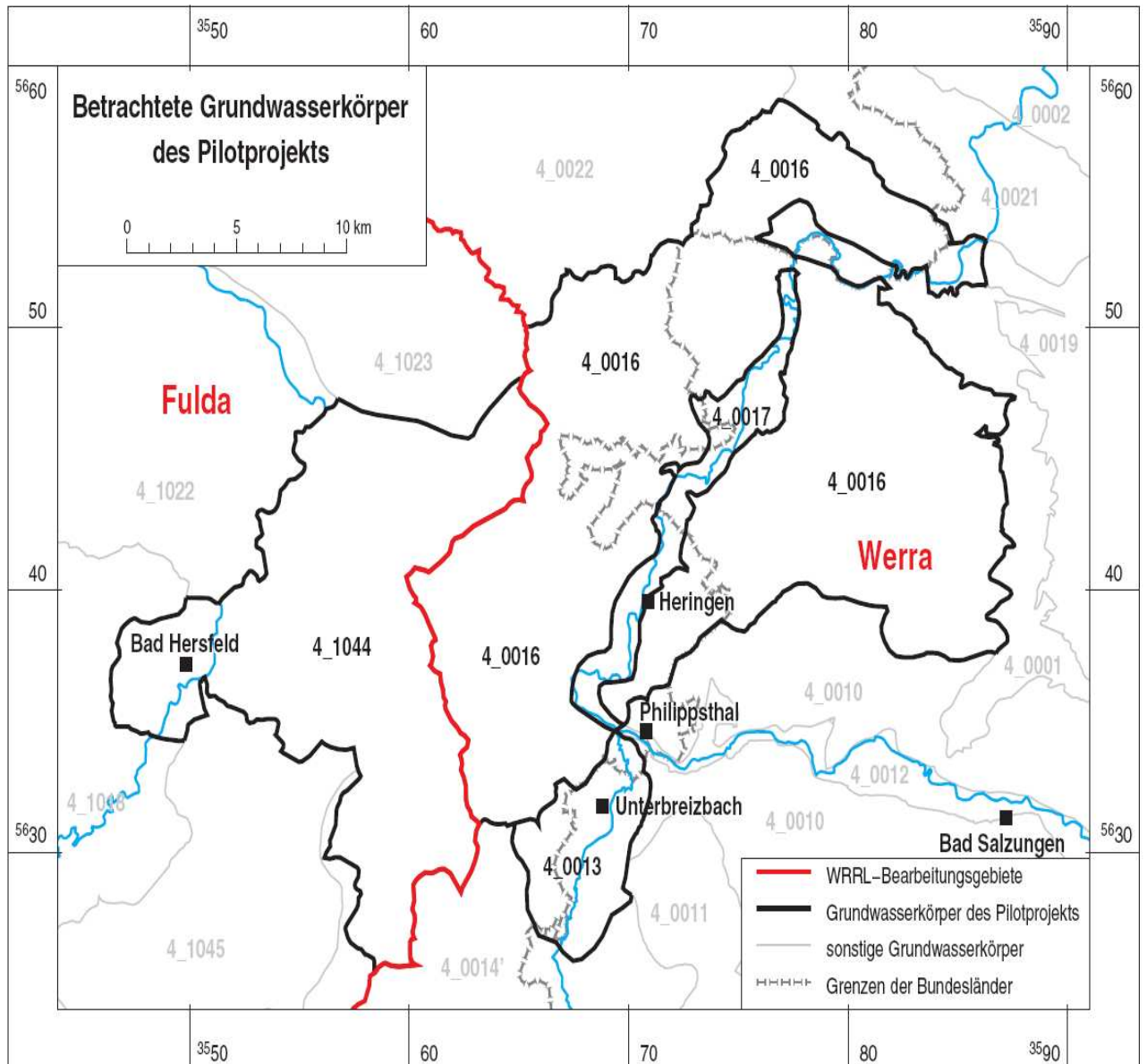


Abbildung 8-1: Grundwasserkörper des Pilotprojektes

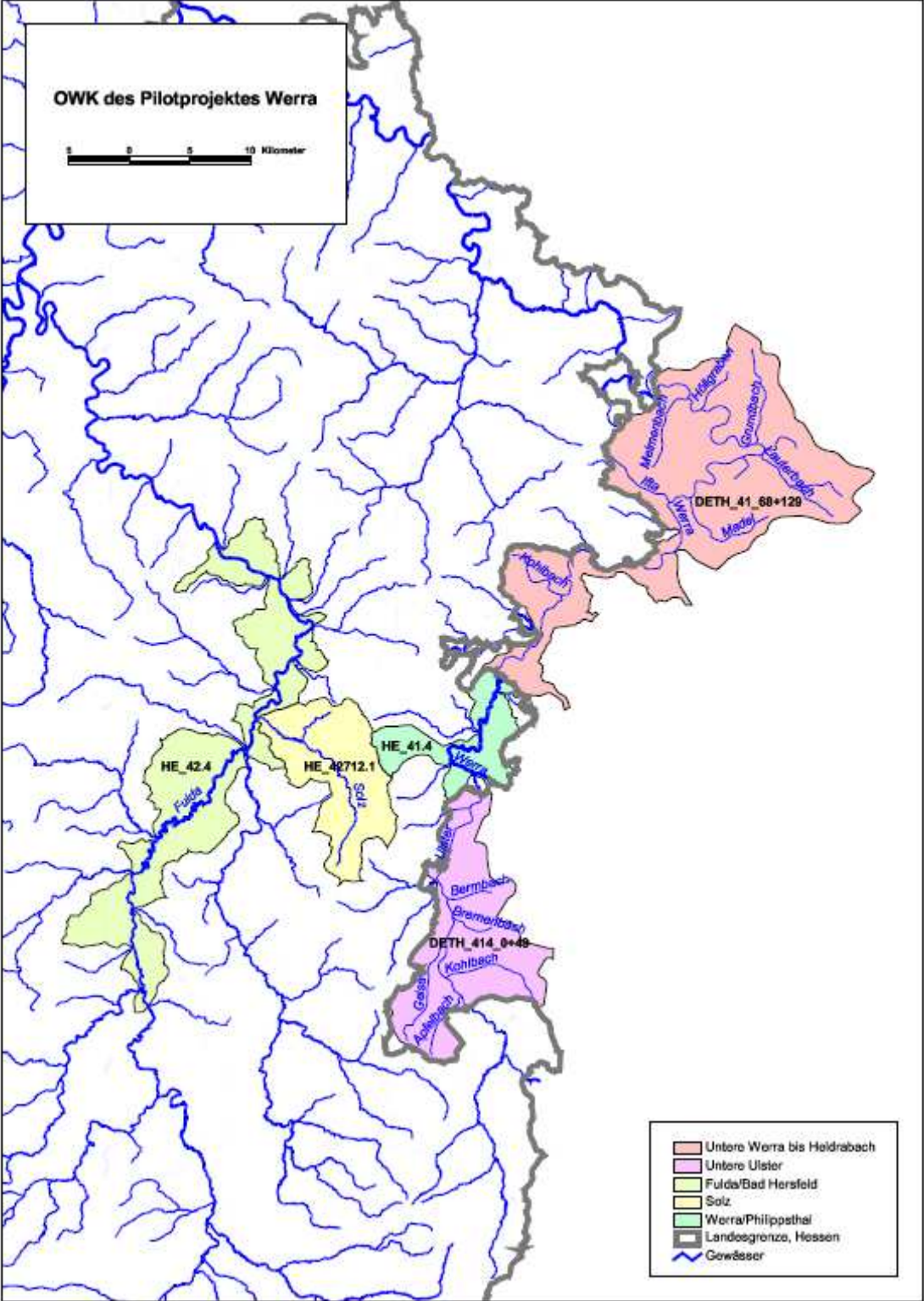


Abbildung 8-2: Oberflächenwasserkörper des Pilotprojektes

8.1.1 Ergebnisse Bestandsaufnahme Oberflächenwasserkörper

| | |
|---|--|
| <p>Stammdaten</p> <p>Bearbeitungsgebiet (BAG): Fulda</p> <p>Wasserkörper-Nummer (WK-Nr): HE_42712.1</p> <p>Gewässer: Solz</p> <p>Fließgewässertyp: 5.1</p> <p>erheblich veränderter WK (HMWB): nein</p> <p>Länge [km]: 26,4</p> <p>EZG innerhalb WK [km²]: 91,5</p> <p>MQ [l/s]: 682,1</p> <p>MNQ [l/s]: 167,1</p> <p>WK an der Grenze zu:</p> <p>Zuständigkeit: DEHE</p> <p>Bemerkungen:</p> | <p>Einschätzung der Zielerreichung</p> <p>Gewässergüte</p> <p>Einstufung WRRL: +</p> <p>in % größer Güteklasse II: 0</p> <p>Gewässerstruktur</p> <p>Einstufung WRRL: ?</p> <p>in % gefährdeter Abschnitte: 37</p> <p>Ergebnis Stufe I (Gewässergüte und -struktur)</p> <p>Einstufung WRRL: ?</p> <p>in % gefährdeter Abschnitte: 37</p> <p>Querbauwerke</p> <p>Anzahl (glatte Gleite, glatte Rampe, hoher u. sehr hoher Absturz): 16</p> |
| <p>Punktquellen</p> <p>Industrielle Direkteinleiter (IDE)</p> <p>Anzahl:</p> <p>Jahresabwassermenge [l/s]: 0,0</p> <p>Kommunale Kläranlagen (KA)</p> <p>Anzahl: 3</p> <p>Jahresabwassermenge [l/s]: 53,8</p> <p>Jahresabwassermenge incl. oberliegender WK [l/s]: 53,8</p> <p>KA + IDE</p> <p>Abwasseranteil MQ [%] incl. oberliegender WK: 7,9</p> <p>Abwasseranteil MNQ [%] incl. oberliegender WK: 32,2</p> <p>Bodennutzungsstrukturen</p> <p>städtische Flächen [%]: 4,4</p> <p>industrielle Flächen [%]: 0,8</p> <p>landwirtschaftliche Flächen [%]: 56,5</p> | <p>Unterstützende chemisch-physikalische Qualitätskomponenten in der Biologie</p> <p>N: +</p> <p>P: ?</p> <p>Temp: +</p> <p>O2: +</p> <p>Cl: +</p> <p>NH4-N: +</p> <p>pH: +</p> <p>Ergebnis Stufe III: ?</p> <p>Ökologischer Zustand - Biologie</p> <p>Ergebnis: ?</p> <p>Ökologischer Zustand - Chemie (spezifische Schadstoffe)</p> <p>TOC: +</p> <p>AOX: +</p> <p>SO4: +</p> <p>Schwermetalle: +</p> <p>PSM: ?</p> <p>Sonstige (AS, PCB,</p> |

| | |
|--|-----------------------------|
| Wald [%]: 38,0 | DBT): + |
| sonstige Flächen [%]: 0,3 | Ergebnis: ? |
| Belastungen | Ökologischer Zustand |
| Erosionspotential: schwach | Ergebnis: ? |
| Entnahmen: | Chemischer Zustand |
| Andere anthropogene Belastungen: (sch=Schifffahrt; fr=Freizeit; fi=Fischteiche) | Schwermetalle: + |
| | PSM: ? |
| | Sonstige (PAK, TBT, HCB): + |
| | Ergebnis: ? |
| Gesamtbewertung: | ? |

Abbildung 8-3: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK He 42712.1

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Stammdaten

Bearbeitungsgebiet (BAG): Fulda
 Wasserkörper-Nummer (WK-Nr): HE_42.4
 Gewässer: Fulda/Bad Hersfeld
 Fließgewässertyp: 9.2
 erheblich veränderter WK (HMWB): nein
 Länge [km]: 65,3
 EZG innerhalb WK [km²]: 203,8
 MQ [l/s]: 23353,4
 MNQ [l/s]: 5721,6
 WK an der Grenze zu:
 Zuständigkeit: DEHE
 Bemerkungen:

Punktquellen

Industrielle Direkteinleiter (IDE)

Anzahl: 0
 Jahresabwassermenge [l/s]: 0,0

Kommunale Kläranlagen (KA)

Anzahl: 7
 Jahresabwassermenge [l/s]: 396,4
 Jahresabwassermenge incl. oberliegender WK [l/s]: 2763,1

KA + IDE

Abwasseranteil MQ [%] incl. oberliegender WK: 12,0
 Abwasseranteil MNQ [%] incl. oberliegender WK: 49,1

Bodennutzungsstrukturen

städtische Flächen [%]: 7,9
 industrielle Flächen [%]: 1,8
 landwirtschaftliche 39,7

Einschätzung der Zielerreichung

Gewässergüte

Einstufung WRRL: +
 in % größer Güteklasse II: 0

Gewässerstruktur

Einstufung WRRL: +
 in % gefährdeter Abschnitte: 15

Ergebnis Stufe I (Gewässergüte und -struktur)

Einstufung WRRL: +
 in % gefährdeter Abschnitte: 15

Querbauwerke

Anzahl (glatte Gleite, glatte Rampe, hoher u. sehr hoher Absturz): 2

Unterstützende chemisch-physikalische Qualitätskomponenten in der Biologie

N: +
 P: -
 Temp: +
 O2: +
 Cl: +
 NH4-N: +
 pH: +

Ergebnis Stufe III: -

Ökologischer Zustand - Biologie

Ergebnis: -

Ökologischer Zustand - Chemie (spezifische Schadstoffe)

TOC: +
 AOX: +
 SO4: +
 Schwermetalle: +
 PSM: +
 Sonstige (AS, PCB, DBT): +

| | | |
|----------------------------|-----------------------------|----------|
| Flächen [%]: | Ergebnis: | + |
| Wald [%]: 49,0 | Ökologischer Zustand | |
| sonstige Flächen [%]: 1,5 | Ergebnis: | - |
| Belastungen | Chemischer Zustand | |
| Erosionspotential: schwach | Schwermetalle: | + |
| Entnahmen: ja | PSM: | + |
| Andere anthropogene fr | Sonstige (PAK, TBT, HCB): | + |
| Belastungen: | Ergebnis: | + |
| (sch=Schifffahrt; | | |
| fr=Freizeit; | | |
| fi=Fishteiche) | | |
| Gesamtbewertung: | - | |

Abbildung 8-4: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK He 42.4

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Stammdaten

Bearbeitungsgebiet (BAG): Werra
 Wasserkörper-Nummer (WK-Nr): HE_41.4
 Gewässer: Werra/Philippsthal
 Fließgewässertyp: 9.2
 erheblich veränderter WK (HMWB): ja
 Länge [km]: 17,2
 EZG innerhalb WK [km²]: 52,8
 MQ [l/s]: 30377,4
 MNQ [l/s]: 7594,4
 WK an der Grenze zu: DETH
 Zuständigkeit: DEHE
 Bemerkungen:

Punktquellen

Industrielle Direkteinleiter (IDE)

Anzahl: 1
 Jahresabwassermenge [l/s]: 69,8

Kommunale Kläranlagen (KA)

Anzahl: 4
 Jahresabwassermenge [l/s]: 75,7
 Jahresabwassermenge incl. oberliegender WK [l/s]: 275,1

KA + IDE

Abwasseranteil MQ [%] incl. oberliegender WK: 4,4
 Abwasseranteil MNQ [%] incl. oberliegender WK: 17,6

Bodennutzungsstrukturen

städtische Flächen [%]: 10,5
 industrielle Flächen [%]: 4,1
 landwirtschaftliche Flächen [%]: 49,0

Einschätzung der Zielerreichung

Gewässergüte

Einstufung WRRL: -
 in % größer Güteklasse II: 100

Gewässerstruktur

Einstufung WRRL: +
 in % gefährdeter Abschnitte: 13

Ergebnis Stufe I

(Gewässergüte und -struktur)

Einstufung WRRL: -
 in % gefährdeter Abschnitte: 100

Querbauwerke

Anzahl (glatte Gleite, glatte Rampe, hoher u. sehr hoher Absturz): 6

Unterstützende chemisch-physikalische Qualitätskomponenten in der Biologie

N: +
 P: +
 Temp: +
 O2: +
 Cl: -
 NH4-N: +
 pH: +

Ergebnis Stufe III: -

Ökologischer Zustand - Biologie

Ergebnis: -

Ökologischer Zustand - Chemie (spezifische Schadstoffe)

TOC: +
 AOX: +
 SO4: +

| | | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------|
| Wald [%]: 34,7 | Schwermetalle: | + |
| sonstige Flächen [%]: 1,6 | PSM: | + |
| Belastungen | Sonstige (AS, PCB, DBT): | + |
| Erosionspotential: schwach | Ergebnis: | + |
| Entnahmen: | Ökologischer Zustand | |
| Andere anthropogene fr | Ergebnis: | - |
| Belastungen: | Chemischer Zustand | |
| (sch=Schifffahrt; | Schwermetalle: | + |
| fr=Freizeit; | PSM: | + |
| fi=Fischteiche) | Sonstige (PAK, TBT, HCB): | + |
| | Ergebnis: | + |
| | | |
| Gesamtbewertung Teil | | |
| Hessen: | | - |
| Gesamtbewertung: | | - |

Abbildung 8-5: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK He 41.4

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Stammdaten

Bearbeitungsgebiet (BAG): Werra
 Wasserkörper-Nummer (WK-Nr): TH414_0+49
 Gewässer: Untere Ulster
 Fließgewässertyp: erheblich veränderter WK (HMWB): nein
 Länge [km]: 23,6
 EZG innerhalb WK [km²]: 78,3
 MQ [l/s]: 5278,6
 MNQ [l/s]: 1229,9
 WK an der Grenze zu: DETH
 Zuständigkeit: DETH
 Bemerkungen:

Punktquellen

Industrielle Direkteinleiter (IDE)

Anzahl: 1
 Jahresabwassermenge [l/s]: 139,5

Kommunale Kläranlagen (KA)

Anzahl: 5
 Jahresabwassermenge [l/s]: 117,2
 Jahresabwassermenge incl. oberliegender WK [l/s]: 164,6

KA + IDE

Abwasseranteil MQ [%] incl. oberliegender WK: 5,9
 Abwasseranteil MNQ [%] incl. oberliegender WK: 25,3

Bodennutzungsstrukturen

städtische Flächen [%]: 5,2
 industrielle Flächen [%]: 0,9
 landwirtschaftliche 61,2

Einschätzung der Zielerreichung

Gewässergüte

Einstufung WRRL: +
 in % größer Güteklasse II: 10

Gewässerstruktur

Einstufung WRRL: +
 in % gefährdeter Abschnitte: 20

Ergebnis Stufe I (Gewässergüte und -struktur)

Einstufung WRRL: +
 in % gefährdeter Abschnitte: 22

Querbauwerke

Anzahl (glatte Gleite, glatte Rampe, hoher u. sehr hoher Absturz): 5

Unterstützende chemisch-physikalische Qualitätskomponenten in der Biologie

N: +
 P: ?
 Temp: +
 O2: +
 Cl: -
 NH4-N: +
 pH: +

Ergebnis Stufe III: -

Ökologischer Zustand - Biologie

Ergebnis: -

Ökologischer Zustand - Chemie (spezifische Schadstoffe)

TOC: +
 AOX: +
 SO4: +
 Schwermetalle: +
 PSM: +

| | | |
|----------------------------------|-----------------------------|---|
| Flächen [%]: | Sonstige (AS, PCB, DBT): | + |
| Wald [%]: 32,5 | Ergebnis: | + |
| sonstige Flächen [%]: 0,3 | Ökologischer Zustand | |
| Belastungen | Ergebnis: | - |
| Erosionspotential: maessig | Chemischer Zustand | |
| Entnahmen: | Schwermetalle: | + |
| Andere anthropogene Belastungen: | PSM: | + |
| (sch=Schifffahrt; | Sonstige (PAK, TBT, HCB): | + |
| fr=Freizeit; | Ergebnis: | + |
| fi=Fischteiche) | | |
| Gesamtbewertung | | |
| Teil Hessen: | - | |
| Gesamtbewertung: | - | |

Abbildung 8-6: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK Th 414_0+49 hessischer Teil

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

Stammdaten

Bearbeitungsgebiet (BAG): Werra
 Wasserkörper-Nummer (WK-Nr): TH41_68+129
 Gewässer: Untere Werra bis Heldrabach
 Fließgewässertyp: erheblich veränderter WK (HMWB): weis_nicht
 Länge [km]: 14,4
 EZG innerhalb WK [km²]: 39,1
 MQ [l/s]: 40643,7
 MNQ [l/s]: 10160,9
 WK an der Grenze zu: DETH
 Zuständigkeit: DETH
 Bemerkungen:

Punktquellen

Industrielle Direkteinleiter (IDE)

Anzahl:
 Jahresabwassermenge [l/s]: 0,0

Kommunale Kläranlagen (KA)

Anzahl: 4
 Jahresabwassermenge [l/s]: 19,0
 Jahresabwassermenge incl. oberliegender WK [l/s]: 334,5

KA + IDE

Abwasseranteil MQ [%] incl. oberliegender WK: 5,0
 Abwasseranteil MNQ [%] incl. oberliegender WK: 19,9

Bodennutzungsstrukturen

städtische Flächen [%]: 2,9
 industrielle Flächen [%]: 0,9

Einschätzung der Zielerreichung

Gewässergüte

Einstufung WRRL: -
 in % größer Güteklasse II: 84

Gewässerstruktur

Einstufung WRRL: ?
 in % gefährdeter Abschnitte: 32

Ergebnis Stufe I (Gewässergüte und -struktur)

Einstufung WRRL: -
 in % gefährdeter Abschnitte: 87

Querbauwerke

Anzahl (glatte Gleite, glatte Rampe, hoher u. sehr hoher Absturz): 1

Unterstützende chemisch-physikalische Qualitätskomponenten in der Biologie

N: +
 P: ?
 Temp: +
 O2: +
 Cl: -
 NH4-N: +
 pH: +

Ergebnis Stufe III:

Ökologischer Zustand - Biologie

Ergebnis: -

Ökologischer Zustand - Chemie (spezifische Schadstoffe)

TOC: +
 AOX: +
 SO4: +
 Schwermetalle: +

| | | | |
|-------------------------------------|---------|-----------------------------|----------|
| landwirtschaftliche Flächen [%]: | 60,3 | PSM: | + |
| Wald [%]: | 35,0 | Sonstige (AS, PCB, DBT): | + |
| sonstige Flächen [%]: | 0,9 | Ergebnis: | + |
| Belastungen | | Ökologischer Zustand | |
| Erosionspotential: | schwach | Ergebnis: | - |
| Entnahmen: | | Chemischer Zustand | |
| Andere anthropogene fr Belastungen: | | Schwermetalle: | + |
| (sch=Schifffahrt; | | PSM: | + |
| fr=Freizeit; | | Sonstige (PAK, TBT, HCB): | + |
| fi=Fischteiche) | | Ergebnis: | + |
| | | Gesamtbewertung | - |
| | | Teil Hessen: | - |
| | | Gesamtbewertung: | - |

Abbildung 8-7: Ergebnisse Bestandsaufnahme für den OWK Th 41_68+129 hessischer Teil

8.2 Projektgruppen/Arbeitsgruppenmitglieder

- Verbände
 - BUND: H. Althoff, H. Gunkel, H. Dr. Cornelius (wechselseitig anwesend)
 - HGON: Herr Brauneis, H. Schmidt
 - FV Kurhessen: Vertreter benannt
 - Hessischer Bauerverband: H. Roth
 - NABU: H. H. Wacker
 - BGW und DVGW Landesgruppe Hessen: Vertreter benannt
 - BWK: Vertreter benannt
- Behörden
 - RP Ks, Standort Bad Hersfeld: H. Schädlich
H. Wagner, Fr. Kaemling, Fr. Stoll
 - RP Ks, Naturschutzbelange: H. Schütz

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

- HLUG :H. Dr. Fritsche
- Staatliches Umweltamt Suhl (Thüringen): H. Lorenz
- Unternehmensvertreter
 - K+S AG: Fr. Dr. Kluge Herr Dr. Bähge
 - K+S Kali GmbH: H. Strube (ausgeschieden Ende 2005 (Ruhestand)), H. Dr. Eichholtz

8.3 Maßnahmenkataloge der beschriebenen Maßnahmen und der evtl. noch zu beschreibenden Maßnahmen

| | | | |
|---|---|--|---|
| Maßnahmen | 1. Salzabwasseranfall reduzieren | 1.1 Halde | 1.1.1 Versatz |
| | | | 1.1.2 Haldenabdeckung |
| | | | 1.1.3 Haldenrecycling |
| | | | 1.1.4 Optimierung Haldenentwässerung |
| | | 1.2 Produktion | 1.2.1 Zusätzliche Produkte (z.B. Mg, Cl, MgO usw.) |
| | | | 1.2.2 Andere Produktions- und Abbauverfahren |
| | | | 1.2.3 ESTA in Thüringen |
| | | | 1.2.4 Produktion einstellen |
| | | 1.3 Behandlung des Salzabwasser | 1.3.1 Verdampfen/Verdunsten |
| | | | 1.3.2 Untertage deponieren |
| | 1.3.3 Auf der Halde verrieseln | | |
| | 1.3.4 Ultrafiltration/ Umkehrosmose | | |
| | 2. Diffuse Einträge reduzieren | 2.1 Versenkung | 2.1.1 Versenkstandorte verlegen |
| | | | 2.1.2 Versenkung einstellen/reduzieren |
| | | 2.2 Austrittsstellen | 2.2.1 Kieselsee Dankmarshausen: (Einbau einer Schwelle, Sohlenerhöhung, Sohlenabdichtung) |
| | | | 2.2.2 Grube Springen (Thüringen) |
| | 3. Einleitewerte | 3.1 Zusätzliche Ionen betrachten | |
| 3.2 Änderung der bestehenden Grenzwerte | | | |
| 4. Auswirkungen minimieren | 4.1 Verlegung der Einleitstellen | 4.1.1 Leitung an die Nordsee | |
| | | 4.1.2 Leitung an die Weser | |
| | | 4.1.3 Verlegung der Einleitung von der Ulster in die Werra | |
| | 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge (Möglichkeiten zur Fassung der diffusen Einträge Breitzbachsmühle) | | |

Tabelle 8-2: Maßnahmenkatalog des Pilotprojektes

| | | | |
|------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|
| Maßnahmen | 1. Salzabwasseranfall reduzieren | 1.1 Halde | 1.1.2 Haldenabdeckung (Haldenabflachung mit Salz und dann konventionelle Abdeckung bzw. Dünnenschichtabdeckung) |
| | | 1.3 Behandlung des Salzabwasser | 1.3.5 Behandeln des Salzabwassers gemäß dem SAVE-2 Verfahren (nach Krupp) und Herstellung von Magnesiumhydroxid (evtl auch unter 1.2.1 Zusätzliche Produkte erläuterbar) |
| | 4. Auswirkungen minimieren | 4.3 Wasserführung der Werra ändern | 4.3.1 Einbindung der Talsperren von Thüringen in die Wasserführung der Werra |

Tabelle 8–3: Maßnahmenkatalog der evtl. noch zu erarbeitenden Maßnahmen

**8.4 Maßnahmen des Pilotprojektes:
technisch mögliche Maßnahmen, technisch mögliche Teilmaßnahmen, monetäre Bewertung**

| Maßnahme | Maßnahme technisch möglich | Teilmaßnahme technisch möglich | Anmerkungen/Probleme /Auswirkungen | Monetäre Bewertung (qualitativ) |
|--|----------------------------|--------------------------------|--|---------------------------------|
| 1.1.1 Versatz | + | + | Nicht genügend Versatzraum für anfallende Menge, Kosten | hoch |
| 1.1.2 Haldenabdeckung | (+) | | Nicht genügend Material, Zeit | hoch |
| 1.1.3 Haldenrecycling | + | | Salzabwassermenge erhöht sich (Maßnahme in der Nachbergbauphase möglich) | Hoch |
| 1.1.4 Optimierung Haldenentwässerung | + | | Machbar, wird umgesetzt | Gering |
| 1.2.1 Zusätzliche Produkte (z.B. Mg, Cl, MgO usw.) | - | + | Absatzmarkt, Kosten | Hoch |
| 1.2.2 Andere Produktions- und Abbauverfahren | (+) | | Derzeit in der Entwicklungsphase | Hoch |
| 1.2.3 ESTA in Thüringen | - | | Keine Verbesserung zu derzeitigem Aufbereitungsverfahren | Mittel |
| 1.2.4 Produktion | + | | Wirtschaftlichkeit | Sehr hoch |

| Maßnahme | Maßnahme technisch möglich | Teilmaßnahme technisch möglich | Anmerkungen/Probleme /Auswirkungen | Monetäre Bewertung (qualitativ) |
|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| einstellen | | | | |
| 1.3.1 Verdampfen | - | + | Zusätzliches Haldenmaterial (instabil), Kosten | Hoch |
| 1.3.2 Salzabwasser Untertage deponieren | - | | Rechtlich nicht möglich aufgrund der Untertagedeponie Herfa-Neurode, Standsicherheitsproblem der Grube | Mittel |
| 1.3.3 Auf der Halde verrieseln | - | | Instabilität der Halde | Mittel |
| 1.3.4 Nano-filtration | - | | noch kein Stand der Technik, Entwicklung abwarten | Nicht möglich, da noch nicht Stand der Technik |
| 2.1.1 Versenkstandorte verlegen | + | | Verlagerung des Problems | Hoch |
| 2.1.2 Versenkung einstellen/reduzieren: (mehr Einleiten) (Salzlaststeuerung optimieren) | + | | deutliche Salzabwasser- bzw. Produktionsreduzierung erforderlich | Hoch |
| | + | | machbar unter bestimmten Voraussetzungen | Mittel |
| 2.2.1 Kiessee Dankmarshausen: (Einbau einer Schwelle, Sohlenabdichtung, Sohlen-erhöhung) | + | | Wird weiterverfolgt | mittel |
| | - | | technisch nicht machbar | Mittel |
| | - | | keine Wirkung | Mittel |
| 2.2.2 Grube Springen (Thüringen) | (+) | | Derzeit in Versuchsphase | Mittel |
| 3.1 Zusätzliche Ionen betrachten | () | | Monitoring | keine monetären Kosten |
| 3.2 Änderung der bestehenden Einleitewerte | (+) | | deutliche Salzabwasser- bzw. Produktionsreduzierung erforderlich | keine monetären Kosten |

Pilotprojekt Werra- Salzabwasser

| Maßnahme | Maßnahme technisch möglich | Teilmaßnahme technisch möglich | Anmerkungen/Probleme /Auswirkungen | Monetäre Bewertung (qualitativ) |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| 4.1.1 Leitung an die Nordsee | (+) | | Diffuse Einträge, Kosten | Sehr hoch |
| 4.1.2 Leitung an die Weser | (+) | | Diffuse Einträge | Hoch |
| 4.1.3 Verlegung der Einleitung von der Ulster in die Werra | + | | Machbar, wird umgesetzt | Mittel |
| 4.2 Fassen und Abtransport der diffusen Einträge (Möglichkeiten zur Fassung der diffusen Einträge Breitzbachsmühle) | + | | Monitoring | Mittel-hoch |

Tabelle 8–4: Maßnahmen des Pilotprojektes- Bewertung