

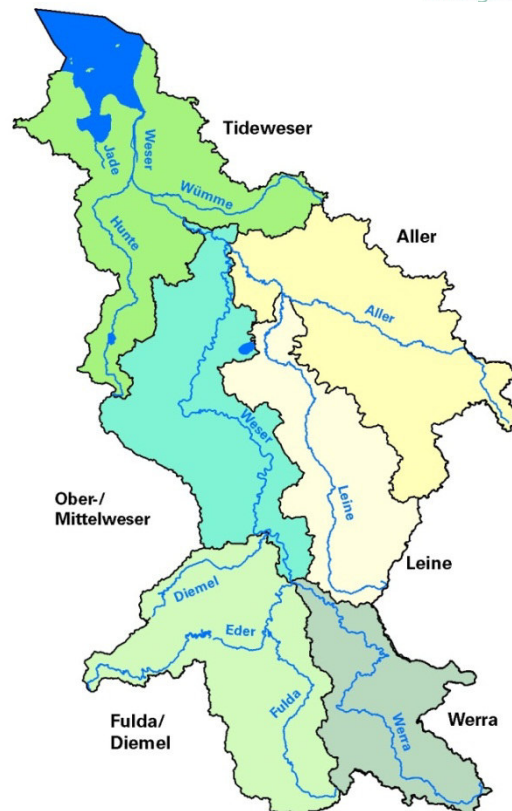
# Anhang

- Anhang A Gemeinsame Eckpunkte zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen gem. Artikel 4 bzgl. Salzeinleitungen für den Bewirtschaftungsplan 2015
- Anhang B Beschreibung des erweiterten Koordinierungsumfangs zum überregionalen Handlungsfeld Salz
- Anhang C Modellrechnungen zur Abschätzung des Handlungsbedarfs in den salzbelasteten Wasserkörpern sowie zur Prognose der Wirkungen unterschiedlicher Maßnahmenoptionen (im Auftrag der FGG Weser)
- Anhang D Erste Studie zur Öko-Effizienz-Analyse im Auftrag des Landes Hessen
- Anhang E Zweite Studie zur Öko-Effizienz-Analyse im Auftrag des Landes Hessen
- Anhang F Bewirtschaftungsziele in den salzbelasteten Wasserkörpern

# Anhang A

# EG-Wasserrahmenrichtlinie

FGG Weser   
Flussgebietsgemeinschaft Weser



**Gemeinsame Eckpunkte zur Ableitung von  
Umweltzielen und Maßnahmen  
gem. Artikel 4 bzgl. Salzeinleitungen  
für den Bewirtschaftungsplan 2015**

Endfassung Juni 2013



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Anlass / Zielstellung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Die Salzproblematik an Werra und Weser .....</b>	<b>7</b>
2.1	Ehemaliger und heutiger Kali-Bergbau und seine wirtschaftliche Bedeutung .....	7
2.2	Gewinnung des Salzes und Abfälle in der Kaliproduktion .....	8
2.3	Salzbelastung im Flusssystem von Werra und Weser.....	10
2.4	Maßnahmen zur Reduktion der Salzbelastung bis zum Inkrafttreten der EG-WRRL.....	12
<b>3</b>	<b>Aufstellung des Bewirtschaftungsplans 2009 und Aktivitäten des Runden Tisches.....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Aktueller Stand seit Inkrafttreten des Bewirtschaftungsplans.....</b>	<b>18</b>
4.1	Erlaubnis- bzw. Genehmigungsverfahren.....	18
4.2	Umsetzung des Maßnahmenprogramms der Fa. K+S .....	20
4.3	Aktuelle Aktivitäten der Fa. K+S und des Runden Tisches .....	21
<b>5</b>	<b>Anforderungen des Art. 4 EG-WRRL .....</b>	<b>22</b>
5.1	Grundlagen .....	22
5.2	Fristverlängerungen bzw. weniger strenge Umweltziele.....	25
<b>6</b>	<b>Zuständigkeiten / Koordinierung nach EG-WRRL .....</b>	<b>28</b>
6.1	Koordinierung innerhalb der Flussgebietseinheit .....	28
6.2	Umsetzung der konkreten Maßnahmen .....	29
<b>7</b>	<b>Vorgehensweise zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen .....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Grundlegende Entscheidungen im Rahmen der Ableitung von Umweltzielen .....</b>	<b>30</b>
8.1	Festlegung eines Bewertungssystems zur Beschreibung des guten Zustands bzgl. der Salzbelastung.....	30
8.2	Auswahl der zu untersuchenden Wasserkörper .....	31
8.3	Auswahl der zu prüfenden Maßnahmen .....	34
8.3.1	Reduzierung der Salzeinleitungen durch Optimierung der Produktions- und Ablagerungsverfahren .....	34
8.3.2	Neue integrierte Salzlaststeuerung (NIS).....	34
8.3.3	Fernleitung in die Nordsee.....	35
8.3.4	Fernleitung in die Oberweser.....	35
8.4	Handlungsbedarf zur Zielerreichung .....	36
<b>9</b>	<b>Weiteres Vorgehen.....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>39</b>
<b>Anhang.....</b>		<b>40</b>
	Anhang 1: Prüfphasen zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen.....	40
	Anhang 2: Zuständige Stellen für die Prüfschritte .....	46
	Anhang 3: Zusammenstellung der Dokumente zu laufenden Aktivitäten im Rahmen des Handlungsfeldes Salz.....	47

## 1 *Anlass / Zielstellung*

Gem. Art. 13 EG-WRRL sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, bis zum 22.12.2009 für jede Flussgebietseinheit Bewirtschaftungspläne aufzustellen und alle sechs Jahre zu überprüfen und zu aktualisieren. Die Festlegung der Umweltziele ist dabei ein wesentlicher Bestandteil des Aufstellungsprozesses der Bewirtschaftungspläne, da mit dieser Festlegung die ökologischen, mengenmäßigen und chemischen Ziele für den jeweiligen Wasserkörper konkretisiert werden und auch sozioökonomische Erwägungen berücksichtigt werden können. Die Vollzugskompetenz im Bereich der Wasserwirtschaft, insbesondere auch mit Bezug auf die Umsetzung der EG-WRRL, liegt bei den Ländern. Aus diesem Grund hat Deutschland Ende 2003 die 16 für Wasserwirtschaft zuständigen Länderministerien als „zuständige Behörden gem. Art. 3 EG-WRRL“ gegenüber der Kommission benannt.

Die Mitgliedsstaaten haben gem. Art. 3 EG-WRRL sicherzustellen, dass die Anforderungen der Richtlinie zur Erreichung der Umweltziele nach Art. 4 und insbesondere die Bewirtschaftungspläne und die Maßnahmenprogramme für die gesamte Flussgebietseinheit koordiniert werden. In der Flussgebietseinheit Weser haben die zuständigen Bundesländer zu diesem Zweck im Juli 2003 die **Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Weser** gebildet. Die FGG Weser setzt die Arbeit der bereits 1964 gegründeten Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser (ARGE Weser) fort.

Infolge des heutigen und ehemaligen Kalibergbaus und der dadurch verursachten Salzabwasser-einleitungen verfehlen trotz der bisher erreichten erheblichen Verringerung der Salzbelastung zahlreiche Oberflächen- und Grundwasserkörper der Flussgebietseinheit Weser den guten Zustand<sup>1</sup>. Insbesondere die hohen Konzentrationen der Salzionen (Chlorid, Magnesium und Kalium) sowie deren weit-räumige länderübergreifende Auswirkung entlang der Werra und Weser machen die Bedeutung dieser Belastung für die Flussgebietseinheit Weser aus. Die FGG Weser hat die „Salzbelastung der Werra und Weser durch den heutigen und ehemaligen Kalibergbau“ daher als wichtige Wasserbewirtschaftungsfrage im Aufstellungsprozess des Bewirtschaftungsplans festgestellt.

Die salzbelasteten Wasserkörper der Werra / Weser verfehlen den guten Zustand derzeit i. d. R. auch aufgrund anderer Belastungen (u. a. Nährstoffe, Hydromorphologie). Durch die überprägende Wirkung der hohen Salzbelastung ist jedoch eine Erreichung des guten Zustands ohne eine deutliche Reduzierung der Salzbelastung, auch bei ausreichender Reduzierung der weiteren Belastungen, nicht möglich. Die Reduzierung dieser Belastungen ist parallel zur Reduzierung der Salzbelastung fortzusetzen, um die Voraussetzungen zur Erreichung des guten Zustands zu schaffen.

Erstmals wurde im Jahr 1943 ein bereits 1913 durch die Kaliabwasserkommission vorgeschlagener Grenzwert am Pegel Gerstungen festgelegt. In den 1980er Jahren führte die teilweise Umstellung der abwasserintensiven Produktionsverfahren auf das trockene ESTA-Verfahren zu weiteren Reduzierungen der Salzabwassermenge, dafür erhöhte sich jedoch die trockene Salzabfallmenge. Eine weitere deutliche Reduzierung konnte Ende des letzten Jahrhunderts nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten durch ein millionenschweres technisches Salzreduzierungskonzept und die Schließung zweier Werke erreicht werden. Die Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen erfordert insbesondere bei der komplexen Ausgangslage zur Reduzierung der Salzbelastung umfangreiche Informationen für die notwendigen Beurteilungen und Entscheidungen. Zur Entwicklung geeigneter Lösungsansätze zur weiteren Reduzierung der Salzbelastung wurde am 18.03.2008 mit der Konstituierung des „**Runden Tisches Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion**“ (RT) auf Anregung der Landtage von Hessen und Thüringen ein umfangreicher Prozess unter Einbeziehung der maßgeblichen Beteiligten eingeleitet. Im Rahmen der Arbeit des Runden Tisches wurden zahlreiche Studien erstellt sowie Maßnahmen(-kombinationen) erarbeitet und beurteilt. Gemeinsam mit Unternehmen und Betroffenen am Runden Tisch erreichte Ergebnisse sowie Studien und Empfehlungen liegen mittlerweile vor und werden von der FGG Weser und vom BMU als wichtige Grundlage für die nun erforderlichen Schritte bewertet, so dass – anders als bei der Aufstellung des Bewirtschaftungsplanes 2009 – nunmehr hinreichende Erkenntnisse vorliegen, um die Ableitung von Zielen und Maßnahmen nach vernünftiger Einschätzung vornehmen zu können. Wo im Einzelfall weitere Untersuchungen erforderlich wurden, werden diese kurzfristig vorgenommen. Die Empfehlungen des Runden

---

<sup>1</sup> Hinweis: Im Falle erheblich veränderter WK ist statt des guten Zustands das gute ökologische Potential anzusetzen. Zur leichteren Lesbarkeit wird im weiteren Dokument nur noch vom guten Zustand der Gewässer gesprochen. Für erheblich veränderte Wasserkörper bedeutet dies „gutes ökologisches Potential“ und „guter chemischer Zustand“.

Tisches werden Gegenstand der Beratung der FGG Weser sein und in die Entscheidungen über weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Salzabwasserbelastungen einbezogen.

Der Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans der FGG Weser kommt eine zentrale Bedeutung zu für die Reduzierung der Salzbelastung in Werra und Weser sowie für die weitere Entwicklung eines wirtschaftlichen Kalibergbaus im Werragebiet.

Für zahlreiche salzbelastete Wasserkörper der Flussgebietseinheit Weser wurden im 1. Bewirtschaftungsplan 2009 mit Hinweis auf den laufenden Planungsprozess zunächst Fristverlängerungen in Anspruch genommen. Die Einstufung der Wasserkörper im Bewirtschaftungsplan 2009 berücksichtigte u. a. auch den damaligen national abgestimmten Ansatz, Fristverlängerungen im 1. Bewirtschaftungsplan vorrangig vor der Inanspruchnahme weniger strenger Umweltziele zu nutzen.

Seitens der Europäischen Kommission werden die dazu im Bewirtschaftungsplan 2009 erfolgten Angaben als nicht ausreichend angesehen und für die Inanspruchnahme von Ausnahmen eine umfangreichere, den Anforderungen des Art. 4 EG-WRRL entsprechende Darlegung von Gründen, Maßnahmen und Zeitplänen gefordert. Zur Erörterung der seitens der Kommission angezeigten Defizite, fand am 31.01.2013 ein gemeinsames Gespräch des BMU sowie von Vertretern der FGG Weser mit der Kommission statt. In dem Gespräch bestand Einigkeit, dass die Umsetzung des Art. 4 EG-WRRL bei der Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans in beiderseitigem Interesse liegt.

**Zielstellung der FGG Weser** ist es,

- basierend auf den zur Salzbelastung und deren Reduzierung vorliegenden Erkenntnissen,
- unter Einbeziehung der Studien und Ergebnisse des Rundes Tisches,
- unter Berücksichtigung des seitens der Kommission zum Bewirtschaftungsplan 2009 aufgezeigten Handlungsbedarfs und
- unter Berücksichtigung der sozioökonomischen Bedeutung des Kalibergbaus für die Region (vgl. Bewirtschaftungsplan 2009, FGG Weser 2009)

eine den rechtlichen Anforderungen des Art. 4 entsprechende, innerhalb der Flussgebietsgemeinschaft Weser koordinierte und harmonisierte Ableitung der in den 2. Bewirtschaftungsplan einzustellenden Umweltziele und Maßnahmen für die von Salzbelastungen betroffenen Wasserkörper vorzunehmen.

Dieses Eckpunktepapier zeigt die gemeinsam in der FGG Weser abgestimmte Vorgehensweise zur Umsetzung des Art. 4 zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen bzgl. der Salzbelastungen auf.

In Kapitel 2 wird die Salzproblematik einschließlich ihrer historischen Entwicklung und der bis zum Inkrafttreten der EG-WRRL erfolgten Aktivitäten zur Reduzierung der Salzbelastung beschrieben.

Das Kapitel 3 beleuchtet die bis zur Veröffentlichung des Bewirtschaftungsplans EG-WRRL in der FGG Weser vorgenommenen Schritte zur Reduzierung der Salzbelastung, geht auf die Maßnahmenableitung für den 1. Bewirtschaftungsplan der FGG Weser ein und beschreibt die Arbeiten des Runden Tisches „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“.

Das Kapitel 4 stellt die seit Veröffentlichung des Bewirtschaftungsplans EG-WRRL Ende 2009 erfolgten weiteren Aktivitäten des Unternehmens K&S Kali GmbH sowie des Runden Tisches dar.

Im Kapitel 5 werden die rechtlichen Anforderungen des Art. 4 EG-WRRL an die Formulierung von Umweltzielen und die Ableitung von Maßnahmen aufgezeigt und welche Abfolgen sich daraus für den Prozess der Maßnahmenauswahl und der Festlegung der Umweltziele ergeben. Weiterhin werden die Voraussetzungen für Fristverlängerungen bzw. die Formulierung von weniger strengen Umweltzielen dargestellt.

Ein zentrales Kapitel stellt das Kapitel 6 dar. Es stellt die Koordinierung der Länder innerhalb der Flussgebietsgemeinschaft Weser und deren Zuständigkeiten im Zusammenhang mit der Umsetzung der EG-WRRL und legt dabei besonderes Augenmerk auf die Abstimmungen in Bezug auf die Reduzierung der Salzbelastungen.

Das Kapitel 7 und der Anhang 1 erläutern anhand eines in mehreren Prüfphasen untergliederten Prüfschemas die grundsätzlich in der FGG Weser abgestimmte Vorgehensweise zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen für den bis Ende 2014 aufzustellenden Entwurf des aktualisierten Bewirtschaftungsplans EG-WRRL.

Im Kapitel 8 werden die grundlegenden Entscheidungen in der FGG Weser beschrieben, auf deren Grundlage die Ableitung der Umweltziele und Maßnahmen erfolgen werden. Es werden in dem Kapitel die angewendeten „Richtwerte“ für die Erreichung des guten Zustands genannt, die zu betrachtenden Wasserkörper angegeben und eine Vorauswahl von Maßnahmen/Maßnahmenoptionen, die auf den Empfehlungen des Runden Tisches beruhen, erläutert.

Das Kapitel 9 gibt einen Überblick über die weiteren Arbeitsschritte vom Eckpunktepapier zu einem entsprechenden Hintergrundpapier zur Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015.

Im Anhang 2 werden konkret die zuständigen Stellen für die einzelnen Prüfschritte der Prüfphasen benannt. In dieses Kapitel sollen die Ergebnisse der Prüfphasen zur Ableitung der Umweltziele und Maßnahmen nach deren Ableitung dargestellt werden.

## 2 Die Salzproblematik an Werra und Weser

### 2.1 Ehemaliger und heutiger Kali-Bergbau und seine wirtschaftliche Bedeutung

Die Kalilagerstätten in Nord- und Mitteldeutschland entstanden vor mehr als 220 Millionen Jahren durch das wiederholte Einströmen von salzhaltigem Wasser aus dem Weltmeer in das flache Schelfmeer, wo es bei heißem und trockenem Klima verdunstete. Mit der Entdeckung der Bedeutung des Kalisalzes für die Herstellung von mineralischem Dünger im 19. Jahrhundert hat dieses das Kochsalz in der wirtschaftlichen Bedeutung eingeholt und mittlerweile, was die Preise angeht, weit übertroffen. So wird seit gut 100 Jahren im Einzugsgebiet der Flussgebietseinheit Weser Salz zur Produktion verschiedener Pflanzendüngemittel abgebaut. Waren 1915 die Abbaustätten noch relativ flächendeckend verteilt, verbleiben bis heute die Salzproduktionsgebiete an der Fulda bei Neuhoof, im hessisch-thüringischen Werragebiet (Abb. 1) und in Niedersachsen im Aller-Leine-Gebiet mit einer Produktionsstätte in der Nähe von Wunstorf. An der Werra befindet sich die für das Flussgebiet Weser relevante Produktionsstätte mit dem Werk Werra als Zusammenschluss der drei Standorte Unterbreizbach in Thüringen und Hattorf (Philippsthal) und Wintershall (Heringen) in Hessen. All diese Standorte werden von der Firma K+S Kali GmbH (K+S) betrieben.

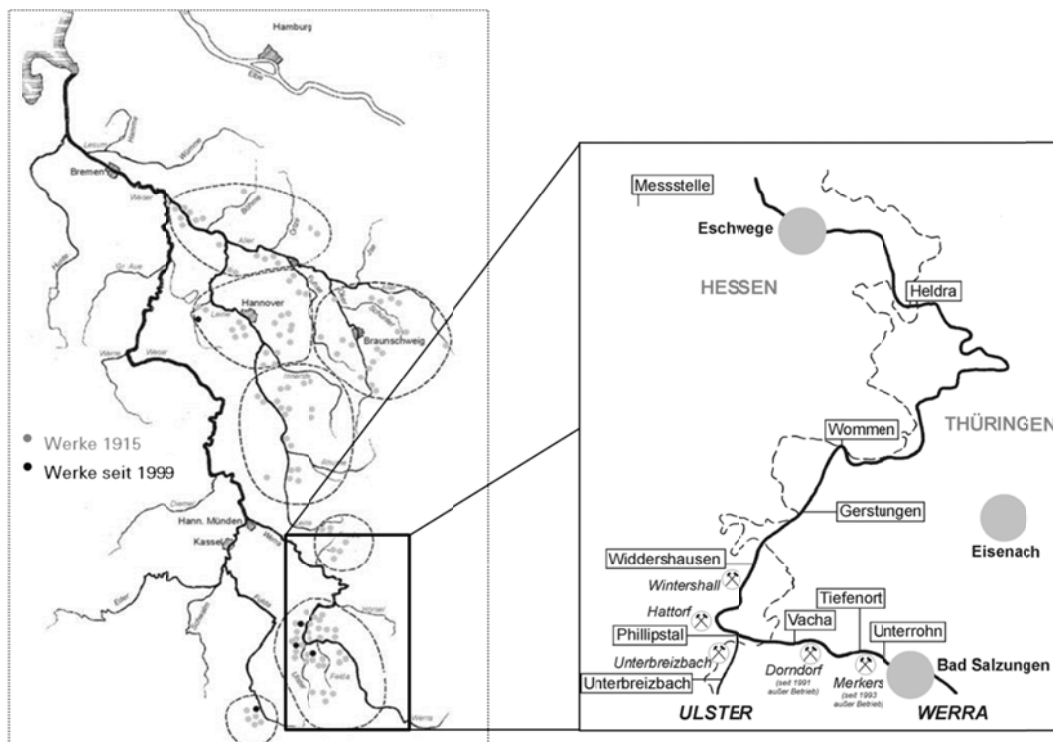


Abb. 1: Lage der heute im Werragebiet Dünger produzierenden Standorte

Die Kaliproduktion im Werratal hat den Industriestandort dieser Region maßgeblich geprägt. Für einen aus ökonomischer Sicht vergleichsweise strukturschwachen Wirtschaftsraum wurde die Kaliindustrie in den zurückliegenden Jahrzehnten dabei zu einem wichtigen Entwicklungsmotor für Beschäftigung und wirtschaftliches Wachstum. Insgesamt wurden in 2007 in den beiden Werken Neuhoof und Werra etwas mehr als 4.820 Mitarbeiter beschäftigt. Damit stellte die Kaliindustrie mit einem Anteil von knapp 9 % an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten den größten Arbeitgeber im Landkreis Hersfeld-Rotenburg. Berücksichtigt man zudem die am K+S-Standort in Kassel beschäftigten Personen, steigt die Zahl auf 5.566 Personen, von denen ca. 95 % der Beschäftigten ihren Wohnsitz innerhalb dieser Region haben.

Neben den Ausgaben für Personal (166,5 Millionen Euro) gibt K+S etwa 550 Millionen Euro im Jahr für Sachleistungen aus, wovon 220 Millionen Euro im Jahr in der Region verbleiben. Durch Wert-

schöpfungseffekte erhöht sich der Produktionswert auf geschätzte 350 Millionen Euro. Neben den 5.566 unmittelbar in der Kaliindustrie Beschäftigten sichern die Vorleistungs- und Einkommenseffekte etwa weitere 2.850 Arbeitsplätze bei Zulieferern und Dienstleistungsunternehmen in Nordhessen und Westthüringen.

Neben diesen direkt messbaren Effekten gibt es weitere Wirkungen: Die Zusammenarbeit und Vernetzung von K+S mit anderen Institutionen und Unternehmen leistet einen positiven Beitrag zur Steigerung des Wissenstransfers, der Innovationsfähigkeit und der Ausbildungsqualität innerhalb der Region. Außerdem zahlen K+S, die Beschäftigten sowie die Zulieferer und Dienstleister Steuern. Von den durchschnittlich im Zeitraum 2005 bis 2008 angefallenen Kommunalsteuern (Gewerbsteuer, Grundsteuer, Gemeindeanteil an der Einkommensteuer) in Höhe von 858,2 Millionen Euro können knapp 3 % (bzw. 25,4 Millionen Euro) K+S zugerechnet werden. In wirtschaftlich sehr erfolgreichen Jahren wie beispielsweise 2008 sind die Anteile bedeutend höher (Runder Tisch 2010).

Da langfristig gesehen damit zu rechnen ist, dass weltweit Bevölkerungszahlen und Wohlstand zunehmen werden, wird auch die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten bzw. Agrarrohstoffen und damit nach Kalidünger dauerhaft hoch bleiben. Die für die Gegenwart ermittelten positiven regionalökonomischen und fiskalischen Wirkungen der Kaliindustrie in Nordhessen und Westthüringen sind daher unter sonst gleichen Rahmenbedingungen auch mittel- bis langfristig in ähnlicher Form zu erwarten. Allerdings droht den zentralen Produktionsstandorten der Region (Heringen, Philippsthal, Unterbreizbach) ohne Maßnahmen einer vorsorgenden Wirtschaftspolitik spätestens mit dem Ende der vorhandenen Kalivorkommen eine durch erhebliche Arbeitsplatzverluste und Bevölkerungsabwanderung gekennzeichnete Strukturkrise, wie sie in der Vergangenheit bereits an anderen monostrukturell geprägten Standorten der Rohstoffindustrie durchlaufen wurde.

## 2.2 Gewinnung des Salzes und Abfälle in der Kaliproduktion

Um verkaufsfähige Produkte zu erhalten, wird im Werrarevier im Untertagebau das Ausgangsmaterial durch Sprengung gelöst und das Rohsalz mit bis zu 20 Kilometer langen Laufbändern zu den Schächten und an die Oberfläche transportiert. Das geförderte Rohsalz setzt sich zu über 50 % aus Chlorid und zu 24 % aus Natrium zusammen, die weiteren Salzionen wie Sulfat, Magnesium, Kalium und Kalzium haben Anteile von bis zu 10 %. Sie liegen in verschiedenen Verbindungen und Gemischen als Carnallit, Halit, Sylvin und Kieserit im Untergrund vor (Abb. 2).

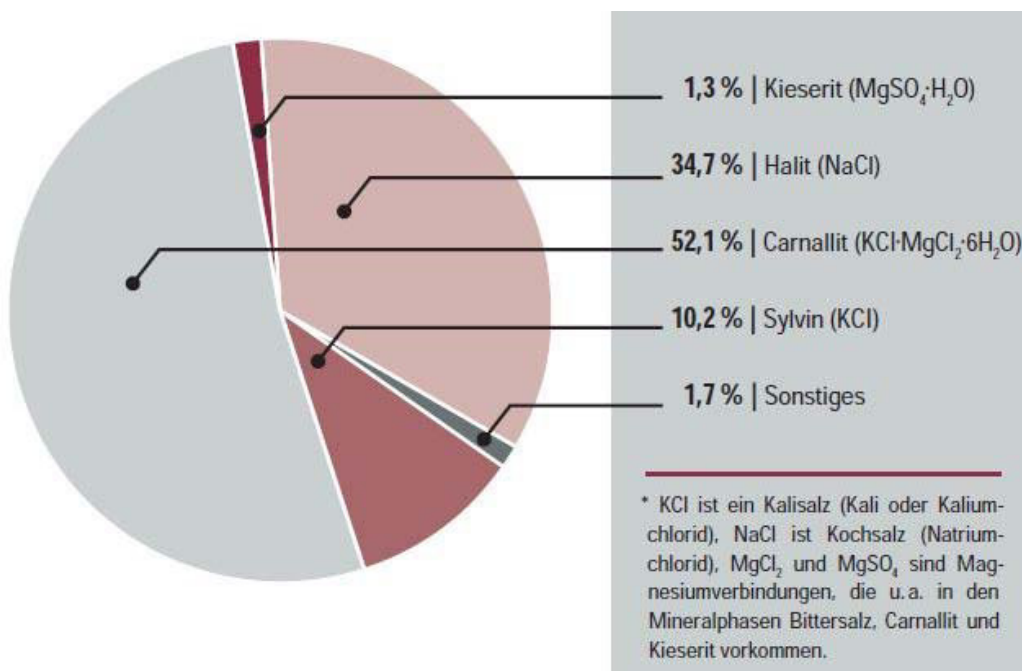


Abb. 2: Zusammensetzung der Rohsalze\*in Unterbreizbach, Werk Werra (Quelle: K+S AG), Vortrag Prof. Stahl, 6. Sitzung des RUNDEN TISCHES

Pro Jahr werden im Werk Werra etwa 21 Millionen Tonnen Rohsalz gefördert. Bei der weiteren Verarbeitung werden die Salzgemische in mehreren Verarbeitungsschritten voneinander getrennt, gereinigt und konfektioniert. Insgesamt produziert das Werk Werra im Jahr ca. 3,4 Millionen Tonnen an Produkten. Zählt man das Werk Neuhoof-Ellers dazu, so handelt es sich um 4,5 Millionen Tonnen. Im Rohsalz sind im Schnitt etwa 27 % an Wertstoffen sowie 6 % Kristallwasser enthalten. 67 % der Menge sind von vornherein nicht nutzbar. Von den 27 % Wertstoffen geht ein Teil bei den Trennprozessen ebenfalls als Rückstand verloren. Verkauft werden letztlich 16 % der geförderten Menge. Bei der oben genannten Jahresförderung fallen insgesamt gut 16 Millionen Tonnen Salz als Rückstand an, davon drei Viertel als Feststoff und ein Viertel gelöst als Salzabwasser (Abb. 3).

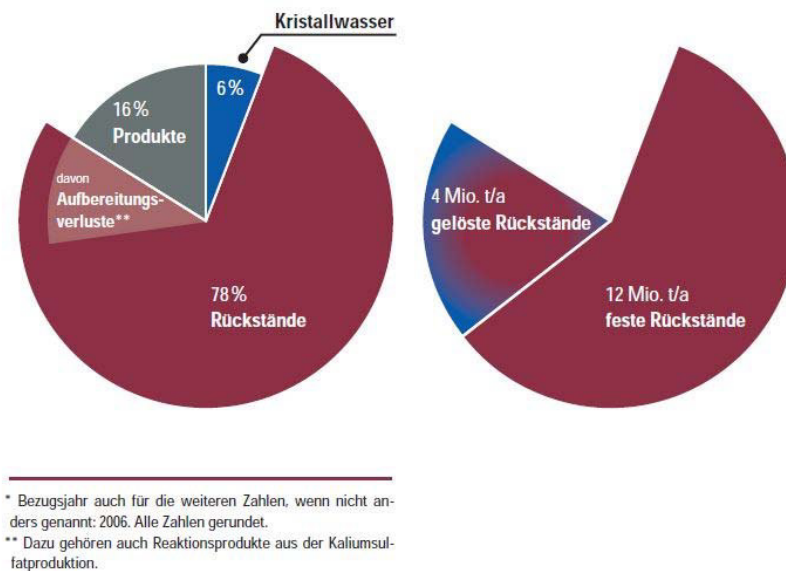


Abb. 3: Massenbilanz (gefördertes Rohsalz und Rückstände)

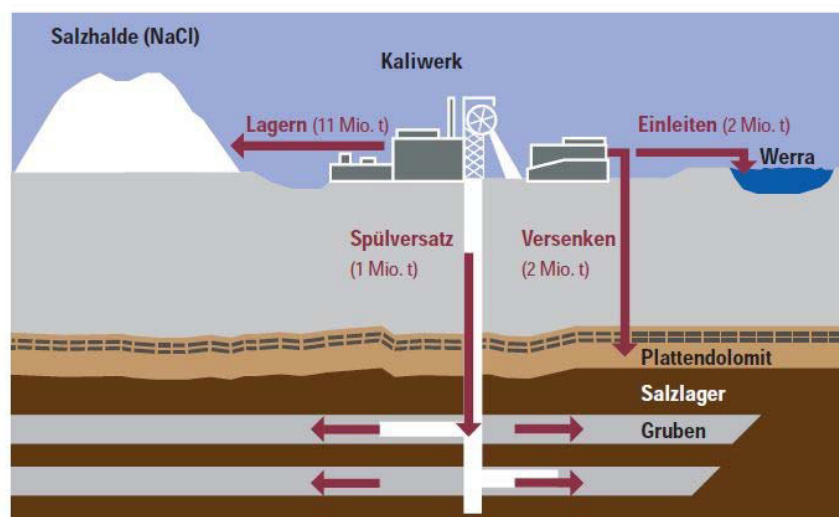


Abb. 4: Entsorgungswege der Salzlückstände im Werk Werra (Zahlen jeweils auf Salzfrachten im Jahr 2006 bezogen)

Die festen Rückstände werden im Wesentlichen aufgehaldet – auf den Halden in Neuhoof, Heringen und in Philippsthal. Da die Halden dem Wetter ausgesetzt sind, fließen mit dem Regenwasser gelöste Salze ab. In der Folge entstehen zusätzliche Abwassermengen, die ebenfalls entsorgt werden müssen. Seit 2007 entsorgt K+S aus dem Werk Neuhoof-Ellers (bei Fulda) zusätzlich 700.000 Kubikmeter Haldenwasser im Jahr mit ca. 200.000 Tonnen gelöstem Salz, das zunächst per Lkw an die Werra gebracht wird und seit dem 3. Quartal 2013 über eine Pipeline transportiert werden soll. Rund 1,0 Millionen Tonnen (10 % der festen Abfälle) werden per Spülversatz (u. a. Feuchtversatz) in den Untergrund gebracht. Dies ist in Unterbreizbach möglich, da die dortigen salzföhrnden Schichten nicht

nur horizontal abgebaut wurden – es sind „Kuppen“ entstanden, in die nun Reststoffe gespült werden können. Im Werk Werra werden pro Jahr etwa 11 Millionen Tonnen feste Salzabfälle aufgehaldet (Abb. 4), zusammen mit Neuhoof-Ellers wuchsen die Halden im Jahr 2007 um insgesamt 14 Millionen Tonnen. Weitere 4 Millionen Tonnen salzhaltiger Abfälle sind in insgesamt 14 Millionen Kubikmeter Salzabwasser gelöst. Die Salzabwässer werden innerhalb der genehmigten Grenzwerte in die Werra geleitet. Die einleitbare Menge ist vom Abfluss in der Werra direkt abhängig. Der übrige Teil wird in eine tiefliegende poröse Gesteinsschicht (Plattendolomit) versenkt (mit abnehmender Tendenz).

## 2.3 Salzbelastung im Flusssystem von Werra und Weser

Die Werra führte schon immer eine geringe Menge an Salz mit sich (Hintergrundkonzentration), die als natürliche Salzauslaugung aus den Zechsteinformationen im Untergrund über Quellen in das Gewässersystem gelangte. Die zusätzliche Einleitung flüssiger Rückstände aus der Produktion sowie von Haldenabwässern aus dem Kalibergbau führte zu einer Belastung der Werra, die in den letzten 40 Jahren neben der Einschränkung der wasserwirtschaftlichen Nutzungen zu einer Degradierung des Lebensraumes und Verarmung und Verfremdung der Biozönose geführt hat. Mit wachsender Zahl der Kaliwerke (1918 waren es bereits 278) bzw. zunehmenden Produktionsmengen stieg die Belastung stetig an und hatte ihren Höhepunkt vor der deutschen Wiedervereinigung in den Jahren 1970 bis 1990. In dieser Zeit stiegen die Salzkonzentrationen in der Werra aufgrund der direkten Einleitungen und der gleichzeitigen Einstellung der Versenkung in den Werken der DDR (Abb. 5). So stieg im November 1971 der Wert an der Ulster, einem Zufluss der Werra, z.B. auf 52.500 mg/l und im September 1976 in der Werra auf 38.500 mg/l. Diese Werte übertrafen den Salzgehalt der Nordsee von 19.000 mg/l. bzw. 21.000 mg/l im Mittelmeer bei Weitem.

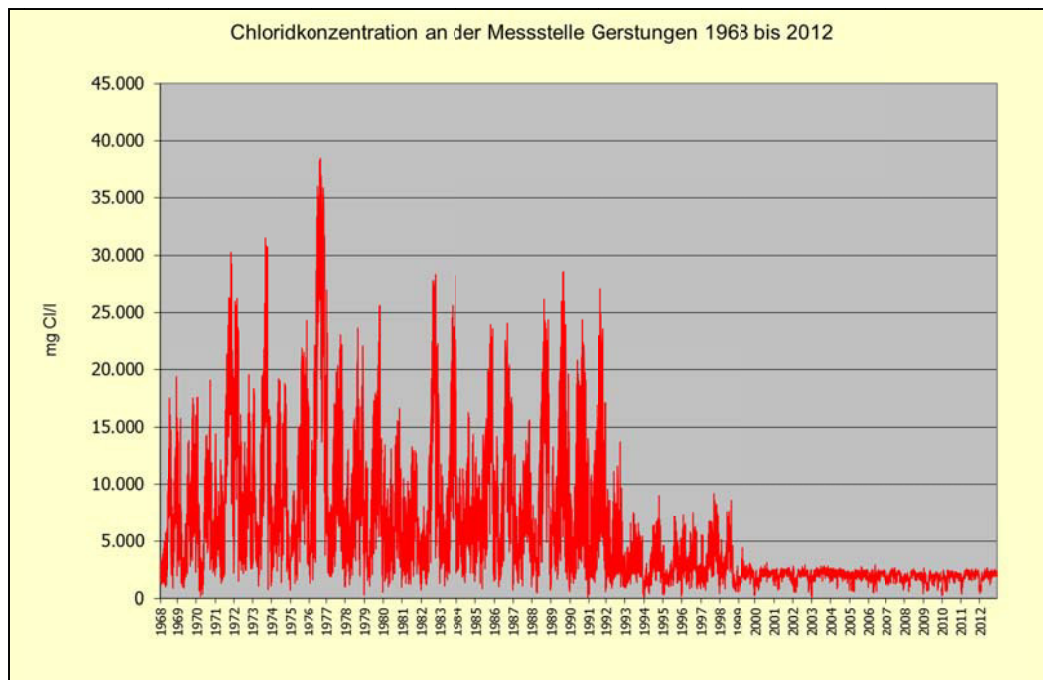


Abb. 5: Chloridkonzentrationen seit 1968 in Gerstungen/Werra [mg/l]

Neben dem Hauption Chlorid spielen für die Belastung der Gewässer vor allem Kalium und Magnesium sowie die Wasserhärte eine große Rolle. Die Magnesium-Konzentrationen erreichten im November 1983 in der Werra einen Wert von 580 mg/l (Abb. 6). Kalium ist bereits in geringen Konzentrationen schädlich für Fische, die Konzentrationen erreichten im September 1982 in der Werra einen Wert von fast 1000 mg/l (Abb. 7).

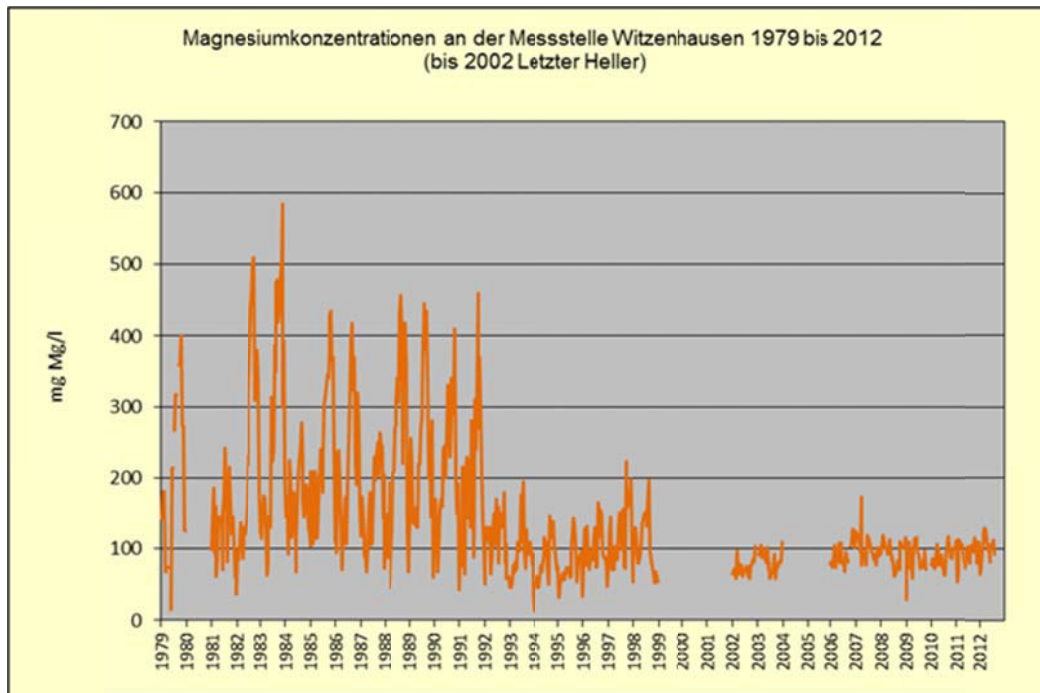


Abb. 6: Magnesiumkonzentrationen seit 1979 in Witzenhausen/Werra [mg/l]

Auch die Verhältnisse der Salzionen zueinander, insbesondere das Verhältnis der Calcium- zu den Magnesium-Ionen, sind wichtig. Von diesen Größen hängt ab, wie schädlich die Salze für Fische oder auch für das Makrozoobenthos sind.

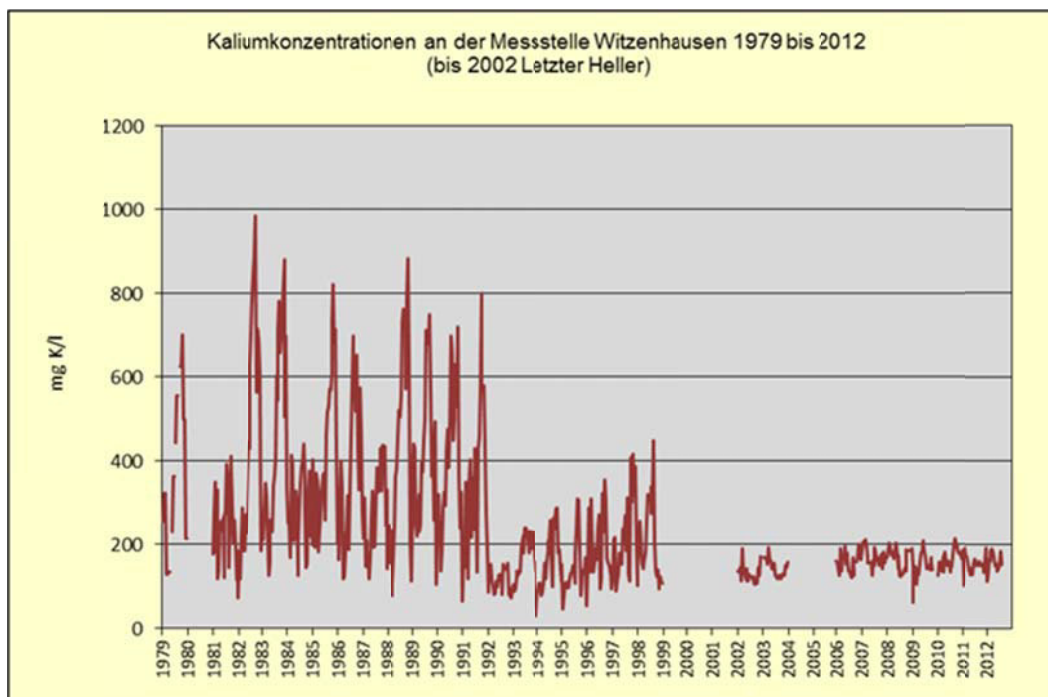


Abb. 7: Kaliumkonzentrationen seit 1979 in Witzenhausen/Werra [mg/l]

Die Salze unterliegen im Gegensatz z.B. zu den Nährstoffen keinen chemischen Abbauprozessen im Gewässer, sondern verringern sich lediglich durch Verdünnungseffekte bei Erhöhung der Abflussmengen, wie z. B. durch den Zufluss von Süßwasser aus Nebenflüssen. So ist zu erklären, dass die Salzeinleitungen in der Werra Auswirkungen bis nach Bremen haben.

Abb. 8 macht die Belastung entlang des Flusssystems am Beispiel des Chloridgehaltes exemplarisch für alle Salzionen deutlich. Der punktuelle Eintrag aus den Kaliwerken erfolgt zwischen Vacha und Gerstungen, was zu einer deutlichen Erhöhung des Chloridgehaltes führt. Überlagert wird dies durch diffuse Einträge in die Werra oberhalb von Gerstungen, die durch Aufstiege von geogen salzhaltigem Grundwasser aus dem Plattendolomit mit Anteilen von versenktem Salzabwasser bedingt sind. Sie treten bereits seit 1928, dem Beginn der Versenktätigkeit, auf und sind infolge stark reduzierter Versenkmengen seit den 1980er Jahren zurückgegangen. Obwohl die diffusen Einträge zurückgegangen sind, haben sie eine sehr große wasserwirtschaftliche Bedeutung in Bezug auf das Verfehlen des guten Zustandes in einzelnen Wasserkörpern der Werra.

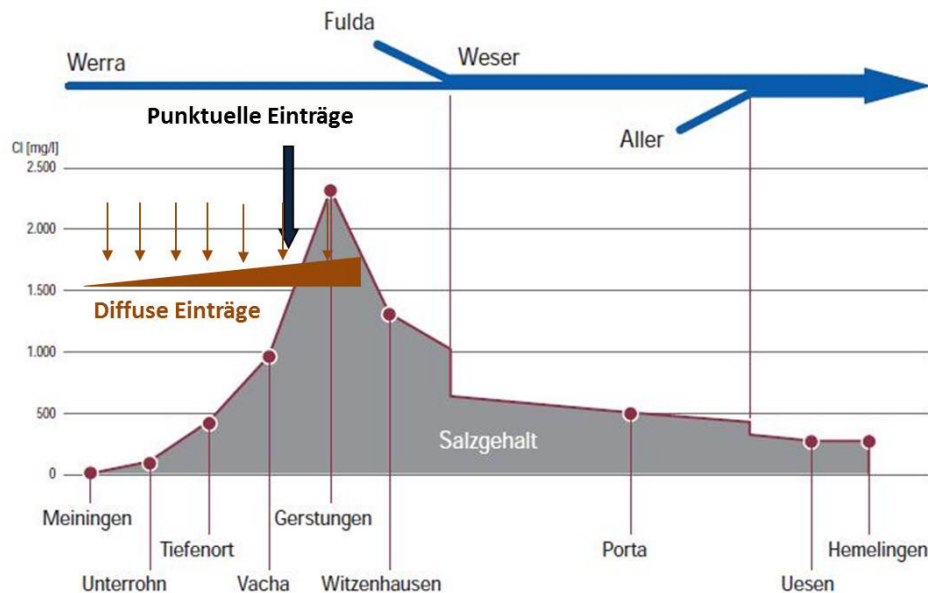


Abb. 8: Chloridkonzentration (90-Perzentil, im Jahr 2007) im Längsverlauf von Werra und Weser

Die höchste Chloridkonzentration wird in Gerstungen erreicht, während unterhalb von Gerstungen keine nennenswerten Chlorideinträge mehr zu verzeichnen sind. Ab Gerstungen verringert sich somit der Salzgehalt stetig aufgrund der Erhöhung der Abflussmengen. Sprunghafte Reduzierungen treten immer an Flusseinmündungen auf.

Die Hauptsalzlasten, die der Weser zugeführt werden, betragen im Jahresdurchschnitt ca. 1,3 Millionen Tonnen Chlorid pro Jahr über die Werra, 0,4 Millionen Tonnen Chlorid pro Jahr über die Aller und 0,08 Millionen Tonnen Chlorid pro Jahr über die Fulda. Der Vollständigkeit halber ist zu ergänzen, dass nicht die gesamten im Gewässer gemessenen Mengen Salz aus der Pflanzendüngemittelproduktion stammen, sondern ebenfalls aus verschiedenen anderen Produktionsprozessen, häuslichem Abwasser sowie aus der Fläche (z. B. Streusalz) in die Gewässer gelangen. Der Hauptanteil der Belastung ist jedoch der Kaliindustrie zuzuschreiben. Zudem ist diese auch hauptverantwortlich für die stark erhöhten Kalium- und Magnesiumkonzentrationen in der Werra.

## 2.4 Maßnahmen zur Reduktion der Salzbelastung bis zum Inkrafttreten der EG-WRRL

Aufgrund der steigenden Gefährdung der Trinkwasserversorgung aus der Weser in Bremen zum Beginn des 20. Jahrhunderts wurde **1913** erstmals ein **Staatsvertrag zwischen Preußen und Thüringen** zur Senkung der Salzbelastung der Weser geschlossen sowie **eine Kaliabwasserkommission** in Kassel eingerichtet. Diese hatte die Aufgabe, Regelungen für die Salzabwassereinleitung zu treffen. Zur Sicherung der Trinkwassergewinnung in Bremen wurde während des 2. Weltkriegs schließlich ein Grenzwert von 2.500 mg/l Chlorid am Pegel Gerstungen festgeschrieben. 1945 wurde durch die Festlegung der Grenzen zwischen den Besatzungszonen der Siegermächte das Werra-Kaligebiet geteilt. Drei Werke lagen nun auf dem Gebiet der DDR und zwei im Bereich der späteren Bundesrepublik. Eine gemeinsame Kommission legte 1951 fest, dass 62 % der Salzfracht aus den Kaliwerken der

DDR und 38 % aus den hessischen Werken kommen durfte. Um die Vorgaben einhalten zu können, musste ein Teil des Abwassers in den Untergrund versenkt werden. Diese teilweise Entlastung der Oberflächengewässer war bereits ab 1925 und verstärkt ab den 1960er Jahre durch die praktizierte **Versenkung von Salzabwässern** in den Plattendolomit vorgenommen worden. Die DDR stellte im Laufe der 60er Jahre ihre Versenktätigkeit ein mit der Folge einer weiteren Erhöhung der Salzbelastungen der Werra und Weser.

Reduzierungen der Salzabwassermengen wurden in den **1980er Jahren** durch die teilweise Umstellung der abwasserintensiven Produktionsverfahren auf die **trockene ESTA-Variante** erreicht, was aber eine Erhöhung der trockenen Salzabfallmengen zur Folge hatte. Mit der Umstellung auf das ESTA-Verfahren sind Rückstandshalden in Heringen und Philippsthal (Werra-Einzugsgebiet, insgesamt 280 Millionen Tonnen) sowie in Neuhoof (Fulda-Einzugsgebiet, 96 Millionen Tonnen) entstanden. Die Rückstandshalden tragen bereits heute zu einem nicht unerheblichen Teil (ca. 15-20 %) zur Entstehung der Salzabwassermengen bei. Weitere Intensivierungen des ESTA-Produktionsverfahrens sind daher bezüglich ihrer Gesamtauswirkungen auf die Umwelt zu bewerten.

Nach der Wiedervereinigung Deutschlands trat Thüringen 1991 der bereits 1964 gegründeten ARGE Weser bei. Diese Arbeitsgemeinschaft war der Zusammenschluss der Weseranrainerländer mit der Aufgabe, die Verschmutzung der Weser und ihrer Nebenflüsse wirksam zu bekämpfen. Aufgrund wirtschaftlicher Schwierigkeiten wurden als erstes die beiden Kaliwerke Dorndorf und Merkers 1991 bzw. 1993 geschlossen. **1992 wurde ein Verwaltungsabkommen zwischen dem Bund und den Ländern** unterzeichnet zur Durchführung eines mit insgesamt 116,5 Millionen DM geförderten **technischen Salzreduzierungskonzeptes** für die thüringischen Kaliwerke an der Werra, von denen am Ende nur das Werk Unterbreizbach übrig blieb. Es beinhaltete die folgenden drei Maßnahmen:

- Wochenausgleich der Salzabwassereinleitungen durch den Betrieb von Stapelbecken
- Jahresausgleich der Salzabwassereinleitungen durch Einpressen und Rückfördern salzhaltigen Abwassers in poröses Untergrundgestein
- Verbringung fester Rückstände (im wesentlichen Natriumchlorid) nach unter Tage

Die Salzreduzierung wurde zusätzlich durch ein **biologisches Beweissicherungsprogramm** (1993-1999) begleitet. Mit dem Salzreduzierungskonzept konnten die Chloridkonzentrationen in der Werra gegenüber vorher um ca. 90 % verringert werden. Durch die Errichtung einer **abflussabhängigen Salzlaststeuerung** in der Werra für alle drei Standorte werden **seit Mai 1999** am Pegel Gerstungen für Chlorid 2.500 mg/l und für die Gesamthärte 90° deutscher Härte als Immissionsgrenzwerte eingehalten.

Abb. 9 stellt die Abfolge der Maßnahmen zur Reduktion der Salzbelastung bis zum Inkrafttreten der EG-WRRL im Jahr 2000 als Zeitstrahl dar.

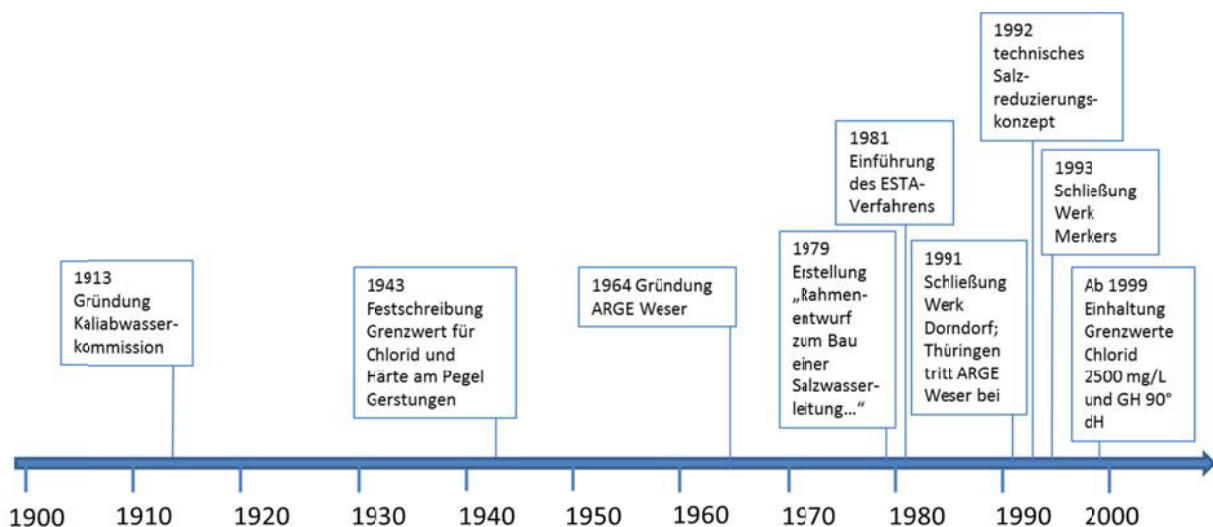


Abb. 9: Aktivitäten zur Reduzierung der Salzbelastung bis zum Inkrafttreten der EG-WRRL

### 3 *Aufstellung des Bewirtschaftungsplans 2009 und Aktivitäten des Runden Tisches*

Nach Inkrafttreten der EG-WRRL am 22.12.2000 erfolgte die Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht durch Änderungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG), in den Landeswassergesetzen sowie durch den Erlass von Landesverordnungen. Das novellierte Wasserhaushaltsgesetz ist fristgerecht im Juni 2002 in Kraft getreten. Für die Bundesrepublik und die Bundesländer ergaben sich hierdurch eine Reihe von neuen Aufgaben, u. a.

- Bestimmung der Flusseinzugsgebiete,
- Zuordnung zu einer internationalen Flussgebietseinheit,
- Analyse der Merkmale im Einzugsgebiet,
- Festlegung der Typen der Oberflächengewässer,
- Festlegung der Referenzbedingungen und Messstellen,
- Beschreibung der Grundwasserkörper,
- Überprüfung der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten,
- Erarbeitung von Signifikanzkriterien,
- Festlegung der Überwachungsmodalitäten,
- Bewertung des Gewässerzustandes,
- Festlegung der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme.

Bis Ende 2004 wurde die Analyse gem. Art. 5 EG-WRRL und bis Ende 2006 die Anpassung der Monitoringprogramme abgeschlossen, die als Grundlagen für die Aufstellung des Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms dienten (FGG Weser 2005, 2008).

In den Jahren 2005/2006 wurde das Pilotprojekt „Werra-Salzabwasser“ durchgeführt. Es diente der Identifizierung von Maßnahmen zur Verminderung des Salzabwasseranfalls und der diffusen Einträge in die Gewässer sowie zur Reduzierung der verbleibenden Belastungen. Ein zentrales Element dieses Pilotprojektes war die Einbindung der Verbände und des betroffenen Unternehmens. Die Ergebnisse des Pilotprojektes sind in die Empfehlungen des Runden Tisches eingeflossen.

In der Vergangenheit ist man davon ausgegangen, dass der überwiegende Teil der versenkten Salzabwässer im Versenkhorizont, dem Plattendolomit-Grundwasserleiter, verbleibt. Auf Grundlage unterschiedlicher neuerer Abschätzungen und Modellberechnungen wurde ab 2007 durch das Land Hessen festgestellt, dass ein großer Anteil des versenkten Salzabwassers in den Buntsandstein-Grundwasserleiter übergetreten sein muss. Eine Benutzung dieses Süßwasser-Grundwasserleiters war nie geplant bzw. zugelassen. Diese Erkenntnis führte dazu, dass Szenarien erarbeitet und beurteilt werden mussten, wie eine umweltgerechte Entsorgung der Salzabwässer bei Wegfall der Versenkung realisiert werden könnte.

Vor dem Hintergrund der sich dadurch verschärfenden Entsorgungssituation und zur Erörterung grundsätzlicher Lösungsstrategien für die komplexe Problematik der Salzeinleitung in das Flussgebiet haben die Landtage von Hessen und Thüringen im Jahr 2007 beschlossen, einen **Runden Tisch „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“** einzurichten. Zielstellung war es, entsprechend dem Art. 14 EG-WRRL eine Diskussion unter aktiver Beteiligung der betroffenen Öffentlichkeit über die Verbesserung der Gewässerqualität von Werra und Weser zu führen und konkrete Maßnahmenvorschläge erarbeiten zu lassen. Vertreter von Anrainerkommunen, von Umwelt- und Fischereiverbänden, von Bürgerinitiativen, Gewerkschaften, der Industrie- und Handelskammer, der betroffenen Bundesländer, des Bundesumweltministeriums und des Unternehmens K+S trafen sich von März 2008 bis Februar 2010 in insgesamt 16 Sitzungen, um tragfähige Lösungen zur Reduzierung der Salzbelastung zu suchen. Unter wissenschaftlicher Begleitung wurden mehr als 70 mögliche Maßnahmen zur Reduzierung der Salzabwasserbelastung gesammelt, beschrieben und einer ersten Bewertung unterzogen. Dabei sollten die Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie an den Gewässerschutz ebenso beachtet werden wie die wirtschaftlichen Interessen der Region und die Sicherung vorhandener Arbeitsplätze.

Am 4. Februar 2009 haben die Länder Hessen und Thüringen mit K+S eine „**Öffentlich-rechtliche Vereinbarung über einen Gesamtrahmen für eine nachhaltige Kaliproduktion in Hessen und Thü-**

ringen“ getroffen, um der Fortführung der Kaliproduktion in Hessen und Thüringen und dem Erhalt der damit verbundenen Arbeitsplätze bei Sicherung der Anforderungen eines nachhaltigen Umweltschutzes einen politischen Rahmen zu geben ([www.fgg-weser.de/download\\_salz\\_dokumente.html](http://www.fgg-weser.de/download_salz_dokumente.html)). Kern dieser Vereinbarung war die Entwicklung einer Gesamtstrategie durch die K+S, mit der die Versenkung flüssiger Rückstände in Hessen beendet und die Salzabwassereinleitungen in Werra und Weser weiter reduziert werden.

Anfang Juni 2009 hat **K+S** die **Gesamtstrategie** den Ländern Hessen und Thüringen sowie dem Runden Tisch vorgelegt ([www.fgg-weser.de/download\\_salz\\_dokumente.html](http://www.fgg-weser.de/download_salz_dokumente.html)) und gemeinsam abgestimmt. Bedeutsamster Punkt der Gesamtstrategie war die Darlegung verschiedener Maßnahmen in Form eines integrierten Maßnahmenkonzeptes, mit denen im Zeitraum 2011 bis 2015 eine nachhaltige Verbesserung der Entsorgungssituation zur Entlastung der Umwelt, insbesondere der Oberflächengewässer und des Grundwassers, erreicht werden soll. Ende Oktober 2009 hat K+S eine aktualisierte Gesamtstrategie und ein **integriertes Maßnahmenkonzept (IMK)** vorgelegt, das eine detaillierte Darstellung der zu ergreifenden Maßnahmen einschließlich der Umsetzungszeiträume enthält ([www.fgg-weser.de/download\\_salz\\_dokumente.html](http://www.fgg-weser.de/download_salz_dokumente.html)). In einer ersten Befassung hat der Runde Tisch das vorgelegte Konzept kontrovers diskutiert, insbesondere hinsichtlich Realisierung der Maßnahmen „Fernleitung“ und der „Neuen Integrierten Salzlaststeuerung (NIS)“. Das Konzept der NIS beinhaltet unterschiedliche Maßnahmen zur Steuerung der Salzabwasserentsorgung, dazu gehört auch die Fortsetzung der Versenkung nach 2011. Der Runde Tisch hat sich dafür ausgesprochen, die NIS durch Dritte hinsichtlich der technischen Machbarkeit und der rechtlichen Zulässigkeit prüfen zu lassen und selbst hierzu in seiner abschließenden Empfehlung eine qualifizierte Bewertung abgeben. Aufgrund der fortbestehenden Unsicherheiten hinsichtlich der technischen und rechtlichen Umsetzbarkeit der Maßnahme sowie bestehender Risiken kann die NIS nach Einschätzung des Runden Tisches nach Klärung der offenen Fragen höchstens als Übergangslösung in Betracht gezogen werden. K+S arbeitet nach eigenen Aussagen an der Konkretisierung des Konzeptes. Belastbare Aussagen, die eine Realisierung des Konzeptes wahrscheinlich machen, liegen nicht vor. Über die aktualisierte Gesamtstrategie und das IMK konnte bisher zwischen den Landesregierungen von Hessen und Thüringen und dem Unternehmen noch keine Einigung erzielt werden, gelten aber aufgrund mehrerer Abstimmungsgespräche als abgestimmt. Die Ergebnisse dieser Abstimmungsgespräche wurden schriftlich zwischen den Vertragspartnern in einem Abstimmungsprotokoll vom Mai 2011 dokumentiert.

Zusammenfassend wurde vom Runden Tisch aber auch festgestellt, dass alle möglichen Maßnahmen am Standort Werk Werra nicht ausreichen werden, um die Voraussetzungen zur Zielerreichung der Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie zu schaffen. Daher lässt die Gesamtstrategie der K+S die Bereitschaft erkennen, bis 2020 eine Fernleitung zu bauen, wenn die politischen Voraussetzungen dafür gegeben sind, die ökologische Sinnhaftigkeit belegt ist und die wirtschaftliche Machbarkeit bejaht werden kann. Der Bau einer Fernleitung an die Nordsee stellt nach mehrheitlicher Auffassung des Runden Tisches und der Länder Bremen, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen die einzige Möglichkeit dar, bei Aufrechterhaltung der Produktion die Bewirtschaftungsziele der EG-WRRL für die betroffenen Wasserkörper zu erreichen.

Im Rahmen der Arbeit des Runden Tisches wurden eine Vielzahl von Gutachten und Expertisen erstellt, wie sie in Tab. 1 und Anlage 1 zusammengestellt sind. Schwerpunkte waren dabei

- Ökonomische Betrachtungen zur wirtschaftlichen Bedeutung des Kalibergbaus sowie Folgekosten der Abwasserentsorgung der Kaliindustrie
- Entwicklung eines Bilanzierungs- und Prognosemodells zur Salzbelastung zur Beurteilung der Maßnahmenalternativen
- Überprüfung der Machbarkeit verschiedener Maßnahmen
- Machbarkeitsstudie zum Bau der verschiedenen Fernleitungsoptionen und der damit verbundenen Rechtsfragen bzw. Fragen der Umwelterheblichkeit und Ökobilanz

Tab. 1: Gutachten und Expertisen im Auftrag des Runden Tisches „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“  
([www.fgg-weser.de/download\\_salz\\_dokumente.html](http://www.fgg-weser.de/download_salz_dokumente.html))

Titel	Datum	Verfasser
Rechtsgutachten Werra-Salz, Rechtliche Anforderungen an die Errichtung und Nutzung einer Rohrfernleitung zur Einleitung von Salzabwässern in Gewässer	2010	UFZ Leipzig
Orientierende umweltfachliche Untersuchung zur überregionalen Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlagen zur Weser oder Nordsee	31.08.2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner
Stellungnahme zum Beitrag zur Güteverbesserung in Werra und Weser durch untertägigen Versatz von festen und flüssigen Rückständen aus der Kaliproduktion	26.03.2009 (mit Ergänzungen vom 20.06.2009 und 15.01.2010)	RWTH Aachen
Ökonomische Gutachten – Wirtschaftliche Bedeutung und Folgekosten	Okt. 2009	Thomas Döring, Bernd Hansjürgens
Machbarkeitsstudie Rohrfernleitung Teil A	Nov. 2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner
Machbarkeitsstudie Rohrfernleitung Teil B1	Nov. 2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner
Machbarkeitsstudie Rohrfernleitung Teil B2	Nov. 2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner
Einleitung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion in die Innenjade	Jan. 2010	Bundesanstalt für Wasserbau
Bilanzierungs- und Prognosemodell zur Salzbelastung von Werra und Weser	Feb. 2010	SYDRO Consult
Ersteinschätzung der Umwelterheblichkeit der Einleitung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion der K+S KALI GmbH in die Innenjade	05.02.2010	Ing.-Büro Jestaedt + Partner
Ökobilanzielle Untersuchung einer Fernleitung für Salzabwasser der Kaliproduktion	19.02.2010	Öko-Institut e.V.
Potenziale und Risiken der von K+S Kali GmbH vorgeschlagenen Neuen Integrierten Salzabwassersteuerung (NIS)	2010	M. Sauter & E. Holzbecher

Auf Grundlage der vorgenannten Aktivitäten und weiteren Untersuchungen hat der Runde Tisch im Frühjahr 2010 seine **Empfehlungen zur Reduzierung der Salzabwasserbelastung** unter Beachtung der ökologischen und sozioökonomischen Aspekte ([www.fgg-weser.de/download\\_salz\\_dokumente.html](http://www.fgg-weser.de/download_salz_dokumente.html)) veröffentlicht. Darin werden ergänzend zu den Maßnahmen des integrierten Maßnahmenkonzeptes und der Einstellung der Versenkung insbesondere die Maßnahmen der Neuen Integrierten Salzlaststeuerung, der Fernleitungen an die Oberweser bzw. an die Nordsee gegenübergestellt und bewertet.

Die mehrheitlich, aber nicht einstimmig gefassten Empfehlungen des Runden Tisches umfassen im Wesentlichen folgende sieben Punkte:

1. Die Maßnahmen sollen Arbeitsplätze sichern und Gewässer (Oberflächengewässer und Grundwasser) bestmöglich und dauerhaft entlasten.
2. Die Einleitung des unvermeidbaren Salzabwassers in die Werra und in den Untergrund soll bis spätestens 2020 eingestellt sein.
3. Die Salzabwassermenge soll durch technische Maßnahmen an den Produktionsstätten bis 2015 um 50 % reduziert werden.

4. Der Runde Tisch hält es für erforderlich, dass K+S alles technisch Machbare zur weiteren Vermeidung und Verwertung von Reststoffen bei der Kaliproduktion prüft und bei Eignung umsetzt.
5. Der Runde Tisch empfiehlt den Bau einer Fernleitung an einen ökologisch verträglichen Einleitungspunkt in die Nordsee bis 2020.
6. In der Übergangszeit bis 2020 sollen alle Möglichkeiten und Maßnahmen zur schrittweisen Verringerung der Einleitungen in Werra und Versenkung in den Untergrund genutzt werden. Die Neue Integrierte Salzabwassersteuerung (NIS) sollte fortentwickelt und ihr Beitrag als Übergangsmaßnahme zur Verbesserung der Gewässerqualität geprüft werden.
7. K+S, die Länder und der Bund mögen baldmöglichst ein deutliches Zeichen für die weitere Sicherung des Vertrauens in die Umsetzung der Empfehlungen setzen.

Seitens der betroffenen Bundesländer wurde 2007 bis 2010 intensiv an dem Abstimmungsprozess und der Erstellung der Fachgutachten des Runden Tisches mitgewirkt. Die Empfehlungen wurden seitens der Bundesländer weitgehend mitgetragen. Das Land Niedersachsen votierte zum damaligen Zeitpunkt, dass es einem Transport zu einer Einleitstelle weiter flussabwärts sowie in die Nordsee grundsätzlich ablehnend gegenüber steht.

Nach Abschluss der Aufstellung der Monitoringprogramme 2006 wurde 2007 bis 2008 innerhalb der FGG Weser der Entwurf des ersten Bewirtschaftungsplans erstellt. Zum Zeitpunkt dessen Erstellung standen die zur Beurteilung erforderlichen Gutachten noch nicht zur Verfügung. Eine weitere Beschleunigung der erforderlichen Untersuchungen und Abstimmungen der komplexen Problemlage am Runden Tisch war aufgrund der Komplexität des Prozesses nicht realisierbar. Daher wurden im ersten Entwurf des Bewirtschaftungsplans zunächst ausführlich die Schritte (Runder Tisch, Gesamtstrategie und Maßnahmenkonzept K+S) beschrieben, um zu einer geeigneten Maßnahmenkombination zu gelangen. Weiterhin wurde dargelegt, welche Prüfungen (Machbarkeitsstudie Fernleitung) eingeleitet worden sind.

Konkret hat die FGG Weser im Bewirtschaftungsplan 2009 ausgeführt, dass über die in Kapitel 2.4 bereits durchgeführten Maßnahmen hinaus grundsätzlich folgende aufgezählte Maßnahmen in Betracht kommen, wobei bei der Festlegung der Bewirtschaftungsziele und der Maßnahmenauswahl die ökologischen, ökonomischen und sozialen Belange zu berücksichtigen sind:

1. Optimierung der Einleitverfahren (Salzlaststeuerung),
2. Technische Maßnahmen zur Reduzierung des Salzabwasseranfalls durch Änderung der Produktionsverfahren,
3. Veränderte Strategie der Entsorgung der Rückstände (z. B. standortferne Entsorgung, Verlegung der Einleitstellen).

Die inzwischen auf Umsetzbarkeit geprüften Maßnahmen der K+S Kali GmbH zur Reduzierung des Abwasseranfalls auf 7 Millionen m<sup>3</sup> pro Jahr bis 2015 werden im Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm 2009 genannt, eine realistische Gesamtlösung für die komplexe Problemlage (absehbarer Wegfall der Verfügbarkeit bzw. Einschränkung der bisherigen Entsorgungswege bei Fehlen technischer Alternativen) war aufgrund der 2009 noch nicht abgeschlossenen Klärung jedoch noch nicht möglich. Hinsichtlich der Wahl von kosteneffizienten Maßnahmen zur Reduzierung der Salzbelastungen bestanden noch erhebliche Unsicherheiten, da es zum damaligen Zeitpunkt Ende 2009 noch nicht klar war, welche ganz konkreten, umsetzbaren Maßnahmen zur Reduzierung der Salzbelastung in jedem Fall beitragen können. Diese Unsicherheiten wurden durch weitere Untersuchungen und Studien reduziert, so dass nunmehr zahlreiche Maßnahmen (u. a. im Rahmen des Investitionsprogramms von K+S, s. Kap. 4.4) als sog. „no-regret-Maßnahmen“ sich in der Umsetzung befinden. Diese Vorgehensweise entspricht auch dem Punkt 3.2.3 des Guidance Document No. 20 „Guidance document on exemptions to the environmental objectives“, welches vorhandene „Unsicherheiten“ über den gesamten Umsetzungsprozess als „vorhanden“ attestiert, zugleich aber auch sagt, dass die Unsicherheiten sukzessive abzubauen sind.

Vor diesem Hintergrund wurde im Bewirtschaftungsplan hinsichtlich der Zielsetzung entschieden, dass man Art. 4 Abs. 4 EG-WRRL in Anspruch nimmt und als Begründung der Fristverlängerung in den betroffenen Wasserkörpern die „technische Durchführbarkeit“ als Hauptgrund anführt, da bis

2015 die Lösung des komplexen Problems durch geeignete Maßnahmen noch nicht vollständig absehbar war.

Abb. 10 stellt die oben beschriebenen Aktivitäten seit Inkrafttreten der EG-WRRL im Jahr 2000 als Zeitstrahl dar.

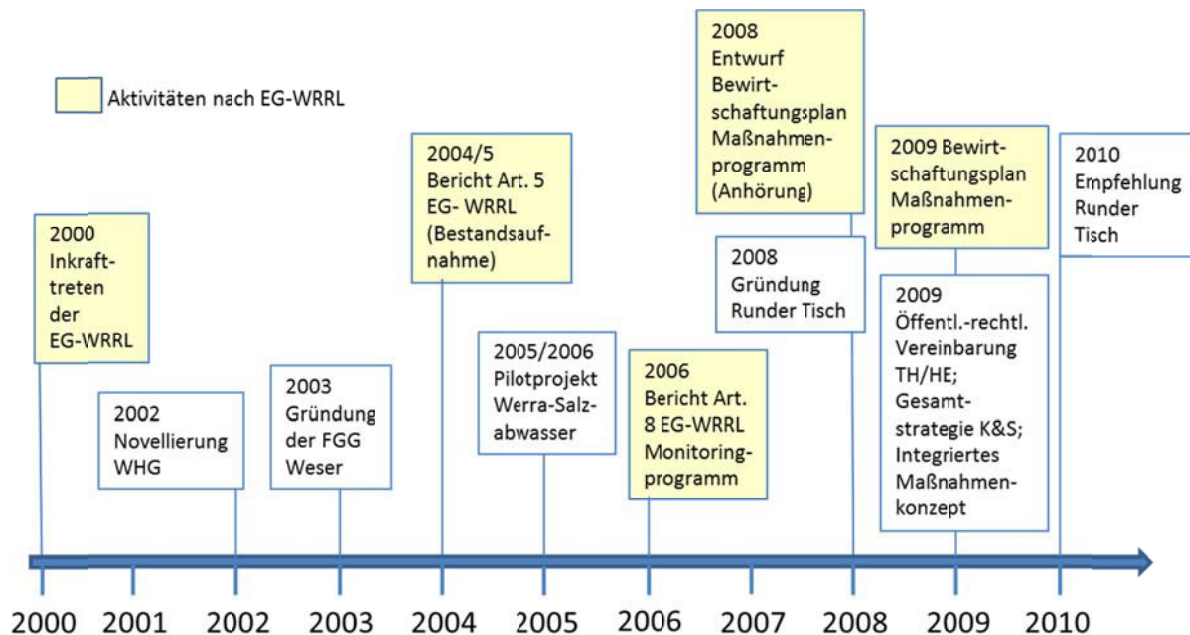


Abb. 10: Aktivitäten zur Reduzierung der Salzbelastung seit Inkrafttreten der EG-WRRL 2000 bis 2010

## 4 Aktueller Stand seit Inkrafttreten des Bewirtschaftungsplans

### 4.1 Erlaubnis- bzw. Genehmigungsverfahren

Zur Aufrechterhaltung des Produktionsbetriebes der K+S Kali GmbH wurden seitens des Unternehmens mehrfach Anträge auf Genehmigung zur Salzabwassereinleitung in die Werra sowie zur Versenkung gestellt und von der zuständigen Behörde, dem Regierungspräsidium Kassel, unter Beachtung der Zielsetzungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie genehmigt. Die im Rahmen der Verfahren vorgelegten Gutachten und Stellungnahmen sind in Anlage 1 aufgelistet.

- **Versenkerlaubnis bis 2015**

Zur Verbesserung des Grundwasserschutzes hat das Regierungspräsidium Kassel am 30.11.2011 der K+S Kali GmbH eine Versenkerlaubnis erteilt, die mengenmäßig begrenzt ist und eine Laufzeit bis 30.11.2015 hat. Die maximale Versenkmenge innerhalb des Erlaubniszeitraums beträgt 18,4 Millionen m<sup>3</sup>. Dabei dürfen bis zum 30.11.2013 maximal 6 Millionen m<sup>3</sup> pro Jahr, danach noch maximal 4,5 Millionen m<sup>3</sup> pro Jahr versenkt werden. Eine Verlängerung der Versenkerlaubnis über 2015 hinaus ist nicht vorgesehen. Die dem Antrag auf Erteilung einer Erlaubnis zur Salzabwasserversenkung zugrunde liegenden Berechnungen zur Versenkmenge beruhen auf den Grenzwerten 2.500 mg/l Cl und 90 °dH für die vorrangig zu nutzende Einleitung in die Werra. Niedrigere Grenzwerte wurden nicht berücksichtigt, da dies zu einer Erhöhung der Versenkmenge geführt hätte. Gegenüber den zuvor erteilten Erlaubnissen sind die max. zulässigen Versenkmengen reduziert worden, was dazu führen kann, dass in trockenen Abflussjahren Produktionseinschränkungen notwendig werden. Eine Reduzierung der Versenkmengen erfolgte auch vor dem Hintergrund, eine weitere Abnahme der diffusen Einträge zu ermöglichen. Bei Erteilung der Einleiterlaubnis in die Werra im Jahr 2012 wurden die v. g. Grenzwerte daher auch nur noch bis zum 30.11.2015 zugelassen.

- **Erlaubnis zur Einleitung von Salzabwässern in die Werra über eine Rohrleitung von Neu-  
hof nach Philippsthal bis 2020**

Wie bereits beschrieben, musste durch die Begrenzung bzw. spätere Einstellung der Salzabwasserversenkung am Werk Neuhoof-Ellers Salzabwasser an die Werra geleitet werden (vgl. Kap. 3). Am 25.06.2012 hat das Regierungspräsidium Kassel dazu der K+S Kali GmbH die wasserrechtliche Erlaubnis erteilt, Salzabwässer des Werks Neuhoof-Ellers in die Werra befristet bis zum 31.12.2020 einzuleiten. Dazu wird als Ersatz für den bisherigen LKW-Transport derzeit eine Pipeline von Neuhoof-Ellers bis an die Werra gebaut. Die Einleitung darf die Menge von 1,1 Millionen m<sup>3</sup>/a nicht überschreiten. Die Grenzwerte am Pegel Gerstungen dürfen unter Berücksichtigung der Vorbelastungen, der diffusen Einträge sowie der erlaubten Einleitungen des Werks Werra (s. folgende Einleiterlaubnis in die Werra) nicht überschritten werden.

- **Einleitererlaubnis in die Werra bis 2020**

Am 30.11.2012 hat das Regierungspräsidium Kassel der K+S Kali GmbH eine Erlaubnis zur Einleitung von Salzabwässern des Werkes Werra befristet bis zum 31.12.2020 erteilt. Die Grenzwerte wurden ausgehend von den bisherigen Grenzwerten von 2.500 mg/l Chlorid und 90 °dH stufenweise über 2015, 2017 und 2019 auf 1.700 mg/l Chlorid, 150 mg/l Kalium, 230 mg/l Magnesium herabgesetzt. Die Einleitmenge sinkt ausgehend von 14 Millionen m<sup>3</sup> (2009) auf 10 Millionen m<sup>3</sup>/a (bis 2013) und über 9 Millionen m<sup>3</sup>/a (bis 2015) auf 8 Millionen m<sup>3</sup>/a (bis 2020) (Tab. 2)). Die dem Werk Neuhoof-Ellers erteilte Erlaubnis wurde bezüglich der Grenzwerte entsprechend angepasst. Aufgrund der im Erlaubniszeitraum vorgesehenen Reduzierung der Einleitmengen und festgesetzten schrittweisen Herabsetzung der Grenzwerte am Pegel Gerstungen kann zudem mit einer Verbesserung des bestehenden Zustands gerechnet werden.

Die K+S Kali GmbH wurde im Erlaubnisbescheid darauf hingewiesen, dass die Einleitung von Salzabwasser in die Werra keine dauerhafte Entsorgungslösung darstellt und erwartet wird, dass sich die Antragstellerin kurzfristig auch zur Realisierung einer nachhaltigen Gesamtlösung bekennt. Für die Einleitung des Salzabwassers in die Weser bzw. Nordsee sollen in 2012 bzw. 2013 Erlaubnisansträge gestellt werden.

Tab.2: Übersicht über genehmigte Zeiträume und Mengen/Grenzwerte für die Versenkung und Einleitung

Versenkung		Einleitung in die Werra		
Zeitraum	Max. Menge	Zeitraum	Max. Menge	Grenzwerte
01.12.2011 – 30.11.2013	6 Mio. m <sup>3</sup> /a	01.12.2012 – 30.11.2013	10 Mio. m <sup>3</sup> /a	Gesamthärte: 90 °dH Chlorid: 2500 mg/l
01.12.2013 – 30.11.2015	4,5 Mio m <sup>3</sup> /a	01.12.2013 – 30.11.2015	9 Mio. m <sup>3</sup> /a	Kalium: 200 mg/l Magnesium: 340 mg/l
		01.12.2015 – 30.11.2017	8 Mio. m <sup>3</sup> /a	Chlorid: 2100 mg/l Kalium: 180 mg/l Magnesium: 295 mg/l
		01.12.2017 – 30.11.2019		Chlorid: 1900 mg/l Kalium: 170 mg/l Magnesium: 270 mg/l
		01.12.2019 – 30.11.2020		Chlorid: 1700 mg/l Kalium: 150 mg/l Magnesium: 230 mg/l

In ihrer Begründung zur wasserrechtlichen Erlaubnis nimmt die Genehmigungsbehörde Bezug zu den im Bewirtschaftungsplan 2009 – 2015 der FGG Weser für die von der Salzeinleitung betroffenen Oberflächenwasserkörper vorgesehenen Fristverlängerungen: „Grund für die aufgeführten Fristverlängerungen ist zum einen die zu erwartende Langfristigkeit der diffusen Belastungen aus dem Grundwasser. Selbst bei sofortiger Einstellung der Direkteinleitungen

und der Versenktätigkeiten würden noch etwa zehn Jahre lang erhebliche diffuse Einträge durch aus dem Untergrund aufsteigendes Salzwasser zu erhöhten Chloridkonzentrationen sowie Magnesium- und Kaliumbelastungen der Werra führen und die Erreichung des guten ökologischen Zustands verhindern. Nach einem Stopp der Versenkung werden die diffusen Einträge im Laufe der Zeit zwar deutlich abnehmen, nach Einschätzungen des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie wird das derzeitige Niveau der diffusen Einträge von etwa 13,6 kg/s auf Werte zwischen 7 und 10 kg/s zurückgehen. Je nach Wassermenge in der Werra stellen sich dann Werte zwischen 350 und 650 mg/l Chlorid, in Trockenzeiten bis zu 1.000 mg/l Chlorid ein (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, „Einschätzung der Chloridbelastung der Werra durch diffuse Einträge für das Szenario nach Einstellung der Salzwassereinleitung und der Versenkung von Salzwässern“; siehe auch Empfehlung des Runden Tisches Werra, S. 58). Bei extremen Bedingungen können noch wesentlich höhere Chloridkonzentrationen vorliegen.

Zum anderen tragen die Fristverlängerungen dem Umstand Rechnung, dass alle in Betracht zu ziehenden technischen Lösungen zur Verringerung des Salzabwasseranfalls bzw. der Salzabwassereinleitungen der Antragstellerin an ihrem Werk Werra einen hohen Planungs- und Durchführungsaufwand benötigen. Die Umsetzung eines anderen Entsorgungskonzepts als die Einleitung salzhaltiger Abwässer in die Werra ist bis zum 22.12.2015 nicht möglich, so dass für die von der Salzbelastung betroffenen Oberflächenwasserkörper Fristverlängerungen in Anspruch genommen werden (Bewirtschaftungsplan FGG Weser, S. 68, 79). Die genannten Gründe entsprechen den von dem Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ der Bund/Länder- Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) angegebenen Kriterien zulässiger Fristverlängerungen, nämlich „Natürliche Gegebenheiten“ und „Technische Durchführbarkeit“ (Gemeinsames Verständnis von Begründungen zur Fristverlängerungen nach § 25 c WHG (Art. 4 Abs. 4 WRRL) und Ausnahmen nach § 25 d Abs. 1 WHG (Art. 4 Abs. 5 WRRL), Fassung vom 18.03.2009).

Die Erlaubnis zur Einleitung salzhaltiger Abwässer konnte daher über den 31.12.2015 hinaus erteilt werden. Über die Befristung der Erlaubnis bis zum 31.12.2020 wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass am 22.12.2021 der nächste Zyklus der WRRL endet und eine Verlängerung der Frist zur Verbesserung bis Ende 2027 noch nicht für alle betroffenen Oberflächenwasserkörper konkretisiert ist. Aufgrund der im Erlaubniszeitraum vorgesehenen Reduzierung der Einleitmengen und festgesetzten schrittweisen Herabsetzung der Grenzwerte am Pegel Gerstungen kann zudem mit einer Verbesserung des bestehenden Zustands gerechnet werden, die Rahmen des Bewirtschaftungsermessens berücksichtigt wurde.“

- **Raumordnungsverfahren**

Eine Antragskonferenz für das beabsichtigte hessische Raumordnungsverfahren zum Bau einer Fernleitung zur Einleitung von Salzabwasser in die Oberweser hat am 19. Februar 2013 stattgefunden. Mit Schreiben vom 25.02.2013 hat die Firma K+S auch bei dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - Regierungsvertretung Braunschweig - als oberste Landesplanungsbehörde einen Antrag auf Durchführung eines Raumordnungsverfahrens zum Bau einer Fernleitung zur Einleitung in die Oberweser für den Trassenkorridor gestellt, der durch Niedersachsen verläuft. Derzeit werden anhängige Stellungnahmen geprüft.

Für den möglichen Transport der Salzabwässer mittels Rohrfernleitung in die Nordsee hat K+S überdies erste Beratungsgespräche zu den einzureichenden Unterlagen mit dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz als oberste Landesplanungsbehörde geführt. Am 8. Mai 2013 fand zur Vorbereitung des Raumordnungsverfahrens eine weitere länderübergreifende Abstimmung statt.

## **4.2 Umsetzung des Maßnahmenprogramms der Fa. K+S**

Die Verantwortung für eine nachhaltige Entsorgung der bei der Düngemittelproduktion und von den Halden anfallenden Salzabwassermenge liegt einzig bei der K+S Kali GmbH als Verursacher. Im Oktober 2008 hat K+S ein umfangreiches Investitionsprogramm mit einem Umfang von 360 Millionen Euro vorgestellt. Damit sollen die flüssigen Rückstände aus der Kaliproduktion an allen Standorten im

Werrarevier bis 2015 schrittweise von 14 Millionen m<sup>3</sup>/a (Stand 2006) auf 7 Millionen m<sup>3</sup>/a halbiert werden (Stand 2012 ca. 10,5 Millionen m<sup>3</sup>/a). Mit Ausnahme der NIS sind die Maßnahmen des IMK im derzeit laufenden Maßnahmenprogramm von K+S enthalten. Diese Maßnahmen befinden sich derzeit in der Umsetzung und werden bis 2015 abgeschlossen sein (Tab. 3 und Anlage 1). In Thüringen werden seit Ende 2012 keine Salzabwässer mehr in Oberflächenwasser eingeleitet. Die Einleitung in das Grundwasser ist bereits seit 2007 in Thüringen eingestellt. Die Salzabwässer aus Thüringen werden in Hessen derzeit am Standort Hattorf über die Versenkung entsorgt, da der hohe Magnesiumanteil des Abwassers zu einem vorzeitigen Erreichen des Härtegrenzwertes in der Werra führt. Dafür kann in Hattorf eine größere Abwassermenge mit geringerer Magnesiumkonzentration in die Werra eingeleitet werden. Ab 2014 werden die Salzabwässer aus Thüringen am Standort Wintershall verwertet.

Tab.3: Stand der Maßnahmenumsetzung des Investitionsprogramms K+S

Maßnahme	Beginn	Voraussichtlich abgeschlossen
Umstellung der Nassgewinnung von Kieserit auf das trockene ESTA-Verfahren am Standort Hattorf	02/2011	Ende 2013
Bau einer Anlage zur kalten Vorzersetzung (KVZ) am Standort Unterbreizbach	05/2011	Ende 2013
Erweiterung der Dickstoffanlage unter Tage in Unterbreizbach		abgeschlossen
Neue Eindampfanlage am Standort Wintershall zur Einbindung von Salzabwässern aus Unterbreizbach	07/2012	Ende 2013
Erweiterung der MgCl <sub>2</sub> -Anlage am Standort Wintershall zur Verwertung von Salzabwässern aus Unterbreizbach (Lösungsverbund)	im Bau	Ende 2013
Bau einer Tiefkühlanlage für Salzlaugen am Standort Hattorf	Planungsphase	Ende 2015
Weiterentwicklung der Kieseritgewinnung (Flotation) am Standort Wintershall		
1. Bauabschnitt	11/2011	Bauarbeiten abgeschlossen
2. Bauabschnitt	Planungsphase	

### 4.3 Aktuelle Aktivitäten der Fa. K+S und des Runden Tisches

Seit Veröffentlichung der Empfehlungen 2010 verfolgt der Runde Tisch die Aufgabe, die Umsetzung seiner Empfehlung zu begleiten und dabei Transparenz zu schaffen sowie der Öffentlichkeit Informationen bereit zu stellen. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand und unter Berücksichtigung aller Expertisen, die eingeholt wurden, liegt eine umfassende und nachhaltige Problemlösung nach mehrheitlicher Auffassung des Runden Tisches in einer Systemlösung mit aus technischen und wirtschaftlichen Gründen weitest gehender Vermeidung der Rückstände und des Abwassers sowie einer standortfernen Entsorgung der unvermeidlichen Salzabwässer. Dennoch sollen die möglichen Maßnahmen zur Vermeidung und Reduzierung des Anfalls von Rückständen aus der Kaliproduktion an der Quelle, insbesondere unter Berücksichtigung der Fortentwicklung des Standes der Technik, nicht vernachlässigt werden. Daher hat der Runde Tisch beschlossen, die Fortschritte der Fa. K+S zu Reduzierung des Anfalls von Produktionsrückständen weiter zu begleiten und dabei zu prüfen, ob in den nächsten Jahren wirtschaftlich realistische Alternativen für die Entsorgung der Salzlauge zur Verfügung stehen. Zu beachten sind dabei die begrenzten Spielräume der derzeitigen Entsorgungswege (Aufhaldung, Versatz, Einleitung, Versenkung) für Rückstände aus der Kali-Produktion und die Nachhaltigkeit von alternativen Lösungen.

Die Fa. K+S hat nach Veröffentlichung des WRRL-Maßnahmenprogramms 2009 für die Flussgebiets-einheit Weser und den Empfehlungen des Runden Tisches 2010 eine Studie bei der Fa. ERCOSPLAN (Thüringen) beauftragt, um einen weltweiten Überblick über den Umgang mit Rückständen aus der Kaliproduktion zusammenzustellen (siehe Anhang 3 Dokument-Nr. 5.11). Die Ergebnisse der Studie wurden dem Runde Tisch am 6. Juni 2013 vorgestellt. Betrachtet wurden insgesamt 67 Standorte unter anderem in Russland, Kanada, Weißrußland, Usbekistan, China, Thailand, Israel, Jordanien oder Deutschland. ERCOSPLAN hat ca. 600 zitierte Referenzen ausgewertet.

Als Stand der Technik wird das bei Fachleuten verfügbare Wissen, welches wissenschaftlich begründet, praktisch erprobt und ausreichend bewährt sein muss, angesehen.

Nach Meinung des Gutachters ERCOSPLAN gibt es keinen allgemein gültigen Stand der Technik im Bereich der Kaliproduktion aufgrund

- unterschiedlicher lagerstättengeologischer Randbedingungen,
- unterschiedlicher hydrogeologischer und bergbaulicher Randbedingungen,
- unterschiedlicher klimatischer Randbedingungen (z.B. ist am Toten Meer eine Solareindampfung möglich und in den Tropen eine Aufhaldung wegen der hohen Niederschläge nicht möglich),
- unterschiedliche infrastrukturelle und logistische Randbedingungen (z.B. Verkehrsanbindung).

Weltweit würde mit den Rückstandssalzen wie folgt vorgegangen:

- 80% Aufhaldung,
- 10% Versatz,
- 10% Auflösung/Einleitung/Versenkung in den Untergrund.

Es wurde darauf hingewiesen, dass es Magnesiumsulfat ( $\text{MgSO}_4$  – Kieserit) nur in den deutschen Kaliwerken gäbe, die daher als besonders wertvoll anzusehen seien. Auch die trockene Aufbereitung (ESTA-Verfahren) gäbe es derzeit nur in Deutschland, bei K+S.

Zusammenfassend zog der Gutachter folgendes Fazit:

- Weltweit würden flüssige Rückstände aus der Kaliproduktion in Oberflächengewässer eingeleitet oder in den tieferen Untergrund versenkt
- Eine Sulfatlagerstätte wie an der Werra sei nur schwer vergleichbar mit einer Chloridlagerstätte.

## 5 Anforderungen des Art. 4 EG-WRRL

### 5.1 Grundlagen

Der gute Zustand ist gem. Art. 4 EG-WRRL bis 22.12.2015 zu erreichen

- vorbehaltlich etwaiger Fristverlängerungen gemäß Absatz 4 sowie
- vorbehaltlich der Anwendung der Absätze 5 (weniger strenge Umweltziele), 6 (vorübergehende Verschlechterung) und 7 (neue Änderungen),
- unbeschadet des Absatzes 8 (Auswirkung auf andere Wasserkörper) und
- vorbehaltlich des Artikels 11 Absatz 3 Buchstabe j) (Verbot einer direkten Einleitung von Schadstoffen ins GW).

Die Prüfung dieser spezifischen Ziele und Ausnahmen ist Bestandteil der in Art. 4 EG-WRRL geregelten Umweltziele und des Planungsprozesses (Wasserdirektoren, 2005). Für die Ableitung der Umweltziele bzgl. der Salzeinleitungen ist die Prüfung aus folgenden Gründen eingeschränkt:

- **Ökologischer Zustand Oberflächengewässer**

Chlorid, Kalium und Magnesium können sich durch ihre Wirkung auf die biologischen Qualitätskomponenten auf den ökologischen Zustand auswirken. Gemäß OgewV (Anlage 6) ist derzeit nur für Chlorid als allgemeine chemisch-physikalische Qualitätskomponente ein Orientierungswert für den sehr guten Zustand von 50 mg/l als Jahresmittelwert geregelt. Für die Beurteilung des guten ökologischen Zustands unter Berücksichtigung der allgemeinen-chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten werden derzeit durch die Projekte der Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser fachlich untersetzt. Die ungünstigen Ionenverhältnisse von

Ca/Mg < 1:0,61 (aus mg/l berechnet) haben auf die aquatischen Lebensgemeinschaften eine teilweise toxische Wirkung.

- **Chemischer Zustand Oberflächengewässer**

Die Salze wie z.B. Chlorid, Kalium und Magnesium unterliegen keinen Umweltqualitätsnormen nach Anhang IX oder Art. 16 EG-WRRL oder anderer einschlägiger Rechtsvorschriften der Gemeinschaft bzgl. Oberflächengewässer. Infolgedessen werden diese Stoffe nicht zur Beurteilung des chemischen Zustands der Oberflächenwasserkörper herangezogen.

- **Chemischer Zustand Grundwasser**

Für den chemischen Zustand des Grundwassers bezüglich der Salzbelastung ist national ein Schwellenwert von 250 mg/l Chlorid in der Grundwasserverordnung festgelegt worden, der sich aus dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung ableitet.

Infolge der im gesamten Gebiet deutlich erhöhten geogenen Hintergrundwerte für Chlorid und die übrigen kaliabwasserrelevanten Stoffe kommt der Schwellenwert nicht zur Einstufung des chemischen Zustands zur Anwendung. Da infolge der komplexen Hydrogeologie und einer extrem hohen räumlichen Variabilität der geogenen Hintergrundwerte die Einstufung des chemischen Zustands mittels eines auf die Höhe des geogenen Hintergrunds erhöhten Schwellenwertes (§ 5 Abs. 2 GrwV) auch nicht möglich ist, wird die „anthropogene Belastung“ zum Maß genommen (vgl. § 1 Nr. 2 GrwV bezügl. der Begriffsbestimmung „Hintergrundwert“). Eine solche anthropogene Beeinflussung des Grundwassers im jeweiligen Grundwasserkörper durch die Salzabwasserversenkung liegt dann vor, wenn folgendes gilt:

- Unterschreitung des Ionenverhältnisses von Ca/Mg  $\leq$  1:0,61 (aus mg/l berechnet – dieses Maß zeigt eine direkte Einmischung von Versenkabwässern in den Grundwasserkörper an),
- ansteigende Trends der Ionen Kalium, Magnesium, Sulfat und Chlorid ab bestimmten Konzentrationen.

Die absolut zu erreichenden Konzentrationen können nicht pauschal festgelegt werden, da sie in der Fläche und in der Höhenlage innerhalb des Buntsandstein-Grundwasserleiters starken geogenen Schwankungen unterworfen sind. Es wurde hier nach Expertenbewertung, möglichst unter Zuhilfenahme historischer geogener Messwerte am gleichen Ort, ein Zielwert für den Einzugsbereich der jeweiligen Messstelle definiert. Liegt eine anthropogene Beeinflussung vor, ist der gute Zustand verfehlt.

- **Mengenmäßiger Zustand Grundwasser**

Die Einleitung von Salzabwässern haben gem. den Analysen des Bewirtschaftungsplanes 2009 keine Auswirkungen auf den mengenmäßigen Zustand der Grundwassers. Infolgedessen sind die Salzeinleitungen nur für die Beurteilung des chemischen Zustands der Grundwasserkörper relevant.

- **Künstliche Gewässer gem. Art. 4 Abs. 3 EG-WRRL**

Keiner der durch Salzeinleitungen belastete OWK wurde als künstlicher OWK eingestuft.

- **Erheblich veränderte Gewässer gem. Art. 4 Abs. 3 EG-WRRL**

Bei der Einstufung als erheblich veränderter Wasserkörper gem. Art. 4 Abs. 3 EG-WRRL spielen ausschließlich hydromorphologische Merkmale eine Rolle. Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Ableitung der Umweltziele infolge Salzeinleitungen und der Einstufung der durch Salzeinleitungen belasteten OWK als erheblich verändert.

- **Vorübergehende Verschlechterung gem. Art. 4 Abs. 6 EG-WRRL**

Eine vorübergehende Verschlechterung des Zustands von Wasserkörpern verstößt gem. Art. 4 Abs. 6 EG-WRRL nicht gegen die Anforderungen dieser Richtlinie, wenn sie aus natürlichen Ursachen herrührende oder durch höhere Gewalt bedingte Umstände, die außergewöhnlich sind, eintreten oder nach vernünftiger Einschätzung nicht vorhersehbar waren. Die

zu betrachtenden Einleitungen von Salzabwässern erfolgen hingegen planmäßig und sind durch wasserrechtliche Genehmigungen geregelt. Diese Ausnahmemöglichkeit ist daher bzgl. der Ableitung der Umweltziele bzgl. der genehmigten Salzeinleitungen nicht weiter zu prüfen.

- **Neue Änderungen gem. Art. 4 Abs. 7 EG-WRRL**

Die Ausnahmeregelung in Art. 4 Abs. 7 EG-WRRL bzgl. neuer Änderungen der physischen Eigenschaften eines Oberflächenwasserkörpers oder von Änderungen des Pegels von Grundwasserkörpern ist nicht einschlägig, da es sich bei dem seit ca. 100 Jahren in der Flussgebietseinheit Weser stattfindenden Kalibergbau nicht um eine neue Änderung handelt.

Die Festsetzung der Umweltziele bzgl. Salzeinleitungen kann daher auf folgende Punkte konzentriert werden:

- auf die Optionen Fristverlängerungen und weniger strenge Umweltziele,
- und die Betrachtung des ökologischen Zustands der OWK bzw. des chemischen Zustands der GWK

## 5.2 Fristverlängerungen bzw. weniger strenge Umweltziele

Artikel 4 Abs. 4 und 5 EG-WRRL stellen folgende rechtlichen Anforderungen an die Inanspruchnahme von Fristverlängerungen bzw. weniger strenge Umweltziele:

- (4) Die in Absatz 1 vorgesehenen Fristen können zum Zweck der stufenweisen Umsetzung der Ziele für Wasserkörper verlängert werden, sofern sich der Zustand des beeinträchtigten Wasserkörpers nicht weiter verschlechtert und die folgenden Bedingungen alle erfüllt sind:
- a) Der betreffende Mitgliedstaat gelangt zu dem Schluss, dass sich **vernünftiger Einschätzung nach** nicht alle erforderlichen Verbesserungen des Zustands der **Wasserkörper innerhalb der in Absatz 1 genannten Fristen** erreichen lassen, und zwar **aus wenigstens einem** der folgenden Gründe:
    - i) der Umfang der erforderlichen Verbesserungen kann aus Gründen der **technischen Durchführbarkeit nur in Schritten** erreicht werden, die den vorgegebenen Zeitrahmen überschreiten;
    - ii) die Verwirklichung der Verbesserungen **innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens** würde **unverhältnismäßig hohe Kosten** verursachen;
    - iii) die **natürlichen Gegebenheiten** lassen keine **rechtzeitige** Verbesserung des Zustands des Wasserkörpers zu.
  - b) Die **Verlängerung der Frist** und die entsprechenden **Gründe** werden in dem in Artikel 13 genannten Bewirtschaftungsplan für das Einzugsgebiet im Einzelnen dargelegt und **erläutert**.
  - c) Die Verlängerungen gehen **nicht über den Zeitraum zweier weiterer Aktualisierungen** des Bewirtschaftungsplans für das Einzugsgebiet **hinaus**, es sei denn, die Ziele lassen sich aufgrund der natürlichen Gegebenheiten nicht innerhalb dieses Zeitraums erreichen.
  - d) Der Bewirtschaftungsplan für das Einzugsgebiet enthält eine Zusammenfassung derjenigen **Maßnahmen** nach Artikel 11, die als erforderlich angesehen werden, um die Wasserkörper **bis zum Ablauf der verlängerten Frist schrittweise in den geforderten Zustand zu überführen**, die Gründe für jede signifikante Verzögerung bei der Umsetzung dieser Maßnahmen und den **vorraussichtlichen Zeitplan** für die Durchführung dieser Maßnahmen. Die aktualisierten Fassungen des Bewirtschaftungsplans für das Einzugsgebiet enthalten eine Überprüfung der Durchführung dieser Maßnahmen und eine Zusammenfassung aller etwaigen zusätzlichen Maßnahmen.

- (5) Die Mitgliedstaaten können sich für bestimmte Wasserkörper die Verwirklichung **weniger strenger Umweltziele** als in Absatz 1 gefordert vornehmen, wenn sie **durch menschliche Tätigkeiten**, wie gemäß Artikel 5 Absatz 1 festgelegt, so beeinträchtigt sind oder **ihre natürlichen Gegebenheiten** so beschaffen sind, dass das Erreichen dieser Ziele **in der Praxis nicht möglich** oder **unverhältnismäßig teuer** wäre, und die folgenden Bedingungen alle erfüllt sind:
- a) Die ökologischen und sozioökonomischen Erfordernisse, denen solche menschlichen Tätigkeiten dienen, können **nicht durch andere Mittel erreicht werden, die eine wesentlich bessere und nicht mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbundene Umweltoption darstellen**.
  - b) Die Mitgliedstaaten tragen Sorge dafür, dass im Hinblick auf Oberflächengewässer unter Berücksichtigung der Auswirkungen, die infolge der Art der menschlichen Tätigkeiten oder der Verschmutzung nach vernünftigem Ermessen nicht hätten vermieden werden können, der **bestmögliche ökologische und chemische Zustand erreicht wird**; . im Hinblick auf das Grundwasser unter Berücksichtigung der Auswirkungen, die infolge der Art der menschlichen Tätigkeiten oder der Verschmutzung nach vernünftigem Ermessen nicht hätten vermieden werden können, die **geringstmöglichen Veränderungen des guten Grundwasserzustands** erfolgen.
  - c) Es erfolgt **keine weitere Verschlechterung des Zustands** des betreffenden Wasserkörpers.
  - d) Die **weniger strengen Umweltziele** und die **Gründe** hierfür werden in dem in Artikel 13 genannten **Bewirtschaftungsplan** für das Einzugsgebiet im Einzelnen dargelegt, und diese Ziele werden **alle sechs Jahre überprüft**.

Die Voraussetzungen der Absätze 4 und 5 sind bzgl. der Verhältnismäßigkeit und Durchführbarkeit grundsätzlich logisch verknüpft. So ist gem. Absatz 5 bei der Festlegung weniger strenger Umweltziele zu prüfen, ob das Erreichen der Ziele grundsätzlich unverhältnismäßig teuer ist, während bei der Festsetzung von Fristverlängerungen (Absatz 4) zu prüfen ist, ob die Erreichung innerhalb des vorgegeben Zeitrahmens (z. B. bis 2015) unverhältnismäßig teuer ist. Falls erwartet wird, dass der gute Zustands nicht bis 2027 erreicht werden kann (mit der Ausnahme natürlicher Gegebenheiten), kann

jedoch nicht automatisch auf die Zulässigkeit weniger strenge Umweltziele geschlossen werden. Vielmehr ist für die Festlegung weniger strenger Umweltziele ergänzend zu prüfen, ob die ökologischen und sozioökonomischen Erfordernisse, denen solche menschlichen Tätigkeiten dienen (z. B. Versorgung mit Kalisalzen), nicht durch andere Mittel erreicht werden können, die eine wesentlich bessere und nicht mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbundene Umweltoption darstellen. Eine Hierarchie der beiden Möglichkeiten existiert in der EG-WRRL nicht. Daraus folgt, dass die beiden verschiedenen Ausnahmen alternativ statt nacheinander in Betracht gezogen werden sollten. Allerdings erfordern die Bedingungen für die Festlegung „weniger strenger Umweltziele“ mehr Informationen und eine gründlichere Beurteilung von Alternativen als es für Fristverlängerungen notwendig wäre (Wasserdirektoren, 2005).

Maßgeblicher Unterschied der beiden Regelungen ist, dass die Inanspruchnahme einer Fristverlängerung in einem Wasserkörper grundsätzlich die Existenz einer geeigneten Maßnahmenkombination erforderlich macht, mit welcher der gute Zustand bis Ende 2027 erreicht werden kann (bzw. dessen Erreichung nur noch natürliche Gegebenheiten entgegen stehen). Für weniger strenge Umweltziele ist hingegen Voraussetzung, dass keine Maßnahmenkombination existiert, mit der die Zielerreichung in Praxis möglich bzw. verhältnismäßig ist. Damit kommt der Frage, ob eine Maßnahmenkombination existiert, mit der die Erreichung des guten Zustands in Praxis möglich und verhältnismäßig ist, eine zentrale Bedeutung für die Entscheidung zu, ob Fristverlängerungen oder weniger strenge Umweltziele in Anspruch genommen werden können.

#### **Fristverlängerung gem. Art. 4 Abs. 4 EG-WRRL**

Falls mindestens eine kosteneffiziente Maßnahmenkombination in der Praxis möglich bzw. verhältnismäßig ist, ist das Vorliegen der Voraussetzungen zur Inanspruchnahme von Fristverlängerungen zu überprüfen. Eine schrittweise Fristverlängerung (zunächst bis 2021, später bis 2027) ist nur zulässig, soweit „vernünftiger Einschätzung nach“ (Wasserdirektoren, 2005) nicht bereits bei der Erstellung des Bewirtschaftungsplans erkennbar ist, dass eine Zielerreichung 2021 nicht zu erwarten ist.

Dabei ist zu prüfen ob,

- die erforderlichen Verbesserungen aus Gründen der technischen Durchführbarkeit nur in Schritten erreicht werden können, die den vorgegebenen Zeitrahmen überschreiten;
- die Verwirklichung der Verbesserungen innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen würde und
- ob die natürlichen Gegebenheiten keine rechtzeitige Verbesserung des Zustands des Wasserkörpers zu lassen.

Im Falle der Inanspruchnahme von Fristverlängerungen sind im Bewirtschaftungsplan

- diejenigen Maßnahmen, die als erforderlich angesehen werden, um die Wasserkörper bis zum Ablauf der verlängerten Frist schrittweise in den geforderten Zustand zu überführen,
- soweit erforderlich, Maßnahmen zur Verhinderung der Verschlechterung des Zustands,
- die Gründe für jede signifikante Verzögerung bei der Umsetzung dieser Maßnahmen und
- der voraussichtliche Zeitplan für die Durchführung dieser Maßnahmen anzugeben.

#### **Weniger strenge Umweltziele gem. Art. 4 Abs.5 EG-WRRL**

Im Falle, dass keine kosteneffiziente Maßnahmenkombination existiert, mit der die Erreichung des guten Zustands in der Praxis möglich und verhältnismäßig ist, ist zunächst zu prüfen, ob die ökologischen und sozioökonomischen Erfordernisse durch andere Mittel erreicht werden können, die eine wesentlich bessere und nicht mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbundene Umweltoption darstellen.

Ist dies der Fall, ist eine Inanspruchnahme weniger strenger Umweltziele nicht möglich. In diesem Fall wäre die Einleitung von Salzabwasser (u. a. durch Reduzierung oder Aufgabe des Bergbaus) soweit zu drosseln, dass der gute Zustand erreicht werden kann. Eine Genehmigung von Einleitungen von Salzabwässern, die eine Verfehlung des guten Zustands zur Folge hätte, wäre nur zulässig, falls die Voraussetzungen des Art. 4 Abs. 4 EG-WRRL diesbezüglich erfüllt wären und dürfte nicht über Ende 2027 hinausgehen.

Existiert keine wesentlich bessere und nicht mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbundene Umweltoption, sind weniger strenge Umweltziele für den Wasserkörper festzulegen. Dabei ist zu prüfen, ob für den Wasserkörper in der Praxis mögliche und verhältnismäßige Maßnahmen zur Verbesserung des aktuellen Zustands möglich sind. Im Bewirtschaftungsplan sind

- die weniger strengen Umweltziele und
- die Gründe hierfür im Einzelnen
- Maßnahmen zur Verbesserung des aktuellen Zustands sowie,
- soweit erforderlich, Maßnahmen zur Verhinderung der Verschlechterung des Zustands,

darzulegen. Diese sind bei jeder Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans (alle 6 Jahre) zu überprüfen.

Die Festsetzung der Umweltziele hat infolge der Behördenverbindlichkeit der Bewirtschaftungspläne unmittelbare Auswirkung auf künftige Entscheidungen (z. B. in Genehmigungsverfahren) und schränkt das Bewirtschaftungsermessen der zuständigen Behörde deutlich ein.

Grundsätzlich stellt sich insbesondere bei komplexen Belastungssituationen bzw. umfangreichen Maßnahmenkombinationen das Problem der Sicherheit von Prognosen über längere Zeiträume. So ist z. B. bei der Erstellung des Entwurfes des Bewirtschaftungsplan 2015 in 2014 der Zeitraum bis 2027 zu betrachten (13 Jahre). Bestehende Unsicherheiten sollten unabhängig von der Ausnahme ebenfalls im Bewirtschaftungsplan dargestellt und soweit erforderlich Maßnahmen zur Reduzierung der Unsicherheiten in das Maßnahmenprogramm aufgenommen werden. Diese Vorgehensweise entspricht dem Guidance Document No. 20 „Guidance document on exemptions to the environmental objectives“, welches vorhandene „Unsicherheiten“ über den gesamten Umsetzungsprozess als „vorhanden“ attestiert, zugleich aber auch sagt, dass die Unsicherheiten sukzessive abzubauen sind.

Die Prüfung gem. Art. 4 EG-WRRL (bzgl. Salzeinleitungen) ist für jeden einzelnen durch Salzeinleitungen signifikant belasteten Wasserkörper durchzuführen. Für die bzgl. Salzeinleitungen können diese in drei Gruppen<sup>2</sup> eingeteilt werden:

- Gruppe 1:** Oberflächenwasserkörper, die ausschließlich durch Salzfrachten aus oberhalb liegenden Wasserkörpern belastet sind, da diese durch Reduzierung der Einleitung in den oberhalb liegenden Wasserkörpern verbessert werden können
- Gruppe 2:** Oberflächenwasserkörper, die zusätzlich oder ausschließlich durch signifikante punktuelle oder diffuse Einträge von Salzfrachten belastet sind, da zu deren Verbesserung neben der Reduzierung der Einleitungen in diese oder oberhalb liegende Wasserkörper weitere Maßnahmen zur Reduzierung der diffusen Einträge erforderlich wären,
- Gruppe 3:** Grundwasserkörper, die ausschließlich oder zusätzlich zur geogenen Belastung durch anthropogene Salzeinträge belastet sind, da für GWK andere Anforderungen gelten und die Bedeutung der natürlichen Gegebenheiten bzgl. des notwendigen Zeitraums bis zur Erreichung einer Verbesserung deutlich höher ist als in Oberflächenwasserkörpern.

Unabhängig von den Prüfung Zielsetzung bzgl. Salzeinleitungen ist die Prüfung der Zielerreichung bzgl. alle anderen signifikanten Belastungen (u. a. punktuelle und diffuse Belastungen (außer Salz), morphologische Belastungen) durchzuführen. Das Umweltziel für den Wasserkörper kann nur bei Berücksichtigung aller Belastungen ermittelt werden.

In Tabelle 4 sind die für eine Prüfung gem. Art. 4 EG-WRRL relevanten Hintergrunddokumente aufgeführt.

---

<sup>2</sup> Gemeint sind hier nicht Gruppen von Wasserkörpern nach Anhang 2, Ziffer 1.1, EG-WRRL

Tab. 4: Für die Prüfung der Genehmigungsfähigkeit, Verhältnismäßigkeit sowie Inanspruchnahme von Fristverlängerung bzw. weniger strenger Umweltziele relevante Hintergrunddokumente.

[http://www.fgg-weser.de/download\\_salz\\_dokumente.html](http://www.fgg-weser.de/download_salz_dokumente.html)[www.fgg-weser.de](http://www.fgg-weser.de)

	Dokument
Genehmigungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OGewV</li> <li>- GwV</li> <li>- RAKON A</li> <li>- RAKON B</li> <li>- CIS guidance document No. 13</li> <li>- CIS guidance document No. 27</li> </ul>
Verhältnismäßigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- WRRL_ConclusionsExemptions2008 (WD)</li> <li>- CIS guidance document No. 20</li> </ul>
Verlängerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAWA Eckpunktepapier „Begründungen Fristverlängerungen Ausnahmen“ (18.3.2009)</li> <li>- CIS guidance document No. 20</li> </ul>
Weniger strenge Umweltziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAWA PDB 2.4.4 weniger strenge BwZiele</li> </ul>

Die FGG Weser wird die jetzt anstehenden Beratungen im neuen CIS-Prozess zum Thema Fristverlängerungen und weniger strenge Umweltziele aufmerksam verfolgen.

## 6 Zuständigkeiten / Koordinierung nach EG-WRRL

Im Rahmen der Festlegung der Umweltziele gem. Art. 4 EG-WRRL sind, wie in Kapitel 5 aufgezeigt, zahlreiche Beurteilungen und Entscheidungen vorzunehmen. Der Identifizierung der jeweils zuständigen Stelle sowie der Konkretisierung der Anforderungen an die Koordinierung innerhalb der Flusseinzugsgebiete gem. Art. 3 EG-WRRL kommt daher eine zentrale Rolle zu. Die EG-WRRL verpflichtet die Mitgliedsstaaten zur Umsetzung der Ziele Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne aufzustellen und umzusetzen. Die Vollzugskompetenz im Bereich der Wasserwirtschaft, insbesondere auch mit Bezug auf die Umsetzung der EG-WRRL, liegt bei den Ländern. Aus diesem Grund hat Deutschland Ende 2003 die 16 für Wasserwirtschaft zuständigen Länderministerien als „zuständige Behörden gem. Art. 3 EG-WRRL<sup>3</sup>“ gegenüber der Kommission benannt.

### 6.1 Koordinierung innerhalb der Flussgebietseinheit

Mit dem Inkrafttreten der EG-WRRL haben die Mitgliedsstaaten gem. Art. 3 EG-WRRL sicherzustellen, dass die Anforderungen der EG-WRRL zur Erreichung der Umweltziele nach Art. 4 und insbesondere alle Maßnahmenprogramme für die gesamte Flussgebietseinheit koordiniert werden. Ausgehend von diesen Vorgaben verpflichtet § 7 Abs. 2 WHG die Länder zur Koordinierung der wasserwirtschaftlichen Planungen und Maßnahmen untereinander. Infolgedessen liegen die Analyse der Merkmale, die Ermittlung des Zustands sowie die Festlegung von Umweltzielen und Maßnahmen für Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne in der Zuständigkeit des jeweils für den Wasserkörper räumlich zuständigen Bundeslandes. Bei Ländergrenzen überschreitenden Wasserkörpern stimmen sich die Bundesländer miteinander ab. In der Flussgebietseinheit Weser haben die zuständigen Bundesländer hierzu im Juli 2003 zur Umsetzung dieser Anforderungen die Flussgebietsgemeinschaft Weser gebildet. Zielstellung der FGG Weser ist es, eine geeignete Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplanung sicherzustellen, um die in den wasserrechtlichen Vorschriften festgelegten Ziele zu erreichen. Dazu wurden den Organen der FGG Weser u. a. folgende Aufgaben und Befugnisse übertragen:

- Beschluss der grundsätzlichen wasserwirtschaftlichen Zielstellungen sowie des Vorgehens und allgemeiner Vorgaben zur Umsetzung der EG-WRRL
- Beschluss der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme sowie der nach Art. 15 erforderlichen Berichte

Ferner unterrichten sich die Mitglieder der FGG Weser rechtzeitig über wasserwirtschaftlich bedeutsame, den Gütezustand beeinflussende Maßnahmen und wasserrechtliche Entscheidungen, insbesondere zur Reinhaltung der Weser.

Wasserrechtliche Vollzugsaufgaben sowie die grundsätzliche wasserwirtschaftliche Planungskompetenz der Bundesländer wurden nicht an die FGG Weser übertragen. Diese obliegen weiterhin dem jeweils betroffenen Bundesland.

Maßnahmen und Umweltziele bzgl. Salzeinleitungen haben aufgrund der weiträumigen Wirkung Auswirkungen auf die Oberflächenwasserkörper mehrerer Bundesländer der FGG Weser. Daher sollen zur Koordinierung einer harmonisierten Anwendung des Art. 4 EG-WRRL in der Flussgebietseinheit Weser folgende Schritte durch die FGG Weser wahrgenommen werden:

- Koordinierung der harmonisierten Anwendung eines auf Basis der Anforderungen des Art. 4 EG-WRRL unter Berücksichtigung der Empfehlungen des CIS-Guidance (KOM, 2009) sowie entsprechender LAWA-Dokumente abgeleiteten Prüfschemas für die Festlegung der Umweltziele gem. Art. 4 Abs. 4 bzw. 5 EG-WRRL;
- Abstimmung eines gemeinsamen Zeitplans für die schrittweise Umsetzung des Prüfschemas;
- Koordinierung derjenigen Maßnahmen zur Reduzierung der Salzbelastung in den OWK, die nach derzeitigem Kenntnisstand die Erreichung eines guten Zustands ermöglichen;
- Zusammenstellung der zur Beurteilung der Prüffragen relevanten Vorgaben und Hilfestellungen als Handreichung für die Bundesländer (u. a. CIS, LAWA);
- Dokumentation aller zur Ableitung der Umweltziele verfügbaren Informationen, der gewählten Vorgehensweise, der Prüfergebnisse zu Einzelaspekten sowie der abgeleiteten Umweltziele und Maßnahmen bzgl. Salzbelastung.

Die Auswirkungen auf die Grundwasserkörper beschränken sich auf die Teilräume Fulda/Diemel und Werra und somit auf die Zuständigkeit der Länder Hessen und Thüringen. Diese leiten die Maßnahmen und Umweltziele anhand des Prüfschemas ab und informieren die Mitglieder des Weserrates über die Ergebnisse. Die Dokumentation erfolgt analog der Ableitung für die Oberflächenwasserkörper durch die FGG auf der Basis der Zuarbeit der beiden Bundesländer.

Vorgaben bzw. Vorgehensweisen zur Umsetzung der EG-WRRL werden grundsätzlich national einheitlich durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in Form von Arbeitshilfen, Handlungsempfehlungen bzw. Hintergrundpapieren getroffen. Diese werden in der FGG Weser als gemeinsame Grundlage herangezogen. In Fällen, in denen keine ausreichenden Vorgaben seitens der LAWA vorliegen, findet eine Abstimmung der Vorgaben innerhalb der FGG Weser statt. Dies ist u. a. bei der Salzbelastung in Bezug auf die Ionenkonzentrationen von Kalium und Magnesium der Fall. Die Abstimmung erfolgt auf Basis des derzeitigen Kenntnisstandes und wissenschaftlicher Grundlagen. Die Abstimmungsergebnisse haben solange Gültigkeit, bis bundesweite Vorgaben verabschiedet werden.

Im Gegensatz zu internationalen Flussgebietseinheiten sind grenzübergreifende Abstimmungen nationaler Ansätze für die Weser nicht erforderlich.

## 6.2 Umsetzung der konkreten Maßnahmen

Eine weitere Aufgabe der Bundesländer ist die Umsetzung der rechtlichen Anforderungen aus EU-, Bundes- und Landesrecht im Rahmen behördlichen Handelns u. a. bei der Erteilung von Zulassungen, Anordnungen von Maßnahmen bzw. Kontrolle rechtlicher Anforderungen. Diese sind zur Umsetzung der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme regelmäßig erforderlich, da deren Verabschiedung nach deutschem Recht nur die zuständige Behörde bindet und keine unmittelbare Wirkung gegenüber Dritten entfaltet. Für die Durchführung der dazu erforderlichen Verwaltungsverfahren existieren in Deutschland umfangreiche rechtliche Vorgaben (u. a. hinsichtlich Ablauf, Beteiligung, Fristen, Prüferfordernissen, Umweltverträglichkeitsprüfung – u. a. im Verwaltungsverfahrensgesetz und den Fachgesetzen), die durch die zuständige Behörde zu beachten sind. Durch die zuständige Behörde sind in den Verfahren u. a. die Genehmigungsfähigkeit und Verhältnismäßigkeit der behördlichen Entscheidung sowie deren Auswirkungen auf Dritte zu prüfen. Das Ergebnis der Koordinierung (s. o.) fließt in diesen Prozess ein. Die zuständige Behörde muss durch ihre Einzelmaßnahmen zur Errei-

chung der Ziele der EG-WRRL beitragen bzw. darf die Zielerreichung nicht unmöglich machen. Eine rechtliche Bindung der zuständigen Behörde an einzelne Ergebnisse der Koordinierung ist damit allerdings nicht verbunden.

## **7      *Vorgehensweise zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen***

Zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen gemäß Art. 4 Abs. 4 bzw. 5 EG-WRRL bzgl. Wasserkörper mit Salzbelastung wurde in der FGG Weser eine systematische Vorgehensweise in Analogie zu LAWA-Empfehlungen (Anhang 3, Dokument-Nr. 6.4) vereinbart. Ziel ist hierbei ein abgestimmtes und koordiniertes Handeln der zuständigen Bundesländer bei der Beurteilung der Salzbelastung und Identifikation und Prüfung von Maßnahmenoptionen unter Berücksichtigung der behördlichen Zuständigkeit.

Betrachtet werden hier nur die Belastungen infolge Salzeinleitungen. Verfehlungen des guten Zustandes infolge anderer Belastungen werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt. Die Vorgehensweise zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen ist dem Anhang 1 zu entnehmen.

## **8      *Grundlegende Entscheidungen im Rahmen der Ableitung von Umweltzielen***

### **8.1      Festlegung eines Bewertungssystems zur Beschreibung des guten Zustands bzgl. der Salzbelastung**

Im Rahmen der Zustandsbewertung nach EG-WRRL wird die Belastung der Oberflächenwasserkörper mit den Salzionen Chlorid, Kalium oder Magnesium nach der Oberflächengewässerverordnung (OgewV) (Bundesregierung 2011) für den chemischen Zustand nicht explizit berücksichtigt, weil es keine EU-weiten Vorgaben gibt. Chlorid ist national lediglich wie Nährstoffe, Sauerstoff und Temperatur nach § 5 Abs. 5 OgewV bei der Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials als allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponente unterstützend heranzuziehen. In der OgewV ist dafür in Anlage 6 lediglich ein Orientierungswert für Chlorid von derzeit 50 mg/l für den sehr guten Zustand angegeben (s. auch Kap. 5). Der LAWA-Ausschuss „Oberflächengewässer und Küstengewässer“ hat darüber hinaus in dem Hintergrundpapier „Ableitung überregionaler Bewirtschaftungsziele in den Flussgebietseinheiten mit deutscher Federführung“ (LAWA-Produktdatenblatt 2.4.6, Aug. 2012) einen Orientierungswert für Chlorid für den guten Zustand von 200 mg/l als Jahresmittelwert unabhängig vom Gewässertyp angegeben.

Aufgrund dieser unzureichenden Beschreibung des guten Zustands in Bezug auf die Salzbelastung hat sich der Runde Tisch mit der Ableitung von Wertebereichen für die Salzionen auseinandergesetzt. Dabei wurden neben den biologischen Auswirkungen auch die Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Salzionen berücksichtigt.

In Einklang mit der EG-WRRL wurde eine 5-stufige Klassifizierung gewählt. Danach beschreibt der Wertebereich I (blau) sogenannte Referenzbedingungen ohne Einflüsse des Menschen. Der Bereich II in grüner Farbe gewährleistet Bedingungen, in denen Salzbelastungen zwar vorhanden sind, aber der „gute ökologische Zustand“ sicher erreicht werden kann. Wertebereich III und IV markieren einen kritischen Übergangsbereich, in denen die Salzbelastungen biologisch zunehmend wirksam werden. Der Bereich V steht für Verhältnisse, in denen die Salzbelastungen den ökologischen Zustand einseitig überprägen (Tab. 5). Die angegebenen Wertebereiche sind jedoch nicht als Grenzwerte zu verstehen, sondern als Möglichkeit, Veränderungen in Hinsicht auf ihre biologische Bedeutung bewerten zu können.

Salzionen sind keine Schadstoffe im herkömmlichen Sinn, für sie gibt es natürliche, tolerable Hintergrundwerte. Daher ist das Ziel nicht der Nullwert. Für die Festlegung der Wertebereiche wurde vom Runden Tisch ein in der Gewässergütediskussion üblicher Parameter herangezogen, das 90-Perzentil. Das ist der Wert, der in einer längeren Zeitspanne an 90 % der Tage im Jahr (= 329 Tage) unterschritten wird.

Tab. 5: Wertebereiche (90-Perzentil-Werte) der Salzbelastung für Chlorid, Kalium und Magnesium und ihre biologische Bedeutung

Stufe	Bezeichnung	Chlorid (mg/l)	Kalium (mg/l)	Magnesium (mg/l)
I	Natürliche Hintergrundwerte	≤ 75	≤ 5	≤ 20
II	Wertebereiche für Lebensbedingungen naturnaher Lebensgemeinschaften	75 bis 300	5 bis 20	20 bis 30
III	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen sensible Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	300 bis 1000	20 bis 80	30 bis 100
IV	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen robustere Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	1000 bis 2500	80 bis 150	100 bis 180
V	Wertebereiche für durch Salzbelastung geprägte Lebensgemeinschaften	> 2500	> 150	> 180

Auf Basis dieser Grundlagen hat sich die FGG Weser in ihrer 27. Sitzung des Weserrats dafür entschieden, unter Zugrundelegung der Empfehlungen des Runden Tisches für die Beurteilung der Belastungen, Maßnahmen und Umweltziele für die Flussgebietseinheit Weser einheitlich zunächst **die Richtwerte**

- 300 mg/l Chlorid,
- 20 mg/l Kalium und
- 30 mg/l Magnesium

als **maximal zulässige Konzentrationen (90-Perzentile)** für die Erreichung des guten Zustands heranzuziehen, bis bundesweit verbindliche Vorgaben festgelegt werden.

Der 90-Perzentilwert deckt einen großen Teil der maximal auftretenden Konzentrationen im Gewässer ab. Mit dem 90-Perzentil-Wert werden daher mögliche Beeinträchtigungen der Biozönose besser berücksichtigt als mit einem Jahresmittel, wie er von der LAWA empfohlen wird, da der Jahresmittelwert auch bei großen Schwankungen erreicht werden kann.

## 8.2 Auswahl der zu untersuchenden Wasserkörper

Im Rahmen des Monitorings nach EG-WRRL und den Messprogrammen der FGG Weser werden u. a. auch die Konzentrationen von Chlorid, Kalium und Magnesium seit vielen Jahren an verschiedenen Messstellen im Flusseinzugsgebiet erfasst. Es liegen mittlerweile lange Datenreihen für diese Stoffe vor. Im Folgenden werden die Datenreihen seit 1990 im Hinblick auf die von der FGG Weser festgelegten Richtwerte ausgewertet, um festzulegen, für welche Wasserkörper eine Überprüfung der Umweltziele und Maßnahmen vorgenommen werden muss.

### Oberflächenwasserkörper

An der mittleren und unteren Werra liegen die **Chlorid**werte (90-Perzentile) bei maximal 2.500 mg/l an der Messstelle Gerstungen. An der Oberweser liegen Werte von ca. 600 - 800 mg/l und in der oberen und mittleren Mittelweser von 400 - 550 mg/l vor. Erst im letzten Abschnitt der Mittelweser, ab der Allereinmündung, wird mit einer Belastung von 300 mg/l unter Berücksichtigung der oben genannten Wertebereiche der gute Zustand erreicht. Ein fallender Trend der Konzentrationen ist seit 2000 an keiner Messstelle zu verzeichnen.

Die mittlere und untere Werra zeigen bezüglich **Kalium** einen schlechten Zustand mit 90-Perzentilen von 140 - 200 mg/l bei Gerstungen. Seit dem Jahr 2000 ist sogar ein steigender Trend zu beobachten. Die gesamte Ober- und Mittelweser liegt mit Werten von ca. 22 - 70 mg/l ebenfalls über dem Richtwert von 20 mg/l. Der gute Zustand wird somit im gesamten Verlauf ab den Einleitungsstellen an der Werra bis hin zum Ende der Mittelweser trotz fortschreitender Verdünnung nicht erreicht. Der

zeitlich steigende Trend der Kaliumkonzentrationen in Gerstungen flacht aber im Verlauf des Flusses immer mehr ab, bis er in Bremen-Hemelingen nicht mehr erkennbar ist.

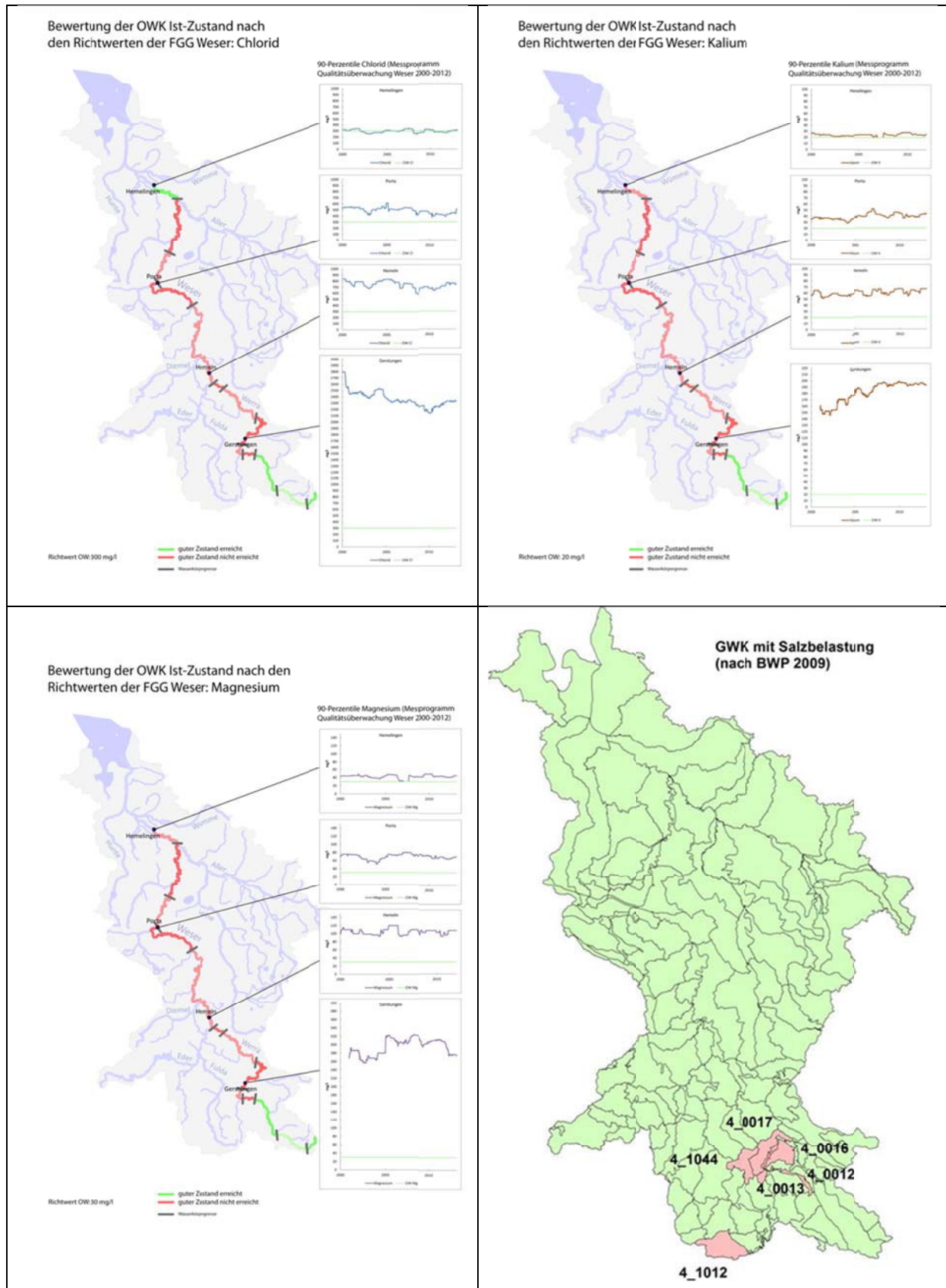


Abb. 11: Wasserkörper mit Belastung durch Salzeinträge

Die Belastung mit **Magnesium** liegt an der mittleren und unteren Werra mit 90-Perzentilen von über 300 mg/l deutlich über dem Richtwert von 30 mg/l. Auch an Ober- und Mittelweser wird wie beim Kalium trotz fortschreitender Verdünnung mit Werten von ca. 31 – 120 mg/l der gute Zustand nicht erreicht. Ein Trend ist in allen Ganglinien nicht erkennbar.

Unter Berücksichtigung der für die Flussgebietseinheit Weser festgelegten Richtwerte sind somit insgesamt 9 Oberflächenwasserkörper in Werra und Weser auf einer Länge von 516 km im nicht guten Zustand bezüglich der Belastung mit Salzionen. Im Folgenden werden diese Wasserkörper im Hinblick auf die Festlegung von Umweltzielen und Maßnahmen weiter geprüft. (Tab. 6 und Abb. 11).

Tab. 6: Oberflächenwasserkörper im nicht guten Zustand bzgl. der Salzbelastung

OWK-Nr.	Name
<b>Gruppe 1:</b> Oberflächenwasserkörper, die ausschließlich durch Salzfrachten aus oberhalb liegenden Wasserkörpern belastet sind	
DEHE_41.2	Werra/Eschwege
DEHE_41.1	Werra Niedersachsen
DENI 08001	Weser oh. und uh. Diemelmündung
DENI 10003	Weser
DENW4_200_242	Weser NRW
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen
<b>Gruppe 2:</b> Oberflächenwasserkörper, die zusätzlich oder ausschließlich durch signifikante punktuelle oder diffuse Einträge von Salzfrachten belastet sind	
DEHE_41.4	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha
DETH_41_68+129	Unt. Werra bis Heldrabad

## Grundwasser

Für den chemischen Zustand des Grundwassers bezüglich der Salzbelastung wird ein Schwellenwert von 250 mg/l Chlorid in Anlage 2 der Grundwasserverordnung festgelegt.

Für die Zustandsbewertung der Grundwasserkörper im Bewirtschaftungsplan mussten für das Werra-Kaligebiet gesonderte Kriterien entwickelt werden, um eine Beeinflussung durch die Salzabwasser- Versenkung erkennen zu können (siehe Kap. 5.1). Eine Beeinflussung kann schon über natürlich mineralisiertes Formationswasser aus dem Plattendolomit oder aus dem tiefen Unteren Buntsandstein hervorgerufen werden, das durch den Druck der Versenkung in den Plattendolomit in darüber liegende Süßwasser führende Grundwasserleiter aufsteigt. Das natürliche Formationswasser ist zu unterscheiden von einer Beeinflussung durch aufsteigende Salzabwasser-/Formationswasser-gemische (Mischwässer), die durch spezielle, nicht geogen vorkommende hohe Ionen-Konzentrationen und bestimmte Ionenverhältnisse charakterisiert werden.

Danach ergibt sich, dass insgesamt 6 GWK mit einer Fläche von ca. 960 km<sup>2</sup> als salzbelastet eingestuft und somit ebenfalls im Hinblick auf die Festlegung von Umweltzielen und Maßnahmen überprüft werden (Tab. 7 und Abb. 11). Mit Ausnahme des GWK 4\_0012 an der Werra sind diese GWK nicht mengenmäßig belastet.

Tab. 7: Salzbelastete Grundwasserkörper (Gruppe 3 nach Kap. 5.2)

GWK	EZG
<b>Gruppe 3:</b> Grundwasserkörper die ausschließlich oder zusätzlich zur geogenen Belastung durch anthropogene Salzeinträge belastet sind	
4_0012	Werra
4_0013	Werra
4_0016	Werra
4_0017	Werra
4_1012	Fulda
4_1044	Werra

### 8.3 Auswahl der zu prüfenden Maßnahmen

Auf der Grundlage des Pilotprojektes „Werra-Salzabwasser (vgl. Kap.3) hat der Runde Tisch im Rahmen der Erarbeitung seiner Empfehlungen mehr als 70 Einzelmaßnahmen in Abhängigkeit von ihrer Wirksamkeit und Machbarkeit klassifiziert und mit Hilfe von Gutachtern geprüft (Runder Tisch, 2010).

Auf Basis dieser Auswertungen und der Stellungnahmen der Länder verständigte sich der Weserrat auf die nachfolgenden Maßnahmenoptionen als Grundlage für die Festlegung von Umweltzielen und Maßnahmen gem. Art. 4 EG-WRRRL bzgl. Salzeinleitungen (Tab. 8). Die Auswahl der Maßnahmenoptionen umfasst alle nach vorliegenden Erkenntnissen als grundlegend geeignet eingeschätzten technischen Möglichkeiten.

Tab. 8: Maßnahmenoptionen zur Reduzierung der Salzabwassereinleitungen in die Werra

Maßnahmenoptionen
1. Reduzierung der Salzeinleitungen durch Optimierung der Produktions- und Ablagerungsverfahren
2. Neue Integrierte Salzabwassersteuerung (NIS)
3. Fernleitung für das Salzabwasser in die Nordsee
4. Fernleitung für das Salzabwasser in die Oberweser

#### 8.3.1 Reduzierung der Salzeinleitungen durch Optimierung der Produktions- und Ablagerungsverfahren

Die Optimierung von Produktionsverfahren hat zum Ziel, bereits an den Produktionsstätten die anfallenden flüssigen und festen Abfallmengen ggf. zu einer weiteren Verwendung aufzubereiten oder z.B. durch Untertageverbringung fester und flüssiger Rückstände (Versatz), Haldenwasserminimierung oder durch Rückförderung von Salzabwasser zu reduzieren. Die Optimierung von Produktionsverfahren umfasst alle möglichen Maßnahmen, die über die sich bereits in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen (s. Kap. 4.2) hinausgehen. Dieses Maßnahmenpaket wird als Baseline für den Bewirtschaftungsplan 2015 – 2021 vorausgesetzt.

#### 8.3.2 Neue integrierte Salzlaststeuerung (NIS)

Eine von K+S entwickelte Maßnahme zur Lösung der lokalen Entsorgungsprobleme ist die sogenannte „Neue Integrierte Salzabwassersteuerung“ (NIS) (Abb. 12). Um zukünftig bei einer Einstellung der bisherigen Versenkung das anfallende Salzabwasser entsorgen zu können und trotzdem zu niedrigeren Grenzwerten zu kommen, soll ein neues System der Salzwasserentsorgung aufgebaut werden. Dieses beinhaltet verschiedene Kernelemente:

- Ausbau der Beckenkapazität über Tage zur weiteren Vergleichmäßigung der Einleitung von Salzabwasser in die Werra;

- Herstellung eines Salzabwasserverbundes zwischen Thüringen und Hessen zur verbesserten Trennung zwischen „weichem“ und „hartem“ Salzabwasser bei der Einleitung in die Werra (bereits umgesetzt);
- Einleitung kalium- und magnesiumreichen („harten“) Salzabwassers in den Plattendolomit, gleichzeitige Rückförderung von kalium- und magnesiumarmem, dafür natriumreichem („weichem“) Salzabwasser aus dem Plattendolomit. Bei diesem sogenannten Ionenaustausch bleibt die Gesamtsalz-Bilanz ausgeglichen;
- Ausbau der Rückförderkapazität aus dem Plattendolomit;
- Nutzung des Plattendolomits zur temporären Zwischenspeicherung von Salzabwasser.

Die Maßnahme soll erreichen, dass in der Summe keine zusätzlichen Salzfrachten in den Versenkraum eingebracht und bezogen (auf das Volumen per Saldo) mehr Salzabwasser zurückgeführt werden soll. Hierdurch soll der Plattendolomit entlastet werden. Außerdem soll eine Verringerung der bestehenden Grenzwerte in der Werra durch die Maßnahme erreicht werden.

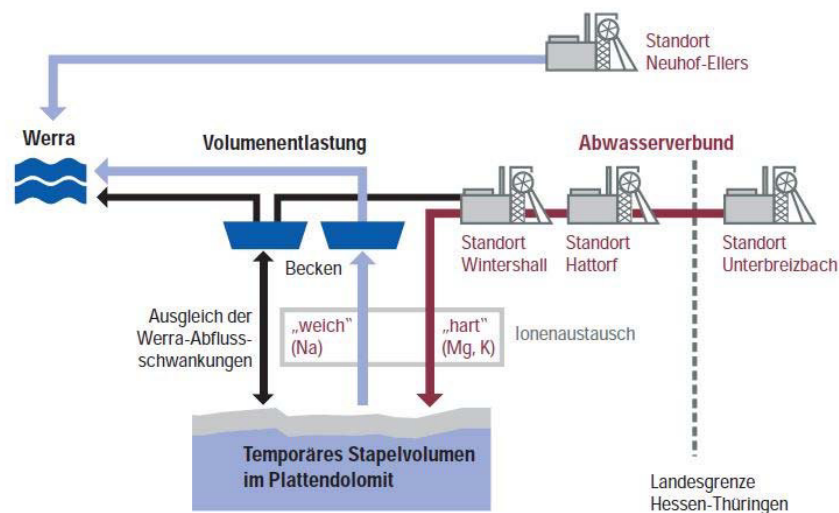


Abb. 12: Prinzip der Neuen Integrierten Salzlaststeuerung (Runder Tisch, 2010)

### 8.3.3 Fernleitung in die Nordsee

Diese Maßnahme zielt auf eine überlokale Entsorgung der insgesamt anfallenden Salzabwassermengen aus der Produktion und von den Halden. Sie umfasst den Bau einer Fernleitung vom Werk Werra bis an die Nordsee (Länge ca. 400 km). Die Trasse würde durch die Bundesländer Hessen, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen führen, wobei die verschiedenen Varianten der Trassenführung geprüft werden.

Mit Umsetzung dieser Maßnahme würde die Salzbelastung aus der direkten Einleitung unterhalb der bisherigen Einleitstellen entfallen und damit die Gesamtbelastung von Werra und Weser verringert. Diffuse Einträge blieben aber mittel- bis langfristig bestehen und würden nur sukzessive zurückgehen.

### 8.3.4 Fernleitung in die Oberweser

Eine weitere Alternative der überlokalen Entsorgung bildet eine Fernleitung vom Werk Werra bis an die Oberweser. Durch diese Einleitstelle würde die Werra von direkt eingeleiteten Salzabwassermengen entlastet. Das Problem der diffusen Einträge aus dem Untergrund bliebe ebenfalls weiter bestehen. Für die Trassenführung werden verschiedene Varianten geprüft.

## 8.4 Handlungsbedarf zur Zielerreichung

Ein wichtiges Entscheidungskriterium für eine Maßnahmenoption ist neben den Kosten für eine Maßnahme die erforderliche Reduzierungswirkung. Die erforderliche Reduzierung leitet sich aus der Differenz zwischen dem aktuellen Zustand (vgl. Kap. 8.2) und dem Erreichen des Richtwertes (vgl. Kap. 8.1) ab und beschreibt den Handlungsbedarf zur Erreichung des Umweltziels.

Um den Handlungsbedarf zur Erreichung des guten Zustands bezüglich der Salzbelastung in den salzbelasteten Wasserkörpern abzuschätzen, können zwei Methoden angewendet werden:

- Auswertung von Monitoringdaten an den Kontrollmessstellen
- Modellberechnungen

In erster Näherung wurden für das Eckpunktepapier zunächst Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm der FGG Weser von 2012 an ausgewählten Messstationen in den Wasserkörpern (= Kontrollmessstellen) herangezogen. In den Wasserkörpern, für die keine Kontrollmessstelle existiert, wurden die Werte interpoliert.

Die Ergebnisse in Tab. 9 zeigen, dass auf der Basis der 90-Perzentil-Werte von 2012 in Gerstungen ein Reduzierungsbedarf von 87 % für Chlorid, 89 % für Magnesium und 90 % für Kalium besteht. Dieser reduziert sich bis nach Bremen auf 6 % für Chlorid, 31 % für Kalium und 33 % für Magnesium. Für Chlorid wird der Richtwert für den guten Zustand in Bremen bereits in der Regel unterschritten.

Die Auswertung der Monitoringdaten kann mit Hilfe einer Modellierung weiter konkretisiert werden. Der Runde Tisch hat sich zur Unterstützung der Formulierung seiner Empfehlungen ein Bilanzierungs- und Prognosemodell zur Salzbelastung an Werra und Weser von der Ingenieurgesellschaft SYDRO entwickeln lassen (SYDRO, 2010), das in der Lage ist, neben Aussagen zu erforderlichen Reduzierungszielen auch Auswirkungen von verschiedenen Maßnahmenoptionen zu prognostizieren.

Die FGG Weser plant, sich ebenfalls dieses Modells zu bedienen, um den bereits abgeschätzten Handlungsbedarf zu verifizieren und weiter zu untersetzen sowie die Wirkung der ausgewählten Maßnahmenoptionen (s. Kap. 8.3) zu prognostizieren. Die Modellberechnungen erlauben weiterhin Aussagen zu den erreichten Reduzierungen in verschiedenen Zeitschritten bis zur Zielerreichung.

Die Ergebnisse werden voraussichtlich bis Ende des Jahres 2013 vorliegen und eine Grundlage für die Konkretisierung des Maßnahmenprogramms 2015 bilden.

Tab. 9: Grobe Abschätzung des Reduzierungsbedarfs zur Erreichung des guten Zustands bzgl. der Salzbelastung

OWK-Nr.	Name	Kontroll-mess-stelle	Reduzierungsbedarf zur Erreichung des guten Zustands bzgl. Salzionen								
			Chlorid			Kalium			Magnesium		
			Richtwert: 300 mg Cl/l			Richtwert: 20 mg K/l			Richtwert: 30 mg Mg/l		
			Ist 2012	Redu-zie-rung		Ist 2012	Redu-zie-rung		Ist 2012	Redu-zie-rung	
			[mg/l]	[mg/l]	[%]	[mg/l]	[mg/l]	[%]	[mg/l]	[mg/l]	[%]
DEHE_41.4	Werra Philipsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Gers-tun-gen	2319	2019	87	193	173	90	274	244	89
DETH_41_68+129	Unt. Werra bis Heldrabach	(inter-poliierte Werte)	1813	1513	83	155	135	87	230	200	87
DEHE_41.2	Wer-ra/Eschwege	(inter-poliierte Werte)	1331	1031	77	118	98	83	188	158	84
DEHE_41.1	Werra Nieder-sachen	Wit-zen-hau-sen	1240	940	76	111	91	82	180	150	83
DENI 08001	Weser oh. und uh. Diemel-mündung	He-meln	750	450	60	67	47	70	104	74	71
DENI 10003	Weser	Porta	503	203	40	44	24	55	70	40	57
DENW 4_200_242	Weser NRW	(inter-poliierte Werte)	499	199	40	43	23	53	68	38	56
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller	Dra-ken-burg	492	192	40	41	21	51	65	35	54
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen	Bre-men-Heme-lingen	320	20	6	29	9	31	45	15	33

## 9 *Weiteres Vorgehen*

Nach Abstimmung in der FGG Weser ist für die Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen gem. Artikel 4 bzgl. Salzeinleitungen im Rahmen der Aktualisierung des Entwurfs des Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 die folgende zeitliche Abfolge vorgesehen:

### **Diskussion des Vorgehens mit der EU-Kommission**

Wie mit der KOM im Gespräch 31.01.2013 vereinbart, sollen die im Eckpunktepapier dargelegten Grundlagen und vorgesehenen Vorgehensweise zur Ableitung der Maßnahmen und Umweltziele der KOM vorgelegt werden. Hierzu soll im August / September ein Termin zwischen BMU und KOM unter Beteiligung der FGG Weser stattfinden.

### **Phase 1: Festlegung der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen**

Die Prüfung der Phase 1 befindet sich parallel derzeit in der Umsetzung durch die zuständigen Bundesländer. Unterstützend wird im Auftrag der FGG Weser die Wirksamkeit aller geeigneten Maßnahmen durch Modellierung überprüft. Die Ergebnisse der Prüfung werden auf dem Weserrat erörtert und ggf. durch das zuständige Bundesland überarbeitet. Mit Abschluss der Phase 1 ist für jeden Wasserkörper die kosteneffizienteste Maßnahmenkombination identifiziert.

### **Phase 2: Entscheidung der Verhältnismäßigkeit**

Die Prüfung der Verhältnismäßigkeit erfolgt durch das Bundesland, in welchem die Salzeinleitung aktuell erfolgt auf der Basis der identifizierten kosteneffizientesten Maßnahmenkombination und soll bis Januar 2014 abgeschlossen sein. Die Ergebnisse der Prüfung werden im Weserrat erörtert und ggf. durch die zuständigen Bundesländer überarbeitet. Mit Abschluss der Phase 2 sind für jeden Wasserkörper die verhältnismäßige Maßnahmenkombination mit der weitreichendsten Auswirkung festgelegt.

### **Phase 3: Alternativenprüfung**

Die Alternativenprüfung baut auf den Prüfergebnissen der Phase 1 auf, falls für einen oder mehrere Wasserkörper eine Zielerreichung mit keiner Maßnahmenkombination möglich ist, oder schließt sich an Phase 2 an, falls für einen oder mehrere Wasserkörper keine Maßnahmenkombination als verhältnismäßig eingeschätzt wird. Die Alternativenprüfung erfolgt durch das Bundesland, in welchem die Bergbautätigkeit stattfindet. Die Ergebnisse der Prüfung werden im Weserrat erörtert und ggf. durch das zuständige Bundesland überarbeitet. Mit Abschluss der Phase 3 ist für die betreffenden Wasserkörper festgelegt, ob für die Zielerreichung eine alternative Umweltoption besteht oder weniger strenge Umweltziele in Anspruch genommen werden müssen. Im Fall der Inanspruchnahme weniger strenger Umweltziele werden der bestmögliche zu erreichende Zustand und die hierfür erforderlichen Maßnahmen beschrieben.

### **Phase 4: Ableitung der Umweltziele und Maßnahmen**

Die Ableitung der Umweltziele schließt sich an Phase 2 bzw. bei bestehender alternativer Umweltoption an Phase 3 an. Die Ergebnisse der Prüfung werden im Weserrat erörtert und ggf. durch das zuständige Bundesland überarbeitet. Mit Abschluss der Phase 4 ist für die betreffenden Wasserkörper festgelegt, ob eine Zielerreichung bis 2021 oder bis 2027 möglich ist.

### **Phase 5: Transparente Darstellung der Ergebnisse**

Das vorliegende Dokument wird auf der Basis dieser Ergebnisse fortgeschrieben und steht rechtzeitig für die Aktualisierung des Entwurfs des Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 als Hintergrundpapier zu Verfügung.

Die Ergebnisse der Prüfphasen werden im 2. Bewirtschaftungsplan berücksichtigt.

## 10 Literatur

BUNDESREGIERUNG (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer - BGBl.I S.1429

Bundesregierung (2010): Verordnung zum Schutz des Grundwassers - BGBl.I S.1513

EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (EG) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften

EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (EG) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften  
(<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:HTML>).

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2009): CIS-Leitfaden Nr. 27: Guidance Document on Exemptions on Environmental Objectives, Technical Report – 2009

FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER (FGG WESER) (2005): Bestandsaufnahme in der Flussgebietseinheit Weser, Internetveröffentlichung ([http://www.fgg-weser.de/wrrl/bericht\\_2005.html](http://www.fgg-weser.de/wrrl/bericht_2005.html)).

FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER (FGG WESER) (2006): Überwachung der Gewässer in der Flussgebietseinheit Weser, Internetveröffentlichung ([http://www.fgg-weser.de/\\_ueberwachungsprogramm.html](http://www.fgg-weser.de/_ueberwachungsprogramm.html)).

FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER (FGG WESER) (2007): Wichtige Wasserbewirtschaftungsfragen, Internetveröffentlichung (<http://www.fgg-weser.de/wasserbewirtschaftungsfragen.html>).

FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER (FGG WESER) (2009): Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser.

JESTAEDT + PARTNER (2009): Machbarkeitsstudie für die überregionale Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlage zur Weser oder Nordsee

KONFERENZ DER WASSERDIREKTOREN (2005): Gemeinsame Umsetzungsstrategie der EU zur Wasser-rahmenrichtlinie. Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie (Informelles Hintergrundpapier) [http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/WRRL\\_Umweltziele.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/WRRL_Umweltziele.pdf)

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2007): Rahmenkonzeption Monitoring - Teil B - Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen - RAKON II Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten (Stand: 7.3.2007)

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2012): Ableitung überregionaler Bewirtschaftungsziele in den Flussgebietseinheiten mit deutscher Federführung. Produktdatenblatt 2.4.6, Aug. 2012.

RUNDER TISCH GEWÄSSERSCHUTZ WERRA/WESER UND KALIPRODUKTION (2010): Empfehlung. [www.runder-tisch-werra.de](http://www.runder-tisch-werra.de).

SYDRO CONSULT IM AUFTRAG DES RUNDEN TISCHES (2010): Bilanzierungs- und Prognosemodell zur Salzbelastung von Werra und Weser [www.runder-tisch-werra.de](http://www.runder-tisch-werra.de).

## Anhang

### Anhang 1: Prüfphasen zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen

Die Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen erfolgt für jeden Wasserkörper, der aufgrund der Salzbelastung den guten Zustand verfehlt, in mehreren Prüfphasen:

- Prüfphase 1: Identifizierung der kosteneffizientesten Maßnahme bzw. Maßnahmenkombination
- Prüfphase 2: Entscheidung der Verhältnismäßigkeit
- Prüfphase 3: Alternativenprüfung
- Prüfphase 4: Ableitung der Umweltziele und Maßnahmen
- Prüfphase 5: Dokumentation der Ergebnisse

Im Falle erheblich veränderter Wasserkörper ist statt des guten Zustands das gute ökologische Potential anzusetzen. Dieses unterscheidet sich bzgl. der stofflichen Anforderungen nicht von natürlichen Wasserkörpern. Aus Vereinfachungsgründen wird daher im Folgenden immer nur vom guten Zustand gesprochen.

#### **Prüfphase 1: Identifizierung der kosteneffizientesten Maßnahme bzw. Maßnahmenkombination**

Im ersten Prüfschritt in der Phase 1 prüfen die an der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Weser beteiligten Bundesländer, ob ein in dem jeweiligen Bundesland liegender Wasserkörper u. a. infolge Salzeinleitung den guten Zustand verfehlt und ob eine Zielerreichung durch Maßnahmen unterstützt werden kann (Abb. A1). Als Grundlage für die Beurteilung der Salzbelastung werden die von der FGG Weser vereinbarten Richtwerte für die Salzionen Chlorid, Kalium und Magnesium herangezogen (vgl. Kap. 8.1). Die Ergebnisse der Prüfung sind in Kap. 8.2 dargestellt.

Bei der Identifizierung von Maßnahmen hat sich die FGG Weser auf der Basis der u.a. am Runden Tisch erreichten Erkenntnisse darauf verständigt, sich auf grundsätzlich geeignete Maßnahmenoptionen und Kombinationen von Maßnahmen zu konzentrieren (vgl. Kap. 8.3). Bei der Maßnahmenidentifizierung ist zugleich auch die Genehmigungsfähigkeit der Maßnahmenoptionen zu prüfen und eine Kostenschätzung für die Maßnahmenumsetzung zu erstellen durch das jeweils zuständige Bundesland.

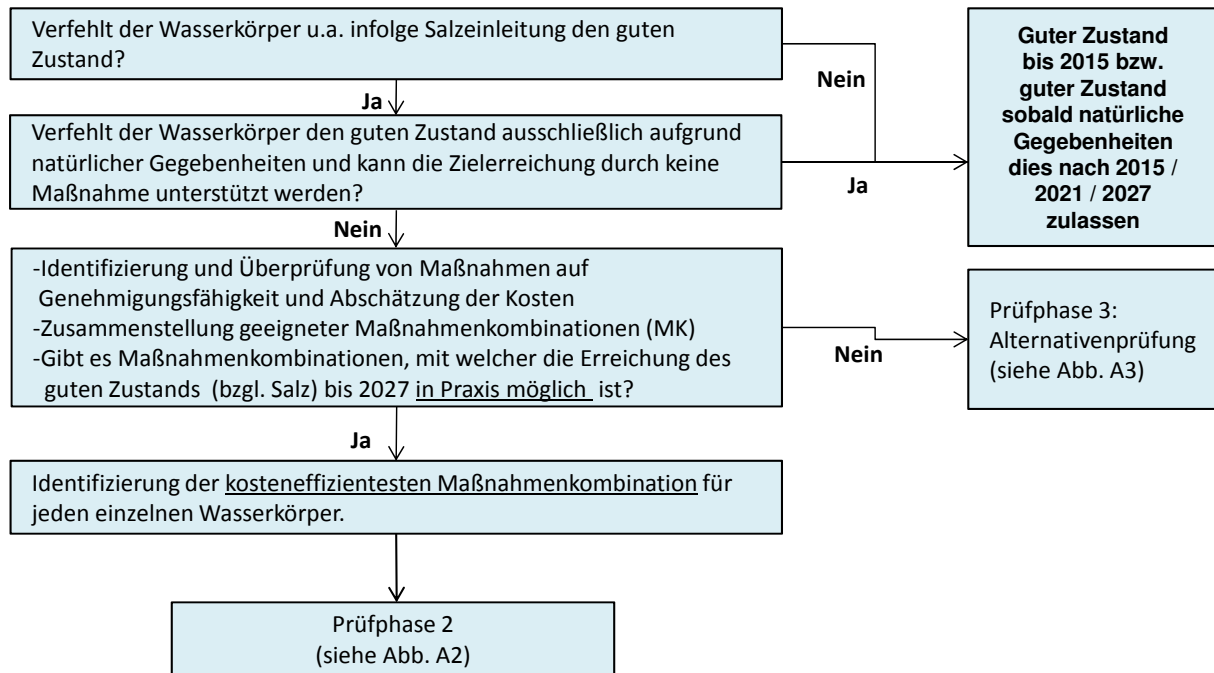


Abb. A1: Prüfphase 1 „Identifizierung der in Praxis möglichen, kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen“

Ob einzelne Maßnahmenoptionen oder Maßnahmenkombinationen eine Erreichung des guten Zustands in Bezug auf die Salzbelastung des entsprechenden Wasserkörpers bis zum Jahr 2021 bzw. bis zum Jahr 2027 auch in der Praxis ermöglichen, wird u.a. durch Modellierung der Maßnahmenwirkung überprüft. Auf Basis der Kostenschätzung und weiterer verfügbarer Daten (z. B. zusätzliche Kosten, zusätzlicher Nutzen oder auch durch einen Abgleich mit anderen Belastungen) identifiziert die FGG Weser für jeden einzelnen Wasserkörper die kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen, die eine Zielerreichung ermöglichen. Es wird dann mit der Prüfphase 2 fortgefahren. Gibt es keine entsprechend geeignete Maßnahmenkombination schließt sich die Prüfphase 3 an.

## Prüfphase 2: Entscheidung der Verhältnismäßigkeit

Im Anschluss an die Maßnahmenidentifikation ist die Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkombinationen anhand in der FGG Weser abgestimmter Kriterien zu prüfen und abzuleiten, mit welcher verhältnismäßigen Maßnahmenkombination (beste Maßnahmenkombination) in den meisten Wasserkörpern der gute ökologische Zustand erreicht werden kann (Abb. A2). Für diese schließt sich die Prüfphase 4 an. Können keine Maßnahmenkombinationen ermittelt werden, die verhältnismäßig sind, so ist mit Prüfphase 3 fortzufahren.

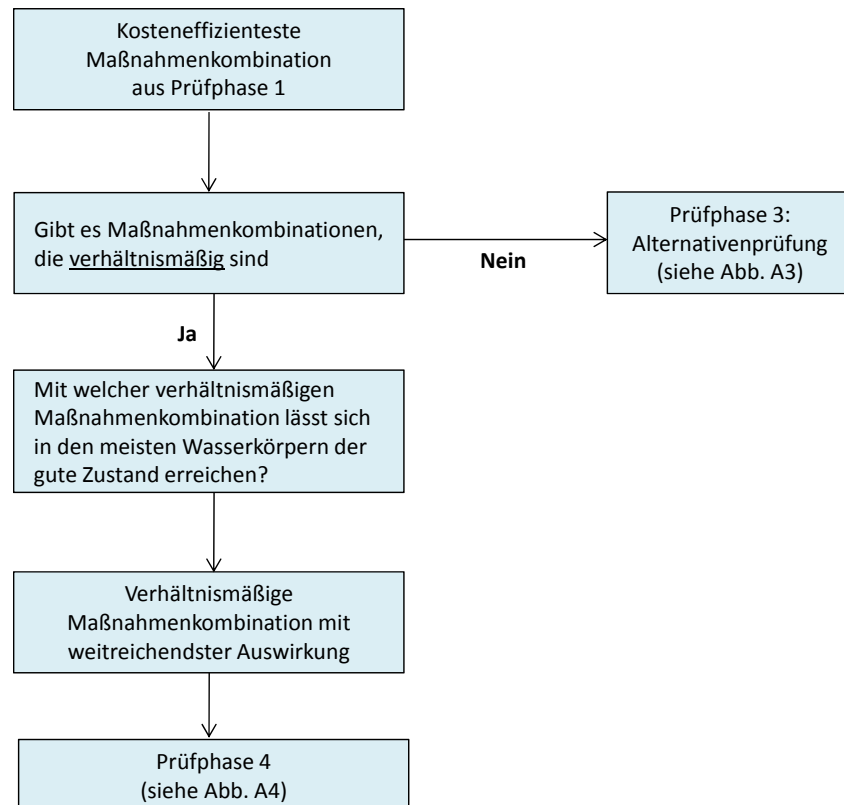


Abb. A2: Prüfphase 2 „Entscheidung der Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkombination“

### Prüfphase 3: Alternativenprüfung

Gibt es keine Maßnahmenkombination mit welcher die Erreichung des guten Zustands bis spätestens 2027 möglich ist oder sind die möglichen Maßnahmenkombinationen unverhältnismäßig werden gemäß Art. 4 Abs. 5 EG-WRRL mögliche Alternativen geprüft (Abb. A3). Hierbei ist einzuschätzen, ob die ökologischen und sozioökonomischen Erfordernisse durch andere Mittel erreicht werden können, die eine wesentlich bessere und nicht mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbundene Umweltoption darstellen. Ist dieses der Fall, ist der gute Zustand zu erreichen und die Nutzung kann nicht weiter zugelassen werden, soweit diese der Erreichung des guten Zustands entgegensteht. Die entsprechende(n) Alternativmaßnahme(n) ist/sind als Maßnahme(n) im Maßnahmenprogramm vorzusehen. Werden die Alternativen ebenfalls als unverhältnismäßig oder als nicht wesentlich bessere Umweltoption eingeschätzt, ist zu prüfen, ob dennoch Maßnahmen zur Verbesserung des aktuellen Zustands im Wasserkörper machbar und verhältnismäßig sind. Für die Wasserkörper sind weniger strenge Umweltziele vorzusehen.

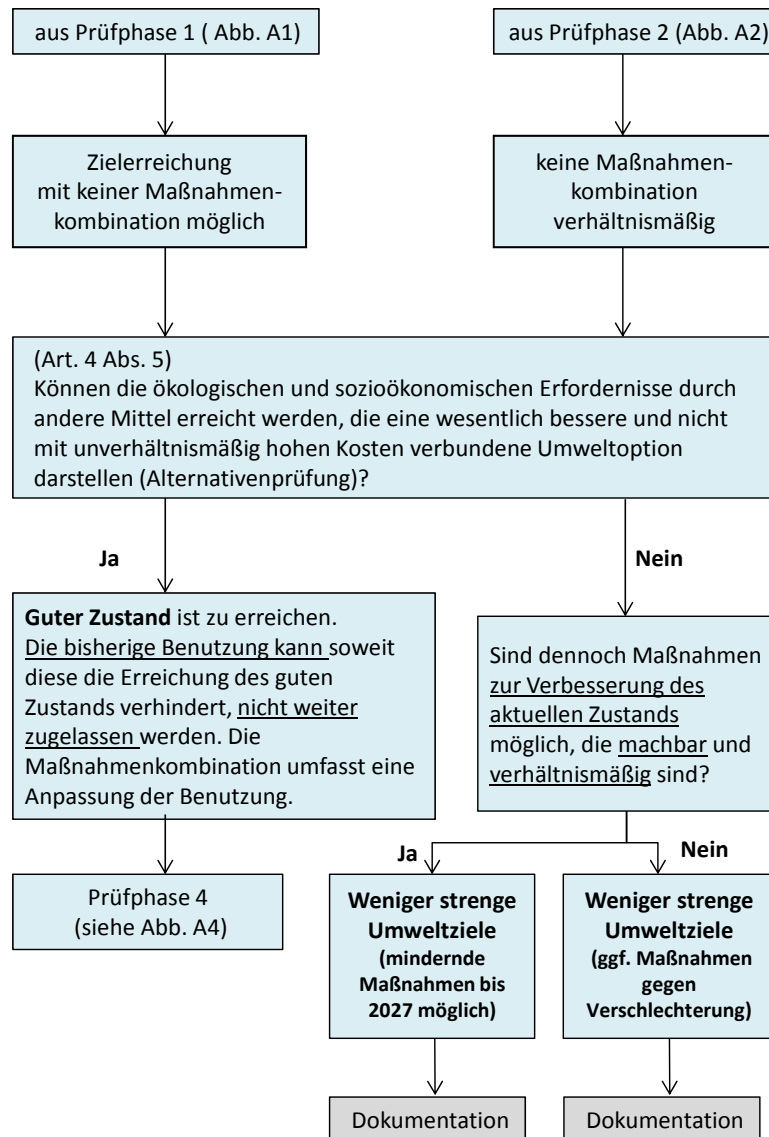


Abb. A3: Prüfphase 3 „Alternativenprüfung“

#### Prüfphase 4: Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen

In Prüfphase 4 ist zu prüfen, ob eine Umsetzung der besten Maßnahmenkombination und die erforderliche Verbesserung im jeweiligen Wasserkörper bis 2021 zu erreichen ist (Abb. A4). Ist dies der Fall, ist eine Fristverlängerung zur Erreichung des guten Zustands bis 2021 vorzusehen.

Lassen sich durch die als verhältnismäßig eingestufteten Maßnahmenkombinationen nicht alle erforderlichen Verbesserungen im Wasserkörper bis 2021 erreichen, da die beste Maßnahmenkombination nur in Schritten durchführbar ist, ihre Verwirklichung bis 2021 unverhältnismäßig teuer ist oder aufgrund natürlicher Gegebenheiten keine rechtzeitige Verbesserung zulässt, ist eine Fristverlängerung zur Erreichung des guten Zustands bis 2027 vorzusehen.

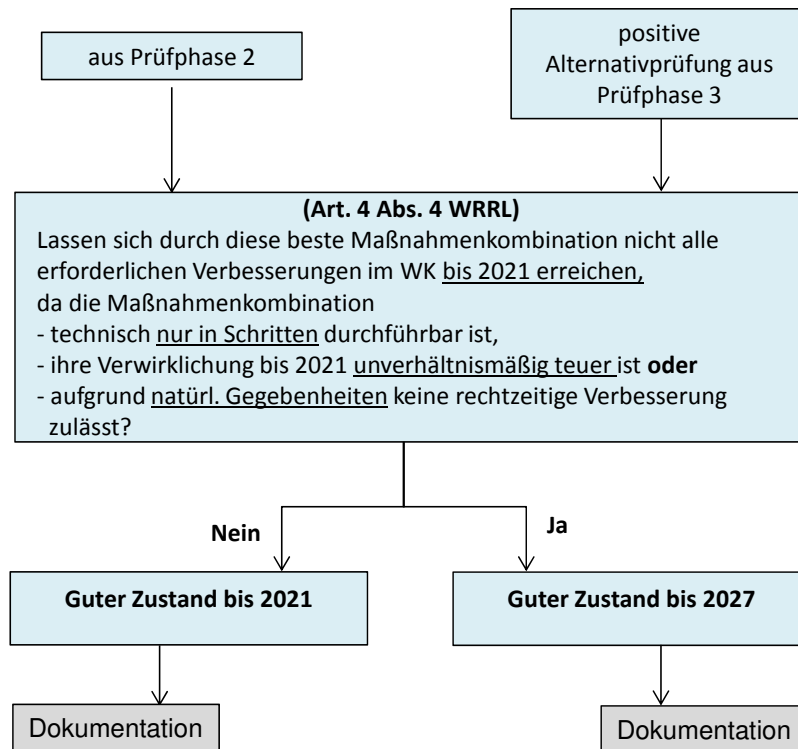
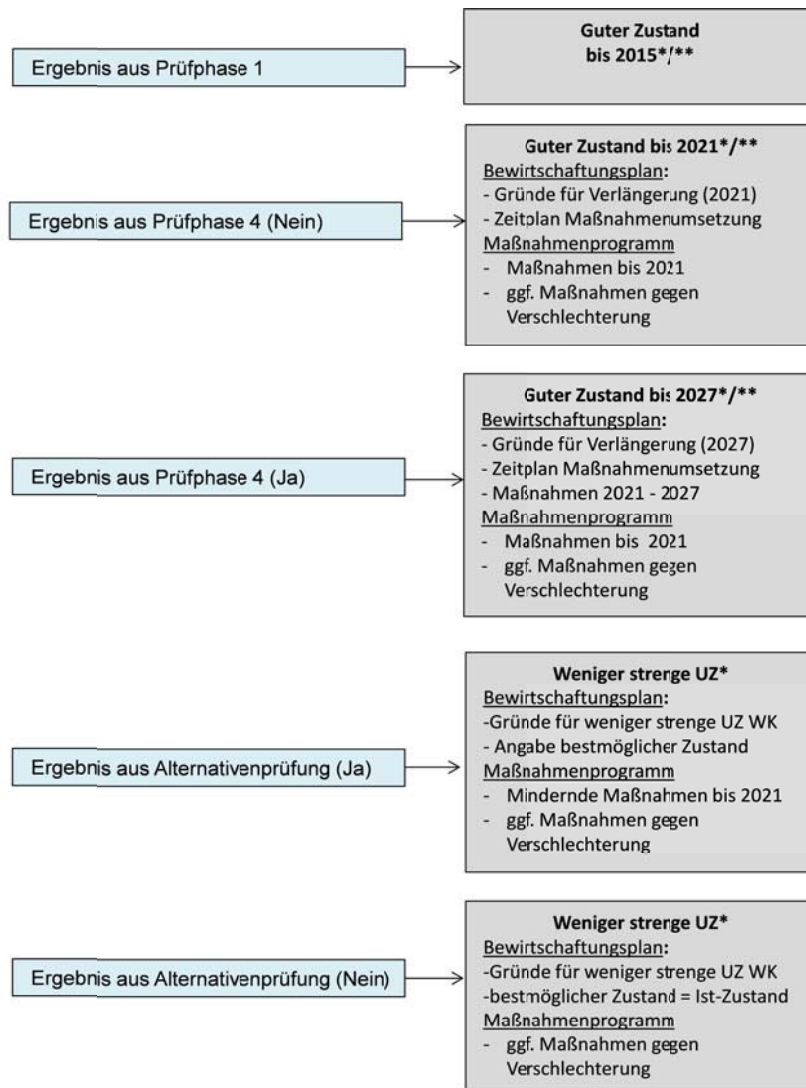


Abb. A4: Prüfphase 4 „Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen“

### Prüfphase 5: Transparente Darstellung der Ergebnisse

Zum Abschluss der Prüfung wird für jeden Wasserkörper dokumentiert, ob der gute Zustand bis 2015, 2021 bzw. 2027 erreicht werden kann oder gegebenenfalls weniger strenge Umweltziele angenommen werden müssen (Abb. A5).

Die Ergebnisse bilden die Basis für die Aktualisierung der Bestandsaufnahme, des Bewirtschaftungsplans und des Maßnahmenprogramms 2015. Im Bewirtschaftungsplan werden die Begründungen für eine Verlängerung der Fristen bis 2021 bzw. 2027 und gegebenenfalls die Gründe für weniger strenge Umweltziele dargelegt. Ebenso wird ein Zeitplan zur Maßnahmenumsetzung aufgestellt. Für die Erreichung des guten Zustandes bis 2027 werden die geplanten Maßnahmen bis 2027 aufgeführt. Die Beschreibung der weniger strengen Umweltziele beinhaltet die Angabe zum bestmöglichen Zustand, auch wenn dies der Ist-Zustand wäre. Im Maßnahmenprogramm 2015 werden die Maßnahmen beschrieben, welche bis 2021 durchgeführt werden. Gegebenenfalls werden auch Maßnahmen gegen eine eventuelle Verschlechterung betrachtet.



\* bzw. Verfehlung infolge anderer Belastungen

\*\* bzw. guter Zustand sobald natürliche Gegebenheiten dies nach 2015 / 2021/ 2027 zulassen

Abb. A5: Prüfphase 5 „Transparente Darstellung der Ergebnisse“

## Anhang 2: Zuständige Stellen für die Prüfschritte

Die zuständigen Bundesländer für die einzelnen Prüfschritte in den Prüfphasen sind in Tabelle A1 benannt.

Tab. A1: Zuständige Stellen für Prüfschritte nach Anhang 1

Prüfphase	Prüfschritt	Zuständige Stelle
1. Reduzierung der Salzeinleitungen durch Optimierung der Produktions- und Ablagerungsverfahren		
1	Prüfung der Genehmigungsfähigkeit	HE, TH
1	Abschätzung der Kosten	HE, TH
2	Prüfung der Verhältnismäßigkeit	HE, TH
4	Maßnahme technisch nur in Schritten durchführbar?	HE, TH
2. Neue Integrierte Salzlaststeuerung (NIS)		
1	Prüfung der Genehmigungsfähigkeit	HE
1	Abschätzung der Kosten	HE
2	Prüfung der Verhältnismäßigkeit	HE
4	Maßnahme technisch nur in Schritten durchführbar?	HE
3. Fernleitung für das Salzabwasser in die Nordsee		
1	Prüfung der Genehmigungsfähigkeit Leitungstrasse	HE, NI, NW
1	Prüfung der Genehmigungsfähigkeit Einleitung	NI
1	Abschätzung der Kosten	HE, (NI, NW)
2	Prüfung der Verhältnismäßigkeit	HE
4	Maßnahme technisch nur in Schritten durchführbar?	HE
4. Fernleitung für das Salzabwasser in die Oberweser		
1	Prüfung der Genehmigungsfähigkeit Leitungstrasse (Variante Trasse HE/NI)	HE, NI
1	Prüfung der Genehmigungsfähigkeit Leitungstrasse (Variante Trasse HE)	HE
1	Prüfung der Genehmigungsfähigkeit Einleitung	HE
1	Abschätzung der Kosten	HE, (NI)
2	Prüfung der Verhältnismäßigkeit	HE
4	Maßnahme technisch nur in Schritten durchführbar?	HE
Für alle Maßnahmen		
3	Alternativenprüfung nach Art. 4 Abs. 5 a)	HE, TH

### Anhang 3: Zusammenstellung der Dokumente zu laufenden Aktivitäten im Rahmen des Handlungsfeldes Salz

Zur Darstellung der Aktivitäten im Rahmen des überregionalen Handlungsfeldes „Reduzierung der Salzbelastung an Werra und Weser“ seit der Veröffentlichung des Bewirtschaftungsplans 2009 wurden alle Dokumente mit Bezug zur Maßnahmenplanung unter folgenden Punkten zusammengestellt:

1. Empfehlung, Gutachten, Expertisen und Stellungnahmen des Runden Tisches
2. Politische Diskussionen in den Ländern
3. Raumordnungsverfahren
4. Genehmigungsverfahren und Einspruchsverfahren
5. Dokumente der Firma K+S Kali GmbH
6. CIS- und LAWA-Dokumente

#### 1 Empfehlung, Gutachten, Expertisen und Stellungnahmen des Runden Tisches

Am Runden Tisch „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“ sind neben Anrainerkommunen, Umwelt- und Fischereiverbänden, Bürgerinitiativen, Gewerkschaften, Industrie- und Handelskammer, der Firma K+S GmbH und dem BMU auch die Weseranrainerbundesländer Bremen, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen vertreten. Unter der Leitung von Prof. Dr. Brinkmann wurden seit 2008 eine Vielzahl von Gutachten und Expertisen erarbeitet, die schlussendlich 2010 zu einer Empfehlung des Runden Tisches geführt haben.

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
<b>1.1 Empfehlung</b>			
1.1.2	Runder Tisch „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“, Empfehlung	09.02.2010	Runder Tisch
<b>1.2 Gutachten und Expertisen</b>			
1.2.1	Rechtsgutachten Werra-Salz, Rechtliche Anforderungen an die Errichtung und Nutzung einer Rohrfernleitung zur Einleitung von Salzabwässern in Gewässer	Ohne Datum?	UFZ Leipzig im Auftrag des Runden Tisches
1.2.2	Stellungnahme zum Beitrag zur Güteverbesserung in Werra und Weser durch untertägigen Versatz von festen und flüssigen Rückständen aus der Kaliproduktion	26.03.2009 (mit Ergänzungen vom 20.06.2009 und 15.01.2010)	RWTH Aachen
1.2.3	Orientierende umweltfachliche Untersuchung zur überregionalen Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlagen zur Weser oder Nordsee	31.08.2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner im Auftrag des Runden Tisches
1.2.4	Ökonomische Gutachten – Wirtschaftliche Bedeutung und Folgekosten	Okt. 2009	Thomas Döring, Bernd Hansjürgens im Auftrag des Runden Tisches
1.2.5	Machbarkeitsstudie Rohrfernleitung Teil A	Nov. 2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner im Auftrag des Runden Tisches

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
1.2.6	Machbarkeitsstudie Rohrfernleitung Teil B1	Nov. 2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner im Auftrag des Runden Tisches
1.2.7	Machbarkeitsstudie Rohrfernleitung Teil B2	Nov. 2009	Ing.-Büro Jestaedt + Partner im Auftrag des Runden Tisches
1.2.8	Einleitung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion in die Innenjade	Jan. 2010	Bundesanstalt für Wasserbau im Auftrag des Runden Tisches
1.2.9	Bilanzierungs- und Prognosemodell zur Salzbelastung von Werra und Weser	Feb. 2010	SYDRO Consult im Auftrag des Runden Tisches
1.2.10	Ersteinschätzung der Umwelterheblichkeit der Einleitung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion der K+S KALI GmbH in die Innenjade	05.02.2010	Ing.-Büro Jestaedt + Partner im Auftrag des Runden Tisches
1.2.11	Ökobilanzielle Untersuchung einer Fernleitung für Salzabwasser der Kaliproduktion	19.02.2010	Öko-Institut e.V. im Auftrag des Runden Tisches
1.2.12	Potenziale und Risiken der von K+S Kali GmbH vorgeschlagenen Neuen Integrierten Salzabwassersteuerung (NIS)	??? 2010	M. Sauter & E. Holzbecher im Auftrag des Runden Tisches

## 2 Politische Diskussionen in den Ländern

Das Thema Werra- und Weserversalzung hat Eingang in die Landtagspolitik der Weseranrainerländer gefunden. Die Landesregierungen haben sich mehrfach mit dem Thema befasst und es gibt verschiedene Beschlüsse, Stellungnahmen und sonstige Befassungen, vor allem im Zusammenhang mit überregionalen Entsorgungswegen für Salzabwasser.

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
<b>2.1 Alle Länder</b>			
2.1.1	Stellungnahmen der Parlamente zu den Empfehlungen des Runden Tisches	17.05.2011	Landtage Hessen, Thüringen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Bremen, zusammengestellt vom Runden Tisch
<b>2.2 Niedersachsen</b>			
2.2.2	1. Infogespräch: mögliche Einleitstellen	16.09.2009	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz
2.2.3	2. Infogespräch: mögliche Einleitstellen	07.10.2009	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz
2.2.4	Große Anfrage NI 78. Plenarsitzung	18.08.2010	Niedersächsischer Landtag
2.2.5	Antwort auf große Anfrage der Grünen in nieders. Landtag	Aug. 2010	Niedersächsischer Landtag

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
2.2.6	Landtagsbeschluss Niedersachsen	22.03.2012	Niedersächsischer Landtag
2.2.7	Protokoll NLWKN Auftaktgespräch Wasserrecht Jade (Entwurf)	02.04.2012	Niedersächsischer Landtag
2.2.8	Auszug Landtagsdokumentation NI, Wahlperiode 16	2012	Niedersächsischer Landtag
2.2.9	Gutachten zur Einleitung Jadebusen	Dez 2011	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz
2.2.10	Infogespräch zum Thema Wasserrechtsantrag Nordsee, Salzwassereinleitung der K+S Kali GmbH	25.10.2012	K+S Kali GmbH
2.2.11	Auszug Koalitionsvereinbarung Niedersachsen 2013	Febr. 2013	Niedersächsischer Landtag
<b>2.3 Nordrhein Westfalen</b>			
2.3.1	Anschreiben Minister Remmel zur Stellungnahme	24.10.2012	Minister Remmel
2.3.2	Ministerschreiben von Altmaier an Remmel	Okt. 2012	Minister Altmaier
2.3.3	Auszug Koalitionsvertrag NW 2012-2017	???2012	
<b>2.4 Hessen</b>			
2.4.2	Stellungnahme Hessen zur „Gesamtstrategie zur Verminderung von Umweltbelastungen“ von K+S Kali GmbH	26.08.2009	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
2.4.3	Anlage zur Stellungnahme Hessen zur „Gesamtstrategie zur Verminderung von Umweltbelastungen“ von K+S Kali GmbH	26.08.2009	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
2.4.4	Schreiben an K+S zur Bewertung der „Gesamtstrategie zur Verminderung von Umweltbelastungen“ von K+S Kali GmbH	Aug. 2009	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
2.4.5	Drucksache 2342 und Beschlussempfehlung „Antrag betreffend Fortsetzung der Arbeit des Runden Tisches „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“	07.05.2010	Hessischer Landtag
2.4.6	Drucksache 3304 und Beschlussempfehlung „Entschließungsantrag betreffend Kaliproduktion sichern und Salzwasserbelastung von Werra, Weser und Grundwasser so bald wie möglich beenden“	02.12.2010	Hessischer Landtag
2.4.7	Drucksache 3497 „Entschließungsantrag betreffend Kaliproduktion sichern und Salzwasserbelastung von Werra, Weser und Grundwasser so bald wie möglich beenden“	16.12.2010	Hessischer Landtag

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
2.4.8	Abstimmungsprotokoll zwischen dem Land Hessen vertreten durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; dem Freistaat Thüringen, vertreten durch das Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz sowie der K+S Kali GmbH (K+S)	Mai 2011	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
<b>2.5 Thüringen</b>			
2.5.1	Stellungnahme Thüringen zur „Gesamtstrategie zur Verminderung von Umweltbelastungen“ von K+S Kali GmbH	12.08.2009	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt
2.5.2	Beschluss des Thüringens „Fortsetzung der Arbeit des Runden Tisches "Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion"	28.05.2010	Thüringer Landtag
2.5.3	Abstimmungsprotokoll zwischen dem Land Hessen vertreten durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; dem Freistaat Thüringen, vertreten durch das Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz sowie der K+S Kali GmbH (K+S)	Mai 2011	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz

### 3 Raumordnungsverfahren

Im Rahmen der Überlegungen zu überregionalen Entsorgungswegen wie z. B. die Salzabwasserleitungen in die Oberweser oder die Nordsee haben bereits erste Anhörungstermine zu möglichen Raumordnungsverfahren stattgefunden. Dabei sollte u. a. geprüft werden, ob derartige Leitungen grundsätzlich genehmigungsfähig wären.

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
3.1	Protokoll zu einem Anhörungstermin zum Raumordnungsverfahren für eine Pipeline in die Nordsee	12.04.2012	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
3.2	Unterlage zur Antragskonferenz „Rohrfernleitungsanlage zur Überregionalen Entsorgung der Salzabwässer aus dem hessisch-thüringischen Kalirevier an die Oberweser“	Febr. 2013	K+S Kali GmbH

### 4 Genehmigungsverfahren und Einspruchsverfahren

Zur Aufrechterhaltung des Produktionsbetriebes der K+S Kali GmbH wurden seitens der Firma mehrfach Anträge auf Genehmigung zur Salzabwassereinleitung in die Werra sowie zur Versenkung gestellt und von der zuständigen Behörde, dem Regierungspräsidium Kassel genehmigt. Diese wurden im Rahmen der Verfahren mit Gutachten und Stellungnahmen unterlegt. Im Fall der Versenkungserlaubnis ist es zu einem Einspruchsverfahren gekommen, das aber abgelehnt wurde.

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
4.1	Rechtsgutachten zur „Zuverlässigkeit der Versenkung von Salzabwässern in den Untergrund“	Okt. 2008	Prof. Dr. Böhm (Uni Marburg) im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
4.2	Gutachten zum Antrag Versenkung „Einschätzung der Chloridbelastung der Werra durch diffuse Einträge für das Szenario nach Einstellung der Salzabwassereinleitung und der Versenkung von Salzabwässern“	2009	Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie
4.3	Festsetzung Härtegrenzwert über 2009 hinaus	27.11.2009	Regierungspräsidium Kassel
4.4	Abwasserverbund Hessen/Thüringen, Neufestsetzung der Versenkmenge bis 30.11.2011	21.10.2010	Regierungspräsidium Kassel
4.5	Stellungnahme zum Antrag der K+S Kali GmbH, Werk Werra, auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis zur Einleitung (Versenkung) von Salzwasser in den Untergrund	15.08.2011	Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie
4.6	Erlaubnisbescheid zur Versenkung	30.11.2011	Regierungspräsidium Kassel
4.7	Wasserrechtliche Erlaubnis zur Einleitung salzhaltiger Abwässer aus dem Werk Neuhof-Ellers in die Werra	25.06.2012	Regierungspräsidium Kassel
4.8	Planfeststellungsbeschluss Rohrleitung Neuhof-Philippsthal	25.06.2012	Regierungspräsidium Kassel
4.9	Wasserrechtliche Erlaubnis zur Einleitung salzhaltiger Abwässer aus dem Werk Werra in die Werra	30.11.2012	Regierungspräsidium Kassel
4.10	Gerichtsbeschluss zum Einspruchsverfahren zur Vollziehbarkeit der Versenkerlaubnis	02.12.2012	Verwaltungsgericht Kassel

## 5 Dokumente der Firma K+S Kali GmbH

Seitens der Firma K+S Kali GmbH wurden neben einer mit den Ländern Hessen und Thüringen abgestimmten Gesamtstrategie zur Verminderung von Umweltbelastungen durch die Kaliindustrie mehrere Projekte und Stellungnahmen zu verschiedenen Maßnahmen dokumentiert. Aktuell liegt ein Antrag zum Bau einer Pipeline zur Oberweser vor.

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
5.1	Gesamtstrategie zur Verminderung von Umweltbelastungen (final)	07.07.2009	Firma K+S Kali GmbH
5.2	Gesamtstrategie (überarbeitete Fassung)	31.10.2009	

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
5.3	Integriertes Maßnahmenkonzept für das hessisch-thüringische Kalirevier	Okt. 2009	Firma K+S Kali GmbH
5.4	Stellungnahme zum Gutachten Folgekosten der Abwasserentsorgung der Kaliindustrie	17.11.2009	Firma K+S Kali GmbH
5.5	Stellungnahme K+S zur Änderung Unterbreizbach (Verzicht Eindampfanlage)	17.05.2010	Firma K+S Kali GmbH
5.6	Vorhabenbeschreibung Rohrfernleitungsanlage	30.11.2011	Firma K+S Kali GmbH
5.7	Erstellung eines 3D-Grundwassermodells für das Werragebiet	2011 - 2013	K+S Kali GmbH, Fa. DHI-WASY <i>(Hinweis: Bericht liegt noch nicht vor)</i>
5.8	Erstellung eines Stofftransportmodells für Werra und Weser	2011 - 2012	K+S Kali GmbH, Fa. SYDRO <i>(Hinweis: Bericht liegt noch nicht vor)</i>
5.10	Alternative Maßnahmen zur Salzwassereinkleitung von Neuhoof in die Werra	2007	K+S Kali GmbH oder im Auftrag von K+S Kali GmbH
5.11	Stand der Technik bei der Gewinnung und Aufbereitung von Kalirohsalzen	2012?	Fa. Ercosplan im Auftrag von K+S Kali GmbH <i>(Hinweis: Bericht liegt noch nicht vor)</i>

## 6 CIS- und LAWA-Dokumente

Im Rahmen des Umsetzungsprozesses der EG-WRRL auf europäischer Ebene wurden mehrere Leitfäden erstellt, auf Bund/Länderebene hat dies die LAWA getan. Diese Papiere liefern Hintergrundinformationen.

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
6.1	CIS guidance document No. 13 classification of ecological status	16.03.2005	Europäische Kommission
6.2	CIS guidance document No. 20 exemptions to the environmental objectives	26.03.2009	Europäische Kommission
6.3	CIS guidance document No. 27 uqn	04.12.2011	Europäische Kommission
6.4	PDB 2.4.4 Handlungsempfehlung weniger strenge Bewirtschaftungsziele	21.06.2012	LAWA
6.5	Eckpunktepapier Fristverlängerungen Ausnahmen	18.03.2009	LAWA

Dokument Nr.	Titel	Datum	Verfasser
6.6	WRRRL_ConclusionsExemptions	2008	Europäische Kommission; Was- serdirektoren

# Anhang B

## Beschreibung des erweiterten Koordinierungsumfangs zum überregionalen Handlungsfeld Salz

Neben der für die Umsetzung der überregionalen wichtigen Fragen der Gewässerbewirtschaftung (Verbesserung der Gewässerstruktur und Durchgängigkeit, Reduzierung der anthropogenen Nährstoff- und Schadstoffeinträge und Auswirkungen des Klimawandels) im Rahmen der routinemäßigen drei Weserratssitzungen im Jahr wurden die Koordinierungsgespräche aufgrund der besonderen Problematik und nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund des Vertragsverletzungsverfahrens zum Handlungsfeld „Reduzierung der Salzbelastung in Werra und Weser“ seit 2012 intensiviert.

Seit der Einleitung des Vertragsverletzungsverfahrens haben bis Ende 2015 insgesamt 12 reguläre Weserratssitzungen sowie 9 Sondersitzungen ausschließlich zum Thema Salz sowie 2 Weserminister-Konferenzen stattgefunden. Ergänzt wurden diese Koordinierungsgespräche durch 4 Gespräche bei der Kommission sowie zwei Abstimmungsgespräche beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

Die wesentlichen Diskussionspunkte der Koordinierungstreffen sind im Folgenden zusammengestellt:

<b>Einleitung Vertragsverletzungsverfahren am 21.06.2012</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlage des Aufforderungsschreiben der Europäischen Kommission</li> <li>• Vorwurf: Vertragsverletzung bzgl. der Umsetzung des Art. 4, 13 und 14 EG-WRRL</li> </ul>
<b>1. Sondersitzung „Salz“ 22.06.2012 Düsseldorf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung der grundsätzlichen weiteren Vorgehensweise vor dem Hintergrund des Vertragsverletzungsverfahrens</li> <li>• Beschluss zur Erstellung eines Strategiepapier (später Eckpunktepapier genannt) zur Darstellung der gemeinsamen Vorgehensweise</li> </ul>
<b>2. Sondersitzung „Salz“ 09.08.2012 Düsseldorf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion des Aufforderungsschreiben der KOM und Abstimmung der Stellungnahme der FGG Weser</li> </ul>
<b>26. Sitzung Weserrat 10.10.2012 in Höxter:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung der konkreten Inhalte des „Eckpunktepapiers zur Ableitung der Maßnahmen und Umweltziele gem. Art. 4 EG-WRRL für die Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans der FGG Weser in 2015“</li> </ul>
<b>Informelles Gespräch zwischen der Kommission und Vertretern des BMUB und der FGG Weser am 31.01.2013</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung der weiteren Vorgehensweise im Rahmen des Vertragsverletzungsverfahrens</li> <li>• Darstellung der geplanten Inhalte des Eckpunktepapiers</li> <li>• Übermittlung des Eckpunktepapiers an die Kommission</li> </ul>
<b>27. Sitzung Weserrat 08.03.2013 in Erfurt:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschluss zur Erstellung eines Dokuments „Gemeinsame Eckpunkte zur Ableitung der Maßnahmen und Umweltziele gem. Art. 4 EG-WRRL bzgl. Salzeinleitungen für die Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans der FGG Weser in 2015“ als Fahrplan für die Ableitung der Maßnahmen und Umweltziele</li> <li>• Beauftragung der Durchführung der Prüfschritte durch das gem. Eckpunktepapier jeweils zuständige Bundesland</li> <li>• Beschluss die Werte 300 mg/l Chlorid, 20 mg/l Kalium und 30</li> </ul>

	mg/l Magnesium als maximal zulässige Konzentrationen (90-Perzentile) für die Erreichung des guten Zustands heranzuziehen.
<b>3. Sondersitzung Salz am 13.05.2013 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung des ersten Entwurfs des Eckpunktepapiers</li> </ul>
<b>28. Sitzung Weserrat am 26.06.2013 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finaler Beschluss des Dokuments „Gemeinsame Eckpunkte zur Ableitung der Maßnahmen und Umweltziele gem. Art. 4 EG-WRRL bzgl. Salzeinleitungen für die Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans der FGG Weser in 2015“ als Fahrplan für die Ableitung der Maßnahmen und Umweltziele und Versand an das BMUB</li> <li>• Beschluss der Beauftragung der Modellierung der Salzbelastung in Werra und Weser zur Analyse von Maßnahmenwirkungen</li> </ul>
<b>29. Sitzung Weserrat am 16.10.2013 in Eisenach</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung der Ergebnisse der Prüffragen der Länder u.a. auf der Basis der ersten Erkenntnisse aus den Modellierungen der Firma SYDRO</li> <li>• Festlegung der als grundsätzlich genehmigungsfähigen Maßnahmen</li> <li>• Festlegung der Maßnahmenszenarien für die Modellierung</li> </ul>
<b>Antwort der KOM auf das Eckpunktepapier und Stellungnahme der FGG Weser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu den zusätzlichen Fragen der Kommission zum Eckpunktepapier wurde eine Stellungnahme seitens der FGG Weser erarbeitet und an die Kommission übersandt.</li> </ul>
<b>30. Sitzung Weserrat am 11.03.2014 in Gotha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung der aktuell vorliegenden Ergebnisse der Prüffragen der Länder u.a. auf der Basis der ersten Erkenntnisse aus den Modellierungen der Firma SYDRO</li> </ul>
<b>2 Workshops zur Studie der „Ökoeffizienzanalyse“ am 06.03. und 17.07.2014 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion der Rahmenbedingungen und Ergebnisse der „Ökoeffizienzanalyse“ als Grundlage für die Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmenoptionen</li> <li>• Stellungnahmen und Änderungsvorschläge zur Ökoeffizienzanalyse durch die Länder</li> </ul>
<b>4. Sondersitzung Weserrat am 17.07.2014 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung der bisher vorliegenden Ergebnisse der Ökoeffizienzanalyse</li> </ul>
<b>5. Sondersitzung Weserrat am 09.09.2014 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung der aktuell vorliegenden Modellierungsergebnisse sowie der Ergebnisse zur Verhältnismäßigkeitsprüfung</li> <li>• Diskussion der Schlussfolgerungen für den Bewirtschaftungsplan und das Maßnahmenprogramm 2015 – 2021 auch auf Basis der Plausibilitätsprüfung des UBA zum Verfahren K-UTEC</li> </ul>
<b>6. Sondersitzung Weserrat am 16.10.2014 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion des vorliegenden Entwurfs des Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021</li> <li>• Beschluss, strittige Kapitel der Weser-Ministerkonferenz vorzulegen</li> </ul>

<b>32. Sitzung Weserrat am 28./29.10.2014 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung aller Kapitel des Entwurfs des Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021 mit Ausnahme der Salzkapitel</li> </ul>
<b>Weser-Ministerkonferenz am 24.11.2014 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschlüsse siehe <a href="http://www.fgg-weser.de/Download-Dateien/wmk_beschluesse_141124.pdf">http://www.fgg-weser.de/Download-Dateien/wmk_beschluesse_141124.pdf</a></li> </ul>
<b>Rechtsgespräch beim BMUB am 27.01.2015 in Bonn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung, ob der vorliegende Entwurf des detaillierten Bewirtschaftungsplans zum Problembereich „Salzbelastung“ den Anforderungen der EG-WRRL entspricht</li> <li>• Festlegung von erforderlichen Inhalten</li> </ul>
<b>33. Sitzung Weserrat am 26.02.2015 in Erfurt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion des Entwurfs des detaillierten Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021 bzgl. Salz</li> </ul>
<b>34. Sitzung Weserrat am 13.03.2015 in Kassel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finale Abstimmung der Anhörungsdocuments Detaillierter Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 bzgl. Salz</li> <li>• Abstimmung zur weiteren Vorgehensweise bzgl. des Schreibens der Kommission vom 02.03.2015</li> </ul>
<b>Gespräch mit der EU-KOM (Paketsitzung) am 24.04.2015 in Berlin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung der Inhalte der Mitteilung der Bundesrepublik Deutschland an die Kommission vom 14.04.2015</li> </ul>
<b>7. Sondersitzung Weserrat am 19.05.2015 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion und Beschluss der von der KOM gewünschten Dokumentation der Maßnahmenoptionen zur Erreichung der Zielwerte und des konkreten und detaillierten Ablaufplans</li> <li>• Bitte um einen gesonderten Gesprächstermin bei der KOM</li> </ul>
<b>Gesonderter Gesprächstermin mit KOM am 26.06.2015 in Brüssel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herausarbeitung von der KOM gesehener Defizite im Entwurf des detaillierten Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021</li> </ul>
<b>35. Sitzung Weserrat am 08.07.2015 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gespräch mit dem Unternehmen K+S</li> <li>• Abstimmung des weiteren Vorgehens der FGG Weser, konkrete Schritte und Zeitplan zur der von der KOM gesehener Defizite</li> </ul>
<b>8. Sondersitzung Weserrat am 28.09.2015 in Hannover</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorläufige Auswertung der Stellungnahmen zum Entwurf des detaillierten Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021</li> <li>• Diskussion der Fortschreibung des detaillierten Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021</li> <li>• Erörterung des detaillierten Maßnahmen- und Zeitplans</li> </ul>
<b>36. Sitzung Weserrat am 04./05.11.2015 in Heiligenstadt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung der Stellungnahmen zum detaillierten Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021</li> <li>• Diskussion der Fortschreibung des detaillierten Bewirtschaftungsplans</li> </ul>

	tungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021
<b>Gesprächstermin mit KOM am 09.12.2015 in Brüssel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung des „Masterplans Salzreduzierung“</li> </ul>
<b>37. Sitzung Weserrat am 15.12.2015 in Erfurt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung des Detaillierten Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 zur Beschlussfassung in der Weser-Ministerkonferenz</li> </ul>
<b>9. Sondersitzung Weserrat am 04.02.2016 in Bremen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion zum Raumordnungsverfahren zur überregionalen Entsorgung der Salzabwässer an die Oberweser</li> <li>• Diskussion über die Einrichtung einer Arbeitsgruppe zur Begleitung der Umsetzung des Masterplans Salzreduzierung und des Dialogs mit dem Unternehmen K+S</li> <li>• Vorbereitung der Weser-Ministerkonferenz</li> </ul>
<b>Weser-Ministerkonferenz am 18.03.2016 in Berlin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschlussfassung des Detaillierten Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 bis 2021</li> </ul>

# Anhang C

# Modellierung der Salzbelastung an Werra und Weser

## Modellrechnungen zur Abschätzung des Handlungsbedarfs in den salzbelasteten Wasserkörpern sowie zur Prognose der Wirkungen unterschiedlicher Maßnahmenoptionen

Darmstadt, 6. März 2015

---

Erstellt für:

FGG Weser  
An der Scharlake 39  
31135 Hildesheim

Erstellt von:

Dr.-Ing. Hubert Lohr  
Dipl.-Ing. Markus Funke  
Dipl.-Hydrol. Katja Instenberg  
Projektnr.: HYA 000596-13

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN DER BEARBEITUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ARBEITSPROGRAMM UND VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>3</b>
3.1	EINTRÄGE AUS DIFFUSEN QUELLEN UND NEBENGEWÄSSERN .....	4
3.2	BEWERTUNG DER GEWÄSSERKONZENTRATIONEN .....	6
<b>4</b>	<b>HANDLUNGSBEDARF .....</b>	<b>7</b>
4.1	ABSCHÄTZUNG DES HANDLUNGSBEDARFS FÜR EINE 30-JÄHRIGE LANGZEITSIMULATION .....	7
4.2	ABSCHÄTZUNG DES HANDLUNGSBEDARFS FÜR DIE LANGFRISTIGEN ABFLUSSSITUATIONEN MQ UND MNQ 9	
4.3	BERECHNUNGSERGEBNISSE BEI MQ UND MNQ .....	9
4.4	PROGNOSE DER WIRKUNG VON BELASTUNGSSZENARIEN ("NULLVARIANTEN") .....	13
<b>5</b>	<b>MAßNAHMENOPTIONEN .....</b>	<b>15</b>
5.1	MAßNAHMENSZENARIEN .....	15
5.2	ERGEBNISSE MAßNAHMENSZENARIEN .....	17
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>30</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:Konzentrationen zur Zielerreichung als Vorgabe der FGG Weser im gesamten Gewässerverlauf .....	3
Tabelle 2: Wasserkörper mit ihren Bewertungspegeln .....	3
Tabelle 3: Zusammenfassung der mittleren Einträge aus diffusen Quellen und Nebengewässern .....	5
Tabelle 4: Stoffkonzentrationen bei Zielerreichung an den aufgeführten Pegeln und maximale Einleitung bei 30-jähriger Langzeitsimulation (blau=Zielerreichung, rot=Zielverfehlung)8	
Tabelle 5: Stoffkonzentrationen bei Zielerreichung an den aufgeführten Pegeln und maximale Einleitung bei MQ .....	11
Tabelle 6: Stoffkonzentrationen bei Zielerreichung an den aufgeführten Pegeln und maximale Einleitung bei MNQ .....	12
Tabelle 7: Lastfall 1; 90-Percentilwerte an den ausgewählten Pegeln bei diffusen Einträgen (blau=Zielerreichung, rot=Zielverfehlung).....	14
Tabelle 8: Lastfall 2; 90-Percentilwerte an den ausgewählten Pegeln bei diffusen Einträgen und Einleitung von Haldenabwässern (blau=Zielerreichung, rot=Zielverfehlung).....	14
Tabelle 9: Überblick der gerechneten Szenarien mit Halden- und Produktionswasseranfall .....	30

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bewertungspegel der jeweiligen Wasserkörper .....	4
Abbildung 2: Abflussganglinie am Pegel Drakenburg von 1978 bis 2007 .....	6
Abbildung 3: Stoffkonzentrationen an den ausgewählten Pegeln bei mittlerer diffuser Belastung und einem Gewässerabfluss MQ .....	9
Abbildung 4: Stoffkonzentrationen an den ausgewählten Pegeln bei mittlerer diffuser Belastung und einem Gewässerabfluss MNQ .....	10
Abbildung 5: Lastfall 1: Nordseepipeline. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	17
Abbildung 6: Lastfall 2: Produktionsende einschließlich Haldenabwasserbewirtschaftung, mit minimaler Haldenerweiterung. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	18
Abbildung 7: Lastfall 2: Produktionsende einschließlich Haldenabwasserbewirtschaftung, mit maximaler Haldenerweiterung. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	19
Abbildung 8: Lastfall 3: Oberweserpipeline einschließlich ohne Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 7 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	20
Abbildung 9: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit minimaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 7 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	21
Abbildung 10: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 7 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	22
Abbildung 11: Lastfall 3: Oberweserpipeline ohne Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 6 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	23
Abbildung 12: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit minimaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 6 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%. ....	24

Abbildung 13: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 6 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.	25
Abbildung 14: Lastfall 3: Oberweserpipeline ohne Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 5 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.	26
Abbildung 15: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit minimaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 5 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.	27
Abbildung 16: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 5 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.	28
Abbildung 17: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 4 Mio. m <sup>3</sup> /a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.	29
Abbildung 18: Produktionsphase: Vergleich der 90-Percentilwerte der Chloridkonzentration im Längsverlauf von Werra und Weser für die Oberweserpipeline und die Nordseepipeline bei einem diffusen Eintrag von 50% und minimaler Haldenerweiterung.	32
Abbildung 19: Produktionsphase: Vergleich der 90-Percentilwerte der Chloridkonzentration im Längsverlauf von Werra und Weser für die Oberweserpipeline und die Nordseepipeline bei einem diffusen Eintrag von 30% und maximaler Haldenerweiterung.	32
Abbildung 20: Nachbergbauphase: Vergleich der 90-Percentilwerte der Chloridkonzentration im Längsverlauf von Werra und Weser für Produktionsende, Oberweserpipeline und die Nordseepipeline bei einem diffusen Eintrag von 30% sowie minimaler und maximaler Haldenerweiterung.	33

## 1 VERANLASSUNG

Infolge des heutigen und ehemaligen Kalibergbaus und der dadurch verursachten Salzabwassereinleitungen verfehlen trotz der bisher erreichten erheblichen Verringerung der Salzbelastung zahlreiche Oberflächen- und Grundwasserkörper der Flussgebietseinheit Weser den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potential nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL). Neben Belastungen durch erhöhte Nährstoffeinträge und Defizite in der Hydromorphologie machen insbesondere die hohen Konzentrationen der Salzionen (Chlorid, Magnesium und Kalium) sowie deren weiträumige länderübergreifende Auswirkung entlang der Werra und Weser bis Bremen die Bedeutung dieser Belastung für die Flussgebietseinheit Weser aus. Die FGG Weser als Zusammenschluss der Wasserwirtschaftsverwaltungen der Anrainerländer Bayern, Bremen, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Thüringen hat daher die „Salzbelastung der Werra und Weser durch den heutigen und ehemaligen Kalibergbau“ als wichtige Wasserbewirtschaftungsfrage im Aufstellungsprozess des Bewirtschaftungsplans festgestellt (FGG Weser, 2009).

Im Rahmen der Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms 2015 fällt den Ländern wiederum die koordinierende Aufgabe der Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen zur Reduzierung der Salzbelastung gem. Art. 4 EG-WRRL zu. Auf Basis der bisher vorliegenden Erkenntnisse u.a. vom Runden Tisch "Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion" (Runder Tisch, 2010) sollen anhand gemeinsam abgestimmter Arbeitsschritte Maßnahmenoptionen zur Reduzierung der Salzbelastung geprüft werden.

Zur Unterstützung hat die FGG Weser in seiner 28. Sitzung des Weserrats beschlossen, Modellrechnungen zur Abschätzung des Handlungsbedarfs in den salzbelasteten Wasserkörpern sowie zur Prognose der Wirkungen unterschiedlicher Maßnahmenoptionen in Auftrag zu geben. Im Rahmen der Aufstellung seiner Empfehlungen hat der Runde Tisch "Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion" ein Modell zur Bilanzierung der Salzbelastungen von der Ingenieurgesellschaft SYDRO erstellen lassen, auf das die FGG Weser ebenfalls zurückgreifen möchte. Dieses Modell ist im Auftrag von K+S inzwischen zeitlich und räumlich verfeinert worden. Nach Abstimmung zwischen HE, TH und der Firma K+S hat der Weserrat beschlossen, dies weiterentwickelte Modell auch für die geplanten Modellrechnungen der FGG Weser zu nutzen.

## 2 GRUNDLAGEN DER BEARBEITUNG

Grundlage der Bearbeitung sind die von SYDRO aufgestellten Modelle für die Werra und Weser. Das im Auftrag des Runden Tisches "Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion" aufgestellte Modell und das im Anschluss im Auftrag von K+S weiterentwickelte Werra und Weser Modell gehen von den gleichen physikalischen Ansätzen zur hydrologischen und stofflichen Simulation aus, unterscheiden sich aber erheblich in ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung sowie in der Abbildung der Salzbelastung. Nachfolgend sind die wesentlichen Unterschiede sowie die Gemeinsamkeiten aufgelistet:

Erweiterungen im K+S Modell Werra und Weser im Unterschied zum Runde Tisch Modell:

- Erheblich feinere Modellierungseinheiten der Gewässer Werra und Weser
- Feinere Auflösung seitlicher Zuflüsse und seitlicher Stoffbelastungen
- Genauere Verortung der diffusen Einträge
- Kalibrierung der diffusen Einträge anhand von Messwerten des Jahres 2008
- Abbildung der Salzlaststeuerung, inklusive Stapelbecken
- Verwendung hydraulischer Q-H Beziehungen für Translation und Retention in der Werra
- Simulationszeitschritt von 2h
- Berücksichtigung des Niederschlags und der zeitlichen Verzögerung des Abflusses bei der Modellierung der Halden

Übereinstimmungen beider Modelle:

- Modellierung des Stofftransports ohne Stoffabbau oder –umlagerung, d.h. einmal eingetragene Salzfrachten bleiben vollständig erhalten
- Modellierung aller Elemente als volldurchmischter Reaktor

Aufgrund der Übereinstimmung des Berechnungsansatzes für den Stofftransport kann das K+S Modell als direkte Weiterentwicklung des Runden Tisch Modells verstanden werden.

### 3 ARBEITSPROGRAMM UND VORGEHENSWEISE

Die Bearbeitung besteht aus den Aufgabenteilen:

Abschätzung des Handlungsbedarfs für eine 30-jährige Langzeitsimulation,

Abschätzung des Handlungsbedarfs für die langfristigen Abflusssituationen MQ und MNQ,

Lastfallberechnungen für eine 30-jährige Langzeitsimulation.

Die Gewässerkonzentrationen für die Stoffkenngößen Chlorid, Magnesium und Kalium in Werra und Weser wurden für unterschiedliche Abflussbedingungen ermittelt:

- den Mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ),
- den Mittleren Abfluss (MQ) und
- variable Abflüsse (Langzeitsimulation).

Als Zielerreichung gelten folgende Werte entlang des gesamten Gewässerverlaufs von Werra und Weser.

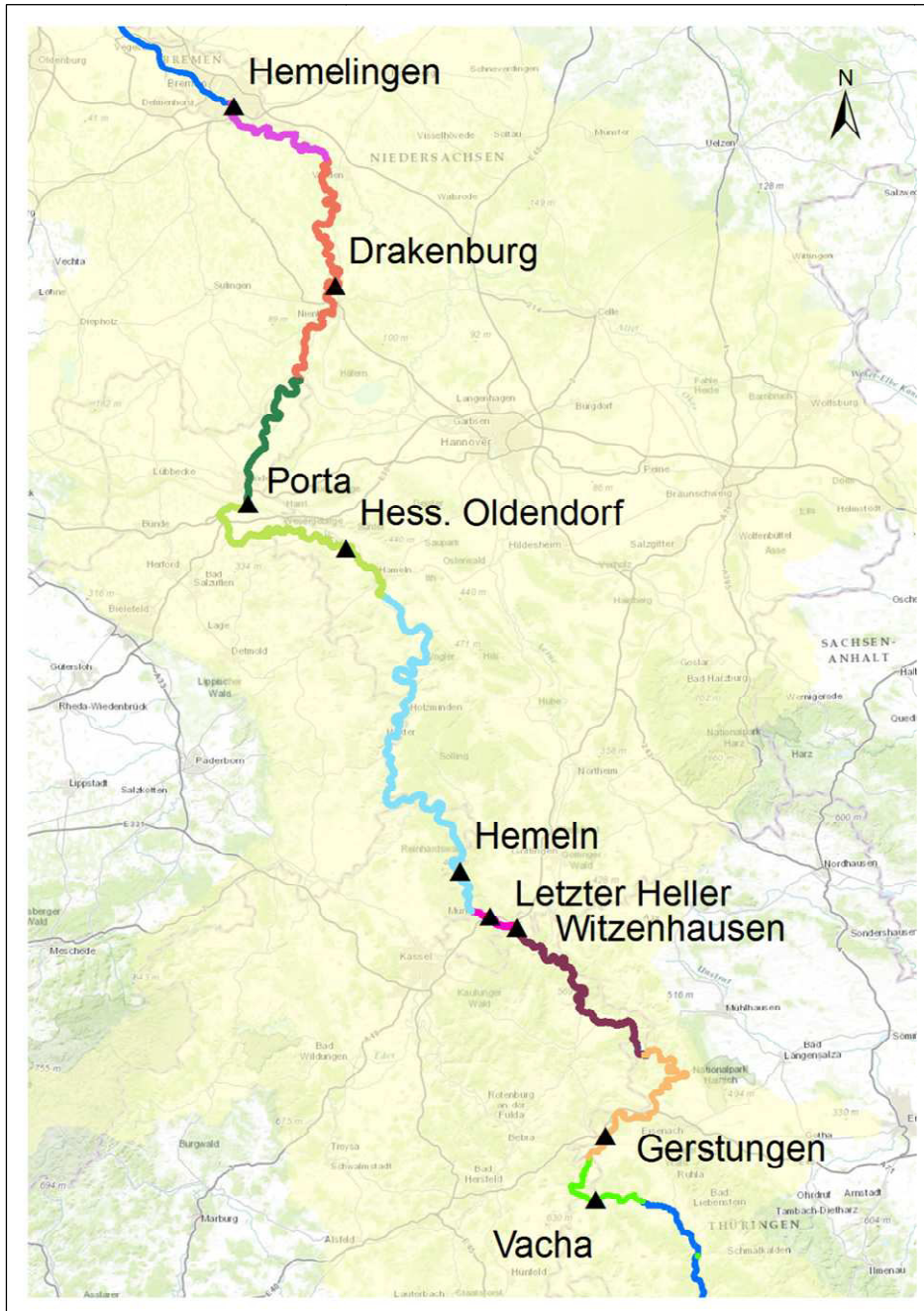
**Tabelle 1: Konzentrationen zur Zielerreichung als Vorgabe der FGG Weser im gesamten Gewässerverlauf**

	Chlorid	Magnesium	Kalium
Zielerreichung [mg/l]	300	30	20

Tabelle 2 und Abbildung 1 zeigen die Wasserkörper und die dazugehörigen Bewertungspegel, an denen die Zielkonzentrationen erreicht bzw. unterschritten werden sollen.

**Tabelle 2: Wasserkörper mit ihren Bewertungspegeln**

Bezeichnung des Wasserkörpers	Name des Wasserkörpers	Bewertungspegel
DEHE_41.4	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Pegel Vacha
DETH_41_68+129	Unt. Werra bis Heldrabbach	Pegel Gerstungen
DEHE_41.2	Werra/Eschwege	Pegel Witzenhausen
DEHE_41.1	Werra Niedersachsen	Pegel Letzter Heller
DENI 08001	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Pegel Hemeln
DENI 10003	Weser	Pegel Hess. Oldendorf
DENW4_200_242	Weser NRW	Pegel Porta
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller	Pegel Drakenburg
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen	Pegel Hemelingen



**Abbildung 1: Bewertungspegel der jeweiligen Wasserkörper**

### 3.1 Einträge aus diffusen Quellen und Nebengewässern

Zu berücksichtigen sind die diffusen Einträge sowie die seitlichen Belastungen aus den Nebengewässern. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Örtlichkeit und die Höhe der diffusen Einträge und der Einträge aus Nebengewässern.

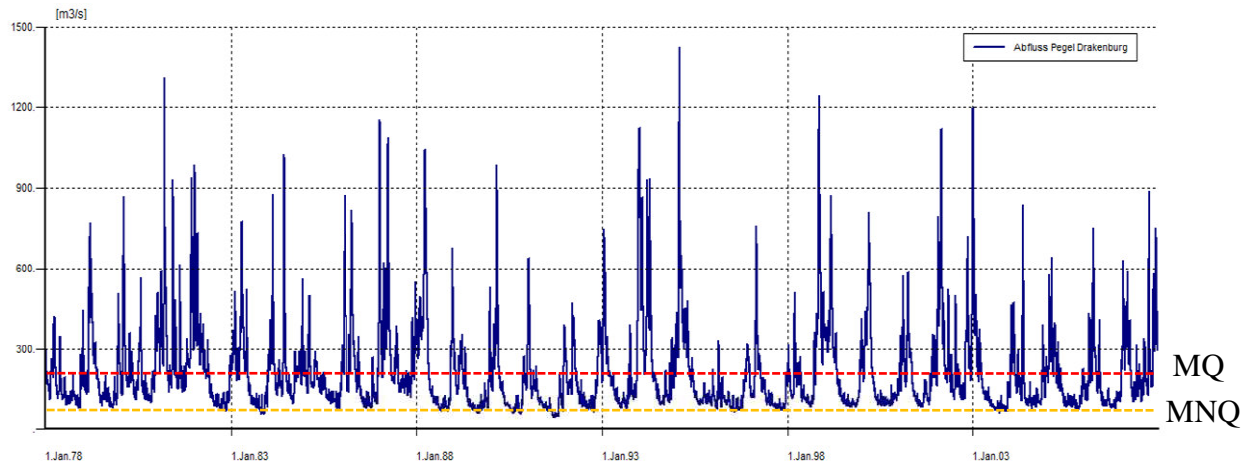
Die Höhe des Transports [kg/s] für die Stoffkenngrößen Chlorid, Magnesium und Kalium wurde jeweils anhand vorhandener Messdaten in den Gewässern ermittelt. Erfolgte zwischen zwei Messpunkten keine Einleitung, so wurde die Differenz zwischen den beiden Messpunkten als diffuser Eintrag definiert.

**Tabelle 3: Zusammenfassung der mittleren Einträge aus diffusen Quellen und Nebengewässern**

Bezeichnung des Wasserkörpers	Name des Wasserkörpers	Örtlichkeit	MNQ	MQ	Chlorid	Magnesium	Kalium	Chlorid	Magnesium	Kalium
			m³/s	m³/s	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]
DEHE_41.4 DETH_41_155+170	Werra Philippsthal mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Vorbelastung am Pgl. Unterrohn			0.93	0.24	0.05	4.38	0.55	0.21
		Diffuser Eintrag Pgl. Merkers			2.92	0.25	0.10			
		Diffuser Eintrag vor Dorndorf			0.53	0.06	0.06			
		<b>Pegel Vacha</b>	5.8	23.6						
		Diffuser Eintrag am Pgl. Vacha			0.53	0.06	0.06	1.42	0.13	0.41
		Diffuser Eintrag Pgl. Heimbaldshausen			0.90	0.06	0.35			
DETH_41_68+129	Unt. Werra bis Heldrabach	Diffuser Eintrag am Kiesesee			8.06	0.58	0.32	8.06	0.58	0.32
		<b>Pegel Gerstungen</b>	7.73	30.8						
DEHE_41.2	Werra/Eschwege	<b>Pegel Witzenhausen</b>	14.1	49.4						
DEHE_41.1	Werra Niedersachsen	<b>Pegel Letzter Heller</b>	14.4	50.7						
DENI 08001	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Fulda	-	-	3.31	0.77	0.32	3.31	0.77	0.32
		<b>Pegel Hemeln</b>	37	116						
		Schwülme			0.13	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00
		Diemel			0.66	0.00	0.00			
		Nethe			0.16	0.00	0.00			
		Emmer			0.28	0.00	0.00			
DENI 10003	Weser	<b>Pegel Hess. Oldendorf</b>	58.7	165						
		Werre			2.87	0.34	0.17	2.87	0.34	0.17
DENW4_200_242	Weser NRW	<b>Pegel Porta</b>	67.7	189						
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller	Große Aue			0.72	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00
		<b>Pegel Drakenburg</b>	70.4	205						
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen	Aller			12.07	1.96	1.71	12.07	1.96	1.71
		<b>Pegel Hemelingen</b>	119	330						

### 3.2 Bewertung der Gewässerkonzentrationen

Beispielhaft ist in Abbildung 2 die Abflussganglinie am Pegel Drakenburg von 1971 bis 2007 dargestellt sowie die Abflusskenngrößen MNQ (70,4 m³/s) und MQ (205 m³/s). Im dargestellten Zeitraum (10.957 Tage) tritt der MNQ an ca. 40 Tagen auf, der MQ an ca. 31 Tagen. Die Auswertungen, die sich auf die Gewässerabflüsse MNQ und MQ beziehen, treten demnach an ca. 1-2 Tagen pro Jahr auf.



**Abbildung 2: Abflussganglinie am Pegel Drakenburg von 1978 bis 2007**

Auswertungen auf Grundlage der Langzeitsimulation berücksichtigen alle in diesem Zeitraum auftretenden Gewässerabflüsse (Tageswerte) und ermöglichen somit die Ermittlung der Gewässerkonzentration an jedem Tag im betrachteten Zeitraum. Mit diesen Werten ist es möglich, die in der Wasserwirtschaft üblichen statistischen Kenngrößen wie z.B. Perzentile zu berechnen. Der bei der stofflichen Bewertung häufig benutzte 90-Perzentilwert bedeutet, dass 90% der ermittelten Stoffkonzentrationen unterhalb dieser Schwelle liegen und 10% darüber. Im Gegensatz zu den Auswertungen bei festen Abflussbedingungen (MNQ und MQ) fließen bei der Ermittlung des 90-Perzentilwertes aus der Langzeitsimulation alle im Betrachtungszeitraum aufgetretenen Abflussbedingungen ein. Weiterhin ist bei Betrachtung fester Abflussbedingungen eine Bewirtschaftung von Speicherbecken unmöglich. Eine Speicherbewirtschaftung ist erst Mithilfe der Langzeitsimulation möglich.

## 4 HANDLUNGSBEDARF

### 4.1 Abschätzung des Handlungsbedarfs für eine 30-jährige Langzeitsimulation

Hier erfolgt die Abschätzung des Handlungsbedarfs zur Reduzierung der Salzbelastung in jedem betroffenen Wasserkörper (Anhang 1) auf Basis der Zielkonzentrationen (90-Percentil) nach Vorgabe der FGG Weser für eine 30-jährige Langzeitsimulation des Abflusses.

- Berechnung der max. zulässigen Frachten der Salzabwassereinleitungen an den Einleitstellen Standort Hattorf und Wintershall zur Zielerreichung getrennt für jeden betroffenen Wasserkörper bzw. der zugehörigen Kontrollmessstelle jeweils für Chlorid, Kalium und Magnesium.
- Ermittlung der zugehörigen maximalen Konzentrationen für die Langzeitsimulation des Abflusses an den Einleitstellen Standort Hattorf und Wintershall zur Zielerreichung getrennt für jeden betroffenen Wasserkörper jeweils für Chlorid, Kalium und Magnesium.

Zur Bearbeitung dieser Aufgabenstellung wurde das unter Kapitel 2 beschriebene Modell verwendet. Da für das Modell eine definierte Abwasserzusammensetzung (Verhältnis zwischen Chlorid, Magnesium und Kalium) vorgegeben ist, ist es möglich, dass z.B. der Zielwert für Chlorid von 300 mg/l nicht voll ausgenutzt wird, da ein anderer Stoff z.B. Kalium limitierend für die Höhe der Einleitung ist. Es wurde versucht, durch einen iterativen Prozess die 90-Perzentile der Zielwerte mit vertretbarem Arbeitsaufwand bestmöglich auszunutzen. Sobald ein Korridor von  $\pm 10\%$  Abweichung vom Zielwert errechnet wurde, galt die Simulationsrechnung als ausreichend für die Zielerreichung. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Tabelle 4. Zur leichteren Verständlichkeit wird nachfolgend beispielhaft auf einzelne Berechnungsergebnisse eingegangen.

Wenn am Pegel Hess. Oldendorf die Zielwerte von 300 mg/l Chlorid, 30 mg/l Magnesium und 20 mg/l Kalium erreicht bzw. unterschritten werden sollen, dürfen maximal 5,0 kg/s Chlorid, 1,1 kg/s Magnesium und 0,7 kg/s Kalium in die Werra eingeleitet werden. Die diffusen Einträge wurden bei dieser Betrachtung zu 100% angesetzt. In diesem Fall würde sich am Pegel Hess. Oldendorf eine Konzentration von 283 mg/l Chlorid, 32 mg/l Magnesium und 16 mg/l Kalium ergeben. Hierbei ist Magnesium die limitierende Stoffkenngroße, die den Zielwert erreicht. Aufgrund der vorgegebenen Abwasserzusammensetzung werden die Zielwerte von Chlorid und Kalium nicht voll ausgenutzt.

Wenn am Pegel Hemeln die Zielwerte erreicht bzw. unterschritten werden sollen, darf keine Einleitung in die Werra erfolgen, es müssen sogar die vorhandenen diffusen Einträge um 80% verringert werden.

**Tabelle 4: Stoffkonzentrationen bei Zielerreichung an den aufgeführten Pegeln und maximale Einleitung bei 30-jähriger Langzeitsimulation (blau=Zielerreichung, rot=Zielverfehlung)**

		Mittlere Einleitung pro Jahr [kg/s]	Diffuser Eintrag	DEHE_41.4	DETH_41_68+129	DEHE_41.2	DEHE_41.1	DENI 08001	DENI 10003	DENW4_200_242	DENI 12001	DENI_12046
				Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemel­mündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen
				Pgl. Vacha	Pgl. Gerstungen	Pgl. Witzenhausen	Pgl. Letzter Heller	Pgl. Hemeln	Pgl. Hess. Oldendorf	Pgl. Porta	Pgl. Drakenburg	Pgl. Hemelingen
Pegel Gerstungen	Cl [mg/l]	0	diffus 25%	146	329	175	170	130	116	130	131	129
	M [mg/l]	0	diffus 30%	20	33	18	18	22	17	17	16	24
	K [mg/l]	0	diffus 40%	10	22	12	11	11	8	8	8	17
Pegel Witzenhausen	Cl [mg/l]	0	diffus 40%	234	525	280	272	169	147	153	153	143
	M [mg/l]	0	diffus 55%	37	56	31	30	27	21	20	19	26
	K [mg/l]	0	diffus 70%	18	38	21	20	14	11	10	10	18
Letzter Heller	Cl [mg/l]	0	diffus 40%	234	525	280	272	169	147	153	153	143
	M [mg/l]	0	diffus 55%	37	56	31	30	27	21	20	19	26
	K [mg/l]	0	diffus 70%	18	38	21	20	14	11	10	10	18
Pegel Hemeln	Cl [mg/l]	0	diffus 80%	468	1049	559	542	274	231	216	212	180
	M [mg/l]	0	diffus 80%	53	80	44	43	32	25	23	21	27
	K [mg/l]	0	diffus 80%	20	43	23	23	15	12	11	10	19
Pegel Hess. Oldendorf	Cl [mg/l]	5	diffus 100%	589	1355	729	710	340	283	256	249	203
	M [mg/l]	1.1	diffus 100%	67	101	61	59	40	32	28	26	30
	K [mg/l]	0.7	diffus 100%	26	59	36	35	20	16	14	13	20
Pegel Porta	Cl [mg/l]	9	diffus 100%	589	1501	807	785	369	307	275	267	214
	M [mg/l]	2	diffus 100%	67	127	82	80	48	39	33	30	32
	K [mg/l]	1.4	diffus 100%	26	81	52	51	27	22	18	17	22
Pegel Drakenburg	Cl [mg/l]	10	diffus 100%	589	1541	823	800	376	313	280	270	216
	M [mg/l]	2.2	diffus 100%	67	136	88	86	51	41	34	32	33
	K [mg/l]	1.5	diffus 100%	26	88	56	55	29	23	19	18	22
Pegel Hemelingen	Cl [mg/l]	9	diffus 100%	589	1501	807	785	369	307	275	267	214
	M [mg/l]	2	diffus 100%	67	127	82	80	48	39	33	30	32
	K [mg/l]	1.4	diffus 100%	26	81	52	51	27	22	18	17	22

## 4.2 Abschätzung des Handlungsbedarfs für die langfristigen Abflusssituationen MQ und MNQ

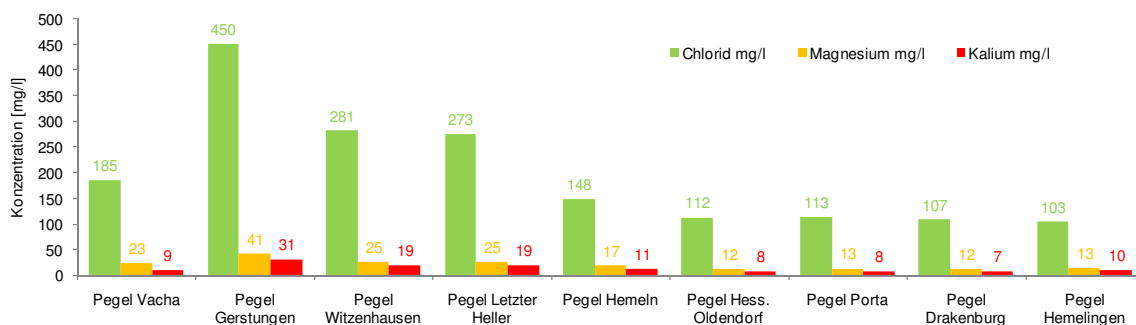
Hier erfolgt die Abschätzung des Handlungsbedarfs zur Reduzierung der Salzbelastung in jedem betroffenen Wasserkörper (Anhang 1) auf Basis der Zielkonzentrationen (Tabelle 1) für die langfristigen Abflusssituationen MQ und MNQ nach Vorgabe der FGG Weser (Anhang 1).

- Berechnung der max. zulässigen Frachten der Salzabwassereinleitungen an den Einleitstellen Standort Hattorf und Wintershall zur Zielerreichung in jedem betroffenen Wasserkörper bzw. der zugehörigen Kontrollmessstelle jeweils für Chlorid, Kalium und Magnesium.
- Ermittlung der zugehörigen maximalen Konzentrationen für die Abflusssituationen MQ (langfristig) und MNQ (langfristig) an den Einleitstellen Standort Hattorf und Wintershall zur Zielerreichung in jedem betroffenen Wasserkörper jeweils für Chlorid, Kalium und Magnesium.

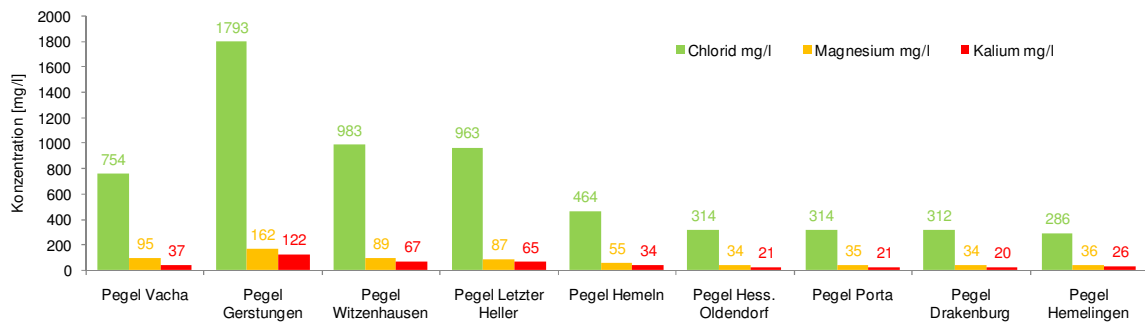
Bei der Berechnung der maximalen Einleitungsfrachten werden die Standorte Hattorf und Wintershall gemeinsam als eine Einleitung betrachtet, da eine Wirkung in den Unterlauf nur aus der Summe beider Einleitungen resultiert.

## 4.3 Berechnungsergebnisse bei MQ und MNQ

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Stoffkonzentrationen an den ausgewählten Pegeln bei mittlerer diffuser Belastung (ohne Einleitung von Produktions- und Haldenwässern) und einem Gewässerabfluss MQ und MNQ



**Abbildung 3: Stoffkonzentrationen an den ausgewählten Pegeln bei mittlerer diffuser Belastung und einem Gewässerabfluss MQ**



**Abbildung 4: Stoffkonzentrationen an den ausgewählten Pegeln bei mittlerer diffuser Belastung und einem Gewässerabfluss MNQ**

In Tabelle 5 und Tabelle 6 sind die Berechnungsergebnisse zusammengefasst. Zur leichteren Verständlichkeit wird nachfolgend beispielhaft auf einzelne Berechnungsergebnisse eingegangen.

Wenn am Pegel Hess. Oldendorf der Zielwert von 300 mg/l Chlorid erreicht bzw. unterschritten werden soll, dürfen maximal 31,10 kg/s Chlorid in die Werra eingeleitet werden. In diesem Fall würde sich am Pegel Gerstungen eine Chloridkonzentration von 1.460 mg/l und am Pegel Hemelingen eine Chloridkonzentration von 197 mg/l ergeben.

Wenn am Pegel Gerstungen der Zielwert von 300 mg/l Chlorid erreicht bzw. unterschritten werden soll, darf keine Einleitung in die Werra erfolgen, es müssen sogar die vorhandenen diffusen Einträge um 4,62 kg/s Chlorid verringert werden.

**Tabelle 5: Stoffkonzentrationen bei Zielerreichung an den aufgeführten Pegeln und maximale Einleitung bei MQ**

Wasserkörper bzw. Zielerreichung am Pegel	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/ Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen	Max. Cl-Einleitung
	Chlorid [mg/l]									[kg/s]
Pegel Gerstungen	185	300	187	182	108	84	88	85	89	-4.62
Pegel Witzenhausen	185	481	300	292	156	117	118	112	106	0.96
Pegel Letzter Heller	185	494	308	300	160	120	120	114	107	1.35
Pegel Hemeln	185	1022	637	621	300	218	206	193	157	17.63
Pegel Hess. Oldendorf	185	1460	910	887	416	300	277	259	197	31.10
Pegel Porta	185	1600	998	972	453	326	300	280	211	35.43
Pegel Drakenburg	185	1733	1080	1053	489	351	322	300	223	39.50
Pegel Hemelingen	185	2558	1595	1554	708	505	456	424	300	64.93

Wasserkörper bzw. Zielerreichung am Pegel	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/ Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen	Max. Mg-Einleitung
	Magnesium [mg/l]									[kg/s]
Pegel Gerstungen	23	30	19	18	15	10	11	10	12	-0.33
Pegel Witzenhausen	23	48	30	29	19	14	14	13	14	0.23
Pegel Letzter Heller	23	49	31	30	20	14	14	13	14	0.27
Pegel Hemeln	23	88	55	53	30	21	20	19	18	1.46
Pegel Hess. Oldendorf	23	136	85	82	43	30	28	26	22	2.93
Pegel Porta	23	148	92	90	46	32	30	28	23	3.31
Pegel Drakenburg	23	164	102	99	50	35	33	30	25	3.79
Pegel Hemelingen	23	222	138	135	66	46	42	39	30	5.58

Wasserkörper bzw. Zielerreichung am Pegel	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/ Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen	Max. K-Einleitfracht
	Kalium [mg/l]									[kg/s]
Pegel Gerstungen	9	20	12	12	8	6	6	5	9	-0.32
Pegel Witzenhausen	9	32	20	19	11	8	8	7	10	0.05
Pegel Letzter Heller	9	33	21	20	12	8	8	7	10	0.07
Pegel Hemeln	9	65	40	39	20	14	13	12	13	1.06
Pegel Hess. Oldendorf	9	97	60	59	28	20	18	17	16	2.04
Pegel Porta	9	107	67	65	31	22	20	18	17	2.35
Pegel Drakenburg	9	117	73	71	34	24	22	20	18	2.67
Pegel Hemelingen	9	143	89	87	41	29	26	24	20	3.46

Tabelle 6: Stoffkonzentrationen bei Zielerreichung an den aufgeführten Pegeln und maximale Einleitung bei MNQ

Wasserkörper bzw. Zielerreichung am Pegel	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/ Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen	Max. Cl-Einleitung
	Chlorid [mg/l]									[kg/s]
Pegel Gerstungen	754	300	164	161	152	117	144	149	189	-11.54
Pegel Witzenhausen	754	547	300	294	204	149	172	176	205	-9.63
Pegel Letzter Heller	754	559	306	300	206	151	173	177	206	-9.54
Pegel Hemeln	754	1007	552	541	300	210	225	226	235	-6.07
Pegel Hess. Oldendorf	754	1690	927	907	443	300	303	301	280	-0.79
Pegel Porta	754	1668	915	896	438	297	300	299	278	-0.96
Pegel Drakenburg	754	1679	921	902	440	299	301	300	279	-0.88
Pegel Hemelingen	754	2004	1099	1076	508	341	338	336	300	1.63
Wasserkörper bzw. Zielerreichung am Pegel	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/ Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen	Max. Mg-Einleitung
	Magnesium [mg/l]									[kg/s]
Pegel Gerstungen	95	30	16	16	27	17	20	19	28	-1.02
Pegel Witzenhausen	95	55	30	29	32	20	23	22	29	-0.83
Pegel Letzter Heller	95	56	31	30	32	20	23	22	29	-0.82
Pegel Hemeln	95	44	24	24	30	19	21	21	29	-0.92
Pegel Hess. Oldendorf	95	128	70	69	48	30	31	30	34	-0.26
Pegel Porta	95	119	65	64	46	29	30	29	34	-0.33
Pegel Drakenburg	95	130	71	70	48	30	31	30	34	-0.25
Pegel Hemelingen	95	65	36	35	34	22	24	23	30	-0.75
Wasserkörper bzw. Zielerreichung am Pegel	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/ Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen	Max. K-Einleitung
	Kalium [mg/l]									[kg/s]
Pegel Gerstungen	37	20	11	11	13	8	10	9	20	-0.79
Pegel Witzenhausen	37	36	20	20	16	10	11	11	21	-0.66
Pegel Letzter Heller	37	37	20	20	16	10	11	11	21	-0.65
Pegel Hemeln	37	54	30	29	20	13	13	13	22	-0.52
Pegel Hess. Oldendorf	37	110	61	59	32	20	20	19	26	-0.09
Pegel Porta	37	112	61	60	32	20	20	19	26	-0.08
Pegel Drakenburg	37	119	65	64	33	21	21	20	26	-0.02
Pegel Hemelingen	37	24	13	13	14	9	10	10	20	-0.76

#### **4.4 Prognose der Wirkung von Belastungsszenarien ("Nullvarianten")**

In diesem Arbeitsschritt werden zwei Lastfälle ("Nullvarianten") im Modell abgebildet und anschließend ausgewertet:

Lastfall 1: keine Einleitung aus Produktionsprozessen, keine Einleitung von Haldenabwässern, ausschließlich diffuse Einträge,

Lastfall 2: keine Einleitung aus Produktionsprozessen, aber Einleitung von Haldenabwässern und diffuse Einträge.

Bei ausschließlich diffusen Einträgen in Werra und Weser (Lastfall 1) werden die Zielwerte für Chlorid und Kalium am Pegel Hemeln erreicht, der Zielwert für Magnesium wird erst am Pegel Hess. Oldendorf erreicht (Tabelle 7).

Bei der Betrachtung mit diffusen Einträgen und den Einträgen aus der Haldenentwässerung (Lastfall 2) werden die Zielwerte für Chlorid, Magnesium und Kalium am Pegel Hess. Oldendorf erreicht (Tabelle 8).

**Tabelle 7: Lastfall 1; 90-Percentilwerte an den ausgewählten Pegeln bei diffusen Einträgen (blau=Zielerreichung, rot=Zielverfehlung)**

	DEHE_41.4	DETH_41_68+129	DEHE_41.2	DEHE_41.1	DENI 08001	DENI 10003	DENW4_200_242	DENI 12001	DENI_12046
	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen
	Pegel Vacha	Pegel Gerstungen	Pegel Witzenhausen	Pegel Letzter Heller	Pegel Hemeln	Pegel Hess. Oldendorf	Pegel Porta	Pegel Drakenburg	Pegel Hemelingen
Chlorid [mg/l]	585	1311	698	678	326	273	248	242	198
Magnesium [mg/l]	67	99	55	53	36	29	25	24	28
Kalium [mg/l]	26	54	29	28	17	14	12	12	20

**Tabelle 8: Lastfall 2; 90-Percentilwerte an den ausgewählten Pegeln bei diffusen Einträgen und Einleitung von Haldenabwässern (blau=Zielerreichung, rot=Zielverfehlung)**

	DEHE 41.4	DETH 41 68+129	DEHE 41.2	DEHE 41.1	DENI 08001	DENI 10003	DENW4 200 242	DENI 12001	DENI 12046
	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra/Eschwege	Werra Niedersachsen	Weser oh. und uh. Diemelmündung	Weser	Weser NRW	Mittelweser von NWR bis Aller	Mittelweser von Aller bis Bremen
	Pegel Vacha	Pegel Gerstungen	Pegel Witzenhausen	Pegel Letzter Heller	Pegel Hemeln	Pegel Hess. Oldendorf	Pegel Porta	Pegel Drakenburg	Pegel Hemelingen
Chlorid [mg/l]	585	1502	806	784	367	273	257	250	213
Magnesium [mg/l]	67	125	75	73	46	32	28	26	32
Kalium [mg/l]	26	77	43	42	23	16	14	13	21

## 5 MAßNAHMENOPTIONEN

### 5.1 Maßnahmenszenarien

In diesem Arbeitsschritt werden die folgenden Szenarien im Modell abgebildet und anschließend ausgewertet:

- **Lastfall1** (= M3 Nordseepipeline)

Ableitung der Salzfrachten aus Produktions- und Haldenabwässern über eine Pipeline.

M3_100	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 0%. Keine punktuellen Einleitungen in die Werra
M3_80	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 20%. Keine punktuellen Einleitungen in die Werra
M3_50	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 50%. Keine punktuellen Einleitungen in die Werra
M3_30	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 70%. Keine punktuellen Einleitungen in die Werra

- **Lastfall 2** (Produktionsende einschließlich Haldenabwasserbewirtschaftung und Haldenerweiterung)

Keine Einleitung von Produktionsabwässern. Abflussgesteuerte Einleitung gefasster Haldenabwässer in die Werra unter Berücksichtigung der Erhöhung der derzeitigen Haldenabwassermenge aufgrund einer möglichen Haldenerweiterung bis 2060.

PEH_100_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 0% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a
PEH_80_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 20% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a
PEH_50_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 50% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a
PEH_30_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 70% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a

PEH_100_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 0% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a
PEH_80_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 20% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a
PEH_50_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 50% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a
PEH_30_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 70% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a

- **Lastfall3** (= M4\_1 Oberweserpipeline einschließlich möglicher Haldenerweiterung und Stapelbecken an der Einleitstelle)

Ableitung der Produktionsabwässer und der gefassten Haldenabwässer unter Berücksichtigung einer möglichen Haldenerweiterung über die Pipeline und abflussgesteuerte Einleitung in die Oberweser (Stapelbecken entspricht 3 Mio. m<sup>3</sup>).

Stufenweise Reduzierung der Abwassermengen von 7 Mio. m<sup>3</sup>/a auf 6, 5 und 4 Mio. m<sup>3</sup>/a unter Berücksichtigung keiner Haldenerweiterung, sowie der minimalen und maximalen Haldenerweiterung. Das Szenario M1\_1\_x\_max mit 4 Mio. m<sup>3</sup>/a Abwassermenge und maximaler Haldenerweiterung enthält ausschließlich Haldenabwasser.

M4_1_100_ohne	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 0% ohne Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 2 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_80_ohne	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 20% ohne Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 2 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_50_ohne	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 50% ohne Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 2 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_30_ohne	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 70% ohne Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 2 Mio. m <sup>3</sup> /a

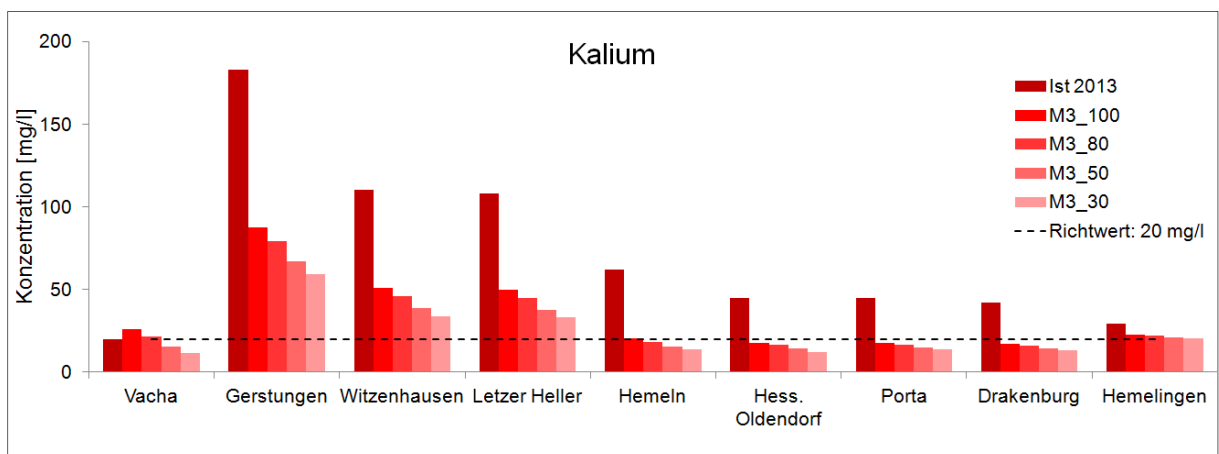
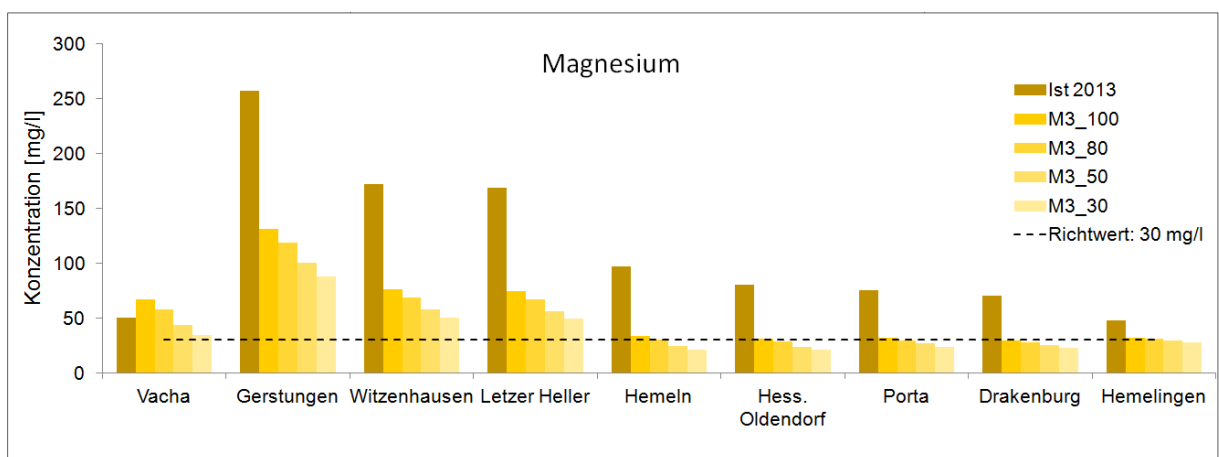
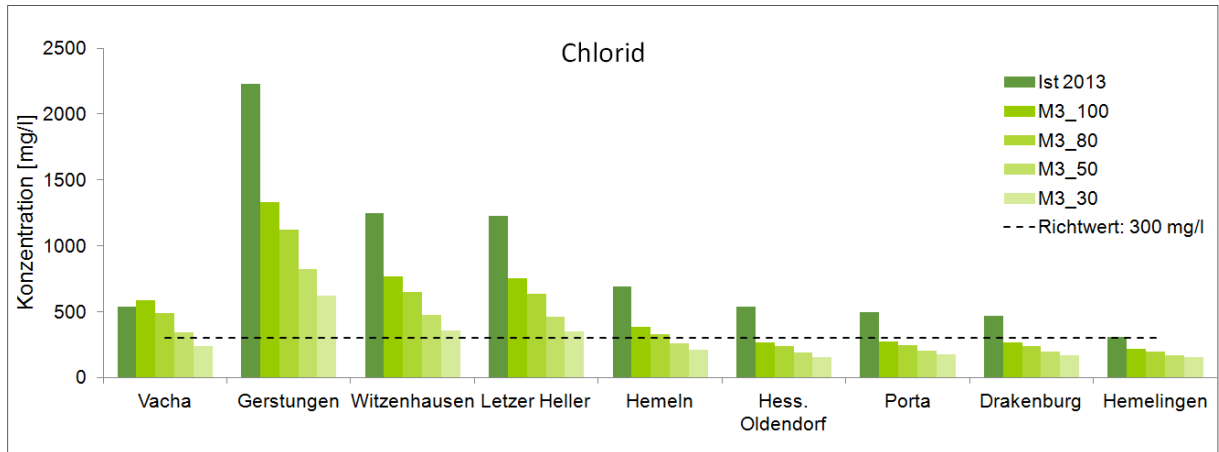
M4_1_100_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 0% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_80_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 20% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_50_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 50% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_30_min	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 70% bei minimaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 3 Mio. m <sup>3</sup> /a

M4_1_100_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 0% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_80_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 20% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_50_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 50% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a
M4_1_30_max	Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 70% bei maximaler Haldenerweiterung. Haldenabwasser: ca. 4 Mio. m <sup>3</sup> /a

## 5.2 Ergebnisse Maßnahmenzenarien

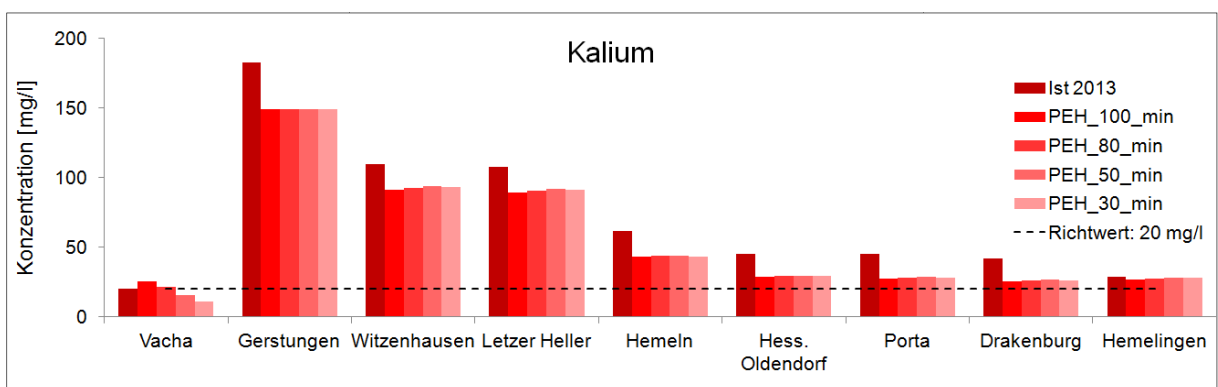
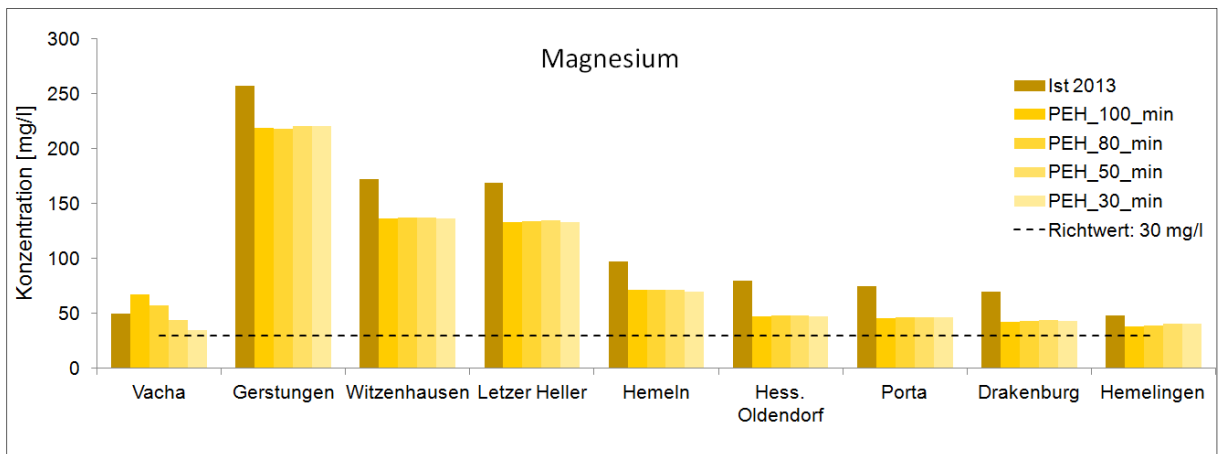
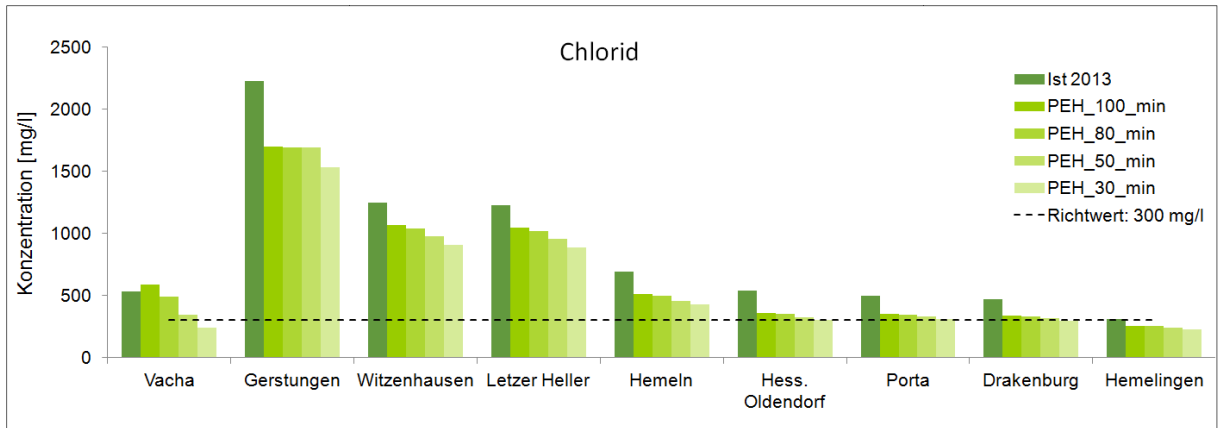
Die Ergebnisse der genannten Maßnahmenzenarien werden im Folgenden für die Salzionen Chlorid, Magnesium und Kalium dargestellt.

- **Lastfall1** (= M3 Nordseepipeline)



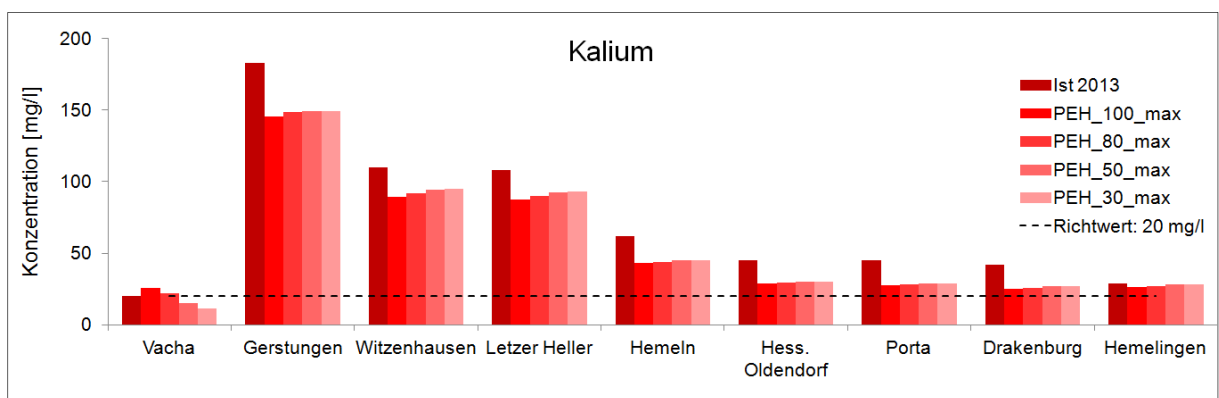
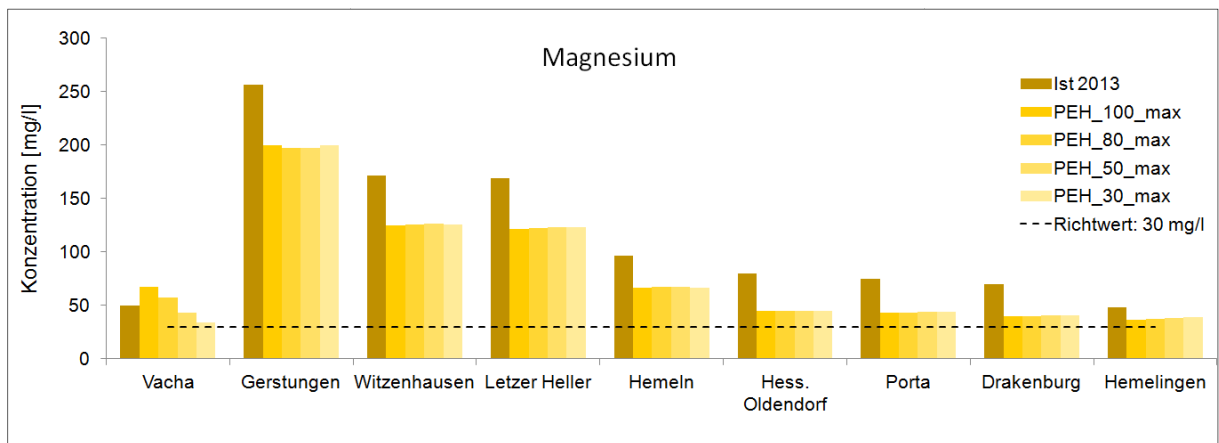
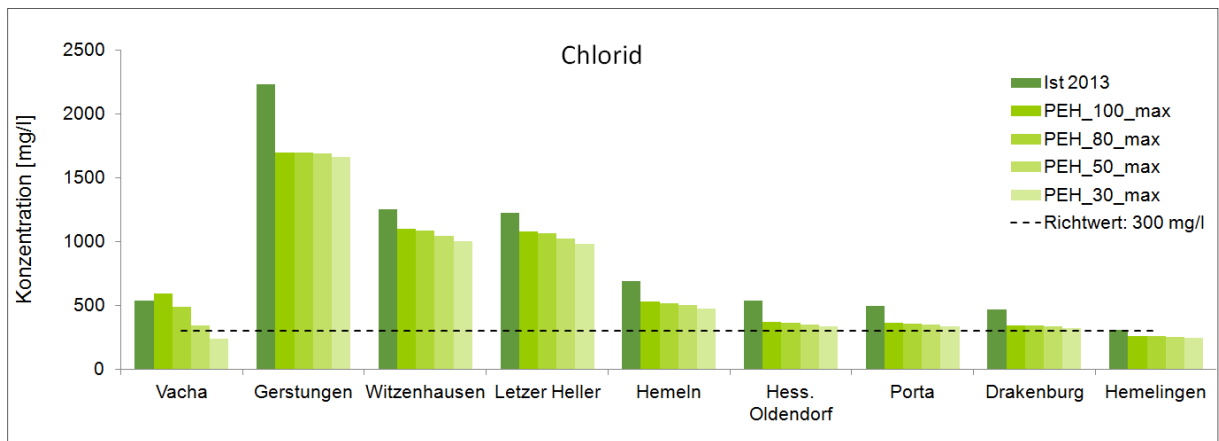
**Abbildung 5: Lastfall 1: Nordseepipeline. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

- **Lastfall 2** (Produktionsende einschließlich Haldenabwasserbewirtschaftung und mögliche Haldenerweiterung)
  - Minimale Haldenerweiterung



**Abbildung 6: Lastfall 2: Produktionsende einschließlich Haldenabwasserbewirtschaftung, mit minimaler Haldenerweiterung. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

- Maximale Haldenerweiterung

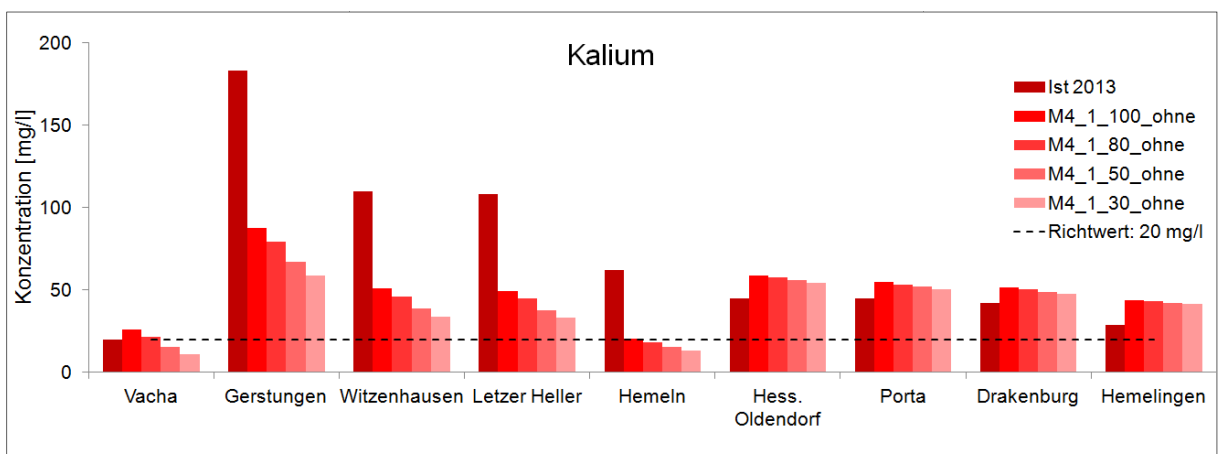
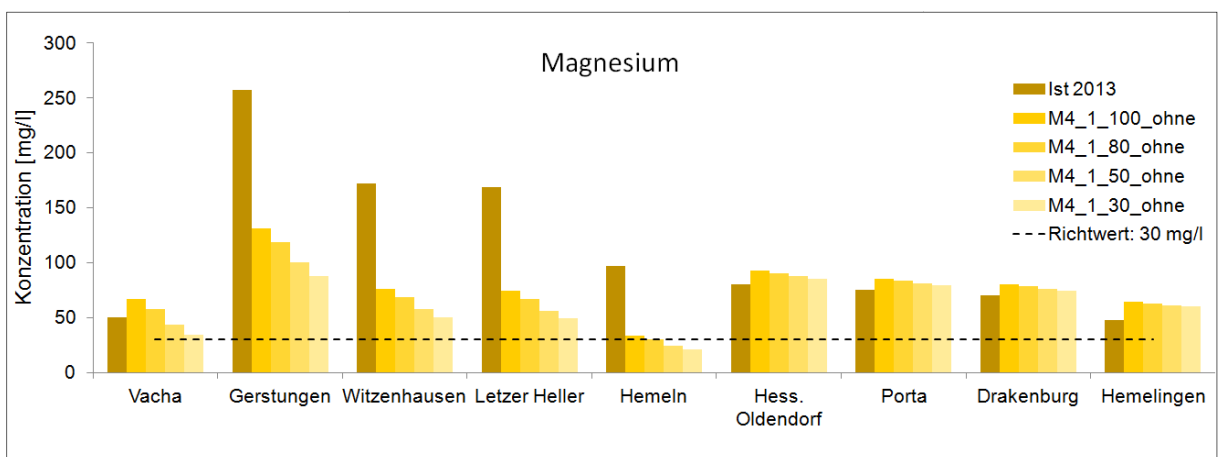
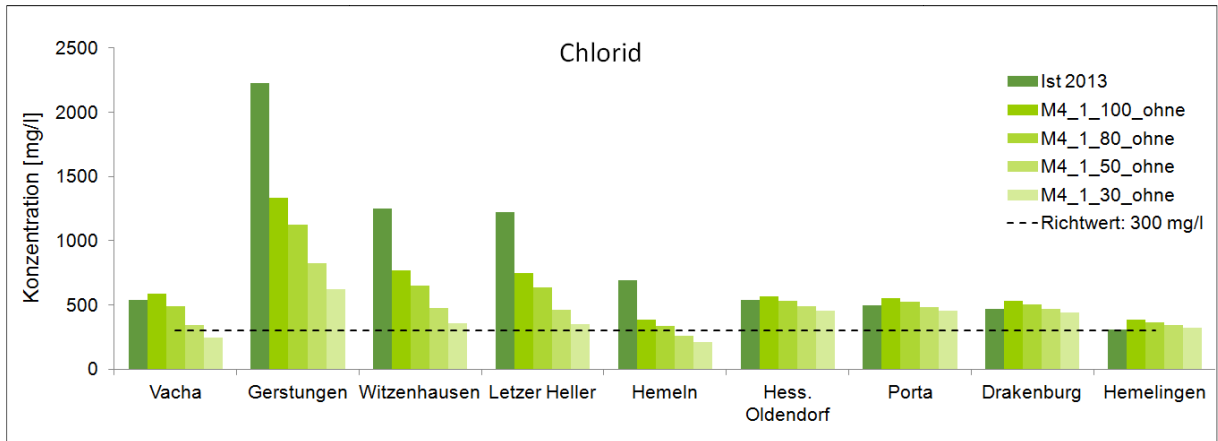


**Abbildung 7: Lastfall 2: Produktionsende einschließlich Haldenabwasserbewirtschaftung, mit maximaler Haldenerweiterung. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

- **Lastfall 3** (= M4\_1 Oberweserpipeline einschließlich möglicher Haldenerweiterung und 3 Mio. m<sup>3</sup> Stapelbecken an der Einleitstelle)

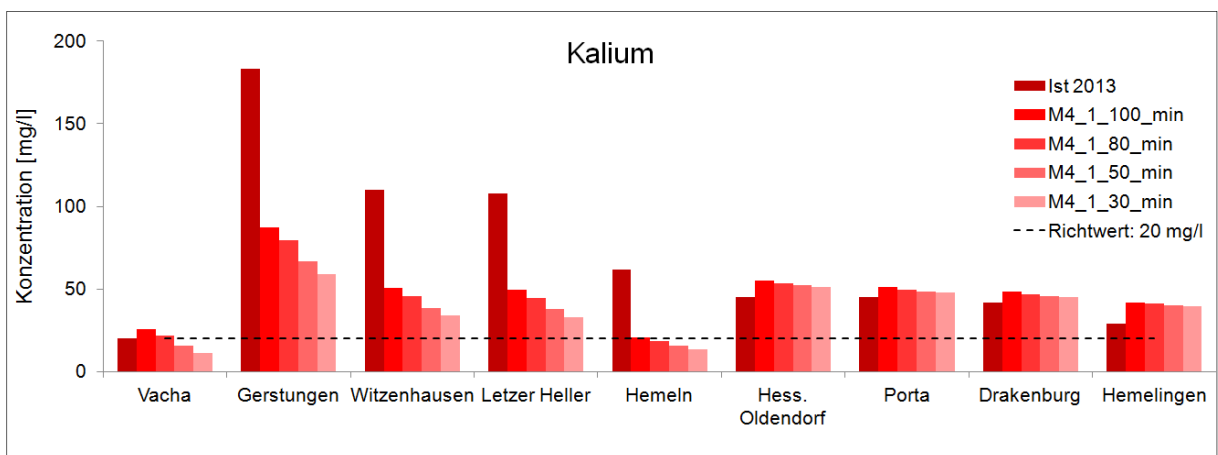
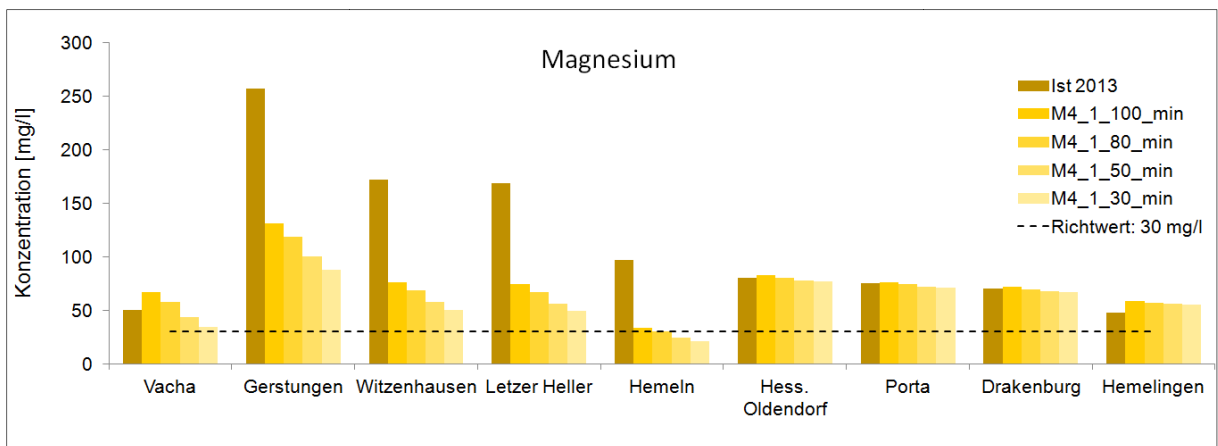
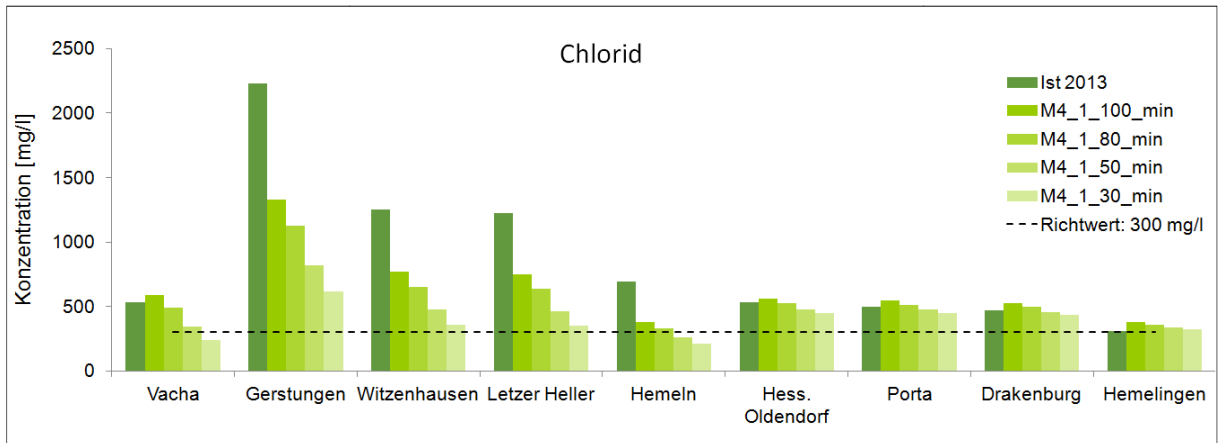
a) Abwassermenge 7 Mio. m<sup>3</sup>/a

- Keine Haldenerweiterung



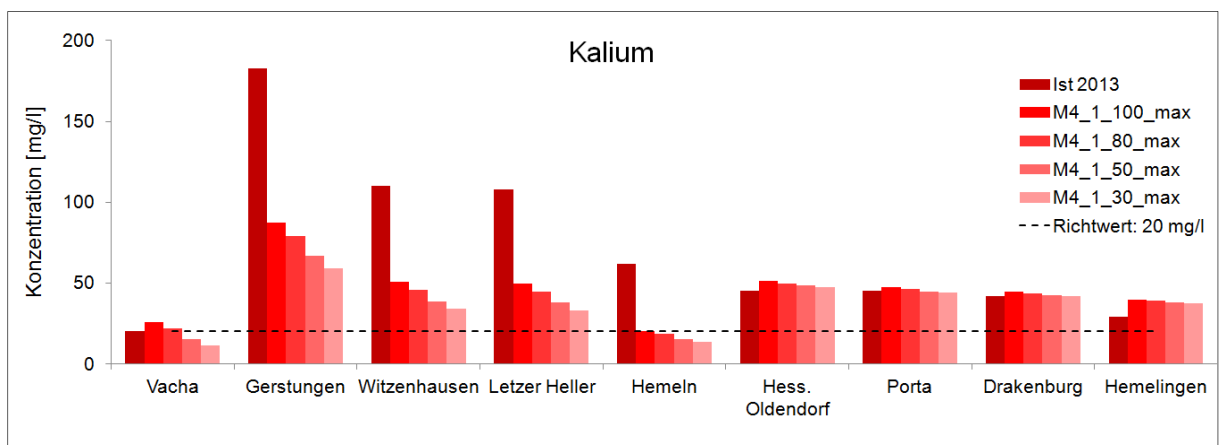
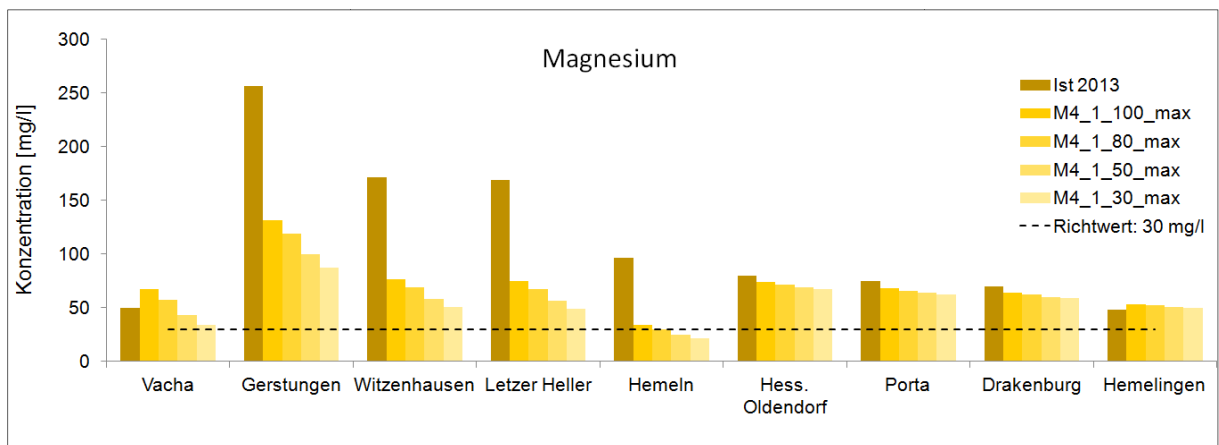
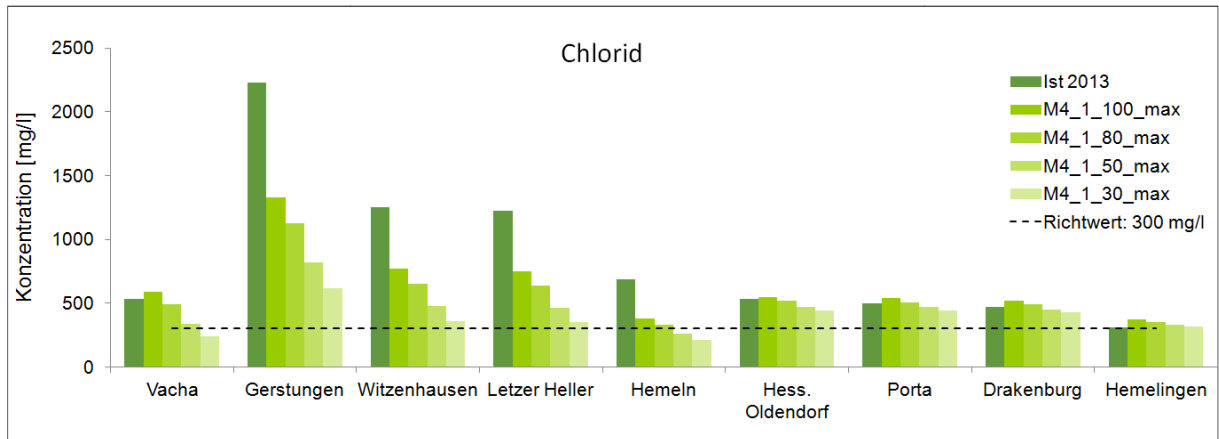
**Abbildung 8: Lastfall 3: Oberweserpipeline einschließlich ohne Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 7 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

a) Abwassermenge 7 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Minimale Haldenerweiterung



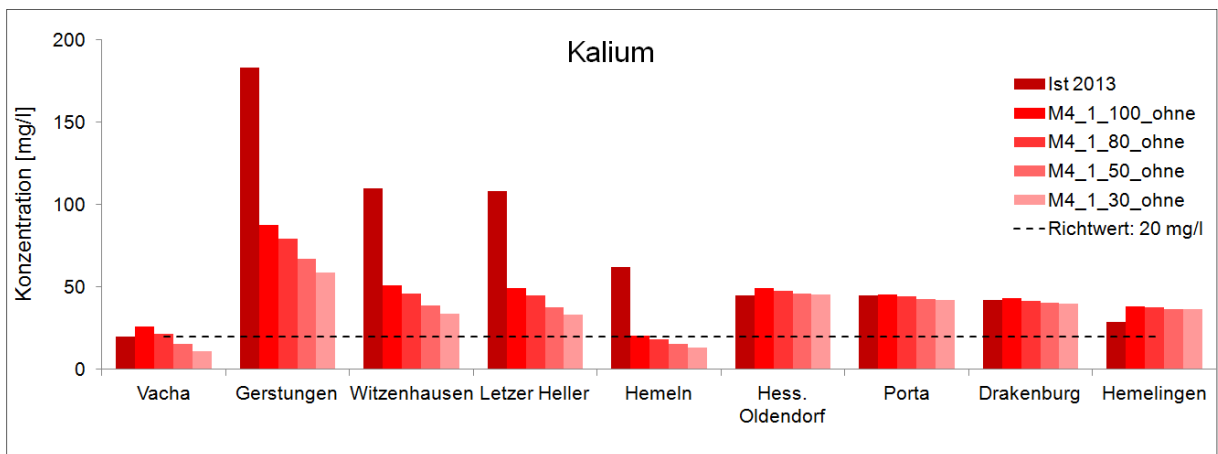
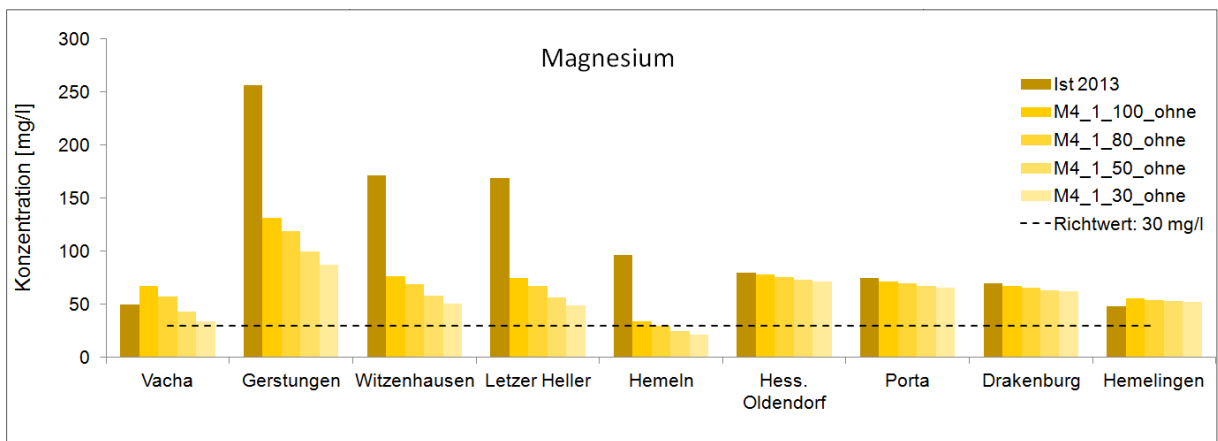
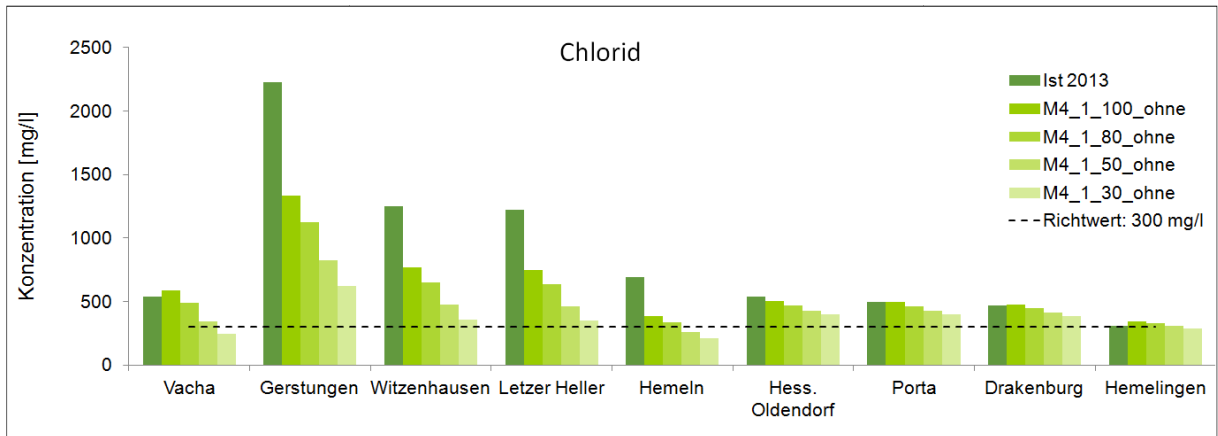
**Abbildung 9: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit minimaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 7 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

a) Abwassermenge 7 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Maximale Haldenerweiterung



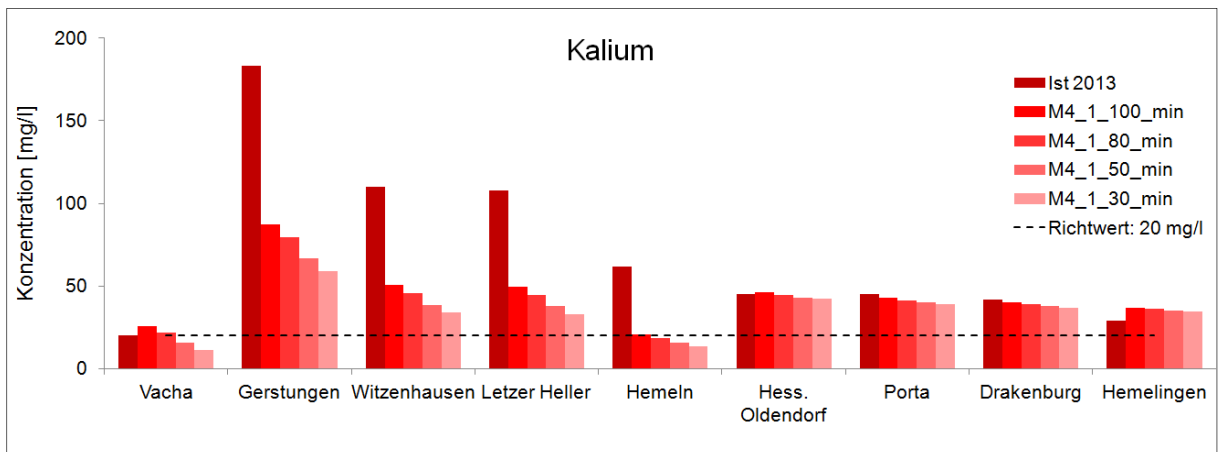
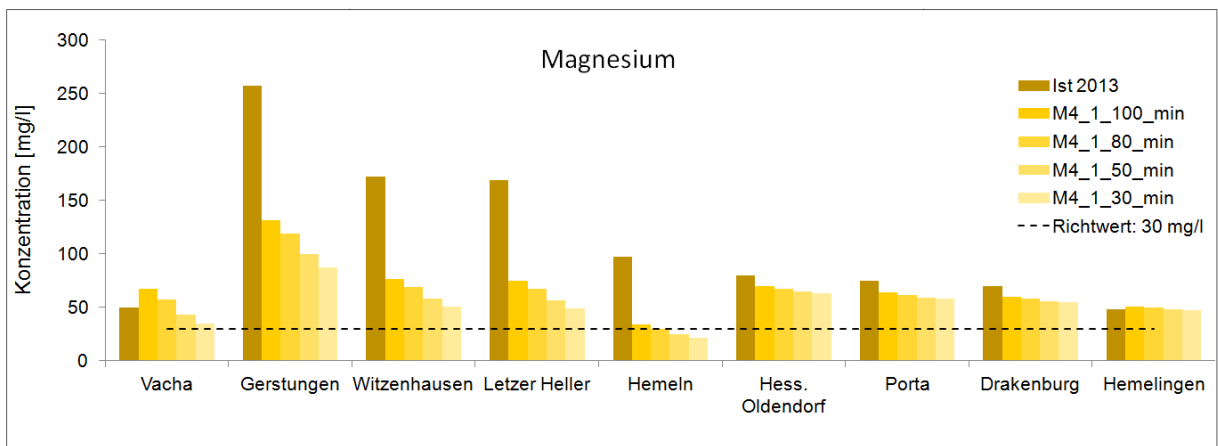
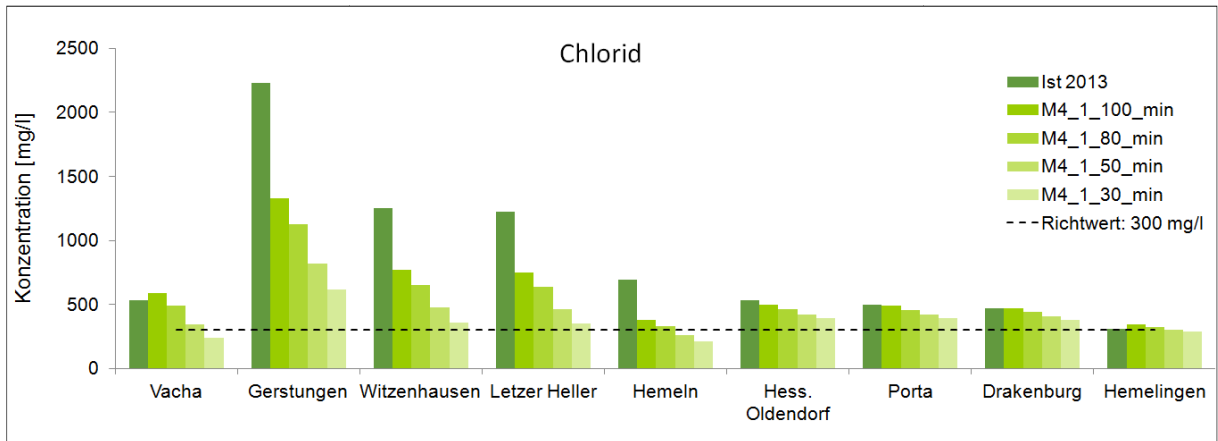
**Abbildung 10: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 7 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

b) Abwassermenge 6 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Keine Haldenerweiterung



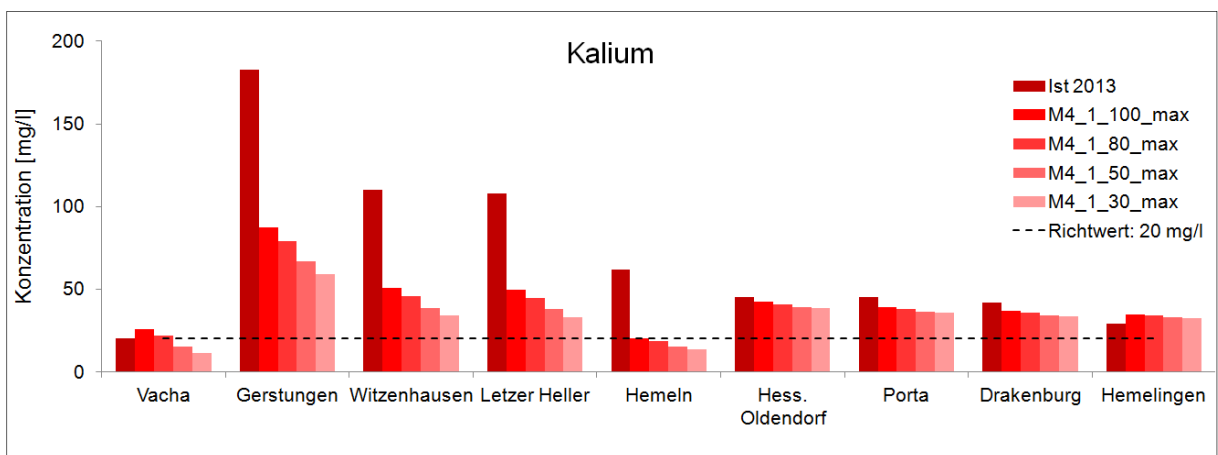
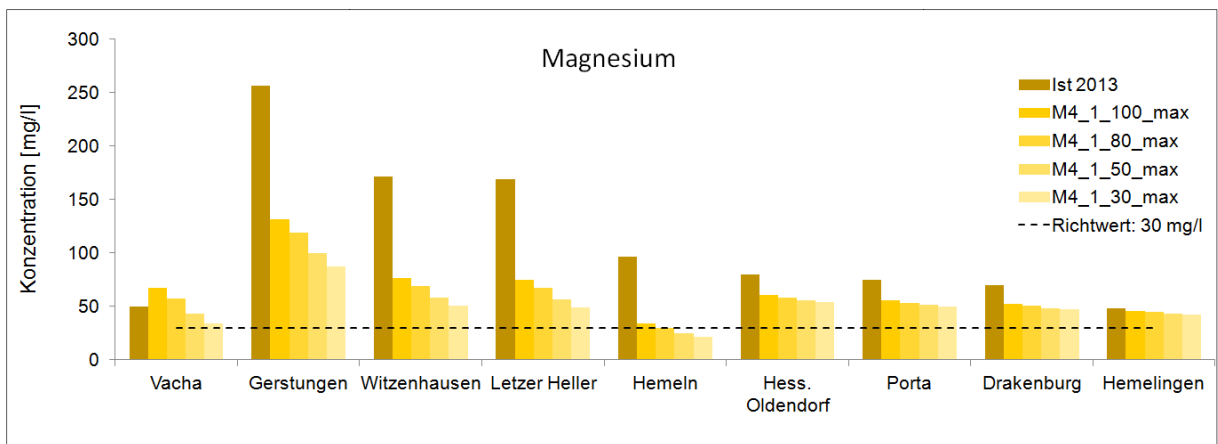
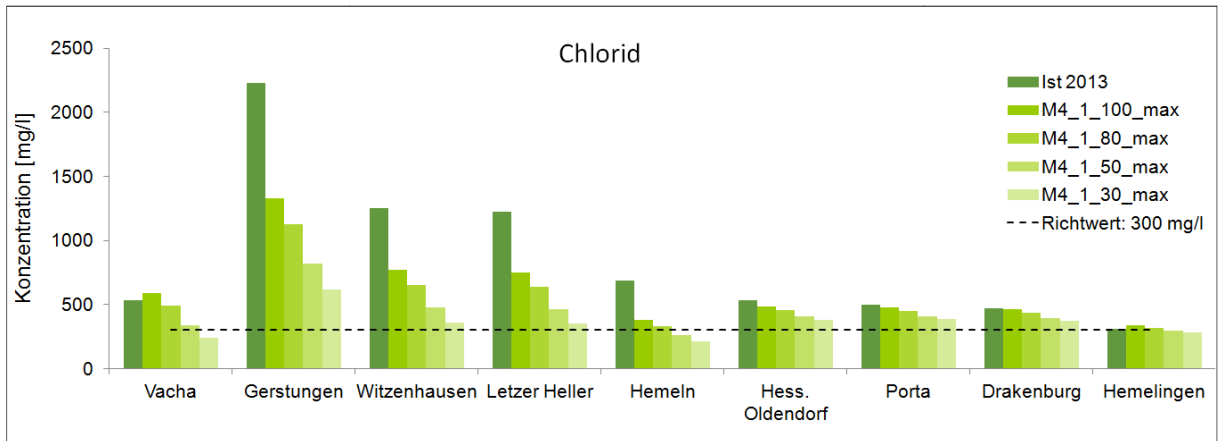
**Abbildung 11: Lastfall 3: Oberweserpipeline ohne Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 6 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

b) Abwassermenge 6 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Minimale Haldenerweiterung



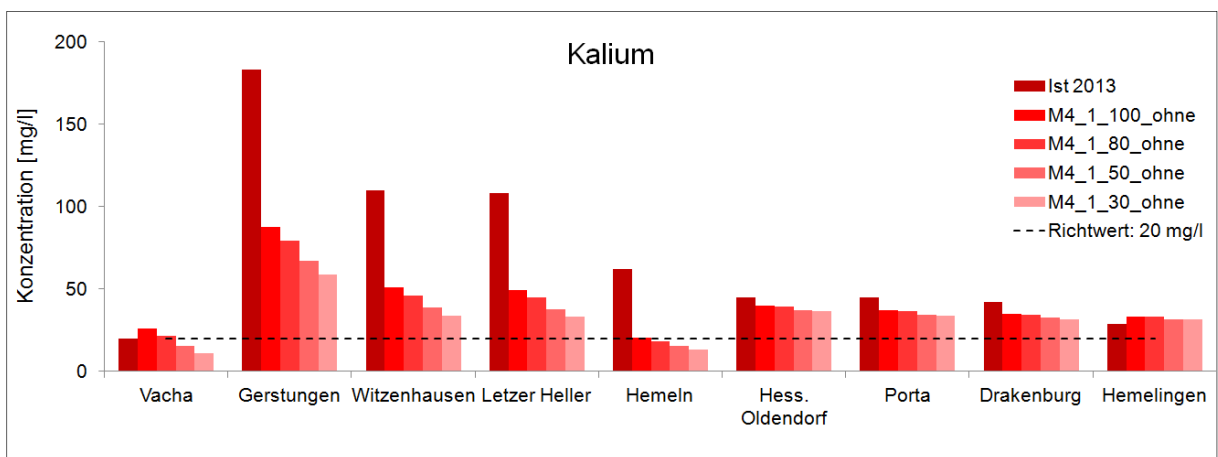
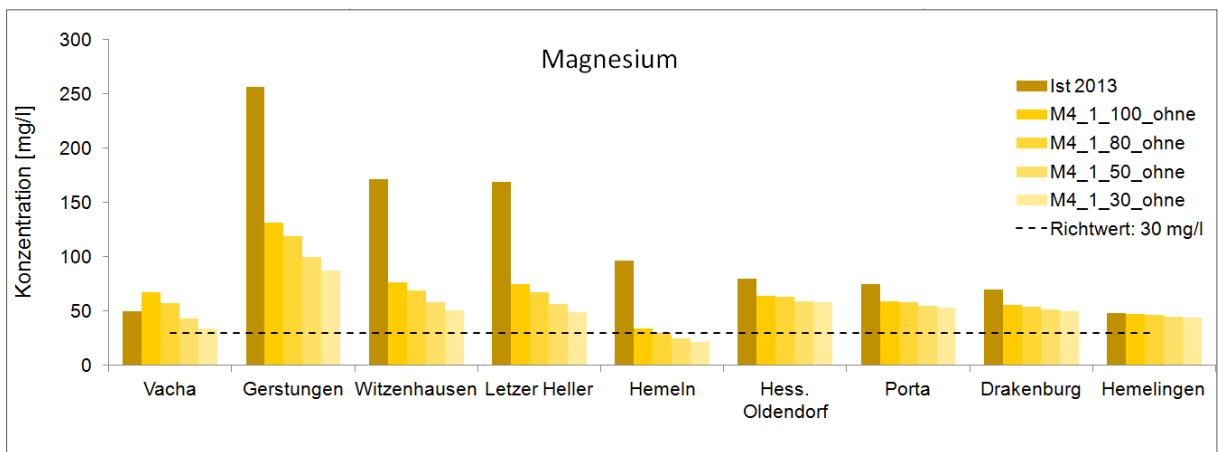
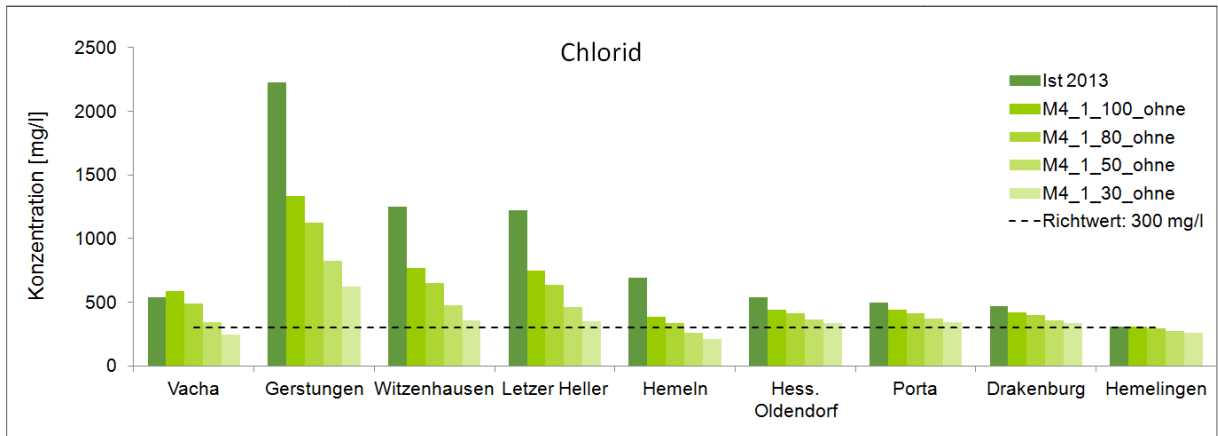
**Abbildung 12: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit minimaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 6 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

b) Abwassermenge 6 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Maximale Haldenerweiterung



**Abbildung 13: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 6 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

c) Abwassermenge 5 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Keine Haldenerweiterung



**Abbildung 14: Lastfall 3: Oberweserpipeline ohne Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 5 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

c) Abwassermenge 5 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Minimale Haldenerweiterung

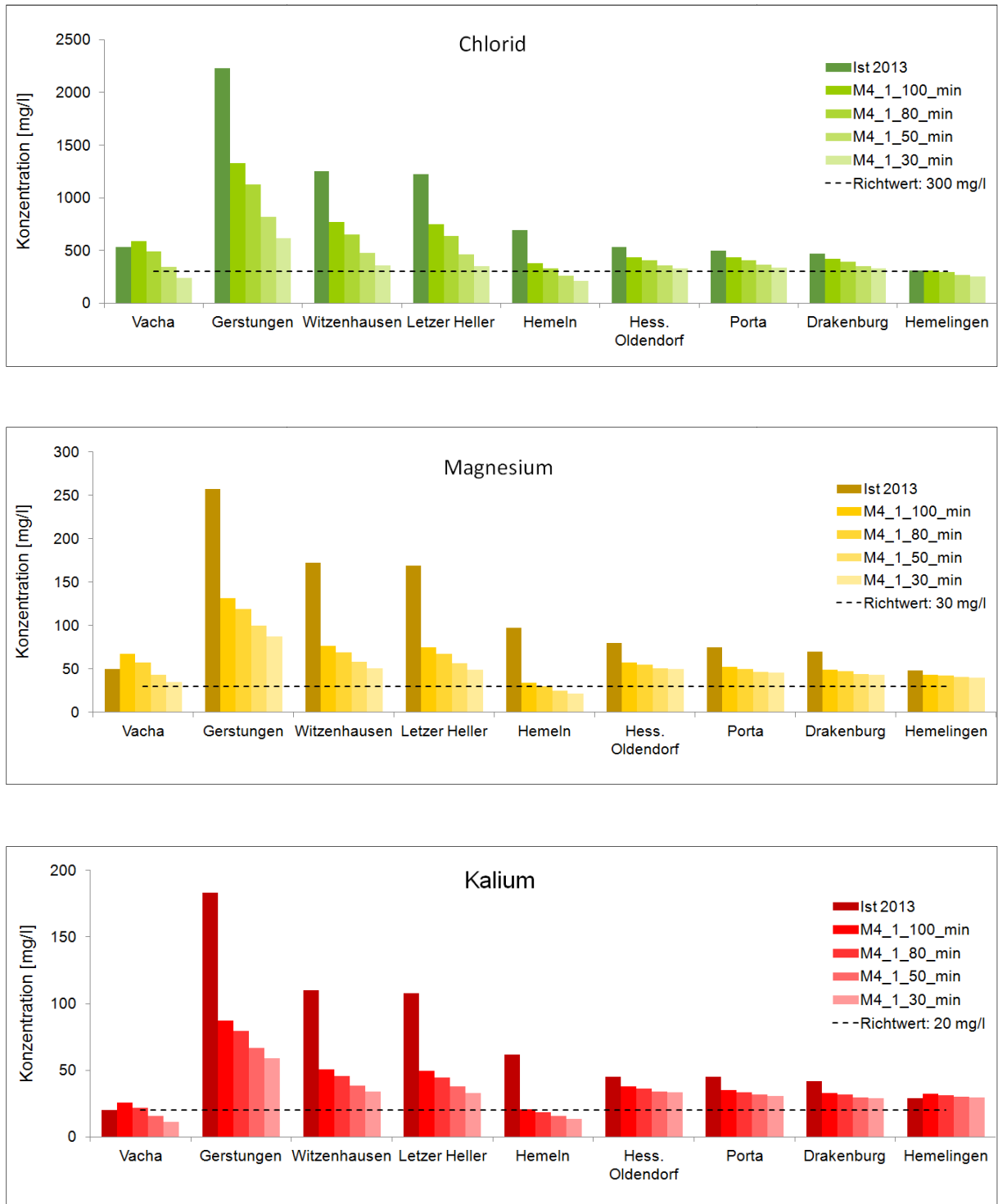
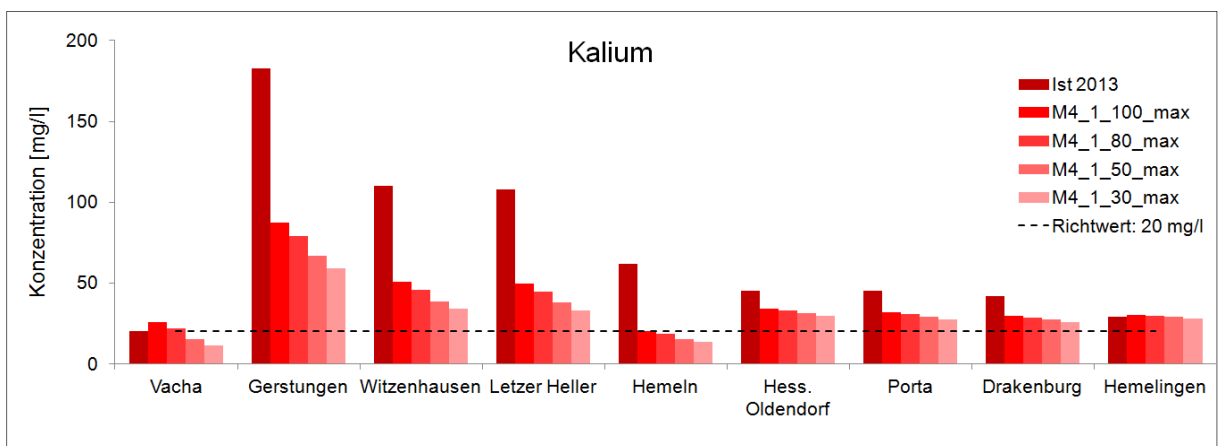
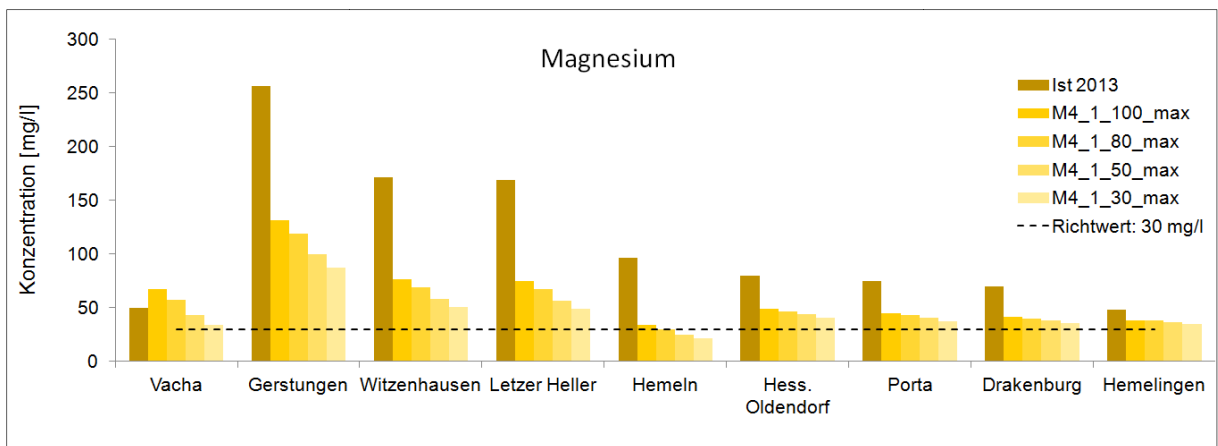
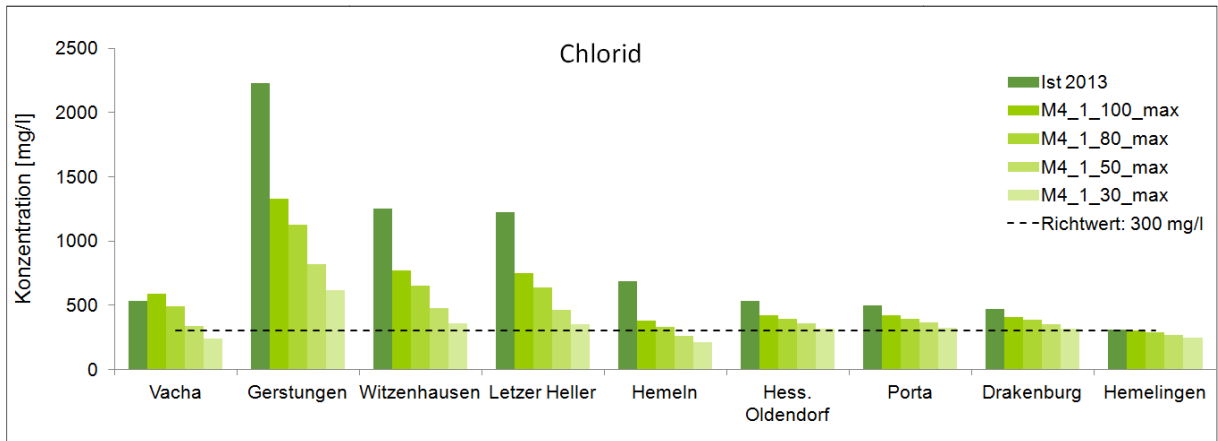


Abbildung 15: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit minimaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 5 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.

c) Abwassermenge 5 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Maximale Haldenerweiterung



**Abbildung 16: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 5 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.**

d) Abwassermenge 4 Mio. m<sup>3</sup>/a  
- Maximale Haldenerweiterung

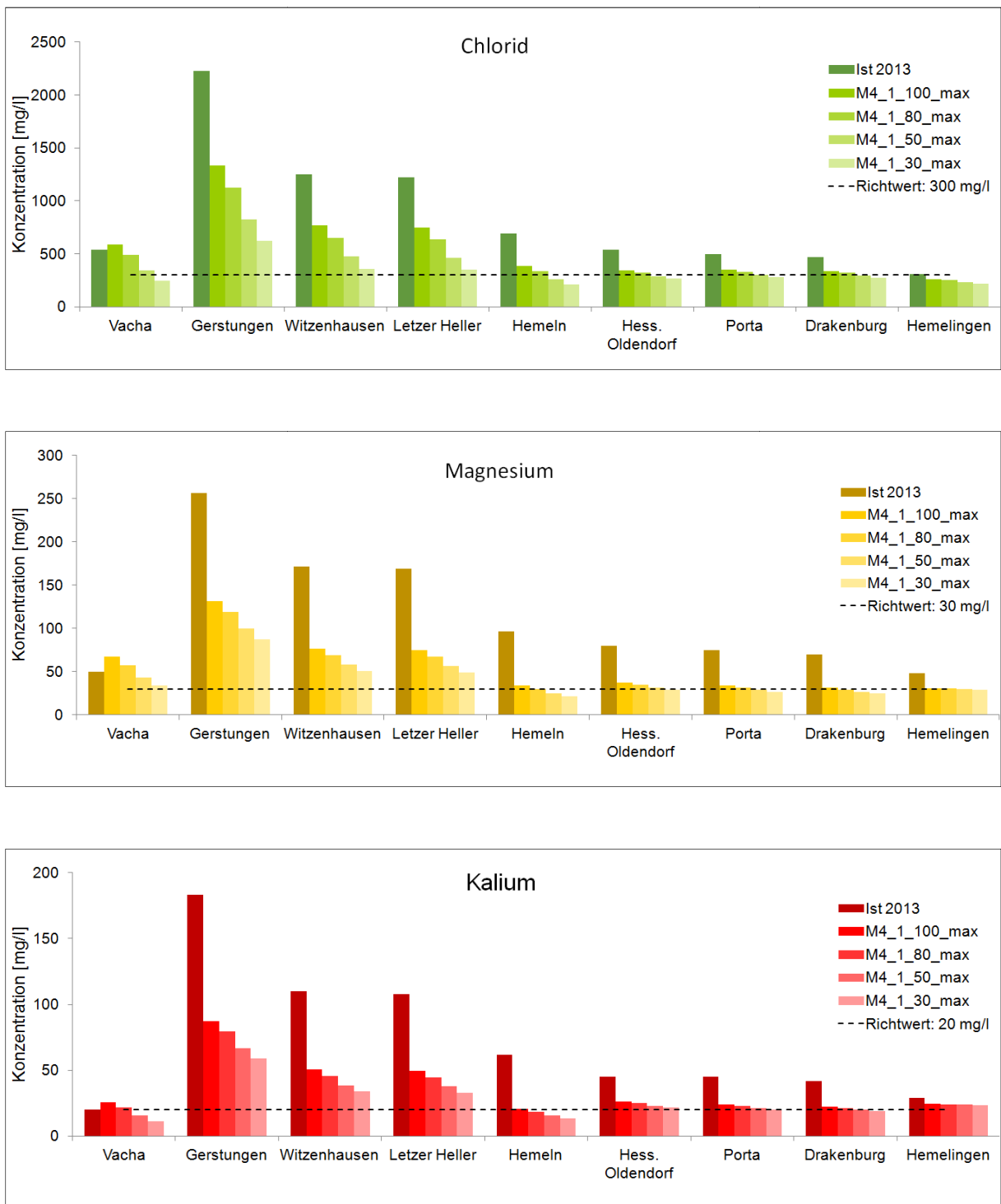


Abbildung 17: Lastfall 3: Oberweserpipeline mit maximaler Haldenerweiterung, mit einer Abwassermenge von 4 Mio. m<sup>3</sup>/a. Chlorid-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Flussverlauf von Pegel Vacha bis Pegel Hemelingen unter Reduktion der diffusen Quellen auf 30%, 50%, 80% und 100%.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Um einen ersten Überblick über die Konzentrationsverhältnisse in Werra und Weser bei gleichen Zielvorgaben in unterschiedlichen Wasserkörpern zu erhalten, ist eine Betrachtung bei den Abflussverhältnissen MQ und MNQ zunächst hilfreich. Für eine weitergehende Identifizierung von potentiellen Maßnahmen ist aber eine Langzeitsimulation zwingend erforderlich, um

- die Auswirkungen einer vorgegebenen Abwasserzusammensetzung zu erkennen,
- vorhandene oder geplante Retentionsvolumina abzubilden,
- eine optimierte Einleitsteuerung zu berücksichtigen,
- dynamische Abflussverhältnisse abzubilden.

Die Ergebnisse aus Kapitel 4 und Kapitel 4.2 zeigen den Handlungsspielraum für die jeweils vorgegebene Zielerreichung in den unterschiedlichen Wasserkörpern. Auf dieser Grundlage können Szenarien mit verschiedenen Zielwerten und verschiedenen Jahresabwassermengen definiert werden.

In Tabelle 9 ist ein Überblick über die berechneten Szenarien mit den entsprechenden Angaben zum Anfall des Halden- und Produktionswasser angegeben. Jedes Szenario wurde in den Varianten: Rückgang der anthropogen bedingten Einträge in die Werra um 0%, 20%, 50% und 70% berechnet.

**Tabelle 9: Überblick der gerechneten Szenarien mit Halden- und Produktionswasseranfall**

Szenario	Halden- erweiterung	Haldenwasser [Mio. m³/a]	Produktionswasser [Mio. m³/a]
<b>M3-Nordseepipeline</b>	keine	2	5
	minimale	-	-
	maximale	-	-
<b>M4-1 Oberweserpipeline</b> (Einleitmenge insgesamt 7 Mio. m³/a)	keine	2	5
	minimale	3	4
	maximale	4	3
<b>M4-1 Oberweserpipeline</b> (Einleitmenge insgesamt 6 Mio. m³/a)	keine	2	4
	minimale	3	3
	maximale	4	2
<b>M4-1 Oberweserpipeline</b> (Einleitmenge insgesamt 5 Mio. m³/a)	keine	2	3
	minimale	3	2
	maximale	4	1
<b>M4-1 Oberweserpipeline</b> (Einleitmenge insgesamt 4 Mio. m³/a)	keine	-	-
	minimale	-	-
	maximale	4	0
<b>Produktionsende</b>	keine	-	-
	minimale	3	0
	maximale	4	0

## Vorbemerkung

Bei der Bearbeitung sowie bei der Diskussion und Vorstellung der Ergebnisse haben sich folgende Grundsätze für eine Interpretation und Bewertung der Ergebnisse als wichtig herausgestellt:

- Die Modellungenauigkeit bei statistischen Aussagen liegt zwischen 5 bis 8% (abhängig vom betrachteten Stoff) bezogen auf die Konzentration im Gewässer.
- Die Prognose der Eingangsparameter für Produktions- und Haldenabwässer (Menge und Zusammensetzung) beinhaltet eine größere Ungenauigkeit als das Modell.
- Varianten, bei denen die Produktion fortgeführt wird, sind nur dann sinnvoll, wenn auch eine entsprechende Haldenerweiterung prognostiziert wird oder Maßnahmen definiert werden, die eine Verringerung der Haldenabwässer bewirken, da Produktion ohne Aufhaldung mit dem aktuellen Kenntnisstand als nicht real zu bezeichnen ist.
- Ein Rückgang der diffusen Einträge erfolgt im Modell nur im Bereich Tiefenort bis Pegel Gerstungen. Die Cl-, Mg- und K-Frachten aus den Nebengewässern werden als gleichbleibend im Modell betrachtet.
- Als Maß der Bewertung wird der 90-Percentilwert der Gewässerkonzentrationen aus der 30-jährigen Langzeitsimulation (Tageswerte) herangezogen. Aus diesem sind keine Rückschlüsse auf die Ganglinie (Jahresverlauf) der Gewässerkonzentration möglich und somit auch keine Aussagen über Be- und Entlastungsphasen. Es ist möglich, dass bei Varianten unterschiedliche Frachtmengen eingeleitet werden, aber an den Bewertungspegeln gleiche 90-Percentilwerte errechnet wurden.

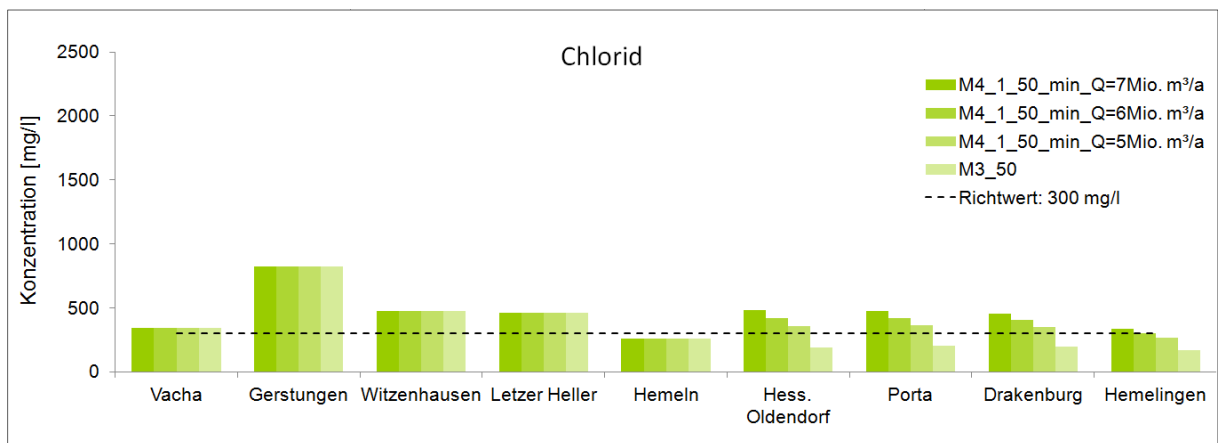
## Bewertung

Für eine Bewertung der Ergebnisse ist der Betrachtungszeitraum für den die jeweils betrachtete Variante vorgesehen ist, z.B. Produktionsphase, Nachbergbauphase, von hoher Bedeutung, da die Zustände unterschiedlich lange wirken.

### Produktionsphase

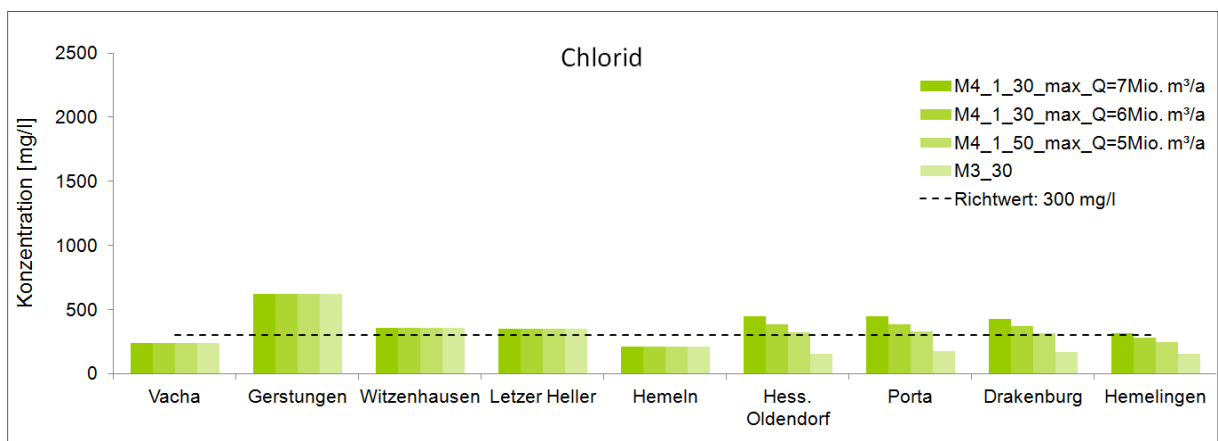
In der Produktionsphase werden die Maßnahmen mit der Einleitung von Produktions- und Haldenabwässern in die Weser (M4\_1: Oberweserpipeline) bzw. in die Nordsee (M3: Nordseepipeline) betrachtet. Die diffusen Einträge sind auf 50% und 30% reduziert. Ebenfalls wird eine minimale und maximale Haldenerweiterung berücksichtigt.

Die Abbildung 18 zeigt einen Vergleich der Varianten Oberweserpipeline und Nordseepipeline unter Berücksichtigung der Einleitung diffuser Einträge von 50%. Bei der Oberweserpipeline wird eine minimale Haldenerweiterung, sowie eine Gesamtabwassermengen von 5 Mio. m<sup>3</sup>/a, 6 Mio. m<sup>3</sup>/a und 7 Mio. m<sup>3</sup>/a betrachtet.



**Abbildung 18: Produktionsphase: Vergleich der 90-Percentilwerte der Chloridkonzentration im Längsverlauf von Werra und Weser für die Oberweserpipeline und die Nordseepipeline bei einem diffusen Eintrag von 50% und minimaler Haldenerweiterung**

Die Abbildung 19 zeigt einen Vergleich der Varianten Oberweserpipeline und Nordseepipeline unter Berücksichtigung der diffusen Einträge von 30%. Bei der Oberweserpipeline wird eine maximale Haldenerweiterung, sowie eine Gesamtabwassermengen von 5 Mio. m³/a, 6 Mio. m³/a und 7 Mio. m³/a betrachtet.



**Abbildung 19: Produktionsphase: Vergleich der 90-Percentilwerte der Chloridkonzentration im Längsverlauf von Werra und Weser für die Oberweserpipeline und die Nordseepipeline bei einem diffusen Eintrag von 30% und maximaler Haldenerweiterung**

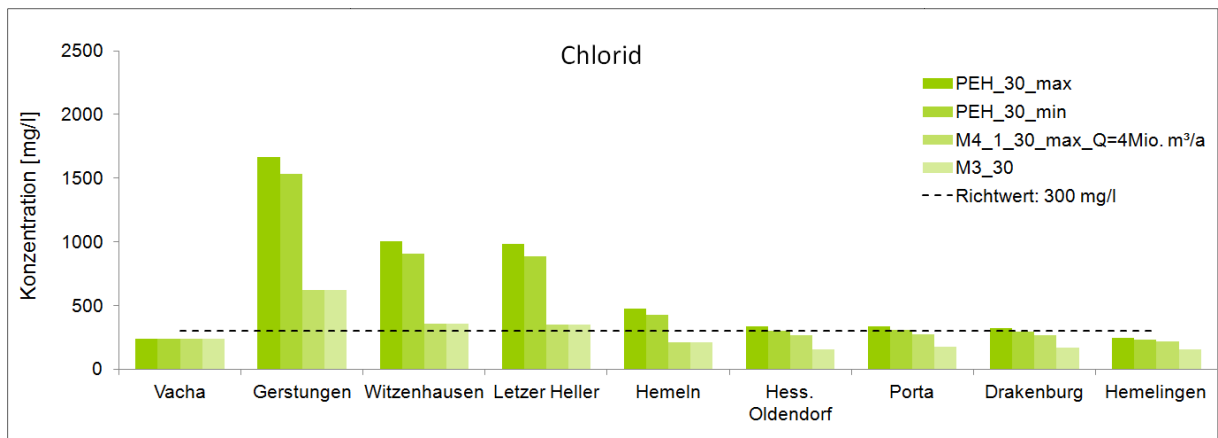
In der Produktionsphase zeigte sich selbst unter optimalsten Bedingungen (keine Einleitungen von Produktions- und Haldenabwässern, Rückgang der diffusen Einträge auf 30%) bei beiden Maßnahmenvarianten Oberweserpipeline und Nordseepipeline, dass die Zielkonzentrationen für den guten Zustand in der Werra an den Pegeln Gerstungen, Witzenhausen und Letzer Heller nicht erreicht werden. Erst oberhalb der fiktiven Einleitstelle in die Weser werden am Bewertungspegel Hemeln die Richtwerte erreicht bzw. knapp unterschritten. Unterhalb der fiktiven Einleitungsstelle werden bei der Nordseepipeline bis zum Pegel Hemelingen an allen Wasserkörpern die Richtwerte unterschritten. Bei der Oberweserpipeline wird ledig-

lich am Pegel Hemelingen die Zielkonzentration erreicht, wenn die Gesamtabwassermenge auf 5 Mio. m<sup>3</sup>/a reduziert ist.

In der Produktionsphase werden die weitestgehenden Entlastungseffekte durch die Nordseepipeline erreicht. Eine erhebliche Absenkung der Salzkonzentrationen im Gewässer kann auch bei der Oberweserpipeline erreicht werden, wenn die Gesamtabwassermenge reduziert wird.

### Nachbergbauphase

In der Nachbergbauphase findet lediglich die Einleitung von Haldenabwässern in die Werra (Produktionsende), Weser (Oberweserpipeline) bzw. in die Nordsee (Nordseepipeline) statt. Die diffusen Einträge sind auf 30% reduziert. In der Abbildung 20 sind die Varianten mit unterschiedlicher Haldenerweiterung (minimaler und maximaler) aufgeführt.



**Abbildung 20: Nachbergbauphase: Vergleich der 90-Perzentilwerte der Chloridkonzentration im Längsverlauf von Werra und Weser für Produktionsende, Oberweserpipeline und die Nordseepipeline bei einem diffusen Eintrag von 30% sowie minimaler und maximaler Haldenerweiterung**

Es zeigt sich, dass die Zielkonzentration für den guten Zustand des Gewässers auch ohne Produktionswassers während der Nachbergbauphase in der Werra an den Pegeln Gerstungen, Witzenhausen und Letzter Heller nicht unterschritten werden. Die Zielkonzentrationen in der Weser können jedoch durch verschiedene Varianten realisiert werden.

### **Fazit**

4 OWK (bis Werra Niedersachsen, Referenzpegel Letzter Heller) verfehlen den guten Zustand unabhängig von der gewählten Variante immer. Eine Erreichung der Zielkonzentrationen zur Erreichung des guten Zustands bis 2027 ist an diesen nicht möglich.

Die anderen OWK erreichen nur im Falle der vollständige Ausleitung (oder Vermeidung) der gefassten Abwässer die Zielkonzentrationen zur Erreichung des guten Zustands bis 2027.

Von den betrachteten Maßnahmenoptionen werden die weitestgehenden Entlastungseffekte während der Produktionsphase durch die Nordseepipeline erreicht. Die Maßnahmenkombination Oberweserpipeline gekoppelt mit weiteren Reduzierungsmaßnahmen vor Ort stellt hinsichtlich der Wirkung auf das Gewässer die beste Alternative dar. Sie führt ebenfalls zu einer erheblichen Absenkung der Salzkonzentrationen, die Zielwerte werden jedoch in allen OWK nicht erreicht.

Aufgrund der kurzen Produktionszeit (bis Ende 2060) und der anschließenden langen Phase mit nachbergbaulichen Auswirkungen (Halden und Versenkung) erhält die Nachbergbauphase ein hohes Gewicht. Infolgedessen sind bei der Betrachtung von Optimierungsmaßnahmen insbesondere solche Maßnahmen besonders geeignet, die sowohl in der Produktionsphase als auch der Nachbergbauphase zur Reduzierungen führen, z.B. die Reduzierung der Haldenabwässer entweder direkt (Haldenabdeckung) oder indirekt (z.B. Optimierung der Wertstoffgewinnung → Reduzierung Haldenerweiterung → Reduzierung zusätzlicher Haldenabwasser).

Durch den Wegfall der Produktionsabwässer lassen sich die Zielkonzentrationen zur Erreichung des guten Zustands in der Nachbergbauphase durch mehrere Varianten (und nicht nur durch die Nordseepipeline) erreichen.

Die vorgestellten Ergebnisse liefern nur eine Bewertungsgrundlage. Die Priorisierung der o.g. Punkte erfolgt nicht innerhalb dieser Bearbeitung, sondern ergibt sich vielmehr aus dem Zusammenspiel aus den Bereichen Limnologie, Ökonomie und Politik.

Darmstadt, den 6. März 2015



-----  
(Dr.-Ing. Hubert Lohr)



-----  
(Dipl.-Ing. Markus Funke)

Chlorid															
Bezeichnung des Wasserkörpers	Name des Wasserkörpers	Gewässer	Länge des Wasserkörpers in km	Beginn Wasserkörper bei Fluss-km	Ende Wasserkörper bei Fluss-km	Messstelle (Referenz für den Wasserkörper)	Messstelle Fluss-km	MQ in m³/s (langjährig)	MNQ in m³/s (langjährig)	MQ 2012 in m³/s	NQ 2012 in m³/s	Zielkonzentration in mg/l bei MQ	Zielkonzentration in mg/l bei MNQ	Zielfracht in kg/s bei MQ	Zielfracht in kg/s bei MNQ
DEHE_41.4	Werra Philippsthal + mittl. von Werra bis Tiefenort bis Vacha	Werra	30	130*)	160*)	Vacha**)	164,8*)	23.6	5.8	23.2	6.1	300	300	7.08	1.74
DETH_41_68 +129	Unt. Werra bis Heldrabad	Werra	61	69*)	130*)	Gerstungen	137,8*)	30.8	7.73	28.3	8.9	300	300	9.24	2.319
DEHE_41.2	Werra/Eschwege	Werra	58	11*)	69*)	Witzenhausen	76*)	49.4	14.1	42	14.3	300	300	14.82	4.23
DEHE_41.1	Werra Niedersachsen	Werra	11	0	11							300	300		
DENI 08001	Weser oh. und Diemel-mündung	Weser	126	0	126	Hemeln	11.7	116	37	***)	***)	300	300	34.8	11.1
DENI 10003	Weser	Weser	68	126	194	Hess. Oldendorf	146.6	165	58.7	131	65	300	300	49.5	17.61
DENW4_200_242	Weser NRW	Weser	41	194	235	Porta	198.4	189	67.7	148	77	300	300	56.7	20.31
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller	Weser	85	235	320	Drakenburg	277.6	205	70.4	162	81	300	300	61.5	21.12
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen	Weser	36	320	356	Hemelingen	361.1	330	119	244	102	300	300	99	35.7

\*) oberhalb der Mündung

\*\*) der entsprechende Wasserkörper liegt oberhalb der Einleitungen

\*\*\*) kann auf Wunsch noch nachgeliefert werden

Magnesium															
Bezeichnung des Wasserkörpers	Name des Wasserkörpers	Gewässer	Länge des Wasserkörpers in km	Beginn Wasserkörper bei Fluss-km	Ende Wasserkörper bei Fluss-km	Messstelle (Referenz für den Wasserkörper)	Messstelle Fluss-km	MQ in m³/s (langjährig)	MNQ in m³/s (langjährig)	MQ 2012 in m³/s	NQ 2012 in m³/s	Zielkonzentration in mg/l bei MQ	Zielkonzentration in mg/l bei MNQ	Zielfracht in kg/s bei MQ	Zielfracht in kg/s bei MNQ
DEHE_41.4	Werra Philippsthal + Werra von Tiefenort bis Vacha	Werra	30	130*)	160*)	Vacha**)	164,8*)	23.6	5.8	23.2	6.1	30	30	0.708	0.174
DETH_41_68 +129	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra	61	69*)	130*)	Gerstungen	137,8*)	30.8	7.73	28.3	8.9	30	30	0.924	0.2319
DEHE_41.2	Werra/Eschwege	Werra	58	11*)	69*)	Witzenhausen	76*)	49.4	14.1	42	14.3	30	30	1.482	0.423
DEHE_41.1	Werra Niedersachsen	Werra	11	0	11							30	30		
DENI 08001	Weser oh. und Diemel-mündung	Weser	126	0	126	Hemeln	11.7	116	37	***)	***)	30	30	3.48	1.11
DENI 10003	Weser	Weser	68	126	194	Hess. Oldendorf	146.6	165	58.7	131	65	30	30	4.95	1.761
DENW4_200_242	Weser NRW	Weser	41	194	235	Porta	198.4	189	67.7	148	77	30	30	5.67	2.031
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller	Weser	85	235	320	Drakenburg	277.6	205	70.4	162	81	30	30	6.15	2.112
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen	Weser	36	320	356	Hemelingen	361.1	330	119	244	102	30	30	9.9	3.57

\*) oberhalb der Mündung

\*\*) der entsprechende Wasserkörper liegt oberhalb der Einleitungen

\*\*\*) kann auf Wunsch noch nachgeliefert werden

Kalium

Bezeichnung des Wasserkörpers	Name des Wasserkörpers	Gewässer	Länge des Wasserkörpers in km	Beginn Wasserkörper bei Fluss-km	Ende Wasserkörper bei Fluss-km	Messstelle (Referenz für den Wasserkörper)	Messstelle Fluss-km	MQ in m³/s (langjährig)	MNQ in m³/s (langjährig)	MQ 2012 in m³/s	NQ 2012 in m³/s	Zielkonzentration in mg/l bei MQ	Zielkonzentration in mg/l bei MNQ	Zielfracht in kg/s bei MQ	Zielfracht in kg/s bei MNQ
DEHE_41.4	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Werra	30	130*)	160*)	Vacha**)	164,8*)	23.6	5.8	23.2	6.1	20	20	0.472	0.116
DETH_41_68 +129	Unt. Werra bis Heldrabach	Werra	61	69*)	130*)	Gerstungen	137,8*)	30.8	7.73	28.3	8.9	20	20	0.616	0.1546
DEHE_41.2	Werra/Eschwege	Werra	58	11*)	69*)	Witzenhausen	76*)	49.4	14.1	42	14.3	20	20	0.988	0.282
DEHE_41.1	Werra Niedersachsen	Werra	11	0	11							20	20		
DENI 08001	Weser oh. und u. Diemel-mündung	Weser	126	0	126	Hemeln	11.7	116	37	***)	***)	20	20	2.32	0.74
DENI 10003	Weser	Weser	68	126	194	Hess. Oldendorf	146.6	165	58.7	131	65	20	20	3.3	1.174
DENW4_200_242	Weser NRW	Weser	41	194	235	Porta	198.4	189	67.7	148	77	20	20	3.78	1.354
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller	Weser	85	235	320	Drakenburg	277.6	205	70.4	162	81	20	20	4.1	1.408
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen	Weser	36	320	356	Hemelingen	361.1	330	119	244	102	20	20	6.6	2.38

\*) oberhalb der Mündung

\*\*) der entsprechende Wasserkörper liegt oberhalb der Einleitungen

\*\*\*) kann auf Wunsch noch nachgeliefert werden

# Anhang D

---

## **Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit unterschiedlicher Maßnahmenoptionen zur Umsetzung des Gewässerschutzes Werra/Weser und zum Erhalt der Kaliproduktion im hessisch-thüringischen Kali-Gebiet**

Auftraggeber

**Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz, Wiesbaden**

**19. September 2014**

## Impressum

Bearbeitung: Dr. rer. pol. Stefan Geyler  
Dipl. VW. Lydie Laforet  
Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer  
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM)

In Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Bernhard Michel  
**COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt**

Universität Leipzig  
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM)



Grimmaische Str. 12  
04109 Leipzig  
Tel.: +49 341 97 33 870  
Fax: +49 341 97 33 879  
Mail: [umwelt@wifa.uni-leipzig.de](mailto:umwelt@wifa.uni-leipzig.de)  
<http://www.wifa.uni-leipzig.de/iirm>

**COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt**

Am Seegärtchen 23  
64354 Reinheim  
Tel.: + 49 6162 9117 434  
Mail: [cooperative@cooperative.de](mailto:cooperative@cooperative.de)  
[www.cooperative.de](http://www.cooperative.de)

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Begriffe und Abkürzungen	V
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2 Aufgabenstellung und Ziele des Vorhabens</b>	<b>3</b>
2.1 Aufgabenstellung .....	3
2.2 Zielsetzungen .....	3
2.3 Grundlagen und Vorarbeiten .....	4
<b>3 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen und Anforderungen</b>	<b>6</b>
3.1 Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 - Oberflächengewässer.....	7
3.1.1 Belastung durch Salzeinleitungen .....	7
3.1.2 Ökologischer Zustand / Ökologisches Potenzial .....	8
3.2 Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 – Grundwasser .....	10
3.3 K+S – Salzabwasser und Produktion .....	10
<b>4 Eckpunkte</b>	<b>12</b>
<b>5 Methodische und fachliche Grundlagen</b>	<b>14</b>
5.1 Die Öko-Effizienz-Analyse .....	14
5.1.1 Bewertung von Maßnahmenoptionen des Gewässerschutzes mit der Öko-Effizienz-Analyse .....	14
5.1.2 Bewertung der Verhältnismäßigkeit und der Zumutbarkeit mit der Öko-Effizienz-Analyse .....	15
5.1.2.1 Bewertung der Verhältnismäßigkeit der Kosten .....	16
5.1.2.2 Bewertung der Zumutbarkeit der Kosten .....	18
5.1.3 Vergleich des Ansatzes der Öko-Effizienz-Analyse mit dem Ansatz der Nutzen-Kosten-Analyse .....	18
5.2 Bewertungsansatz.....	19
5.2.1 Überblick über den Bewertungsansatz .....	19
5.2.1.1 Bewertete Effekte – Überblick .....	19
5.2.1.2 Das Konzept der Rückwärts-Vorwärts-Rechnung zur Bewertung der szenarienbezogenen Effekte .....	20
5.2.2 Bewertung der Salzeinträge in die Werra/Weser .....	21
5.2.3 Bewertung der betriebswirtschaftlichen Effekte .....	24
5.2.4 Bewertung weiterer Umwelteffekte .....	26
5.2.5 Ergänzende Bewertungen .....	26
<b>6 Maßnahmen und Szenarien</b>	<b>27</b>
6.1 Szenarienbezogene Festlegungen.....	27
6.1.1 Kernaussagen der Szenarien und Grenzwerte .....	27
6.1.2 Annahmen zur Haldenentwicklung und zum Haldenmanagement .....	30
6.1.3 Anmerkungen zu den diffusen Einträgen .....	32
6.1.4 Anmerkungen zu den Auswirkungen der Versenkung .....	33
<b>7 Betriebliche Anpassungsmaßnahmen bei K+S</b>	<b>35</b>
7.1 Annahmen zu technischen Produktionsbedingungen und Anpassungsreaktionen.....	35
7.2 Ermittlung der Entsorgungsdefizite beim Produktionsabwasser.....	36
7.2.1 Hauptszenarien .....	36
7.2.2 Nebenszenarien .....	40
7.3 Mengenbilanzen ausgewählter Szenarien .....	42
<b>8 Betriebliche Bewertung</b>	<b>44</b>
8.1 Bewertung der Maßnahmenkosten .....	44
8.1.1 Szenarienbedingte Maßnahmenkosten .....	44
8.1.2 Ewigkeitslasten .....	49
8.2 Bewertung des Produktionsrückgangs .....	51

8.2.1	<i>Ermittlung der Produktionsrückgänge</i>	51
8.3	Betriebliche Bewertung .....	53
8.3.1	<i>Vereinfachte Gewinnrechnung</i>	53
8.3.2	<i>Überblick über die betrieblichen Gesamteffekte</i>	57
8.4	Regionalwirtschaftliche Effekte .....	58
8.5	Weitere externe Effekte .....	61
8.5.1	<i>Fläche</i>	61
8.5.2	<i>Überregionale Wirkungen auf die Trinkwasserversorgung</i>	62
9	Ökologische Bewertung	63
9.1	Auswirkung auf den Gewässerzustand .....	63
9.2	Ökobilanzierung .....	66
9.2.1	<i>Untersuchungsrahmen</i>	66
9.2.2	<i>Mengenbilanzen</i>	67
9.2.3	<i>Umweltauswirkungen</i>	68
10	Sensitivitätsanalyse	70
10.1	Einflüsse der getroffenen Annahmen auf die Gesamtkosten der untersuchten Hauptszenarien.....	70
10.2	Auswirkungen einer Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes .....	74
11	Ergebnisse der Bewertung	78
11.1	Öko-Effizienz-Bewertung .....	78
11.1.1	<i>Gesamtkosten vs. Gewässerqualität in Werra/Weser</i>	78
11.1.2	<i>Treibhausgasemissionen vs. Gewässerqualität in Werra/Weser</i>	81
11.1.3	<i>Gesamtergebnisse der Ökoeffizienzbewertung</i>	83
11.1.4	<i>Ergänzende Bewertungen zu den Szenarien</i>	85
11.2	Bewertung im Hinblick auf Verhältnismäßigkeit .....	86
11.2.1	<i>Nutzen-Kosten-Verhältnis</i>	86
11.2.2	<i>Verhältnis der Kosten im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz</i>	87
11.2.3	<i>Zumutbarkeit</i>	89
12	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	90
13	Literatur- und Quellenverzeichnis	96
14	Anhänge	100

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Szenarien gemäß FGG Weser (Weserrat 2014)	5
Tabelle 2:	Anforderungen an die Versenkung und Einleitung von salzhaltigem Abwasser in die Werra (FGG Weser 2013b)	12
Tabelle 3:	Wertebereiche (90-Perzentil-Werte) der Salzbelastung für Chlorid, Kalium und Magnesium und ihre ökologische Bedeutung – Kategorisierung des Runden Tisches (FGG Weser 2013b)	13
Tabelle 4:	Szenariospezifische Eckdaten	28
Tabelle 5:	Szenarienübergreifende Eckdaten – Produktion und Abwasseranfall	29
Tabelle 6:	Entsorgungskapazität (Haldenabwasser und Produktion) und nicht oberirdisch einleitbares Volumen unter realitätsnahen technischen Betriebsbedingungen (nach Daten aus SYDRO Consult 2014b)	37
Tabelle 7:	Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser unter realitätsnahen technischen Betriebsbedingungen (nach Daten aus SYDRO Consult 2014b)	38
Tabelle 8:	Entsorgungsdefizite in den ausgewählten Szenarien (nach Daten aus SYDRO 2014)	39
Tabelle 9:	Energieaufwand für die Versenkung bzw. die lokale Einleitung in die Werra 2013 (nach Daten von K+S GmbH)	45
Tabelle 10:	Eingangsdaten Oberweser-Pipeline (nach Daten von K+S GmbH)	46
Tabelle 11:	Eingangsdaten Nordsee-Pipeline (nach Daten von K+S GmbH, ergänzt)	47
Tabelle 12:	Kapitalwert und Durchschnittliche Jahreskosten der Pipelinelösungen	48
Tabelle 13:	Szenarienspezifische Maßnahmenkosten (Zinssatz 6%)	49
Tabelle 14:	Abschätzung der Ewigkeitslasten	50
Tabelle 15:	Durchschnittliche jährliche Rückstellungen für Ewigkeitslasten	50
Tabelle 16:	Szenarienbedingter Rückgang der Salzproduktion – Zeitschnitte und Durchschnittswerte	53
Tabelle 17:	Annahmen für die vereinfachte Gewinnrechnung	55
Tabelle 18:	Voraussichtliche Gewinnrückgänge – Zeitschnitte und Durchschnittswerte bei einem angenommenen Preis von 260 €/t	57
Tabelle 19:	Voraussichtliche Gewinnrückgänge – Zeitschnitte und Durchschnittswerte bei einem angenommenen Preis von 300 €/t	57
Tabelle 20:	Regionalökonomische Wirkungen des Kaliberbaus – Zusammenfassung	59
Tabelle 21:	Flächenbedarf für Pipeline-Szenarien	61
Tabelle 22:	Annahmen zum Berechnung des szenarienspezifischen Energieaufwands	67
Tabelle 23:	Gesamtenergieaufwand	68
Tabelle 24:	Treibhausgasemissionen	68
Tabelle 25:	Auswirkung der Variation von Annahmen auf die Gesamtkosten der Szenarien.	71
Tabelle 26:	Auswirkung einer Veränderung der Anteile von Haldenabwasser und Produktionsabwasser am Gesamtabwasser – Haldenmanagement	73
Tabelle 27:	Grenzwerte für die Salzkonzentration in Werra/Oberweser beim Ausschöpfen des Verschlechterungsverbotes	74
Tabelle 28:	Gewinnentwicklung bei Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes im Vergleich zu den Hauptszenarien	76
Tabelle 29:	Gesamtkosten unter Berücksichtigung des Verschlechterungsverbotes	76
Tabelle 30:	Zusammenfassung weiterer Szenarieneffekte in Ergänzung zur Öko-Effizienz-Bewertung	85
Tabelle 31:	Zielsetzung des Bewirtschaftungsplanes 2009 zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Hessen (HMURLV 2009a)	87

---

Tabelle 32:	Kosten der Umsetzung des Bewirtschaftungsplans 2009 zur EU-Wasserahmenrichtlinie in Hessen (HMURLV 2009ab)	88
Tabelle 33:	Schätzung zum betrieblichen Mehrwert („Economic value added“) des Werkes Werra (K+S Aktiengesellschaft 2014, eigene Berechnungen)	89
Tabelle 34:	Technische Daten für die Oberweser-Pipeline	100
Tabelle 35:	Technische Daten für die Nordsee-Pipeline	100
Tabelle 36:	Daten zur Gewinnermittlung (Auswertung der Geschäftsberichte der K+S AG)	101
Tabelle 37:	Angaben aus Geschäftsberichten der K+S Kali AG (Auswertung der Geschäftsberichte der K+S AG)	101
Tabelle 38:	Flusslänge entsprechend Richtwert FGG Weser	104
Tabelle 39:	Flusslänge mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches	105

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage der Werke Werra und Neuhoof-Ellers im Wesereinzugsgebiet ( FGG Weser 2009a)	1
Abbildung 2:	Chloridbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)	2
Abbildung 3:	Magnesiumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)	2
Abbildung 4:	Kaliumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)	2
Abbildung 5:	Maßnahmen-Szenarien	3
Abbildung 6:	Flussgebietseinheit Weser (FGG Weser 2009a)	6
Abbildung 7:	Verlauf der Chloridkonzentration von 1998-2008 DER Werra am Pegel Gerstungen (FGG Weser 2009a)	7
Abbildung 8:	Ökologischer Zustand der Oberflächenwasserkörper in der Flussgebietseinheit Weser 2009 – Makrophyten/Phytobenthos/Makrozoobenthos (FGG Weser 2009a)	9
Abbildung 9:	Standorte der Versenkung von salzhaltigem Abwasser und der Grundwasserüberwachung (RP Kassel 2008)	10
Abbildung 10:	Chemischer Zustand der Grundwasserkörper im Werra-/Fulda-Einzugsgebiet 2009 (FGG Weser 2009a)	10
Abbildung 11:	Rohsalzförderung, Abwasseranfall und Abwasserentsorgung (nach Daten aus Schlüter/Waldmann 2013 und K+S Kali GmbH 2014)	11
Abbildung 12:	Anpassung des methodischen Bewertungsansatzes der Öko-Effizienz-Analyse an die spezifische Fragestellung (nach DIN ISO 14045)	15
Abbildung 13:	Überblick über die bewerteten Effekte der Szenarien	20
Abbildung 14:	Grundprinzip der Rückwärts-Vorwärts-Rechnung	21
Abbildung 15:	Überblick Rückwärts-Vorwärts-Rechnung	22
Abbildung 16:	Wasserkörper und Pegel am Werra/Oberweser Verlauf (SYDRO Consult 2014)	23
Abbildung 17:	Methodik zur Abschätzung der betrieblichen Effekte von szenarienbedingten Produktionsrückgängen	25
Abbildung 18:	Ökobilanz Methode nach DIN ISO 14 040 und 14 044	26
Abbildung 19:	Szenarien – Einleitorte	27
Abbildung 20:	Entwicklung des Abwasseranfalls der Produktion und von den Halden	31
Abbildung 21:	Entwicklung der diffusen Einträge und des Haldenabwassers	32
Abbildung 22:	Einfluss der Annahmen zu den technischen Betriebsbedingungen und der Produktionsanpassung auf die betrieblichen Wirkungen	35
Abbildung 23:	Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser (nach Daten aus SYDRO Consult 2014)	39
Abbildung 24:	Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser unter Annahme von zulässigen Salzkonzentrationen am Einleitort (nach Daten aus SYDRO Consult 2014)	40
Abbildung 25:	Wirkung der Übergangsregelung zur Versenkung auf die Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser (nach Daten aus SYDRO Consult 2014)	41
Abbildung 26:	Status-quo-Szenario mit Versenkung – bis 11/2015	42
Abbildung 27:	Status-quo-Szenario ohne Versenkung – ab 12/2015	42
Abbildung 28:	Status-quo-Szenario ohne Versenkung – ab 2027	42
Abbildung 29:	Oberweser-Szenario mit Übergangsregelung – ab 2027	42
Abbildung 30:	Nordsee-Szenario ab 2027	43
Abbildung 31:	Nordsee-Szenario ab 2060	43

Abbildung 32: Zusammenhang zwischen der Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser und der Salzproduktion	51
Abbildung 33: Salzproduktion der in die Bewertung der Produktionsrückgänge einbezogenen Standorte	52
Abbildung 34: Entwicklung der Salzproduktion für Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach	53
Abbildung 35: Gewinnermittlung bei einem Salzpreis von 260 €/t	56
Abbildung 36: Gewinnermittlung bei einem Salzpreis von 300 €/t	56
Abbildung 37: Szenarienbedingter Gewinnrückgang und Maßnahmenkosten	58
Abbildung 38: Durchschnittliche Chlorid-Konzentration der Werra/Weser in 2027	64
Abbildung 39: Durchschnittliche Kalium- und Magnesium-Konzentration der Werra/Weser in 2027	64
Abbildung 40: Auswirkung der Szenarien auf den Gewässerzustand 2027	66
Abbildung 41: Treibhausgasemissionen	69
Abbildung 42: Entsorgbares Produktionsabwasser bei Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes im Vergleich zu den Hauptszenarien	75
Abbildung 43: Gewinnentwicklung bei Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes im Vergleich zu den Hauptszenarien	75
Abbildung 44: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtkosten und der Gewässerqualität bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 (Flusslänge [km] entspr. Richtwert FGG Weser)	79
Abbildung 45: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtkosten mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 gegenüber den Status-quo-Szenarien (Flusslänge [km] mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch)	80
Abbildung 46: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtkosten mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung von 2027 gegenüber 2015 (Flusslänge [km] mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch)	80
Abbildung 47: Vergleich der Treibhauswirkung und der Gewässerqualität bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 (Flusslänge [km] entspr. Richtwert FGG Weser)	81
Abbildung 48: Vergleich der Treibhauswirkung mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 gegenüber Status-quo-Szenario (Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches)	82
Abbildung 49: Vergleich der Treibhauswirkung mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung von 2027 gegenüber 2015 (Flusslänge [km] mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch)	82
Abbildung 50: Ökoeffizienz des Nordsee-Szenarios mit und ohne Berücksichtigung der Rückstellungen für die Ewigkeitslasten. (Gewässerindikator: Flusslänge [km] entsprechend Richtwert FGG Weser)	83
Abbildung 51: Vergleich der Ökoeffizienz der Szenarien im Jahr 2027 (Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches – Verbesserung 2027 gegenüber 2015)	84
Abbildung 52: Wechselwirkungen (Synergismen) der Verringerung der Salzbelastung, der Nährstoffreduzierung und hydromorphologischer Verbesserungen (HLUG 2007)	87

## Begriffe und Abkürzungen

AHK	Anschaffungs- und Herstellungskosten
Auswirkung	Auswirkung einer Belastung auf die Umwelt (z.B. Gewässer)
BWI	Betrieb; Wartung; Instandhaltung
CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> -Äquivalent; Dimension für klimarelevantes Treibhausgas
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
FGG Weser	Flussgebietsgemeinschaft Weser
Fracht (t/Jahr)	Eintrag/Belastung
Gewässerbelastung	Effekt einer umweltrelevanten Aktivität auf ein Gewässer/Wasserkörper
Gewässerzustand	Beschaffenheit eines Wasserkörpers (z.B. physikalische, chemische und biologische Eigenschaften)
Grenzkosten	Zusätzlichen Kosten, die durch die Erstellung einer zusätzlichen Leistungseinheit über die bisherigen Kosten hinaus entstehen
Grenznutzen	Nutzenzuwachs, der durch den Konsum/den Verbrauch einer zusätzlichen Einheit eines Gutes erwächst.
Gw	Grundwasser
GWP	„Global Warming Potential“ hier angegeben als Treibhausgas-Emission
Input	Eingangsgröße
K	Kalium
K+S	Kali und Salz GmbH
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
kW; MW	Kilowatt; Megawatt: Installierte Leistung
KWh; MWh	Kilowattstunden; Megawattstunden: Energieerzeugung; -verbrauch; -bedarf
Mg	Magnesium
ÖEA	Öko-Effizienz-Analyse
ONR	K+S-Archivnummer
Output	Auswirkung; Ergebnis
RT	Runder Tisch
sm	Mittlerer Buntsandstein
su	Unterer Buntsandstein
Szenario	Hypothetische Darstellung von Maßnahmen und Prozessen, die zur Beachtung kausaler Zusammenhänge konstruiert wird
Trade-off	Austauschbeziehung
Tw	Trinkwasser
Wasserkörper	Definition nach WRRL: Einheitlicher Abschnitt eines Gewässers (Oberflächengewässer; Grundwasser)
z3CA	Plattendolomit



## 1 Einführung

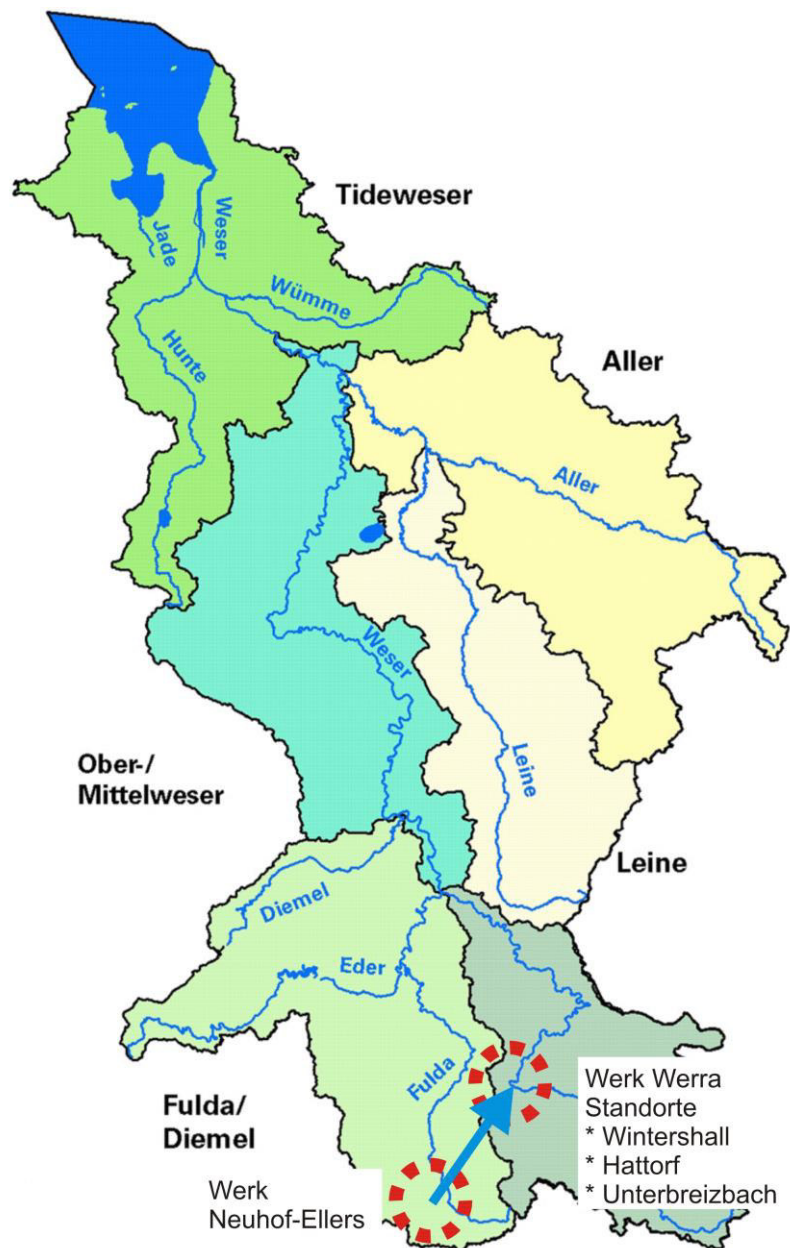
Die K+S Kali und Salz GmbH betreibt im hessisch-thüringischen Kaligebiet die Werke Werra und Neuhoof-Ellers, in denen jährlich rund 23 Mio. t Rohsalz gefördert werden. In Verbindung mit der Produktion von Salzprodukten und der Aufhaldung fallen etwa 10 - 13 Mio. m<sup>3</sup> salzhaltiges Abwasser an, das direkt in die Werra eingeleitet oder in den Untergrund (Plattendolomit) versenkt wird.

In der Fortschreibung des Bewirtschaftungsplans 2009 für das Einzugsgebiet der Weser ist im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) das Konzept der zukünftigen umweltgerechten Entsorgung des Abwassers festzulegen. Dazu ist u.a. auch die Prüfungen

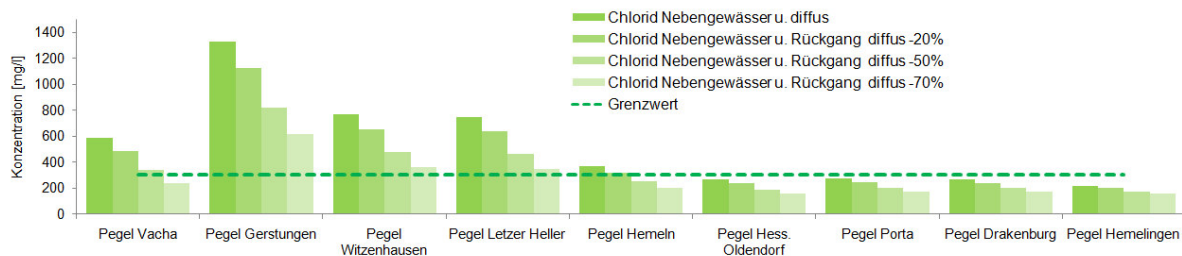
- der Effizienz,
- der Verhältnismäßigkeit und
- der Zumutbarkeit

unterschiedlicher Maßnahmenoptionen erforderlich.

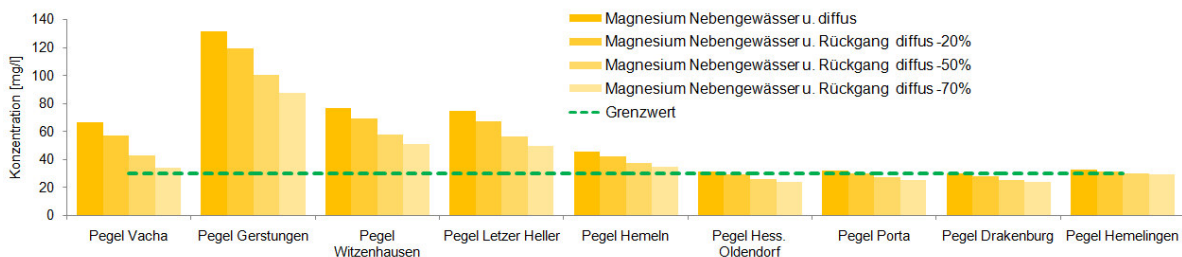
**Abbildung 1: Lage der Werke Werra und Neuhoof-Ellers im Wesereinzugsgebiet ( FGG Weser 2009a)**



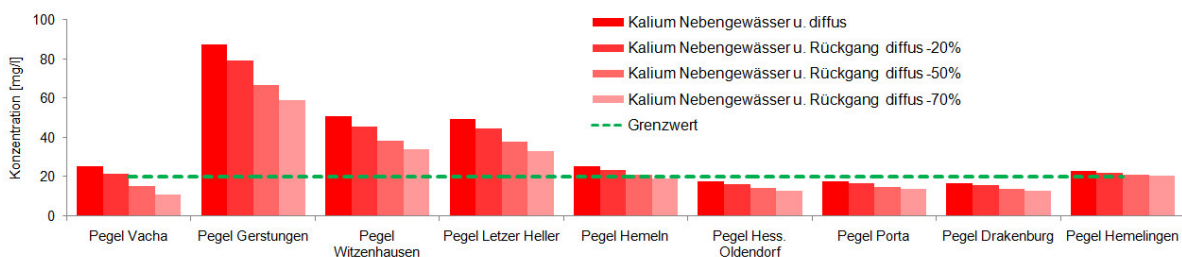
Neben den direkt eingeleiteten Salzfrachten aus der Produktion und den Halden sind bei der Beurteilung der möglichen Maßnahmen die diffusen Einträge und die Vorbelastung der Gewässer zu berücksichtigen (s. Abbildung 2 bis Abbildung 4).



**Abbildung 2: Chloridbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)**



**Abbildung 3: Magnesiumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)**



**Abbildung 4: Kaliumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)**

Die Abbildungen zeigen, dass die Werra am Pegel Gerstungen für die relevanten Salze (Chlorid; Magnesium; Kalium) bereits durch die Nebengewässer und die diffusen Einträge so hoch vorbelastet ist, dass die Grenzwerte, die von der FGG Weser für diese Belastung gesetzt wurden, überschritten werden. Selbst ein Rückgang dieser diffusen Einträge um 70% führt nicht zur Einhaltung der Richtwerte in allen Wasserkörpern.

## 2 Aufgabenstellung und Ziele des Vorhabens

### 2.1 Aufgabenstellung

Im Zuge der Umsetzung der EG Wasserrahmenrichtlinie werden für Maßnahmen des Gewässerschutzes an der Werra/Weser im hessisch-thüringischen Kaliegebiet Prüfungen der Verhältnismäßigkeit unterschiedlicher Maßnahmenoptionen benötigt.

Grundlage für die Prüfung und Bewertung der Effizienz, der Verhältnismäßigkeit und der Zumutbarkeit sind das Basisszenario (Status-quo-Szenario) mit der Einleitung in die Werra die folgenden wasserwirtschaftlichen Maßnahmen-Szenarien:

1. Reduzierung der Salzeinleitungen durch Optimierung der Produktions- und Ablagerungsverfahren
2. Fernleitung für das Salzabwasser in die Oberweser (Oberweser-Pipeline)
3. Fernleitung für das Salzabwasser in die Nordsee (Nordsee-Pipeline)
4. Kombination aus 1 und 2

In diesem Zusammenhang hat die FGG Weser die in der Abbildung 5 dargestellten Maßnahmen-Szenarien definiert. Im Laufe der Bearbeitung wurden die Aufgabenstellung und die Szenarien in Abstimmung mit der FGG Weser teilweise modifiziert und ergänzt.



**Abbildung 5: Maßnahmen-Szenarien**

Mit Hilfe einer Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) sollen die wirtschaftlichen und umweltseitigen Aspekte der Maßnahmen-Szenarien analysiert und integriert bewertet werden. Gegenstand des Auftrags ist die Ermittlung der Zielerreichung und der Effizienz der Szenarien sowie die Erarbeitung einer Informationsbasis für die Bewertung der Verhältnismäßigkeit und der Zumutbarkeit der Kosten.

### 2.2 Zielsetzungen

Zielsetzung des Vorhabens ist es, Ökonomie und Ökologie in der Frage der Reduzierung der Salzbelastung von Werra und Weser miteinander in Einklang zu bringen. Der methodische Ansatz der Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) ist ein Instrument der mehrdimensionalen Bewertung der ausgewählten Maßnahmen-szenarien. Er dient der Begründung der Verhältnismäßigkeit der Szenarien durch das Land Hessen im Rahmen der Erarbeitung des Bewirtschaftungsplanes durch die FGG Weser. Die Vor-

teile der Öko-Effizienz-Analyse als pragmatischer methodischer Ansatz zur Bewertung der Maßnahmenszenarien im Vergleich zu anderen Verfahren wie

- Kostenvergleichsrechnungen
- Kosten-Nutzen-Analysen

werden erläutert. Die Anforderungen an die Daten zur Bewertung der gewässerökologischen (Umweltbilanz) und der ökonomischen Auswirkungen (Kostenbilanz) der Maßnahmenszenarien werden konkretisiert.

Die Anwendung des Konzeptes der ÖEA erfordert die Quantifizierung und Bewertung der Gewässerqualität in Abhängigkeit von der Salzabwassereinleitung in Werra und Weser im Verhältnis zu den eingesetzten Ressourcen zur Verbesserung des Gewässerzustands. Die eingesetzten Ressourcen umfassen sowohl die wirtschaftlichen Ressourcen, wie betriebswirtschaftliche Kosten und regionalwirtschaftliche Effekte, als auch externe Effekte und Umwelteffekte im Zuge von Bau und Betrieb der Maßnahmen (z.B. Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen und Flächenverbrauch).

Zentrales Ziel ist die Anwendung des methodischen Ansatzes zur Prüfung und Beurteilung der Effizienz sowie die Bereitstellung der Informationen zur Beurteilung der Verhältnismäßigkeit und der Zumutbarkeit der Maßnahmenszenarien. Dazu gilt es, die Gewässerschutzauswirkungen im Verhältnis zum Ressourceneinsatz darzustellen.

Bestandteil der Umweltbilanz ist die Bewertung und Darstellung der Gewässerqualität der Oberflächenwasserkörper mithilfe der Parameter Chlorid (Cl<sup>-</sup>), Magnesium (Mg<sup>2+</sup>), Kalium (K<sup>+</sup>). Bestandteile der Kostenbilanz sind:

- Kosten der einzelnen Maßnahmenszenarien (Investitionen, Kapital- und Betriebskosten),
- Wirtschaftliche Auswirkungen auf Maßnahmenträger und Wassernutzer,
- Wirtschaftliche Auswirkungen auf Dritte (Externe Effekte wie z.B. Effizienz der Wassernutzung und Abwasservermeidung, regionale Wertschöpfung, Arbeitsplatzeffekte etc.).

Insbesondere die für die Studie zugrunde gelegten Kostendaten sollen auf Plausibilität geprüft werden. Auf der Grundlage der Kostenbilanzen sollen die Gesamtkosten der einzelnen Maßnahmen-Szenarien in Relation zum Status-Quo-Zustand abgeleitet und dargestellt werden.

## 2.3 Grundlagen und Vorarbeiten

Bei der Kostenbilanz wurde auf Unterlagen des Runden Tisches sowie auf Daten und Informationen von K+S zurückgegriffen. Es wurden die vorhandenen Gutachten, Studien sowie Ergebnisse bisheriger Untersuchungen und Pilotprojekte sowie die technischen Daten, Kostendaten und sonstige ökonomische Daten von K+S ausgewertet. Weiterhin fanden vier Treffen mit K+S statt.

Die Daten zur Gewässerqualität der Wasserkörper (Umweltbilanz) wurden über den Einsatz des aktualisierten Simulationsmodells zur Berechnung der Salzbelastung an Werra und Weser (SYDRO Consult 2010a 2014b) ermittelt und zur Abschätzung der Wirkungen der unterschiedlichen Maßnahmenszenarien zugrunde gelegt. Das Modell hierfür war von SYDRO Consult im Auftrag der FGG Weser ermittelt worden. Zu Fragen der Haldenentwicklung, den Auswirkungen der Versenkungen sowie zur Beurteilung der Gewässereffekte bei einer veränderten Salzeinleitung wurden mehrere Fachgespräche durchgeführt<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Treffen mit SYDRO Consult am 11.4.2014 in Fulda und am 14.5.2014 in Leipzig; Fachgespräche im HLUG/Abteilung W in Wiesbaden am 16.4. und am 29.4.2014; Fachgespräch im RP Kassel/Außenstelle Bad

Die Szenarien, die von der FGG Weser definiert wurden, sollen als Grundlage für die Bewertung herangezogen werden.

**Tabelle 1: Szenarien gemäß FGG Weser (Weserrat 2014)**

Szenario	Einleitort	Versenkung nach 2015	Einleitkriterien in Oberflächengewässer nach 2020	Maßnahmen wirksam ab
<b>Szenario M1</b>	lokal (Werra)	nein	Durchschnittlich 5 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr; 2015 - 2021 Übergangslösung	2021
<b>Szenario V1 (Status quo)</b>	lokal (Werra)	entspricht Status-quo 11/2015	Verlängerung des Status-quo von 2020	
<b>Szenario M4-1</b>	Oberweser	nein	Durchschnittlich 5 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr; 2015 - 2021 Übergangslösung	2021
<b>Szenario M4</b>	Oberweser	nein	Konzentration an Einleitort abgeleitet aus Wasserrecht für Pegel Gerstungen Stand 12/2020	2021
<b>Szenario M3</b>	Nordsee	nein	Durchschnittlich 7 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr; 2015 - 2024 Übergangslösung	2024
<b>Szenario V2 Produktionsende; Haldenwassermanagement</b>	lokal (Halden)	nein	Anfallende Haldenabwässer	

Hersfeld am 13.5.2014 mit Vertretern der Oberen Wasserbehörde, des Bergamtes, des HG –Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH sowie des HLUG/Abteilung W. Weitere hinzugezogene Dokumente – über die im Text zitierten waren u.a. Hanauer/Kämmerer (2014), HLUG 2007, 2009a, 2012; K+S Kali GmbH o.J., 2012a, 2014; RP Kassel – div. Jahre; Runder Tisch 2008, 2013ab.

### 3 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen und Anforderungen

Die Flussgebietseinheit Weser umfasst die Einzugsgebiete der Weser und der Jade, die beide in die Nordsee münden (Abbildung 6). Sie liegt in den Bundesländern

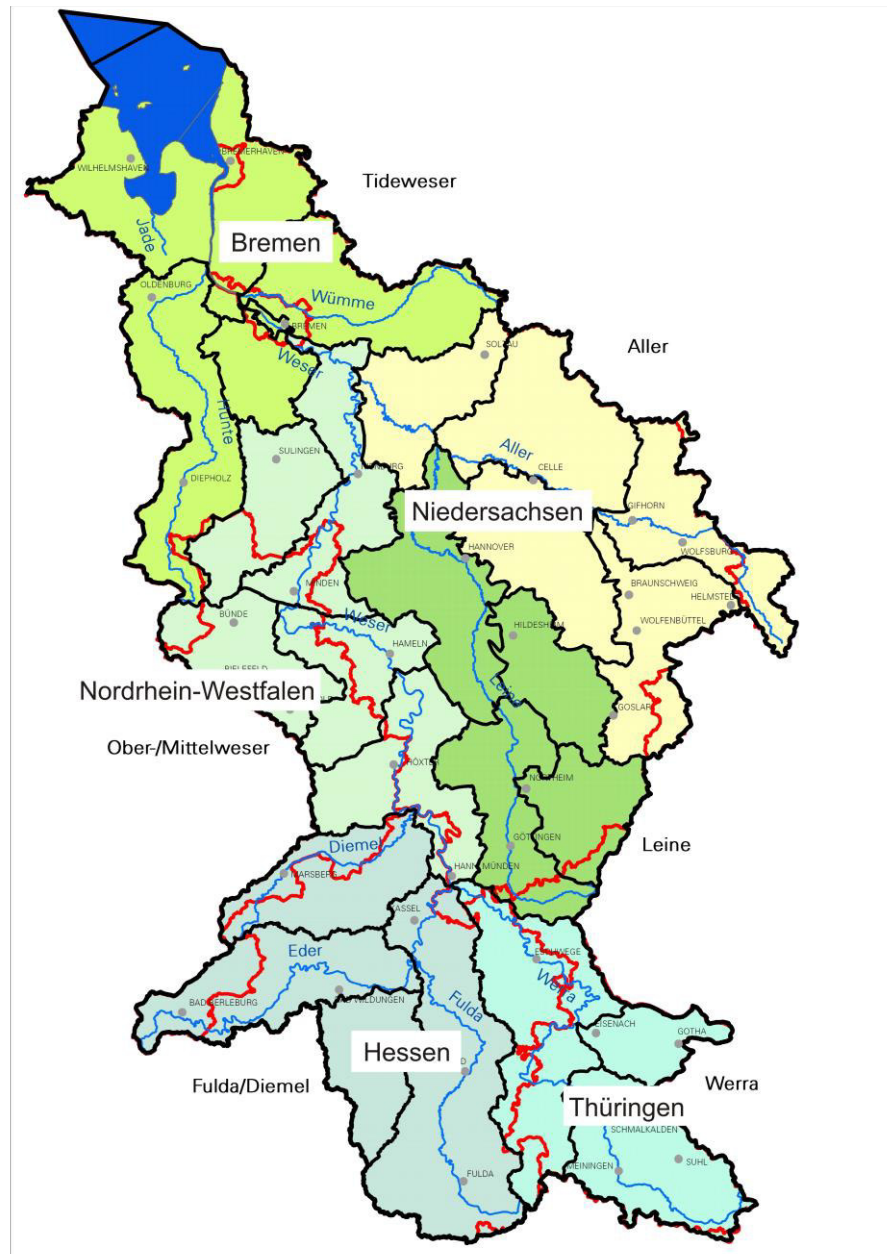
- Bayern,
- Bremen,
- Hessen,
- Niedersachsen,
- Nordrhein-Westfalen,
- Sachsen-Anhalt und
- Thüringen.

Die Weser mit den Teileinzugsgebieten

- Fulda,
- Werra,
- Leine,
- Ober-/Mittelweser,
- Aller und
- der Tideweser

umfasst ein Einzugsgebiet von ca. 49.000 km<sup>2</sup>. Die Gesamtlänge der Fließgewässer beträgt ca. 16.700 km. Das Küstengewässer der Jade (Jadebusen) hat eine Fläche von ca. 190 km<sup>2</sup>. In der Flussgebietseinheit Weser leben insgesamt ca. 9,3 Mio. Einwohner (FGG Weser 2009a).

**Abbildung 6:** Flussgebietseinheit Weser (FGG Weser 2009a)



### 3.1 Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 - Oberflächengewässer

Als Belastungsschwerpunkte der Flussgebietseinheit Weser sind die Belastungen mit Nährstoffen, Schwermetallen und Salz sowie Veränderungen der Gewässermorphologie und der Durchgängigkeit zu betrachten (FGG Weser 2009a). Die Auswirkungen von Maßnahmen auf den ökologischen Zustand bzw. das ökologische Potential der betroffenen Gewässer lassen sich auf Grundlage der verfügbaren Daten nur abschätzen, es ist aber deutlich erkennbar, dass eine Verbesserung des ökologischen Zustands/ökologischen Potentials der Werra und der Weser nur durch eine Verringerung aller Belastungsquellen zu erreichen sein wird. Die positiven Auswirkungen der Verringerung der Salzbelastung sind demzufolge in Verbindung mit den anderen Maßnahmen als Grenznutzung zu betrachten.

#### 3.1.1 Belastung durch Salzeinleitungen

Belastungen durch Salzeinleitungen treten durch punktuelle Einleitungen und diffuse Einträge infolge der Versenkung von salzhaltigem Abwasser und Versickerung von Haldenabwasser in die Werra auf. Aufgrund der Versenkung von Salzabwasser im hessisch-thüringischen Kaligebiet kommt es in Entlastungsgebieten zum Aufstieg von salzhaltigem Mischwasser in den Buntsandstein und den Quartär mit der Folge des Austretens an die Oberfläche.

Die Salzproduktionsgebiete liegen vor allem im hessisch-thüringischen Werragebiet, an der Fulda bei Neuhoof und in Niedersachsen im Aller-Leine-Gebiet. Die für das Flussgebiet Weser relevantesten Produktionsstätten befindet sich an der Werra. Die Veränderung der Chloridkonzentration in der Werra (Pegel Gerstungen) sind für die Zeitraum von 1968 – 2014 in der Abbildung 7 dargestellt. Reduzierungen der Salzabwassermengen wurden in den 1980er Jahren durch die teilweise Umstellung der abwasserintensiven Produktionsverfahren auf die trockene ESTA-Variante (trockene elektrostatische Auftrennung der Rohsalzpartikel) erreicht, was aber eine Erhöhung der trockenen Salzabfallmengen und das Anwachsen der Salzhalden zur Folge hatte.

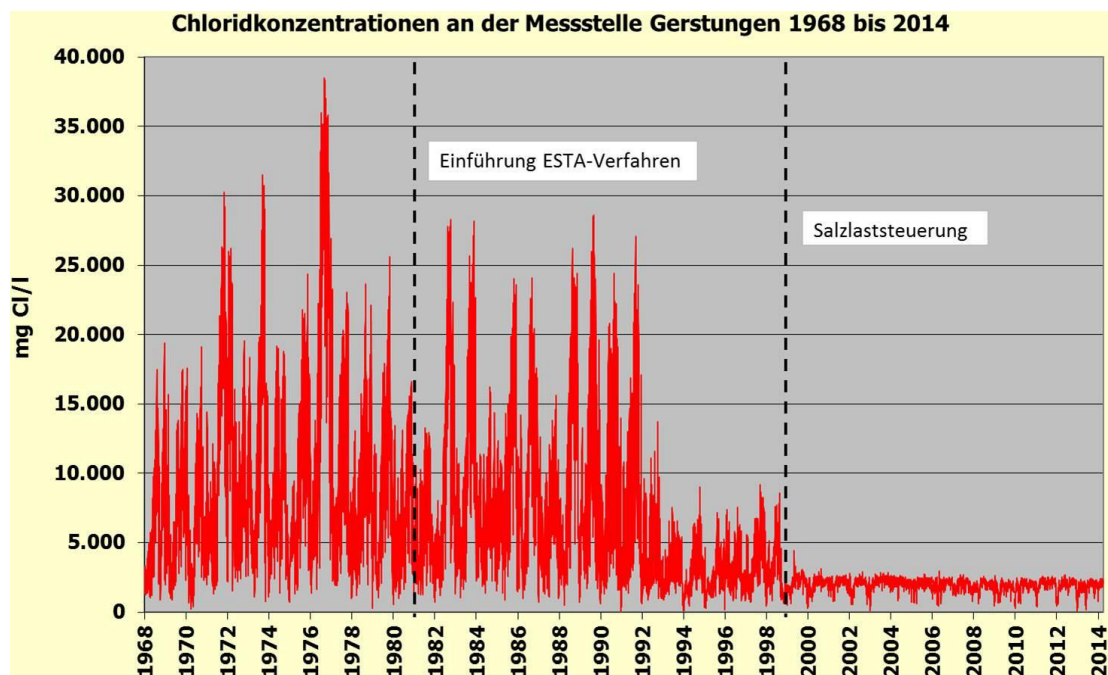


Abbildung 7: Verlauf der Chloridkonzentration von 1968-2014 der Werra am Pegel Gerstungen (FGG Weser 2009a)

Ende des letzten Jahrhunderts konnte nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten durch ein millionenschweres technisches Sanierungskonzept und die Schließung zweier Werke eine deutliche Reduzierung der Einträge erreicht werden. Durch die Errichtung einer abflussabhängigen Salzlaststeuerung in der Werra für die drei verbliebenen Standorte wird seit Mai 1999 am Pegel Gersungen für Chlorid ein Grenzwert von 2.500 mg/l eingehalten. (FGG Weser 2013).

Betrachtet man die ökologischen Auswirkungen innerhalb der Gewässerbiozönose fällt auf, dass sich seit der Verringerung und Vergleichmäßigung der Salzkonzentrationen 1999 der Zustand kontinuierlich verbessert hat. Der Einfluss auf die unterliegenden Wasserkörper ist jedoch immer noch erheblich. Die Salzeinleitungen in die Werra haben Auswirkungen bis nach Bremen.

### 3.1.2 Ökologischer Zustand / Ökologisches Potenzial

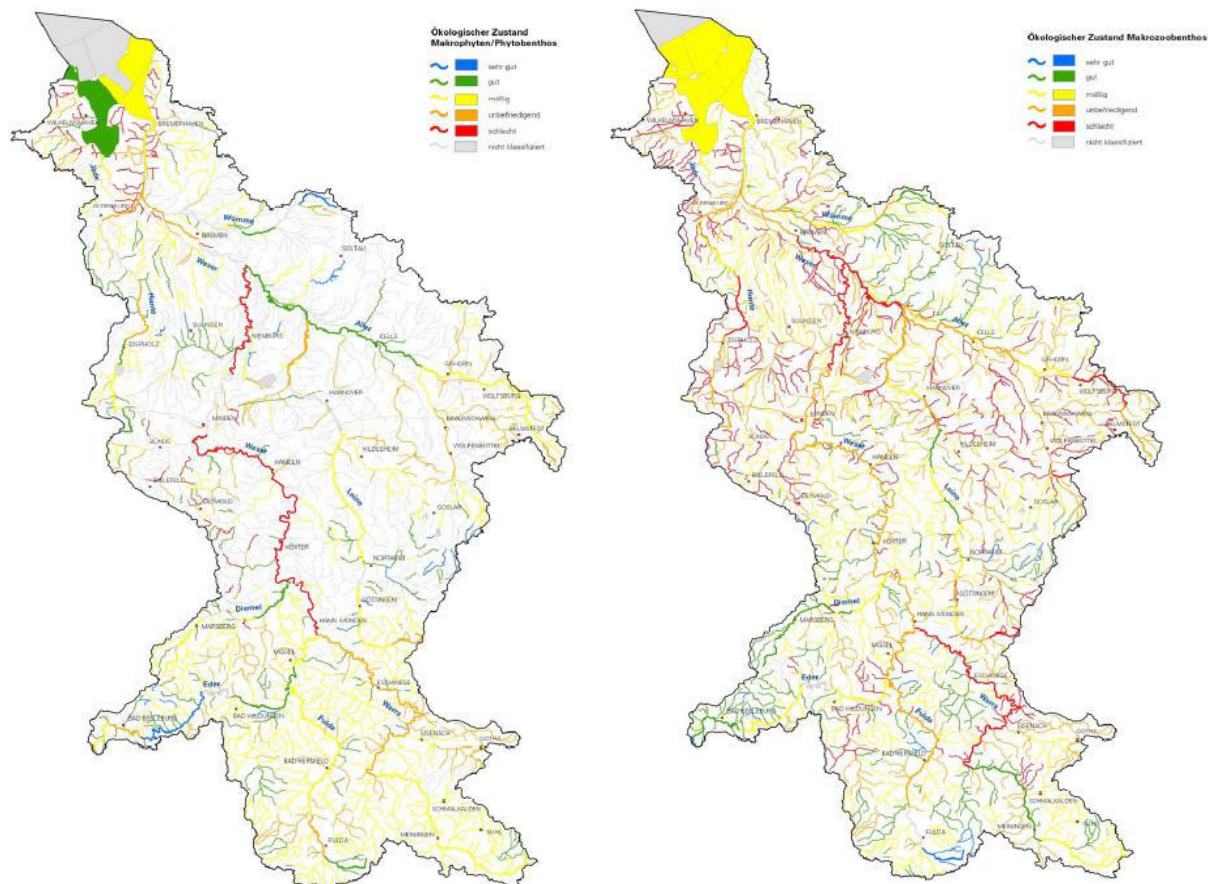
Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial der Oberflächenwasserkörper wird anhand der biologischen, der hydromorphologischen sowie der allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten und der flussgebietsspezifischen Schadstoffe beschrieben. Maßgebend für die Einstufung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials sind die Bewertungen der biologischen Qualitätskomponenten sowie die Einhaltung der Umweltqualitätsnormen bezüglich der flussgebietsspezifischen Schadstoffe. Die biologischen Komponenten umfassen nach Anlage 3 der Oberflächengewässerverordnung die Artenzusammensetzung und Häufigkeit der Gewässerflora, die Artenzusammensetzung der benthischen wirbellosen Fauna (Makrozoobenthos) sowie die Zusammensetzung, Häufigkeit und Altersstruktur der Fischfauna. Hydromorphologische (Wasserhaushalt, Durchgängigkeit, Gewässerstruktur) und chemisch-physikalische Kenndaten werden unterstützend für die Bewertung herangezogen. Die biologische Qualitätskomponente mit der schlechtesten Bewertung bestimmt die Einstufung des ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potentials.

Die Salzkonzentration stellt eine wesentliche Steuergröße für die aquatische Flora und Fauna dar. Entscheidend sind hierbei die Zusammensetzung und Konzentrationen der Salzionen sowie der zeitliche Verlauf von Konzentrationsschwankungen. Eine anthropogen veränderte Ionenzusammensetzung wirkt sich auf verschiedene Organismengruppen wachstumshemmend, sublethal (z.B. Nekrosen an Fischen) oder akut toxisch aus. Reaktionen auf erhöhte Salzkonzentrationen zeigen sich insbesondere bei benthischen Organismen, wie das Makrozoobenthos oder die benthischen Diatomeen. Empfindlich reagieren ebenfalls Fischlarven und Jungfische, wodurch eine erfolgreiche Fortpflanzung von salzempfindlichen Arten vermindert oder sogar vollständig unterbunden wird. Einige Arten zeigen in gewissen Grenzen eine Adaptionsfähigkeit an langsam steigende Salzgehalte, abrupte Veränderungen der Konzentrationen werden jedoch nur von wenigen Spezialisten toleriert. Fließgewässerabschnitte mit erhöhten Salzkonzentrationen können für wandernde Arten physiologische Barrieren zu den Nebengewässern darstellen. Neben diesen biozönotischen Veränderungen können auch Veränderungen der funktionalen Abläufe im aquatischen Ökosystem die Folge sein wie z.B. die Hemmung der bakteriellen Nitrifikation bei Chloridkonzentrationen von mehr als 5.000 mg/l (Neumann, Gaumert, Herbst, & Schilling 1990).

In der Werra und der Weser führte die Versalzung in den 1950er und 1960er Jahren zu einem Verschwinden nahezu aller einheimischen Arten des Makrozoobenthos und einer massiven Beeinträchtigung der Fischfauna (Bäthe 1992). Unter dem bis 1990 wirksamen Salinitätsniveau stellte sich eine artenarme Ersatzlebensgemeinschaft aus euryöken Süß- und Salzwasserarten sowie einigen Brackwasserspezialisten ein, die jedoch in ihrer Artenzahl selbst hinter natürlichen Brackwasserlebensgemeinschaften zurückblieb (ARGE Weser 2000).

Die seit 1999 durch die Salzlaststeuerung erreichte Vergleichmäßigung der Salzkonzentration führte zu einer Neustrukturierung der Lebensgemeinschaften und sukzessiven Zunahme der Artenzahlen

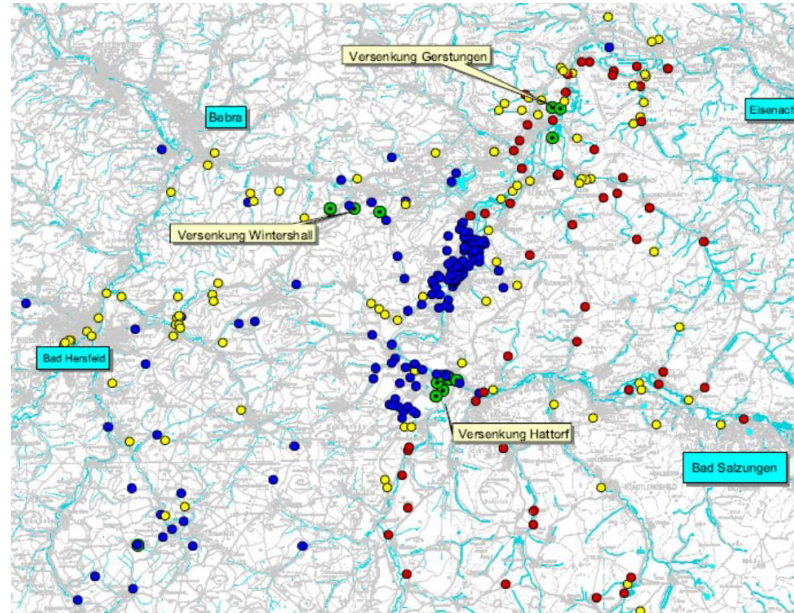
des Makrozoobenthos. Die Werra und Oberweser ist jedoch weiterhin geprägt durch salztolerante Vertreter des Makrozoobenthos, darunter ein hoher Anteil von Neozoen, und der Fischfauna. Nach den Ergebnissen des operativen Monitorings 2009 wiesen die untere Werra und Oberweser einen schlechten ökologischen Zustand bzw. ein schlechtes ökologisches Potential auf. Maßgeblich für die Einstufung waren insbesondere die biologischen Qualitätskomponenten Makrophyten/Phytobenthos und Makrozoobenthos (s. Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Ökologischer Zustand der Oberflächenwasserkörper in der Flussgebietseinheit Werra-Weser 2009 – Makrophyten/Phytobenthos/Makrozoobenthos (FGG Weser 2009a)

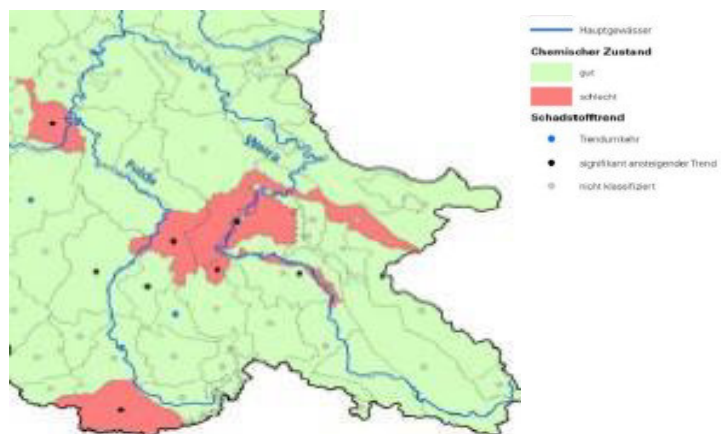
### 3.2 Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 – Grundwasser

In der Flussgebietseinheit Weser spielen punktuelle Belastungen des Grundwassers generell eine untergeordnete Rolle. Regionale Belastungen resultieren aber z.B. aus der Versenkung von Salzabwasser aus der Kaliindustrie. Eindeutig lokalisierbar sind die diffusen, punktuellen und sonstigen Belastungen aus der Einleitung (Versenkung) von Salzabwasser im hessisch-thüringischen Kaligebiet (s. Abbildung 9). Diese Einleitungen konzentrieren sich auf die Produktions- und Haldenstandorte an der Fulda und der Werra, wobei die Hauptbelastung aus den punktuellen Einleitungen des Werkes Werra stammt. Trotz erheblicher Anstrengungen und Sanierungsmaßnahmen in der Vergangenheit ist die Salzbelastung des Grundwassers eines der zentralen Themen im Werra-/Fulda-Einzugsgebiet.



**Abbildung 9: Standorte der Versenkung von salzhaltigem Abwasser und der Grundwasserüberwachung** (RP Kassel 2008)

In der Abbildung 10 ist der chemische Zustand des Grundwassers im Einwirkungsbereich dargestellt. Ein schlechter chemischer Zustand des Grundwassers liegt u.a. im Einwirkungsbereich des Werkes Neuhoof-Ellers südlich der oberen Fulda sowie im Einwirkungsbereich des Werkes Werra an der Werra und der Fulda.



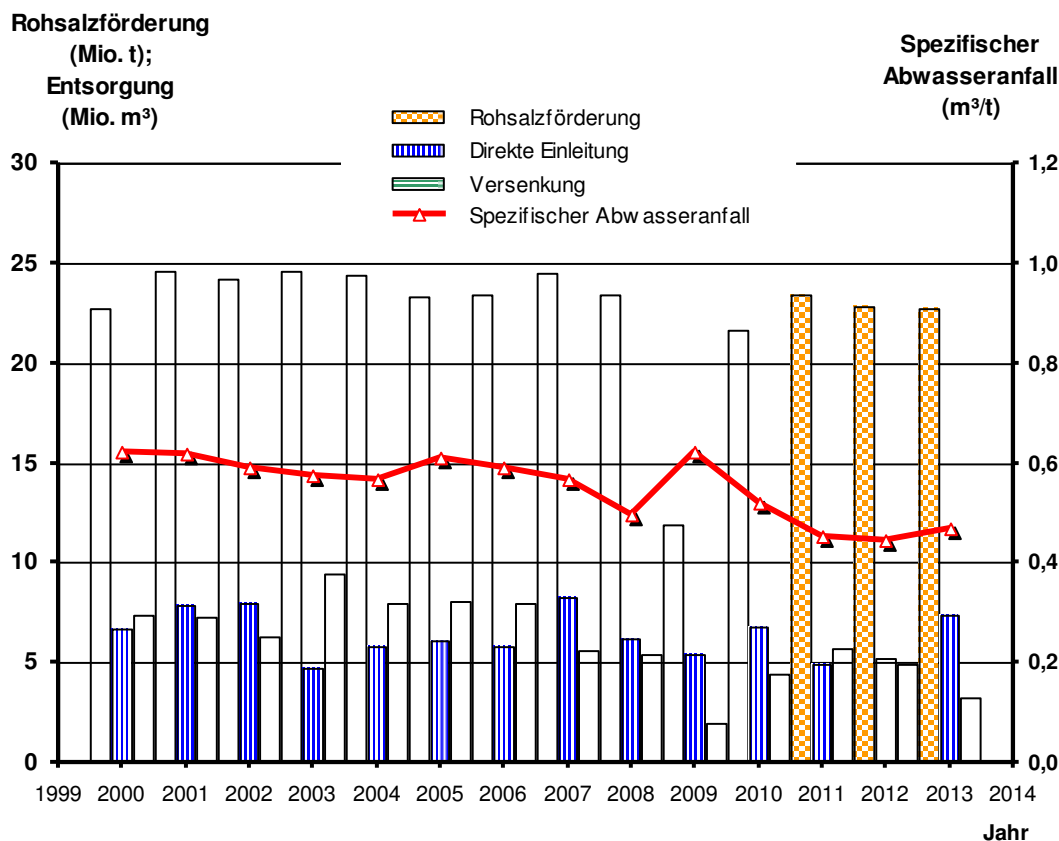
**Abbildung 10: Chemischer Zustand der Grundwasserkörper im Werra-/Fulda-Einzugsgebiet 2009** (FGG Weser 2009a)

### 3.3 K+S – Salzabwasser und Produktion

Die Kali+Salz GmbH fördert in den Werken Werra und Neuhoof-Ellers jährlich etwa 23 Mio. t Rohsalz. In Verbindung mit der Produktion von Salzprodukten und der Aufhaldung fallen etwa 10 – 13 Mio. m<sup>3</sup> salzhaltiges Abwasser an, das direkt in die Werra eingeleitet oder in den Untergrund (Plattendolomit) versenkt wird. Im Zeitraum von 2000 bis 2013 hat sich das Abwasseraufkommen von jährlich 15 Mio.

m<sup>3</sup> auf rund 10 Mio. m<sup>3</sup> verringert (K+S Kali GmbH 2014). Der spezifische Abwasseranfall ist von rund 0,6 m<sup>3</sup>/t Rohsalzförderung im Jahr 2000 auf 0,45 m<sup>3</sup>/t im Jahr 2013 zurückgegangen. Dies wurde vor allem durch innerbetrieblich Maßnahmen („360 Mio. EURO-Paket“) erreicht (s. Abbildung 11).

Ein Teil des salzhaltigen Abwassers wird in den Untergrund versenkt. Dieser Anteil ist abhängig von den Niederschlägen, die sich auf die Wasserführung der Werra auswirken. Je größer der jährliche Abfluss der Werra, umso größer ist die zulässige direkte Einleitung in den Fluss, da die Salzkonzentration an der Einleitestelle begrenzt ist.



**Abbildung 11: Rohsalzförderung, Abwasseranfall und Abwasserentsorgung** (nach Daten aus Schlüter/Waldmann 2013 und K+S Kali GmbH 2014)

## 4 Eckpunkte

In den gemeinsamen Eckpunkten der FGG Weser für den Bewirtschaftungsplan 2015 zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen gem. Artikel 4 bezüglich Salzeinleitungen sind die Anforderungen an die Versenkung und Einleitung von salzhaltigem Abwasser in die Werra am Pegel Gerstungen zusammengefasst (FGG Weser 2013b). In den wasserrechtlichen Bescheiden ist die Versenkung bis zum 30.11.2015 befristet. Das zulässige Volumen und die Grenzwerte der Gewässerbelastung an der Einleitestelle sollen schrittweise abgesenkt werden. Die Einleitung in die Werra ist bis zum 30.11.2020 befristet (s. Tabelle 2).

**Tabelle 2: Anforderungen an die Versenkung und Einleitung von salzhaltigem Abwasser in die Werra (FGG Weser 2013b)**

Versenkung		Einleitung in die Werra (Pegel Gerstungen)		
Zeitraum	Maximales Volumen [Mio. m <sup>3</sup> /Jahr]	Zeitraum	Maximales Volumen [Mio. m <sup>3</sup> /Jahr]	Grenzwerte der Belastung an der Einleitestelle
01.12.2001 - 30.11.2013	6,0	01.12.2001 - 30.11.2013	10,0	Gesamthärte: 90 <sup>0</sup> dH Chlorid: 2.500 mg/l Kalium: 200 mg/l Magnesium: 340 mg/l
01.12.2013 - 30.11.2015	4,5	01.12.2013 - 30.11.2015	9,0	
		01.12.2015 - 30.11.2017	8,0	Chlorid: 2.100 mg/l Kalium: 180 mg/l Magnesium: 295 mg/l
		01.12.2017 - 30.11.2019		Chlorid: 1.900 mg/l Kalium: 170 mg/l Magnesium: 270 mg/l
		01.12.2019 - 30.11.2020		Chlorid: 1.700 mg/l Kalium: 150 mg/l Magnesium: 230 mg/l

Zielstellung der FGG Weser ist es,

- basierend auf den zur Salzbelastung und deren Reduzierung vorliegenden Erkenntnissen,
- unter Einbeziehung der Studien und Ergebnisse des Runden Tisches,
- unter Berücksichtigung des seitens der Kommission zum Bewirtschaftungsplan 2009 aufgezeigten Handlungsbedarfs und
- unter Berücksichtigung der sozioökonomischen Bedeutung des Kalibergbaus für die Region

eine den rechtlichen Anforderungen des Art. 4 der WRRL entsprechende, innerhalb der Flussgebietsgemeinschaft Weser koordinierte und harmonisierte Ableitung der in den 2. Bewirtschaftungsplan einzustellenden Umweltziele und Maßnahmen für die von Salzbelastungen betroffenen Wasserkörper vorzunehmen (FGG Weser 2013b).

Als Orientierungsrahmen für die Bewertung möglicher Maßnahmen (Szenarien) wurden von der FGG Weser Wertebereiche (90-Perzentilwerte) der Salzbelastung der Gewässer aufgegriffen (s. Tabelle 3), die im Rahmen des Runden Tisches erarbeitet worden waren. Hierbei zieht die FGG Weser die Werte der Stufe 2 (90tes Perzentil) als Richtwerte für die Erreichung des guten Zustands heran.

**Tabelle 3: Wertebereiche (90-Perzentil-Werte) der Salzbelastung für Chlorid, Kalium und Magnesium und ihre ökologische Bedeutung – Kategorisierung des Runden Tisches (FGG Weser 2013b)**

Stufe	Bezeichnung	Chlorid [mg/l]	Kalium [mg/l]	Magnesium [mg/l]
I	Natürliche Hintergrundwerte	< 75	< 5	< 20
II	Wertebereiche für Lebensbedingungen naturnaher Lebensgemeinschaften	75 bis 300	5 bis 20	20 bis 30
III	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen sensible Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	300 bis 1.000	20 bis 80	30 bis 100
IV	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen robustere Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	1.000 bis 2.500	80 bis 150	100 bis 180
V	Wertebereiche für durch Salzbelastung geprägte Lebensgemeinschaften	> 2.500	> 150	> 180

## 5 Methodische und fachliche Grundlagen

### 5.1 Die Öko-Effizienz-Analyse

#### 5.1.1 Bewertung von Maßnahmenoptionen des Gewässerschutzes mit der Öko-Effizienz-Analyse

Öko-Effizienz-Analysen (ÖEA) verbinden Umwelteffekte mit wirtschaftlichen Effekten. Grundsätzlich ist die ÖEA ein vielgestaltiges Instrument, das an die jeweils spezifischen Rahmenbedingungen angepasst werden muss<sup>2</sup>. Die im Folgenden herangezogene Methode nimmt Bezug zur Öko-Effizienz-Analyse, wie sie in der DIN ISO 14045 (DIN 2012) beschrieben wird. Diese Methode wird häufig für den Vergleich von Produkten genutzt und stellt den Produktnutzen mit den (i.d.R. negativen) Umweltleistungen in Beziehung. Ein Produkt ist dann ökoeffizienter als ein anderes, wenn es einen höheren Nutzen bei gleichen Umweltleistungen aufweist bzw. wenn es bei gleichem Produktnutzen bessere Umweltleistungen zeigt.

Wichtige Arbeitsschritte zur Erstellung einer Öko-Effizienz-Analyse sind hierbei nach DIN ISO 14045:

1. die Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens der Analyse sowie der funktionellen Einheit, um die Wirkungen vergleichbar zu machen
2. die Umweltbewertung und die Bewertung des Produktnutzens
3. die Quantifizierung der Ökoeffizienz
4. Auswertung inklusive Qualitätssicherung (Sensitivitätsanalyse)

Bei Anwendung der Öko-Effizienz-Analyse auf die Maßnahmenoptionen zur Verbesserung der Gewässerkonzentration ergeben sich Änderungen gegenüber dem soeben vorgestellten und typischen Beispiel einer produktbezogenen Öko-Effizienz-Analyse.

- Die zentrale Umweltleistung, die zur Bewertung ansteht, ist die Gewässerqualität in Werra/Weser. Diese wird im Folgenden auch als Output bezeichnet und soll durch die Maßnahmenoptionen möglichst gesteigert werden, indem die Salzkonzentration verringert wird.
- Zur Verbesserung der Gewässerqualität müssen wirtschaftliche Nachteile in Kauf genommen werden – dies sind die Gesamtkosten der Maßnahmen. Da sie notwendig sind, um die Gewässerqualität zu verbessern, werden sie im Folgenden als Input bezeichnet.
- Darüber ergeben sich auch weitere, vermutlich negative Umweltleistungen, die mit den Maßnahmen verbunden sind; beispielsweise der Energiebedarf der Pipelines und die damit verbundene Treibhauswirkung. Im volkswirtschaftlichen Verständnis werden diese Wirkungen auch als externe Effekte bezeichnet, aus dem Blickwinkel der Öko-Effizienz-Analyse stellen sie (negative) Umweltleistungen dar. Diejenigen Umweltleistungen, die im Rahmen einer Ökobilanz der Maßnahmen erfasst werden können, werden ebenfalls als Input in die Öko-Effizienz-Analyse einbezogen, da sie zur Verbesserung der Gewässerqualität notwendig sind.

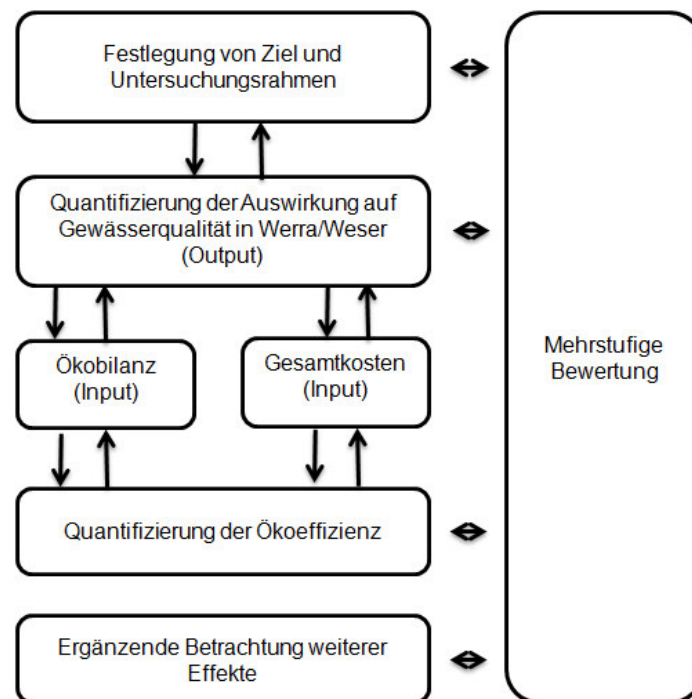
Somit werden im Folgenden einem Output (der Gewässerqualität) zwei Inputs gegenübergestellt – die wirtschaftlichen Gesamtkosten und die ökobilanziellen Wirkungen der Maßnahmen.

Darüber hinaus treten weitere bewertungsrelevante Effekte auf. Hierzu zählen regionalwirtschaftliche Wirkungen der Maßnahmenoptionen, Flächeneffekte oder Auswirkungen auf das Grundwasser/Trinkwasser. Diese werden ergänzend mit betrachtet.

---

<sup>2</sup> Vgl. z. B. World Business Council for Sustainable Development (2000); Saling et al. (2002); Fet (2003); Bengtson (2004); Aoe (2006); Huppel (2007); Huppel/Ishikawa (2007)

Die entsprechende Vorgehensweise der Öko-Effizienz-Analyse ist in Abbildung 12 dargestellt.



**Abbildung 12: Anpassung des methodischen Bewertungsansatzes der Öko-Effizienz-Analyse an die spezifische Fragestellung (nach DIN ISO 14045)**

Im Ergebnis lassen sich mit der Öko-Effizienz-Analyse folgende zentrale Aussagen generieren:

1. Die Gewässerqualität lässt sich mit den Gesamtkosten in Beziehung setzen und Aussagen zur Kosteneffizienz im engen Sinne ableiten
2. Die Gewässerqualität kann mit der Ökobilanz in Beziehung gesetzt und hierdurch Aussagen zur relativen Treibhausgasemissionen je Gewässerverbesserung abgeleitet werden
3. Die Gewässerqualität lässt sich zugleich mit beiden Inputs in Beziehung setzen und die ökoeffizienteste Lösung im Sinne der Minimierung sowohl der Kosten als auch der Treibhauswirkung je Gewässerverbesserung ausarbeiten.

Um die Maßnahmenoptionen miteinander vergleichen zu können, müssen sie auf eine funktionelle Einheit – d.h. einen gemeinsamen Nenner – bezogen werden. Zum einen bildet das gesamte betrachtete Flussgebiet (Werra/Weser) eine funktionale Einheit. Die Maßnahmenoptionen können daran verglichen werden, welche Gewässereffekte sie für das Flussgebiet bewirken (Effektivität), es lassen sich weiterhin die Effizienzwerte zwischen Output und jeweils einem Input darstellen. Für die umfassende Öko-Effizienz-Bewertung wird der Output selber als funktionelle Einheit herangezogen. Hierdurch lassen sich die Maßnahmenoptionen daran vergleichen, welche Kosten und Treibhauswirkung zur Erreichung von einem Kilometer Fluss mit gutem Zustand notwendig sind.

### 5.1.2 Bewertung der Verhältnismäßigkeit und der Zumutbarkeit mit der Öko-Effizienz-Analyse

Die Bewertung der Verhältnismäßigkeit der Kosten für die erzielten positiven Effekte der unterschiedlichen Maßnahmen erfolgt in Anlehnung an die einschlägigen Dokumente, die bei wasserwirtschaftlichen Maßnahmen, insbesondere bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu beachten sind:

- Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) - CIS (2003): Guidance Document No 1 – Economics and the Environment. WATECO Working group 2.6, 2003
- Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) - CIS (2009): Guidance Document No 20 – Guidance document on exemptions to the environmental objectives. Technical report – 2009-027
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – LAWA (2003): Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasser-rahmenrichtlinie
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – LAWA (2012): Handlungsempfehlungen für die Ableitung und Begründung weniger strenger Bewirtschaftungsziele, die den Zustand der Wasserkörper betreffen.

Sie werden durch die Auswertung wissenschaftlicher Publikationen ergänzt. Hierauf aufbauend werden die Kriterien zur Beurteilung der Verhältnismäßigkeit zusammengefasst. Dies sind:

- Das Verhältnis von gesellschaftlichen Kosten und Nutzen
- Der Vergleich von Kosten der Maßnahmen mit den Kosten anderer, vergleichbarer Maßnahmen
- Die Zumutbarkeit von Kosten

Dann wird erläutert, wie die ÖEA genutzt werden kann, um die Verhältnismäßigkeit zu bewerten.

#### 5.1.2.1 Bewertung der Verhältnismäßigkeit der Kosten

Unverhältnismäßige Kosten sind im Artikel 4.4 und 4.5 der EU-WWRL als Begründungstatbestand aufgeführt, um den Zeitpunkt zur Erreichung des guten Zustands zu verschieben bzw. um weniger strenge Umweltziele zu definieren. Die FGG Weser verfolgt in diesem Zusammenhang zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen bzgl. Salzeinleitungen ein mehrstufiges Vorgehen (FGG Weser 2013b):

Phase 1: Festlegung der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen

Phase 2: Entscheidung der Verhältnismäßigkeit

Phase 3: Alternativenprüfung, falls für einen oder mehrere Wasserkörper entweder Zielerreichung mit keiner Maßnahmenkombination möglich ist oder mögliche Maßnahmenkombinationen als nicht verhältnismäßig eingeschätzt werden

Phase 4: Ableitung der Umweltziele und Maßnahmen

Phase 5: Transparente Darstellung der Ergebnisse

Zur inhaltlichen Untersetzung der Unverhältnismäßigkeitsprüfung stehen insbesondere vier Dokumente zur Verfügung.

Die zur Unterstützung des Prozesses seitens der EU erarbeiteten Dokumente CIS (2003) und CIS (2009) benennen zum Tatbestand unverhältnismäßiger Kosten folgende Kernaussagen: „Die Bewertung von Unverhältnismäßigkeit ist eine politische Bewertung, die auf ökonomischen Informationen beruht. Unverhältnismäßigkeit beginnt nicht an dem Punkt, an dem die gemessenen Kosten den quantifizierbaren Nutzen übersteigen. Qualitative Kosten und Nutzen sind in die Bewertung ebenso einzubeziehen wie die quantitative. Die Spanne, mit der die Kosten den Nutzen übersteigen, soll erheblich sein und eine hohe statistische Sicherheit aufweisen.“

Im Kontext der Unverhältnismäßigkeit können die Entscheidungsträger auch die Zahlungsfähigkeit derjenigen betrachten, die durch diese Maßnahmen belastet werden.

Auf nationaler Ebene führen zwei Dokumente der LAWA Details zur Verhältnismäßigkeitsprüfung auf. Die LAWA (2012) führt im Hinblick auf die zur Verhältnismäßigkeitsabwägung aus, dass eine derartige Prüfung durch eine Bewertung der Relation von Kosten und Nutzen oder durch Kostenvergleiche erfolgen kann, die sich stützt

- z. B. auf eine nicht-monetäre Kosten-Nutzen-Analyse,
- auf Kosten-Maßstäbe für anteilige Zielerreichung (z.B. Kosten in Abhängigkeit der Zielerreichung; z.B. Reinigungsstufe bei allen Kläranlagen oder nur ab einer bestimmten Ausbaugröße) oder
- auf Erfahrungswerte über „verhältnismäßige Kosten“ bestimmter Maßnahmen und Festlegung eines Multiplikators in Abhängigkeit vom Nutzen (z.B. 2-facher Wert der üblicherweise mittleren Kosten der erforderlichen Maßnahme, Steigerung der bisherigen Kostenbelastung des Maßnahmenträgers durch die Maßnahmenkosten um 30% etc.).

Das Dokument LAWA (2009), das die Verhältnismäßigkeit stärker im Bezug zu Artikel 4.4 EU-WRRL (Fristverlängerung) prüft, führt folgende methodische Ansätze auf:

- Als Bewertungsmaßstäbe werden der Vergleich von Kosten und Nutzen der Maßnahmen sowie die finanzielle Belastbarkeit derjenigen gesehen, die die Kosten tragen.
- Als Instrumente zur Begründung können z. B. Kosten-Nutzen-Analysen, Kostenverteilung, soziale/ sektorale Auswirkungen, Erschwinglichkeit oder Kostenwirksamkeit (LAWA 2009) genutzt werden.
- Als Alternative werden auch qualitative Nutzen-Kosten-Bewertungen empfohlen.
- Zur Auswahl geeigneter methodischer Ansatzpunkte wird auf eine Reihe von Ansätzen verwiesen. Beispielsweise auf
- die „Empirische Methode“ zur Beschreibung von Zumutbarkeitsgrenzen, wie den Vergleich von Kosten und Belastungen der Kostenträger vor bzw. nach Umsetzung der Anforderung der WRRL, die Ermittlung der Zahlungsbereitschaft der Kostenträger oder die Bestimmung von (Kosten oder Kosten-Wirksamkeits-Schwellenwerten zur Identifikation eines verhältnismäßigen Finanzvolumens;
- die „Volkswirtschaftliche Methode“, bei der volkswirtschaftliche Kenngrößen, wie das BIP, das Pro-Kopf-Einkommen, die Pro-Kopf-Verschuldung etc. zur Charakterisierung von Zumutbarkeitsgrenzen herangezogen werden;
- die „Wasserwirtschaftliche Methode“, bei der ökologische Wirkungen zur Ableitung der Schwellenwerte berücksichtigt werden, so durch Nutzung von ökologisch begründeten Schwellenwerten (z. B. im Hinblick auf die Beurteilung von Maßnahmen zur Durchgängigkeit für Fische), die Beschränkung auf Schwerpunktgewässer mit hoher ökologischer Wirksamkeit oder fehlenden stofflichen Problemen sowie die Konzentration auf Wasserkörper mit hoher Erfolgswahrscheinlichkeit.

Die Öko-Effizienz-Analyse dient der strukturierten Informationsbereitstellung für die Entscheidungsträger im Hinblick auf die Ableitung effizienter Maßnahmen sowie zur Vorbereitung der Verhältnismäßigkeitsprüfung. Dies erreicht sie durch folgende Aussagen und Eigenschaften der Ergebnisse:

- Quantifizierung der Nutzen- und Kostenwirkungen zu den Maßnahmenoptionen, dies erfolgt monetär und nicht monetär. Bei der Monetarisierung wird die Vergleichbarkeit mit Nutzen-Kosten-Analysen durch die Anwendung von Wohlfahrtsindikatoren gewährleistet;
- Berücksichtigung von „Externen Effekten“. Dies erfolgt im Rahmen des Gutachtens aus pragmatischen Gründen quantitativ und qualitativ, aber nicht monetär;
- Strukturierte Zuordnung der Nutzen und Kosten zu den Maßnahmenoptionen, so dass die Nutzen und Kosten miteinander verglichen werden können;

- Darstellung der Effektivität der Maßnahmen im Hinblick auf Hauptnutzen, der Salzentlastung der Werra/Weser;
- Darstellung von Effizienzmaßen, so dass effiziente Maßnahmenoptionen herausgearbeitet werden können;
- Offenlegung des Bedarfs von gesellschaftlichen Akzeptanzkurven bei Zielkonflikten im Hinblick auf die berücksichtigten Effekte.

Aufgrund dieser Bandbreite an pragmatisch aufbereiteten Informationen sind die Maßnahmenoptionen den oben aufgeführten Ansätzen zur Bewertung der Verhältnismäßigkeit zugänglich.

Grundsätzlich ist die Bewertung der Verhältnismäßigkeit eine politische Entscheidung, für die im Rahmen der vorliegenden Öko-Effizienz-Analyse durch adäquate Informationsbereitstellung, d.h. Quantifizierung der positiven und negativen Wirkungen und Diskussion sowie Anwendung von möglichen Bewertungsmaßstäben vorbereitet wird.

#### *5.1.2.2 Bewertung der Zumutbarkeit der Kosten*

Die Bewertung der Zumutbarkeit muss die Rahmenbedingungen und Präferenzen der Maßnahmen- und Entscheidungsträger berücksichtigen. Ein wesentlicher Indikator der Bewertung der Zumutbarkeit ist die Belastung, die in Form von Kosten, organisatorischem Aufwand und gesellschaftlicher Akzeptanz auftreten.

- Indikatoren der Belastung (Kosten; Organisation; Akzeptanz)

Die Bewertung der Zumutbarkeit der Kosten erfordert ein Finanzierungskonzept der Maßnahmen, in dem das „Verursacherprinzip“ und die spezifischen Interessen berücksichtigt werden. Dabei überschneiden sich betriebswirtschaftliche, volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Anforderungen und Prioritäten.

Auch die Bewertung der Zumutbarkeit ist eine politische Entscheidung. Die Öko-Effizienz-Analyse bietet wiederum eine systematische Informationsgrundlage für die Bewertung der Zumutbarkeit und wendet beispielhaft mögliche Bewertungsmaßstäbe an.

#### *5.1.3 Vergleich des Ansatzes der Öko-Effizienz-Analyse mit dem Ansatz der Nutzen-Kosten-Analyse*

Die Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) stellt einen pragmatischen Ansatz der Bewertung komplexer Maßnahmen-Wirkungs-Zusammenhänge dar und weist gegenüber anderen Ansätzen der Bewertung, z.B. der Nutzen-Kosten-Analyse (KNA), Vorteile auf. Generell ähneln sich beide Ansätze dahingehend, dass positive und negative Wirkungen im Sinne der Maßnahmen identifiziert und quantifiziert werden. Zugleich zielen beide Ansätze auf eine Effizienz-Aussage und suchen nach den Maßnahmen, bei welchen das Verhältnis aus positiven und negativen Effekten am größten ist, bzw., bei denen die Kosten die positiven Effekte nicht zu deutlich übersteigen (Verhältnismäßigkeit).

Bei der Nutzen-Kosten-Analyse erfolgt jedoch mit der Monetarisierung zugleich die Nutzung von Bewertungsmaßstäben, die sich logisch von der Zahlungsbereitschaft und -fähigkeit der Menschen ableiten. Dahinter stehen letztendlich die Präferenzen und Werturteile der Bürger. Trotz ihrer theoretischen Stringenz kommt die Nutzen-Kosten-Analyse an ihre Grenzen, wenn es zum Beispiel um die Bewertung von Effekten geht, die sich in ihren Konsequenzen den Bürgern nicht oder nur teilweise erschließen. Die Bewertung einer veränderten Salzkonzentration im Gewässer ist so ein Beispiel, da die Einschätzung der Nutzenwirkung durch eine verringerte Salzkonzentration auch Expertenwissen einbeziehen muss. Weiterhin ergeben sich Legitimationsprobleme dieses Ansatzes, wenn parallel zu

den Zahlungsbereitschaften auch gesellschaftlich vorgeschriebene Bewertungsmaßstäbe vorhanden sind, die von den politischen Entscheidungsträgern genutzt werden müssen.

Die Öko-Effizienz-Analyse ist demgegenüber freier in der Wahl geeigneter Bewertungsindikatoren und Bewertungsmaßstäbe. Sie kann monetäre und nicht-monetäre Indikatoren nutzen und kombinieren. Sie kann das Kriterium der gesellschaftlichen oder individuellen Zahlungsbereitschaft in Form der Beurteilung der „Verhältnismäßigkeit“ und der „Zumutbarkeit“ als Bewertungsmaßstab nutzen. Die Methode kann aber auch andere geeignete gesellschaftliche und betriebswirtschaftliche Bewertungsmaßstäbe heranziehen, um die Trade-offs zwischen den Effekten aufzulösen. Insofern erfordert die Öko-Effizienz-Analyse die explizite Darlegung der Bewertungsmaßstäbe und Akzeptanzkurven, lässt aber ansonsten Freiheit bei der Wahl dieser Bewertungsmaßstäbe, so dass geeignete Bewertungsmaßstäbe auch für Effekte gefunden werden können, die nicht als Zahlungsbereitschaften abzubilden wären.

## 5.2 Bewertungsansatz

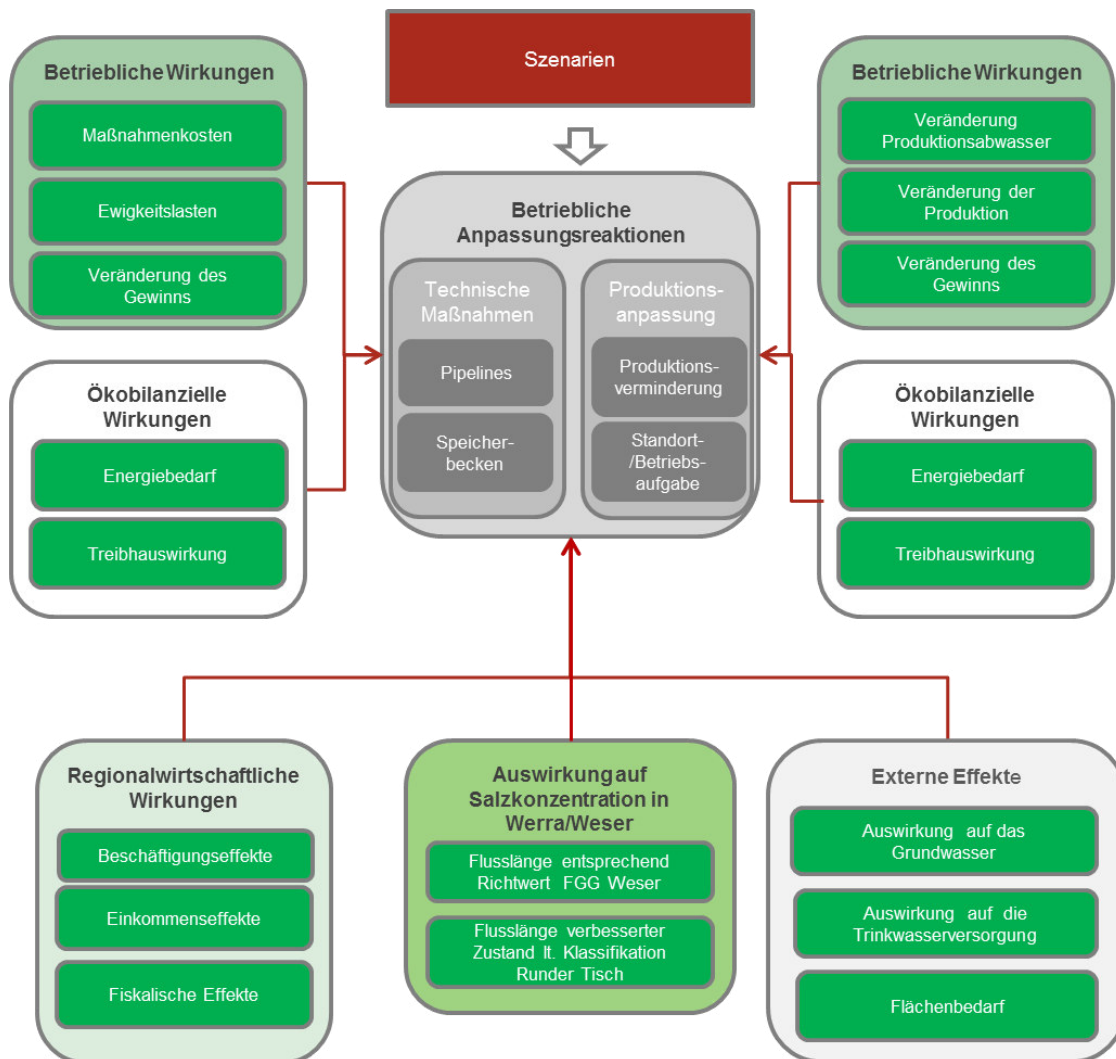
Die Bewertung der Maßnahmenoptionen erfolgt mit Hilfe von Szenarien. Die Szenarien umfassen neben möglichen Maßnahmenoptionen weitere Festlegungen zu verschiedenen bewertungsrelevanten Aspekten. Im folgenden Kapitel werden daher die Bewertungsansätze beschrieben sowie das methodische Vorgehen zur Quantifizierung und Bewertung der Effekte.

### 5.2.1 Überblick über den Bewertungsansatz

#### 5.2.1.1 Bewertete Effekte – Überblick

Der szenariobezogene Bewertungsansatz geht von den betrieblichen Anpassungsreaktionen beim Werk Werra auf die Szenarien aus. Diese manifestieren sich in betrieblichen Wirkungen (Veränderung des Gewinns, Maßnahmenkosten und Ewigkeitslasten auf der einen Seite und den ökobilanziellen Wirkungen (Energiebedarf und Treibhauswirkung) andererseits. Darüber hinaus ergeben sich aus den Anpassungsreaktionen die beabsichtigten Auswirkungen auf die Salzkonzentration in Werra/Weser. Hierbei wird auf den Richtwert der FGG Weser abgestellt (Flusslänge entsprechend Richtwert FGG Weser) und auf die erzielten Verbesserungen (Flusslänge mit Verbesserungen entsprechend Klassifikation des Runden Tisches) Bezug genommen.

Zusätzlich werden die regionalwirtschaftlichen Wirkungen sowie externe Effekte im Hinblick auf Grund- und Trinkwasser sowie in Bezug auf Flächeninanspruchnahme berücksichtigt.



**Abbildung 13: Überblick über die bewerteten Effekte der Szenarien**

### 5.2.1.2 Das Konzept der Rückwärts-Vorwärts-Rechnung zur Bewertung der szenarienbezogenen Effekte

Zur Quantifizierung der szenarienbezogenen Effekte wurde mit der Rückwärts-Vorwärts-Rechnung ein methodischer Ansatz gewählt (Abbildung 14), der sich eng an die realen Interaktionen zwischen Wasserbehörden und K+S anlehnt. Die Szenarien orientieren sich an den wasserrechtlichen Genehmigungen, indem die an der Einleitstelle einzuhaltenden Salzkonzentrationen im Gewässer sowie die durchschnittlichen Einleitmengen festgelegt werden. Hierbei erfolgen die Festlegungen zu den Salzkonzentrationen für die drei Leitionen Chlorid, Magnesium und Kalium separat.

Diese Vorgaben wirken auf das Handeln von K+S zurück und lösen dort Anpassungsreaktionen an diese Vorgaben aus. Dies können Pipelines als technische Maßnahmen sein oder Produktionsanpassungen, um die Abwassermenge zu reduzieren. Um die Wirkung der Anpassungsreaktionen zu quantifizieren müssen gegebenenfalls weitere Annahmen zu den technischen Betriebsbedingungen getroffen werden.

Aufgrund der Anpassungsmaßnahmen von K+S verändern sich die Salzeinleitungen in die Gewässer und ziehen Veränderungen bei den szenarienspezifischen Salzkonzentrationen in Werra/Weser nach

sich. Zugleich verursachen die Anpassungsreaktionen wirtschaftliche Wirkungen für den Betrieb und für die Region sowie weitere Umweltwirkungen. Diese Punkte werden im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse quantifiziert und im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung den Auswirkungen auf den Gewässerzustand gegenübergestellt.

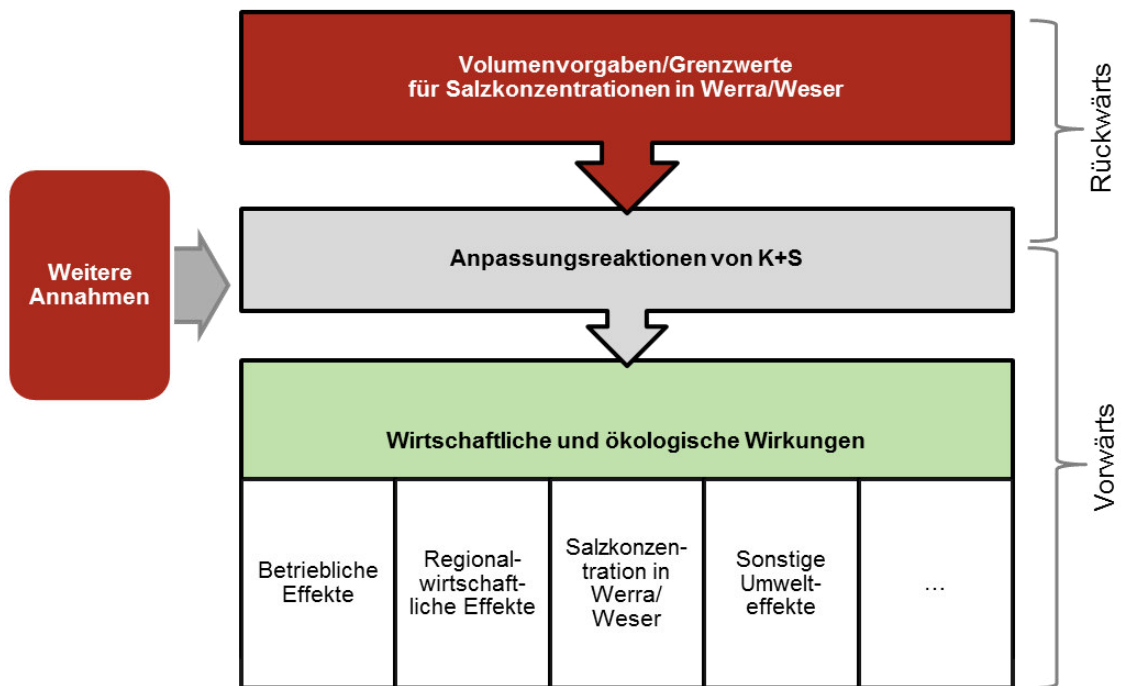
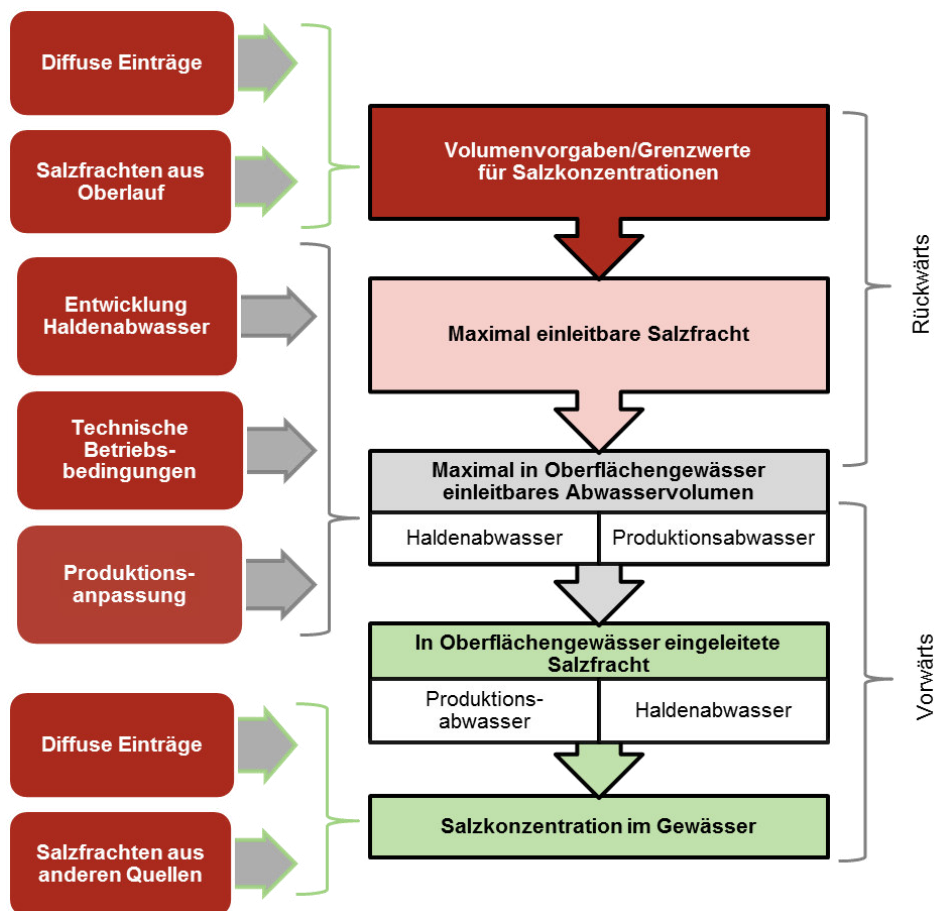


Abbildung 14: Grundprinzip der Rückwärts-Vorwärts-Rechnung

### 5.2.2 Bewertung der Salzeinträge in die Werra/Weser

Um die Ökoeffizienz der unterschiedlichen Maßnahmen auswerten und miteinander vergleichen zu können, wurde ermittelt, inwieweit sie dazu beitragen, die Werra und die Weser von Salzeinträgen aus dem Werk Werra zu entlasten. Die Bewertung beruht auf der Modellierung der Salzkonzentration am Einleitort und über den gesamten Gewässerlauf und (SYDRO Consult 2014). Hierbei wurde auf dem Rückwärts-Vorwärts-Ansatz aufgebaut (Abbildung 13).

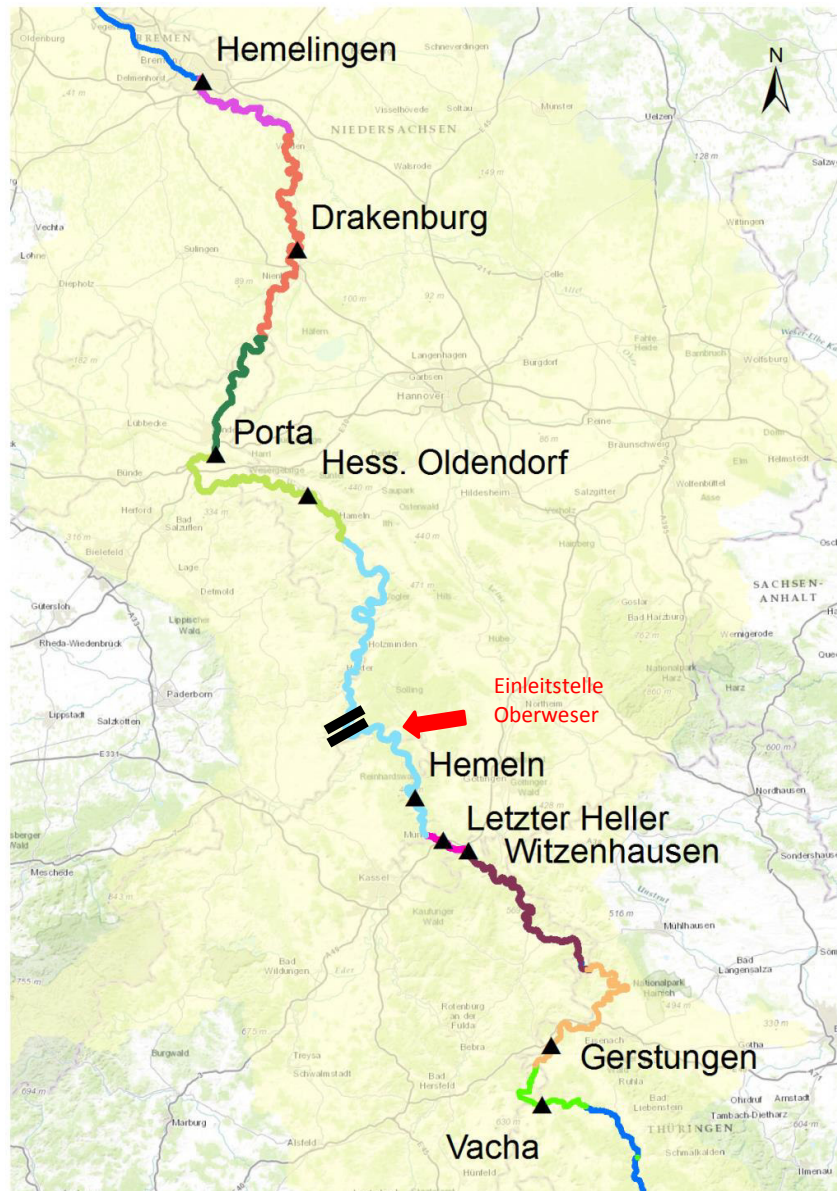


**Abbildung 15: Überblick Rückwärts-Vorwärts-Rechnung**

Aus den szenarienspezifischen Vorgaben für die einzuhaltenden Salzkonzentration bezüglich Chlorid, Kalium und Magnesium wurden zuerst die **maximal durch K+S einleitbaren Salzfrachten** unter Berücksichtigung der diffusen Einträge am Einleitort bestimmt (SYDRO Consult 2014).

Im zweiten Schritt wird für jeden Salzparameter separat das **maximal in die Oberflächengewässer einleitbare Abwasservolumen** ermittelt. Hierzu wurden die szenarienspezifischen Halden- und Prozessabwassermengen sowie deren unterschiedliche durchschnittliche Salzkonzentration der drei Salze berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass das gefasste Haldenabwasser als unveränderliche Bilanzgröße anfällt.

Nach dem Prinzip des limitierenden Faktors, wird aus den salzspezifisch einleitbaren Abwasservolumen für die drei Salze das niedrigste Volumen herangezogen, um **die in die Oberflächengewässer eingeleitete Salzfracht** (Entsorgungskapazität) zu ermitteln. Aus diesem „limitierenden“ Volumen, wird dann die tatsächliche Fracht und Salzkonzentration am Einleitort berechnet (s. Abbildung 16). Die Modellierung ergibt dann die Salzkonzentration für den jeweiligen Flusskörper (SYDRO Consult 2014ab).



**Abbildung 16: Wasserkörper und Pegel am Werra/Oberweser Verlauf (SYDRO Consult 2014)**

Anhand der Modellierung wird jeder Flusskörper in der FGG Weser Klassifikation nach dem Prinzip des limitierenden Faktors eingeordnet; wenn die Salzkonzentration für Chlorid dem Richtwert entspricht, sich aber für Kalium oder Magnesium die Gewässergüteklasse 3 ergibt, wird der Wasserkörper in die Gewässergüteklasse 3 eingestuft und erreicht nicht die Richtwerte der FGG Weser.

Die Zielerreichung lässt sich aus den Ergebnissen der Modellierung mit zwei Indikatoren beschreiben:

1. **Erreichung des guten Zustands - Flusslänge [km] entsprechend Richtwert FGG Weser:** Anhand der szenarienspezifischen Salzkonzentrationen wird die Flusslänge der Wasserkörper, die dem Richtwert der FGG-Weser entsprechen, summiert.
2. **Verbesserung des Zustands – Flusslänge [km] mit einer Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches:** Die Flusslängen von den Wasserkörpern, die eine bessere Klassifizierung erreichen, werden summiert.

Dabei wird die Klassifizierung der Wasserkörper in den jeweiligen Szenarien mit der Klassifizierung des „Status-quo-Szenarios“ verglichen.

### 5.2.3 Bewertung der betriebswirtschaftlichen Effekte

Die betriebswirtschaftlichen Effekte umfassen die Kosten der Maßnahmen, die Ewigkeitslasten sowie sonstige betriebswirtschaftliche Auswirkungen, beispielsweise die gegebenenfalls notwendigen Produktionsveränderungen.

Zur Abschätzung der Maßnahmenkosten wurden Investitions- und Betriebskosten ermittelt. Diese wurden dann als Annuitäten als durchschnittliche Jahreskosten dargestellt.

Zur Abschätzung der Ewigkeitslasten wurden in einem ersten Schritt mit einer Investitionskostenrechnung die Kapitalkosten für das Jahr 2060 ermittelt, durch die die Ewigkeitslasten abgedeckt wären. In einem zweiten Schritt wurden für die Betriebsphase die durchschnittlichen jährlichen Rückstellungen berechnet, die notwendig sind, um die Kapitalkosten anzusparen (siehe Abschnitt 8.1.2).

Bei der betrieblichen Bewertung der szenarienbedingten Produktionsrückgänge wurde das Entsorgungsdefizit ermittelt, dass entsteht, wenn nur geringere Produktionsabwassermengen eingeleitet werden könnten, als dies im Rahmen der vereinbarten Gesamtabwassermenge von durchschnittlich 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr möglich wäre. Durch diesen Ansatz wird sichergestellt, dass bei der Bewertung nur die Effekte einfließen, die durch Vorgaben zur Salzkonzentration am Einleitort und Vorgaben zur Versenkung von Abwasser induziert werden. Demgegenüber werden notwendige Produktionsanpassungen von K+S, um die Gesamtabwassermenge einzuhalten, nicht berücksichtigt<sup>3</sup>:

- Kein Entsorgungsdefizit besteht, wenn die gesamte Abwassermenge (7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr) in das Oberflächengewässer eingeleitet werden könnte oder nicht in Oberflächengewässer einleitbare Abwassermengen versenkt werden können
- Ein Entsorgungsdefizit besteht, wenn nicht das gesamte Abwasser entsorgt werden kann, weil die ins Oberflächengewässer einleitbare Menge (Einleitkapazität) zu gering ist und keine anderen Entsorgungsoptionen bestehen (Versenkungsstopp).

Ausgehend von den ermittelten Entsorgungsdefiziten wurden in einem zweiten Schritt die hierdurch induzierten potenziellen Gewinnrückgänge berechnet.

Bei der Ermittlung des Entsorgungsdefizits wird auf dem gedanklichen Ansatz der Rückwärts-Vorwärts-Rechnung der Gewässermodellierung aufgebaut (s. Abbildung 17):

1. Anhand der szenarienspezifischen Vorgaben zu den Einleitgrenzwerten sowie den Volumenvorgaben (vereinbarte maximale Abwassereinleitung bzw. wasserrechtliche Vorgaben) wurden die **maximal einleitbaren Salzfrachten** in die Oberflächengewässer (Entsorgungskapazitäten) ermittelt. Diese leiten sich aus der Differenz zwischen den Grenzwerten sowie der Gewässervorbelastung ab.
2. **Abschätzen des ins Oberflächenwasser einleitbaren Abwasservolumens (Entsorgungskapazität)**: Das maximal einleitbare Gesamtabwasser wird durch Modellrechnungen ermittelt (SYDRO Consult 2014ab). Es darf nur so viel Abwasser in die Werra bzw. die Weser eingeleitet werden, bis die Zielkonzentration für das erste Salz erreicht wird. Somit wirkt eines der Salze limitierend. Das Gesamtabwasser setzt sich aus dem Haldenabwasser mit dem für den Zeitschnitt durch die

<sup>3</sup> Da von einer langfristigen Vergrößerung der Halden ausgegangen wird und hierdurch die Haldenabwassermenge steigt, müsste K+S das Produktionsabwasser reduzieren, um die Gesamtabwassermenge im Durchschnitt konstant zu halten.

Szenarien definierten Volumen sowie aus dem Produktionsabwasser im verbleibenden Volumen zusammen.

3. **Abschätzen des nicht entsorgbaren Produktionsabwassers (Entsorgungsdefizit):** Die nicht in das Oberflächengewässer entsorgbare Abwassermenge muss entweder versenkt werden oder bleibt als Entsorgungsdefizit bestehen, falls eine Versenkung nicht möglich ist. Hierbei wird vereinfachend angenommen, dass das nicht entsorgbare Gesamtabwasser nur aus der Produktion stammt und anfallendes Haldenabwasser prioritär eingeleitet wird. Das Entsorgungsdefizit an Gesamtabwasser entspricht daher zugleich dem Entsorgungsdefizit an Produktionsabwasser.
4. Ausgehend von dem Entsorgungsdefizit wird der hierdurch induzierte **Produktionsrückgang** geschätzt, um den Abwasseranfall an die Entsorgungskapazitäten anzupassen.
5. **Abschätzung des Gewinnrückgangs:** Die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Produktionsanpassung werden als Gewinnrückgang ausgewiesen. Der Indikator „Gewinnrückgang“ lehnt sich an den Wohlfahrtsindikator der Produzentenrente an, bei dem die produktionsseitige Wohlfahrtswirkung als Umsatz abzüglich der Kosten für alle nicht gebundenen Produktionsfaktoren ist.

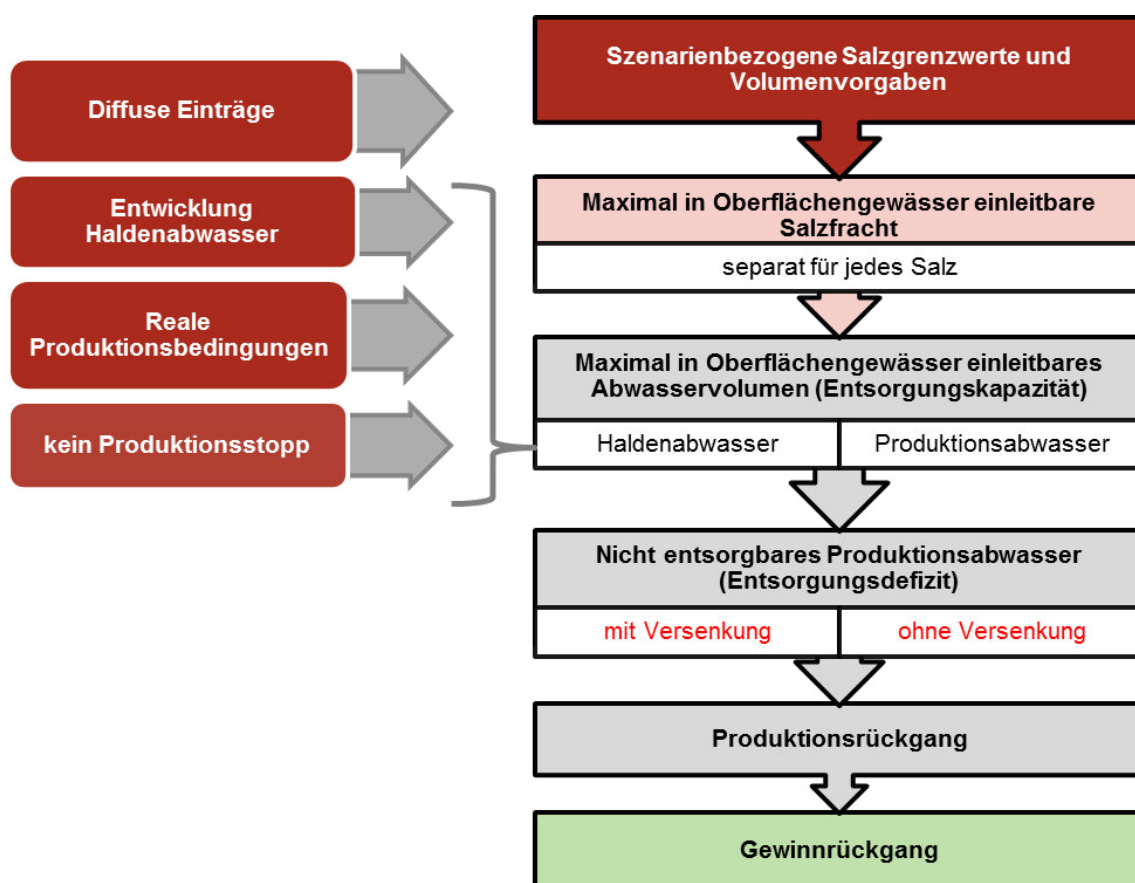
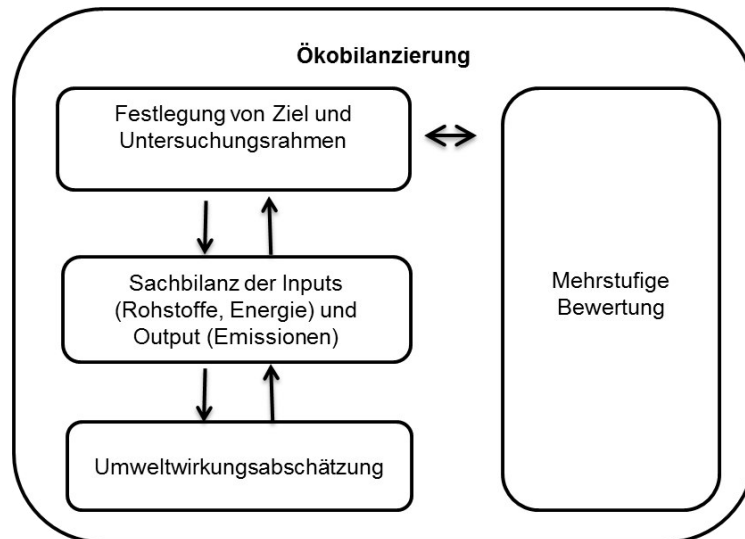


Abbildung 17: Methodik zur Abschätzung der betrieblichen Effekte von szenarienbedingten Produktionsrückgängen

#### 5.2.4 Bewertung weiterer Umwelteffekte

Alle menschlichen und wirtschaftlichen Aktivitäten verursachen Umweltauswirkungen wie Energie-, Rohstoff- und Flächenverbrauch sowie Veränderungen des Zustandes der Gewässer etc. Deswegen ist es erforderlich, die potenziellen Umweltauswirkungen von Maßnahmen zu ermitteln, um mögliche „Trade-offs“ mit dem Nutzen abbilden und negative Umweltauswirkungen aus gesellschaftlicher Sicht identifizieren zu können. Die Umweltwirkungen werden anhand einer Ökobilanz entsprechend DIN ISO Norm 14 040 und 14 044 (DIN 2006, DIN 2009; siehe auch Abbildung 18) berechnet.



**Abbildung 18: Ökobilanz Methode nach DIN ISO 14 040 und 14 044**

Die generellen Zielsetzungen und der Untersuchungsrahmen der Ökobilanz sind am Anfang der Öko-Effizienz-Bewertung festzulegen. In der Sachbilanz werden die Inputs (Energie, Rohstoffe) und Umweltwirkungen (Emissionen, Umweltbelastungen) des Systems ermittelt und mit physikalischen Indikatoren beschrieben. Die Ergebnisse der Sachbilanz werden nach Wirkungskategorien eingeordnet. Die Erstellung der Ökobilanz ist eine komplexe Aufgabe, die sich auf zahlreiche methodische und fachliche Grundlagen stützt.

#### 5.2.5 Ergänzende Bewertungen

Ergänzend zu den Bewertungen der Gewässerqualität, der betrieblichen Effekte und der ökobilanziellen Wirkungen werden noch regionalwirtschaftliche Effekte der Szenarien diskutiert sowie externe Effekte. Dies erfolgt mit Hilfe von Literatúrauswertungen und durch Zusammenfassen von Fachgesprächen, die im Rahmen der Projektarbeit durchgeführt wurden.



**Tabelle 4: Szenariospezifische Eckdaten**

Szenario	Einleitort	Versenkung (ab 12/2015)	Zulässige Salzkonzentration am Einleitort ab 2021 [mg/l]		
			Chlorid	Kalium	Magnesium
Status-quo - ohne Versenkung	Werra	nein	1.700	150	230
Status-quo -mit Versenkung		ja			
Werra (WRRL-Grenzwerte) - ohne Versenkung		nein	300	20	30
Oberweser-Pipeline - ohne Versenkung	Oberweser	nein	426	38	58
Oberweser-Pipeline - mit Übergangsregelung zur Versenkung		bis 2020			
Oberweser-Pipeline (WRRL-Grenzwerte) - ohne Versenkung		nein	300	20	30
Oberweser-Pipeline (WRRL-Grenzwerte) - mit Übergangsregelung zur Versenkung		bis 2020			
Nordsee-Pipeline - ohne Versenkung	Nordsee	nein	-	-	-
Nordsee-Pipeline - mit Übergangsregelung zur Versenkung		bis 2020	-	-	-

Die Szenarien repräsentieren die Breite des Diskussions- und Entscheidungsprozesses. Damit werden denkbare und diskutierte Optionen beschrieben bzw. offene Fragen im Sinne von „was wäre wenn“ aufgegriffen. Obgleich jedes Szenario für die Gesamtbetrachtung bedeutsam ist, muss es nicht die wasserwirtschaftlichen und wirtschaftlichen Ziele, nicht einmal diesbezügliche Mindestanforderungen erfüllen. Maßgeblich für die Bewertung ist letztendlich der Vergleich zwischen den Szenarien.

Die Szenarien werden durch folgende Angaben beschrieben (Tabelle 4):

- die Vorgaben zu den Einleitorten und somit zu den Pipelinelösungen
- die einzuhaltenden Salzkonzentrationen im Gewässer am Einleitort (als 90tes Perzentil).
- Vorgaben zur Versenkung
- Annahmen zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der Maßnahmen – die Pipelines werden 2021 in Betrieb genommen
- Annahmen zur Entwicklung der diffusen Belastung der Werra sowie weiterer Einleitungen in die Werra/Weser.

Weiterhin werden szenarienübergreifende Annahmen getroffen (s. Tabelle 5):

- Der Betrachtungszeitraum beginnt 2015 und endet 2060 mit der Einstellung des Bergbaus. Ewigkeitslasten werden über Rückstellungen in diesem Zeitraum angespart.
- Die maximal erlaubte Einleitmenge an Gesamtabwasser – sowohl aus der Produktion als auch von den Halden – beträgt langfristig 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr, wobei der Wert sich an den bestehenden wasserrechtlichen Vorgaben sowie an vereinbarten Maximalmengen orientiert. Diese Menge gibt

nur eine Obergrenze an. Inwieweit sie erreicht wird, hängt von den weiteren szenarienbezogenen Festlegungen ab.

- Eine Erweiterung von Halden ist möglich soweit die vereinbarte Gesamtwassermenge nicht überschritten wird und die sonstigen Einleitrestriktionen eingehalten werden;

Für weitere Salzeinträge in die Werra/Weser, die nicht mit den diffusen Einträgen und den Salzabwassereinträgen lokalen Salzabbaus im Zusammenhang stehen, wurden keine Annahmen getroffen. Nach Aussage von SYDRO Consult (2014a) sind sie für die ökologische Bewertung der Salzeinträge bei den untersuchten Szenarien für 2027 nicht ausschlaggebend.

Mit den Szenarien werden die wesentlichen Entwicklungspfade aufgegriffen. Dabei wird die extrem komplexe Situation durch vereinfachende Annahmen beschrieben. So werden z. B. Genehmigungsprozesse ausgeblendet und Wissensdefizite (z. B. Entwicklung der diffusen Belastung in Verbindung mit der Abwasserversenkung; Entwicklung der Haldenabwässer) durch Annahmen überbrückt. Aus diesem Grund wird die Szenarienbetrachtung durch eine Sensitivitätsanalyse ergänzt. Die Eckdaten der Szenarien sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 aufgeführt.

**Tabelle 5: Szenarienübergreifende Eckdaten – Produktion und Abwasseranfall**

	bis 11/2015	ab 12/2015	ab 2021	ab 2027	ab 2031	bis 2060	ab 2060
<b>Rohsalzförderung</b>							
Hattorf	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	0
Untereibach	2,7	2,7	2,7	2,7	0	0	0
Wintershall	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	0
<b>Total WE</b>	<b>19,1</b>	<b>19,1</b>	<b>19,1</b>	<b>19,1</b>	<b>16,4</b>	<b>16,4</b>	<b>0</b>
Neuhofs-Ellers	3,7	3,7	3,7	3,7	0	0	0
<b>Total WE + NE</b>	<b>22,8</b>	<b>22,8</b>	<b>22,8</b>	<b>22,8</b>	<b>16,4</b>	<b>16,4</b>	<b>0</b>
<b>Abwasseranfall</b>							
Produktionabwasser WE	5,9	4,9	4,0	3,5	3,4	2,9	0,0
Haldenabwasser	2,1	2,1	3,0	3,5	3,6	4,1	4,1
<b>Abwassermenge</b>	<b>8,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>4,1</b>

WE: Werk Werra; NE: Werk Neuhof-Ellers.

Anmerkung: Im Geschäftsbericht von K+S für 2012, S. 216 wird für Neuhof-Ellers eine kürzere theoretische Lebensdauer angegeben als für Untereibach (K+S Aktiengesellschaft 2013)

Im Folgenden werden die inhaltlichen Aussagen umrissen, die hinter den Szenarien (s. Tabelle 4) stehen.

### Werra-Szenarien

**Status-quo-Szenario - ohne Versenkung:** Das Szenario beschreibt die Entwicklung, die eintritt, wenn der gegenwärtig wasserrechtlich definierte Stand bis zum Ende des aktiven Bergbaus fortgeschrieben werden würde. Dieses Szenario bildet einen Ausgangspunkt für die Prüfung der weiteren Maßnahmenoptionen. Es nicht geeignet ist, den guten Zustand im Gewässer zu erreichen. Zugleich bildet dieses Szenario die Vergleichsbasis für die anderen Maßnahmen.

**Status-quo-Szenario - mit Versenkung:** Das Szenario greift die Diskussion bzgl. der Versenkung nach 12/2015 auf. Da ein Versenkungsstopp ab 12/2015 eine bedeutsame Maßnahme darstellt, soll dieses

Szenario im Vergleich zum Status-quo-Szenario – ohne Versenkung die Beantwortung der Frage nach den wirtschaftlichen und ökologischen Effekten erlauben, die hiermit verbunden sind.

**Werra (Richtwerte FGG Weser - ohne Versenkung):** Dieses Szenario erfordert die Einhaltung der Richtwerte der FGG Weser entsprechend des guten ökologischen Zustands in der Werra. Im Vergleich zum Status-quo-Szenario lässt sich hierdurch die Frage nach den ökologischen und wirtschaftlichen Effekten beantworten, die bei Durchsetzung des guten Zustandes bei lokaler Einleitung zu erwarten wäre.

#### **Oberweser-Szenarien**

**Oberweser-Pipeline - ohne Versenkung:** Das Szenario geht vom Bau der Oberweser-Pipeline bis zum Jahr 2021 aus (Einleitort Bad Karlshafen). Zugleich wird angenommen, dass in der Oberweser die Salzbelastungen einzuhalten wären, die bei einer Umsetzung des Status-quo-Szenarios in der Werra ab 2021 erreicht werden würden. Mit Hilfe dieses Szenarios lässt sich die Frage nach den ökologischen und wirtschaftlichen Effekten beantworten, die sich durch eine räumliche Verlagerung der Salzeinleitung von der Werra zur Oberweser ergäben.

**Oberweser-Pipeline – mit Übergangsregelung zur Versenkung:** Aus den Werra-Szenarien ist erkennbar, dass bis zur Inbetriebnahme der Pipeline zur Oberweser Entsorgungsdefizite auftreten. Diese können gegebenenfalls durch eine Übergangsregelung zur Versenkung vermindert oder aufgehoben werden.

**Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) - ohne Versenkung:** Dieses Szenario fordert die Einhaltung von Salzkonzentrationen an der Einleitstelle (Pegel Bad Karlshafen), die die Erreichung des guten Zustandes ermöglichen. Auf der Grundlage dieses Szenarios können die wirtschaftlichen Effekte der Erreichung des guten Zustandes durch die Oberweser-Pipeline analysiert werden.

**Oberweser (Richtwerte FGG Weser) - mit Übergangsregelung zur Versenkung:** Aus den Werra-Szenarien ist erkennbar, dass bis zur Inbetriebnahme der Pipeline zur Oberweser Entsorgungsdefizite auftreten. Diese können gegebenenfalls durch eine Übergangsregelung zur Versenkung vermindert oder aufgehoben werden.

#### **Nordsee-Szenarien**

**Nordsee-Pipeline:** Dieses Szenario zeigt die Wirkung der Nordsee-Pipelinelösung im Hinblick auf den erreichbaren Gewässerzustand und die wirtschaftlichen Effekte auf. Der gesamte Verlauf der Werra und der Weser wird nur noch durch die diffusen Einträge aus nicht gefasstem Haldenabwasser und den Einträgen aus der früheren Versenkung belastet.

**Nordsee-Pipeline - mit Übergangsregelung zur Versenkung:** Aus den Werra-Szenarien ist erkennbar, dass bis zur Inbetriebnahme einer Pipeline Entsorgungsdefizite auftreten. Diese können gegebenenfalls durch eine Übergangsregelung zur Versenkung vermindert oder aufgehoben werden.

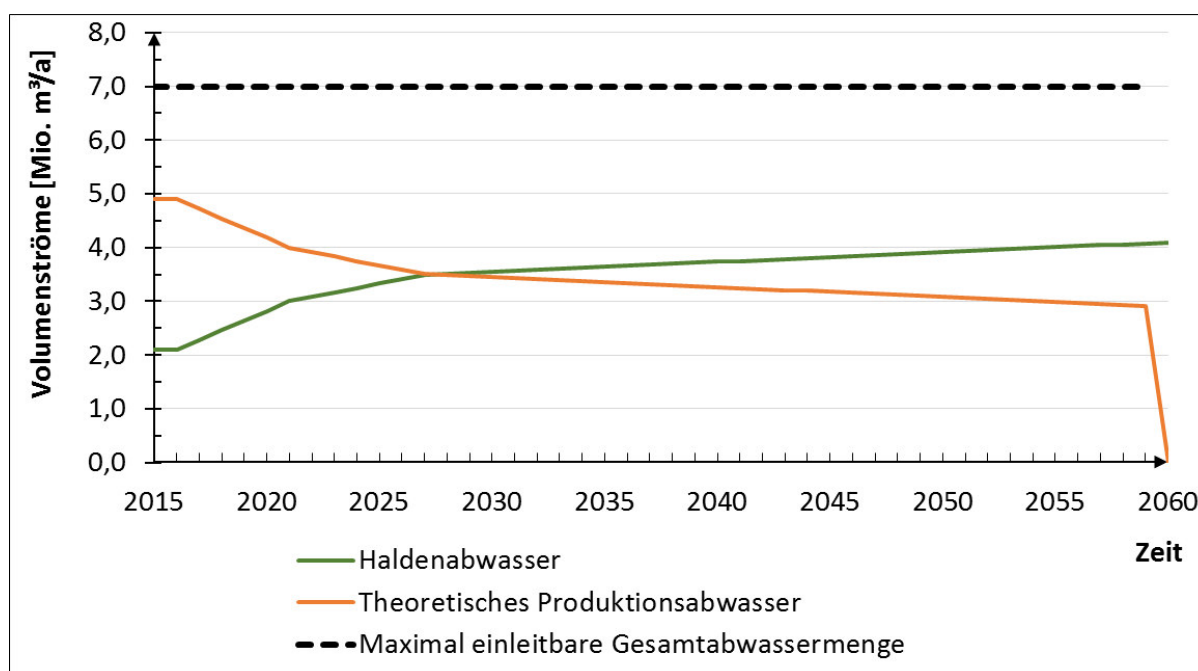
### **6.1.2 Annahmen zur Haldenentwicklung und zum Haldenmanagement**

Die vorhandenen Salzhalden im hessisch-thüringischen Kaliabbaugebiet der K+S haben eine Gesamtmasse von 640 Mio. t (Wintershall 275 Mio. t; Hattorf 205 Mio. t; Neuhoof-Ellers 160 Mio. t). Keine dieser Halden verfügt über eine durchgängige Basisabdichtung. Im Untergrund von Kalihalden treten daher Versalzungen auf, die sich mit der Grundwasserströmung ausbreiten.

Der Abwasseranfall aus den gefassten Haldenabwässern steigt mit der Rohsalzförderung und der damit verbundenen Haldenerweiterung. Es werden folgende Annahmen zur Entwicklung des Haldenabwassers zugrunde gelegt, die im Rahmen von Expertengesprächen festgelegt wurden:

- 2015: 2,1 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr
- 2027: 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr
- 2060: 4,1 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr

Die Werte werden im Rahmen der Sensitivitätsanalyse moduliert. Es wird angenommen, dass das Volumen der direkten Einleitung aus Produktionsabwasser und gefasstem Haldenabwasser auf 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr begrenzt ist, solange Salz gefördert wird. Somit sinkt das maximal einleitbare Prozessabwasser aufgrund der begrenzten Gesamtabwassermenge, solange das Haldenabwasser ansteigt.



**Abbildung 20: Entwicklung des Abwasseranfalls der Produktion und von den Halden**

Der Abwasseranfall aus den nicht gefassten Haldenabwässern ist Teil der diffusen Einträge. Die Größenordnung dieses Anteils ist nicht bekannt. Eine Kalihalde kann infolge der mittleren jährlichen Niederschläge (ca. 600 mm/Jahr) und der darin löslichen Salzmengen bis zu 10 cm/Jahr abgetragen werden. Bei diesem Rechenansatz wird ein über die Haldenfläche gleichmäßiger Abtrag angenommen, der Haldenkörper wird kleiner. Eine Kalihalde wie beispielsweise Wintershall, mit 250 m Höhe über Grund, hat voraussichtlich eine „Lebenserwartung“ (Standzeit) von 2.500 Jahren, bevor sie durch Niederschläge vollständig weggelöst und in die Gewässer eingetragen sein wird.

Durch die Abdeckung der Kalihalden könnte der oberflächlich abfließende und verdunstende Anteil des Niederschlags vergrößert und der versickernde Anteil verkleinert werden. Hierdurch könnte die jährlich anfallende Menge salzhaltiger Haldenabwässers verringert werden. Die Zeitspanne, über welche die Salzabwässer anfallen, wird jedoch entsprechend verlängert. (Krupp 2014)

Der Abwasseranfall aus den gefassten Haldenabwässern begrenzt die verfügbare Kapazität der Entsorgung des Produktionsabwassers. Grundsätzlich sind daher Maßnahmen zur Verringerung des Haldenabwassers von entscheidender Bedeutung. Derartige Maßnahmen standen bei der Szenarienfestlegung nicht als technische Option zur Diskussion, so dass sie bei der vorliegenden Bewertung keine

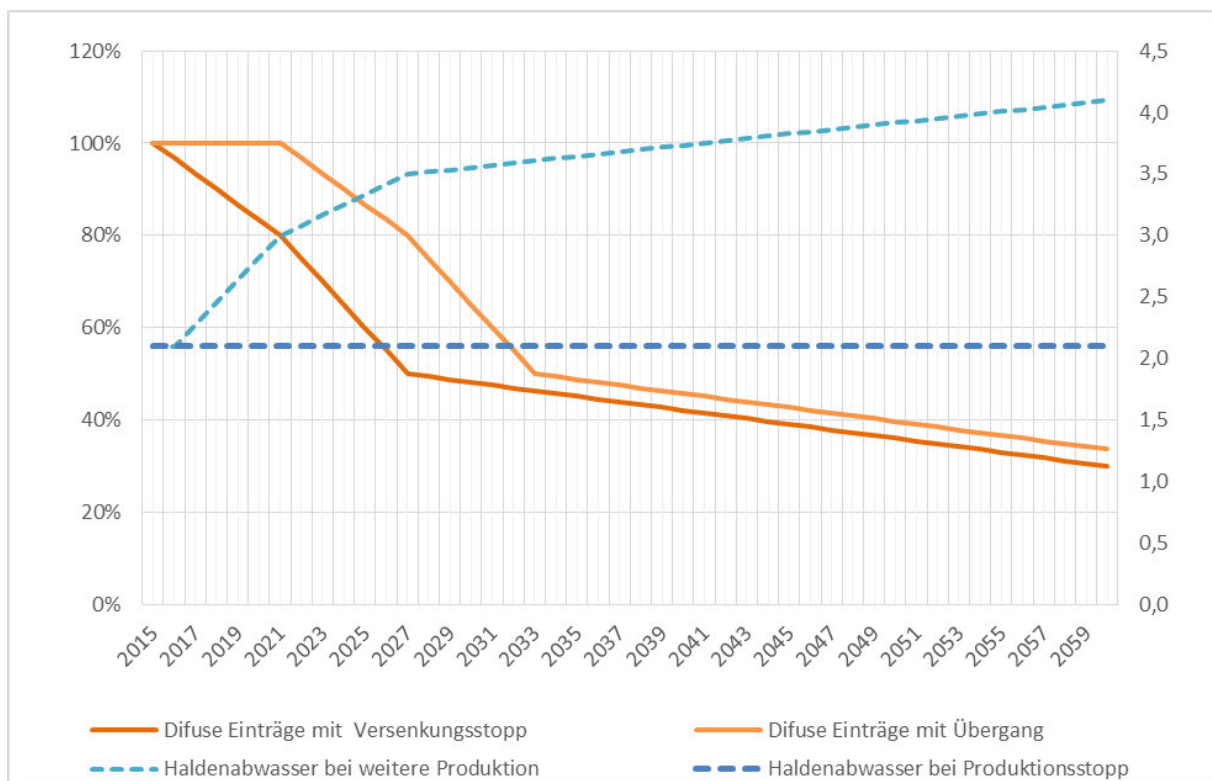
Berücksichtigung finden. Deren Wirkung wird im Rahmen der Sensitivitätsanalyse (s. Abschnitt 10) diskutiert.

### 6.1.3 Anmerkungen zu den diffusen Einträgen

Die diffusen Einträge (in die Werra) werden durch die Versickerung von nicht gefasstem Haldenabwasser und der Versenkung eines Teils des Produktions- und gefassten Haldenabwassers verursacht.

In Anlehnung an Expertengespräche<sup>4</sup> wird für die Bewertung angenommen, dass die diffusen Einträge bei einer Fortführung der Versenkung konstant bleiben. Gegebenenfalls muss mit einem Anstieg der diffusen Einträge aufgrund der Haldenerweiterung (s. Abschnitt 6.1.2: Anmerkungen zum Haldenmanagement) und der weiteren Versenkung (s. Abschnitt 6.1.4: Anmerkungen zu den Auswirkungen der Versenkung) gerechnet werden.

Demgegenüber verringern sich die diffusen Einträge annahmegemäß nach der Einstellung der Versenkung (kurzfristig: 20 %, mittelfristig: 50 %; langfristig: 70 %) (Abbildung 21, vgl. auch Abschnitt 6.1.4). Ob und zu welchem Zeitpunkt die Versenkung eingestellt wird, ist szenarienspezifisch festgelegt (vgl. Tabelle 4).



**Abbildung 21: Entwicklung der diffusen Einträge und des Haldenabwassers**

<sup>4</sup> siehe Fußnote 1

#### 6.1.4 Anmerkungen zu den Auswirkungen der Versenkung

**Beeinflussung des Grundwassers im Plattendolomit und im Buntsandstein:** Durch die Versenkung von salzhaltigem Abwasser im Werra-Einzugsgebiet in der Größenordnung der vergangenen Jahre (ca. 3 bis 8 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr je nach klimatischen Gegebenheiten) hat sich im Plattendolomit (z3CA) ein hydraulischer Druck aufgebaut, der größer ist als im Buntsandstein (su). Für eine zuverlässige Aussage über die derzeitigen und zukünftigen Einflüsse der Versenkung ist eine Modellberechnung mit einem feinkalibrierten Grundwasser-Modell erforderlich, welche die hydrogeologisch-geohydraulisch relevanten Fragen im Zusammenhang mit der Salzabwasserversenkung quantitativ und konsistent erfassen kann.

Bisher konnten mit Ausnahme dreier Brunnen im Werratal keine Versalzungen nachgewiesen werden. Bei den drei Brunnen handelt es sich um die Brunnen Wintershall I (1023), II (1018) und III (1014), die alle im Unteren Buntsandstein (su) verfiltert sind. Diese Brunnen werden aufgrund der hohen Versalzung nur noch zur Wasserhaltung genutzt. Es ist erkennbar, dass sich ein Aufstieg von Plattendolomitwässern in höhere Schichten vollzieht. Durch die Rückzementierung ist zwar der direkte Zufluss höher mineralisierten Wassers gestoppt, doch sind diese Brunnen generell als gefährdet einzustufen.

Die Heilwasserquellen/-brunnen des Staatsbades Bad Hersfeld zeigen keinen Hinweis auf eine Beeinflussung durch Salzabwasser. Das dem Staatsbad Bad Hersfeld nächstgelegene Entlastungsgebiet ist der Bereich Breitzbachmühle. Hier wurde eine Beeinflussung mit Salzabwasser festgestellt. Betroffen sind die Gw-Stockwerke z3CA und su. Die Heilwasserbrunnen des Staatsbades sind dennoch nicht gefährdet, da der Gw-Gleichenplan im Buntsandstein eine Fließrichtung von der Breitzbachmühle zur Solz und schließlich ein Abbiegen in nw' Richtung zu einem Bereich der Fulda (Einmündung der Solz in die Fulda) zeigt, der weiter nördlich des Staatsbades gelegen ist.

Eine Salzabwasserbeeinflussung der Heilwasserbrunnen westlich der Fulda wird sich vermutlich nur zeigen, wenn eine entsprechende Entlastung mit Salzabwasser an der Fulda auf Höhe der Heilwasserbrunnen stattfindet. Nach dem Gw-Gleichenplan für den Plattendolomit wäre ein Zustrom aus der aktuellen Versenkung im Raum Hattorf in Richtung Bad Hersfeld möglich. Die Heilwasserbrunnen Bad Hersfeld liegen allerdings außerhalb des Salzhangs. Da dieser als Barriere für die Plattendolomitwässer angesehen wird, ist eine Beeinflussung der Heilwasserquellen über den Plattendolomit nicht wahrscheinlich.

**Wirkung einer Einstellung der Versenkung:** Die Einstellung der Versenkung hat den Abbau des künstlich aufgebauten hydraulischen Drucks durch die Versenkung im Plattendolomit zur Folge. Dadurch würden sich Fließrichtungen ändern und in einigen Bereichen eine Umkehrung der potentiellen Entlastungsgebiete des Plattendolomits zu potentiellen Speisungsgebieten einstellen.

Im Bereich der Werra bleiben die Druckverhältnisse auch ohne Versenkung gleich. Auch wenn sich der Druck im Plattendolomit durch die Einstellung der Versenkung reduziert, bleibt das Werratal das wesentliche Entlastungsgebiet für den Plattendolomit.

Die Einstellung der Versenkung wird zu einer Minderung der Druckhöhen im Plattendolomit führen, mit der Folge, dass potenziell weniger Salzabwasser belastetes Grundwasser in den Buntsandstein aufsteigt. Dies führt wiederum zu einem Rückgang der diffusen Einträge in die Werra; diffuse Einträge von nicht gefasstem Haldenabwasser würden jedoch weiterhin auftreten.

**Wirkung einer Fortführung der Versenkung bis 12/2020:** Bei einer Fortführung der Versenkung bis 12/2020 ist mit einer räumlichen Ausdehnung des Salzabwasser beeinflussten Bereichs im Plattendolomit zu rechnen. In Abhängigkeit vom Versenkvolumen würden steigende Einträge in die Werra auftreten. Möglicherweise steigen zusätzliche, höher konzentrierte Salzabwässer aus dem Plattendolomit bei Erreichen des Salzhanginnenrandes (Auflockerungszone) in den höher liegenden Buntsand-

stein (su) über. Gefahrenpotentiale für genutzte Trinkwasserbrunnen können nicht ausgeschlossen werden.

Für den Buntsandstein wurde ein Kerngebiet ausgewiesen, in dem eine Ausbreitung von Wässern aus dem Plattendolomit erfolgen kann. Danach ist die Fläche, in dem eine Beeinflussung des Buntsandstein-Grundwasserleiters durch Versenkung zu vermuten ist, ca. 450 km<sup>2</sup> groß. Das beeinflusste Gebiet wird voraussichtlich unverändert bleiben. Um diese Hypothesen zu bestätigen ist eine Modellprognose erforderlich.

Innerhalb des oben angegebenen Buntsandstein-Kerngebietes liegen 12 Brunnen/Quellen, die zur Tw-Gewinnung genutzt werden und die im Unteren Buntsandstein (su) verfiltert sind bzw. diesen entwässern. Im Mittleren Buntsandstein (sm) sind 8 Tw-Brunnen verfiltert. Eine potentielle Gefährdung für diese Brunnen, von denen allerdings nur einer für die Tw-Gewinnung genutzt wird, ist nicht ausgeschlossen.

Die Anzahl der betroffenen Brunnen wird sich bei einer Fortsetzung der Versenkung voraussichtlich nicht verändern. Zur Abschätzung der Frage, welche Wasserfördermengen bzw. wieviel Einwohner über die möglicherweise gefährdeten Brunnen versorgt werden, wurden die Entnahmemengen aus dem Jahr 2012 in m<sup>3</sup> zugrunde gelegt. Dabei handelt es sich um 12 potentiell gefährdete Buntsandstein-Brunnen mit einer Entnahmemenge von rund 600.000 m<sup>3</sup>/Jahr. Bei einem mittleren Verbrauch von 45 m<sup>3</sup>/E/Jahr sind ca. 13.000 Einwohner betroffen. Im Mittleren Buntsandstein (sm) sind 8 Tw-Brunnen/Quellen mit einer Entnahmemenge von rund 400.000 m<sup>3</sup>/Jahr verfiltert. Demnach sind bei einem mittleren Verbrauch von 45 m<sup>3</sup>/E/Jahr ca. 8.900 Einwohner betroffen. Bei Berücksichtigung aller Buntsandstein-Brunnen sind insgesamt ca. 21.900 Einwohner betroffen. Bei weiter anhaltender Versenkung wird deren Zahl voraussichtlich nicht wesentlich ansteigen.

**Wirkung eines Stopps der Versenkung ab 12/2015:** Bei einem Versenkungsstopps ab 12/2015 nimmt die Gefährdung von Trinkwasserbrunnen ab, wobei im Bereich des Salzhanginnenrandes trotz des Rückgangs des Versenkungsdruckes weiterhin mit einem Aufstieg von Salz(ab-)wasser aus dem Plattendolomit in den Buntsandstein zu rechnen ist. Es ist damit zu rechnen, dass sich die diffusen Einträge in die Werra schrittweise verringern. Langfristig ist mit einer Verdünnung der Salzabwasser beeinflussten Wässer im Plattendolomit und Buntsandstein zu rechnen.

Das Maß und die Geschwindigkeit, mit der sich die Fläche im Buntsandstein-Grundwasserleiter verringert, das durch aufsteigendes Salzwasser beeinflusst wird, sind von der Transmissivität (Durchlässigkeit und Gw-Leitermächtigkeit) des Untergrundes abhängig, die innerhalb des Buntsandstein stark schwanken können. Je höher die Transmissivität und je näher die Lage am Gw-Neubildungsgebiet, desto schneller können die mit Salzabwasser beeinflussten Bereiche verdünnt bzw. ausgetauscht werden. Da der Plattendolomit meist eine höhere Transmissivität aufweist als der Untere Buntsandstein, ist damit zu rechnen, dass die Verdünnung im Buntsandstein langsamer vonstattengeht.

**Auswirkungen einer zeitlichen Verschiebung des Versenkungsstopps bis 2020:** Bei einer Verschiebung des Versenkungsstopps bis 2020 ist eine weitere räumliche Ausbreitung von Salzabwasser im Versenchorizont zu erwarten. Sofern sich die Versenkrate nicht ändert, bleibt der künstliche Druckaufbau im Plattendolomit bestehen.

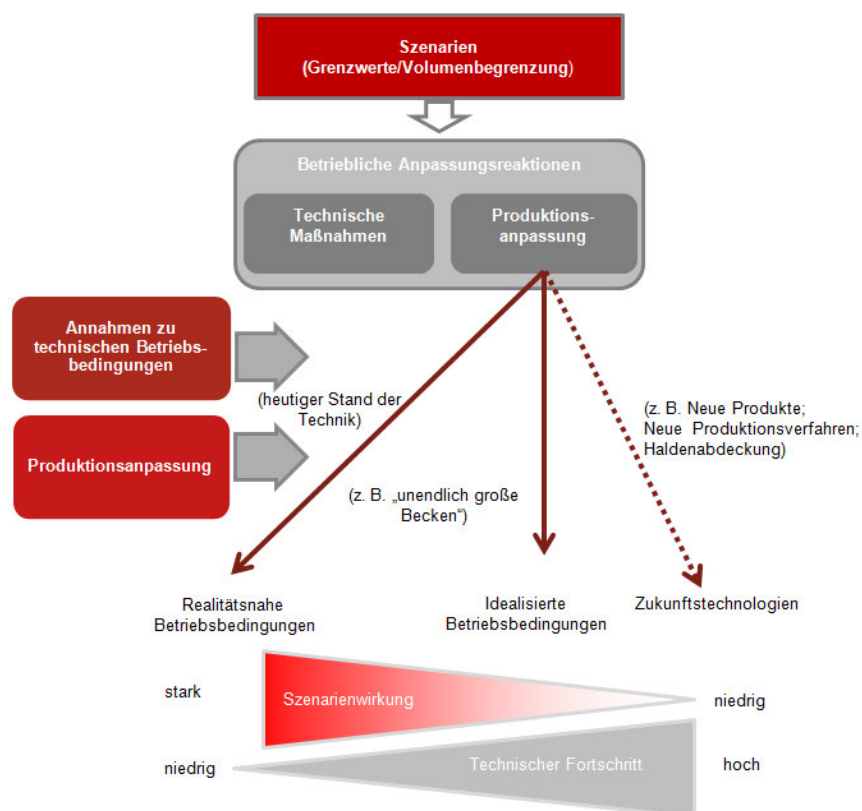
## 7 Betriebliche Anpassungsmaßnahmen bei K+S

Die Beschreibung der betrieblichen Anpassungsmaßnahmen an die Szenarien ist der erste Schritt der zur Abschätzung der Szenariengewinnungen und von zentraler Bedeutung für die weitere Bewertung.

## 7.1 Annahmen zu technischen Produktionsbedingungen und Anpassungsreaktionen

Die im Folgenden beschriebenen Annahmen zu den technischen Betriebsbedingungen sind für die Bewertung der Salzeinträge in Werra/Weser, die Bewertung der betrieblichen Effekte und die Ökobilanz des Produktionsrückganges von Bedeutung.

Die bei der Szenarienableitung getroffenen Annahmen zum gesamten Abwasservolumen (langfristig durchschnittlich 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr) sowie zur Entwicklung des Haldenabwassers implizieren, dass das Produktionsabwasser langfristig zurückgeht. Es wird angenommen, dass K+S durch technischen Fortschritt diese Abwasserrückgänge zumindest teilweise kompensieren kann. Diese angenommene abwasserbezogene Produktivitätssteigerungen liegt allen Szenarien zugrunde und wird daher bei der Bewertung nicht berücksichtigt.



**Abbildung 22: Einfluss der Annahmen zu den technischen Betriebsbedingungen und der Produktionsanpassung auf die betrieblichen Wirkungen**

Bewertet werden nur die darüber hinausgehenden Gewässerschutzrestriktionen. Diese verengen den Handlungsspielraum von K+S, indem sie die Entsorgungskapazität verringern. In welchem Umfang dies geschieht, hängt neben den Einleitrestriktionen auch von den technischen Betriebsbedingungen ab. Im Folgenden werden die der Bewertung zugrunde gelegten Betriebsbedingungen umrissen:

- Für die Bewertung von Produktionsanpassungen werden **realitätsnahe Betriebsbedingungen** angesetzt (Abbildung 22). Hierbei werden die vorhandenen Beckenvolumina für Zwischenspeicher sowie die bestehenden Leitungsquerschnitte und Pumpenleistungen berücksichtigt. Allerdings wird die Steuerung zwischen den Becken im Vergleich zu den gegenwärtigen Gegebenheiten optimiert.
- Für ergänzende Betrachtungen werden **idealisierte Betriebsbedingungen** zugrunde gelegt (Abbildung 22). Hierbei wird angenommen, dass zum Beispiel ausreichend große Speicherbecken sowie Leitungskapazitäten und Pumpenleistungen vorhanden sind, um die Wasserführung von Werra/Weser optimal auszunutzen. Hierdurch verringern sich zwar die Wirkungen der szenariobedingten Gewässerschutzrestriktionen für K+S, eine grundlegende Abkopplung der Produktion und der Haldenbewirtschaftung vom Abwasser wird aber nicht impliziert.

Langfristig ist davon auszugehen, dass K+S technische Optionen zur Reduzierung des Haldenabwassers untersucht und umsetzt. Derartige Zukunftstechnologien, die möglicherweise die betrieblichen Wirkungen der Szenarien verringern, werden in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht berücksichtigt.

## 7.2 Ermittlung der Entsorgungsdefizite beim Produktionsabwasser

### 7.2.1 Hauptszenarien

Bei der Berechnung des ableitbaren Produktionsabwassers bzw. der Entsorgungsdefizite wurden szenarienspezifische, realitätsnahe technische Betriebsbedingungen zugrunde gelegt. Aus der Differenz der maximalen Gesamtabwassermenge von 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr und dem gefassten Haldenabwasser ergibt sich das maximal entsorgbare Produktionsabwasser, falls keine weiteren Gewässerschutzrestriktionen existieren. Die Entsorgungskapazität beschreibt den Teil des Gesamtabwassers, der oberirdisch ins Gewässer geleitet kann. Sie wird durch bestehende Einleitrestriktionen begrenzt. Das für die weitere Bewertung relevante Entsorgungsdefizit beschreibt den Teil des Produktionsabwassers, das weder oberirdisch noch durch Versenkung entsorgt werden kann (s. Abschnitt 5.2.3). Hierbei wird angenommen, dass das Entsorgungsdefizit nur Produktionsabwasser betrifft, da Haldenabwasser vorrangig eingeleitet wird<sup>5</sup>.

Die Ergebnisse für die Szenarien, für die Bilanzrechnungen erstellt wurden, sind in der Tabelle 6 aufgeführt. Hierbei wird deutlich, dass mit Ausnahme des Nordsee-Szenarios in keinem der betrachteten Szenarien das Abwasser vollständig oberirdisch eingeleitet werden kann. Folgende weitere Ergebnisse sind von Bedeutung:

<sup>5</sup> Im Rahmen einer Kontroll-Modellierung wurde von SYDRO für den Zeitschnitt 2027 des Szenarios Status quo – ohne Versenkung überprüft, zu welchen Anteilen Haldenabwasser bei der nicht oberirdisch einleitbaren Abwassermenge enthalten ist. Hierbei stammten 0,2 Mio. m<sup>3</sup> der oberirdisch nicht einleitbaren Abwassermenge (2,5 Mio. m<sup>3</sup>) von den Halden. Die restlichen 3,3 Mio. m<sup>3</sup> Haldenabwasser waren unter den Modellannahmen eingeleitet worden. Daher erscheint der Fehler, der mit dieser Annahme begangen wird, als tolerierbar. Gleichwohl soll an dieser Stelle noch einmal auf die sehr unterschiedliche Entwicklung des Abwasseranfalls von den Halden und aus der Produktion über den Bewertungszeitraum hingewiesen werden. Es ist daher möglich, dass der Fehler, der mit dieser Annahme einhergeht, mit steigenden Haldenabwasservolumen (d.h. zum Ende des Bewertungszeitraums hin) zunimmt.

- bei allen Szenarien nimmt die Entsorgungskapazität zwischen 12/2015 und 12/2020 ab. Dies ist die Folge der sich zwischen 2015 und 2020 verschärften Grenzwerte für die Salzbelastung in der Werra, die bei den Szenarien übernommen wurden.
- Infolge des Versenkungsstopps ab 2015 nimmt beim Status-quo-Szenario ohne Versenkung das direkt eingeleitete Abwasservolumen leicht zu. Dies ist auf die verringerten diffusen Einträge zurückzuführen. Allerdings reicht das zusätzliche Einleitpotential der Werra nicht aus, um das gesamte anfallende Abwasser aus der Produktion und den Halden aufzunehmen. In abgeschwächter Form tritt dieser Effekt auch beim Oberweserszenario auf.
- Auch beim Status-quo-Szenario mit Versenkung ist eine langfristige Zunahme der direkten Einleitungskapazität zu verzeichnen. Dies ist Folge der steigenden Haldenabwasseranteil am Gesamt-abwasser, die zu einer Verschiebung der Salzkonzentrationen im Abwasser zu Gunsten der nicht limitierend wirkenden Salzionen führen.

**Tabelle 6: Entsorgungskapazität (Haldenabwasser und Produktion) und nicht oberirdisch einleitbares Volumen unter realitätsnahen technische Betriebsbedingungen**  
(nach Daten aus SYDRO Consult 2014b)

Szenario	Volumenströme [Mio. m³/a]	ab	bis	ab	ab	bis	ab
		12/2015	12/2020	2021	2027	2059	2060
Status quo - ohne Versenkung	Oberirdisch einleitbares Abwasser - Werra (Entsorgungskapazität)	4,5	4,0	4,0	4,3	4,5	4,1
	Nicht oberirdisch einleitbares Abwasser	2,5	3,0	3,0	2,7	2,5	0,0
Status quo - mit Versenkung	Oberirdisch einleitbares Abwasser - Werra	4,5	3,8	3,8	4,0	4,1	4,1
	Nicht oberirdisch einleitbares Abwasser	2,5	3,2	3,2	3,0	2,9	0,0
Oberweser mit Übergangsregelung zur Versenkung	Oberirdisch einleitbares Abwasser - (Werra) / Oberweser	4,5	3,8	3,7	4,0	4,5	4,1
	Nicht oberirdisch einleitbares Abwasser	2,5	3,2	3,2	2,9	2,4	0,0
Nordsee mit Übergangsregelung zur Versenkung	Oberirdisch einleitbares Abwasser - (Werra) / Nordsee	4,5	3,8	7,0	7,0	7,0	0,0
	Nicht oberirdisch einleitbares Abwasser	2,5	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Abwasseranfall	Haldenabwasser	2,1	3,0	3,0	3,5	4,1	4,1
	Maximales Produktionsabwasser	4,9	4,0	4,0	3,5	2,9	0,0

Berücksichtigt man weiterhin, bei welchen Szenarien und zu welchen Zeitpunkten eine Versenkung erlaubt ist, so lässt sich die Einleitkapazität für Produktionsabwasser ermitteln. Dabei wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- die direkte Einleitungsmenge wird maximiert;
- tendenziell werden „harte“ Salzabwässer versenkt, „weiche“ Salzabwässer direkt eingeleitet.

Diese Angaben sind für die relevanten Zeitschritte in Tabelle 7 dargestellt. Sie verdeutlicht folgende Ergebnisse:

- Bei allen Szenarien und zu den Zeitpunkten, bei denen Versenkung erlaubt ist, wird diese auch in Anspruch genommen.

- besteht die Möglichkeit zur Versenkung, kann auch das gesamte Produktionsabwasser entweder oberirdisch oder unterirdisch entsorgt werden.
- Die Bedeutung der Versenkung nimmt bei den Szenarien mit Übergangslösung sowie mit Versenkung von 12/2015 bis 12/2020 zu; Hintergrund sind die sich verschärfenden Grenzwerte.

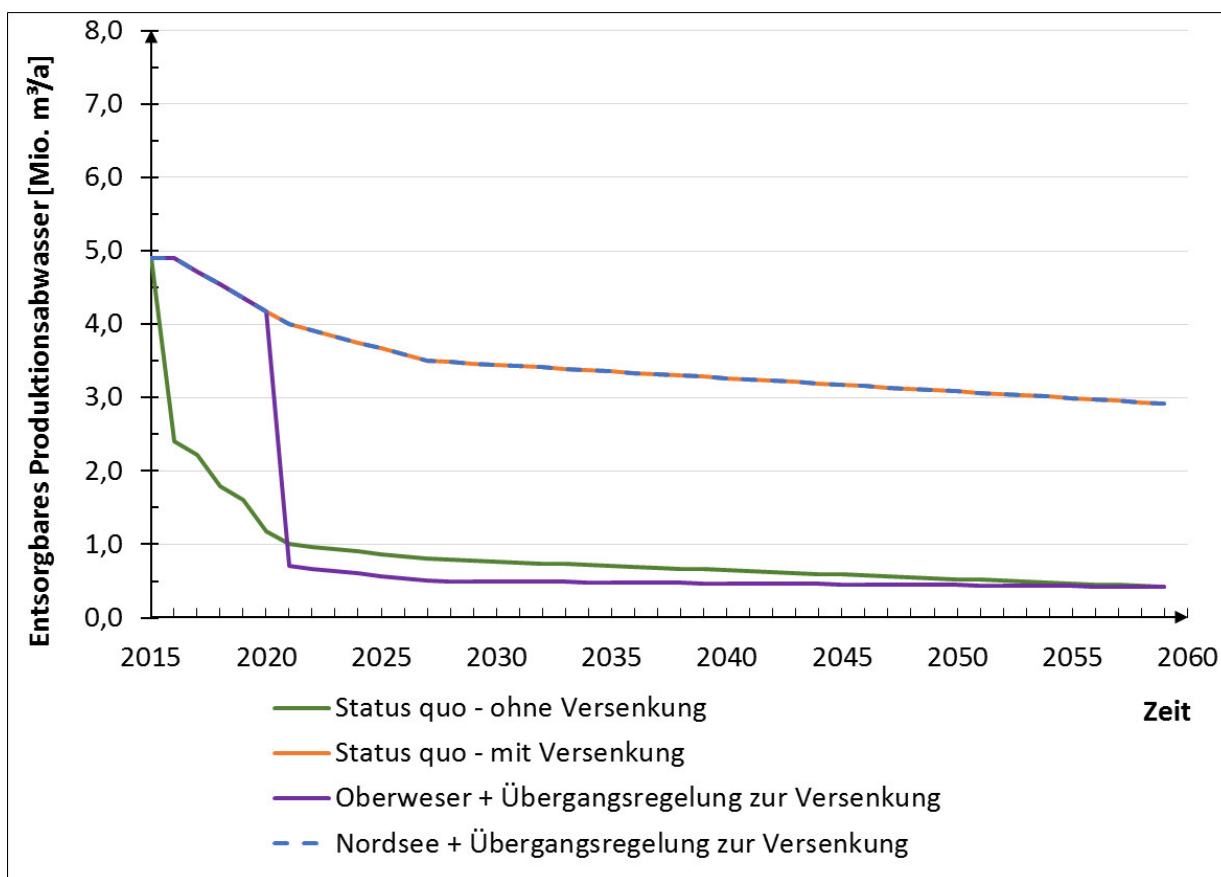
**Tabelle 7: Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser unter realitätsnahen technischen Betriebsbedingungen (nach Daten aus SYDRO Consult 2014b)**

Szenario	Volumenströme [Mio. m <sup>3</sup> /a]	ab 12/2015	bis 12/2020	ab 2021	ab 2027	bis 2059	ab 2060
Status quo - ohne Versenkung	Oberirdisch einleitbares Produktionsabwasser - Werra	2,4	1,0	1,0	0,8	0,4	0,0
	über Versenkung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Status quo - mit Versenkung	Oberirdisch einleitbares Produktionsabwasser - Werra	2,4	0,8	0,8	0,5	0,0	0,0
	über Versenkung	2,5	3,2	3,2	3,0	2,9	0,0
Oberweser mit Übergangsregelung zur Versenkung	Oberirdisch einleitbares Produktionsabwasser - (Werra) / Oberweser	2,4	0,7	0,7	0,5	0,4	0,0
	über Versenkung	2,5	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Nordsee mit Übergangsregelung zur Versenkung	Oberirdisch einleitbares Produktionsabwasser - (Werra) / Nordsee	2,4	0,8	4,0	3,5	2,9	0,0
	über Versenkung	2,5	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximal anfallendes Produktionsabwasser		4,9	4,0	4,0	3,5	2,9	0,0

Die in Tabelle 7 aufgeführten Volumenströme bilden zusammen mit den hierbei eingeleiteten Salzfrachten die Grundlage für die Berechnung der Salzkonzentration in den Wasserkörpern der Werra/Weser und dienen somit zur Berechnung des Outputs der Öko-Effizienz-Analyse.

Insgesamt können die in Abbildung 23 aufgeführten Produktionsabwassermengen entweder über Einleitung in die Oberflächengewässer oder gegebenenfalls durch Versenkung entsorgt werden. Als Vergleichsbasis wurde die maximale Produktionsabwassermenge für das Werk Werra angenommen, die sich aus der mengenmäßigen Einleitbegrenzung von 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr Abwasser sowie den annahmegemäß anfallenden Haldenabwässern ergibt. Für die Hauptszenarien zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Bei den Szenarien Status quo – mit Versenkung sowie Nordsee – mit Übergangsregelung zur Versenkung kann in den dargestellten Zeitschritten das gesamte anfallende Produktionsabwasser entsorgt werden.
- Beim Status-quo-Szenario ohne Versenkung treten ab 12/2015 Entsorgungsdefizite aus.
- Beim Oberweser-Szenario mit Übergangsregelung zur Versenkung kann ebenfalls nicht das gesamte Produktionsabwasser entsorgt werden. Hier zeigt sich das Defizit jedoch erst ab 2021, wenn das Abwasser über die Pipeline in die Oberweser eingeleitet und die Versenkung eingestellt wird.



**Abbildung 23: Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser** (nach Daten aus SYDRO Consult 2014)

Die Entsorgungsdefizite sind in der Tabelle 8 zusammengefasst. Diese Werte fließen in die Bewertung der betrieblichen Effekte und in die Bewertung der ökobilanziellen Wirkungen, z.B. die Energieeinsparung bei einem Produktionsrückgang, ein.

**Tabelle 8: Entsorgungsdefizite in den ausgewählten Szenarien** (nach Daten aus SYDRO 2014)

Szenario	ab 2016	bis 2020	ab 2021	ab 2027	bis 2059	ab 2060
Status quo - ohne Versenkung	2,5	3,0	3,0	2,7	2,5	0,0
Status quo - mit Versenkung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oberweser mit Übergangsregelung zur Versenkung	0,0	0,0	3,3	3,0	2,5	0,0
Nordsee mit Übergangsregelung zur Versenkung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

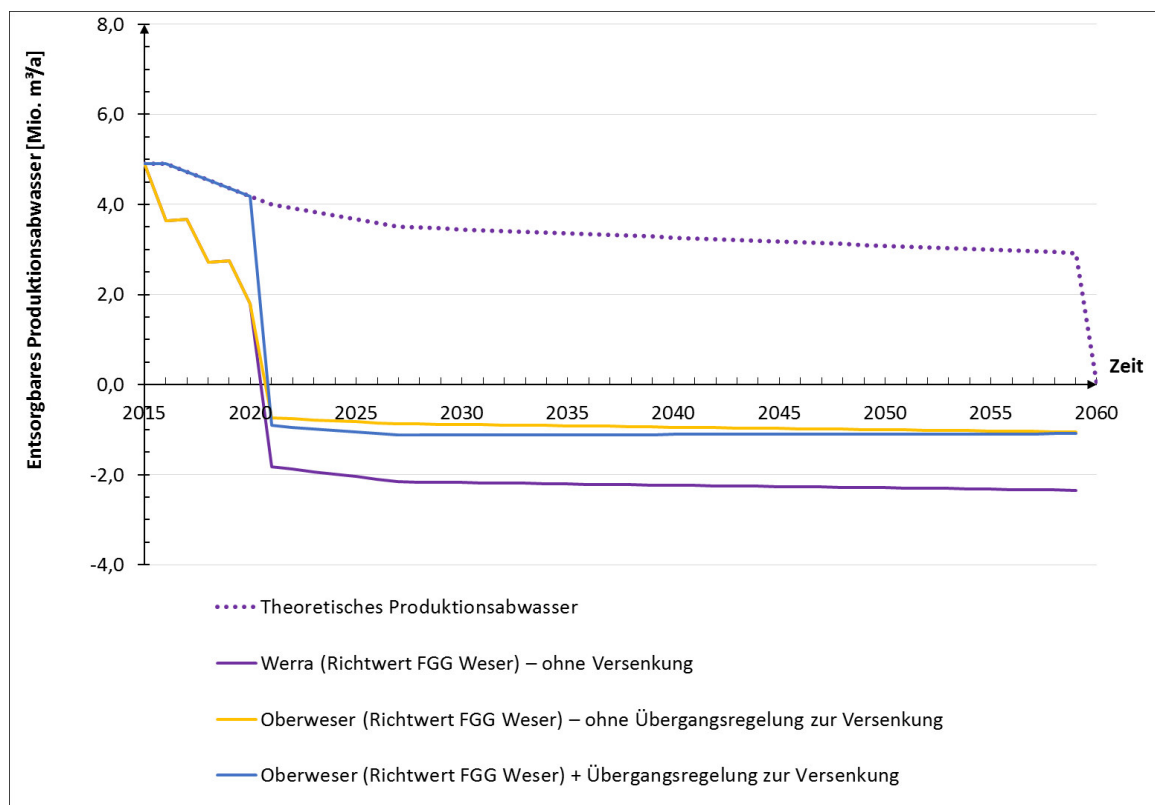
### 7.2.2 Nebenszenarien

In drei „Nebenszenarien“ werden die Wirkungen einer Verschärfung der Einleitbedingungen untersucht, nach der bei einer Einleitung der Salzabwässer in die Werra bzw. die Oberweser die Salzkonzentration ab 2021 den Richtwerten der FGG Weser (z. B. von 300 mg/l Chlorid) entsprechen sollen:

- Werra (Richtwerte FGG Weser) - ohne Versenkung
- Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) - ohne Übergangsregelung zur Versenkung
- Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) - mit Übergangsregelung zur Versenkung

Die Abschätzung der szenarienbedingten Auswirkungen auf die Produktionsabwassermenge erfolgte unter Annahme von idealisierten Betriebsbedingungen. Bei idealisierten Betriebsbedingungen spielen Beckengrößen sowie Rohrleitungsdurchmesser und Pumpenleistungen keine limitierende Rolle. Dementsprechend ergeben sich bei idealen Betriebsbedingungen schwächere Szenarienwirkungen auf die Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser als unter den realitätsnahen Betriebsbedingungen. In allen 3 Szenarien erreicht das entsorgbare Produktionsabwasser mit Wirksamwerden der 300 mg/l-Einleitwerte einen negativen Wert (Entsorgungsdefizit). Dies bedeutet, dass keine Produktionsabwässer eingeleitet werden dürfen und auch das Haldenabwasser ab 2021 nicht vollständig eingeleitet werden kann (s. Abbildung 24).

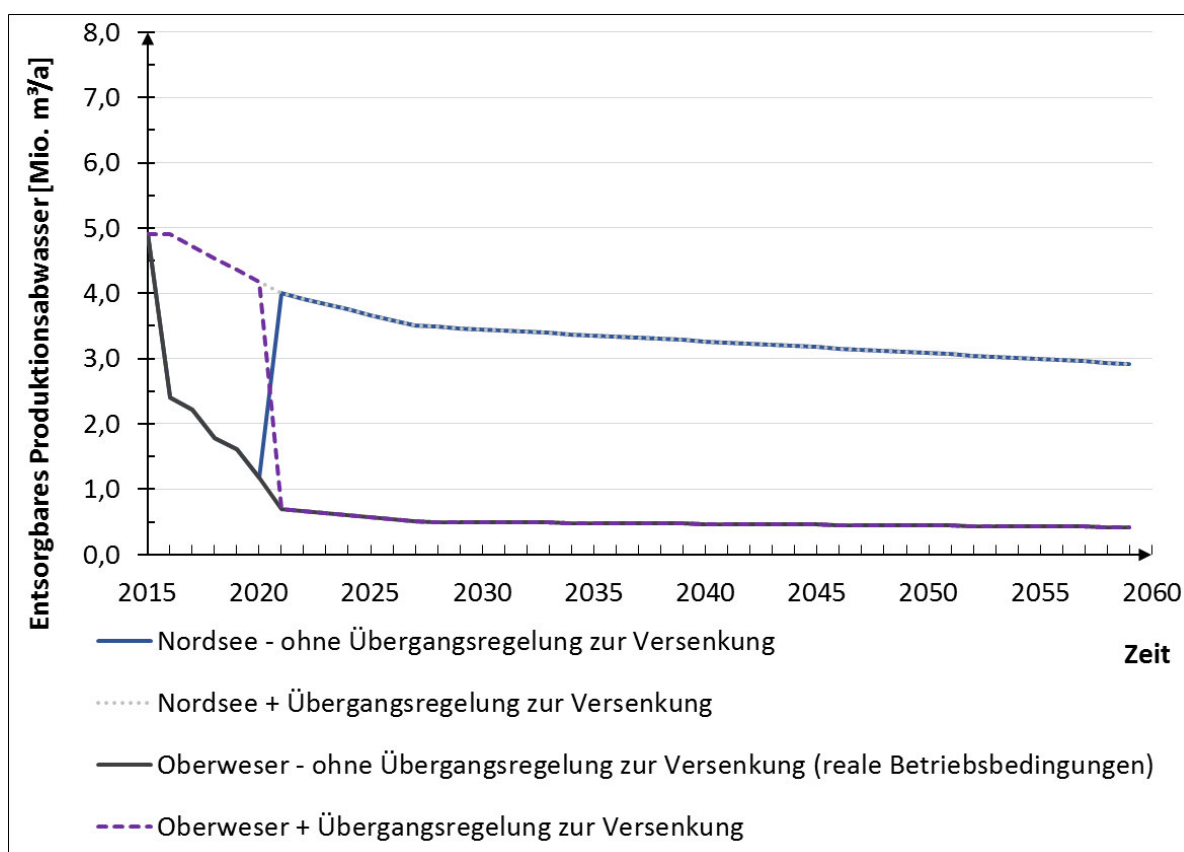
Daher stellen die hinter diesen Szenarien stehenden Zielwerte zur Salzkonzentration in Werra/Weser keine Optionen bei der Suche nach verhältnismäßigen Maßnahmenoptionen für die Werra/Weser dar und werden auch nicht weiter verfolgt.



**Abbildung 24: Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser unter Annahme von zulässigen Salzkonzentrationen am Einleitort (nach Daten aus SYDRO Consult 2014)**

Weiterhin wurden die Pipeline-Szenarien untersucht, die während der Errichtung der Pipelines zwischen 2015 und 2020 keine Übergangslösungen zur Versenkung vorsehen. Die Entwicklung der Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser ist in Abbildung 24 unter realitätsnahen Betriebsbedingungen aufgeführt. Ohne Übergangslösung ergibt sich ab 2016 (Einstellung der Versenkung) ein Defizit bei der Entsorgung der Produktionsabwässer. Bei der Nordsee-Pipeline wird dieses Defizit ab 2021 beseitigt, da sowohl Produktions- als auch Haldenabwässer im Umfang von 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr abgeleitet werden können. Beim Oberweser-Szenario können demgegenüber auch nach 2021 die Produktionsabwässer nur zu einem Teil eingeleitet werden (s. Abbildung 25).

Der Rückgang der entsorgbaren Abwasservolumen führt bei einem Stopp der Versenkung ab 2016 zu erheblichen Gewinnrückgängen. Dies impliziert, dass ein Nordsee-Szenario - ohne Übergangsregelung mit einem zwischenzeitlichen Produktionsstopp verbunden wäre. Das Oberweser-Szenario ohne Übergangsregelung wäre betrieblich noch weniger darstellbar als das Oberweser-Szenario mit Übergangsregelung. Daher werden diese beiden Szenarien ebenfalls nicht im Detail untersucht.



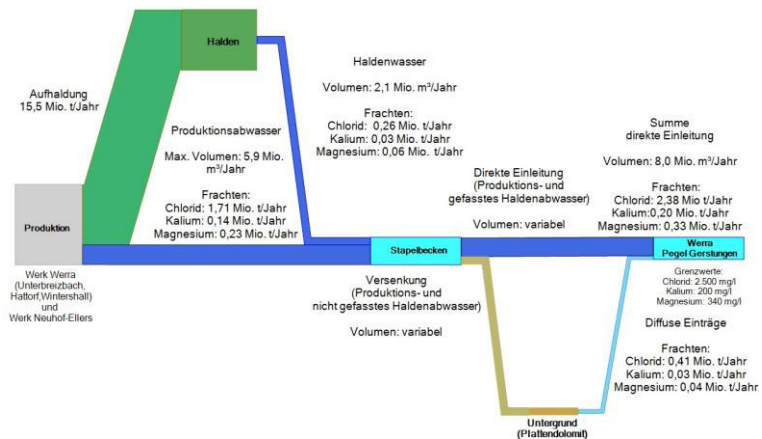
**Abbildung 25: Wirkung der Übergangsregelung zur Versenkung auf die Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser** (nach Daten aus SYDRO Consult 2014)

### 7.3 Mengenbilanzen ausgewählter Szenarien

Die Mengenbilanzen ausgewählter Szenarien sind in den Abbildung 26 bis Abbildung 31 grafisch dargestellt, um die Strukturen des Abwasseranfalls und der Abwasserentsorgung zu verdeutlichen.

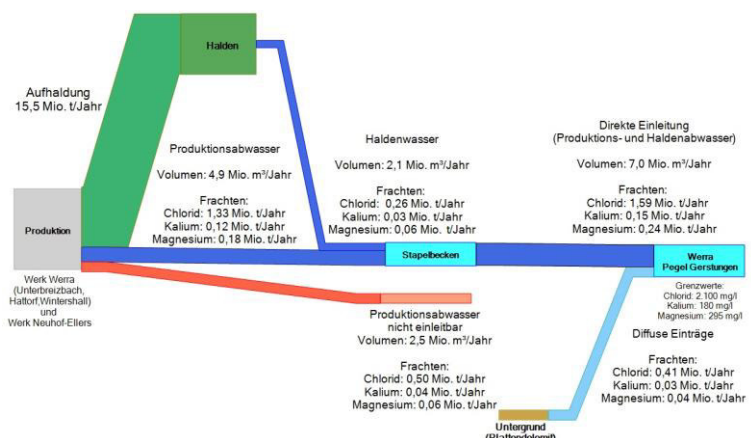
Das Status-quo-Szenario bis 11/2015 dokumentiert den aktuellen Stand des Abwasseranfalls, der Abwasserentsorgung und der Anforderungen des Gewässerschutzes.

**Abbildung 26: Status-quo-Szenario mit Versenkung – bis 11/2015**



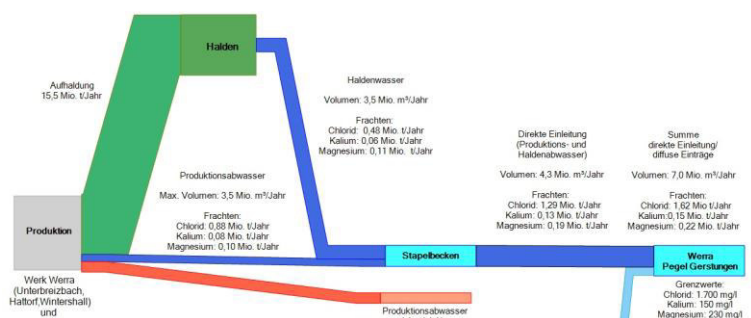
Das Status-quo-Szenario ab 12/2015, in dem keine weitere Versenkung vorgesehen ist, weist ein erhebliches Entsorgungsdefizit für Produktionsabwasser auf.

**Abbildung 27: Status-quo-Szenario ohne Versenkung – ab 12/2015**



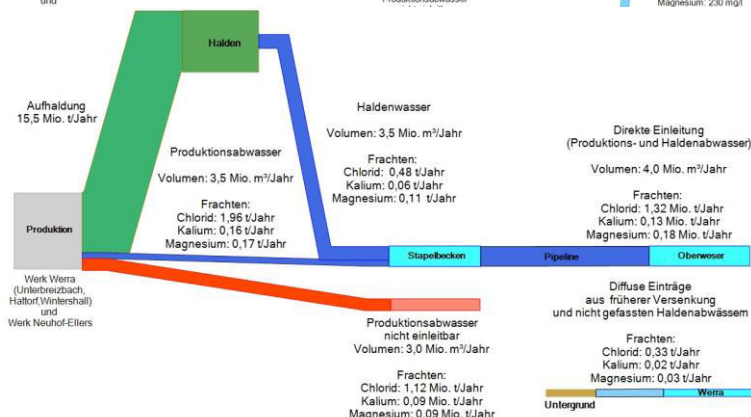
Das Entsorgungsdefizit bleibt auch bestehen, wenn sich durch den Versenkungsstopp die diffusen Einträge in Werra/Weser tendenziell verringern.

**Abbildung 28: Status-quo-Szenario ohne Versenkung – ab 2027**



Die Einleitkapazität für das anfallende Produktionsabwasser im Jahr 2027 ist auch dann nicht ausreichend, wenn eine Einleitung in die Oberweser erfolgt. Die Oberweser-Pipeline ist deswegen keine erfolgversprechende Lösung.

**Abbildung 29: Oberweser-Szenario mit Über-**



## gangsregelung – ab 2027

Bei einer Einleitung von Produktions- und Haldenabwasser über eine Pipeline in die Nordsee werden die Werra und die Weser entlastet. Im Hinblick auf die Frachten ist sie unter den derzeitigen Ausgangsbedingungen (Produktion; Aufhaltung; spezifischer Abwasseranfall) die einzige konfliktfreie Lösung.

**Abbildung 30: Nordsee-Szenario ab 2027**

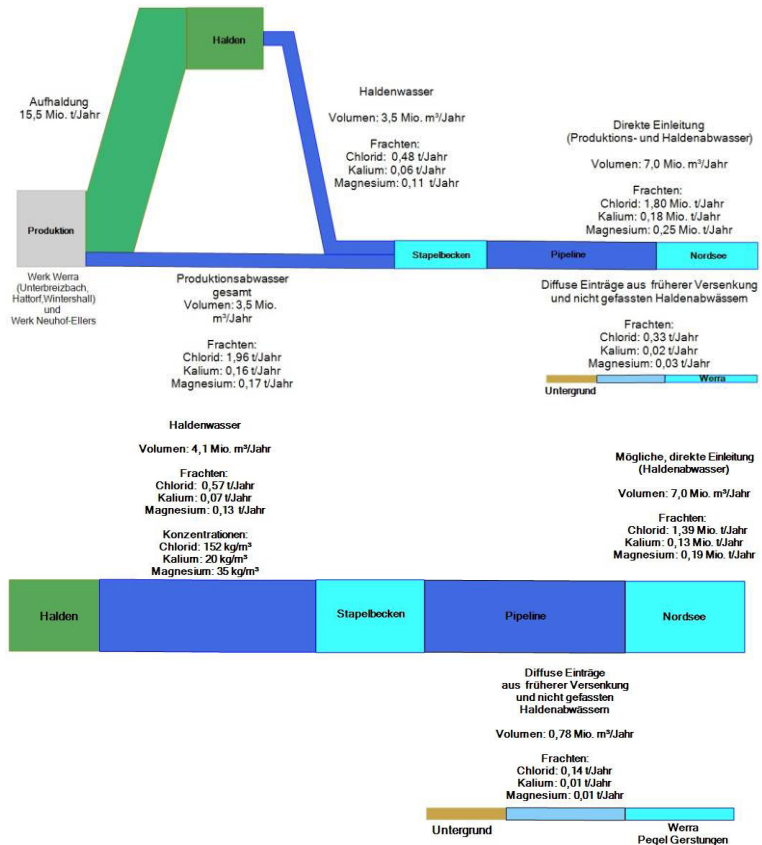
Das Nordsee-Szenario erlaubt nach Einstellung der Salzförderung (voraussichtlich 2060) eine Entsorgung des Haldenabwassers.

**Abbildung 31: Nordsee-Szenario ab 2060**

Auf der Grundlage der Mengenbilanzen werden die Szenarien für eine differenzierte Analyse und Bewertung ausgewählt:

- Status-quo-Szenario ohne Versenkung;
- Status-quo-Szenario mit Versenkung;
- Oberweser-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung;
- Nordsee-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung.

Die übrigen Szenarien werden nicht weiter behandelt, da sie unter den gegebenen Bedingungen und Annahmen keine umsetzbaren Lösungen darstellen.



## 8 Betriebliche Bewertung

Zur Bewertung der betrieblichen Effekte wird der Indikator Gewinnrückgang herangezogen. Zum einen lehnt sich dieser Indikator eng an die Indikatoren an, die bei Nutzen-Kosten-Analysen zur Bewertung der betrieblichen Wohlfahrtswirkungen genutzt werden.<sup>6</sup> Zum anderen können mit diesem Indikator sowohl die Produktionsrückgänge als auch die Maßnahmenkosten der Pipelines sowie die Rückstellungen für die Ewigkeitslasten zusammengefasst werden.

Grundlage bildet der in der Gl. 1 und Gl. 2 dargestellte Zusammenhang zwischen der Veränderung der Salzproduktion, den Fixkosten und dem Gewinn. Die mit dem Bau von Pipelines und Speicherbecken erforderlichen Maßnahmenkosten wirken sich auf die Fixkosten und somit auf den Gewinn aus. Auch die Rückstellungen für die Ewigkeitslasten werden als Fixkosten angenommen. Die Produktionsänderungen infolge Abwasserrestriktionen wirken sich über Umsatzänderungen sowie Änderungen beim variablen Kostenblock auf den Gewinn aus.

$$\Delta \text{ Gewinn} = \Delta \text{ Umsatz} - \Delta \text{ variable Kostenanteil} - \text{Fixkosten}$$

**Gl. 1**

$$\Delta \text{ Gewinn} = \text{Preis} * \Delta \text{ Salzproduktion} - \text{variable Kosten} * \Delta \text{ Salzproduktion} - \text{Fixkosten}$$

**Gl. 2**

### 8.1 Bewertung der Maßnahmenkosten

#### 8.1.1 Szenarienbedingte Maßnahmenkosten

Die Lösung der Salzabwasserentsorgung in den Pipeline-Szenarien, in denen die Halden- und Produktionsabwässer vom Werk Werra und Neuhoof-Ellers entweder zur Oberweser (Bad Karlshafen) oder in die Nordsee abgeleitet werden, sind in die unterschiedlichen Szenarien eingebunden und so zeitlich sowie im Hinblick auf die Inanspruchnahme von Ressourcen eingeordnet.

Es wird vereinfachend angenommen, dass die Errichtung sowohl der Oberweser- als auch der Nordsee-Pipeline im Jahr 2015 begonnen wird und beide Pipelines ab 2021 betrieben werden können. Mit Beendigung der Produktion werden die Pipelines dazu genutzt, das Haldenabwasser, welche im Jahr 2060 ein Volumen von 4,1 Mio. m<sup>3</sup> umfasst, abzuleiten. Diese Aspekte werden durch die beiden Szenarien „Oberweser-Pipeline mit Übergangslösung zur Versenkung“ und „Nordsee-Pipeline mit Übergangslösung zur Versenkung“ abgebildet.

Die Maßnahmenkosten werden mit den Kosten der weiteren Einleitung der Abwässer in die Werra (Status quo - ohne Versenkung) sowie den Kosten für die Versenkung/Einleitung der Abwässer (Status quo - mit Versenkung) verglichen. Da diese Entsorgungswege keine Reinvestitionen benötigen und lt. Angaben von K+S7 zum Teil schon amortisiert sind, wurden die bei den beiden Status-quo-Szenarien anfallenden Kosten anhand des Energieaufwands von 2013 (Tabelle 9) unter der Annahme

<sup>6</sup> Bei Nutzen-Kosten-Analysen wird zur Beschreibung der betrieblichen Wohlfahrtseffekte die Produzentenrente herangezogen, welche die Differenz zwischen Umsatz und variablen Kosten darstellt. Hierbei wird als Wohlfahrtseffekt zum einen die Faktorentlohnung der gebundenen, d.h. fixen Kapitalgüter erfasst, da diese als bei Produktionsänderungen nicht anpassbar betrachtet werden. Zum anderen zählt der Umsatz, der noch über die Refinanzierung aller Produktionsfaktoren hinaus erwirtschaftet wird, ebenfalls zu den Wohlfahrtseffekten. Der im Folgenden genutzte Indikator „Gewinn“ lässt im Gegensatz zur Produzentenrente zusätzlich noch die Abschreibungen als Kosten der Kapitalgüter unberücksichtigt. Da aufgrund der langen Bewertungszeitdauer (bis 2060) viele Kapitalgüter im betrachteten Werk Werra erneuert werden müssen und daher nicht als dauerhaft gebunden, sondern als disponibel anzusehen sind, ist dieser Indikator besser geeignet.

<sup>7</sup> 2. Fachgespräch mit K+S Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte am 27.5.2014

eines Energiepreises von 8 ct/kWh hochgerechnet. Hierbei wird angenommen, dass sich der Energiebedarf linear proportional zur Abwassermenge verhält. Zugleich wurde davon ausgegangen, dass das Abwasser am Standort der Produktion entsorgt wird und dass keine Energieoptimierung über den Werkabwasserverbund möglich ist.

Weitere Informationen zu den Betriebskosten der Anlage, wie Personalkosten, Wartungs- oder Instandhaltungskosten liegen nicht vor, so dass hierdurch die Einleitungs- und Versenkungskosten für die Status-quo-Szenarien unterschätzt werden.

**Tabelle 9: Energieaufwand für die Versenkung bzw. die lokale Einleitung in die Werra 2013**  
(nach Daten von K+S GmbH)

Parameter	Hattorf	Wintershall	Total Werk Werra
Versenkungsmenge [Mio. m <sup>3</sup> /Jahr]	2,42	0,81	3,23
Einleitungsmenge [Mio. m <sup>3</sup> /Jahr]	5,42	2,02	7,44
<b>Total entsorgendes Abwasser [Mio m<sup>3</sup>/Jahr]</b>	<b>7,84</b>	<b>2,83</b>	<b>10,67</b>
Gesamtenergieaufwand Versenkung [MWh/Jahr]	579	2.114	2.693
Gesamtenergieaufwand Einleitung [MWh/Jahr]	386	159	545
<b>Total Energieaufwand [MWh]</b>	<b>965</b>	<b>2.273</b>	<b>3.238</b>
Energieaufwand Versenkung [MWh/Mio. m <sup>3</sup> ]	239	2.610	834
Energieaufwand Einleitung [MWh/Mio. m <sup>3</sup> ]	71	79	73

Die Maßnahmenkosten der Pipelines bestehen aus den Investitionskosten für die Leitung und die Stapelbecken (Herstellung und Einbau) sowie deren Betriebskosten (Energieaufwand, Wartungs- und Instandhaltungskosten, Personalkosten). Sie beziehen sich auf die Gesamtperiode der Auswertung (2015 bis Stilllegung der Produktion in 2060). Zugleich fallen während der Übergangszeit zusätzliche Kosten für die lokale Einleitung in der Werra und die Versenkung anhand derselben Annahme als für die Status-quo-Szenarien an.

Die von K+S für die Oberweser-Pipeline zur Verfügung gestellten Daten wurden in der Auswertung ohne weitere Änderung übernommen (Tabelle 10).<sup>8</sup> Die Angaben stimmten mit dem im Gutachten des Öko-Instituts (Möller/Hendel 2010) und der vorliegende Machbarkeitsstudie von 2009 (Jestaedt + Partner/InfraServ 2009) ausgewiesenen Angaben weitgehend überein.

Bei dem Durchmesser der Leitung zwischen den Speicherbecken und dem Einleitort ist die Variante von zwei parallelen DN 1.000 Rohren für die Ökobilanz gewählt worden. Um die weitere Auswertung zu vereinfachen, werden die Betriebskosten in Höhe von 3 Mio. €/Jahr unabhängig von der Einleitungsmenge als Fixkosten angesehen. Hierdurch ergibt sich eine tendenzielle Überschätzung der Maßnahmenkosten sowie des Energieaufwands und der damit verbundene Umwelteffekte.

<sup>8</sup> im Rahmen der beiden Fachgespräche mit K+S im Mai 2014

**Tabelle 10: Eingangsdaten Oberweser-Pipeline (nach Daten von K+S GmbH)**

Position	Ausgangsdaten (lt. K+S Werk Werra)	zur Berechnung herangezogen	Anmerkung
Länge	max. 150 km	150 km	
Durchmesser	DN 600 über 135 km + DN 1600 oder 2 x DN 1000 über max 15 km	DN 600 über 135 km + 2 x DN 1000 über 15 km	
Beckenvolumen	3,5 Mio. m <sup>3</sup>	3,5 Mio. m <sup>3</sup>	
Baukosten	300 Mio. € (+30% Aufschlag für unvorhergesehene Kosten)	350 Mio. €	+15% Aufschlag für unvorhergesehene Kosten
Energieaufwand	9.000 MWh/Jahr	9.000 MWh/a	
Betriebskosten	3 Mio. €/a	3 Mio. €/a	Fixkosten
davon Energiekosten		0,72 Mio. €/a	aus Energieaufwand ermittelt; angenommene Energiekosten - 8 ct/kWh
Wartungskosten		1,63 Mio. €/a	ermittelt als Rest aus Gesamtbetriebs- kosten, Energie- u. Personalkosten
Personalaufwand	0,65 Mio. €/a	0,65 Mio. €/a	

Die Daten für die Nordsee-Pipeline, die von K+S bereitgestellt wurden, konnten demgegenüber nicht vollständig mithilfe der zur Verfügung stehenden externen Informationen plausibilisiert werden (Tabelle 11). Insbesondere ließ sich der ausgewiesene hohe Energieaufwand nicht erklären. Das Öko-Institut (Möller/Hendel 2010) hatte für die Nordsee-Pipeline mit einem Energieaufwand von 10.700 MWh gerechnet und somit mit einem Wert, der in der Größenordnung der Angaben für die wesentlich kürzere Oberweser-Pipeline (9.400 MWh) lag. Die Machbarkeitsstudie von 2009 (Jestaedt + Partner/InfraServ 2009) hatte ebenfalls mit fast identischen Energiekosten für das Hauptpumpwerk bei Oberweser- und Nordsee-Pipeline gerechnet (1,01 Mio. €/Jahr für die Oberweser und 1,0 Mio. €/Jahr für die Nordsee-Pipeline).

Obwohl der Energieaufwand bei Pipelines von vielen Parametern abhängt und je nach Trassenverlauf und technischer Auslegung stark variieren kann, ließen Überschlagsrechnung keinen Energieaufwand für die Nordsee-Pipeline als gerechtfertigt erscheinen, der 20.000 MWh/Jahr übersteigt<sup>9</sup>. Daher wurde mit diesem Wert gerechnet.

Weiterhin ließen sich die Betriebskosten für die Nordsee-Pipeline in ihrer Höhe nur teilweise nachvollziehen. Zur Überprüfung der Wartungskosten wurden zwei Abschätzungen durchgeführt: Einerseits wurden die leitungsspezifischen Wartungskosten [€/km\*Jahr] der Oberweser ermittelt und auf die Nordsee-Pipeline übertragen. Hierbei wird angenommen, dass die Wartungskosten linear mit der Länge der Pipeline steigen. Hierbei ergibt sich ein Wert von 5,1 Mio. €/Jahr, der als niedrige Schätzung für die weitere Berechnungen genutzt wurde. Andererseits wurden Wartungskosten aus den Investitionskosten geschätzt und hierbei ein Faktor von 1% der Investitionskosten angenommen<sup>10</sup>. Im Ergebnis ergibt sich ein etwas höherer Schätzwert von 7,5 Mio. €/Jahr. Werden diese Werte als Wartungskosten angesetzt und mit den Schätzwerten der Energiekosten sowie den von K+S übernommenen Personalkosten aggregiert, so ergeben sich Gesamtbetriebskosten von 8,0 bis 10,4 Mio. €/Jahr.

<sup>9</sup> Persönliche Mitteilung von Dr. Ing- Henry Riße, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V., Juni 2014.

<sup>10</sup> Ibit

**Tabelle 11: Eingangsdaten Nordsee-Pipeline** (nach Daten von K+S GmbH, ergänzt)

Parameter	Ausgangsdaten (lt. K+S Werk Werra)	zur Berechnung herangezogen	Anmerkungen
Länge	Bis zu 450 km	450 km	
Durchmesser	DN 600	DN 600	
Beckenvolumen	60.000 m <sup>3</sup>	60.000 m <sup>3</sup>	
Baukosten	650 Mio € (+30% Aufschlag für unvorhergesehene Kosten)	750 Mio. €	+15% Aufschlag für unvorhergesehene Kosten
Energieaufwand	60.000 MWh/Jahr	20.000 MWh/Jahr	Plausibilitätsanalyse (Erläuterung im Text)
Betriebskosten	16 Mio. €/Jahr	8,0 Mio. €/Jahr (10,4 Mio. €/Jahr)	Plausibilitätsanalyse (Erläuterung im Text)
davon Energiekosten		1,6 Mio. €/a	aus Energieaufwand ermittelt; angenommene Energiekosten: 8 ct/kWh
Wartungskosten		5,1 Mio. €/Jahr (7,5 Mio. €/Jahr)	Plausibilitätsanalyse (Erläuterung im Text)
Personalaufwand	1,3 Mio. €/Jahr	1,3 Mio. €/Jahr	

Für die weiteren Berechnungen müssen die unterschiedlichen Zeitpunkte, zu denen die Investitions- und Betriebskosten anfallen, berücksichtigt werden. Die Auszahlung für die Investition finden gleich zu Beginn des Bewertungszeitraums statt, während die Betriebskosten jährlich bis 2060 anfallen. Kapitalwert und Annuitäten, die im Grundsatz hinter den weiterhin ausgewiesenen durchschnittlichen Jahreskosten stehen, können hierfür als Kenngrößen der dynamischen Investitionskostenrechnung herangezogen werden. Der Kapitalwert drückt hierbei die Summe aus, die gegenwärtig bei einem vorgegebenen Zinssatz zurückgelegt werden müsste, um die Investitionen sowie alle zukünftig anfallenden Kosten der Maßnahme zu bezahlen. Je höher der Zinssatz angesetzt wird, desto niedriger fällt der Kapitalwert aus.

Die Jahreskosten (im Sinne von Annuitäten) drücken demgegenüber die durchschnittlichen Kosten der Investition als periodisch gleichmäßige Zahlungen aus. Dabei wird die Investition im Sinne eines Kredites während der nachfolgenden Perioden refinanziert, wobei neben der Tilgung auch Zinsen zu zahlen sind. Die jährlichen Betriebskosten bleiben demgegenüber unverzinst. Je höher der Zinssatz ausfällt, desto höhere jährliche Kapitalkosten müssen angerechnet werden.

Bei den in Tabelle 12 dargestellten Kapitalkosten und durchschnittlichen Jahreskosten für die Nordsee- und Oberweser-Pipeline fließen weitere Annahmen ein:

- Vereinfachend wurde für die Ausweisung des Kapitalwertes angenommen, dass die Investition im Jahr 2015 erfolgt;
- bis zur Inbetriebnahme der Pipelines im Jahr 2021 fallen keine Betriebskosten an;
- die Tilgung der Investitionskosten ist mit dem Jahr 2059, d.h. dem letzten Jahr der Produktion, abgeschlossen. Im Jahr 2060 fallen nur noch Betriebskosten an, da die Pipelines das Haldenabwasser ableiten müssen.

Die Höhe des einzubeziehenden Zinssatzes ist für den Vergleich der Maßnahmen anhand ihrer Kosten nur von geringer Bedeutung. Die Nordsee-Pipeline ist unabhängig vom Zinssatz ungefähr 2,2 mal so kostenintensiv wie die Oberweser-Pipeline. Der Zinssatz wird jedoch dadurch wichtig, da die Maß-

nahmenkosten durch entsprechend zu erwirtschaftende Einnahmen gedeckt werden müssen und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme bewertet werden muss. Die aufgeführten Zinssätze transportieren eine unterschiedliche inhaltliche Aussage:

Der Zinssatz von 6% orientiert sich an durchschnittlichen Kapitalkosten der K+S Aktiengesellschaft vor Steuern. Diese werden im Finanzbericht für 2013 mit ca. 8 % angegeben (K+S AG 2014) und berücksichtigen das Verhältnis von Eigen- und Fremdkapital des Unternehmens. Hiervon werden 2 % abgezogen als Ausgleich für Preissteigerungen, da bei den weiteren Untersuchungen mit realen Preis- und Kostenentwicklungen gerechnet wird<sup>11</sup>. Dieser Zinssatz ist bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit relevant, wenn angenommen wird, dass die Maßnahmen sowohl durch Eigen- als auch durch Fremdkapital finanziert werden.

Demgegenüber orientiert sich der Zinssatz von 1% an den gegenwärtigen Fremdkapitalkosten für K+S von 3% (K+S AG 2014), wobei wiederum eine Preissteigerung von 2% abgezogen wird. Mit der Nutzung dieses Zinssatzes verbindet sich die Annahme, dass die Pipelines durch Fremdkapital finanziert werden.

Beide Werte hängen von globalen wirtschaftlichen und finanzpolitischen Rahmenbedingungen ab und können sich kurzfristig ändern. Beispielsweise wies K+S für 2006 einen höheren durchschnittlichen Kapitalkostensatz von 10% sowie höhere Fremdkapitalkosten von knapp 5% aus. Dementsprechend wurden im Sinne einer Sensitivitätsanalyse die Maßnahmenkosten für einen Zinssatz von 3% bzw. einem Zinssatz von 9% ergänzt (Tabelle 12).

**Tabelle 12: Kapitalwert und Durchschnittliche Jahreskosten der Pipelinelösungen**

Zinssatz	Oberweser-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung		Nordsee-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung	
	Kapitalwert [Mio. €]	Durchschnittl. Jahreskosten [Mio. €/Jahr]	Kapitalwert [Mio. €]	Durchschnittl. Jahreskosten [Mio. €/Jahr]
9%	372	33,5	807	73,4
6%	385	24,4	841	53,6
3%	411	16,4	911	36,6
1%	445	12,1	1.001	27,2

In die Öko-Effizienz-Analyse fließt das Ergebnis bei einem Zinssatz von 6% ein, wobei die Investitionskosten in Annuitäten umgerechnet und als Jahreskosten ausgewiesen werden. Wie Tabelle 13 verdeutlicht, fallen auch bei den beiden Status-quo-Szenarien Maßnahmenkosten an. Hierbei handelt es sich um die Betriebskosten (Energiekosten) für Versenkung und Einleitung.

<sup>11</sup> Zu den Preissteigerungen siehe Linssen (2014); siehe auch Destatis (2014)

**Tabelle 13: Szenarienspezifische Maßnahmenkosten (Zinssatz 6%)**

Szenarien	Maßnahmenkosten [Mio. €/Jahr]					
	2016	2020	2021	2027	2059	Durchschnitt
Status quo - ohne Versenkung	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Status quo - mit Versenkung	0,23	0,28	0,28	0,26	0,25	0,24
Oberweser-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung	22,99	23,04	25,75	25,75	25,75	24,40
Nordsee-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung	48,99	49,04	56,75	56,75	56,75	53,62

### 8.1.2 Ewigkeitslasten

Nach Beendigung des Salzabbaus muss das Haldenabwasser weiter umweltgerecht entsorgt werden. Im Sinne der Verursachergerechtigkeit stellt sich für die Szenarienbetrachtung die Frage nach dem Umgang mit diesen Abwässern und den damit verbundenen Kosten. Im Falle der Oberweser- bzw. des Nordsee-Szenarios wäre auch deren Einleitung in die Werra nicht so einfach möglich, da aufgrund des Verschlechterungsverbot nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Einleitorte von Oberweser bzw. von der Nordsee zurückverlegt werden könnten. Demzufolge wären die Pipelines weit über den Bewertungszeitraum hinweg zu betreiben, solange nicht alternative technische Optionen zur Vermeidung der Haldenabwässer oder deren Nutzung gefunden werden.

Um Näherungsgrößen für den Pipelinebetrieb im Rahmen von „Ewigkeitslasten“ bereitzustellen, wurden für die beiden Szenarien „Oberweser mit Übergangsregelung zur Versenkung“ und „Nordsee mit Übergangsregelung zur Versenkung“ Abschätzungen vorgenommen. Hierbei wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die Nutzungsdauer der Pipeline beträgt 50 Jahre, d.h. die im Jahr 2021 in Betrieb genommenen Pipelines können noch bis 2070 betrieben werden, bevor sie zu erneuern sind<sup>12</sup>.
- Es kommt langfristig zu keinen weiteren Preissteigerungen, so dass die realen Reinvestitionskosten und Betriebskosten langfristig konstant bleiben.

In der Tabelle 14 sind die Kapitalwerte der „Ewigkeitslasten“ aufgeführt, wobei folgende Fälle unterschieden werden:

- Bzgl. des notwendigen Betriebs der Pipeline wird einmal von einem Zeitraum von 500 Jahren (10 Erneuerungsperioden) und einmal von einem Zeitraum von 150 Jahren (drei Erneuerungsperioden) ausgegangen. Ursache für eine verkürzte Nachsorgeperiode könnten technische Innovationen oder geänderte Marktsituationen sein, die eine Nutzung der Halden wirtschaftlich machen.
- Die Ewigkeitslasten werden einmal für das Jahr 2060 angegeben und einmal für 2015. Der erste Wert beschreibt die Höhe der Rückstellungen, die im Jahr 2060 bereitstehen müssen, um die Ewigkeitslasten zu finanzieren. Der zweite Wert bezieht die Höhe der Rückstellungen auf den Bezugspunkt 2015.

<sup>12</sup> K+S Angabe

- Es wird angenommen, dass die Finanzmittel für die Ewigkeitslasten in risikolosen Staatsanleihen angelegt werden. Vereinfachend werden zur Diskontierung Zinssätze von 1% bzw. 3% (real) angesetzt. Während gegenwärtig eine Verzinsung von 1% real bei risikolosen Anleihen sehr hoch ist, wird bei der Verzinsung von 3% real von einer langfristigen Erhöhung der Zinssätze ausgegangen<sup>13</sup>.

Die Ewigkeitslasten fallen für die Nordsee-Pipeline ungefähr 2,3 mal höher aus als für die Oberweser-Pipeline. Die absoluten Werte variieren hierbei deutlich in Abhängigkeit vom zugrunde gelegten Zinssatz. Bei Verwendung des höheren Zinssatzes verringern sich die Kapitalwerte auf ein Drittel des Wertes mit niedrigem Zinssatz. Demgegenüber wirkt sich eine Verkürzung der Nutzungsdauer der Pipelines nur geringfügig auf die Kapitalwerte aus.

Müssten die Finanzmittel für die Ewigkeitslasten schon im Jahr 2015 bereitgestellt und zu dem entsprechenden Zinssatz angelegt werden, so ergäben sich Einsparungen von einem Drittel im Vergleich zu einer Bereitstellung der Mittel im Jahr 2060.

**Tabelle 14: Abschätzung der Ewigkeitslasten**

	Diskontierung auf 2060		Diskontierung auf 2015	
<b>Gesamt-Ewigkeitslast (mit Zeitbasis 2060)</b>	500 Jahre	150 Jahre	500 Jahre	150 Jahre
<b>Oberweser-Pipeline</b>				
Zinssatz 1%	1.060	830	680	530
Zinssatz 3%	390	380	250	240
<b>Nordsee-Pipeline</b>				
Zinssatz 1%	2.420	1.910	1.550	1.220
Zinssatz 3%	880	870	560	560

Die Ewigkeitslasten müssen während der Produktionsphase angespart werden. Hierfür müsste K+S jährlich Rücklagen bilden. Die jährlichen Rückstellungen sind in Tabelle 15 aufgeführt, wobei für die Verzinsung mit Werten von 1% und 3% gerechnet wurde<sup>14</sup>.

**Tabelle 15: Durchschnittliche jährliche Rückstellungen für Ewigkeitslasten**

<b>Durchschnittliche Rückstellung pro Jahr [Mio. €/a]</b>	<b>500 Jahre</b>	<b>150 Jahre</b>
<b>Oberweser-Pipeline</b>		
Zinssatz 1%	18,9	15,1
Zinssatz 3%	7,1	6,9
<b>Nordsee-Pipeline</b>		
Zinssatz 1%	43,1	34,0
Zinssatz 3%	15,7	15,5

<sup>13</sup> vgl. hierzu Linssen (2014).

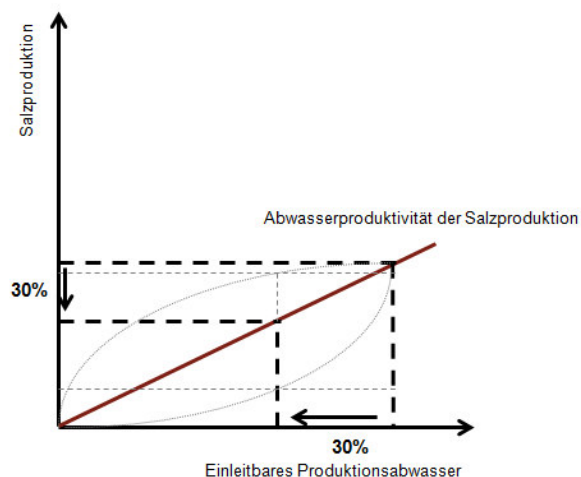
<sup>14</sup> Die für Rückstellungen relevanten Abzinsungssätze werden von der Deutschen Bundesbank herausgegeben und betragen gegenwärtig zwischen 4-5% nominal. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung wäre dies ein realer Zinssatz von 2-3%.

Die Ewigkeitslasten können im Rahmen dieses Gutachtens nur in ihrer Dimension geschätzt werden, da sie von vielen Faktoren abhängen (siehe hierzu Abschnitt 10.1). Aus diesem Grunde werden im Folgenden die Ewigkeitslasten immer separat von den Maßnahmenkosten ausgewiesen. Weiterhin wurde ein Zinssatz gewählt, der den Raum umgrenzt. Daher wurde sowohl für die Ermittlung der Ewigkeitslasten in ihrer Höhe als auch für die Berechnung der jährlichen Rückstellungen der niedrigste hier aufgeführte Zinssatz (1%) herangezogen.

## 8.2 Bewertung des Produktionsrückgangs

### 8.2.1 Ermittlung der Produktionsrückgänge

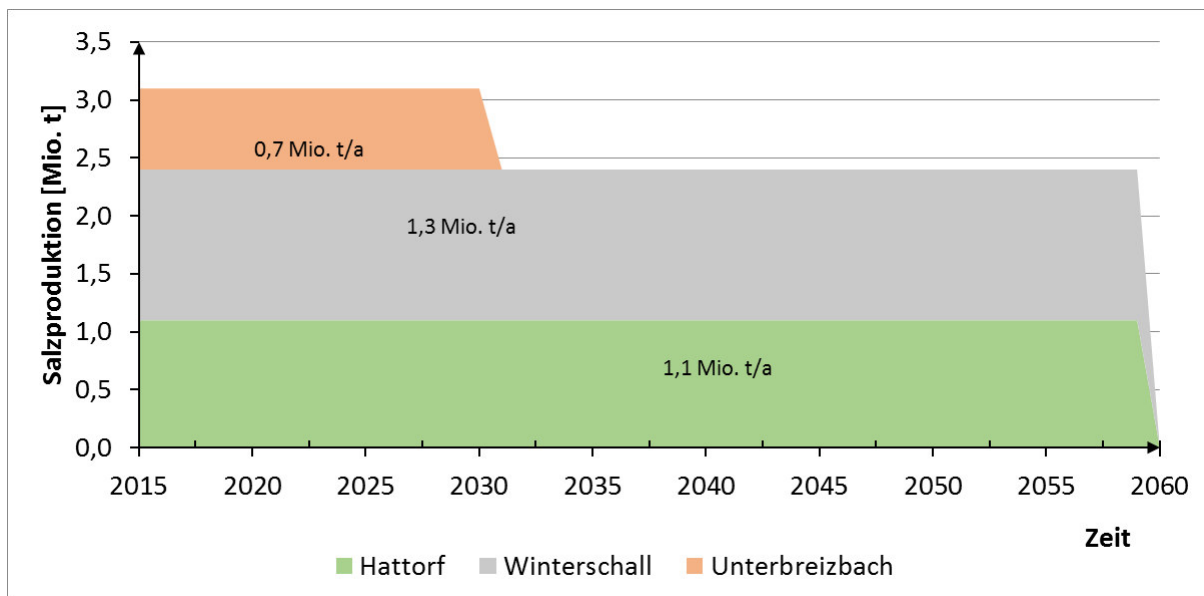
Die Produktionsrückgänge gehen sowohl in die Bewertung der ökobilanziellen Wirkungen als auch in die betriebliche Bewertung ein. Der Berechnungsansatz wird durch Abbildung 32 skizziert. Er beruht auf der Annahme, dass der Produktionsrückgang proportional zum Rückgang der Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser erfolgt. Die Abbildung zeigt, dass auch andere funktionale Beziehungen zwischen der Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser und der Salzproduktion denkbar wären, die zu einem überproportionalen und zu einem unterproportionalen Rückgang der Salzproduktion in Reaktion auf einen Rückgang der Entsorgungskapazität führen können. Seitens K+S wurde auf einen überproportionalen Zusammenhang zwischen Abwasserrückgang und Folgen für die Salzproduktion verwiesen<sup>15</sup>. Träfe dies zu, so würde der proportionale Ansatz die wirklichen Effekte unterschätzen und somit zu einem konservativen Bewertungsergebnis führen.



**Abbildung 32: Zusammenhang zwischen der Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser und der Salzproduktion**

Die Produktionsrückgänge wurden für jedes Jahr einzeln ermittelt. Hierbei wurden die Produktionskapazitäten der Bergwerke Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach als konstant angenommen, wobei Unterbreizbach annahmegemäß nur bis 2030 betrieben wird.

<sup>15</sup> Fachgespräche mit K+S im Mai 2014.



**Abbildung 33: Salzproduktion der in die Bewertung der Produktionsrückgänge einbezogenen Standorte**

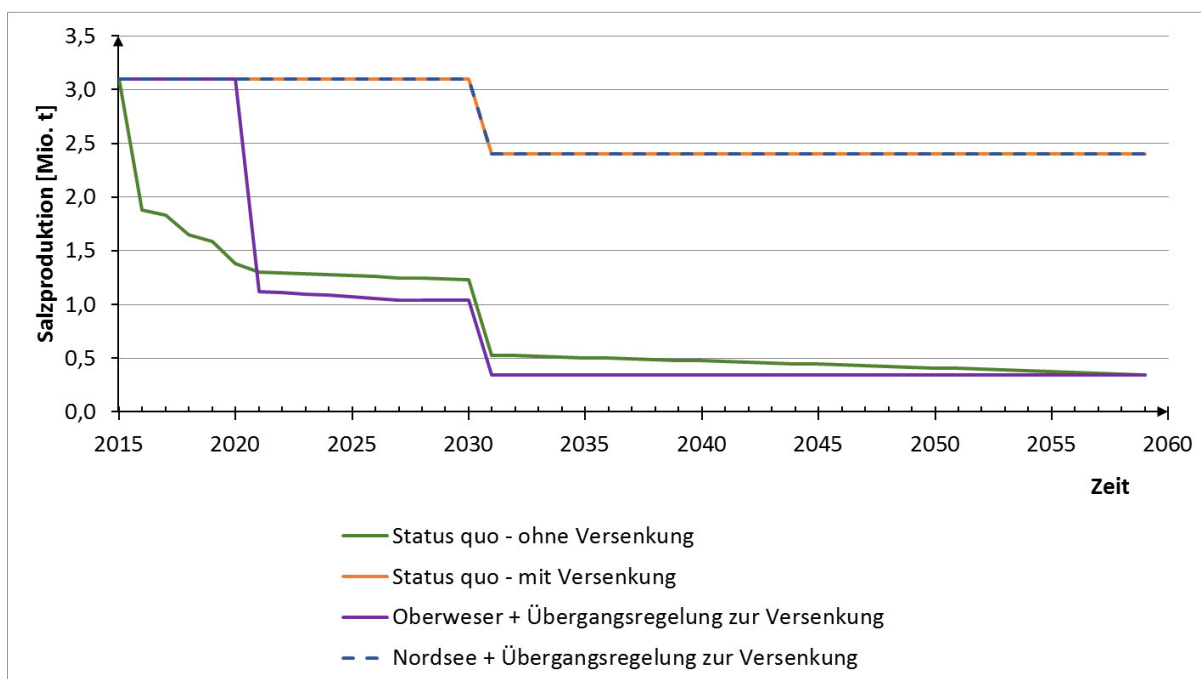
Das Werk Neuhoof-Ellers wurde bei der Bewertung der Wirkung von Produktionsrückgängen nicht berücksichtigt, da es abwasserlos produziert und nur das Haldenabwasser zu entsorgen ist. Auch Unterbreizbach stellt einen Sonderfall dar. Die Abwässer von Unterbreizbach fließen in den Produktionsprozess der Werke Hattorf und Wintershall ein und werden dort weiter verwendet. Daher ließ sich nicht quantifizieren, welche Abwassermenge auf Unterbreizbach entfällt<sup>16</sup>. Vereinfachend wurde angenommen, dass Unterbreizbach keinen Einfluss auf die Produktionsabwassermenge ausübt. Dementsprechend wurde sowohl die Gesamtabwassermenge als auch der Abwasserrückgang nur auf die Produktionskapazität von Hattorf und Wintershall bezogen.<sup>17</sup>

Die Abschätzung der Produktionsrückgänge erfolgte jährlich als Differenz der Gesamtproduktion. Für die vier Hauptszenarien sind die Ergebnisse in Abbildung 34 dargestellt. Bei den Szenarien „Status quo - mit Versenkung“ und „Nordsee-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung“ werden die Produktionsmöglichkeiten ausgeschöpft. Bei den beiden anderen Szenarien ergeben sich Produktionsrückgänge, wobei diese beim Oberweser-Szenario erst nach dem Übergangszeitraum, beim Status-quo-Szenario ohne Versenkung schon früher eintreten. Zugleich zeigen die Verläufe, dass das Status-quo-Szenario ohne Versenkung leicht geringere Produktionsrückgänge verzeichnet als das Oberweser-Szenario. Hier wird zum einen der zeitiger beginnende Rückgang der diffusen Einträge infolge des früheren Versenkungsstopps des Status-quo-Szenarios sichtbar. Zum anderen reduzieren die Vorbelastungen aus der Fulda die Möglichkeiten zur Salzeinleitung in die Oberweser.

Die Schließung von Unterbreizbach wirkt sich bei allen Szenarien als gleicher absoluter Produktionsrückgang bei der Salzproduktion aus.

<sup>16</sup> Mitteilung per Mail K+S vom 18. Juni 2014

<sup>17</sup> Diese Annahme wirkt konservativ, da die Wirkung des Abwasserrückgangs eher unterschätzt wird. Denn bei Einbeziehung von Unterbreizbach als Abwasserproduzent würde sich nicht die Gesamtabwassermenge, aber die Gesamtproduktionskapazität erhöhen. Dementsprechend wäre der von dieser Annahme nicht beeinflusste, relative Abwasserrückgang auf eine größere Produktionsmenge, d.h. auf 3,1 Mio. t/Jahr und nicht auf 2,4 Mio. t/Jahr zu beziehen, so das größere absolute Produktionsrückgänge zu verzeichnen wären.



**Abbildung 34: Entwicklung der Salzproduktion für Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach**

In der Tabelle sind die Produktionsrückgänge für repräsentative Zeitschnitte aufgeführt. Die in der letzten Spalte aufgelisteten Durchschnittswerte wurden auf Grundlage der jährlichen Berechnungen ermittelt.

**Tabelle 16: Szenarienbedingter Rückgang der Salzproduktion – Zeitschnitte und Durchschnittswerte**

Salzproduktion Rückgang [Mio. t/Jahr]	2016	2020	2021	2027	2059	Durchschnitt
Status quo - ohne Versenkung	1,22	1,72	1,80	1,85	2,05	1,83
Status quo - mit Versenkung	-	-	-	-	-	-
Oberweser-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung	-	-	1,98	2,06	2,05	1,78
Nordsee-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung	-	-	-	-	-	-

## 8.3 Betriebliche Bewertung

### 8.3.1 Vereinfachte Gewinnrechnung

Zur Bewertung der wirtschaftlichen Effekte eines szenarienbedingten Produktionsrückgangs wurde der hierdurch induzierte Gewinnrückgang abgeschätzt. Zur Abschätzung wurde eine vereinfachte Gewinnrechnung genutzt, welche den in Gl. 2 beschriebenen Zusammenhang zwischen dem veränderten Produktionsumfang (Absatz) und dem Gewinn zugrunde legt. Bei der Bewertung der Gewinnänderung mussten Annahmen zu den Fixkosten, Salzpreisen sowie variablen Kosten getroffen werden (vgl. Gl. 2). Diesen Annahmen liegen Auswertungen aus den Geschäftsberichten des K+S Geschäftsbereiches Kali und Magnesiumprodukte zugrunde (vgl. Tabelle 17).

- Die variablen Kosten wurden mit Hilfe einer Regressionsgleichung aus Quartalsdaten des K+S Geschäftsbereiches Kali und Magnesium der Jahre 2008 bis 2013 gewonnen. Die aufgrund dessen angesetzten variablen Kosten von 80 €/t entsprechen etwa 40% der Gesamtkosten.
- Unter Nutzung der Ergebnisse der Regressionsanalyse wurden die durchschnittlichen Fixkosten in Höhe von 835 Mio. € für den Geschäftsbereich Kali und Magnesium abgeleitet<sup>18</sup>. Nach Angabe von K+S bilden die drei Standorte des Werkes Werra sowie Neuhoof-Ellers einen Anteil von 60% am Geschäftsbereich Kali und Magnesium, was anhand der Produktionsdaten verifiziert werden konnte. Basierend auf den Produktionszahlen für die beiden Werke wurde angenommen, dass das Werk Werra mit einem Anteil von 43% an den Angaben zum Geschäftsbereich Kali und Magnesium eingeht. Dementsprechend fielen jährliche Fixkosten von ungefähr 360 Mio. €/Jahr auf das Werk Werra. Im Zuge der Schließung von Unterbreizbach im Jahr 2030 verringert sich dieser Anteil weiter auf 33% bzw. auf 280 Mio. €/Jahr.
- Die Annahmen zu den Durchschnittspreisen für Salzprodukte orientieren sich an dem Median der quartalsweise ausgewiesenen Durchschnittspreise von Salz in den Geschäftsberichten von K+S Kali GmbH für die Zeit von (275,50 €). Für die Szenarienberechnungen wurde mit zwei unterschiedlichen Werten gerechnet; mit einem niedrigen Wert von 260 €/t und mit einem hohen Wert von 300 €/t.
- Bei der Bewertung des Gewinns wird auf die betriebswirtschaftliche Kenngröße des EBIT<sup>19</sup> zurückgegriffen. Als Referenzwert für die vergangenen Jahre wurde eine EBIT von 198 Mio. €/Jahr ermittelt. Dieser Wert ergibt sich auch, wenn die jährliche Produktion von 3,1 Mio. t (vgl. Abbildung 33) in Gl. 2 eingesetzt wird:

$$198 \text{ Mio. €/Jahr} = 260 \text{ €/t} * 3,1 \text{ t/Jahr} - 80 \text{ €/Jahr} * 3,1 \text{ t/Jahr} - 360 \text{ Mio. €/Jahr}$$

- Bei dem höheren Salzpreis erhöht sich der Gewinn auf 322 Mio. €/Jahr. Mit Schließung des Werkes Unterbreizbach im Jahr 2030 verringert sich der Gewinn durch Wegfall einer Produktionsmenge von 0,7 Mio. t./Jahr auf 153 Mio. €/Jahr bei einem niedrigen Salzpreis bzw. auf 253 Mio. €/Jahr bei einem hohen Salzpreis.

Mit der Festlegung dieser Werte wurden zugleich weitere Annahmen getroffen:

- Der Durchschnittspreis für Salzprodukte bleibt über die Zeit ebenso konstant wie die Produktpalette;
- die Fixkosten bleiben über die Zeit konstant – mit Ausnahme der Maßnahmenkosten durch die Pipeline-Lösungen sowie die Rückstellungen für die Ewigkeitslasten;
- die variablen Kosten bleiben über die Zeit konstant;
- die Kosten- und Preisinformationen der vergangenen Dekade lässt Aussagen zur langfristigen Entwicklung des Gewinns zu.

Aufgrund dieser stark vereinfachenden Annahmen sind die folgenden Gewinnabschätzungen als Näherungs- bzw. Überschlagsrechnung einzuordnen. Gleichwohl ermöglichen sie es, den betrieblichen Effekt der Szenarien abzuschätzen.

<sup>18</sup> Durchschnitt aus den Gesamtkosten der Jahre 2009 bis 2013 (anhand der Jahreszahlen), abzüglich des variablen Kostenblocks – vgl. Tabelle 36 im Anhang.

<sup>19</sup> Earnings before interest and tax (Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit vor Zinsen und Ertragsteuern)

**Tabelle 17: Annahmen für die vereinfachte Gewinnrechnung**

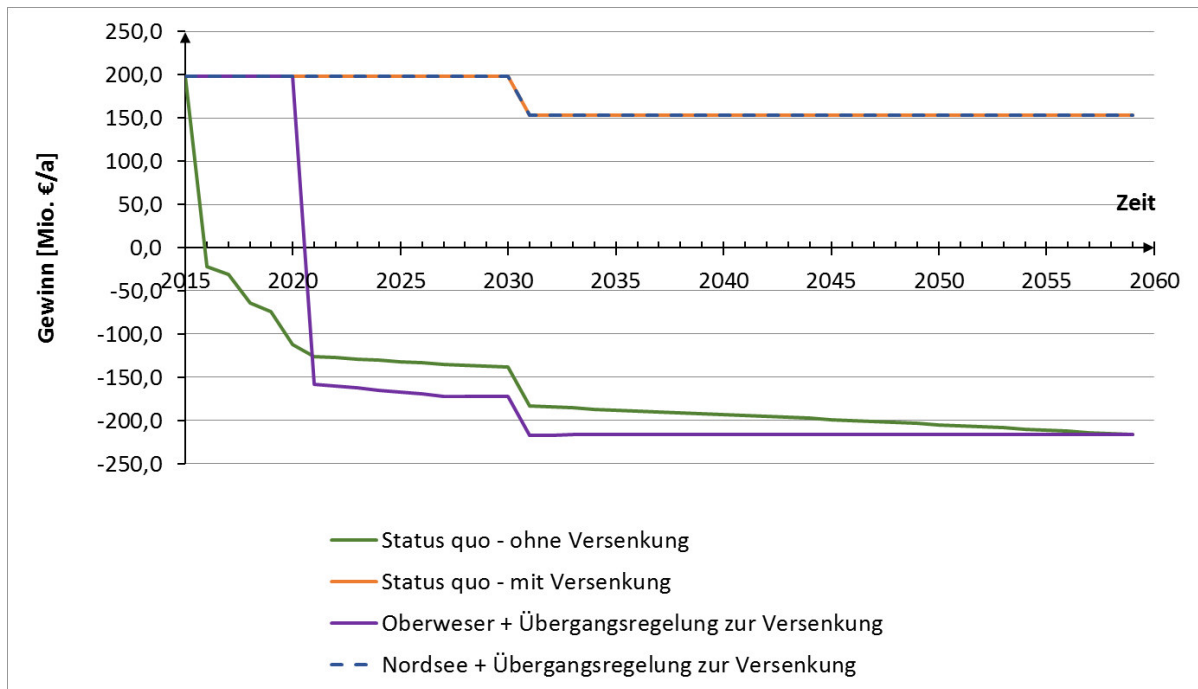
		Annahme	Empirische Grundlage für das Werk Werra	
Durchschnittspreis für Salz		260 €/t (300 €/t)	275,50 €/t (Median)	Quartalsberichte K+S Kali GmbH 1/2005-4/2013
Variable Kosten		80 €/t	86,3 €/t (ca. 40% der Gesamtkosten)	Multivariate Analyse Quartalsberichte K+S, seit 2008, bereinigt um Ausreißer)
Fixkosten	bis 2030	360 Mio. €/Jahr	359 Mio. €/Jahr (median); (43% K+S GmbH)	Geschäftsberichte K+S, seit 2009 K+S-Angabe über Produktionsanteil der Standorten
nach Schließung von Unterbreizbach	ab 2031	280 Mio. €/Jahr	280 Mio. €/Jahr (median); (33% K+S GmbH)	
Gewinn (EBIT)	bis 2030	198 Mio. €/Jahr (322 Mio. €/Jahr)	198 Mio. €/Jahr (median)	Geschäftsberichte K+S, seit 2005 K+S Angabe über Produktionsanteil der Standorten
nach Schließung von Unterbreizbach	ab 2031	153 Mio. €/Jahr (253 Mio. €/Jahr)	158 Mio. €/Jahr (median)	
Umsatzrendite		25% (35%)	25,8% (Median)	Geschäftsberichte K+S Kali GmbH seit 2005

Die Abbildungen 36 und 37 zeigen die szenarienbedingte Entwicklung des Gewinns in Abhängigkeit der Annahmen bzgl. des Salzpreises. Auch wenn die unterschiedlichen Annahmen zum Salzpreis die Dimensionen der Ergebnisse beeinflussen, bleiben die Kernaussagen von der Annahme des Salzpreises unbeeinflusst.

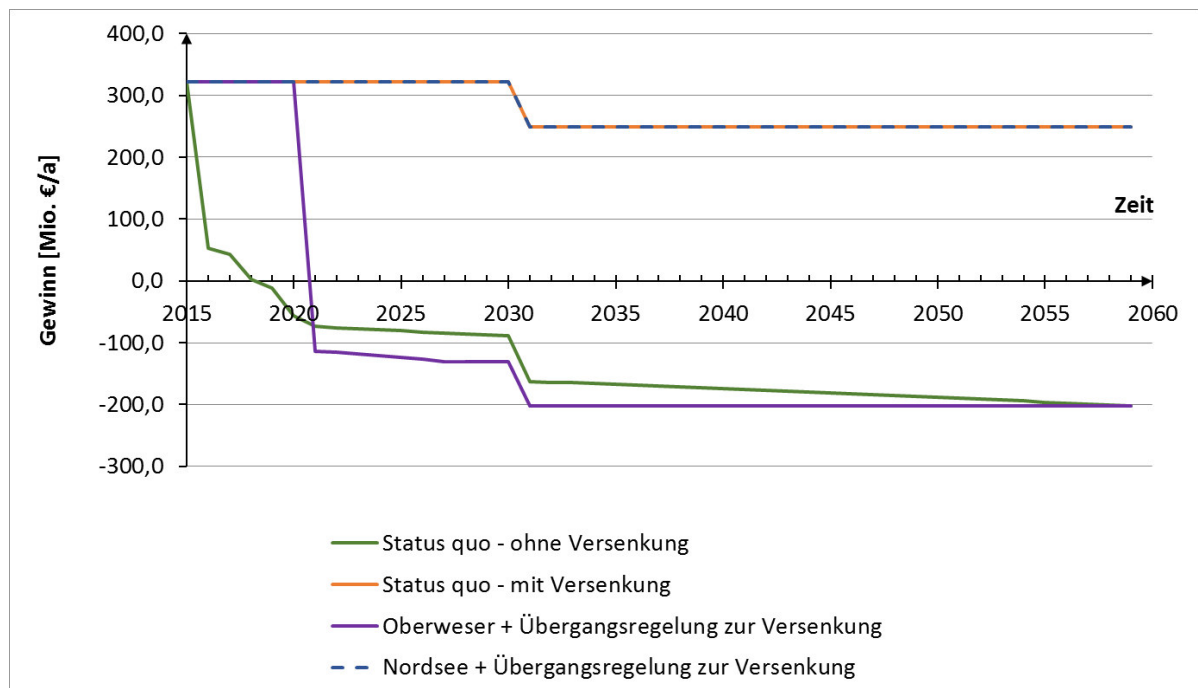
- Die beiden Szenarien (Status quo – ohne Versenkung sowie Nordsee-Pipeline mit Übergangslösung), bei denen keine Produktionsrückgänge zu verzeichnen sind, führen auch nicht zu Gewinnrückgängen.
- Die Gewinnentwicklung der beiden anderen Szenarien (Status quo – ohne Versenkung sowie Oberweser – mit Übergangslösung zur Versenkung) zeichnet den Produktionsrückgang nach. Aufgrund der übergangsweisen Erlaubnis zur Versenkung zeigen sich beim Oberweser-Szenario die Gewinn-Effekte erst ab 2012, während beim Status-quo-Szenario ohne Versenkung die betrieblichen Wirkungen ab 2016 einsetzen würden. Bei beiden Szenarien rutscht K+S deutlich in die Verlustzone. Nur bei einem hohen Preis würde K+S beim Status-quo-Szenario ohne Versenkung die ersten Jahre noch knapp oberhalb der Verlustzone verbleiben<sup>20</sup>.

An dieser Stelle wird darauf verwiesen, dass die hohe Fixkostenanteile beim Salzbergbau auch auf eine hohe Kapitalbindung hinweisen. Ein vorzeitiger Produktionsstopp bzw. eine vorzeitige Verringerung des Produktionsvolumens bedeutet damit auch eine Kapitalvernichtung für die Eigentümer von K+S.

<sup>20</sup> Während in der Realität ein Unternehmen, welches über einen längeren Zeitraum Verluste erwirtschaftet, mit der teilweisen bzw. der vollständigen Schließung reagieren würde, wird für die folgenden Überlegungen vereinfachend angenommen, dass die Bergwerke bis 2060 weiter betrieben werden.



**Abbildung 35: Gewinnermittlung bei einem Salzpreis von 260 €/t**



**Abbildung 36: Gewinnermittlung bei einem Salzpreis von 300 €/t**

Die Tabellen 18 und 19 zeigen für die relevanten Zeitschritte die voraussichtlichen Gewinnrückgänge auf.

**Tabelle 18: Voraussichtliche Gewinnrückgänge – Zeitschnitte und Durchschnittswerte bei einem angenommenen Preis von 260 €/t**

Gewinnrückgang bei niedrigem Preis [Mio. €/a]	2016	2020	2021	2027	2059	Durchschnitt
Status quo - ohne Versenkung	220	310	324	333	370	329
Status quo - mit Versenkung	0	0	0	0	0	0
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung	0	0	356	370	370	320
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 19: Voraussichtliche Gewinnrückgänge – Zeitschnitte und Durchschnittswerte bei einem angenommenen Preis von 300 €/t**

Gewinnrückgang bei hohem Preis [Mio. €/a]	2016	2020	2021	2027	2059	Durchschnitt
Status quo - ohne Versenkung	269	379	396	407	452	403
Status quo - mit Versenkung	0	0	0	0	0	0
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung	0	0	436	452	452	391
Nordsee + Übergangsregelung zur Versenkung	0	0	0	0	0	0

### 8.3.2 Überblick über die betrieblichen Gesamteffekte

Die betrieblichen Effekte, bestehend aus durchschnittlichen jährlichen Maßnahmenkosten, Rückstellungen für die Ewigkeitslasten sowie Gewinnrückgang werden in der Abbildung 37 zusammengefasst. Kernaussagen sind:

- Die durchschnittlichen jährlichen Gewinnrückgänge beim Status-quo-Szenario ohne Versenkung sowie beim Oberweser-Szenario sind von der Dimension wesentlich größer als die durchschnittlichen jährlichen Maßnahmenkosten und die Rückstellungen für die Ewigkeitslasten – sowohl für die Oberweser-Pipeline als auch für die Nordsee-Pipeline.
- Die Rückstellungen für die Ewigkeitslasten entsprechen beim Oberweser-Szenario und der Nordsee-Pipeline ungefähr den durchschnittlichen Maßnahmenkosten.
- Beim Oberweserszenario überlagern sich Maßnahmenkosten für die Pipeline, Rückstellungen für die Ewigkeitslasten sowie Gewinnrückgänge, während bei den anderen Szenarien eine Überlagerung von Gewinnrückgängen mit Kosten und Rückstellungen für Pipelines nicht erfolgt.
- Die Maßnahmenkosten der Nordsee-Pipeline und Rückstellungen für die Ewigkeitslasten übersteigen zwar die Maßnahmenkosten und Rückstellungen für die Oberweser-Pipeline. Allerdings entspricht diese Differenz nur einem Bruchteil des Gewinnrückganges, der bei der Oberweser-Pipeline zusätzlich zu erwarten wäre.

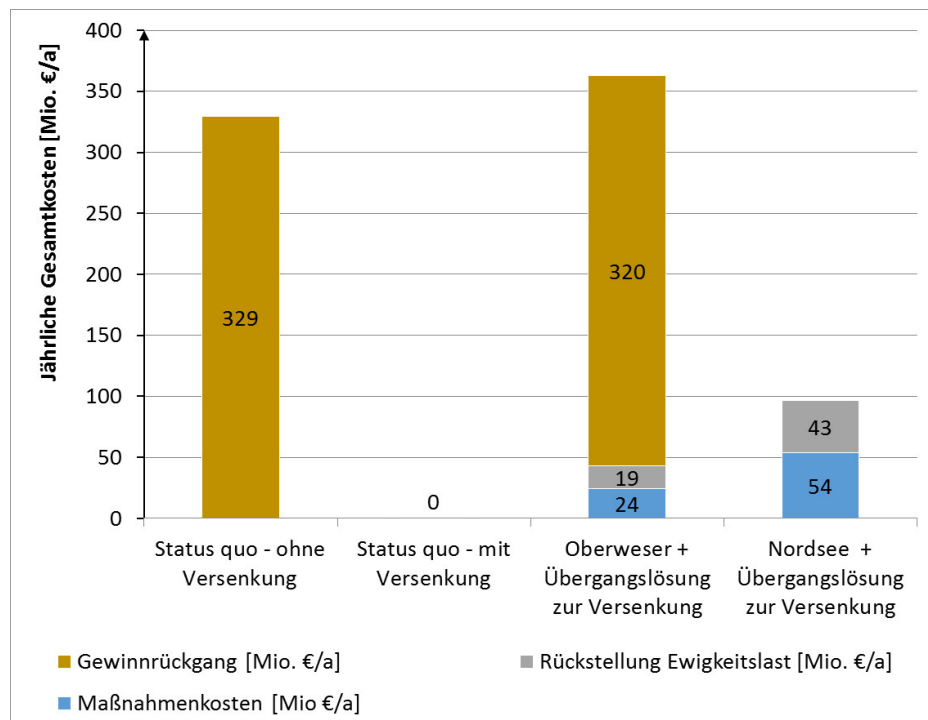


Abbildung 37: Szenarienbedingter Gewinnrückgang und Maßnahmenkosten

## 8.4 Regionalwirtschaftliche Effekte

In diesem Abschnitt werden die beiden Gutachten zu regionalwirtschaftlichen Effekten (Döring et al. 2009 und GMA/BHP 2013) zusammengefasst, die hierzu in den vergangenen Jahren erarbeitet wurden. Die Studie „Wirtschaftliche Bedeutung der Kaliproduktion im Werratal Regionalökonomische Analyse der Einkommens-, Vorleistungs-, Beschäftigungs- und Steuereffekte der Kaliindustrie in Nordhessen und Westthüringen“ (Döring et al. 2009) hatte der Runde Tisch „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“ initiiert. Die „Studie zu den sozioökonomischen Wirkungen des Werkes Werra“ (GMA/BHP 2013) war demgegenüber von der K+S KALI GmbH in Auftrag gegeben worden.

Die Untersuchung von Döring et al. (2009) bezieht sich auf das Jahr 2007 und berücksichtigte sowohl Nordhessen als auch Westthüringen. Zugleich wurden die Bergbaustandorte Heringen, Hohenroda, Kassel, Merkers-Kieselbach, Neuhoof-Ellers, Philippsthal, Tiefenort sowie Unterbreizbach, die teilweise nicht mehr betrieben werden, in die Analyse einbezogen. Die Analyse beruht auf einer regionalisierten Input-Output-Analyse und einer Steuerinzidenzanalyse. Weiterhin wurden ökonomische Entwicklungsperspektiven diskutiert. Im Folgenden werden einige Ergebnisse der Studie aufgeführt:

Die Kaliindustrie wird als Grundlage der Regionalwirtschaft angesehen und entsprechend die Exporttätigkeit des Sektors („basic sector“) als entscheidend für die wirtschaftliche Entwicklung der gesamten Standortregion. Laut dieser Studie haben über 95% der damals ca. 5.500 Beschäftigten ihren Wohnsitz innerhalb des Untersuchungsgebietes. Somit ist K+S Arbeitgeber für ca. 1,3% der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Untersuchungsregion. Ungefähr 90% der jährlich ausgezahlte Nettolöhne und -gehälter in Höhe von 166,5 Mio. € werden als Nachfrage in Nordhessen und Westthüringen wirksam; 39,5 Mio. € werden überregional verausgabt oder gespart.

Wesentliche Sachleistungen werden aus der Region bezogen. Von den Sachausgaben in Höhe von 549,3 Mio. € bleiben etwa 94,0 Mio. € bei Zulieferbetrieben in Nordhessen und Westthüringen: Die-

se werden für Sachanlagen (Bauleistungen, Baustoffe), Maschinen (Maschinenbauerzeugnisse und Werkzeuge) ausgeben. Weiterhin werden Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe teilweise aus regionaler Stahlerzeugung und chemischer Industrie nachgefragt sowie Dienstleistungen (Reparatur- und Instandsetzungsleistungen sowie Logistikleistungen) und in geringem Umfang Energie.

Die in der Region verbleibenden Personal- und Sachausgaben führen aufgrund von Multiplikatoreffekten zu direkten und indirekten Folgeeffekten mit einem regionalen Produktionswert von 351 Mio. €. Dies entspricht einem regionalen keynesianischen Multiplikator von 1,6. Dementsprechend ergeben sich neben den direkten und auch indirekten Beschäftigungseffekte, so dass insgesamt 8.400 Arbeitsplätze sichergestellt werden (knapp 2% der Gesamtbeschäftigung in Nordhessen und Westthüringen).

Gewerbsteuer, Grundsteuer und Summe aller drei Gemeindesteuern tragen zu knapp 3% des kommunalen Steueraufkommens bei. Die Kaliindustrie trägt insbesondere an den zentralen Produktionsstandorten im Werratal (Heringen, Philippsthal, Unterbreizbach) zu weit überdurchschnittlichen Finanzierungsmöglichkeiten innerhalb der öffentlichen Haushalte der genannten Gemeinden bei (Steuereinnahmekraft pro Kopf).

Unter Berücksichtigung von konjunkturellen Schwankungen wird in langfristiger Perspektive angenommen, dass die für die Gegenwart ermittelten positiven regionalökonomischen und fiskalischen Wirkungen der Kaliindustrie in Nordhessen und Westthüringen unter sonst gleichen Rahmenbedingungen auch mittel- bis langfristig in ähnlicher quantitativer Ausprägung zu erwarten sind.

Spätestens jedoch mit dem Ende der vorhandenen Kalivorkommen droht ohne Maßnahmen einer vorsorgenden Wirtschaftspolitik eine durch erhebliche Arbeitsplatzverluste und Abwanderung gekennzeichnete Strukturkrise in den zentralen Produktionsstandorten der Region (Heringen, Philippsthal, Unterbreizbach), wie sie bereits an anderen monostrukturell geprägten Standorten der Rohstoffindustrie durchlaufen wurde.

**Tabelle 20: Regionalökonomische Wirkungen des Kaliberbaus – Zusammenfassung**

	Döring et al 2009	GMA/BHP (2013)
Beschäftigungseffekte	direkt 5600, indirekte Beschäftigungseffekte 2.900 Arbeitsplätze in U-Region (2007)	4.400 Beschäftigte des Werkes Werra sowie indirekte Beschäftigungseffekt von 2.500 bis 3.000 Arbeitsplätzen
Einkommenseffekte Sachausgaben	167 Mio. € Netto-Löhne und Gehälter, davon 127 € regional nachfragewirksam, 94, 0 Mio. regional wirksame Sachausgaben Multiplikator für indirekte Effekte: 1,6	148,5 Mio. € Netto-Lohn- und Gehaltssumme, davon 106 Mio. regional nachfragewirksam. 195 Mio. €(2012) regional wirksame Sachausgaben an kleine und mittelständige, regionale Unternehmen Multiplikator für indirekte Effekte: 1,5
Steueraufkommen	39 Mio. € Lohn- und Einkommenssteuerzahlung für Mitarbeiter in U-Region (Durchschnittswerte 2005-2008) 25 Mio. €/a des Steueraufkommens der Gemeinden im Untersuchungsgebiet werden durch K+S induziert (Gemeindeanteil an der Einkommenssteuer, Gewerbesteuer, Grundsteuer B) (Durchschnitt für 2005-2008)	Steuerzahlungen Werk Werra (20012): 37 Mio. € Lohnsteuer 43 Mio. € Gewerbesteuer

Die sozioökonomischen Analysen von GMA/BHP (2013) konzentrieren sich auf die Standorte des Werkes Werra. Räumlich wird zwischen (i) den Standortkommunen in Heringen, Philippsthal und Unterbreizbach, (ii) den Landkreisen Hersfeld-Rotenburg (Hessen) und dem Wartburgkreis (Thüringen) sowie (iii) dem sonstigen Untersuchungsraum des Werra-Meißner-Kreises, des Schwalm-Eder-Kreises, des Vogelbergkreises, des Landkreises Fulda und des Landkreises Schmalkalden-Meiningen unterschieden. Das Gutachten untersuchte die Wirkungen des Werkes Werra in den Bereichen Gesundheit, Soziales, Regionalökonomie und Volkswirtschaft, wobei hierbei die Auswertung statistische Daten und Expertenbefragungen kombiniert wurde.

Bezüglich der bisherigen Entwicklung der Bevölkerungsstruktur wird dem Werk Werra eine stabilisierende Wirkung durch das stetige Arbeitsplatz- und Ausbildungsangebot zugesprochen (GMA/BHP 2013). Es wird aber in Anlehnung an Prognosen der statischen Landesämter vermutet, dass die ökonomische Wirkung von K+S nicht allein ausreicht, um in Zukunft Abwanderungstendenzen vor allem qualifizierter Bevölkerungsgruppen entgegenzuwirken.

Es wird von einer Attraktivierung der Lebensbedingungen, insbesondere in den Standortkommunen sowie dem Landkreis Hersfeld-Rotenburg, durch fiskalische Wirkung des Betriebs sowie städtebauliche Aufwertungsmaßnahmen in den Standortkommunen und Weiterentwicklung des Freizeit-, Sport- und Kulturangebotes ausgegangen.

Das Werk Werra wirkt sich positiv auf das Kaufkraftniveau in der Region aus. Hierbei ergeben sich allerdings räumlich differenzierte Wirkungen – auch im Hinblick auf das Einzelhandelsangebot – zwischen den einzelnen Kommunen und Kreisen.

K+S beschäftigt 2012 rund 4.400 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte und ist damit das bedeutendste Unternehmen in der Region, gefolgt vom Logistiksegment und den öffentlichen Bereichen. Die indirekten Arbeitsplatzeffekte werden mit 2.500 bis 3.000 Beschäftigten angegeben. Es ergeben sich insbesondere positive Wirkungen auf die Umsätze der mittelständischen Wirtschaft und weitere Beschäftigungseffekte. Auch durch Umweltschutzmaßnahmen (z.B. 360 Mio. €-Paket) ergeben sich positive regionalwirtschaftliche Effekte in der Region.

Bezogen auf die Standortkommunen und das engere Umfeld besteht eine sehr starke Orientierung der Beschäftigungsstrukturen auf den Kaliabbau; sie verursachen signifikante Abhängigkeitsstrukturen. Im Landkreis Hersfeld-Rotenburg und im Wartburgkreis wird keine signifikante Dominanz des Werkes Werra bei den statistischen Beschäftigungsstrukturen abgeleitet. Gleichwohl wird davon ausgegangen, dass sich die hohe Beschäftigungsdichte ohne K+S in der Region nicht entwickelt hätte.

Das Gewerbesteueraufkommen ist für die Standortkommunen als auch für die Landkreise eine wichtige Einnahmequelle.

Beide Studien verdeutlichen die derzeitige zentrale regionalwirtschaftliche Bedeutung von K+S im Hinblick auf Wertschöpfung und Einkommensgenerierung und Beschäftigungseffekte. Gegenwärtig könnten die wirtschaftlichen, fiskalischen, strukturellen und soziogeographischen Effekte einer vorzeitigen Schließung des Werkes Werra nicht ausgeglichen werden. Für die Bewertung der Maßnahmenoptionen bedeutet dies, dass Effekte, die für das Unternehmen mit existenzbedrohenden Kosten verbunden sind, zu hohen regionalen Kosten und schweren wirtschaftlichen Verwerfungen führen würde.

Dies betrifft das Status-quo-Szenario ohne Versenkung sowie das Oberweser-Szenario mit Übergangsregelung, da bei diesen Szenarien das Werk Werra sehr hohe Gewinnrückgänge zu verzeichnen hat. Die Aussage ist aber auch für das Nordsee-Szenario relevant. Werden die hierbei immer noch sehr hohen Maßnahmenkosten und Rückstellungen für die Ewigkeitslasten aus Sicht von K+S wirtschaftlich als nicht tragfähig angesehen und wird hierdurch eine Betriebsstillegung ausgelöst, so wären auch hier die besprochenen regionalwirtschaftlichen Verwerfungen zu erwarten.

Ungeachtet der gewählten Maßnahmen zur Entsorgung der Salzabwässer bleibt für die Region die Aufgabe, sich langfristig und strategisch auf die Nachbergbauphase vorzubereiten. Im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung nicht erneuerbarer Ressourcen muss strategisch ein Teil des erwirtschafteten Einkommens in strukturelle Entwicklung investiert werden, um langfristig vom Bergbau unabhängige Einnahmenquellen zu generieren.

## 8.5 Weitere externe Effekte

Im Rahmen der Diskussion um den Umgang mit Salzabwasser wurde auf verschiedene externe Effekte des Salzeintrages verwiesen. Hansjürgens et al. (2009) (s. auch FGG Weser 2010a) untersuchten hierbei Wirkungen der Salzbelastung auf das Fischereiwesen/Freizeitangler, die Landwirtschaft (Nutzbarkeit des Wassers für Bewässerung), den Tourismus sowie die Beeinträchtigung der öffentlichen Wasserversorgung und Korrosionsschäden an Wasserkraftwerken. Es zeigte sich jedoch, dass die Effekte nicht oder nur mit großen Unsicherheiten zu beschreiben, zu quantifizieren und monetär zu bewerten waren. Im Rahmen des hier vorliegenden Gutachtens müssen derartige Effekte mit den konkreten Szenarien verknüpft werden. Dies ist für die meisten der aufgeführten externen Effekte nicht zu leisten. Bei zwei externen Effekten werden im Folgenden szenarienspezifische Effekte diskutiert. Bzgl. der anderen möglichen externen Effekte sei auf die oben aufgeführte Literatur verwiesen.

### 8.5.1 Fläche

Bei der Betrachtung der externen Effekte muss auf den Flächenbedarf der Szenarien eingegangen werden. Die Pipelinelösungen benötigen Flächen für Speicherbecken. Hierbei wird der Flächenbedarf für die Oberweser-Pipeline von K+S mit 80 ha angesetzt, um ein Speichervolumen von ca. 3,5 Mio. m<sup>3</sup> in der Nähe der Mündung in die Oberweser zu erhalten. Bei der Nordsee-Pipeline werden demgegenüber nur geringe Speicherbecken notwendig. Bei den Status-quo-Szenarien wurde mit dem gegenwärtig Bestand an Speichervolumen kalkuliert, der deutlich kleiner als die Becken für das Oberweserszenario ist.

Weiterhin muss bei Pipelines ein Schutzstreifen rechts und links der Leitung dauerhaft freigehalten werden. Laut Angaben von K+S betrage dies bei der Oberweserpipeline eine Fläche von 114 ha, und bei der Nordsee-Pipeline eine Fläche von 360 ha. Die hiermit verbundenen Umwelteffekte beim Bau der Pipeline wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie (Jestaedt + Partner; InfraServ 2009) als gering eingestuft.

Bei den Status-quo-Szenarien wird davon ausgegangen, dass sich gegenüber dem gegenwärtigen Stand keine wesentlichen Änderungen bzgl. der Speicherbecken ergeben.

**Tabelle 21: Flächenbedarf für Pipeline-Szenarien**

	Oberweserpipeline	Nordseepipeline	Status quo (beide Szenarien)
Flächenbedarf für Leitungsbecken	Speicherbecken mit Volumen von 3,5 Mio. m <sup>3</sup> ; Flächenbedarf: 80 ha	2 Speicherbecken von je 0,03 Mio. m <sup>3</sup>	Speicherbecken von insgesamt 0,3 Mio. m <sup>3</sup>
Schutzstreifen für Leitungen	120 km * 8 m + 15 km * 12 m = 114 ha	450 km * 8 m = 360 ha	

Quelle: Informationen im Rahmen von Fachgesprächen mit K+S im Mai 2014, Information von SYDRO Consult (2014)

Bei allen Szenarien wird von einer weiteren Aufhaltung ausgegangen, die ebenfalls mit einem Flächenverbrauch verbunden ist. Da die Haldenentwicklung für alle Szenarien als gleich angenommen wird, fließt dieser Effekte nicht in den Szenarienvergleich hinein.

### 8.5.2 Überregionale Wirkungen auf die Trinkwasserversorgung

Als möglicher „externer Effekt“ wird auf die Wirkung einer reduzierten Salzlast auf überregionale Trinkwasserversorgung<sup>21</sup> verwiesen, zum Beispiel auf die Versorgung der Stadt Bremen.

Die Stadtwerke Bremen AG (swb) versorgen 663.000 Einwohner in Bremen und Bremerhaven mit jährlich rund 36,5 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser. Die swb AG bildet mit ihren Tochtergesellschaften und Beteiligungen die Unternehmensgruppe swb.

Die kommunale Trinkwasserversorgung in Bremen begann 1873 mit dem Bau des Wasserwerks „Auf dem Werder“. Das Flusswasserwerk wurde an eine "allgemeine Wasserleitung" angeschlossen. Erstmals wurde die Bevölkerung der Stadt zentral und mit gereinigtem Weserwasser versorgt.

1935 floss das erste Harzwasser aus der Sösetalsperre über eine 200 Kilometer lange Fernleitung in das Bremer Trinkwassernetz, da der Salzgehalt im Trinkwasser stetig angestiegen war. Seit 1965 fließt durch die Harzwasserleitung Trinkwasser aus den Grundwasserwerken Liebenau, Schneeren und Ristedt. Die swb betreiben in Bremen-Blumenthal ein Wasserwerk, das aus 12 Tiefbrunnen jährlich circa 5,5 Millionen Kubikmeter Wasser fördert; das sind knapp 16% des Trinkwasserbedarfs in Bremen. Die restlichen 84% kommen aus dem niedersächsischen Umland:

- von den Harzwasserwerken (Wasserwerke Schneeren, Liebenau, Ristedt)
- vom Trinkwasserverband Verden (Wasserwerke Panzenberg, Wittkoppen)
- vom Oldenburg-Ostfriesischen Wasserverband (Wasserwerk Wildeshausen).

Im Jahr 1998 stellten die swb Weichen für die Zukunft. Dazu gehört u.a. die Neugestaltung des Wasserbezugsvertrages mit dem Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband.

In den Werra- und Oberweser-Szenarien verändert sich die Salzbelastung der Tideweser nicht; lediglich bei der Einleitung des Salzabwassers in die Nordsee verringert sich die Salzkonzentration. In drei Wasserkörpern der unteren Weser können 2027 auch Chlorid-Konzentrationen erreicht werden, die unterhalb des Trinkwassergrenzwertes von 250 mg/l liegen (s.

Tabelle 38). Somit ergibt sich hier ein Potential für die Wasserversorgung mit Oberflächenwasser. Es erscheint jedoch ausgeschlossen, dass sich die Trinkwasserversorgung auf die Nutzung von Oberflächenwasser wie vor 1935 „zurückentwickelt“ (vgl. hierzu auch Hansjürgens et al 2009, S. 84).

<sup>21</sup> Der Kenntnisstand zur Wirkung auf die regionale Wasserversorgung wurde bei der Betrachtung zur Versenkung im Abschnitt 6.1.4 zusammengefasst.

## 9 Ökologische Bewertung

### 9.1 Auswirkung auf den Gewässerzustand

Die Quantifizierung der Salzeinträge in die Werra/Weser und deren Auswirkung auf den Gewässerzustand (Salzkonzentration) erfolgte mit Hilfe der im Abschnitt 5.2.2 beschriebenen Methode. Der Gewässerzustand ergibt sich aufgrund der folgenden Eintragspfade, die im Rahmen der Szenarien betrachtet werden:

- Entwicklung der diffusen Einträge ins Oberflächengewässer in Abhängigkeit von der Versenkung von Salzabwässern
- Salzeinträge aus Halden und Produktion.

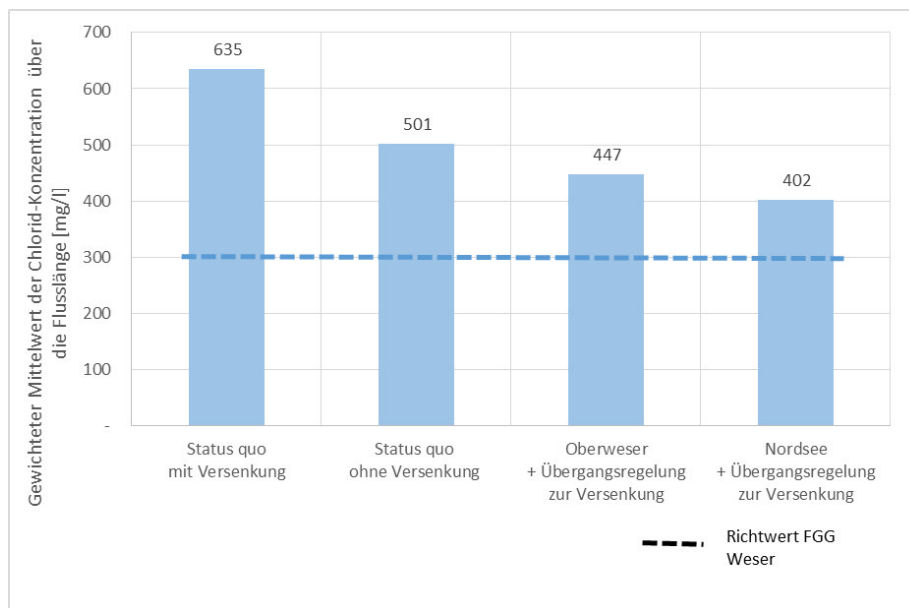
Die diffusen Einträge verändern sich annahmegemäß in Abhängigkeit vom szenarienbedingten Versenkungsregime. Die Salzeinträge aus Halden und Produktion werden durch die einzuhaltenden Salzkonzentrationen an der Einleitungsstelle begrenzt. Zugleich verändert sich aber die stoffliche Zusammensetzung aufgrund der sich über die Zeit, da sich szenarienübergreifend der Anteil des Haldenabwassers am Gesamtabwasser bis 2060 infolge der weiteren Haldenentwicklung erhöht. Das Produktions- und Haldenabwasser unterscheidet sich im Hinblick auf Salzgehalte voneinander. So ist die Salzkonzentration des Haldenabwassers um ein Drittel niedriger als die des Prozessabwassers.

Bei der Modellierung der Salzeinträge wird zudem angenommen, dass die Salzkonzentration innerhalb der beiden Abwasserströme über die Zeit konstant bleibt. In der Realität verändern sich wahrscheinlich die Anteile der einzelnen Salze aufgrund des schnelleren Auswaschens von Kalium und Magnesium sowie der Optimierung der Produktionsprozesse.

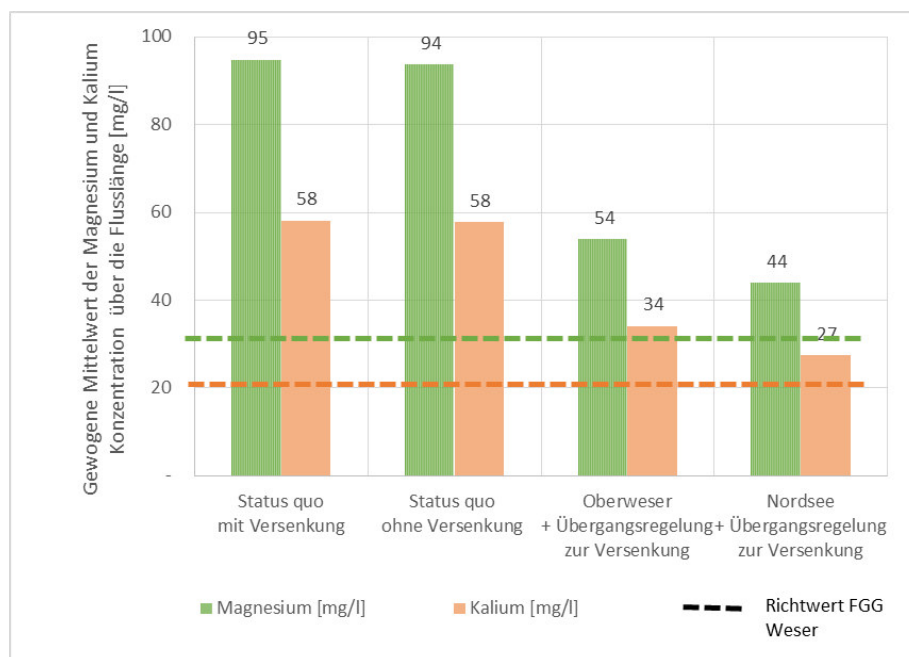
Die für die einzelnen Wasserkörper ausgewiesenen Modellergebnisse von SYDRO Consult sind im Anhang in der

Tabelle 38 und Tabelle 39 aufgeführt. Einen ersten Überblick über die Szenarieneffekte für 2027 bieten die gewichteten Mittelwerte der Salzkonzentrationen über die Wasserkörper von Werra/Weser (Abbildung 38 und Abbildung 39):

- Die Wirkung der beiden Status-quo-Szenarien im Hinblick auf die durchschnittliche Kalium- und Magnesiumkonzentration in Werra/Weser ist ähnlich. Die Szenarien unterscheiden sich allerdings im Hinblick auf die Chloridkonzentration. Aufgrund der szenarienbedingten Vorgaben zu den Salzkonzentrationen am Einleitort für 2027 (1.700 mg/l Chlorid, 150 mg/l K, 230 mg/l Mg) werden die Richtwerte der FGG Weser nicht eingehalten.
- Beim Oberweser-Szenario liegen die mittleren Konzentrationen der drei Salze in Werra/Weser unterhalb der Werte der beiden Status-quo-Szenarien. Hier wird die Bypass-Wirkung der Überleitung in die Oberweser sichtbar, da somit die Gewässerqualität der Werra bis Karlshafen nur durch die diffusen Einträge beeinflusst wird.
- Die mit der Nordsee-Pipeline erreichten mittleren Salzkonzentrationen in Werra/Weser liegen noch etwas unterhalb der Werte von der Oberweser-Lösung. Aber auch bei der Nordsee-Pipeline werden im Mittel die Richtwerte der FGG Weser für den guten Zustand nicht eingehalten.



**Abbildung 38: Durchschnittliche Chlorid-Konzentration der Werra/Weser in 2027**



**Abbildung 39: Durchschnittliche Kalium- und Magnesium-Konzentration der Werra/Weser in 2027**

Für die weitere Öko-Effizienz-Analyse werden die szenarienbezogene Gewässereffekte zum einen als Flusslänge dargestellt, welche die Richtwerte der FGG Weser für den guten Zustand erreicht (Abbildung 40). Hinter den Flusslängen stehen zugleich Wasserkörper<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Der betrachtete Abschnitt der Werra/Weser umfasst neun Wasserkörper. Für die Bewertung musste allerdings der Wasserkörper mit dem Pegel Hemeln noch einmal unterteilt werden; in den Abschnitt oberhalb der Einleitung der Oberweserpipeline und in den darunter liegenden Abschnitt. Bei der folgenden Ergebnisdarstellung wird daher von zehn Wasserkörpern ausgegangen (vgl.

**Tabelle 38 und**

- Beim Nordsee-Szenario werden in drei Wasserkörpern und hierdurch auf 194 km der Werra/Weser die Richtwerte erreicht. Dies sind 38% der betrachteten Gewässerlänge. Die Wasserkörper, welche die Richtwerte erreichen, befinden sich im Unterlauf der Weser (Hess. Oldendorf, Porta, Drakenburg)<sup>23</sup>.
- Bei allen anderen Szenarien erreicht kein Wasserkörper die Richtwerte der FGG Weser.

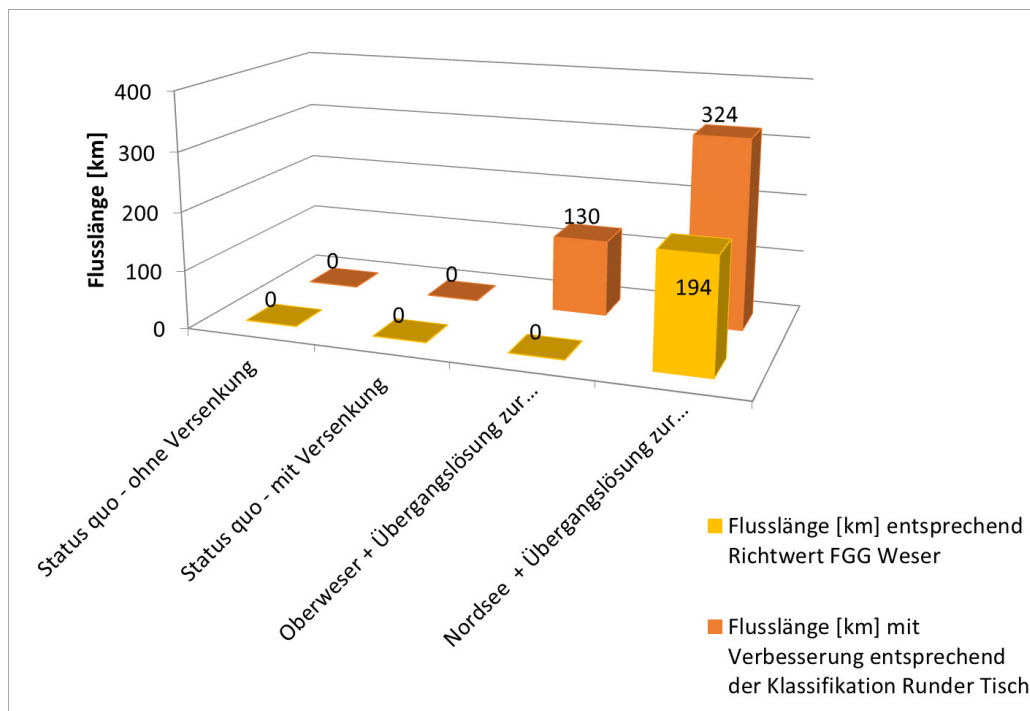
Als zweiter Indikator wird die Flusslänge herangezogen, bei der sich der Zustand um mindestens eine Stufe der Klassifikation des Runden Tisches im Vergleich zu den Status-quo-Szenarien verbessert.

- Beim Nordsee-Szenario betrifft dies eine Flusslänge von 324 km (63% des betrachteten Flusslaufes) und 6 Wasserkörper:
  - von Stufe 5 auf Stufe 4 verbessert sich Gerstungen
  - von Stufe 4 auf Stufe 3 verbessern sich Witzenhausen und Letzter Heller
  - von Stufe 3 auf Stufe 2 verbessern sich Hess. Oldendorf, Porta, Drakenburg
- Bei dem Oberweser-Szenario wird eine Verbesserung auf einer Länge von 130 km (25% der betrachteten Flusslänge) bzw. bei drei Wasserkörpern gegenüber erreicht. Dies betrifft die Wasserkörper der Werra Gerstungen, Witzenhausen und Letzter Heller (gleiche Entwicklung wie bei der Nordsee-Pipeline).
- Die Status-quo-Szenarien unterscheiden sich in ihrer Wirkung nicht. Da sie bei diesem relativen Indikator als Bezugspunkt dienen ist ihr ökologischer Effekt gleich Null.

---

Tabelle 39).

<sup>23</sup> Die Wasserkörper werden mit den Namen der zugehörigen Pegel bezeichnet.



Beim Indikator Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation Runder Tisch erfolgt die Darstellung im Vergleich zu den Status-quo-Szenarien

**Abbildung 40: Auswirkung der Szenarien auf den Gewässerzustand 2027**

Die Szenarienergebnisse stellen die Effekte für den Zeitpunkt 2027 dar. Darüber hinaus verbessert sich zwischen 2015 und 2027 bei allen Szenarien die Gewässergüte von drei Wasserkörpern um mindestens eine Stufe. Dies sind Witzenhausen, Letzer Heller und Hemeln oh. Diemel mit einer Länge von insgesamt 112 km. Ursache ist die in den Szenarien angesetzte Verringerung der zulässigen Salzkonzentrationen an den Einleitorten gegenüber dem gegenwärtigen Stand.

## 9.2 Ökobilanzierung

Um die weiteren Umwelteffekte der Maßnahmen zu ermitteln, wurden die Umweltleistungen der Szenarien anhand einer Ökobilanz bewertet. Sie soll dazu beitragen, die Umweltwirkungen der technischen Maßnahmen zur Abwasserentsorgung (Lokale Einleitung in die Werra; Pipeline zur Oberweser bzw. zur Nordsee; Versenkung) und die Umweltwirkungen einer szenarienspezifisch veränderten Salzproduktion abzuschätzen. Dabei stehen insbesondere die Wirkungen auf den Energiebedarf sowie die Klimawirkung im Fokus.

### 9.2.1 Untersuchungsrahmen

Die Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens der Ökobilanz ist von der Öko-Effizienz-Bewertung vorgegeben und dient dazu, die Umweltinanspruchnahme, die zur Umsetzung der betrachteten Gewässerschutzmaßnahmen notwendig werden, einer Bewertung zugänglich zu machen.

Mit der 2010 im Rahmen des runden Tisches erarbeiteten Ökobilanz des Öko-Instituts (Möller/Hendel 2010) stand schon eine entsprechende Analyse für die Pipelines zur Verfügung. Allerdings war es für die vorliegende Betrachtung notwendig, eine erweiterte Systemabgrenzung zu wählen. Während das Gutachten des Öko-Instituts sich nur auf die Umweltwirkungen von Bau, Herstellung und Betrieb der Pipeline konzentrierte, müssen für eine stringente Betrachtung der Szenarien auch die Umweltwirkungen der Versenkung- sowie Direkteinleitung berücksichtigt werden. Weiterhin

muss die Ökobilanz modifiziert werden, da sich die Sachbilanz für die Pipelines gegenüber dem vom Öko-Institut genutzten Stand deutlich verändert hat.

Zusätzlich werde die Umwelteffekte, die mit einem Produktionsrückgang verbunden sind, erfasst werden, um Trade-Offs mit dem Gewinnrückgang abzubilden. Für diesen Teil der Ökobilanz wird nur der Energieaufwand als wichtigste Umweltwirkung berücksichtigt. Da die Ökoeffizienz ein komparativer Verfahrensansatz ist, ist eine vollständige Auswertung aller Umweltwirkungen der Kaliproduktion nicht erforderlich.

Für die Ökobilanz wird zuerst die Sachbilanz erarbeitet, wobei an dieser Stelle nur auf die Mengenzbilanz eingegangen wird. Hierauf setzt dann die Wirkungsanalyse bezüglich der Umwelteffekte auf.

### 9.2.2 Mengenbilanzen

Die Mengenbilanzen beziehen sich auf die Durchführung der Maßnahmen und den Energiebedarf für den Betrieb. Für die Erstellung der Mengenbilanzen der Pipelines wurde soweit wie möglich auf die Daten bzw. die Ergebnisse des Gutachtens des Öko-Instituts für die FGG-Weser (Möller/Hendel 2010) zurückgegriffen. Nur bei einer erheblichen Abweichung bzgl. der technischen Grundannahmen (z.B. hinsichtlich Leitungsquerschnitte, Beckengrößen, Längen, Energieaufwand) wurden die Daten angepasst. Die Mengenbilanzen der beiden Pipelines sind im Anhang dargestellt. Für die direkte Einleitung und die Versenkung sowie für den Betrieb der Pipelines wurde ein durchschnittlicher Energieaufwand aus den für 2013 verfügbaren Informationen ermittelt (s. Tabelle 22 und Tabelle 9).

**Tabelle 22: Annahmen zum Berechnung des szenarienspezifischen Energieaufwands**

Energieaufwand [MWh]	Ausgangsdaten (Angaben K+S)	Berechnungswerte	Anmerkung
Direkteinleitung [MWh/ Mio. m³]	Hattorf: 71 Wintershall: 79	Hattorf: 71 Wintershall: 79	Hochrechnung aus dem Jahr 2013
Versenkung [MWh/Mio. m³]	Hattorf: 239 Wintershall: 2.610	Hattorf: 239 Wintershall: 2.610	
Oberweser-Pipeline [MWh/Jahr]	9.000	9.000	
Nordsee-Pipeline [MWh/Jahr]	60.000	20.000	Plausibilitätsanalyse
Salzproduktion [MWh/t Salz]		0,27	K+S Umweltbericht 2012

Für die Produktion wurde ein Energieverbrauch in Höhe von 270 kWh/t Salzprodukt angenommen:

- K+S berichtet von einem durchschnittlichen Energieverbrauch, der mittlerweile unterhalb von 300 kWh/t Salzprodukt liegt. Das Ziel der Firma für das kommende Jahr ist ein Energie-Effizienzziel von 270 kWh/ je Tonne produziertem Salz.<sup>24</sup>
- Es wird angenommen, dass sich der Energieverbrauch des Werkes Werra linear proportional mit der Produktion - ohne Berücksichtigung von Skaleneffekten oder standort- und produktabhängigen Abweichungen in der Energieeffizienz - verändert.

Somit ergibt sich der in Tabelle 23 aufgeführte szenarienspezifische Gesamtenergieaufwand.

<sup>24</sup> K+S Umweltbericht 2012

**Tabelle 23: Gesamtenergieaufwand**

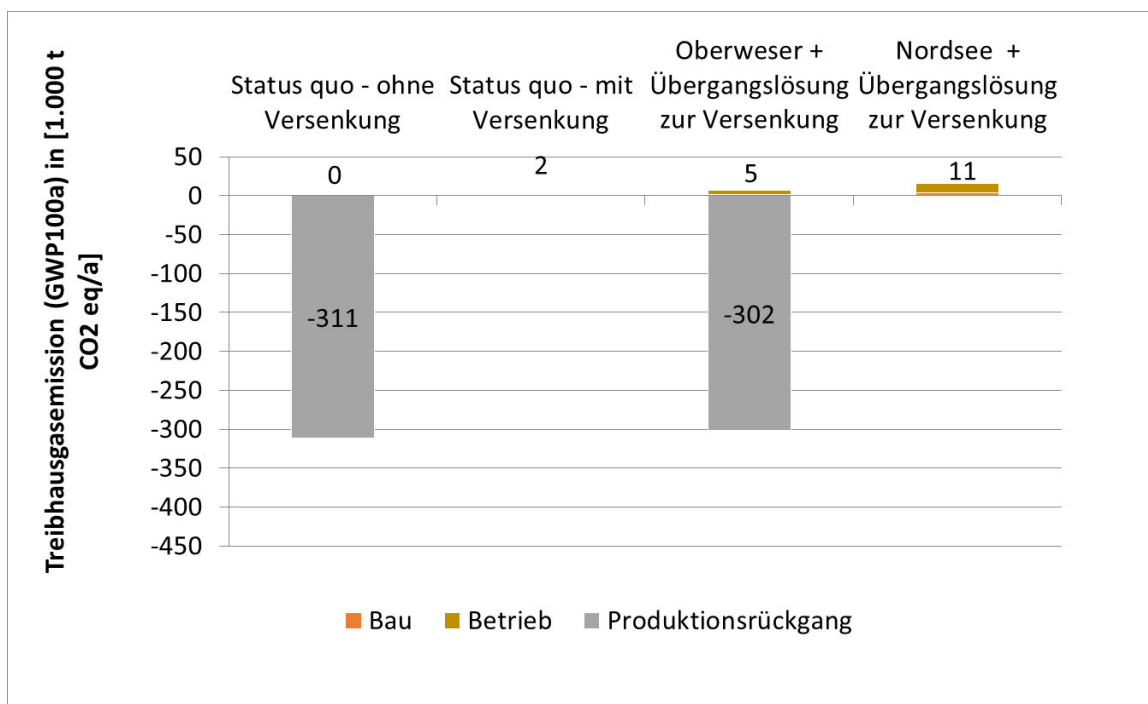
Szenario	Energieaufwand der Abwasserentsorgung [MWh/Jahr]	Energieersparnis aus dem Produktionsrückgang [MWh/Jahr]	Gesamt- energieaufwand [MWh/Jahr]
Status quo - mit Versenkung	321	<b>483.300</b>	<b>-482.979</b>
Status quo - ohne Versenkung	3.060	<b>0</b>	<b>3.060</b>
Oberweser mit Übergangsregelung zur Versenkung	8.192	<b>468.897</b>	<b>-460.705</b>
Nordsee mit Übergangsregelung zur Versenkung	17.757	<b>0</b>	<b>17.757</b>

### 9.2.3 Umweltauswirkungen

Anhand der Massenbilanzen für die Pipeline-Szenarien sowie des szenarienspezifischen Energieverbrauchs bzw. -rückgangs wurden die Umweltauswirkungen ermittelt. Aus den unterschiedlichen Indikatoren der Wirkungskategorien, wurden die Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) ausgewählt. Die Ergebnisse für die Szenarien sind in Tabelle 24 und Abbildung 41 abgebildet.

**Tabelle 24: Treibhausgasemissionen**

Treibhausgasemissionen [t CO <sub>2</sub> -Äquivalente/Jahr]	Status quo - ohne Versenkung	Status quo - mit Versenkung	Oberweser-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung	Nordsee-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung
Bau der Pipeline	-	-	1.937	4.179
Abwasserentsorgung	206	1.970	5.276	11.436
Produktionsrückgang	- 311.245	-	- 301.969	-
<b>Gesamt</b>	<b>- 311.039</b>	<b>1.970</b>	<b>- 294.756</b>	<b>15.615</b>



**Abbildung 41: Treibhausgasemissionen**

Hiermit wird verdeutlicht, dass die Pipeline-Lösungen zusätzliche Treibhausemissionen, vor allem in der Betriebsphase (Abwasserentsorgung), verursachen, die allerdings gegenüber der Größenordnung der Treibhausgasemissionen der Kaliproduktion sehr viel geringer ausfallen.

## 10 Sensitivitätsanalyse

Für die Bewertung wurden verschiedene Annahmen getroffen, die das Bewertungsergebnis mit beeinflussen. Im Folgenden wird der Einfluss der Annahmen auf die Bewertungsergebnisse hinterfragt. Zwei Aspekte werden separat betrachtet:

1. den Einfluss von Annahmen, die sich auf die Gesamtkosten, aber nicht auf die Gewässerqualität auswirken;
2. die Wirkung der unteren Grenze des Verschlechterungsverbotes, durch das sowohl die Gesamtkosten von Maßnahmen als auch die Gewässerqualität beeinflusst werden.

### 10.1 Einflüsse der getroffenen Annahmen auf die Gesamtkosten der untersuchten Hauptszenarien

In einem ersten Schritt wurden verschiedene Annahmen hinterfragt, die sich auf die Gesamtkosten der Hauptszenarien auswirken, d.h. auf Gewinnrückgang im Rahmen von Produktionsrestriktionen, auf die Maßnahmenkosten sowie auf die Ewigkeitslasten (Tabelle 25), ohne sich die ökologische Leistungsfähigkeit der Szenarien auszuwirken. Dies betrifft die Investitions- und Betriebskosten der Pipelines, die herangezogenen Investitionskosten sowie Annahmen im Zuge der Ermittlung der Gewinnrückgänge durch Produktionsrestriktionen. Bevor auf die einzelnen Punkte eingegangen wird, zeigt der Überblick in Tabelle 25, dass Veränderungen bei den zugrunde gelegten Zinssätzen den höchsten Einfluss auf das Gesamtergebnis haben. Allerdings ergab sich in keinem betrachteten Fall eine Veränderung bei den Rangfolgen zwischen den Szenarien bzgl. der Gesamtkosten.

**Tabelle 25: Auswirkung der Variation von Annahmen auf die Gesamtkosten der Szenarien.**

Durchschnittliche Jahreskosten [Mio. €/a]	Status quo - ohne Versenkung	Status quo - mit Versenkung	Oberweser + Übergangslösung zur Versenkung	Nordsee + Übergangslösung zur Versenkung
<b>Ausgangswerte</b>				
Gewinnrückgang	329	0	320	0
Maßnahmenkosten	0	0	24	54
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	19	43
<b>Summe</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>363</b>	<b>97</b>
	<b>(100%)</b>	<b>(100%)</b>	<b>(100%)</b>	<b>(100%)</b>
<b>Niedrige Investitionskosten Pipelines (-49% bzw. - 39%)</b>				
Gewinnrückgang	329	0	320	0
Maßnahmenkosten	0	0	14	36
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	12	32
<b>Summe</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>346</b>	<b>67</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>-5%</b>	<b>-30%</b>
<b>Hohe Betriebskosten Nordsee-Pipeline (+100%)</b>				
Gewinnrückgang	329	0	320	0
Maßnahmenkosten	0	0	24	61
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	19	56
<b>Summe</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>363</b>	<b>117</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>-21%</b>
<b>Zinssatz von 3% und 9%</b>				
Gewinnrückgang	329	0	320	0
Maßnahmenkosten	0	0	33	73
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	4	10
<b>Summe</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>357</b>	<b>83</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>-2%</b>	<b>-14%</b>
<b>Zinssatz von 0,1% und 5%</b>				
Gewinnrückgang	329	0	320	0
Maßnahmenkosten	0	0	22	48
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	87	199
<b>Summe</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>428</b>	<b>247</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>-18%</b>	<b>-155%</b>
<b>Hohe Fixkosten bei K+S (+33%)</b>				
Gewinnrückgang	403	0	391	0
Maßnahmenkosten	0	0	24	54
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	19	43
<b>Summe</b>	<b>403</b>	<b>0</b>	<b>434</b>	<b>97</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>-22%</b>	<b>0%</b>	<b>-20%</b>	<b>0%</b>
<b>Hoher Salzpreis (+15%)</b>				
Gewinnrückgang	403	0	391	0
Maßnahmenkosten	0	0	24	54
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	19	43
<b>Summe</b>	<b>403</b>	<b>0</b>	<b>434</b>	<b>97</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>-22%</b>	<b>0%</b>	<b>-20%</b>	<b>0%</b>
<b>Haldenmanagement (Verringerung Haldenabwasser bei konstantem Gesamtabwasser)</b>				
Gewinnrückgang	276	0	264	0
Maßnahmenkosten	0	0	24	54
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	19	43
<b>Summe</b>	<b>276</b>	<b>0</b>	<b>307</b>	<b>97</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>-16%</b>	<b>0%</b>	<b>-15%</b>	<b>0%</b>

### **Auswirkung der niedrigen Investitionskosten bei den Pipelines auf Maßnahmenkosten und Ewigkeitslasten**

Die Machbarkeitsstudie (Jestaedt + Partner/InfraServ 2009) wies deutlich niedrigere Investitionskosten zu den Pipelines aus als die im Rahmen des Gutachtens herangezogenen Angaben von K+S. So war für die Oberweser-Pipeline von Investitionskosten in Höhe von 180 Mio. € anstatt von 350 Mio. € (-49%) ausgegangen worden. Für die Nordseepipeline waren 460 Mio. € anstatt von 750 Mio. € angesetzt worden (-39%). Da sich diese Werte nicht allein durch Preissteigerungen erklären lassen, wurden sie herangezogen, um die Wirkung von veränderten Investitionskosten zu analysieren.

Werden die niedrigeren Investitionskosten angesetzt, so ergeben sich durchschnittliche jährliche Maßnahmenkosten von 14 Mio. €/Jahr (Oberweser) und 36 Mio. €/Jahr (Nordsee-Pipeline), die somit 43% bzw. 34% unterhalb der genutzten Ergebniswerte liegen. Eine Veränderung der Ausgangswerte wirkt sich somit proportional auf die Maßnahmenkosten aus.

Die durchschnittlichen jährlichen Rückstellungen für die Ewigkeitslasten verringern sich auf 12 Mio. €/Jahr (Oberweser-Pipeline) bzw. 32 Mio. €/Jahr (Nordsee-Pipeline). Dies stellt einen Rückgang um 35% bzw. 26% dar, der somit unterproportional zur Veränderung der Eingangswerte ausfällt.

### **Höhere Betriebskosten der Nordsee-Pipeline**

Bei der Ermittlung der Betriebskosten für die Nordsee-Pipeline wurden niedrigere Betriebskosten angesetzt, als von K+S angegeben (für die Begründung – siehe Abschnitt 8.1.1). Wäre mit den von K+S angesetzten Werten und somit mit doppelt so hohen Betriebskosten gerechnet worden, so hätten sich die durchschnittlichen jährlichen Maßnahmenkosten um 13 Prozent auf 61 Mio. €/Jahr erhöht. Die jährlichen Rückstellungen würden um 30% auf 56 Mio. €/Jahr steigen.

### **Veränderte Zinssätze**

Für die Bewertung wurden verschiedene Zinssätze herangezogen, wobei alle genutzten Werte inflationsbereinigt sind. Es wurden vereinfacht Zinssätzen von 6% (real) für die Bewertung von Kapitalkosten von K+S angesetzt, sowie 1% (real) für die Berücksichtigung von Ewigkeitslasten sowie bei den Rückstellungen.

Zur Prüfung dieser Annahmen in ihrer Wirkung wurde zum einen mit Zinssätzen von 3% und 9% gerechnet. Dies entspricht einer Steigerung der Zinssätze um 200% bzw. um 50%. Wird mit diesen Werten gerechnet, so erhöhen sich die Maßnahmenkosten um ca. 37% - sowohl bei der Oberweser- als auch der Nordsee-Pipeline. Zugleich verringern sich sowohl die Summen für die Ewigkeitslasten als auch die durchschnittlichen jährlichen Rückstellungen deutlich um ca. 78% (ebenfalls bei beiden Pipelinelösungen). Zusammengenommen reduzieren sich Kosten für die Pipelines, d.h. der Rückgang bei den Ewigkeitslasten dominiert gegenüber dem Anstieg der Maßnahmenkosten.

Wird demgegenüber mit Zinssätzen von 0,1% und 5% gerechnet – dies entspricht Verringerungen von 90% und 17% gegenüber den Eingangswerten –, so dreht sich die Wirkung auf die Maßnahmenkosten und die Ewigkeitslasten um. Die durchschnittlichen jährlichen Maßnahmenkosten verringern sich um ca. 12%, aber die Ewigkeitslasten steigen deutlich um ca. 360% an.

Somit zeigen erwartungsgemäß gerade die Ewigkeitslasten eine sehr hohe deutliche Sensitivität gegenüber der getroffenen Annahme zur Verzinsung. Obgleich sich die Veränderungen des Zinssatzes nicht proportional auswirken, so lassen sich doch große Spannbreiten bei den anzusetzenden Zinssätzen begründen. Dies bedeutet, dass gerade die Ewigkeitslasten nur als Näherung dargestellt werden können.

### Hoher Fixkostenanteil bei K+S

Von K+S wurde während der Fachgespräche auf sehr hohe Fixkostenanteile an den Gesamtkosten bei K+S verwiesen. Um zu prüfen, welche Auswirkung es hätte, wenn der Fixkostenanteil über die bei den Berechnungen zugrunde gelegten 60% der Gesamtkosten stiege, wurde die Gewinnrechnung mit einem Fixkostenanteil von 80% wiederholt.

Diese Steigerung des Fixkostenanteils um 33% führt zu einem durchschnittlichen Gewinnrückgang, der ca. 22% höher liegt und somit unterproportional ausfällt.

### Hoher Salzpreis

Der Salzpreis variierte in den vergangenen Jahren deutlich. Bei der Bewertung wurde demgegenüber mit einem festen Salzpreis von 260€/t gerechnet. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wurde die Wirkung eines um 15% höheren Salzpreises von 300 €/t analysiert. Hierdurch fallen die Gewinnrückgänge um 22% stärker aus. Eine Veränderung des Salzpreises wirkt sich überproportional aus.

### Haldenwassermanagement

Aufgrund der Begrenzung der direkten Einleitung von Abwasser wurde angenommen, dass die Abwasserproduktivität bei den Produktionsabwässern steigen muss, um das im Zuge der weiteren Aufhaltung zunehmende Haldenabwasser zu kompensieren. Allerdings ist es auch möglich, durch ein zielgerichtetes Haldenmanagement die Menge des anfallenden Haldenabwassers von der Haldengröße zu entkoppeln. Da Haldenabwasser eine andere Salzzusammensetzung als Produktionsabwasser und ein anderes Abflussregime aufweist, könnten sich hierdurch Auswirkungen auf die einleitbare Abwassermenge ergeben.

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird die Wirkung abgeschätzt, wenn ab 2021 das Haldenabwasser bei 3,0 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr bleibt und das Produktionsabwasser dementsprechend langfristig 4 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr beträgt. Im Jahr 2027 entspräche dies einer Verringerung des Haldenabwassers um 14% und einer gleichgroßen Zunahme des Produktionsabwassers gegenüber den Szenarioannahmen (3,5 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr Haldenabwasser und 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr Produktionsabwasser im Jahr 2027).

**Tabelle 26: Auswirkung einer Veränderung der Anteile von Haldenabwasser und Produktionsabwasser am Gesamtabwasser – Haldenmanagement**

Haldenmanagement	Status quo - ohne Versenkung		Oberweser-Pipeline mit Übergangslösung	
	einleitbar	nicht einleitbar	einleitbar	nicht einleitbar
Ausgangssituation: Abwasser 2027 [Mio. m <sup>3</sup> /a]	4,3	2,7	4,0	2,9
Änderung der Eingangsparameter	Reduzierung Produktionsabwasser um 0,5 Mio. m <sup>3</sup> /a (14%); zugleich Zunahme Haldenabwasser um 0,5 Mio. m <sup>3</sup> /a (14%)			
Auswirkung auf Abwassermenge [Mio. m <sup>3</sup> /a] (relative Änderung)	4,3 (0%)	2,7 (0%)	3,9 (-3%)	2,9 (0%)

Die beispielhafte Analyse für 2027 zeigt, dass ein derartiges Haldenmanagement erst einmal nicht den Umfang des nicht ableitbaren Abwassers verändert. Allerdings ergibt sich ein positiver Effekt daraus, dass das Produktionsabwasser ab 2021 nicht weiter reduziert werden muss, um einen Gesamt-

abwasseranfall von 7 Mio. m<sup>3</sup>/a einzuhalten. Hierdurch verringern sich die Gewinnrückgänge infolge der Einleitrestriktionen in die Gewässer um ca. 16%.

## 10.2 Auswirkungen einer Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes

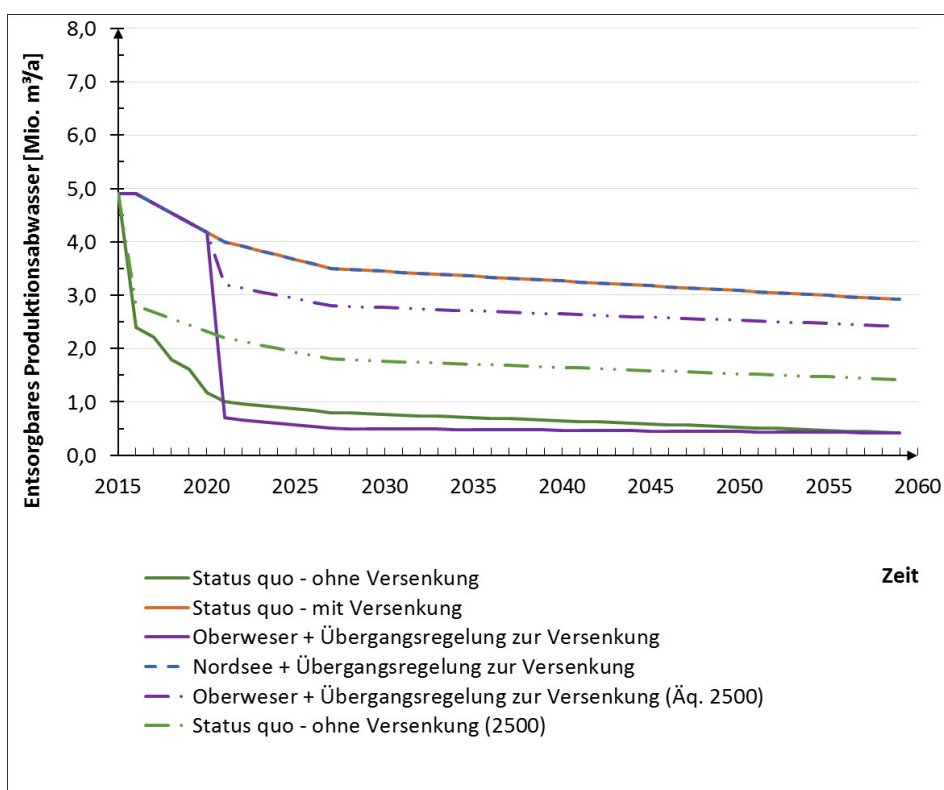
Mit dem in der Wasserrahmenrichtlinie festgeschriebenen Verschlechterungsverbot ist eine Grenze für die weitere Entwicklung der Salzeinleitungen in die Werra festgelegt. Bei den untersuchten Hauptszenarien wurde davon ausgegangen, dass mindestens die gegenwärtig gültigen wasserrechtlichen Vorgaben umgesetzt werden, die zu einer stufenweisen Verschärfung der einzuhaltenden Konzentrationen am Einleitort (Werra) von 2.500 mg/l Chlorid auf 1.700 mg/l ab Ende des Jahres 2020 führen.

Es stellt sich die Frage, wie die Szenarieneffekte ausfielen, wenn langfristig die gegenwärtig geltenden Grenzwerte bestehen bleiben würden. Dies impliziert eine Erleichterung der Gewässerschutzrestriktionen bei der lokalen Einleitung bzw. beim Bau der Oberweserpipeline um 32-48% (ab 2021).

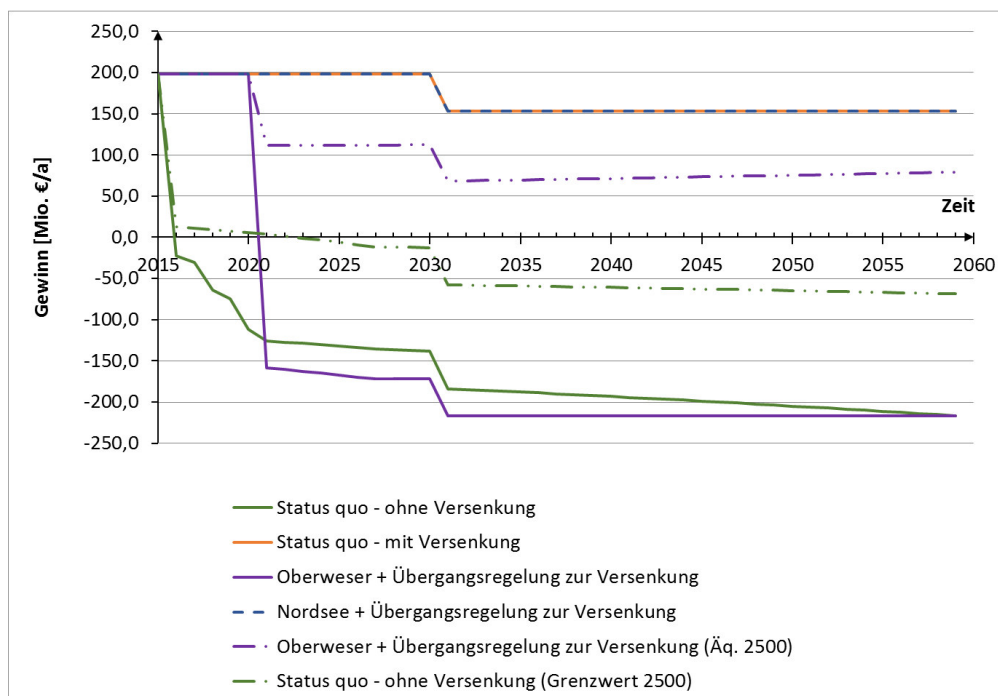
**Tabelle 27: Grenzwerte für die Salzkonzentration in Werra/Oberweser beim Ausschöpfen des Verschlechterungsverbotes**

	Ausschöpfung Verschlechterungsverbot (2021)		Grenzwerte im Status-quo-Szenario (2021)		Veränderung gegenüber Status quo (2021)	
	Gerstungen	Oberweser	Gerstungen	Oberweser	Gerstungen	Oberweser
Chlorid (mg/l)	2.500	627	1.700	426	47%	47%
Kalium (mg/l)	200	50	150	38	33%	32%
Magnesium (mg/l)	340	85	230	58	48%	47%

Diese Wirkung wurde mit Hilfe der SYDRO-Modellierung entsprechend der in den Abschnitten 5.2.2 und 5.2.3 beschriebenen Methode erhoben. Sowohl bei einer lokalen Einleitung als auch bei der Einleitung in die Oberweser könnten unter diesen Rahmenbedingungen zwar mehr, aber nicht die gesamten anfallenden Produktionsabwässer eingeleitet werden. Der Entlastungseffekt fällt für die Oberweser-Pipeline wesentlich stärker aus als bei der lokalen Einleitung. Während bei der Oberweser-Pipeline die nicht einleitbaren Produktionsabwässer (Entsorgungsdefizite) um ca. 70% im Vergleich zum Status-quo-Szenario vermindert werden, beträgt der Entlastungseffekt bei einer lokalen Lösung lediglich 37%.



**Abbildung 42: Entsorgbares Produktionsabwasser bei Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes im Vergleich zu den Hauptszenarien**



**Abbildung 43: Gewinnentwicklung bei Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes im Vergleich zu den Hauptszenarien**

**Tabelle 28: Gewinnentwicklung bei Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes im Vergleich zu den Hauptszenarien**

Gewinnrückgang [Mio. €/a]	2016	2020	2021	2027	2059	Durchschnitt	Relative Veränderung ggü. Status quo - ohne Versenkung
Status quo - ohne Versenkung	220	310	324	333	370	329	0%
Status quo - mit Versenkung	0	0	0	0	0	0	-100%
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung	0	0	356	370	370	320	-3%
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung	0	0	0	0	0	0	-100%
Status quo - ohne Versenkung (Grenzwert 2500)	185	192	194	210	222	206	<b>-38%</b>
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung (Äq. 2500)	0	0	86	86	74	71	<b>-79%</b>

Für K+S würden sich somit auch unter diesen Rahmenbedingungen Gewinnrückgänge aufgrund von Produktionsrestriktionen ergeben. Allerdings fallen diese im Zuge eines Oberweser-Szenarios niedriger aus und betragen nur noch 20% des Status-quo-Szenarios. Bei einer lokalen Lösung wären noch ca. 60% des Gewinnrückganges zu verzeichnen.

Die Gesamtkosten für die Oberweser-Pipeline, d.h. unter Berücksichtigung von Gewinnrückgang, Maßnahmenkosten und Ewigkeitslasten liegen dann in ungefähr einer Größenordnung der Gesamtkosten der Nordsee-Pipeline.

**Tabelle 29: Gesamtkosten unter Berücksichtigung des Verschlechterungsverbotes**

	Status quo - ohne Versenkung	Status quo - mit Versenkung	Oberweser + Übergangslösung zur Versenkung	Nordsee + Übergangslösung zur Versenkung
<b>Ausgangswerte</b>				
Gewinnrückgang	329	0	320	0
Maßnahmenkosten	0	0	24	54
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	19	43
<b>Summe</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>363</b>	<b>97</b>
	<b>(100%)</b>	<b>(100%)</b>	<b>(100%)</b>	<b>(100%)</b>
<b>Ausschöpfung des Verschlechterungsverbotes (Grenzwert 2.500)</b>				
Gewinnrückgang	206	0	71	0
Maßnahmenkosten	0	0	24	54
Rückstellung Ewigkeitslast	0	0	19	43
<b>Summe</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>114</b>	<b>97</b>
<b>(relative Veränderung)</b>	<b>-37%</b>	<b>0%</b>	<b>-68%</b>	<b>0%</b>

Mit dem Absenken der Einleitanforderungen verändert sich auch die ökologische Wirkung der Maßnahmen. Die ökologische Wirkung einer lokalen Einleitung bei einem Grenzwert von 2.500 mg/l ist 2027 geringer als die der Status-quo-Szenarien mit einem Grenzwert von 1.700 mg/l. In Bezug auf Werra/Weser würde nur eine Verschlechterung gegenüber dem Stand 2015 vermieden, aber die 1.700 mg/l nicht erreicht werden. Eine positive Entwicklung ergäbe sich demgegenüber nur für die Grundwassersituation, da von einem Versenkungsstopp ab 12/2015 ausgegangen wird. Beim Ober-

weser-Szenario und einem Grenzwert von 2.500 mg/l (Chlorid) würde die Werra von Salzabwässern entlastet werden. Somit würden sich ca. 130 km Flusslauf in Bezug auf die Klassifikation „Runder Tisch“ verbessern. Unterhalb der Einleitstelle würde die Gewässersituation allerdings auf einem im Vergleich zum Status-quo-Szenario schlechteren Stand verbleiben.

## 11 Ergebnisse der Bewertung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Öko-Effizienz-Bewertung vorgestellt und im Anschluss daran werden die Ergebnisse im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeit diskutiert.

### 11.1 Öko-Effizienz-Bewertung

Gedanklicher Ansatz der Öko-Effizienz-Analyse der Abwasserentsorgung der Firma K+S GmbH ist, dass zur Erzielung einer angestrebten Salzkonzentration im Gewässer (Output) Gesamtkosten und andere Umwelteffekte auftreten. Sie stellen „Inputs“ zur Verbesserung der Gewässerqualität dar. Zur Beschreibung der Ökoeffizienz wird zuerst jeweils ein Input (Kosten; Energieverbrauch; Treibhausgasemissionen) auf den Output (Veränderung der Salzkonzentration im Gewässer) bezogen (Abschnitt 11.1.1 und 11.1.2). Hierbei werden folgende Fragen beantwortet:

- Wie effektiv sind die Szenarien im Hinblick auf den Output (Gewässerqualität in Werra/Weser)?
- In welchem Verhältnis stehen die Inputs zu dem Outputs, d.h. wie effizient sind die Szenarien im Hinblick auf die separaten Input-Output-Verhältnisse?

Danach wird in einem zweiten Schritt (Abschnitt 11.1.3) die Ökoeffizienz der Szenarien in einer Gesamtbetrachtung dargestellt. Hierbei lassen sich dann Vergleiche zur Ökoeffizienz der Szenarien durchführen.

Es werden zwei Input-Kategorien in Beziehungen zur Salzkonzentration im Gewässer gesetzt:

- Gesamtkosten [Mio. €/Jahr]
- Treibhausgasemissionen [CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr]

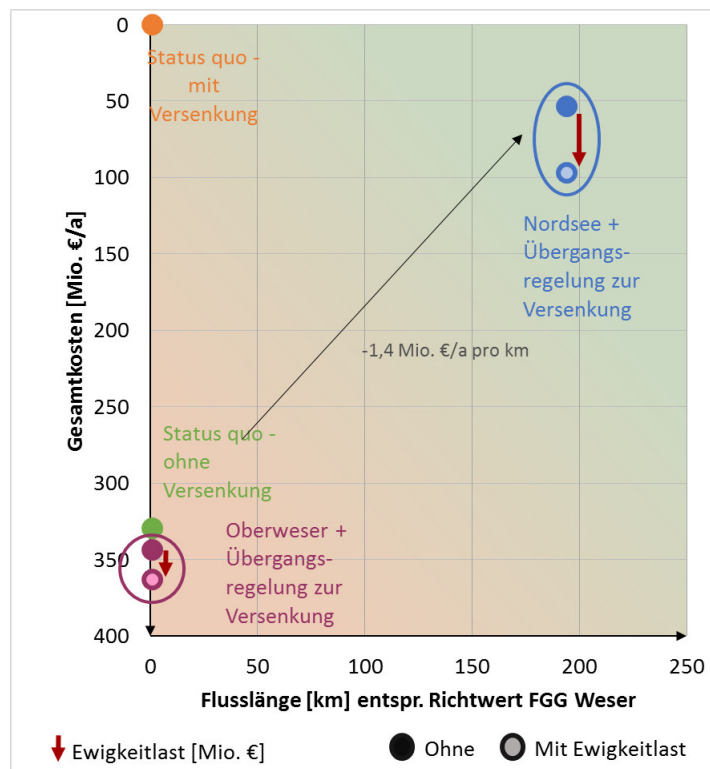
Zur Beschreibung der Salzkonzentration im Gewässer (Werra/Weser) werden zwei Indikatoren herangezogen:

- die „Flusslänge [km] entsprechend Richtwert FGG Weser“ und
- die „Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches“.

Abschließend werden noch einmal die weiteren szenarienbezogenen Effekte zusammengefasst.

#### 11.1.1 Gesamtkosten vs. Gewässerqualität in Werra/Weser

Im Hinblick auf die durchschnittlichen Gesamtkosten ist das Status-quo-Szenario mit Versenkung die günstigste Lösung, während in den Szenarien „Status quo - ohne Versenkung“ und „Oberweser – mit Übergangsregelung zur Versenkung“ aufgrund des Gewinnrückgangs sehr hohen Gesamtkosten auftreten. Die Kosten für die Nordsee-Pipeline betragen einschließlich Rückstellungen für die Ewigkeitslasten etwa 30% des Gewinnrückgangs bei der Oberweser-Pipeline.

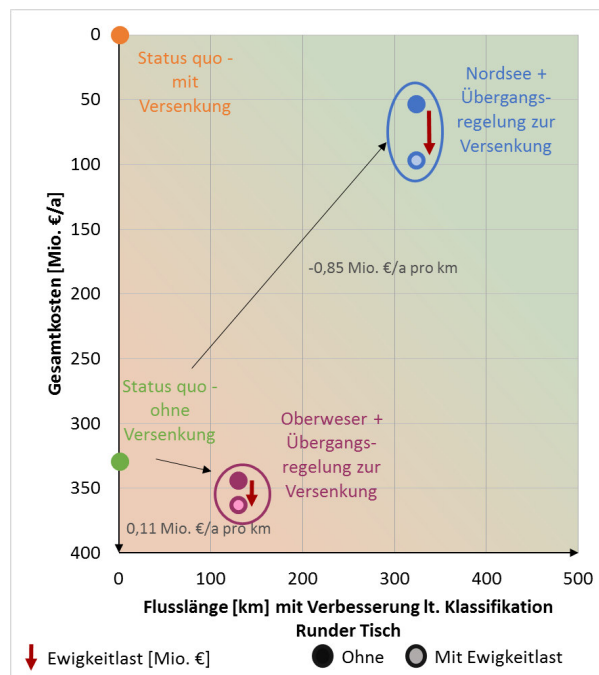


**Abbildung 44: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtkosten und der Gewässerqualität bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 (Flusslänge [km] entspr. Richtwert FGG Weser)**

Die Bewertung der Kosteneffizienz der Maßnahmen im Hinblick auf die Gewässerqualität und die Maßnahmenkosten gegenüber dem Status-quo-Szenario mit Versenkung hängt von den Indikatoren der Gewässerqualität ab (Abbildung 44 und Abbildung 45):

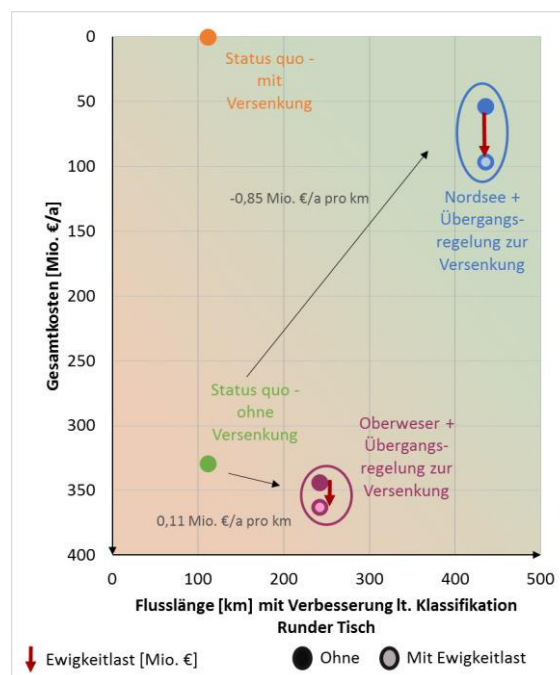
- Ausgehend vom Status-quo ohne Versenkung lassen sich mit der Nutzung der Nordsee-Pipeline + Übergangsregelung zur Versenkung sowohl die jährlichen Gesamtkosten reduzieren als auch der Gewässerschutz verbessern. Die Nordsee-Lösung ist effizienter als das Status-quo-Szenario und das Oberweser-Szenario.
- Die Bewertung der Oberweser-Pipeline hängt vom Indikator für die Gewässerqualität ab. Bei Berücksichtigung der Flusslänge [km] entsprechend der Richtwert FGG Weser, führt die Oberweser-Pipeline zu zusätzlichen Kosten ohne eine Verbesserung der Gewässerqualität. Bei Berücksichtigung der Flusslänge mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches ergibt sich ein Trade-off dieses Szenarios zum Status-quo-Szenario ohne Versenkung von 0,11 Mio. €/Jahr je Verbesserung von 1 km Flusslauf<sup>25</sup>.
- Der Vergleich des Status-quo-Szenarios ohne Versenkung mit dem ebenfalls aufgeführten Szenario „Status quo – mit Versenkung“ verdeutlicht, dass durch den Versenkungsstopp ab Ende 2015 sehr hohe Kosten auftreten, ohne dass für die Gewässerqualität in Werra/Weser zusätzliche positive Effekte einhergehen.

<sup>25</sup> Die Angaben zu den Trade-offs in den Abbildungen sowie im Text beziehen sich auf die Kosten ohne Ewigkeitslasten.



**Abbildung 45: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtkosten mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 gegenüber den Status-quo-Szenarien (Flusslänge [km] mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch)**

Beim Indikator Flusslänge mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch ist zu berücksichtigen, dass bei allen Szenarien zwischen 2015 und 2027 Verbesserungen auf einer Länge von 112 km auftreten. Dieser Sachverhalt ist abschließend in der Abbildung 46 dargestellt. Die Trade-offs zwischen den Szenarien verändern sich hierbei nicht.



**Abbildung 46: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtkosten mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung von 2027 gegenüber 2015 (Flusslänge [km] mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch)**

### 11.1.2 Treibhausgasemissionen vs. Gewässerqualität in Werra/Weser

Das Verhältnis zwischen dem emittierten Treibhausgas aufgrund des Energieverbrauchs und der Verbesserung der Gewässerqualität ist ein weiteres Effizienz-Kriterium der Szenarien. Die Szenarien „Status-quo ohne Versenkung“ sowie „Oberweser – mit Übergangsregelung zur Versenkung“ führen zu deutlichen Rückgängen der Treibhausgas-Emissionen als Folge des verringerten Energieverbrauchs durch Produktionsrückgänge. Die Oberweser-Pipeline bleibt unterhalb des Status-quo-Szenarios ohne Versenkung, da hier zusätzlich der Energieverbrauch für den Pipelinebetrieb zu berücksichtigen ist. Die Nordsee-Pipeline hat die höchsten Treibhausgasemissionen infolge des Energieaufwands für den Betrieb (s. Abbildung 47 und Abbildung 48).

Die Effizienzbeurteilung hängt vom Bezugspunkt ab:

- Bezugspunkt Status-quo-Szenario ohne Versenkung: Die Nordsee-Pipeline führt hier zu einem Trade-off, der zwischen 4.637 und 7.737 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr und km Zielerreichung liegt (der niedrigere Wert bezieht sich auf km mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches).
- Die Oberweser-Pipeline weist gegenüber dem Status-quo-Szenario ohne Versenkung nur einen schlechteren Treibhauseffekt aus, aber keine Gewässerverbesserung – wenn als Gewässerindikator „Flusslänge entsprechend Richtwert FGG Weser“ genutzt wird. Beim Indikator Verbesserung lt. Klassifikation des Runden Tisches ergibt sich ein Trade-off von 555 t. CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr und Kilometer Verbesserung. Das Oberweser-Szenario ist somit gegenüber dem Status-quo-Szenario ohne Versenkung sogar energieeffizienter als das Nordsee-Szenario.
- Der Vergleich der beiden Status-quo-Szenarien miteinander zeigt, dass die Klimafreundlichkeit des Status-quo-Szenarios ohne Versenkung gegenüber dem Status-quo-Szenario mit Versenkung durch die maßgeblichen Produktionsrückgänge, die mit dem Versenkungsstopp einhergehen, verursacht wird.

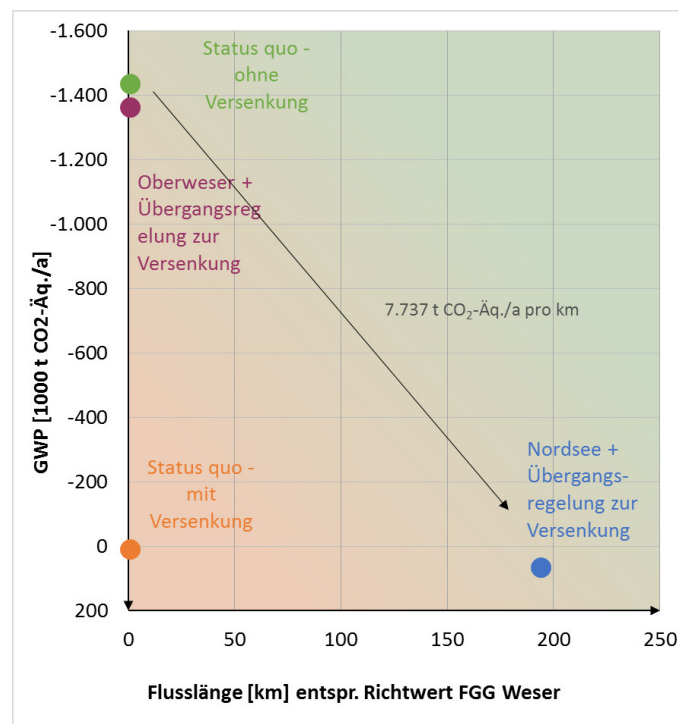
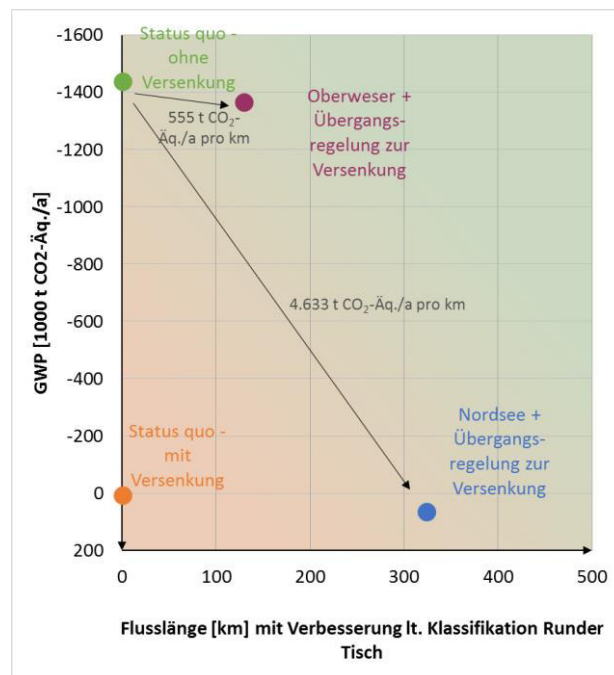
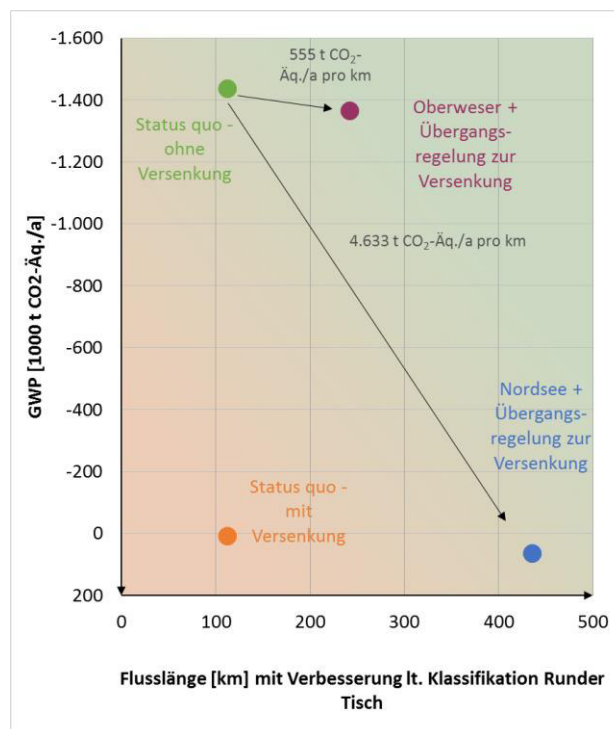


Abbildung 47: Vergleich der Treibhauswirkung und der Gewässerqualität bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 (Flusslänge [km] entspr. Richtwert FGG Weser)



**Abbildung 48: Vergleich der Treibhauswirkung mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung im Jahr 2027 gegenüber Status-quo-Szenario (Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches)**

Auch beim Vergleich der Treibhauswirkung mit der erzielten Gewässerqualitätsverbesserung 2015 bis 2027, dargestellt in Abbildung 49, bleiben die Trade-off-Beziehungen zwischen den Szenarien bestehen.



**Abbildung 49: Vergleich der Treibhauswirkung mit der Gewässerqualitätsverbesserung bzgl. der Salzbelastung von 2027 gegenüber 2015 (Flusslänge [km] mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch)**

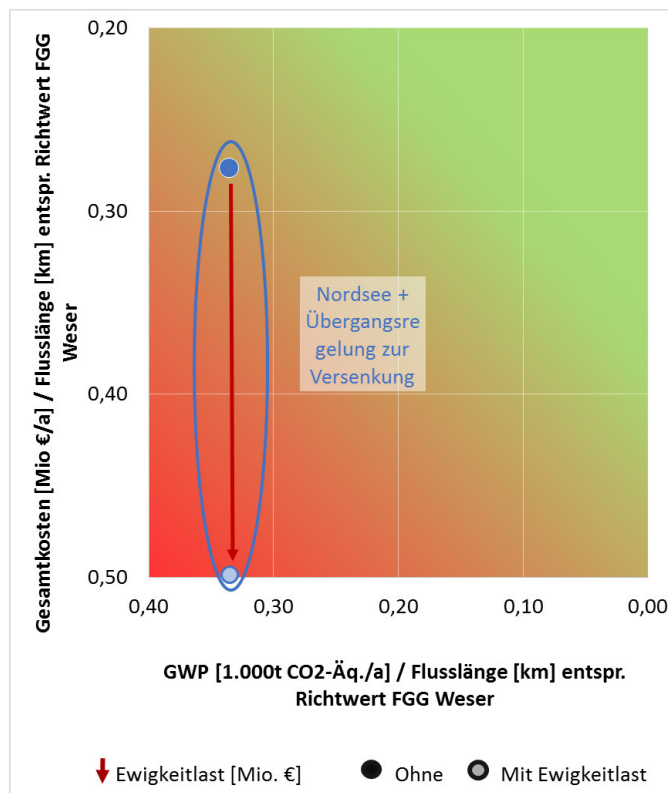
### 11.1.3 Gesamtergebnisse der Ökoeffizienzbewertung

Die Öko-Effizienz-Bewertung setzt die wirtschaftliche Bewertung einer Maßnahme zu deren Umweltauswirkungen ins Verhältnis und bezieht sich hierbei auf eine Output-Einheit als Funktionelle Einheit. In den Abbildung 50 und Abbildung 51 werden die Kosten und Treibhausgasemissionen der Szenarien ins Verhältnis zur Gewässerqualität der Werra/Weser gesetzt. Dazu werden die Indikatoren „Flusslänge [km] entsprechend der Richtwerte FGG Weser“ und „Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches“ zur Beschreibung der Salzbelastung der Werra und der Weser herangezogen.

Mit dieser Auswertung werden die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Szenarienwirkungen miteinander abgewogen:

- Das Status-quo-Szenario ohne Versenkung und das Oberweser-Szenario – mit Übergangsregelung haben aufgrund des Produktionsrückgangs geringe Treibhausgasemissionen und hohe Gesamtkosten.
- Das Nordsee- Szenario mit Übergangsregelung hat niedrigere spezifische Kosten im Vergleich zum Status-quo-Szenario ohne Versenkung, aber hohe Treibhausgasemissionen;
- Das Nordsee-Szenario hat eine hohe Wirkung auf die Gewässerqualität von Werra/Weser. Das Oberweser-Szenario erreicht nur im Hinblick auf einen Gewässerindikator Flusslänge [km] mit Verbesserung lt. Klassifikation des Runden Tisches eine Verbesserung, während die Gewässerschutzwirkung der beiden Status-quo-Szenarien minimal ausfallen.

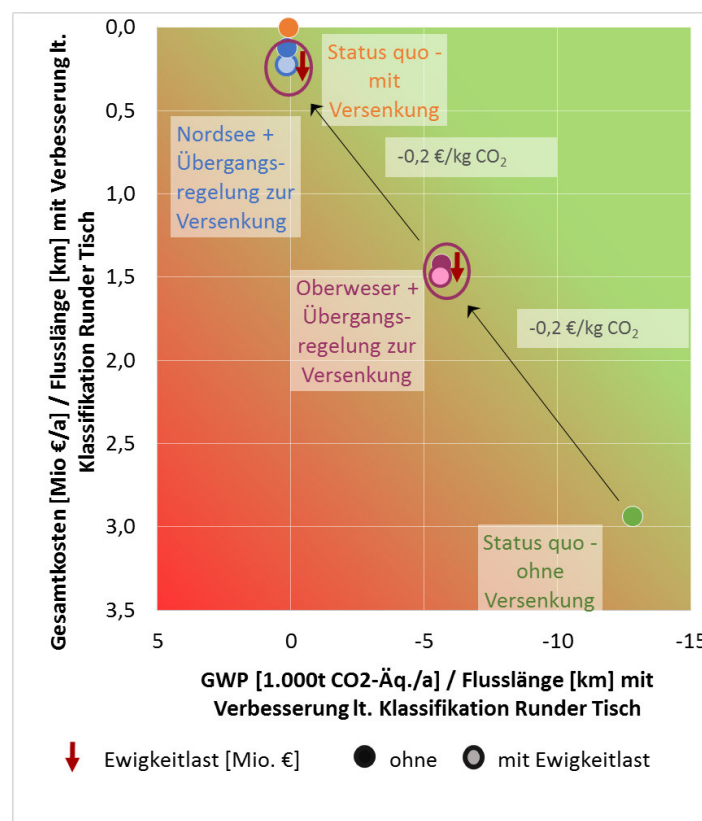
Im Hinblick auf den Indikator „Flusslänge [km] entsprechend Richtwert FGG Weser“ können keine Szenarienvergleiche bzgl. der Ökoeffizienz dargestellt werden.



**Abbildung 50: Ökoeffizienz des Nordsee-Szenarios mit und ohne Berücksichtigung der Rückstellungen für die Ewigkeitslasten. (Gewässerindikator: Flusslänge [km] entsprechend Richtwert FGG Weser)**

Bei den Szenarien „Status quo – mit Versenkung“, „Status quo – ohne Versenkung“ und „Oberweser – mit Übergangsregelung zur Versenkung“ erreicht kein Kilometer des Flusses die Richtwerte der FGG Weser. Ein Bezug der jeweiligen Gesamtkosten und Treibhausgaswirkung auf einen Gewässerindikator mit dem Wert „Null“ ist nicht möglich. Daher lässt sich nur für das Nordsee-Szenarie die Ökoeffizienz auch bei diesem Gewässerindikator darstellen. Ohne Berücksichtigung der Rückstellungen für die Ewigkeitslasten sind zur Erreichung eines Kilometer guten Zustands entsprechend den Richtwerten der FGG Weser 28 Mio €/Jahr aufzuwenden und es entstehen 340 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Mit Berücksichtigung der Rückstellungen für die Ewigkeitslasten steigen die Kosten pro Kilometer deutlich an.

In Abbildung 51 werden die Ökoeffizienzwerte der Szenarien dargestellt, wenn die Gesamtkosten und die Treibhausgaswirkung auf den Gewässerqualitätsindikator „Flusslänge mit Verbesserung lt. Klassifikation Runder Tisch“ bezogen werden. Hierbei wird auf die Gewässerverbesserung zwischen 2015 und 2027 abgestellt. Es zeigt sich ein deutlicher Trade-off zwischen den Gesamtkosten je km Verbesserung und der Treibhausgaswirkung. Die Höhe des Trade-offs ist zwischen den drei Szenarien Status quo – ohne Versenkung, Oberweser-Pipeline und Nordsee-Pipeline ähnlich. Er beträgt ungefähr 0,2 €/kg CO<sub>2</sub> bzw. 200 €/t CO<sub>2</sub>. Nur wenn die Gesellschaft bereit ist, für eine Tonne CO<sub>2</sub>-Einsparung mindestens 200 € an Kosten in Kauf zu nehmen, sind die Oberweser und das Status-quo-Szenario ökoeffizienter als die Nordsee-Pipeline.<sup>26</sup>



**Abbildung 51: Vergleich der Ökoeffizienz der Szenarien im Jahr 2027 (Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches – Verbesserung 2027 gegenüber 2015)**

<sup>26</sup> Die CO<sub>2</sub>-Zertifikate des EU-Emissionshandels haben bisher maximal 30 €/t CO<sub>2</sub> gekostet. Wird dieser Höchstpreis als Akzeptanzwert herangezogen, so ist die Nordsee-Pipeline ökoeffizienter als die beiden anderen Pipelines.

#### 11.1.4 Ergänzende Bewertungen zu den Szenarien

Im Rahmen der Szenarienanalyse wurden weitere Effekte erhoben, von denen an dieser Stelle noch einmal die wesentlichen zusammengefasst werden sollen.

**Versenkung von Salzabwasser:** Die Szenarien unterscheiden sich maßgeblich im Hinblick auf die weitere Versenkung von Salzabwasser. Wird davon ausgegangen, dass ein zeitiger Stopp der Versenkung besser ist als ein späterer, so ergeben sich folgende Unterschiede zwischen den Szenarien: Während das Status-quo-Szenario ohne Versenkung zu einem sehr schnellen Versenkungsstopp führt und diesbezüglich am besten zu bewerten ist, muss bei den Pipeline-Lösungen in der Übergangsphase die Versenkung aufrecht erhalten werden. Das Status-quo-Szenario mit Versenkung schneidet am schlechtesten ab, da es eine Versenkung bis 2060 zulässt.

**Regionalwirtschaftliche Effekte:** Die hohen Gesamtkosten des Status-quo-Szenarios ohne Versenkung sowie der Oberweser-Lösung sind zum großen Teilauf hohe Gewinnrückgänge infolge einer Produktionsreduzierung zurückzuführen. Führen diese Gewinnrückgänge zur Einstellung des Bergbaus, so ist mit starken regionalwirtschaftlichen Kosten zu rechnen. Bzgl. der Nordsee-Lösung wird auf die Diskussion zur Verhältnismäßigkeit und Zumutbarkeit in Abschnitt 11.2.3 verwiesen. Betrachtet K+S die mit dem Bau und Betrieb der Pipeline verbundenen Kosten als nicht zumutbar und stellt den Bergbau ein, so ergeben sich auch hier hohe regionalwirtschaftliche Kosten.

**Flächenverbrauch:** Für die Umsetzung der Oberweserpipeline müssen ca. 80 ha Fläche für Stapelbecken in Anspruch genommen werden, wodurch sich hier maßgebliche negative Effekte ergeben.

**Tabelle 30: Zusammenfassung weiterer Szenarieneffekte in Ergänzung zur Öko-Effizienz-Bewertung**

	Status quo – ohne Versenkung	Status quo – mit Versenkung	Oberweser + Übergangslösung zur Versenkung	Nordsee + Übergangslösung zur Versenkung
Versenkung	keine Versenkung	bis 2060	bis 2020	bis 2020
Regionalwirtschaftliche Effekte	starke regionalwirtschaftliche Verwerfungen möglich, falls die Produktionsrückgänge zu Einstellung des Bergbaus führen.		starke regionalwirtschaftliche Verwerfungen möglich, falls die Produktionsrückgänge zur Einstellung des Bergbaus führen.	starke regionalwirtschaftliche Verwerfungen möglich, falls die Kosten für Nordsee-Pipeline von K+S als nicht erschwinglich angesehen werden und zu Einstellung des Bergbaus führen.
Flächenverbrauch			hoher Flächenverbrauch (80 ha) für Speicherbecken an Oberweser Flächenverbrauch für Pipelinebau	Flächenverbrauch für Pipelinebau
Trinkwasser				Potenzialsteigerung für Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässer/ Uferfiltrat der Unterweser, da die Wasserkörper den Trinkwassergrenzwert für Chlorid unterschreiten können.

Trinkwasser: Bei Wasserkörpern im Unterlauf der Weser kann der Trinkwassergrenzwert von 250 mg/l Chlorid im Jahr 2027 nur unterschritten werden, wenn die Nordseelösung realisiert wird. Hierdurch verbessert sich das Potenzial zur Nutzung des Wasser für Wassergewinnung langfristig. Eine Nutzung des Oberflächenwassers zur Trinkwasserversorgung in Bremen erscheint jedoch ausgeschlossen.

## 11.2 Bewertung im Hinblick auf Verhältnismäßigkeit

Die Bewertung auf Verhältnismäßigkeit ist eine politische Entscheidung, im Folgenden werden relevante Informationen zur Vorbereitung dieser Entscheidung zusammengestellt. Eine Bewertung der Verhältnismäßigkeit der möglichen Maßnahmen umfasst folgende Aspekte:

- Verhältnis der Nutzenwirkung der Maßnahmen im Hinblick auf die Kosten;
- Verhältnis der Kosten im Hinblick auf gesellschaftliche Akzeptanz.

### 11.2.1 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Im Hinblick auf die Nutzenwirkung der Szenarien im Vergleich zu den Kosten sind die „Trade-offs“ zwischen Kosten, einschließlich gesellschaftlicher Kosten („Externe Effekte“) und Gewässerschutzwirkungen aus gesellschaftlicher Sicht zu bewerten; sie entziehen sich grundsätzlich einer wissenschaftlichen Bewertung. Dabei sind einige Aspekte zu beachten:

- Mit keinem der untersuchten Szenarien können die Richtwerte der FGG Weser für den „guten Zustand“ (Chlorid, Kalium und Magnesium) in allen Wasserkörpern in der Werra und der Weser erreicht werden. Beim Nordsee-Szenario werden die Richtwerte der FGG-Weser 2027 in drei Wasserkörpern (194 km) im Unterlauf der Weser erreicht. Beim Oberweser-Szenario wird in keinem Wasserkörper der Richtwert und somit das Ziel erreicht. Verbesserungen werden in Bezug auf die Orientierungswerte des Runden Tisches bei beiden Pipeline-Szenarien erreicht, aber nicht bei den Status-quo-Szenarien.
- Im Hinblick auf den durch die Wasserrahmenrichtlinie zu erreichenden guten Zustand beeinflussen sich die Salzkonzentration, der morphologische Zustand sowie die Trophie infolge weiterer Nährstoffe gegenseitig. Dies bedeutet, dass die Nutzenwirkung einer Verringerung der Salzkonzentration im Hinblick auf den ökologischen Zustand umso höher ausfällt, je größer die Nährstoffelimination und je besser der hydromorphologische Zustand ist. Der Grenznutzen der Salzreduktion hängt somit von der Umsetzung der anderen Maßnahmen ab.
- Gleichmaßen hängt der Grenznutzen der hydromorphologischen Maßnahmen und der Maßnahmen zur Verminderung der Nährstoffeinträge von der Salzkonzentration in Werra/Weser ab.
- Da im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie weitere Maßnahmen zur Verbesserung der hydromorphologischen Situation bzw. der Nährstoffsituation durchgeführt werden, wird der Grenznutzen steigen, der durch eine Verringerung der Salzlast in Werra/Weser erreicht wird.

Zustands- kriterien	Belastungskriterien					
	mit Salzbelastung	mit Salzbelastung; Reduzierung Nährstoffe (P)	mit Salzbelastung; Reduzierung Nährstoffe (P); Verbesserung der Hydromorphologie	ohne Salzbelastung	ohne Salzbelastung; Reduzierung Nährstoffe (P)	ohne Salzbelastung; Reduzierung Nährstoffe (P); Verbesserung der Hydromorphologie
Biologischer Gewässer- güte	gut bis mäßig	gut bis mäßig	gut	gut	gut	gut
Trophie	unbefriedigend bis schlecht	unbefriedigend	unbefriedigend	unbefriedigend	gut bis mäßig	gut
Ökologischer Zustand Biologie	schlecht	schlecht	schlecht	unbefriedigend	mäßig bis unbefriedigend	gut

**Abbildung 52: Wechselwirkungen (Synergismen) der Verringerung der Salzbelastung, der Nährstoffreduzierung und hydromorphologischer Verbesserungen (HLUG 2007)**

### 11.2.2 Verhältnis der Kosten im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz

Die Bewertung des Verhältnisses der Kosten im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz orientiert sich an den Kosten für andere, vergleichbare Maßnahmen. Hierfür werden die für Hessen berechneten Maßnahmenkosten, die im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie für den Zeitraum 2001 bis 2027 angesetzt wurden, herangezogen. Hinter der gesellschaftlichen Akzeptanz stehen gesellschaftliche Nutzen-Kosten-Abwägungen sowie Zumutbarkeitsabwägungen/Zahlungsfähigkeitsabwägungen der politischen und betrieblichen Entscheidungsträger.

**Tabelle 31: Zielsetzung des Bewirtschaftungsplanes 2009 zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Hessen (HMURLV 2009a)**

Zustand Wasserkörper	Länge Wasser- körper	Länge Gewässer [km]	Ziele verbesserter Zustand [km]
schlecht	114	2.215	2.215
unbefriedigend	168	3.264	3.264
mäßig	112	2.176	2.176
gut	25	486	-
sehr gut	-	-	-
Summe	419	8.141	7.655

Es wird davon ausgegangen, dass die spezifischen Kosten der Salzabwasserentsorgung dann verhältnismäßig sind, wenn sie der Größenordnung der spezifischen Kosten zur Umsetzung des Bewirtschaftungsplans 2009 entsprechen.

In Tabelle 32 wurden hierfür verschiedene Kennziffern bzgl. der Kosten für die Oberweser- und Nordsee-Lösung in Bezug auf die Werra/Weser bzw. die erreichten Verbesserungen berechnet und mit den entsprechenden Kennziffern für Hessen verglichen. Hierbei gehen für die Pipelinelösungen nur die Baukosten ein, nicht jedoch die Betriebskosten und die Ewigkeitslasten. Für Hessen gehen ebenfalls nur Baukosten ein.

Unabhängig der betrachteten Indikatoren ist die spezifische Kostenbelastung für Oberweser- und Nordsee-Pipeline (bis auf bei einem Indikator) mindesten doppelt so hoch wie die entsprechenden Indikatoren für Gesamthessen. In der Regel ist das Verhältnis deutlich ungünstiger. Bis auf bei einem Parameter (jährliche Kosten je Flusslänge mit Verbesserung) schneidet die Nordsee-Lösung schlechter ab als die Oberweser-Lösung.

**Tabelle 32: Kosten der Umsetzung des Bewirtschaftungsplans 2009 zur EU-Wasserahmenrichtlinie in Hessen (HMURLV 2009ab)**

	Maßnahmenkosten für WRRL in Hessen (Zeitraum 2001-2027)			Baukosten Pipelines		Vergleich	
	Gesamtkosten (ohne Maßnahmen bzgl. Salzabwasser)	Maßnahmenkosten für Oberflächengewässer- Stoffe	Maßnahmenkosten für Oberflächengewässer- Hydromorphologie	Oberweser-Pipeline	Nordsee-Pipeline	Oberweser-Pipeline zu Gesamtkosten	Nordsee-Pipeline zu Gesamtkosten
Maßnahmenkosten (nur Errichtung, ohne Betrieb) [Mio. €]	2.794	1.340	1.057	350	750		
Fließgewässer in Hessen bzw. betrachtete Flusslänge der Werra/Weser [km]	8.141	8.141	8.141	516	516		
Wasserkörper in Hessen bzw. betrachtete Wasserkörper der Werra/Weser	419	419	419	9	9		
Fließgewässer in Hessen, deren Zustand verbessert werden muss [km] bzw. Flusslänge [km] mit Verbesserung entsprechend der FGG Weser-Klassifizierung	7.655	7.655	7.655	130	324		
Wasserkörper in Hessen, deren Zustand verbessert werden muss bzw. Wasserkörper der Werra/Weser mit Verbesserungen lt. Klassifikation Runder Tisch	394	394	394	3	6		
Kosten je Flusslänge [Mio. €/km]	0,34	0,16	0,13	0,68	1,45	<b>2,0</b>	<b>4,2</b>
Kosten je Wasserkörper [Mio €/WK]	6,7	3,2	2,5	38,9	83,3	<b>5,8</b>	<b>12,5</b>
Kosten je Flusslänge mit Verbesserung* [Mio. €/km]	0,36	0,18	0,14	2,69	2,31	<b>7,4</b>	<b>6,3</b>
Kosten je Wasserkörper mit Verbesserung* [Mio. €/km]	7,1	3,4	2,7	116,7	125,0	<b>16,5</b>	<b>17,6</b>
Jährliche Kosten je Flusslänge [Mio. €/km*a]	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	<b>1,2</b>	<b>2,5</b>
Jährliche Kosten je Wasserkörper [Mio €/WK*a]	0,25	0,12	0,09	0,85	1,81	<b>3,4</b>	<b>7,3</b>
Jährliche Kosten je Flusslänge mit Verbesserung* [Mio. €/km*a]	0,01	0,01	0,01	0,06	0,05	<b>4,3</b>	<b>3,7</b>
Jährliche Kosten je Wasserkörper mit Verbesserung* [Mio. €/WK*a]	0,26	0,13	0,10	2,54	2,72	<b>9,7</b>	<b>10,3</b>
Bewertungszeitraum [Jahre]				46	46		
Maßnahmenzeitraum WRRL [Jahre]	27	27	27				
Preissteigerung zw. 2009 und 2015	0,08	0,08	0,08				

\* bei den Pipeline-Lösungen bezieht sich Verbesserung auf die Klassifikation des Runden Tisches; für Hessen wurde angenommen, dass in allen Wasserkörpern, die 2009 noch keinen Guten Zustand hatten, zumindest Verbesserungen eintreten

### 11.2.3 Zumutbarkeit

Die Zumutbarkeit wird anhand der Frage behandelt, inwieweit das Werk Werra unter den Szenarien einen wirtschaftlichen Betrieb aufrechterhalten kann. Hierzu werden folgende Kriterien herangezogen.

Die szenarienbezogenen Gesamtkosten der zukünftigen Entsorgung von Salzabwasser werden mit dem betrieblichen Mehrwert („Economic value added“) verglichen. Dieser Wert beziffert den Erlös von K+S, der übrig bleibt, wenn sämtliche Kosten und Risiken abgegolten sind.

Die jährlichen Gesamtkosten für die Szenarien entsprechen:

- beim Status-quo-Szenario ohne Versenkung (320 Mio. €/Jahr) ungefähr 100% bis über 200%
- beim Oberweser-Szenario mit Übergangslösung (363 Mio. €/Jahr) ungefähr 200% bis 340%
- beim Nordsee-Szenario mit Übergangslösung (97 Mio. €/Jahr) ungefähr 60 bis über 90%

des betrieblichen Mehrwertes. Die Schätzung deutet darauf hin, dass selbst beim Nordsee-Szenario, das die niedrigsten jährlichen Gesamtkosten der drei Szenarien aufweist, der betriebliche Mehrwert zu einem großen Maße abgeschöpft wird.

Zur Schätzung dieser Zahlen wurde auf die in den Geschäftsberichten ausgewiesenen Angaben zum betrieblichen Mehrwert („Economic value added“) für die gesamte K+S Gruppe zurückgegriffen und hiervon der Wert für das Werk Werra abgeleitet. In einem ersten Schritt wurde der Mehrwert für den Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte anhand eines Vergleiches des durchschnittlichen Umsatzes (ca. 54% des Gesamtumsatzes der K+S Gruppe) sowie anhand des durchschnittlichen EBIT (ca. 87% des Wertes der K+S Gruppe) ermittelt. Im zweiten Schritt wurde der Mehrwert für das Werk Werra geschätzt, wobei wie bei der Gewinnrechnung von einem Anteil des Werkes Werra von 43% am Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte ausgegangen wurde (vgl. Abschnitt 8.3.1).

**Tabelle 33: Schätzung zum betrieblichen Mehrwert („Economic value added“) des Werkes Werra (K+S Aktiengesellschaft 2014, eigene Berechnungen)**

	<b>K+S Gruppe</b> [Mio. €]	<b>Werk Werra</b> [Mio. €]	<b>Werk Werra</b> [Mio. €]
	(Finanzbericht 2013: 81)	abgeleitet anhand eines Vergleiches der Umsatzzahlen	abgeleitet anhand eines Vergleiches des EBIT
2013	302	71	113
2012	452	106	170
2011	597	140	224
<b>Mittelwert</b>	451	105	169

## 12 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- [1] Die K+S Kali und Salz GmbH betreibt im hessisch-thüringischen Kaligebiet die Werke Werra und Neuhoof-Ellers, in denen jährlich rund 23 Mio. t Rohsalz gefördert werden. In Verbindung mit der Produktion und der Aufhaldung ist in den vergangenen Jahren jährlich etwa 10 - 13 Mio. m<sup>3</sup> salzhaltiges Abwasser angefallen, das direkt in die Werra eingeleitet oder in den Untergrund (Plattendolomit) versenkt worden ist. Der spezifische (Produktions-) Abwasseranfall hat sich von rund 0,8 m<sup>3</sup>/t Rohsalzförderung (2000) auf rund 0,5 m<sup>3</sup>/t Rohsalzförderung (2012) deutlich verringert.
- [2] In der Fortschreibung des Bewirtschaftungsplans 2009 für das Weser-Einzugsgebiet ist im Rahmen der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ein Maßnahmenkonzept für die zukünftige Entsorgung des Abwassers zu entwickeln und im Hinblick auf Kosteneffizienz, Verhältnismäßigkeit und Zumutbarkeit zu überprüfen. Hierzu wurden folgende Szenarien für den Zeitraum von 2015 bis 2060 (Einstellung des Salzabbaus) aufgestellt:

### Werra-Szenarien

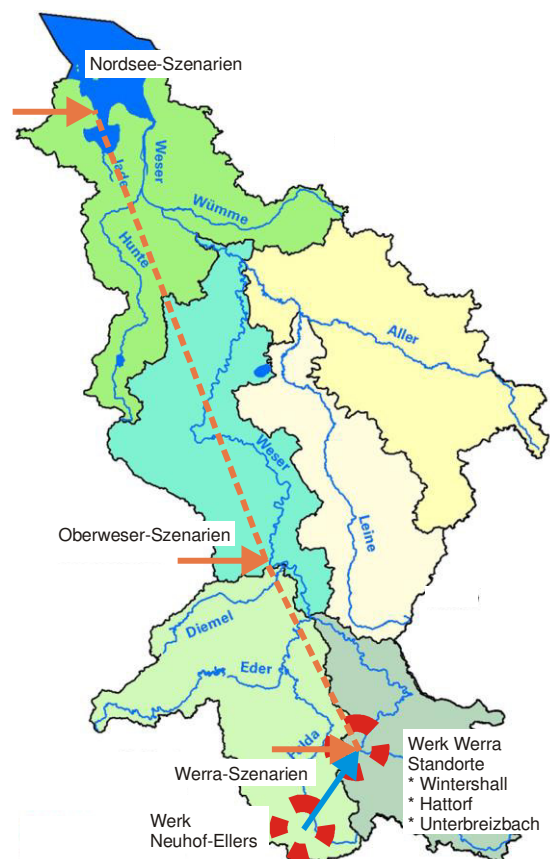
- Status-quo – ohne Versenkung
- Status-quo – mit Versenkung
- Werra (Richtwerte FGG Weser) – ohne Versenkung

### Oberweser-Szenarien

- Oberweser-Pipeline – ohne Versenkung
- Oberweser-Pipeline – mit Übergangsregelung zur Versenkung
- Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) – ohne Versenkung
- Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) – mit Übergangsregelung zur Versenkung

### Nordsee-Szenarien

- Nordsee-Pipeline – ohne Versenkung
- Nordsee-Pipeline – mit Übergangsregelung zur Versenkung



[3] In die Szenarien wurden folgende Annahmen zur Entwicklung bewertungsrelevanter Rahmenbedingungen eingebunden:

- Zunahme der Haldenabwässer bis 2060 auf 4,1 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr;
- Abklingen der diffusen Einträge nach Einstellung der Versenkung bis auf 30 % des derzeitigen Wertes;
- Begrenzung des Produktions- und Haldenabwassers auf 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr (Selbstverpflichtung K+S);
- Inbetriebnahme der Pipelines im Jahr 2021;
- (eingeschränkte) Fortsetzung der Versenkung als Übergangsregelung bis zur Inbetriebnahme einer Pipeline.

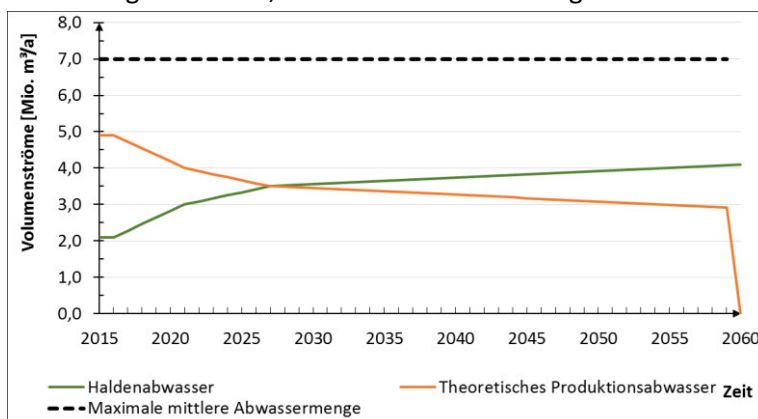
Szenario	Einleitort	Versenkung (ab 12/2015)	Zulässige Salzkonzentration am Einleitort ab 2021 [mg/l]		
			Chlorid	Kalium	Magnesium
Status-quo - ohne Versenkung	Werra	nein	1.700	150	230
Status-quo - mit Versenkung		ja			
Werra (Richtwerte FGG Weser) - ohne Versenkung		nein	300	20	30
Oberweser-Pipeline - ohne Versenkung	Oberweser	nein	426	38	58
Oberweser-Pipeline - mit Übergangsregelung zur Versenkung		bis 2020			
Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) - ohne Versenkung		nein	300	20	30
Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) - mit Übergangsregelung zur Versenkung		bis 2020			
Nordsee-Pipeline - ohne Versenkung	Nordsee	nein	-	-	-
Nordsee-Pipeline - mit Übergangsregelung zur Versenkung		bis 2020	-	-	-

[4] Die Stufen der Bewertung der Salzkonzentrationen sind vom Runden Tisch als Orientierungswerte beschlossen worden (Klassifikation Runder Tisch). Die Bewertung der Veränderung der Salzbelastung lehnt sich unter Berücksichtigung der spezifischen wasserrechtlichen Festsetzungen an den Richtwerten der FGG Weser für den guten Zustand sowie an die Klassifikation des Runden Tisches an.

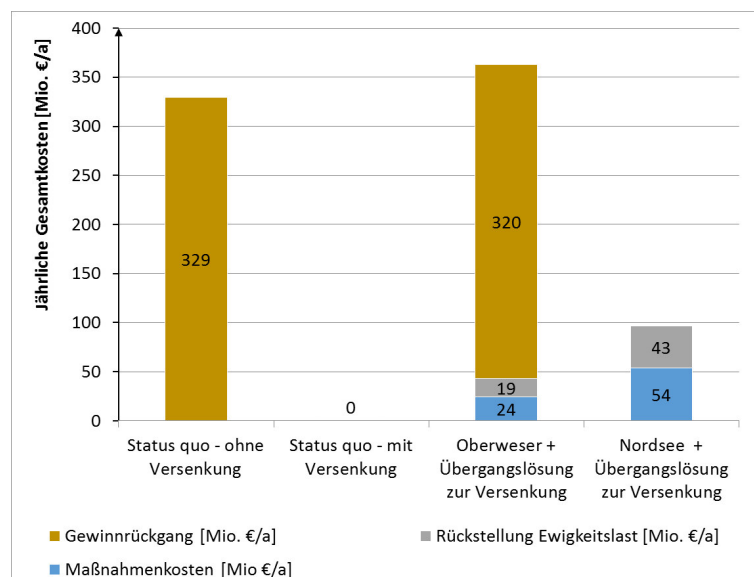
Stufe	Bezeichnung	Chlorid [mg/l]	Kalium [mg/l]	Magnesium [mg/l]
I	Natürliche Hintergrundwerte	< 75	< 5	< 20
II	Wertebereiche für Lebensbedingungen naturnaher Lebensgemeinschaften	75 bis 300	5 bis 20	20 bis 30
III	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen sensible Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	300 bis 1.000	20 bis 80	30 bis 100
IV	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen robustere Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	1.000 bis 2.500	80 bis 150	100 bis 180
V	Wertebereiche für durch Salzbelastung geprägte Lebensgemeinschaften	> 2.500	> 150	> 180

[5] Bereits aus den szenarienspezifischen Mengenbilanzen, die durch die stoffbezogene Modellierung der Salzbelastung differenziert und ergänzt werden (SYDRO Consult 2014b), lassen sich erste Schlussfolgerungen ableiten:

- Nach Einstellung der Versenkung ab 12/2015 treten Defizite bei der Abwasserentsorgung auf;
- Nur die Nordsee-Pipeline erlaubt in der Betriebsphase eine vollständige Abwasserableitung innerhalb des Szenarienrahmens bei Einstellung der Versenkung;
- In den Szenarien, in denen die Salzkonzentration in Werra und Weser gemäß Richtwert FGG Weser (300 mg/l Chlorid) erreicht werden soll, können auch bei vorzeitiger Einstellung der Produktion die Haldenabwässer nicht eingeleitet werden.

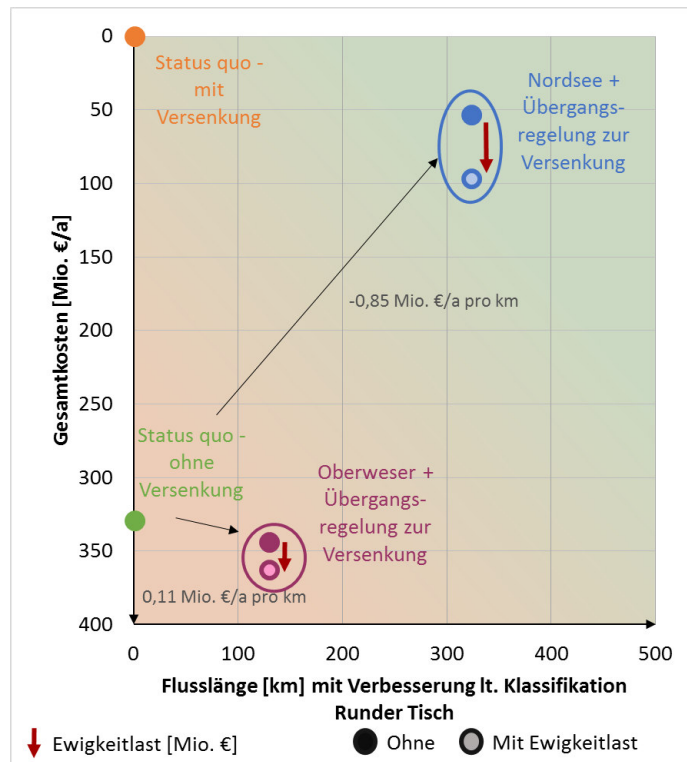


- [6] Auf der Grundlage der Mengenbilanzen werden folgende Szenarien für eine differenzierte Analyse und Bewertung ausgewählt (Hauptszenarien):
- Status-quo-Szenario ohne Versenkung
  - Status-quo-Szenario mit Versenkung
  - Oberweser-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung
  - Nordsee-Pipeline mit Übergangsregelung zur Versenkung.
- [7] Bei der Bewertung wurden folgende Effekte berücksichtigt:
- Die Kosten umfassen die Kapital- und Betriebskosten sowie die Kosten möglicher Produktionsrückgänge/-einschränkungen im Betriebszeitraum (Produktionsphase) als Folge der Szenarien/Maßnahmen. Außerdem sind die „Ewigkeitslasten“ der Nachproduktionsphase, insbesondere der Entsorgung der Haldenabwässer, berücksichtigt, deren Kosten im Betriebszeitraum zu erwirtschaften sind.
  - Die Nutzenkriterien der Maßnahmen sind:
    - Die Verringerung der Salzkonzentration in den Wasserkörpern, bezogen auf die Richtwerte der FGG Weser für den „guten ökologischen Zustand“ (Chlorid 300 mg/l, Kalium 20 mg/l, Magnesium 30 mg/l) bzw. das „gute ökologische Potenzial“ (Bundeswasserstraße Weser).
    - Die Verringerung der Salzkonzentrationen in den Wasserkörpern, bezogen auf die Wertebereiche der Salzbelastung und ihre ökologische Bedeutung (Klassifikation Runder Tisch).
  - Als Umweltleistungen werden weiterhin die Auswirkungen der Maßnahmen auf den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen in die Öko-Effizienz-Analyse integriert; darüber werden als weitere „externe Effekte“ die Auswirkungen auf das Grundwasser/Trinkwasser, der Flächenverbrauch sowie die Regionalwirtschaft betrachtet.
- [8] Nach Beendigung des Salzabbaus bleibt die Notwendigkeit bestehen, das Haldenabwasser weiter zu entsorgen. Im Falle der Oberweser- bzw. der Nordsee-Szenarien ist eine Rückverlegung der Einleitung in die Werra aufgrund des Verschlechterungsverbotes nicht möglich. Demzufolge wären die Pipelines weit über den Bewertungszeitraum hinweg zu betreiben. Für den Bau und Betrieb der Pipelines wurden die „Ewigkeitslasten“ abgeschätzt. Unter der Annahme von einem Betriebszeitraum von bis zu 500 Jahren (10 Nutzungsperioden) und unter Annahme einer Diskontierung (real) von 1 % und eines Betriebszeitraums von 500 Jahren werden die Ewigkeitslasten für die Nordsee-Pipeline auf 2,4 Mrd. € und die der Oberweser-Pipeline auf 1,1 Mrd. € geschätzt.
- [9] Die Gesamtkosten der Szenarien setzen sich aus 3 Komponenten zusammen:
- Maßnahmenkosten,
  - Gewinnrückgang aus Produktionseinschränkungen,
  - Ewigkeitslasten aus dem Pipelinebetrieb nach der Produktionsphase.
- [10] Die Bewertung der Szenarien



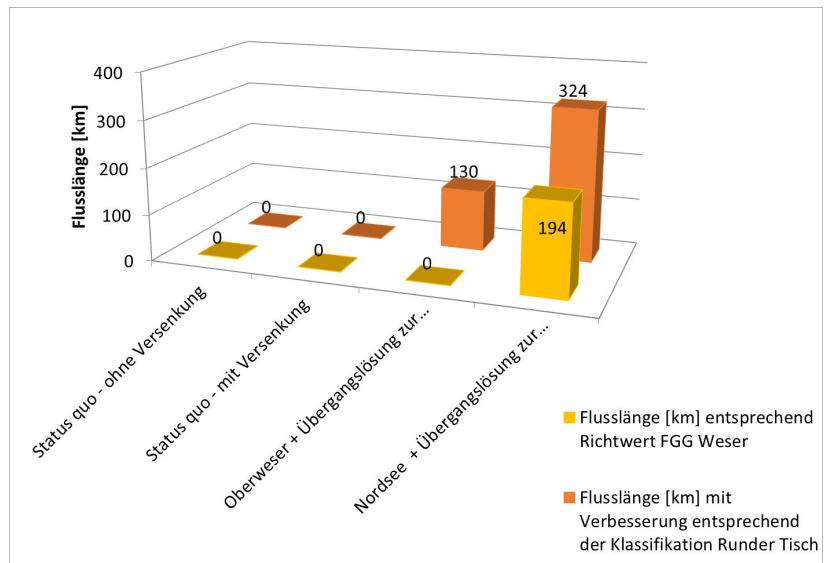
ergab für den Vergleich zwischen Gesamtkosten und Reduzierung der Salzbelastung folgende Ergebnisse:

- Werra-Szenarien (Status-quo-Szenarien): Beide Status-quo-Szenarien sind ökologisch uneffektiver als die Pipeline-Szenarien. Die Maßnahmenkosten beim Status-quo-Szenario mit Versenkung sind gering. Die dauerhafte Versenkung von Grundwasser ist allerdings nicht akzeptabel; die Option scheidet deshalb aus. Das Status-quo-Szenario ohne Versenkung führt infolge der erforderlichen Produktionseinschränkungen zu sehr hohen Kosten und damit tendenziell zur Standortgefährdung.
- Oberweser-Szenario: Im Oberweser-Szenario verringert sich die Salzbelastung in der Werra (130 km) gegenüber den Status-quo-Szenarien; die Kosten sind jedoch unter Berücksichtigung der erforderlichen Produktionseinschränkungen und der voraussichtlichen Ewigkeitslasten von allen verglichenen Szenarien am höchsten.
- Nordsee-Szenario: Das Nordsee-Szenario ist die für die Entlastung von Werra und Weser die effektivste Lösung (Verbesserung auf 324 km Flusslänge gegenüber Status-quo-Szenarien). Es reduziert die Gewässerbelastung entscheidend, kann jedoch nicht in allen Wasserkörpern die Richtwerte für den guten Zustand erreichen. Die Maßnahmenkosten für die Pipeline sind hoch, die Ewigkeitslasten können die Maßnahmenkosten fast verdoppeln.



[11] Unter Berücksichtigung der Energie- und Klimaauswirkung der Maßnahmen liegt eine wechselseitige Abhängigkeit („Trade-off“) zwischen der Nordsee-Pipeline und der Oberweser-Pipeline in Bezug auf Kosteneffizienz und Energieeffizienz vor.

- [12] Mit keinem der untersuchten Szenarien können die Richtwerte der FGG Weser für den „guten Zustand“ (Chlorid, Kalium und Magnesium) in allen Wasserkörpern in der Werra und der Weser erreicht werden. Beim Nordsee-Szenario werden die Richtwerte der FGG-Weser 2027 in drei Wasserkörpern (194 km) im Unterlauf der Weser erreicht. Beim Oberweser-Szenario wird in keinem Wasserkörper der Richtwert erreicht. Verbesserungen (gegenüber den Status-quo-Szenarien) werden in Bezug auf die Orientierungswerte des Runden Tisches bei beiden Pipeline-Szenarien erreicht.



- [13] Die Belastungsschwerpunkte in der Flussgebietseinheit Weser beziehen sich auf Nährstoffe, Schwermetalle und Salz sowie Veränderungen in der Gewässermorphologie und der Durchgängigkeit (FGG Weser 2009a). Die Auswirkungen der Salzreduktion auf den guten ökologischen Zustand der betroffenen Gewässer lassen sich auf der Grundlage der bisher verfügbaren Daten nur abschätzen. Hierfür müssen Veränderungen der Salzbelastung in Zusammenhang mit physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätsmerkmalen der Wasserkörper bewertet werden. Die Verringerung der Salzbelastung ermöglicht grundsätzlich die Verbesserung des ökologischen Zustandes, wenn zugleich weitere Maßnahmen (physikalisch-chemisch und hydromorphologisch) durchgeführt werden müssen. Die positiven Auswirkungen der Verringerung der Salzbelastung auf den ökologischen Zustand sind demzufolge nur in Verbindung mit den anderen Maßnahmen als „Grenznutzen“ zu betrachten.

Zustandskriterien	Belastungskriterien				
	mit Salzbelastung	mit Salzbelastung; Reduzierung Nährstoffe (P)	mit Salzbelastung; Reduzierung Nährstoffe (P); Verbesserung der Hydromorphologie	ohne Salzbelastung	ohne Salzbelastung; Reduzierung Nährstoffe (P)
Biologischer Gewässergüte	gut bis mäßig	gut bis mäßig	gut	gut	gut
Trophie	unbefriedigend bis schlecht	unbefriedigend	unbefriedigend	unbefriedigend	gut bis mäßig
Ökologischer Zustand Biologie	schlecht	schlecht	schlecht	unbefriedigend	mäßig bis unbefriedigend

- [14] Bei der Bewertung der Verhältnismäßigkeit und der Zumutbarkeit der Kosten sind weiterhin folgende Aspekte zu betrachten:

- Wird davon ausgegangen, dass K+S die Maßnahmenkosten zu tragen hat, werden durch Bau und Betrieb der Nordsee-Pipeline sowie die anzusparenden Ewigkeitslasten schätzungsweise 60% bis über 90% des gegenwärtig jährlichen „Economic value added“ (betrieblicher Mehrwert) und somit der überwiegende Teil der betrieblichen Wertschöpfung verloren gehen. Dies kann in der Konsequenz auch eine Betriebseinstellung bedeuten.
- Werden die Ausgaben, die im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie im Bewirtschaftungsplan Hessen (2009-2015) für den Zeitraum 2001 bis 2027 angesetzt wurden, herangezogen,

so zeigt sich, dass bei der Nordsee- und der Oberweser-Pipeline die spezifischen Kosten der Salzabwasserentsorgung höher liegen als die spezifischen Kosten der anderen Maßnahmen zur Umsetzung der WRRL.

- [15] Im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeit der Oberweser-Pipeline-Szenarios ist zu beachten, dass die Kosten infolge von Produktionseinschränkungen betriebswirtschaftlich nicht darstellbar sind und wahrscheinlich zu einer Einstellung des Bergbaus führen würden. Dies gilt auch für das Szenario „Status-quo ohne Versenkung“
- [16] Eine vorzeitige Produktionseinstellung bei dem Werk Werra würde aus betrieblichen Gründen (Kapitalvernichtung bei K+S) aber auch aus regionalwirtschaftlichen Gründen (Einkommens- und Wertschöpfungsverluste in der Region) zu schweren wirtschaftlichen Verwerfungen führen.
- [17] Die Öko-Effizienz-Analyse und die Sensitivitätsanalyse zeigen die Ansatzpunkte und Grenzen der untersuchten Szenarien auf. Geeignete Lösungen erfordern unter Beachtung des „Verschlechterungsverbots“ die Veränderung der Rahmenbedingungen gegenüber den untersuchten Szenarien. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse bietet es sich an, innovativen Maßnahmenoptionen und Rahmenbedingungen zu analysieren:
- Verringerung des spezifischen Abwasseranfalls aus der Produktion;
  - Stabilisierung/Reduzierung des Haldenabwassers;
  - Stabilisierung/Reduzierung der diffusen Einträge;
  - Reduzierung der „Ewigkeitslasten“.
- [18] Für die Entwicklung geeigneter Lösungen gilt:
- Die Verringerung der Salzabwassermenge durch Verringerung der Salzförderung/Produktion ist aufgrund des unvermeidlichen Gewinnrückgangs betrieblich kritisch zu bewerten. Deshalb kommen vorrangig Maßnahmen zur Verringerung der Salzabwasseremissionen durch innovative, auf bessere Rohstoffausbeute ausgelegte Produktionsprozesse in Betracht.
  - Die Haldenabwassermenge wird unter den derzeitigen Rahmenbedingungen deutlich zunehmen; ihre Reduzierung ist auch unter dem Aspekt der „Ewigkeitslasten“ für die Bewertung der Maßnahmen von entscheidender Bedeutung.
  - Qualitative Anforderungen an die Salzkonzentration der Oberflächengewässer (Grenzwerte) müssen sich am Verschlechterungsverbot (bezogen auf den aktuellen Zustand des Gewässers) und am Verbesserungsgebot („guter ökologischer Zustand“, bzw. „gutes ökologisches Potenzial“ für die Bundeswasserstraße Weser) orientieren. Im Rahmen dieser Begrenzungen sind geeignete Ziele festzulegen. Es ist notwendig, die auf der Grundlage dieser Aspekte entwickelten Maßnahmenoptionen (Szenarien) unter Berücksichtigung der angegebenen Grenzen sowie der Verhältnismäßigkeit der Kosten neu zu bewerten.
- [19] Die Ergebnisse der Bilanzierung und Bewertung können als Ausgangsdaten zur Formulierung eines Maßnahmenkatalogs zur Fortschreibung des Bewirtschaftungsplans, zur Kommunikation mit der KOM im Vertragsverletzungsverfahren und zur Vorbereitung der Umsetzung der Maßnahmen genutzt werden.

### 13 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Aoe, T. (2006): Eco-Efficiency (Factor X) for Electrical and Electronic Products and a Case Study on Home Appliances in a Household. Materials Transactions, Vol. 47, No. 3 (2006)
- ARGE Weser (2000): Gütebericht Weser 2000
- Bäthe, J. (1992): Die Makroinvertebratenfauna der Weser. Ökologische Analyse eines hochbelasteten, anthropogenen Ökosystems. Witzchenhausen.
- Bengtsson, S. (2004): The BASF Eco-Efficiency Analysis method - applied on environmental impact data from an LCA study of two colorants.
- Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) - CIS (2003): Guidance Document No 1 – Economics and the Environment. WATECO Working group 2.6.
- Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) - CIS (2009): Guidance Document No 20 – Guidance document on exemptions to the environmental objectives. Technical report – 2009-027
- Destatis (2014): Konjunkturindikatoren/Preise. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Konjunkturindikatoren/Preise/pre110.html>, abgerufen am 17.9.2014
- DIN (2009): Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen; DIN EN ISO 14040: 2009-11; Berlin.
- DIN (2006): Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen; Deutsche und Englische Fassung; DIN EN ISO 14044; Berlin.
- DIN (2012): Umweltmanagement - Ökoeffizienzbewertung von Produktsystemen - Prinzipien, Anforderungen und Leitlinien; DIN EN ISO 14045:2012; Berlin.
- Döring, T.; Hansjürgens, B.; Blume, L. (2009a): Wirtschaftliche Bedeutung der Kaliproduktion im Werratal - Regionalökonomische Analyse der Einkommens-, Vorleistungs-, Beschäftigungs- und Steuereffekte der Kaliindustrie in Nordhessen und Westthüringen. Leipzig, Juni 2009
- EU-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpoltik (EU-Wasserrahmenrichtlinie)
- Fet, A. M. (2003): Eco-Efficiency reportig exemplified by case studies. Clean Techn Environ Policy 5.
- FGG Weser (2009a): EG-Wasserrahmenrichtlinie - Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser. Hildesheim, 12.11.2009
- FGG Weser (2013a): Antwort der Europäischen Kommission zum „Eckpunktepapier „ der FGG Weser. Erfurt, 19.12.2013
- FGG Weser (2013b): Gemeinsame Eckpunkte zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen gem. Artikel 4 bzgl. Salzeinleitungen für den Bewirtschaftungsplan 2015. Hannover, Juni 2013
- GMA – Gesellschaft für Markt- und Absatzforschung mbH; BHP – Brugger und Partner AG (2013): Studie zu den sozioökonomischen Wirkungen des Werkes Werra. Im Auftrag der K+S Kali GmbH, München, Zürich, Stand Oktober 2013
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009a): EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) - Bewirtschaftungsplan Hessen 2009-2015. Wiesbaden.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz - HMULRV (2009b): EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) - Finanzbedarf und Finanzierung der Umsetzung in Hessen. Wiesbaden.

- Hansjürgens, B., Döring, T. und Gabriel, S. (2009): Folgekosten der Abwasserentsorgung der Kaliindustrie - Ökonomische Bewertung der auftretenden Umweltschäden im Werra- und Wesereinzugsgebiet sowie vorgeschlagener Maßnahmenalternativen. Leipzig/Villach, Juni 2009
- Döring, Th., Blume, L. und Hansjürgens, B. (2009): Wirtschaftliche Bedeutung der Kaliproduktion im Werratal - Regionalökonomische Analyse der Einkommens-, Vorleistungs-, Beschäftigungs- und Steuereffekte der Kaliindustrie in Nordhessen und Westthüringen. Leipzig/Villach, Oktober 2009
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie(2007): Prognose zum ökologischen Zustand der Werra - mit und ohne Salzbelastung. Wiesbaden, 30.3.2007
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie(2009a): Einschätzung der Chloridbelastung der Werra durch diffuse Einträge für das Szenario nach Einstellung der Salzabwassereinleitung und der Versenkung von Salzabwässern. Wiesbaden.
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie(2012): Wasserwirtschaftliche Probleme des osthessischen Kalibergbaus. Wiesbaden, 06.06.2012
- Huppel, G. (2007): Realistic Eco-Efficiency Analysis - Why We Need Better Eco-Efficiency Analysis - From Technological Optimism to Realism. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 3, 16. Jg., Dezember 2007
- Huppel, G. und Ishikawa, Masanobu (Hrsg.) (2007): Quantified Eco-Efficiency, Dordrecht. Springer.
- Jestaedt + Partner; InfraServ (2009): Machbarkeitsstudie für die überregionale Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlage zur Weser oder Nordsee. Mainz/Burgkirchen, November 2009
- Hanauer, B. und Kämmerer, D. (2014): Anmerkungen zur gegenwärtigen und zukünftigen Beeinflussung des Grundwassers im Buntsandstein. Gießen/Wiesbaden, 17. Juni 2014
- Krupp, R.E. (2014): Memorandum - Wege zu einer umweltverträglicheren Kaliindustrie. Burgdorf, 14. Juli 2014
- K+S Aktiengesellschaft (div. Jahre): Geschäftsberichte. Kassel, div. Jahre
- K+S Aktiengesellschaft (2014): Finanzbericht 2013. Kassel.
- K+S Kali GmbH (2012a): Erläuterungsbericht zum Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis zur Einleitung von Salzabwasser in die Werra. Kassel.
- K+S Kali GmbH (o.J.): Integriertes Maßnahmenkonzept für das hessisch-thüringische Kalirevier. Kassel.
- K+S Kali GmbH (2014): Maßnahmenpaket zum Gewässerschutz im Werk Werra – Stand und Perspektiven. Heringen, 21.1.2014
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – LAWa (2003): Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie.
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – LAWa (2009): Gemeinsames Verständnis von Begründungen zu Fristverlängerungen nach § 25 c WHG (Art. 4 Abs. 4 WRRL) und Ausnahmen nach § 25 d Abs. 1 WHG (Art. 4 Abs. 5 WRRL). LAWa-Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer – Ad hoc-Unterausschuss „Wirtschaftliche Analyse“. Fassung vom 18.3.2009
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – LAWa (2012): Handlungsempfehlungen für die Ableitung und Begründung weniger strenge Bewirtschaftungsziele, die den Zustand der Wasserkörper betreffen. Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer – LAWa-AO; LA-

- WA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung Produktdatenblatt 2.4.4. Stand 21.6.2012, Saarbrücken.
- Linssen, H. (2014): Rede anlässlich des Presse-Jahresgespräches der RAG-Stiftung. 4. Juni 2014, Essen.  
[http://www.rag-stiftung.de/fileadmin/user\\_upload/rag-stiftung.de/Dokumente/reden/20140604\\_Rede\\_Linssen\\_Presse-Jahresgesprach.pdf](http://www.rag-stiftung.de/fileadmin/user_upload/rag-stiftung.de/Dokumente/reden/20140604_Rede_Linssen_Presse-Jahresgesprach.pdf), abgerufen am 12.6.2014
- Lübbe-Wolff, G. (2000b): Umwelttechnik und Effizienz im Umweltrecht. Chemie Ingenieur Technik (72) (9/2000)
- Möller, M.; Hendel, M. (2010): Orientierende ökobilanzielle Untersuchung einer Fernleitung für Salzabwasser der Kaliproduktion zur Weser und zur Nordsee. Gutachten, Öko-Institut e.V. Freiburg, Darmstadt, Berlin.
- Neumann, H., Gaumert, D., Herbst, V., Schilling, J. (1990). Betrachtungen über die ökologischen und ökonomischen Schäden der Salzbelastung von Werra und Weser. In: Die Weser 64 (2/3)
- RP Kassel - Regierungspräsidium Kassel (o.J.): Prüfung der Konzeption für die Entsorgung der Haldenwässer der Halde IV des Werkes Werra der K+S KALI GmbH durch die Dezerate 31.6 und 34. Bad Hersfeld.
- RP Kassel - Regierungspräsidium Kassel (2008-2013): Berichte zur Salzabwassereinleitung des Kaliwerkes Werra der K+S Kali GmbH. Bad Hersfeld.
- RP Kassel - Regierungspräsidium Kassel (2008): Salzwasserentsorgung – Staatliche Überwachung. Bad Hersfeld, 2.9.2008
- RP Kassel - Regierungspräsidium Kassel (2011a): Wasserrechtlicher Erlaubnisbescheid (Versenkerlaubnis). Bad Hersfeld, 30.11.2011
- RP Kassel - Regierungspräsidium Kassel(2013a): Ausführungen zur Forderung einer Konzeption für die dauerhafte Entsorgung des Haldensickerwassers aus der Halde IV des Werkes Werra der K+S KALI GmbH. Vermerk vom 21.10.2013
- RP Kassel - Regierungspräsidium Kassel (2013b): Rahmenbetriebsplanzulassung für die Halde IV - Konzeption der Firma K+S KALI GmbH für die Entsorgung salzhaltiger Haldensickerwässer der Halde IV in Heringen in der Nachbergbauphase. Bad Hersfeld, 6.12.2013
- Runder Tisch - Runder Tisch Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion (2010a): Empfehlung. 9. Februar 2010
- Runder Tisch – Runder Tisch Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion (2008a): Infobrief, September 2008|01
- Runder Tisch – Runder Tisch Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion (2013a): Darmstadt, Februar 2010
- Runder Tisch – Runder Tisch Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion (2013b): Abwasserfreie Kaliproduktion – Realität oder Utopie? Expertengespräch am 9.12.2013
- Saling, P. et al. (2002): Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method. Ludwigshafen.
- Schlüter, S.; Waldmann, L. (2013): Salzabwasserableitung über die Werra und Weser zur Nordsee. Dresdner Grundwassertage 11.-12. Juni 2013
- SYDRO Consult (2010a): Bilanzierungs- und Prognosemodell zur Salzbelastung der Werra und der Weser

SYDRO Consult (2014a): Modellierung der Salzbelastung an Werra und Weser. Darmstadt/Kassel, Vortrag 17. Juli 2014

SYDRO Consult (2014b): Modellierung der Salzbelastung an Werra und Weser zur Unterstützung der Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit unterschiedlicher Maßnahmenoptionen. Darmstadt/Kassel, 15. August 2014

Weserrat – Weserrat der Flussgebietsgemeinschaft Expertentreffen Runder Tisch 9.12.2013

Weserrat (2014): Beschlussübersicht zur 30. Sitzung des Weserrates am 10./11. März 2014 in Gotha

World Business Council for Sustainable Development (2000): Eco-efficiency - creating more value with less impact. Genf, Oktober 2000

## 14 Anhänge

**Tabelle 34: Technische Daten für die Oberweser-Pipeline**

Oberweser-Pipeline	K+S Angabe (2014)	Machbarkeitsstudie 2009	Ökobilanz Öko-Institut
Einleitort	Gemeinde Oberweser	Würgassen	-
Länge	135 bis 150 km	147 km	130 km
Transportvolumen	durchschnittlich 7 Mio m³/a	-	durchschnittlich 7 Mio. m³/a
Rohrdurchmesser	DN 600 über 135 km (bis zum Speicherbecken), DN 1600 oder 2 x DN 1000 max 15 km	DN 1000 (Pumpstrecke)/ DN 700 (Gefällestrecke)	DN 1000
Rohrmaterial	Kunststoffummantelte Stahlrohre	Stahlrohr, PE ummantelt	Stahlrohr, PE ummantelt, Schmelzbasalt ausgekleidet
Absperr-/Entlüfterstationen	6 zu 8 (Abstand von 15 bis 20 km)	-	-
Schieberstationen	-	15	-
Speicherbecken	3,5 Mio m³		75.000 m³
Energieaufwand	9.000 MWh/a	-	8,4 Wh/tkm (9.173 MWh/a)
Baukosten	300 Mio € (30% UVG = 400 Mio €)	180 Mio €	-
Betriebskosten	3 Mio €/a	-	-
Pumpkosten	-	1,01 Mio €/a	-
Lebensdauer	50 Jahre	-	30 Jahre
Quelle	Fachgespräche mit K+S (Mai 2014)	Jestaedt + Partner/InfraServ (2009)	Möller/Hendel (2010)

**Tabelle 35: Technische Daten für die Nordsee-Pipeline**

Nordsee-Pipeline	K+S Angabe (2014)	Machbarkeitsstudie (2009)	Ökobilanz Ökoinstitut (2010)
Einleitort	Nordsee / Jade	Wilhelmshaven	-
Länge (km)	bis zu 450 km (unterschiedliche Trasse)	441 km	400 km
Transportvolumen	10 Mio m³/a	-	durchschnittlich 7 Mio m³/a
Rohrdurchmesser	DN 600	DN 800 (Pumpstrecke) / DN 700	DN 600
Rohrmaterial	Kunststoffummantelte Stahlrohre	Stahlrohr, PE ummantelt	Stahlrohr, PE ummantelt, Schmelzbasalt ausgekleidet
Absperr-/Entlüfterstationen	23 zu 30 (Abstand von 15 bis 20 km)	-	-
Schieberstationen	-	44	-
Speicherbecken	60.000 m³		75.000 m³
Energieaufwand	60.000 MWh/a	-	3,1 Wh/tkm (10.416 MWh/a)
Baukosten	650 Mio € (30% UVG = 850 Mio €)	460 Mio €	-
Betriebskosten	16 Mio €/a	-	-
Pumpkosten	-	1,01 Mio €	-
Lebensdauer	50 Jahre	-	30 Jahre
Quelle	Fachgespräche mit K+S (Mai 2014)	Jestaedt + Partner/InfraServ (2009)	Möller/Hendel (2010)

**Tabelle 36: Daten zur Gewinnermittlung (Auswertung der Geschäftsberichte der K+S AG)**

Geschäftsbereich Kalium und Magnesium	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Umsatz (Mio. €)	1.197,2	1.238,9	1.408,0	2.397,4	1.421,7	1.844,7	2.131,9	2.290,6	2.037,6
EBIT (Mio. €)	151,8	158,6	177,9	1.203,2	231,7	475,9	739,5	773,9	552,5
EBITDA (Mio. €)	236,1	235,7	255,1	1.286,3	317,2	567,1	833,8	867,2	667,5
Kosten (Mio. €)	1.045,4	1.080,3	1.230,1	1.194,2	1.190,0	1.368,8	1.392,4	1.516,7	1.485,1
% Marge	12,7%	12,8%	12,6%	50,2%	16,3%	25,8%	34,7%	33,8%	27,1%
Absatz (Mio. t eff.)	7,9	8,0	8,2	7,0	4,4	7,0	6,9	7,0	6,9
Preis (€/ t eff.)	152,3	155,0	171,3	342,7	327,1	264,1	307,5	329,4	293,8
Stückkosten (€/ t eff.)	133,0	135,2	149,7	170,8	273,6	195,8	200,9	218,2	214,0

**Tabelle 37: Angaben aus Geschäftsberichten der K+S Kali AG (Auswertung der Geschäftsberichte der K+S AG)**

Lauf- - Nr. 27	Quar- tal	Quar- tal- Num- mer	Umsatz [Mio. €]	EBIT [Mio. €]	EBIT- DA (Mio. €)	Kosten [Mio. €]	% Marge	Ab- satz [Mio. t eff.]	Preis [€/ t eff.]	Stückkos- ten [€/ t eff.]	Kosten - Abschrei- schung [Mio €]	von linearer Regression ausgeschlos- sen (s.u.)
	Q1/05	1	312,20	36,70		275,50	12%	2,11	148,00	130,57		fehlende Da- ten
	Q2/05	2	306,40	46,40		260,00	15%	2,06	148,70	126,21		fehlende Da- ten
	Q3/05	3	261,40	31,70		229,70	12%	1,77	147,70	129,77		fehlende Da- ten
	Q4/05	4	317,20	37,00		280,20	12%	1,92	165,20	145,94		fehlende Da- ten
	Q1/06	1	336,00	42,10		293,90	13%	2,11	159,40	139,29		fehlende Da- ten
	Q2/06	2	319,00	41,70		277,30	13%	2,08	153,20	133,32		fehlende Da- ten
	Q3/06	3	288,30	39,20		249,10	14%	1,87	153,80	133,21		fehlende Da- ten
	Q4/06	4	295,60	35,60		260,00	12%	1,93	153,40	134,72		fehlende Da- ten
	Q1/07	1	368,50	52,80		315,70	14%	2,30	160,60	137,26		fehlende Da- ten
	Q2/07	2	339,70	55,90		283,80	16%	2,08	163,10	136,44		fehlende Da- ten
	Q3/07	3	313,50	65,00		248,50	21%	1,78	175,90	139,61		fehlende Da- ten
	Q4/07	4	386,30	4,20		382,10	1%	2,06	187,70	185,49		fehlende Da- ten
1	Q1/08	1	522,50	170,9 0	190,3 0	351,60	33%	2,11	247,20	166,64	332,20	
2	Q2/08	2	612,80	291,4 0	311,2 0	321,40	48%	2,02	303,10	159,11	301,60	
3	Q3/08	3	763,40	465,6 0	485,3 0	297,80	61%	1,70	450,10	175,18	278,10	
4	Q4/08	4	498,70	275,3 0	299,5 0	223,40	55%	1,16	428,50	192,59	199,20	Ausreißer bei Kostenwert
5	Q1/09	1	366,00	97,00	117,1 0	269,00	27%	0,90	409,20	298,89	248,90	Ausreißer bei Kostenwert
6	Q2/09	2	354,30	53,80	74,20	300,50	15%	1,05	337,40	286,19	280,10	
7	Q3/09	3	340,80	54,00	73,70	286,80	16%	1,11	305,40	258,38	267,10	
8	Q4/09	4	360,60	26,90	52,20	333,70	7%	1,29	280,10	258,68	308,40	
9	Q1/10	1	498,40	150,6 0	171,5 0	347,80	30%	1,94	256,20	179,28	326,90	

27 als Zeit-Indikator bei linearer Regression verwendet

Lauf.- Nr. 27	Quartal	Quartal- Nummer	Umsatz [Mio. €]	EBIT [Mio. €]	EBIT- DA (Mio. €)	Kosten [Mio. €]	% Marge	Ab- satz [Mio. t eff.]	Preis [€/ t eff.]	Stückkos- ten [€/ t eff.]	Kosten - Abschrei- bung [Mio €]	von linearer Regression ausgeschlos- sen (s.u.)
10	Q2/10	2	463,50	119,20	139,90	344,30	26%	1,73	268,70	199,02	323,60	
11	Q3/10	3	417,80	79,40	100,00	338,40	19%	1,58	265,80	214,18	317,80	
12	Q4/10	4	465,00	126,70	155,70	338,30	27%	1,74	266,60	194,43	309,30	
13	Q1/11	1	578,00	202,40	169,90	375,60	35%	2,01	287,60	186,87	408,10	
14	Q2/11	2	502,40	184,40	40,90	318,00	37%	1,66	302,30	191,57	461,50	Ausreißer
15	Q3/11	3	508,80	171,30	43,60	337,50	34%	1,61	316,80	209,63	465,20	Ausreißer
16	Q4/11	4	542,70	181,40	83,50	361,30	33%	1,65	327,80	218,97	459,20	Ausreißer
17	Q1/12	1	581,90	208,50	231,40	373,40	36%	1,78	327,00	210,00	350,50	
18	Q2/12	2	669,50	240,70	263,70	428,80	36%	1,96	341,00	219,00	405,80	
19	Q3/12	3	560,50	158,80	182,40	401,70	28%	1,69	332,00	238,00	378,10	
20	Q4/12	4	478,70	165,90	192,70	312,80	35%	1,52	314,00	206,00	286,00	
21	Q1/13	1	625,50	209,20	236,00	416,30	33%	2,03	308,00	205,00	389,50	
22	Q2/13	2	548,30	182,00	209,80	366,30	33%	1,77	309,00	207,00	338,50	
23	Q3/13	3	456,70	107,00	134,80	349,70	23%	1,63	280,00	215,00	321,90	
24	Q4/13	4	407,10	54,30	86,90	352,80	13%	1,51	271,00	234,00	320,20	

Im Rahmen der Regression zur Berechnung der variablen Kosten wurde als zu erklärende Variable die Differenz „Gesamtkosten – Abschreibung“ herangezogen. Hierdurch wurde das Ergebnis um über die Zeit schwankende Investitionen und infolge dessen um variierende Abschreibungen bereinigt. Der verbleibende Kostenblock kann sowohl variable als auch fixe Komponenten enthalten. Die in ihrem Einfluss auf die zu erklärende Variable zu bestimmende exogene Größe war der Absatz, denn dieser hat über die spezifischen variablen Kosten einen Einfluss auf die Gesamtkosten. Darüber hinaus wurden zwei weitere externe Variable einbezogen:

- das Quartal, um den störenden Einfluss von saisonalen Schwankungen hierüber zu beseitigen
- die Zeit (konkret die laufende Nummer), um den störenden Einfluss von Kostenentwicklungen über die Zeit herauszurechnen.

Somit ergibt sich folgende Regressionsgleichung:

$$(\text{Kosten} - \text{Abschreibung}) = B_A \cdot \text{Absatz} + B_Q \cdot \text{Quartal} + B_Z \cdot \text{Zeit} + \text{Konstante}$$

Folgende Werte wurden aus der Regression ausgeschlossen:

- Q1/2005-Q4/2007: wegen fehlender Daten zu EBITDA und somit zur Abschreibung
- Q4/2008, Q1/2009, Q1-Q3/2011: Ausreißer bei Kostenwerten
- keine Berücksichtigung der externen Variable „Quartal“ wegen des fehlenden Erklärungswertes

Die erste Regression ergab, dass die externe Variable „Quartal“ als nicht signifikant angesehen werden kann.

	$B_A$	$B_Q$	$B_Z$	Konst.	
Koeffizient (nicht standardisiert)	57,7	-12,9	2,8	226,2	$R^2 = 0,67$
Signifikanz	0,041	0,088	0,006	0,001	N = 19

Die zweite Regression wurde ohne die externe Variable „Quartal“ gerechnet. Diese Werte wurden als Anhaltspunkt für die weiteren Untersuchungen herangezogen.

	$B_A$	$B_Q$	$B_Z$	Konst.	
Koeffizient (nicht standardisiert)	86,3	nicht berücksichtigt	2,4	151,6	$R^2 = 0,593$
Signifikanz	0,001		0,017	0,001	N = 19

Bei Einschluss aller Fälle ergaben sich demgegenüber folgende Regressionsgleichungen

	$B_A$	$B_Q$	$B_Z$	Konst.	
Koeffizient (nicht standardisiert)	84,3	-4,6	3,8	163,1	$R^2 = 0,412$
Signifikanz	0,05	0,69	0,043	0,051	N = 24

**Tabelle 38: Flusslänge entsprechend Richtwert FGG Weser**

Bewertungspegel		Vacha	Gerstungen	Witzenhausen	Letzer Heller	Hemeln oh. Diemel	Hemeln uh. Diemel	Hess. Oldendorf	Porta	Drakenburg	Hemelingen
Länge des Wasserkörpers	[km]	30	61	58	11	43	83	68	41	85	36
Status Quo mit Versenkung	Chlorid [mg/l]	589	1696	1045	1022	512	423	368	363	346	233
	Magnesium [mg/l]	67	229	160	157	86	69	60	56	52	44
	Kalium [mg/l]	26	149	101	99	51	41	36	34	31	30
	km entsprechend Richtwert FGG Weser	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Status Quo ohne Versenkung (Produktions-stopp)	Chlorid [mg/l]	341	1480	820	799	373	310	269	277	269	215
	Magnesium [mg/l]	44	229	132	129	66	53	45	44	41	39
	Kalium [mg/l]	15	133	76	74	35	28	24	23	22	26
	km entsprechend Richtwert FGG Weser	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Status Quo ohne Versenkung (Produktions-einschränkung)	Chlorid [mg/l]	341	1389	875	857	442	368	320	320	305	209
	Magnesium [mg/l]	44	229	161	158	86	70	60	57	53	45
	Kalium [mg/l]	15	149	102	100	51	42	36	34	31	31
	km entsprechend Richtwert FGG Weser	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung	Chlorid [mg/l]	491	1066	619	604	305	340	301	310	301	235
	Magnesium [mg/l]	58	103	60	59	39	51	46	43	40	38
	Kalium [mg/l]	22	73	42	41	22	31	28	26	25	27
	km entsprechend Richtwert FGG Weser	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nordsee + Übergangsregelung zur Versenkung	Chlorid [mg/l]	491	1066	619	604	306	258	227	237	233	161
	Magnesium [mg/l]	58	103	60	59	39	31	27	28	26	30
	Kalium [mg/l]	22	73	42	41	22	18	15	16	15	22
	km entsprechend Richtwert FGG Weser	0	0	0	0	0	0	68	41	85	0
Ist-Zustand	Chlorid [mg/l]	589	2097	1298	1273	629	517	447	432	411	304
	Magnesium [mg/l]	67	335	218	214	114	91	78	72	68	53
	Kalium [mg/l]	26	199	138	136	69	55	47	44	41	36
	km guter Zustand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabelle 39: Flusslänge mit Verbesserung entsprechend der Klassifikation des Runden Tisches**

Bewertungspegel		Vacha	Gerstungen	Witzenhausen	Letzer Heller	Hemeln oh. Diemel	Hemeln uh. Diemel	Hess. Oldendorf	Porta	Drakenburg	Hemelingen
Länge des Wasserkörpers	[km]	30	61	58	11	43	83	68	41	85	36
Status Quo mit Versenkung	Chlorid [mg/l]	589	1696	1045	1022	512	423	368	363	346	233
	Magnesium [mg/l]	67	229	160	157	86	69	60	56	52	44
	Kalium [mg/l]	26	149	101	99	51	41	36	34	31	30
	Verbesserung [km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Status Quo ohne Versenkung (Produktionsstopp)	Chlorid [mg/l]	341	1480	820	799	373	310	269	277	269	215
	Magnesium [mg/l]	44	229	132	129	66	53	45	44	41	39
	Kalium [mg/l]	15	133	76	74	35	28	24	23	22	26
	Verbesserung [km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Status Quo ohne Versenkung (Produktions-einschränkung)	Chlorid [mg/l]	341	1389	875	857	442	368	320	320	305	209
	Magnesium [mg/l]	44	229	161	158	86	70	60	57	53	45
	Kalium [mg/l]	15	149	102	100	51	42	36	34	31	31
	Verbesserung [km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oberweser + Übergangsregelung zur Versenkung	Chlorid [mg/l]	491	1066	619	604	305	340	301	310	301	235
	Magnesium [mg/l]	58	103	60	59	39	51	46	43	40	38
	Kalium [mg/l]	22	73	42	41	22	31	28	26	25	27
	Verbesserung [km]	0,00	61,00	58,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nordsee + Übergangsregelung zur Versenkung	Chlorid [mg/l]	491	1066	619	604	306	258	227	237	233	161
	Magnesium [mg/l]	58	103	60	59	39	31	27	28	26	30
	Kalium [mg/l]	22	73	42	41	22	18	15	16	15	22
	Verbesserung [km]	0	61	58	11	0	0	68	41	85	0
Ist-Zustand	Chlorid [mg/l]	589	2097	1298	1273	629	517	447	432	411	304
	Magnesium [mg/l]	67	335	218	214	114	91	78	72	68	53
	Kalium [mg/l]	26	199	138	136	69	55	47	44	41	36
	Verbesserung [km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



# Anhang E



---

**Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA)  
zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit  
unterschiedlicher Maßnahmenoptionen  
zur Umsetzung des Gewässerschutzes Werra/Weser  
zum Erhalt der Kaliproduktion im hessisch-thüringischen Kali-Gebiet**

Auftraggeber

**Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz, Wiesbaden**

**29. Januar 2016**

## Impressum

Bearbeitung:

Dr. rer. pol. Stefan Geyler  
Dipl.-Kffr. Lydie Laforet  
Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer  
**Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM)**

In Zusammenarbeit mit

Dr.-Ing. Bernhard Michel  
**COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt**

**Universität Leipzig**  
**Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät**  
**Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM)**



Grimmaische Str. 12  
04109 Leipzig  
Tel.: +49 341 97 33 870  
Fax: +49 341 97 33 879  
Mail: [umwelt@wifa.uni-leipzig.de](mailto:umwelt@wifa.uni-leipzig.de)  
<http://www.wifa.uni-leipzig.de/iirm>

**COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt**  
Am Seegärtchen 23  
64354 Reinheim  
Tel.: + 49 6162 9117 434  
Mail: [cooperative@cooperative.de](mailto:cooperative@cooperative.de)  
[www.cooperative.de](http://www.cooperative.de)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkung .....</b>	<b>6</b>
1.1	<i>Ausgangssituation.....</i>	8
1.1.1	Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 - Oberflächengewässer .....	10
1.1.2	Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 – Grundwasser .....	13
1.2	<i>Eckpunkte und Ziele der FGG Weser für den Bewirtschaftungsplan 2015 .....</i>	13
1.3	<i>Szenarien der Öko-Effizienz-Analyse, Teil I.....</i>	16
<b>2</b>	<b>Die Öko-Effizienz-Analyse.....</b>	<b>19</b>
2.1	<i>Ökologische Wirksamkeit.....</i>	22
2.2	<i>Kosten-Effizienz.....</i>	23
2.3	<i>Verhältnismäßigkeit.....</i>	24
2.4	<i>Zumutbarkeit .....</i>	26
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung der Kernergebnisse der Öko-Effizienz-Analyse – Teil 1 .....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>Öko-Effizienz-Analyse – Teil II.....</b>	<b>33</b>
4.1	<i>Methodisches Vorgehen.....</i>	33
4.1.1	Bewertungsablauf und Änderungen gegenüber der Öko-Effizienz-Analyse – Teil I .....	33
4.1.2	Bewertungshorizont und Bezugsraum .....	33
4.2	<i>Beschreibung der Szenarien .....</i>	35
4.2.1	Szenarienentwürfe der FGG Weser .....	35
4.2.2	Vorprüfung und Weiterentwicklung der Szenarien .....	36
4.2.3	Eckdaten der Szenarien .....	40
4.3	<i>Bewertung der Wirksamkeit .....</i>	45
4.4	<i>Bewertung der Kosten-Effizienz .....</i>	48
4.4.1	Betriebliche Gesamtkosten der Maßnahmen.....	48
4.4.2	Gesellschaftliche Gesamtkosten für Deutschland .....	54
4.4.3	Kosten-Effizienz .....	56
4.5	<i>Bewertung der Zumutbarkeit.....</i>	58
4.5.1	Beschreibung des Kalimarktes .....	58
4.5.2	Betriebliche Zahlungsfähigkeit und Zumutbarkeit .....	60
4.6	<i>Bewertung der Verhältnismäßigkeit .....</i>	63
4.6.1	Methodisches Vorgehen.....	63
4.6.2	Ableitung der Kostenakzeptanzkurve.....	64
4.6.3	Ergebnisse Verhältnismäßigkeitsbewertung .....	66
4.7	<i>Unsicherheiten und Sensitivitäten der Bewertung .....</i>	68
4.8	<i>Notwendigkeit von Innovationen und szenarienspezifische Innovationsanreize .....</i>	70
4.8.1	Bedeutung von Innovationen .....	70
4.8.2	Szenarienspezifische Innovationsanreize .....	71
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis.....</b>	<b>76</b>
<b>Anhänge</b>		

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Einzugsgebiet der Flussgebietseinheit Weser	6
Abbildung 2:	Werke der K+S Kali und Salz GmbH im hessisch-thüringischen Kaligebiet	8
Abbildung 3:	Rohsalzförderung und Abwasserentsorgung (nach Daten aus Schlüter/Waldmann 2013 und K+S Kali GmbH 2014)	8
Abbildung 4:	Chloridbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)	9
Abbildung 5:	Magnesiumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)	9
Abbildung 6:	Kaliumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)	9
Abbildung 7:	Verlauf der Chloridkonzentration von 1968-2014 der Werra am Pegel Gerstungen (FGG Weser 2009)	10
Abbildung 8:	Ökologischer Zustand der Oberflächenwasserkörper in der Flussgebietseinheit Weser 2009 – Makrophyten/Phytobenthos und Makrozoobenthos (FGG Weser 2009)	12
Abbildung 9:	Standorte der Versenkung von salzhaltigem Abwasser und der Grundwasserüberwachung (RP Kassel 2008)	13
Abbildung 10:	Chemischer Zustand der Grundwasserkörper im Werra-/Fulda-Einzugsgebiet 2009 (FGG Weser 2009)	13
Abbildung 11:	Szenarien zur Öko-Effizienz-Analyse, Teil I	16
Abbildung 12:	Untersuchungsrahmen der Öko-Effizienz-Analyse	20
Abbildung 13:	Methodisches Vorgehen zur Beurteilung der Wirksamkeit im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse - anhand fiktiver Maßnahmen A, B und C	22
Abbildung 14:	Methodisches Vorgehen zur Beurteilung der Kosten-Effizienz (Öko-Effizienz) im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse - anhand fiktiver Maßnahmen A, B und C	23
Abbildung 15:	Methodisches Vorgehen zur Beurteilung der Verhältnismäßigkeit im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse - anhand fiktiver Maßnahmen A, B und C	25
Abbildung 16:	Zumutbarkeit als Teilaspekt der Verhältnismäßigkeit	27
Abbildung 17:	Methodische Herangehensweise zur Bewertung der Zumutbarkeit	28
Abbildung 18:	Entwicklung des Abwasseranfalls der Produktion und von den Halden (Quelle: ÖEA, Teil 1)	30
Abbildung 19:	Wirksamkeit der Szenarien auf Gewässerzustand 2027 (Quelle: ÖEA, Teil 1)	30
Abbildung 20:	Jährliche Gesamtkosten der Maßnahmen (Quelle: ÖEA, Teil 1)	31
Abbildung 21:	Öko-Effizienz-Analyse für 2027 (Quelle: ÖEA, Teil 1)	31
Abbildung 22:	Szenarien der Öko-Effizienz-Analyse, Teil II	35
Abbildung 23:	Entwicklung der Salzproduktion für Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach (Quelle: ÖEA, Teil I)	37
Abbildung 24:	Entwicklung des Gewinns für Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach (Quelle: ÖEA, Teil I)	37
Abbildung 25:	Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser unter Annahme von zulässigen Salzkonzentrationen am Einleitort (Quelle: ÖEA, Teil I)	38
Abbildung 26:	Abwasserbilanz des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline für das Jahr 2027	41
Abbildung 27:	Abwasserbilanz der temporären Nordsee-Pipeline 2027	42
Abbildung 28:	Abwasserbilanz der Betriebsstilllegung 2015 für das Jahr 2027	44
Abbildung 29:	Wirksamkeit der Szenarien – Kriterium „Mittlere Verbesserung der Salzbelastung gegenüber der Ausgangssituation“	46



Abbildung 30: Wirksamkeit der Szenarien – Kriterium „Flusslänge entsprechend Richtwert FGG Weser“	47
Abbildung 31: Durchschnittliche betriebliche Gesamtkosten der Maßnahmen	53
Abbildung 32: Durchschnittliche betriebliche Kosten für langlebige Anlagen	53
Abbildung 33: Durchschnittliche volkswirtschaftliche Gesamtkosten der Maßnahmen	56
Abbildung 34: Gewichtete Gesamtbewertung der gesellschaftlichen Kosten-Effizienz (mittel- und langfristige Betrachtung)	58
Abbildung 35: Branchenvergleich des Kalisektors anhand Anteils der Investitionen für den Umweltschutz am Umsatz	59
Abbildung 36: Branchenvergleich des Kalisektors anhand Anteils der Betriebskosten für den Umweltschutz am Umsatz	60
Abbildung 37: Branchenvergleich des Kalisektors anhand der EBIT-Marge	60
Abbildung 38: Bewertung der Verhältnismäßigkeit anhand der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz – Mittelfristige Betrachtung (2016-2075) und langfristige Betrachtung (2016-2575).	67
Abbildung 39: Bewertung der Verhältnismäßigkeit anhand der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz – Mittelfristige Betrachtung (2016-2075) und langfristige Betrachtung (2016-2575)	68
Abbildung 40: Sensitivitätsanalyse der durchschnittlichen betrieblichen Gesamtkosten	70

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Fläche der Flussgebietseinheit Weser [nach: <a href="http://www.fgg-weser.de">http://www.fgg-weser.de</a> ]	6
Tabelle 2:	Anforderungen an die Versenkung und Einleitung von salzhaltigem Abwasser in die Werra (FGG Weser 2013)	14
Tabelle 3:	Wertebereiche (90-Perzentil-Werte) der Salzbelastung für Chlorid, Kalium und Magnesium und ihre ökologische Bedeutung (FGG Weser 2013)	15
Tabelle 4:	Szenarien gemäß FGG Weser zum Teil I der Öko-Effizienz-Analyse (Weserrat 2014)	16
Tabelle 5:	Entwicklung der Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen	18
Tabelle 6:	In Bewertung einbezogene Wasserkörper	34
Tabelle 7:	Entsorgungsdefizite in den ausgewählten Szenarien (Quelle: ÖEA, Teil I)	37
Tabelle 8:	Eckdaten des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline	40
Tabelle 9:	Gewässerbelastung an ausgewählten Pegeln durch 4-Phasen-Plan (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline (Quelle: SYDRO Consult)	41
Tabelle 10:	Eckdaten der Temporären Nordsee-Pipeline	42
Tabelle 11:	Gewässerbelastung an ausgewählten Pegeln durch Temporäre Nordsee-Pipeline (Quelle: SYDRO Consult)	43
Tabelle 12:	Eckdaten einer Betriebsstilllegung 2015	43
Tabelle 13:	Gewässerbelastung an ausgewählten Pegeln durch Betriebsstilllegung (Quelle: SYDRO Consult)	44
Tabelle 14:	Berücksichtigte technische Optionen bei Maßnahmenkosten	49
Tabelle 15:	Gewichtung der zeitpunktebezogenen ökologischen Wirksamkeiten bei Ermittlung der durchschnittlichen Wirksamkeit für die Mittel- und langfristige Bewertung	57
Tabelle 16:	Gewichtete Gesamtbewertung der gesellschaftlichen Kosteneffizienz	57
Tabelle 17:	Anteil der Gesamtkosten am durchschnittlichen Mehrwert (2011-2014)	61
Tabelle 18:	Ergebnisse von Studien zur Zahlungsbereitschaft	64
Tabelle 19:	Annahmen zur Ableitung der Kostenakzeptanz	66
Tabelle 20:	Einfluss von Unsicherheitsfaktoren auf die Ergebnisse	69
Tabelle 21:	Umsetzungsrisiken bei Szenarien	70

### Tabellen im Anhang 1

Tabelle A 1:	Eckdaten des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline
Tabelle A 2:	Gewässerbelastung durch 4-Phasen-Plan (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline (Quelle: SYDRO Consult)
Tabelle A 3:	Eckdaten der temporären Nordsee-Pipeline
Tabelle A 4:	Gewässerbelastung durch temporäre Nordsee-Pipeline (Quelle: SYDRO Consult)
Tabelle A 5:	Eckdaten der Betriebsstilllegung
Tabelle A 6:	Gewässerbelastung durch Betriebsstilllegung (Quelle: SYDRO Consult)
Tabelle A 7:	Vergleich von Kostenschätzungen zur Nordsee-Pipeline
Tabelle A 8:	Eingangsdaten zur Berechnung der Maßnahmenkosten mit Unsicherheitsspannen
Tabelle A 9:	Eingangsdaten für die Schätzung der Kosten der Stilllegung
Tabelle A 10:	Externe Kosten der Salzbelastung in Werra/Weser – nach Hansjürgens et al. (2009)
Tabelle A 11:	Charakterisierung des Flusseinzugsgebietes Werra/Weser
Tabelle A 12:	Transfer der Zahlungsbereitschaft auf Werra/Weser

## Begriffe und Abkürzungen

AHK	Anschaffungs- und Herstellungskosten
Auswirkung	Auswirkung einer Belastung auf die Umwelt (z.B. Gewässer)
BWI	Betrieb; Wartung; Instandhaltung
CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> -Äquivalent; Dimension für klimarelevantes Treibhausgas
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
FGG Weser	Flussgebietsgemeinschaft Weser
Fracht (t/Jahr)	Eintrag/Belastung
Gewässerbelastung	Effekt einer umweltrelevanten Aktivität auf ein Gewässer/Wasserkörper
Gewässerzustand	Beschaffenheit eines Wasserkörpers (z.B. physikalische, chemische und biologische Eigenschaften)
Grenzkosten	Zusätzliche Kosten, die durch die Erstellung einer zusätzlichen Leistungseinheit über die bisherigen Kosten hinaus entstehen
Grenznutzen	Nutzenzuwachs, der durch den Konsum/den Verbrauch einer zusätzlichen Einheit eines Gutes erwächst
Gw	Grundwasser
GWP	„Global Warming Potential“ hier angegeben als Treibhausgas-Emission
Input	Eingangsgröße
K	Kalium
K+S	Kali und Salz GmbH
KANN	Kosten-Nutzen-Analyse
kW; MW	Kilowatt; Megawatt: Installierte Leistung
KWh; MWh	Kilowattstunden; Megawattstunden: Energieerzeugung; -verbrauch; -bedarf
Mg	Magnesium
ÖEA	Öko-Effizienz-Analyse
ONR	K+S-Archivnummer
Output	Auswirkung; Ergebnis
RT	Runder Tisch
Sm	Mittlerer Buntsandstein
Su	Unterer Buntsandstein
Szenario	Hypothetische Darstellung von Maßnahmen und Prozessen, die zur Beachtung kausaler Zusammenhänge konstruiert wird
Trade-off	Austauschbeziehung
Tw	Trinkwasser
Wasserkörper	Definition nach WRRL: Einheitlicher Abschnitt eines Gewässers (Oberflächengewässer; Grundwasser)
z3CA	Plattendolomit



Bei der Entscheidung über die Eignung unterschiedlicher Maßnahmenoptionen zur Umsetzung des Gewässerschutzes Werra/Weser zum Erhalt der Kaliproduktion im hessisch-thüringischen Kali-Gebiet überlagern sich ökologische Zielsetzungen, ökonomische Rahmenbedingungen, rechtliche Anforderungen und technische Sachverhalte. Die Präferenzen dieser Aspekte werden von einer Vielzahl der am Entscheidungsprozess unmittelbar oder mittelbar Beteiligten unterschiedlich eingeordnet:

- Die Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser), die für den Vollzug der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) für das Flusseinzugsgebiet Weser federführend verantwortlich ist,
- die Länder Hessen und Thüringen als „Oberlieger“, die von der Kaliproduktion profitieren,
- die „Unterlieger“, vornehmlich die Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bremen, die besonderes Interesse an einem guten Zustand der Weser haben sowie
- die Firma K+S Kali und Salz GmbH, die standortgebunden ist und die die vorgesehenen Maßnahmen zur Sicherung des Standortes technisch umsetzen und bezahlen muss.

Aus diesem Topf unterschiedlicher Interessen und Präferenzen ergibt sich die Problematik der Entwicklung von abgestimmten Maßnahmenoptionen, die für eine Lösung geeignet sein könnten. Daher wurden die zu betrachtenden Maßnahmenoptionen selbst stetig weiterentwickelt und neue Vorschläge durch verschiedene Beteiligte eingebracht – u. a. in Reaktion auf Zwischenergebnisse der ÖEA. Hierdurch entwickelte sich die Öko-Effizienz-Analyse zu einem mehrstufigen Prozess der Bewertung.

Darüber hinaus erfordert der Bergbau langfristige Planungssicherheit im Hinblick auf die betrieblichen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Dazu müssen die Anforderungen des Gewässerschutzes, die im Bewirtschaftungsplan und im Maßnahmenprogramm nach EU-WRRL zu definieren sind, einen Bestimmtheitsgrad aufweisen, der die spezifischen Aspekte des Salzbergbaus im hessisch-thüringischen Kaligebiet berücksichtigt. Für die Bewertung der Maßnahmenoptionen ergeben sich zugleich weitere spezifische Aspekte des Salzbergbaus:

- alle Eintragspfade von Salz in die Gewässer, d.h. die Entwicklung der diffusen Einträge und der Einträge von Produktionsabwässer sowie von den Salzhalden, müssen betrachtet werden;
- die Auswirkung der Maßnahmenoptionen auf die Ewigkeitslasten muss gewürdigt werden;
- die Anreize für weitere, zukünftige Innovationen sind zu berücksichtigen.

Diese Punkte erfordern eine Bewertung der langfristigen Wirkungen von Maßnahmenoptionen unter Berücksichtigung von dynamischen Rahmenbedingungen. Hier erwächst zugleich ein Spannungsfeld mit dem Zielhorizont der EU-WRRL, der mit einem Zeitbezug bis 2027 im Vergleich zu bergbaulichen Zeitdimensionen eher kurzfristig angelegt ist.

Für die Fortschreibung des Bewirtschaftungsplans 2009 für das Einzugsgebiet der Weser sollen im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für die Zeiträume 2016 – 2021 und 2022 – 2027 geeignete Maßnahmen zur umweltgerechten, effizienten und nachhaltigen Entsorgung des Abwassers identifiziert werden.

Aufgabe der Öko-Effizienz-Analyse ist es, mögliche Maßnahmen zur Reduzierung der Salzbelastung in Werra/Weser durch die Werke Werra und Neuhoof-Ellers zu bewerten und geeignete Eckdaten für die Fortschreibung des Bewirtschaftungsplans der FGG Weser zu formulieren.

## 1.1 Ausgangssituation

Die K+S Kali und Salz GmbH betreibt im hessisch-thüringischen Kaligebiet

- das Werk Werra mit den Standorten Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach

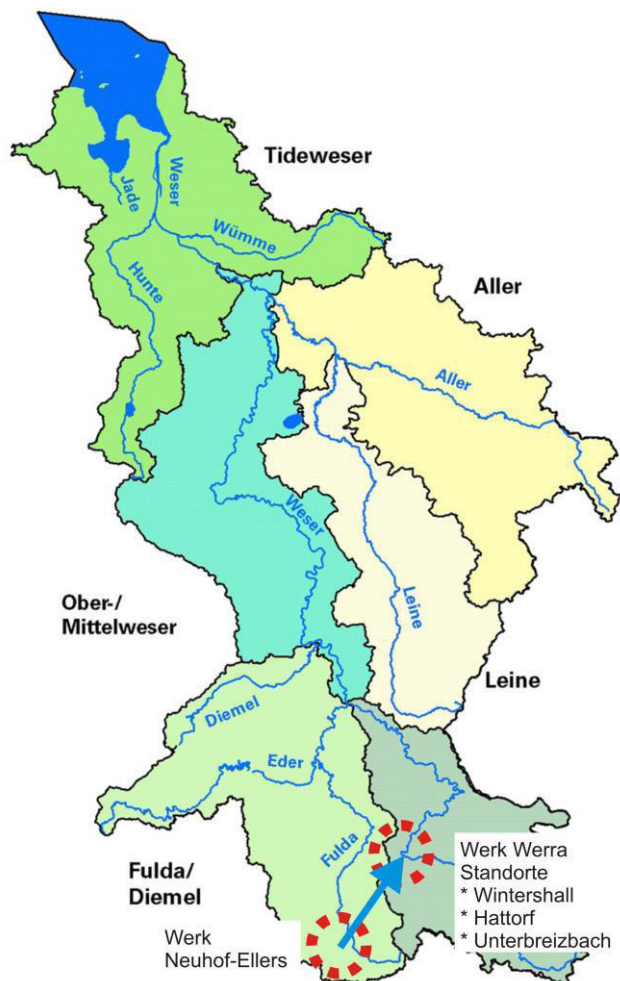
und

- das Werk Neuhof-Ellers (s. Abbildung 2).

Die beiden Werke sind durch eine Pipeline verbunden, in der das Abwasser der Halde Neuhoﬀ-Ellers zur Werra abgeleitet wird. Die Produktionsabwassermenge des Werkes Neuhoﬀ-Ellers ist demgegenüber gering (K+S Kali GmbH 2009).

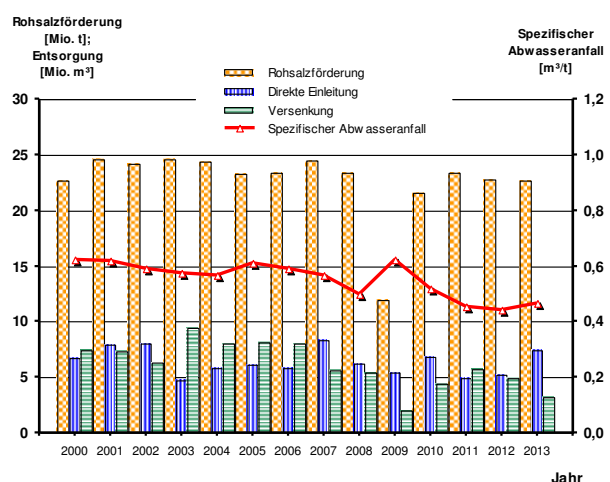
Das Flusseinzugsgebiet Werra/Weser umfasst die Teileinzugsgebiete

- Werra, in die derzeit das gesamte Salzabwasser der K+S GmbH eingeleitet wird,
- die Ober-/Mittelweser zwischen dem Ursprung der Weser aus Werra und Fulda bis unterhalb der Diemelmündung,
- die Tideweser sowie
- die Nebenflüsse der Weser Leine und Aller.



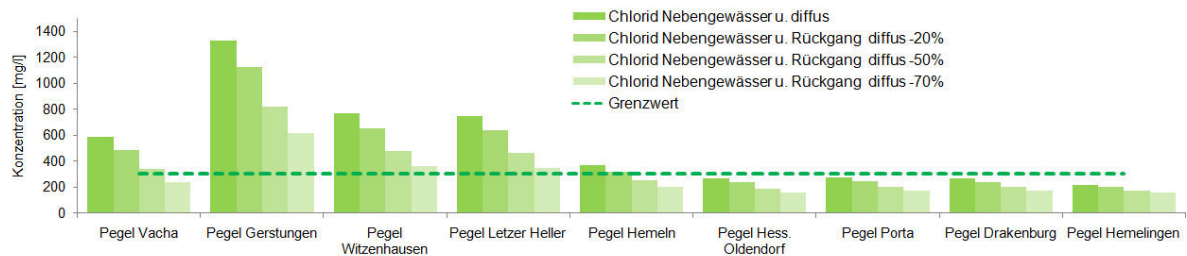
**Abbildung 2: Werke der K+S Kali und Salz GmbH im hessisch-thüringischen Kaligebiet**

In den beiden Werken von K+S werden jährlich rund 23 Mio. t Rohsalz gefördert. In Verbindung mit der Produktion von Salzprodukten und der Aufhaltung ist in den vergangenen Jahren jährlich etwa 10 bis 13 Mio. m<sup>3</sup> salzhaltiges Abwasser angefallen, das direkt in die Werra eingeleitet oder in den Untergrund (Plattendolomit) versenkt worden ist. Der spezifische (Produktions-) Abwasseranfall hat sich von rund 0,6 m<sup>3</sup>/t Rohsalzförderung (2000) auf rund 0,45 m<sup>3</sup>/t Rohsalzförderung (2012) deutlich verringert (s. Abbildung 3).

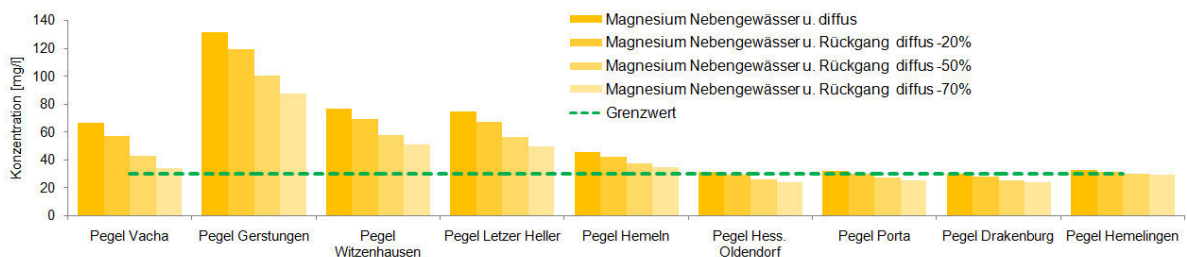


**Abbildung 3: Rohsalzförderung und Abwasserentsorgung** (nach Daten aus Schlüter/Waldmann 2013 und K+S Kali GmbH 2014)

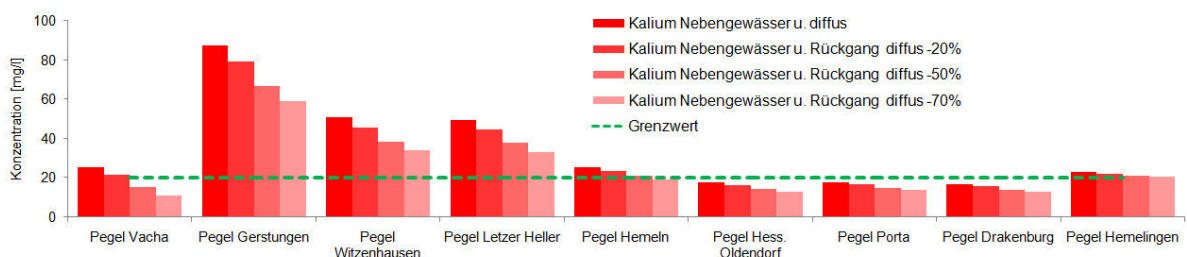
Neben den direkt eingeleiteten Salzfrachten aus der Produktion und den Halden in die Werra sind bei der Beurteilung der möglichen Maßnahmen die diffusen Einträge und die Vorbelastung der Gewässer zu berücksichtigen.



**Abbildung 4: Chloridbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)**



**Abbildung 5: Magnesiumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)**



**Abbildung 6: Kaliumbelastung an Werra und Weser aus Nebengewässern und diffusen Einträgen (Quelle: SYDRO Consult)**

Die Abbildungen zeigen, dass die Werra am Pegel Gerstungen für die relevanten Salze (Chlorid; Magnesium; Kalium) bereits durch die Nebengewässer und die diffusen Einträge so hoch vorbelastet ist, dass die Grenzwerte, die von der FGG Weser für diese Belastung gesetzt wurden, überschritten werden. Selbst ein erheblicher Rückgang dieser diffusen Einträge führt nicht zur Einhaltung der Richtwerte in allen Wasserkörpern (s. Abbildung 4 bis Abbildung 6).

### 1.1.1 Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 - Oberflächengewässer

Als Belastungsschwerpunkte der Flussgebietseinheit Weser sind die Belastungen mit Nährstoffen, Schwermetallen und Salz sowie Veränderungen der Gewässermorphologie und der Durchgängigkeit zu betrachten (FGG Weser 2009). Die Auswirkungen von Maßnahmen auf den ökologischen Zustand bzw. das ökologische Potential der betroffenen Gewässer lassen sich auf Grundlage der verfügbaren Daten nur abschätzen, es ist aber deutlich erkennbar, dass eine Verbesserung des ökologischen Zustands/ökologischen Potentials der Werra und der Weser nur durch eine Verringerung aller Belastungsquellen zu erreichen sein wird. Die positiven Auswirkungen der Verringerung der Salzbelastung sind demzufolge in Verbindung mit den anderen Maßnahmen als Grenznutzen zu betrachten.

#### 1.1.1.1 Belastung durch Salzeinleitungen

Belastungen durch Salzeinleitungen treten durch punktuelle Einleitungen und diffuse Einträge infolge der Versenkung von salzhaltigem Abwasser und der Versickerung von Haldenabwasser in die Werra auf. Aufgrund der Versenkung von Salzabwasser im hessisch-thüringischen Kaligebiet kommt es in den Entlastungsgebieten zum Aufstieg von salzhaltigem Mischwasser in den Buntsandstein und den Quartär mit der Folge des Austretens an die Oberfläche.

Die Salzproduktionsgebiete von K+S liegen vor allem im hessisch-thüringischen Werragebiet, an der Fulda bei Neuhoof und in Niedersachsen im Aller-Leine-Gebiet. Die für das Flussgebiet Weser relevantesten Produktionsstätten befinden sich an der Werra. Die Veränderungen der Chloridkonzentration in der Werra (Pegel Gerstungen) sind für den Zeitraum von 1968 – 2014 in der Abbildung 7 dargestellt. Reduzierungen der Salzabwassermengen wurden in den 1980er Jahren durch die teilweise Umstellung der abwasserintensiven Produktionsverfahren auf die trockene ESTA-Variante (trockene elektrostatische Auftrennung der Rohsalzpartikel) erreicht, was aber eine Erhöhung der trockenen Salzabfallmengen und das Anwachsen der Salzhalden zur Folge hatte. Die Salzlaststeuerung hat ab 1999 zu einer weiteren Verringerung und Verstetigung der Salzkonzentration in der Werra geführt.

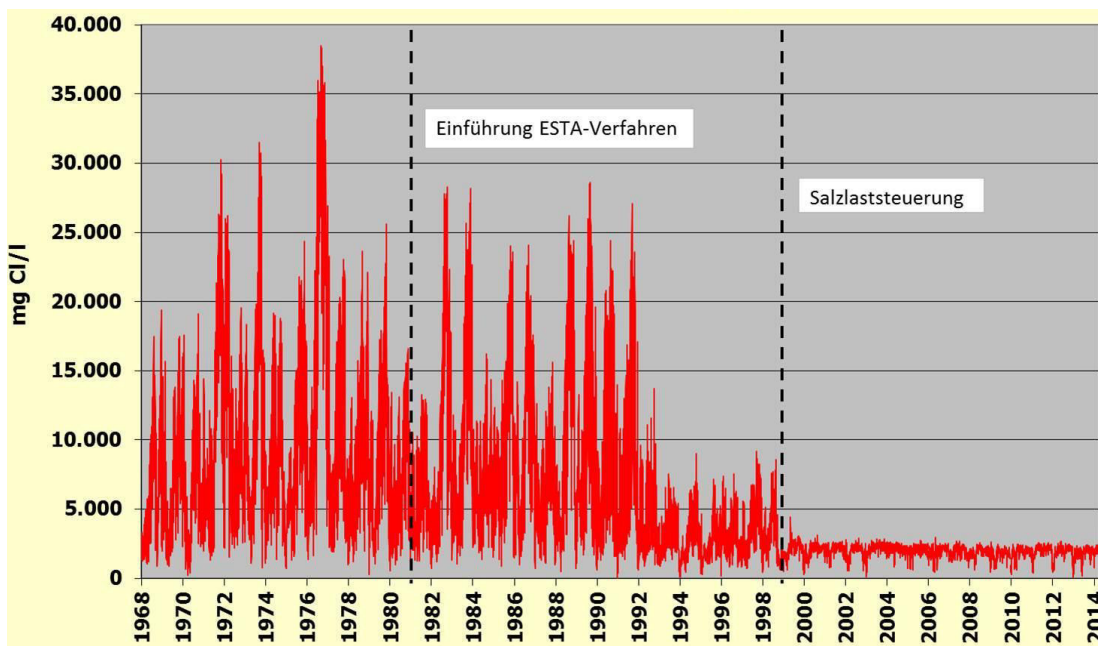


Abbildung 7: Verlauf der Chloridkonzentration von 1968-2014 der Werra am Pegel Gerstungen (FGG Weser 2009)

Ende des letzten Jahrhunderts konnte durch ein technisches Sanierungskonzept und die Schließung von zwei Werken eine deutliche Reduzierung der Salzeinträge in die Werra erreicht werden. Durch die Errichtung einer abflussabhängigen Salzlaststeuerung in der Werra für die drei verbliebenen Standorte wird seit Mai 1999 am Pegel Gerstungen für Chlorid ein Grenzwert von 2.500 mg/l eingehalten. (FGG Weser 2013).

Betrachtet man die ökologischen Auswirkungen innerhalb der Gewässerbiozönose, fällt auf, dass sich seit der Verringerung und Vergleichmäßigung der Salzkonzentrationen 1999 der Zustand kontinuierlich verbessert hat. Der Einfluss auf die unterliegenden Wasserkörper ist jedoch immer noch erheblich. Die Salzeinleitungen in die Werra haben Auswirkungen bis nach Bremen.

#### *1.1.1.2 Ökologischer Zustand / Ökologisches Potenzial*

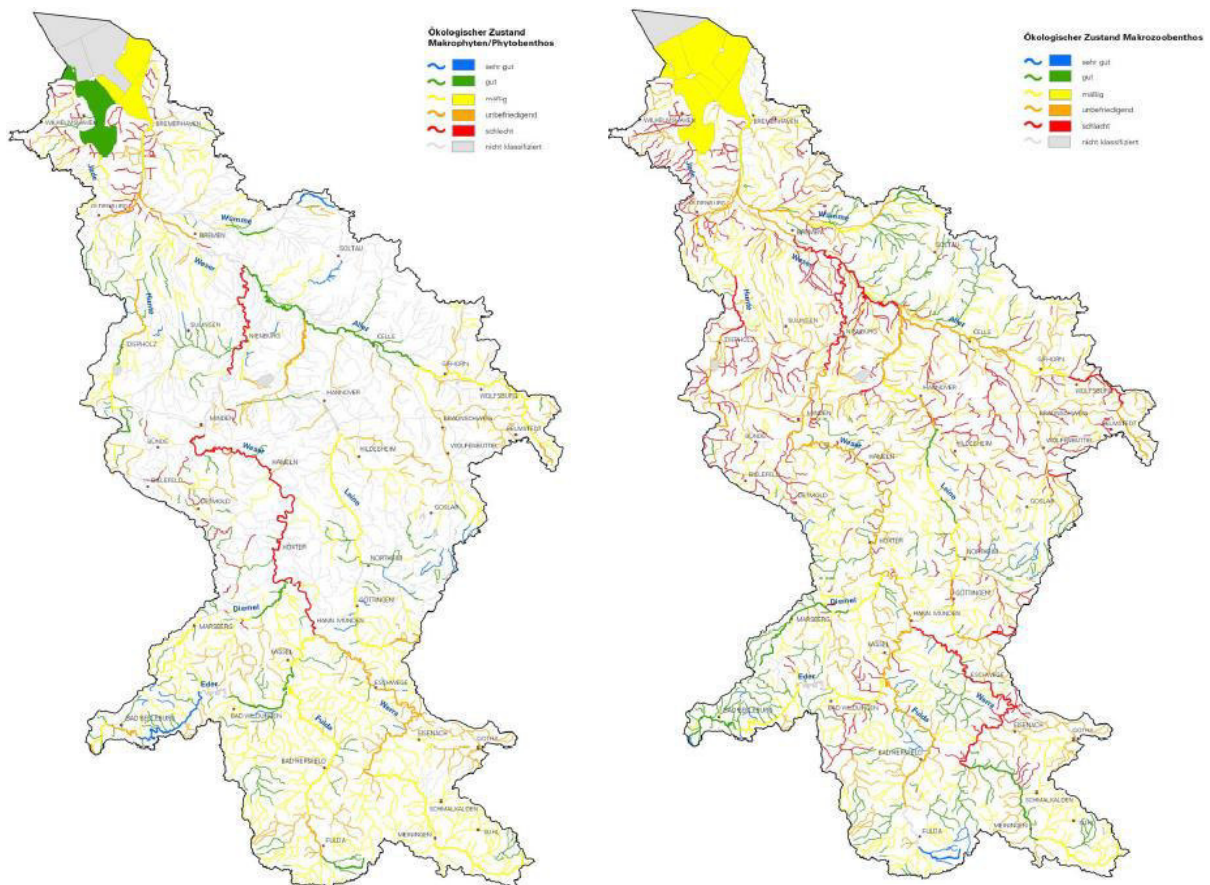
Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial der Oberflächenwasserkörper wird anhand der biologischen, der hydromorphologischen sowie von physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten und der flussgebietsspezifischen Schadstoffe beschrieben. Maßgebend für die Einstufung des ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potenzials sind die Bewertungen der biologischen Qualitätskomponenten sowie die Einhaltung der Umweltqualitätsnormen bezüglich der flussgebietsspezifischen Schadstoffe. Die biologischen Komponenten umfassen nach Anlage 3 der Oberflächengewässerverordnung die Artenzusammensetzung und Häufigkeit der Gewässerflora, die Artenzusammensetzung der benthischen wirbellosen Fauna (Makrozoobenthos) sowie die Zusammensetzung, Häufigkeit und Altersstruktur der Fischfauna. Hydromorphologische (Wasserhaushalt, Durchgängigkeit, Gewässerstruktur) und chemisch-physikalische Kenndaten werden unterstützend für die Bewertung herangezogen. Die biologische Qualitätskomponente mit der schlechtesten Bewertung bestimmt die Einstufung des ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potentials.

Die Salzkonzentration stellt eine wesentliche Steuergröße für die aquatische Flora und Fauna dar. Entscheidend sind hierbei die Zusammensetzung und Konzentrationen der Salzionen sowie der zeitliche Verlauf von Konzentrationsschwankungen. Eine anthropogen veränderte Ionenzusammensetzung wirkt sich auf verschiedene Organismengruppen wachstumshemmend, sublethal (z.B. Nekrosen an Fischen) oder akut toxisch aus. Reaktionen auf erhöhte Salzkonzentrationen zeigen sich insbesondere bei benthischen Organismen, wie das Makrozoobenthos oder die benthischen Diatomeen. Empfindlich reagieren ebenfalls Fischlarven und Jungfische, wodurch eine erfolgreiche Fortpflanzung von salzempfindlichen Arten vermindert oder sogar vollständig unterbunden wird. Einige Arten zeigen in gewissen Grenzen eine Adaptionfähigkeit an langsam steigende Salzgehalte, abrupte Veränderungen der Konzentrationen werden jedoch nur von wenigen Spezialisten toleriert. Fließgewässerabschnitte mit erhöhten Salzkonzentrationen können für wandernde Arten physiologische Barrieren zu den Nebengewässern darstellen. Neben diesen biozönotischen Veränderungen können auch Veränderungen der funktionalen Abläufe im aquatischen Ökosystem die Folge sein wie z.B. die Hemmung der bakteriellen Nitrifikation bei Chloridkonzentrationen von mehr als 5.000 mg/l (Neumann et al. 1990).

In der Werra und der Weser führte die Versalzung in den 1950er und 1960er Jahren zu einem Verschwinden nahezu aller einheimischen Arten des Makrozoobenthos und einer massiven Beeinträchtigung der Fischfauna (Bäthe 1992). Unter dem bis 1990 wirksamen Salinitätsniveau stellte sich eine artenarme Ersatzlebensgemeinschaft aus Euryöken Süß- und Salzwasserarten sowie einigen Brackwasserspezialisten ein, die jedoch in ihrer Artenzahl selbst hinter natürlichen Brackwasserlebensgemeinschaften zurückblieb (ARGE Weser 2000).

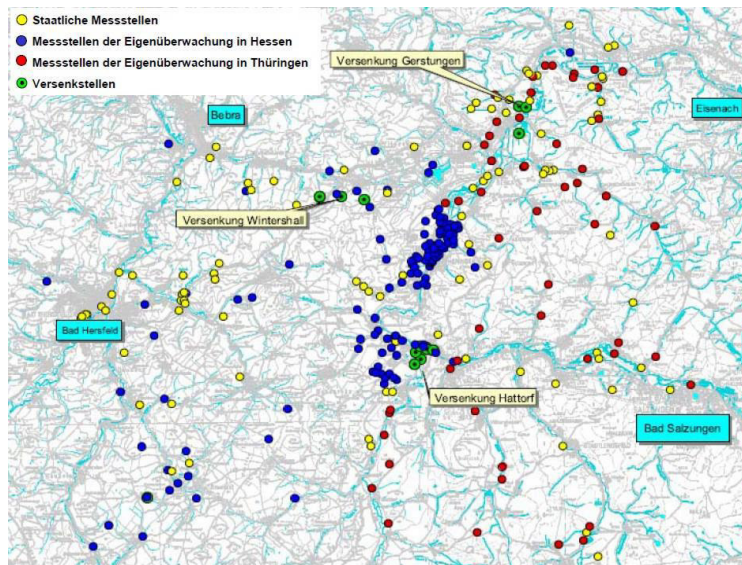
Die seit 1999 durch die Salzlaststeuerung erreichte Vergleichmäßigung der Salzkonzentration führte zu einer Neustrukturierung der Lebensgemeinschaften und sukzessiven Zunahme der Artenzahlen des Makrozoobenthos. Die Werra und Oberweser sind jedoch weiterhin geprägt durch salztolerante Vertreter des Makrozoobenthos, darunter ein hoher Anteil von Neozoen, und der Fischfauna. Nach den Ergebnissen des operativen Monitoring 2009 wiesen die untere Werra und die Oberweser einen

schlechten ökologischen Zustand bzw. ein schlechtes ökologisches Potential auf. Maßgeblich für die Einstufung waren insbesondere die biologischen Qualitätskomponenten Makrophyten/Phytobenthos und Makrozoobenthos (FGG Weser 2009 – s. Abbildung 8).



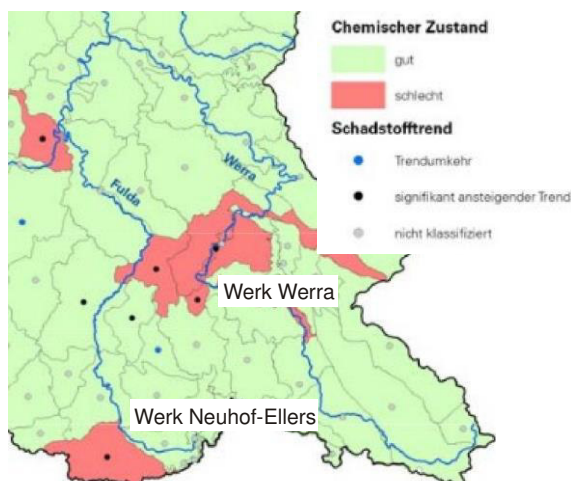
**Abbildung 8: Ökologischer Zustand der Oberflächenwasserkörper in der Flussgebietseinheit Weser 2009 – Makrophyten/Phytobenthos und Makrozoobenthos (FGG Weser 2009)**

### 1.1.2 Gewässerzustand im Wesereinzugsgebiet 2009 – Grundwasser



Regionale Belastungen des Grundwassers resultieren u.a. auch aus der Versenkung von Salzabwasser aus der Kaliindustrie. Eindeutig lokalisierbar sind die diffusen, punktuellen und sonstigen Belastungen aus der Einleitung (Versenkung) von Salzabwasser im hessisch-thüringischen Kaligebiet (s. Abbildung 9). Die Einleitungen konzentrieren sich auf die Produktions- und Haldenstandorte an der Fulda und der Werra.

**Abbildung 9: Standorte der Versenkung von salzhaltigem Abwasser und der Grundwasserüberwachung (RP Kassel 2008)**



In der Abbildung 10 ist der chemische Zustand des Grundwassers im Einwirkungsbereich dargestellt. Ein schlechter chemischer Zustand des Grundwassers liegt u.a. im Einwirkungsbereich des Werkes Neuhoof-Ellers südlich der oberen Fulda sowie im Einwirkungsbereich des Werkes Werra an der Werra und der Fulda.

**Abbildung 10: Chemischer Zustand der Grundwasserkörper im Werra-/Fulda-Einzugsgebiet 2009 (FGG Weser 2009)**

## 1.2 Eckpunkte und Ziele der FGG Weser für den Bewirtschaftungsplan 2015

In den gemeinsamen Eckpunkten zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen gem. Artikel 4 WRRL bezüglich Salzeinleitungen für den Bewirtschaftungsplan 2015 (FGG Weser 2013) sind die Anforderungen an die Versenkung und Einleitung von salzhaltigem Abwasser in die Werra am Pegel Gerstungen zusammengefasst. In den wasserrechtlichen Bescheiden ist die Versenkung bis zum 30.11.2015 befristet. Das zulässige Volumen und die Grenzwerte der Gewässerbelastung an der Einleitestelle sollen schrittweise abgesenkt werden. Die Einleitung in die Werra ist bis zum 30.11.2020 befristet (s. Tabelle 2). Vor diesem Hintergrund sind im Verlauf der Erstellung der Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit unterschiedlicher Maßnahmenoptionen zur Umsetzung des Gewässerschutzes Werra/Weser zum Erhalt der Kaliproduktion im hessisch-

thüringischen Kali-Gebiet die Maßnahmen schrittweise differenziert und konkretisiert worden (s. Tabelle 2).

**Tabelle 2: Anforderungen an die Versenkung und Einleitung von salzhaltigem Abwasser in die Werra (FGG Weser 2013)**

Versenkung		Einleitung in die Werra (Pegel Gerstungen)		
Zeitraum	Maximales Volumen [Mio. m³/Jahr]	Zeitraum	Maximales Volumen [Mio. m³/Jahr]	Grenzwerte der Belastung an der Einleitstelle
01.12.2001 - 30.11.2013	6,0	01.12.2001 - 30.11.2013	10,0	Gesamthärte: 90 <sup>0</sup> dH Chlorid: 2.500 mg/l
01.12.2013 - 30.11.2015	4,5	01.12.2013 - 30.11.2015	9,0	Kalium: 200 mg/l Magenesium: 340 mg/l
		01.12.2015 - 30.11.2017	8,0	Chlorid: 2.100 mg/l Kalium: 180 mg/l Magnesium: 295 mg/l
		01.12.2017 - 30.11.2019		Chlorid: 1.900 mg/l Kalium: 170 mg/l Magnesium: 270 mg/l
		01.12.2019 - 30.11.2020		Chlorid: 1.700 mg/l Kalium: 150 mg/l Magnesium: 230 mg/l

Zielstellung der FGG Weser ist es, eine den rechtlichen Anforderungen des Art. 4 der WRRL entsprechende, innerhalb der Flussgebietsgemeinschaft Weser koordinierte und harmonisierte Ableitung der in den 2. Bewirtschaftungsplan einzustellenden Umweltziele und Maßnahmen für die von Salzbelastungen betroffenen Wasserkörper vorzunehmen (FGG Weser 2013); basierend auf den zur Salzbelastung und deren Reduzierung vorliegenden Erkenntnissen, unter Einbeziehung der Studien und Ergebnisse des Rundes Tisches, unter Berücksichtigung des seitens der EU-Kommission zum Bewirtschaftungsplan 2009 aufgezeigten Handlungsbedarfs und unter Berücksichtigung der sozioökonomischen Bedeutung des Kalibergbaus für die Region.

Als Orientierungsrahmen für die Bewertung möglicher Maßnahmen (Szenarien) wurden von der FGG Weser Wertebereiche (90-Perzentil-Werte) der Salzbelastung der Gewässer zugrunde gelegt, die im Rahmen des Runden Tisches erarbeitet worden waren. Hierbei zieht die FGG Weser die Werte der Stufe 2 (90-Perzentil-Werte) als Richtwerte für die Erreichung des guten Zustands heran (s. Tabelle 3).

**Tabelle 3: Wertebereiche (90-Perzentil-Werte) der Salzbelastung für Chlorid, Kalium und Magnesium und ihre ökologische Bedeutung (FGG Weser 2013)**

Stufe	Bezeichnung	Chlorid [mg/l]	Kalium [mg/l]	Magnesium [mg/l]
I	Natürliche Hintergrundwerte	< 75	< 5	< 20
II	Wertebereiche für Lebensbedingungen naturnaher Lebensgemeinschaften	75 bis 300	5 bis 20	20 bis 30
III	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen sensible Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	300 bis 1.000	20 bis 80	30 bis 100
IV	Wertebereiche für Lebensgemeinschaften, in denen robustere Arten bzw. bestimmte Komponenten der Lebensgemeinschaften fehlen	1.000 bis 2.500	80 bis 150	100 bis 180
V	Wertebereiche für durch Salzbelastung geprägte Lebensgemeinschaften	> 2.500	> 150	> 180

### 1.3 Szenarien der Öko-Effizienz-Analyse, Teil I

Im ersten Schritt des Teils I der Öko-Effizienz-Analyse wurden von der FGG auf der Grundlage von Bilanzen des Abwasseranfalls und der Kapazitäten möglicher Entsorgungswege Szenarien mit den Einleitorten, den Einleitkriterien und dem Zeitpunkt der Wirksamkeit der Maßnahmen vorgegeben (s. Tabelle 4).

**Tabelle 4: Szenarien gemäß FGG Weser zum Teil I der Öko-Effizienz-Analyse (Weserrat 2014)**

Szenario	Einleitort	Versenkung nach 2015	Einleitkriterien in Oberflächengewässer nach 2020	Maßnahmen wirksam ab
<b>Szenario M1</b>	lokal (Werra)	nein	Durchschnittlich 5 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr; 2015 - 2021 Übergangslösung	2021
<b>Szenario V1 (Status quo)</b>	lokal (Werra)	entspricht Status-quo 11/2015	Verlängerung des Status-quo von 2020	
<b>Szenario M4-1</b>	Oberweser	nein	Durchschnittlich 5 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr; 2015 - 2021 Übergangslösung	2021
<b>Szenario M4</b>	Oberweser	nein	Konzentration an Einleitort abgeleitet aus Wasserrecht für Pegel Gerstungen Stand 12/2020	2021
<b>Szenario M3</b>	Nordsee	nein	Durchschnittlich 7 Mio. m <sup>3</sup> /Jahr; 2015 - 2024 Übergangslösung	2024
<b>Szenario V2 Produktionsende; Haldenwassermanagement</b>	lokal (Halden)	nein	Anfallende Haldenabwässer	

Sie wurden im Laufe der Bearbeitung in Abstimmung mit dem Auftraggeber teilweise modifiziert und ergänzt (s. Abbildung 11):

#### Werra-Szenarien

Status-quo – ohne Versenkung

Status-quo – mit Versenkung

Richtwerte FGG Weser – ohne Versenkung

#### Oberweser-Szenarien

Oberweser-Pipeline – ohne Versenkung

Oberweser-Pipeline – mit Übergangsregelung zur Versenkung

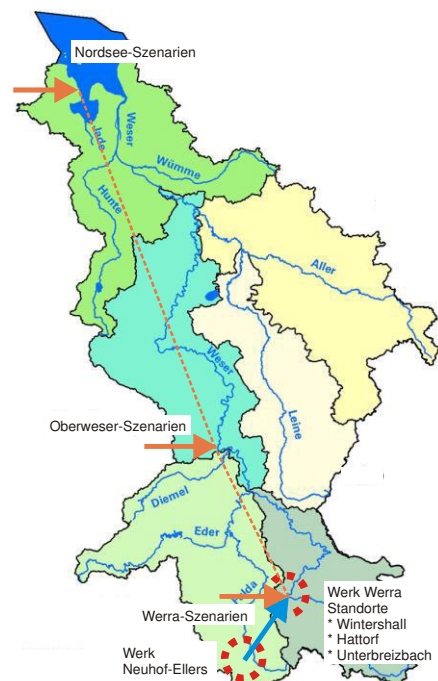
Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser)  
– ohne Versenkung

Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser)  
– mit Übergangsregelung zur Versenkung

#### Nordsee-Szenarien

Nordsee-Pipeline – ohne Versenkung

Nordsee-Pipeline – mit Übergangsregelung zur Versenkung



**Abbildung 11: Szenarien zur Öko-Effizienz-Analyse, Teil I**

Der Teil I der Öko-Effizienz-Analyse vom 19. September 2014 hat die Ansatzpunkte und Grenzen der untersuchten Szenarien aufgezeigt. Geeignete Lösungen erfordern danach die Notwendigkeit der Veränderung der Rahmenbedingungen gegenüber den untersuchten Szenarien. Sie sollten eine Reihe innovativer Maßnahmenoptionen und Rahmenbedingungen enthalten, die von einer auf die Entsorgung von Salzabwasser beschränkten Konzeption abweicht:

- Verringerung des spezifischen Abwasseranfalls aus der Produktion;
- Stabilisierung/Reduzierung des Haldenabwassers;
- Stabilisierung/Reduzierung der diffusen Einträge;
- Reduzierung der „Ewigkeitslasten“.

Für die Entwicklung geeigneter Lösungen gilt:

- Die Verringerung der Salzabwassermenge durch Verringerung der Salzförderung/Produktion ist aufgrund des unvermeidlichen Gewinnrückgangs betrieblich kritisch zu bewerten. Deshalb kommen vorrangig Maßnahmen zur Verringerung der Salzabwasseremissionen durch innovative, auf bessere Wassereffizienz ausgelegte Produktionsprozesse in Betracht.
- Die Haldenabwassermenge wird unter den derzeitigen Rahmenbedingungen deutlich zunehmen; ihre Reduzierung ist auch unter dem Aspekt der „Ewigkeitslasten“ für die Bewertung der Maßnahmen von entscheidender Bedeutung.
- Die qualitativen Anforderungen an die Salzkonzentration der Oberflächengewässer (Grenzwerte) müssen sich am Verschlechterungsverbot (bezogen auf den aktuellen Zustand des Gewässers) und am Verbesserungsgebot („guter ökologischer Zustand“, bzw. „gutes ökologisches Potenzial“ für die Bundeswasserstraße Weser) orientieren. Im Rahmen dieser Begrenzungen sind geeignete Ziele festzulegen.

Die Ergebnisse der Bilanzierung und Bewertung im Teil I der Öko-Effizienz-Analyse vom 19. September 2014 wurden als Ausgangspunkt zur Formulierung von Szenarien genutzt, mit denen die grundlegenden Ziele einer umweltgerechten und ökonomisch tragfähigen Fortschreibung des Bewirtschaftungsplans erreicht werden können. Diese Szenarien wurden mit der FGG Weser abgestimmt und als Grundlage für die den Teil II der Öko-Effizienz-Analyse herangezogen.

In der Tabelle 5 ist die Entwicklung der Aufgabenstellung und der Rahmenbedingungen der Öko-Effizienz-Analyse schematisch aufgeführt.

**Tabelle 5: Entwicklung der Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen**

<p><b>Entwicklung der Aufgabenstellung, Rahmenbedingungen und Ergebnisse</b></p> <p><b>Teil I: Szenarien der Entsorgung</b></p> <p><b>Werra-Szenarien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Status-quo - ohne Versenkung</li> <li>· Status-quo - mit Übergangsregelung zur Versenkung</li> </ul> <p><b>Oberweser-Szenarien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Oberweser-Pipeline - mit Übergangsregelung zur Versenkung</li> </ul> <p><b>Nordsee-Szenarien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Nordsee-Pipeline - mit Übergangsregelung zur Versenkung</li> </ul> <p><b>Ergebnisse der Bewertung</b></p> <p>Kein Szenario erfüllt 2027 die Richtwerte der FGG Weser für den „guten Zustand“ in allen Wasserkörpern der Werra/Weser. Die Szenarien weisen eine unterschiedliche Kosteneffizienz auf, aber beinhalten alle ein sehr hohes bis extremes Risiko von wirtschaftlichen Verwerfungen. Die Problematik der Ewigkeitslasten ist ungeklärt. Es sind innovative Maßnahmen zur Verringerung und zeitlichen Eingrenzung der Salzabwässer notwendig</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Verringerung des spezifischen Abwasseranfalls aus der Produktion</li> <li>* Stabilisierung/Reduzierung des Haldenabwassers</li> <li>* Stabilisierung/Reduzierung der diffusen Einträge</li> <li>* Reduzierung/Vermeidung der "Ewigkeitslasten"</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><b>Teil II: Szenarienvorschläge der Länder zur Verminderung und Entsorgung des Abwasseranfalls</b></p> <p><b>4-Phasen-Plan</b> (Temporäre Oberweserpipeline (Hessen, 07.10.2014)</p> <p><b>Temporäre Nordsee-Pipeline</b> (NRW, 24.11.2014)</p> <p><b>Produktionseinschränkungen</b> (Niedersachsen, 24.11.2014)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><b>Vorprüfung und Weiterentwicklung der Szenarien</b></p> <p><b>4-Phasen-Plan</b> (Temporäre Oberweserpipeline)</p> <p><b>Temporäre Nordsee-Pipeline</b></p> <p><b>Betriebsstilllegung</b></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><b>Ergebnisse der Bewertung</b></p> <p>Unterschiedliche Wirksamkeit sowie Kosteneffizienz, Zumutbarkeit und Verhältnismäßigkeit bei Szenarien. Kein Szenario erfüllt alle Prüfkriterien. Weitere Modifizierung der Szenarien durch ergänzende, innovative Maßnahmen sinnvoll, z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Innovative Verfahren der Haldenabdeckung (z.B. Haldentop; Anspritzverfahren etc.)</li> <li>* Entsorgung von Prozessabwässern in Grubengebäuden (Versatz)</li> <li>* Flankierendes Monitoring (Betriebsdaten; Umweltauswirkungen; Maßnahmen; Bewertung)</li> </ul>
---

## 2 Die Öko-Effizienz-Analyse

Die Ökoeffizienz-Analyse bietet einen konzeptionellen Rahmen, um die Umweltleistungen von Gewässerschutzmaßnahmen zu quantifizieren und mit den ökonomischen Effekten (Maßnahmenkosten) zu vergleichen. Hierzu werden die ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Maßnahmen quantifiziert, zu Effizienzmaßen kombiniert und im Hinblick auf die relevanten Bewertungsaussagen interpretiert.

Das Konzept der Ökoeffizienz ist ursprünglich unter dem Begriff ökologische Effizienz diskutiert worden (Schaltegger 1997), bevor es sich mit der Veröffentlichung „Changing Course“ von Schmidheiny (1992) anlässlich der Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in der Praxis durchgesetzt hat.

Der Vorteil des Ansatzes besteht darin, dass er methodisch vorab nicht zu stark festgelegt ist und sich flexibel auf unterschiedliche Probleme und Bewertungskontexte anwenden lässt (vgl. hierzu Huppes/Ishikawa 2007). So wurde das Instrument ursprünglich zur Entscheidungsunterstützung für die Produktentwicklung genutzt, darüber hinaus zur Standardentwicklung und zur Kommunikation, aber auch zum Ranking von Unternehmen und Produktionsstandorten. (vgl. Kicherer 2000, 2001 und Saling et al. 2002).

Mittlerweile greifen auch die politischen Entscheidungsträger das Konzept der Ökoeffizienz auf (EEA, Europäische Kommission, UNESCAP etc.). Seine Anwendung zur Bewertung von Kommunen und Regionen wurde vorgeschlagen (Seppälä et al. 2005, Zhang et al. 2008) und es wurde der Nutzen der Ökoeffizienz für die Flächennutzungsplanung aufgezeigt (Holländer et al. 2010). Huppes/Ishikawa (2007) beschreiben weiterhin die Anwendung des Ansatzes zur Bewertung der gesellschaftlichen Akzeptanz von Maßnahmen.<sup>1</sup>

Die Offenheit und Anpassungsfähigkeit des Konzepts hat einerseits zur Verbreitung und vielfältigen Anwendung beigetragen. Sie hat andererseits zur Folge, dass keine einheitliche Definition und kein Standard vorliegen. So kann im Hinblick auf Ökoeffizienz sowohl der Produktionswert/Konsumnutzen mit den Umwelteffekten als auch eine Umweltverbesserung mit den damit verbundenen Kosten verknüpft werden (Huppes/Ishikawa 2007). Maßgeblich ist, dass bei der Quantifizierung der Umweltleistungen externe und somit überbetriebliche Effekte in die Bewertung integriert werden sowie ggf. entsprechend der Lebenszyklusperspektive vor- und nachgelagerte Effekte. Die ökonomischen Wirkungen können Lebenszykluskosten, betriebliche Kostenindikatoren, aber auch volkswirtschaftliche Kosten aufgreifen.

Die ÖEA stellt einen Bewertungsansatz dar, der unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe und Kriterien zulässt; es lassen sich monetäre und nicht monetäre Effekte miteinander vergleichen. Ebenso können die wirtschaftlichen und die umweltbezogenen Effekte miteinander in Beziehung gesetzt werden, wenn beide einheitlich monetär oder nicht monetär dargestellt sind.

Für das vorliegende Gutachten wird die Öko-Effizienz-Analyse als Bewertungsrahmen genutzt, da mit ihr die durch die WRRL gestellten Anforderungen bzgl. der Maßnahmenbewertung aufgegriffen und sich an die spezifischen Bewertungsanforderungen und Datensituation anpassen lassen. Sie bietet einen allgemeinverständlichen, intuitiven Ansatz zur Darstellung der Bewertungsergebnisse (Geyler et al. 2014).

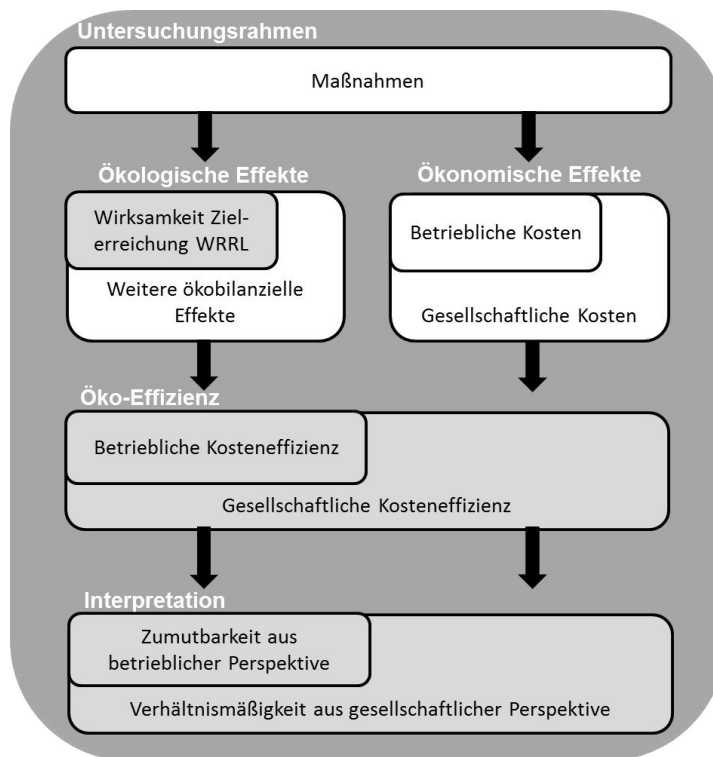
---

<sup>1</sup> Weitere Referenzen sind u.a.: World Business Council for Sustainable Development (2000); Saling et al. (2002); Fet (2004); Bengtson (2004); Aoe (2006); Huppes (2007).

Hauptschritte der ÖEA sind (vgl. auch DIN ISO 14045 (DIN 2012) – s. Abbildung 12):

1. Die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens der Analyse sowie der funktionellen Einheit, um die Wirkungen vergleichbar zu machen;
2. die Quantifizierung der ökologischen Effekte;
3. die Quantifizierung der ökonomischen Effekte;
4. die Bewertung der Öko-Effizienz;
5. die Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung weiterer Bewertungsaspekte.

**Untersuchungsrahmen:** Es werden Maßnahmen betrachtet, die zur Verbesserung der Salzbelastung in Werra/Weser beitragen, die durch den Kalibergbau der K+S Werke Werra und Neuhoof-Ellers induziert werden. Auf die räumliche und zeitliche Abgrenzung der Bewertung wird unten näher eingegangen.



**Abbildung 12: Untersuchungsrahmen der Öko-Effizienz-Analyse**

**Ökologische Effekte:** Der zentrale umweltökologische Effekt (Umweltleistung), der zur Bewertung ansteht, ist die Gewässerqualität in Werra/Weser in Bezug auf die Salzbelastung; dieser wird im Folgenden auch als Output bezeichnet. Der ökologische Effekt soll möglichst verbessert werden, indem die Salzkonzentration verringert wird. Darüber hinaus wurde im Rahmen von einer ökobilanziellen Abschätzung die Relevanz weiterer Umweltwirkungen (Energiebedarf, Treibhauswirkung) abgeschätzt (ÖEA, Teil I).

**Ökonomische Effekte:** Zur Verbesserung der Gewässerqualität sind i.d.R. Aufwendungen (Kosten) erforderlich. Sie fallen auf zwei Ebenen an – auf betrieblicher Ebene und auf volkswirtschaftlicher Ebene. Hierfür werden betriebliche und volkswirtschaftliche, wohlfahrtsökonomische Bewertungsansätze integriert, um betriebliche und volkswirtschaftliche Kosten von Maßnahmen abzubilden. Betriebliche und volkswirtschaftliche Maßnahmenkosten können unter Umständen deckungsgleich sein.

**Ökoeffizienz:** Die Öko-Effizienz wird als Quotient aus den Umweltwirkungen der Maßnahme im Verhältnis zu den Maßnahmenkosten gebildet; sie entspricht der Kosten-Effizienz. Je nachdem, ob eine betriebliche Perspektive (betriebliche Kosten) oder eine volkswirtschaftliche Perspektive eingenommen wird, ergibt sich eine betriebliche oder volkswirtschaftliche Kosten-Effizienz.

**Interpretation:** Ausgehend vom Kriterium der Öko-Effizienz lassen sich durch gezielte Ergänzungen und Erweiterungen des Bewertungsrahmens vier Bewertungsschritte in aufeinander abgestimmter Weise durchführen, die im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie zur Bewertung von Maßnahmen heranzuziehen sind:

- die ökologische Wirksamkeit der Maßnahmen im Hinblick auf Salzbelastung,
- die Kosten-Effizienz der Maßnahmen,
- die Verhältnismäßigkeit und
- die Zumutbarkeit der Kosten.

Die FGG Weser verfolgt im Zusammenhang mit der Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen bezüglich der Salzeinleitungen ein mehrstufiges Vorgehen (FGG Weser 2013):

Phase 1: Ermittlung der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen

Phase 2: Entscheidung der Verhältnismäßigkeit

Phase 3: Alternativenprüfung, falls für einen oder mehrere Wasserkörper entweder Zielerreichung mit keiner Maßnahmenkombination möglich ist oder mögliche Maßnahmenkombinationen als nicht verhältnismäßig eingeschätzt werden

Phase 4: Ableitung der Umweltziele und Maßnahmen

Phase 5: Transparente Darstellung der Ergebnisse

Die Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen ist für die weiteren Bewertungsschritte zur Kosten-Effizienz sowie zur Verhältnismäßigkeit notwendig. Im Zusammenhang mit der Verhältnismäßigkeitsprüfung ist die Zumutbarkeit von Bedeutung.

Bei der Ermittlung der Kosten (Kostenbilanz) wurde auf Unterlagen des Runden Tisches sowie auf Daten und Informationen von K+S zurückgegriffen. Es wurden die vorhandenen Gutachten, Studien sowie Ergebnisse bisheriger Untersuchungen und Pilotprojekte sowie die technischen Daten, Kostendaten und sonstige ökonomische Daten von K+S ausgewertet.

Die Daten zur Gewässerqualität der Wasserkörper (Umweltbilanz) wurden über den Einsatz des aktualisierten Simulationsmodells zur Berechnung der Salzbelastung an Werra und Weser (SYDRO Consult 2010a; 2014a, 2014b sowie darüber hinausgehende Zuarbeiten) ermittelt und zur Abschätzung der Wirkungen der unterschiedlichen Maßnahmenszenarien zugrunde gelegt. Das Modell hierfür war von SYDRO Consult im Auftrag der FGG Weser erarbeitet worden. Zu Fragen der Haldenentwicklung, den Auswirkungen der Versenkungen auf das Grundwasser und die diffusen Einträge in die Oberflächengewässer sowie zur Beurteilung der ökologischen Auswirkungen einer veränderten Salzeinleitung wurden Fachgespräche durchgeführt und die aktuelle Fachliteratur ausgewertet.

Im Folgenden wird dargelegt, wie die vier Bewertungsschritte (siehe oben: Interpretation) mit Hilfe der Öko-Effizienz-Analyse erfolgen.

## 2.1 Ökologische Wirksamkeit

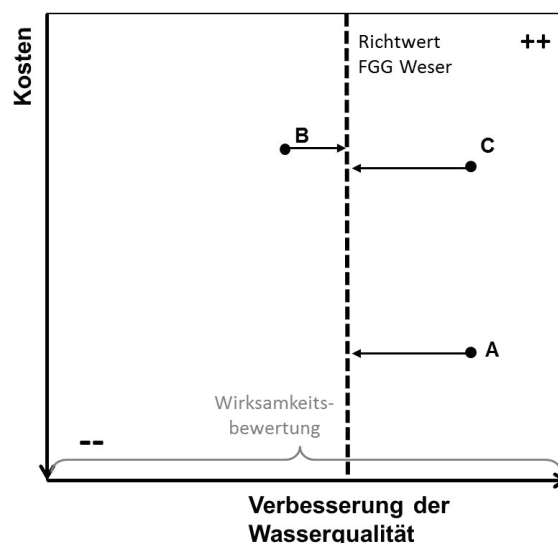
Die Maßnahmen für den Bewirtschaftungsplan müssen entsprechend Art. 11 EU-WRRL geeignet sein, die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen. Hierfür wird die Wirksamkeit der Maßnahmen geprüft.

Die Bewertung bezieht sich auf die maßnahmenabhängige Konzentration der Werra/Weser mit Chlorid ( $\text{Cl}^-$ ), Kalium ( $\text{K}^+$ ) und Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Hierfür wird für ausgewählte Pegel ein Konzentrationswert ermittelt, der zu den einzelnen Betrachtungszeitpunkten erreicht wird. Die Ermittlung der wasserkörperspezifischen Konzentrationswerte erfolgte m. H. des hydrologischen Simulationsmodells der SYDRO Consult. Als Ergebniswert wird der 90-Perzentil-Wert der Dauerlinie für die Salzkonzentration ermittelt. Neben den Salzabwässern aus Produktion und Halden der Kaliwerke Werra und Neuhoof-Ellers wird die Entwicklung der diffusen Einträge in Abhängigkeit von der weiteren Versenkung von Salzabwasser sowie die weiteren Salzeinträge durch Oberlieger sowie der Nebenflüsse (Leine; Aller) berücksichtigt.

Die Wirksamkeit der Maßnahmen wird für die einzelnen Wasserkörper bestimmt. Weiterhin werden aggregierte Indikatoren gebildet, die die Situation der betrachteten Wasserkörper zusammenfassen.

Als zentraler Orientierungsrahmen für die Bewertung möglicher Maßnahmen (Szenarien) wurden von der FGG Weser Wertebereiche (90-Perzentil-Werte) der Salzbelastung der Gewässer aufgegriffen (s. Tabelle 3, Abschnitt 1.2), die im Rahmen des Runden Tisches erarbeitet worden waren. Hierbei zieht die FGG Weser die Werte der Stufe 2 (90-Perzentil-Werte) als Richtwerte für die Erreichung des guten Zustands heran. Zur vergleichenden Bewertung der Szenarien wird das zu dem Bewertungszeitpunkt wirksamste Szenario als Benchmark herangezogen.

Die Abbildung 13 zeigt wie die Wirksamkeit im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse berücksichtigt wird. Die Öko-Effizienz-Analyse ordnet die Maßnahmen im Hinblick auf die Kosten und die Verbesserung der Wasserqualität ein. Die Wasserqualität wird hierbei über alle betrachteten Wasserkörper aggregiert. Die Maßnahmen, die die Richtwerte erreichen bzw. unterschreiten sind wirksam. Im fiktiven Beispiel der Abbildung 13 sind die Maßnahmen A und C wirksam bzgl. der Richtwerte der FGG Weser, die Maßnahme B wäre unwirksam. Zugleich werden die Maßnahmen wechselseitig hinsichtlich ihrer relativen Wirksamkeit verglichen. Die wirksamste Maßnahme bildet hierbei das Benchmark für die erreichbare Gewässerverbesserung.

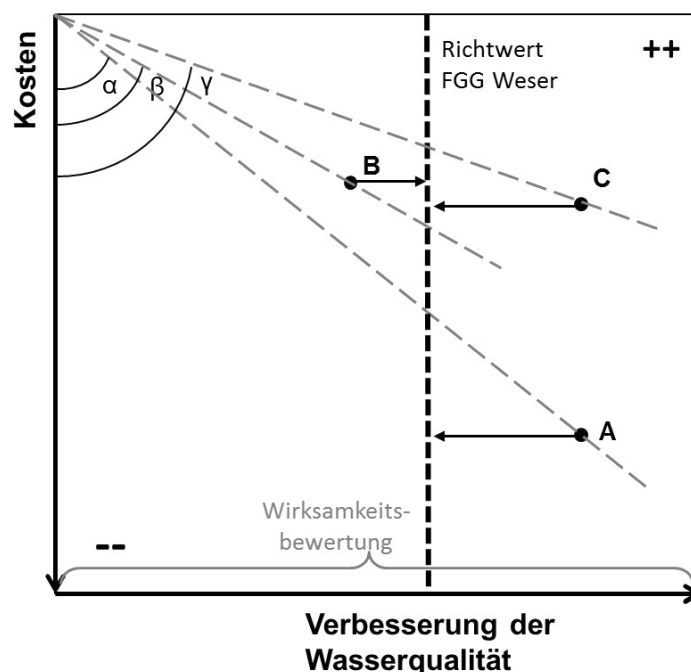


**Abbildung 13: Methodisches Vorgehen zur Beurteilung der Wirksamkeit im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse - anhand fiktiver Maßnahmen A, B und C**

## 2.2 Kosten-Effizienz

In Artikel 11 der EU-WRRL wird in Verbindung mit Anhang III gefordert, dass die kosteneffizientesten Kombinationen in das Maßnahmenprogramm aufgenommen werden sollen. Die Kosten-Effizienz entspricht der Öko-Effizienz der Maßnahmen, wenn in Bezug auf ökologische Effekte ausschließlich die Gewässerschutzwirkungen analysiert werden.<sup>2</sup> Dieser Ansatz wird in Teil II der Öko-Effizienz-Analyse verfolgt. Im Teil I wurde zusätzlich die Bedeutung des Energieverbrauchs und der Treibhauswirkung einbezogen.

Die Öko-Effizienz entspricht dann dem Verhältnis aus Kosten und Verbesserung der Gewässerqualität. In Abbildung 14 wird sie durch den Verlauf der Geraden symbolisiert, die den Ausgangspunkt (keine Maßnahmenkosten und keine Gewässerschutzverbesserung) mit den Ergebniswerten der Maßnahmen verbindet (hier die fiktiven Punkte A, B, C): Der geringste Anstieg entspricht der höchsten Öko-Effizienz. Im fiktiven Beispiel der Abbildung 14 wäre Maßnahme C am öko-effizientesten.



**Abbildung 14: Methodisches Vorgehen zur Beurteilung der Kosten-Effizienz (Öko-Effizienz) im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse - anhand fiktiver Maßnahmen A, B und C**

Laut CIS (2003, S. 199) werden zu den Maßnahmenkosten direkte Kosten sowie nicht-wasserbezogene Umweltkosten, Ressourcenkosten und indirekte Kosten (Produktionsrückgänge) gerechnet. Hierbei müssen eine betriebliche Perspektive und eine volkswirtschaftliche Perspektive der Maßnahmenkosten unterschieden werden. Betriebliche Kosten sind diejenigen, die K+S als Maßnahmenträger erwachsen. Hierzu zählen z. B.:

- Maßnahmenkosten, die das Unternehmen zu tragen hat und die es nicht mit dem Produktpreis auf die Käufer der Salzprodukte abwälzen kann,
- Einnahmenverluste für das Unternehmen bei Produktionsrückgängen bzw. Werksstillegungen,
- Veränderungen bei Rückstellungen.

<sup>2</sup> In diesem Gutachten werden Öko-Effizienz und Kosten-Effizienz als Synonyme genutzt.

Als volkswirtschaftliche Kosten wurden die Kosten angesetzt, die im Zuge der Maßnahmen der Gesellschaft (Volkswirtschaft) entstehen. Hierzu werden die betrieblichen Kosten ergänzt, erweitert bzw. abgemildert. Zu den volkswirtschaftlichen Kosten zählen grundsätzlich:

- die betrieblichen Kosten,
- die Maßnahmenkosten, die vom Unternehmen auf die Konsumenten abgewälzt werden (Preissteigerungen am Kalimarkt),
- die durch die Maßnahmen induzierten Veränderungen an Steuerzahlungen von K+S gegenüber Bund, Ländern und Kommunen. Sie stellen Transferzahlungen dar sowie
- die Maßnahmenkosten, die anderen Akten erwachsen, z. B. Konkurrenten von K+S, den Arbeitnehmern (Arbeitslosigkeit) sowie solche, die von der Allgemeinheit getragen werden, z. B. gesellschaftlich zu tragende Langfristkosten („Ewigkeitslasten“), wenn dafür keine Rückstellungen eingestellt wurden.

Die Wahl des Bewertungsraums beeinflusst hierbei auch die Abgrenzung der in die volkswirtschaftliche Analyse einzubeziehenden Kosten.

## 2.3 Verhältnismäßigkeit

Unverhältnismäßige Kosten sind im Artikel 4.4 und 4.5 der EU-WWRL als Begründungstatbestand aufgeführt, um den Zeitpunkt zur Erreichung des guten Zustands zu verschieben bzw. um weniger strenge Umweltziele zu definieren.

Die zur Unterstützung des Prozesses seitens der EU erarbeiteten Dokumente CIS (2003) und CIS (2009) benennen zum Tatbestand unverhältnismäßiger Kosten folgende Kernaussagen: *„Die Bewertung von Unverhältnismäßigkeit ist eine politische Bewertung, die auf ökonomischen Informationen beruht. Unverhältnismäßigkeit beginnt nicht an dem Punkt, an dem die gemessenen Kosten den quantifizierbaren Nutzen übersteigen. Qualitative Kosten und Nutzen sind in die Bewertung ebenso einzubeziehen wie die quantitativen. Die Spanne, mit der die Kosten den Nutzen übersteigen, soll erheblich sein und eine hohe statistische Sicherheit aufweisen.“*

Gegenüber dem Bewertungsschritt der Kosteneffizienz geht es bei der Bewertung der Verhältnismäßigkeit um die zusätzliche Berücksichtigung insbesondere der durch die Veränderung der Wasserqualität beeinflussten Kosten (CIS 2003, S. 199).

Bedeutsam ist, wie die Kosten und Nutzen erfasst und in die Bewertung integriert werden sollen. CIS (2003, S. 196) schlägt eine breite Auslegung des Begriffes vor. Demnach wären zu berücksichtigen: *„Financial, economic, environmental and social costs and benefits; marketable and non-marketable effects to be assessed quantitatively as far as possible and qualitatively where necessary.“* Es wird hierbei auf die Nutzen-Kosten-Analyse als methodischer Ansatz verwiesen (z. B. in CIS 2003, S. 196, 199; EC 2014, S. 4, 7; Nocker et al. 2007, S. 11ff; CIS 2009, S. 32ff).

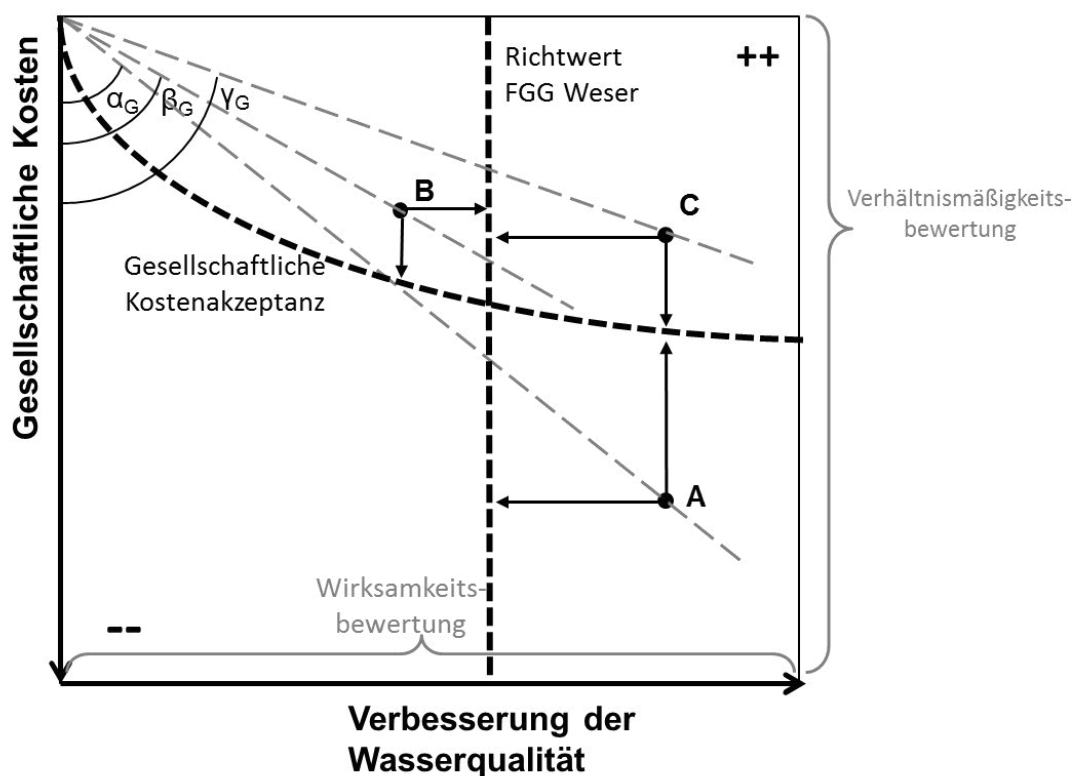
Auf nationaler Ebene werden durch die LAWA ergänzende Aspekte zur Verhältnismäßigkeitsprüfung aufgezeigt. Die LAWA (2012) führt im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeitsabwägung aus, dass eine derartige Prüfung durch eine Bewertung der Relation von Kosten und Nutzen oder durch Kostenvergleiche erfolgen kann, die sich stützt:

- z. B. auf eine nicht-monetäre Kosten-Nutzen-Analyse,
- auf Kosten-Maßstäbe für anteilige Zielerreichung (z.B. Kosten in Abhängigkeit der Zielerreichung) oder
- auf Erfahrungswerte über „verhältnismäßige Kosten“ bestimmter Maßnahmen in Abhängigkeit vom Nutzen.

Methodische Alternativen wurden zum Beispiel mit dem Leipziger Modell untersucht (Ammermüller et al. 2011; Klauer et al. 2015). Bei diesem Ansatz wird versucht, ein Kostenbenchmark für zumutbare Kosten zu erarbeiten, an dem die Maßnahmenprogramme einzelner Wasserkörper dann verglichen werden können. Vielfältige Kontextinformationen, wie die Ausgangssituation im Wasserkörper sowie die Nutzenbedeutung der Gewässerqualität gegenüber der Gesellschaft werden hierbei semiquantitativ berücksichtigt.

Für die Verhältnismäßigkeitsprüfung im Rahmen der Öko-Effizienz- Analyse (s. Abbildung 15) wurde folgendes methodische Vorgehen gewählt:

Es wurde im Sinne von CIS (2003) die volkswirtschaftliche Kosteneffizienz-Aussage um die gesellschaftliche Wertschätzung der verbesserten Gewässerqualität ergänzt. Hierzu wurde die gesellschaftliche Öko-Effizienz um eine gesellschaftliche Kostenakzeptanzkurve ergänzt. Diese beschreibt die Kosten, welche die Gesellschaft zu tragen bereit ist, um die Gewässerqualität zu erreichen. Zur Ableitung der Kostenakzeptanzkurve können verschiedene Methoden herangezogen werden. Im Zuge der Arbeit wurde auf die gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft für die Verbesserung der Gewässerqualität abgestellt.



**Abbildung 15: Methodisches Vorgehen zur Beurteilung der Verhältnismäßigkeit im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse - anhand fiktiver Maßnahmen A, B und C**

Grundsätzlich ließe sich die Kostenakzeptanzkurve auch mit den Verfahren von Kostenbenchmarks, wie sie im Leipziger Ansatz vorgesehen sind, ableiten. Allerdings konnte in dem konkreten Fall der Leipziger Ansatz nicht herangezogen werden: Er bezieht sich auf gesamte Maßnahmenprogramme und nicht auf einzelne Maßnahmen wie in diesem Gutachten. Zugleich werden beim Leipziger Ansatz Kostenbenchmarks für die Maßnahmen erarbeitet, die durch die öffentliche Hand zu finanzieren sind. Im Gutachten ist K+S aufgrund des Verursacherprinzips der hauptsächliche Kostenträger.

## 2.4 Zumutbarkeit

Die Zumutbarkeit ist ein Bewertungsschritt, dessen inhaltliche Bedeutung noch nicht abschließend geklärt zu sein scheint. Ebenso wenig ist die Diskussion um die Bedeutung der Zumutbarkeit im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung abgeschlossen.

Die Zumutbarkeit umfasst verschiedene Aspekte (vgl. EC 2014):

- Vergleich der durch die Sektoren zu tragenden Maßnahmenkosten mit deren Zahlungsfähigkeit;
- Signifikante soziale Auswirkungen auf vulnerable soziale Gruppen;
- Zumutbarkeit in Bezug auf die institutionelle Belastung und Leistungsfähigkeit von Organisationen.

Im Wateco-Guidance-Paper (CIS 2003, S. 193) wird die Zumutbarkeit mit Zahlungsfähigkeit der Betroffenen beschrieben, wobei hierbei ggf. disaggregierte Analysen als notwendig erachtet werden, falls bestimmte Gruppen stärker betroffen sind als andere.

Die Zumutbarkeit wird im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung behandelt. Die Bedeutung der Zumutbarkeit wurde ursprünglich maßgeblich im Hinblick auf die Verlängerung des Zeitpunktes zur Umsetzung der Maßnahmen nach Artikel 4 (4) gesehen, z.B. durch CIS (2009, S. 14):

*„Affordability (or ability to pay for a certain measure) can be one element for justifying the decision on a time extension (i.e. application of Article 4.4), if based on a clear explanation:*

- of the non-availability of relevant alternative financing mechanisms which would not result in affordability issues;*
- of the consequences of non-action in deciding on an extension of the deadline;*
- of steps to resolve the affordability issues in the future.”*

Demgegenüber boten die Guidance-Dokumente wenig Hilfestellung in Bezug auf den Einsatz des Zumutbarkeitskriteriums im Zuge der Festlegung geringerer ökologischer Ziele nach Artikel 4 (5):

*„On the role of affordability in setting less stringent objectives, no guidance can be provided at this stage.“ CIS (2009).*

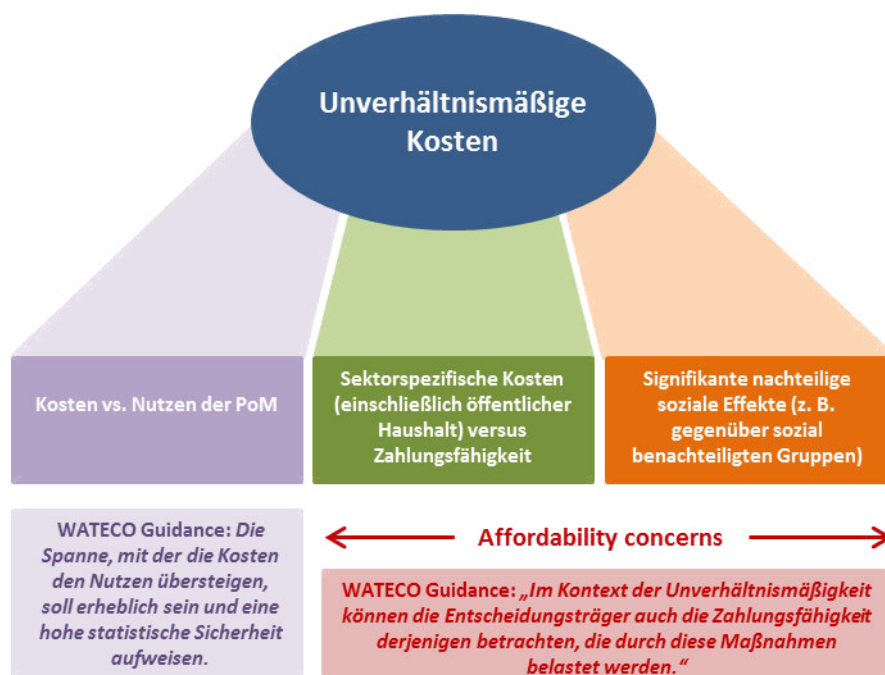
Zugleich wurde ausgeführt, dass die Zumutbarkeit gerade im Hinblick auf die Festlegung niedriger Ziele als nicht geeignetes Kriterium angesehen wird. (CIS 2009).

Gegenwärtig scheint die Bedeutung des Zumutbarkeitskriteriums wieder Gegenstand von umfassender Diskussion zu sein. Die neue CIS Working Group on Economics, die ins Leben gerufen wurde, um sorgfältige ökonomische Analysen in der zweiten und dritten Bewirtschaftungsperiode sicherzustellen und die Entwicklung von transparenten und belastbaren Methoden zu unterstützen, hat als eine der dringenden Aufgaben den Aspekt der Zumutbarkeit aufgeführt, u. a. auch im Zusammenhang mit Artikel 4 (EC 2014).

Es wird zum einen festgestellt, dass bisher sehr wenige Methoden entwickelt wurden, um die Zumutbarkeit von Maßnahmenprogrammen zu bewerten (EC 2014). Das Dokument fordert zum anderen dazu auf, das Konzept der Verhältnismäßigkeit weiter auszudifferenzieren und die Zumutbarkeit systematischer zu berücksichtigen, so dass die Verhältnismäßigkeit folgende Aspekte umfasst (s. Abbildung 16):

- Kosten der Maßnahmenprogramme im Vergleich zu den Nutzen;
- Kosten der Maßnahmenprogramme für die einzelnen Sektoren im Vergleich zu deren Zahlungsbereitschaften;
- signifikante nachteilige Wirkungen für gefährdete Gruppen.

Es wird nicht davon ausgegangen, dass bei der Zumutbarkeit vor dem Hintergrund der vielfältigen institutionellen und finanziellen Rahmenbedingungen keine allgemeingültige Bewertungsmethode erarbeitet werden kann. Vielmehr werden die Mitgliedsstaaten dazu aufgefordert, eigene fundierte, konsistente und transparente Methoden zu entwickeln, um politische Entscheidungen im Hinblick auf Zumutbarkeitsaspekte zu unterrichten. Auch in der gegenwärtigen Diskussion wird das Ziel der Zumutbarkeitsprüfung insbesondere im Hinblick auf die zeitliche Staffelung der Maßnahmenkosten gesehen, um die Zahlungsfähigkeit der Kostenträger nicht überzustrapazieren (EC 2014).



Quelle: EC 2014, eigene Übersetzung

#### **Abbildung 16: Zumutbarkeit als Teilaspekt der Verhältnismäßigkeit**

Zugleich fordert das Dokument auf, sich hierbei von bestehenden methodischen Versuchen inspirieren zu lassen (EC 2014). Zu diesem Zweck werden Beispiele aus Frankreich, UK, Niederlanden und Rumänien vorgestellt, bei denen die Zumutbarkeit von Maßnahmen methodisch in die Entscheidungsfindung integriert wurde (WG Economics 2015).

In Frankreich und Rumänien wurde die Zumutbarkeit als ergänzendes Prüfkriterium genutzt, um die Kostenbelastung von Maßnahmenprogrammen zu prüfen, bei denen die Nutzen die Kosten übersteigen und die somit entsprechend des Hauptkriteriums verhältnismäßig wären. Wird jedoch die Zahlungsfähigkeit der Sektoren überlastet – und dies selbst bei Ausnutzung von Subventionsmöglichkeiten (Nutznießprinzip; Gemeinlastprinzip) – so sind die Maßnahmen als unverhältnismäßig einzustufen.

Aufgrund der Schwierigkeiten, für jeden Wasserkörper separate Kosten-Nutzen-Abwägungen durchzuführen, wurde in Frankreich das Zumutbarkeitskriterium oft für ein erstes Screening herangezogen (WG Economics 2015). Auch wurde das Zumutbarkeitskriterium genutzt, um im Fall von unklaren Kosten-Nutzen-Verhältnissen eine Entscheidung zu finden. Eine solche, von der Zumutbarkeit ausgehende Bewertungsregel, wird in Frankreich auch für den zweiten Bewirtschaftungszyklus vorgeschlagen (WG Economics 2015).

In den Niederlanden wird das Zumutbarkeitskriterium herangezogen, um die Maßnahmenprogramme zeitlich kostengünstig und zumutbar auszugestalten (WG Economics 2015).

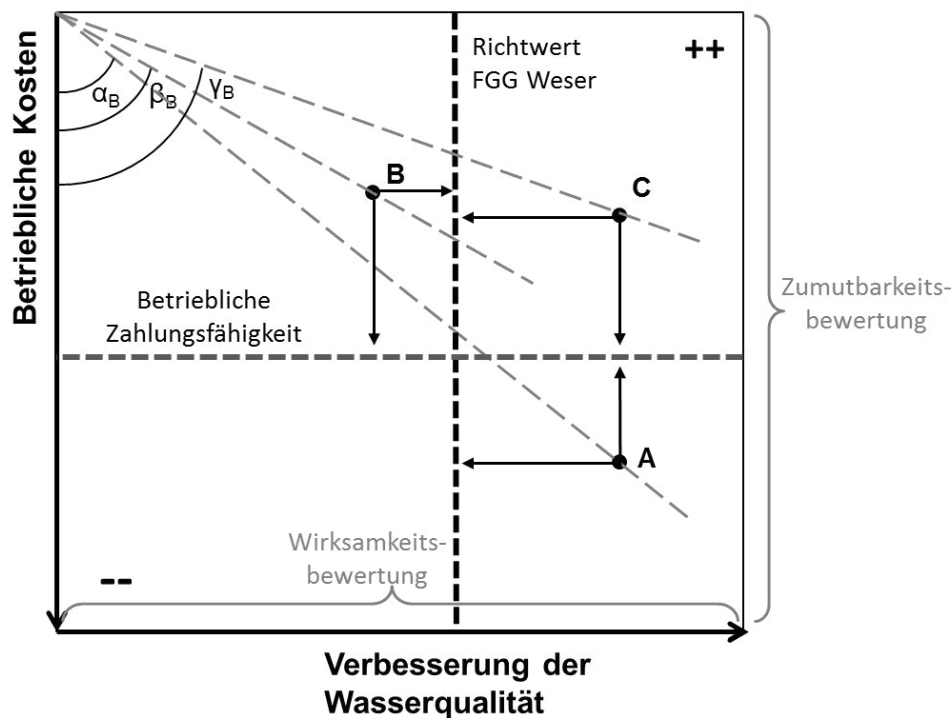
In Deutschland wird der „Leipziger Ansatz“ in Bezug auf die Bewertung der Verhältnismäßigkeit vorgeschlagen. Ungeachtet der schon zuvor getroffenen Äußerungen (s. Abschnitt 2.3 „Verhältnismäßigkeit“), bei denen begründet wurde, dass der Ansatz für das Problem der Salzeinleitungen nicht angewendet werden kann, wird auch hier implizit auf Zumutbarkeit eingegangen. Mit der Ableitung von Kostenschwellen aus öffentlichen Ausgaben für die Wasserwirtschaft der vergangenen Jahrzehnte wird implizit die Zahlungsfähigkeit der Haushalte mit integriert (vgl. Ammermüller et al. 2011, Klauer et al. 2015).

Aus den Diskussionen lassen sich Entwicklungstrends ableiten, die der Bedeutung der Zumutbarkeit als Prüfkriterium langfristig zukommen könnte. Es kann als

- vorläufiges Prüfkriterium beim Design von Maßnahmenbündel,
- gesellschaftliches Benchmark für die maximale Belastung durch Maßnahmen, indem strukturelle Konsequenzen über ein gewisses Niveau ausgeschlossen werden,
- pragmatisches Bewertungskriterium im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung und
- als Ergänzungskriterium zur Bewertung der Zumutbarkeit

dienen. Letztendlich geht es um eine politische Bewertung, die auf ökonomischen Informationen beruht.

Für das Gutachten wurde folgende methodische Herangehensweise gewählt. Es wird die Zumutbarkeit der Maßnahmen für K+S untersucht. Hierzu werden die betrieblichen Kosten der Maßnahmen ermittelt und mit Indikatoren für die Zahlungsfähigkeit verglichen. Dies ist in Abbildung 17 dargestellt. Es wird davon ausgegangen dass die Zahlungsfähigkeit von K+S unabhängig von der Wirksamkeit der Maßnahmen ist, da aus Sicht von K+S die Verbesserung der Wasserqualität externe Effekte darstellen.



**Abbildung 17: Methodische Herangehensweise zur Bewertung der Zumutbarkeit**

Die Zahlungsfähigkeit von K+S wurde nicht mit einem festen Wert belegt, sondern es wurde untersucht, bei welcher maßnahmenbedingten Belastung maßgebliche betriebliche Verwerfungen zu vermuten sind, die zu betrieblichen Verwerfungen und Betriebsstillegungen führen könnten. Mit diesem

Focus auf betriebliche Verwerfungen wurde auf eine vergleichsweise enge Interpretationen der Zahlungsfähigkeit verzichtet, wie sie z. B. in Frankreich mit der Vorgabe erfolgt, dass die Belastung der Unternehmen kleiner als 3% des gross operating margin (Bruttogewinn oder Deckungsbeitrag) betragen soll (EC 2014; WG Economics 2015). Zugleich wurden Indikatoren für betriebliche Maßnahmenkosten herangezogen, die der spezifischen Situation des Bergbaus und der Maßnahmen gerecht werden; hier spielen fixe Kosten und Kapitalkosten der Maßnahmen (Abschreibung und Verzinsung) eine maßgebliche Rolle.

Mit der Betrachtung der Zumutbarkeit als Bewertung, inwieweit die Maßnahmen mit dem Risiko von Betriebsschließungen verbunden sein könnten, wurde die Zumutbarkeitsfrage in direkten Bezug zur Verhältnismäßigkeit gesetzt. Denn zugleich wurde untersucht, wie eine Betriebsschließung als Maßnahme im Hinblick auf die Wirksamkeit, Öko-Effizienz und Verhältnismäßigkeit einzuordnen ist:

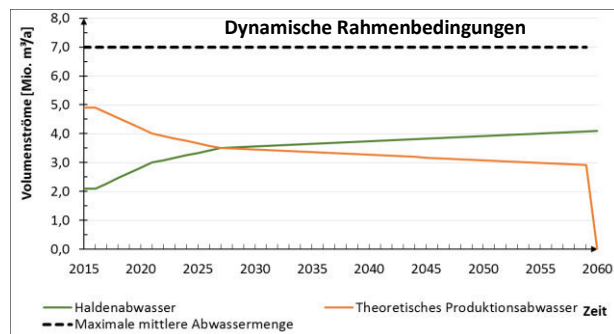
- Ist eine Maßnahme unzumutbar und führt zu Betriebsschließung und ist diese Betriebsschließung im Hinblick auf die gesellschaftlichen Kosten und Nutzen unverhältnismäßig, dann ist die Zumutbarkeit notwendige Voraussetzung der Verhältnismäßigkeit.
- Ist eine Maßnahme unzumutbar und führt zu Betriebsschließung, ist aber eine Betriebsschließung im Hinblick auf die gesellschaftlichen Nutzen und Kosten verhältnismäßig, dann sind beide Kriterien unabhängig voneinander. In diesem Fall müssen die politischen Entscheidungsträger festlegen, welches Gewicht Sie der Zumutbarkeitsbewertung beimessen.

Die Kopplung der Zumutbarkeit und Verhältnismäßigkeit der Szenarien wurde geprüft. Die betriebliche Öko-Effizienz liefert im Zusammenhang mit der Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen erste Hinweise für die Zumutbarkeit. Die Maßnahmen, die eine größere Öko-Effizienz aufweisen und wirksam sind, sind auch eher zumutbar als die Maßnahmen ähnlicher Wirksamkeit, die weniger öko-effizient sind.

### 3 Zusammenfassung der Kernergebnisse der Öko-Effizienz-Analyse – Teil 1

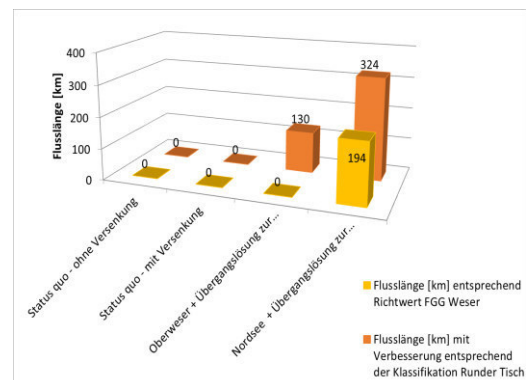
Die Öko-Effizienz-Analyse – Teil 1 stellte eine wichtige Vorstufe für die hier weitergeführten Untersuchungen dar. Sie ist vollständig im Anhang angefügt. Im Folgenden werden zentrale Kernaussagen aufgeführt:

- [1] Die Ergebnisse des ersten Teils der ÖEA haben maßgeblich die Entwicklung weiterer, an den Zielsetzungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie angepasster Szenarien begründet.
- [2] Vier Hauptszenarien wurden für den Zeitraum von 2015 bis 2060 (Einstellung des Salzabbaus) mit Hilfe der ÖEA untersucht:
  - **Werra-Szenarien:** Status-quo – ohne Versenkung (Versenkungsstopp ab 2015); Status-quo – mit Versenkung;
  - **Oberweser-Pipeline** – mit Übergangsregelung zur Versenkung bis 2021;
  - **Nordsee-Pipeline** – mit Übergangsregelung zur Versenkung bis 2021.
- [3] Folgende Nebenszenarien wurden anhand von Analogieschlüssen bzw. mengenbilanziellen Untersuchungen geprüft: Werra (Richtwerte FGG Weser) – ohne Versenkung, Oberweser-Pipeline – ohne Versenkung, Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) – ohne Versenkung, Oberweser-Pipeline (Richtwerte FGG Weser) – mit Übergangsregelung zur Versenkung, Nordsee-Pipeline – ohne Versenkung.
- [4] Die Bewertung der Szenarien erfolgte unter Annahme von dynamischen Rahmenbedingungen im Hinblick auf (s. Abbildung 18):
  - Zunahme der Haldenabwässer bis 2060;
  - Abklingen der diffusen Einträge nach Einstellung der Versenkung;
  - Betriebliche Innovationen zur stetigen Reduzierung der Produktionsabwässer (Begrenzung der Halden- und Produktionsabwässer auf insgesamt 7 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr).



**Abbildung 18: Entwicklung des Abwasseranfalls der Produktion und von den Halden** (Quelle: ÖEA, Teil 1)

- [5] Nach Beendigung des Salzabbaus bleibt die Notwendigkeit bestehen, das Haldenabwasser weiter zu entsorgen. Im Falle der Oberweser- bzw. der Nordsee-Szenarien ist eine Rückverlegung der Einleitung in die Werra aufgrund des Verschlechtsverbotes und der Verletzung der Richtwerte der FGG Weser nicht möglich. Demzufolge wären die Pipelines weit über den Bewertungszeitraum hinweg zu betreiben. Es fallen „Ewigkeitslasten“ an.



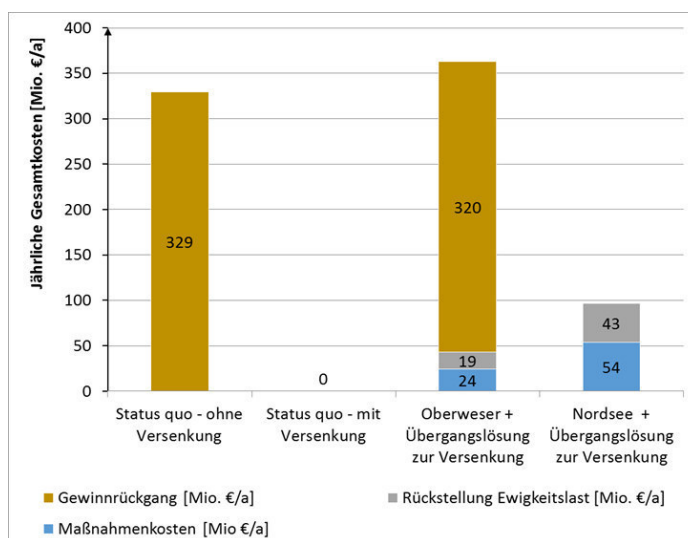
**Abbildung 19: Wirksamkeit der Szenarien auf Gewässerzustand 2027** (Quelle: ÖEA, Teil 1)

Mit keiner der untersuchten Szenarien können im Jahr 2027 die Richtwerte der FGG Weser für den „guten Zustand“ (Chlorid, Kalium und Magnesium) in allen Wasserkörpern in der Werra und der Weser erreicht werden (s. Abbildung 19). Beim Nordsee-Szenario werden die Richtwerte der FGG-Weser in drei Wasserkörpern (194 km) im Unterlauf der Weser erreicht. Beim Oberweser-Szenario wird in

keinem Wasserkörper der Richtwert erreicht. Verbesserungen in Bezug auf die Orientierungswerte des Runden Tisches werden bei beiden Pipeline-Szenarien erreicht.

[6] Die betrieblichen Gesamtkosten der Szenarien (s. Abbildung 20) wurden beeinflusst durch:

- die Maßnahmenkosten für Bau und Betrieb der Pipeline. Dieser Kostenblock war insbesondere für die Nordsee-Pipeline relevant.
- Produktionseinschränkungen, um Entsorgungsdefizite auszugleichen. Dieser Effekt beeinflusst maßgeblich die Gesamtkosten bei kurzfristigem Versenkungsstopp (Status quo – ohne Versenkung) sowie bei der Einleitung in die Oberweser (Oberweser + Übergangslösung zur Versenkung).
- Rückstellungen für Ewigkeitslasten aus dem Pipelinebetrieb nach der Produktionsphase, um das langfristig anfallende Haldenabwasser unter Berücksichtigung des Verschlechterungsverbotes zu bewirtschaften. Die Pipeline-Lösungen erfordern maßgebliche Rückstellungen.

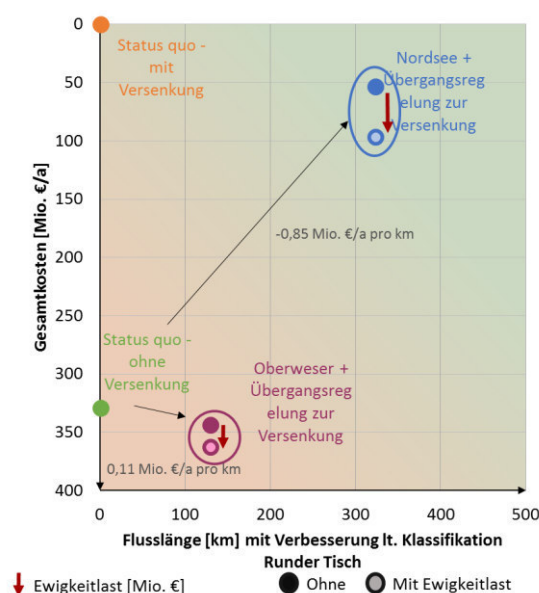


**Abbildung 20: Jährliche Gesamtkosten der Maßnahmen** (Quelle: ÖEA, Teil 1)

[7] Im Rahmen der Öko-Effizienz-Betrachtung für 2027 wurden unter anderem die Gesamtkosten und die Reduzierung der Salzbelastung betrachtet sowie ergänzend die Treibhauswirkung berücksichtigt (s. Abbildung 21). Das Nordsee-Szenario erwies sich als kosteneffizienter und ökoefizienter als die Oberweser-Pipeline.

[8] Zur Vorbereitung auf die Verhältnismäßigkeitsprüfung wurde insbesondere die Zumutbarkeit der Maßnahmen bewertet: Hierbei wurde unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Zahlungsfähigkeit untersucht, wie K+S wahrscheinlich auf die Maßnahmen reagieren würde:

- Bei einer Finanzierung nach dem Verursacherprinzip hat K+S die Maßnahmenkosten zu tragen. Durch den Bau und den Betrieb der Nordsee-Pipeline sowie die anzusparenden Ewigkeitslasten entstehen Kosten in Höhe von schätzungsweise 60% bis fast 100% des durchschnittlichen jährlichen „Economic value added“ (betrieblicher Mehrwert) der Jahre 2011-2013: somit würde der überwiegende Teil der betrieblichen Wertschöpfung verloren gehen.



**Abbildung 21: Öko-Effizienz-Analyse für 2027** (Quelle: ÖEA, Teil 1)

- Im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeit des Oberweser-Pipeline-Szenarios sind die Kosten infolge von Produktionseinschränkungen betriebswirtschaftlich nicht darstellbar, da sie den durchschnittlichen Mehrwert bei weitem übersteigen und daher sehr wahrscheinlich zu ei-

ner Einstellung des Bergbaus führen würden. Dies gilt auch für das Szenario „Status-quo ohne Versenkung“.

- Werden die Ausgaben, die im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie im Bewirtschaftungsplan Hessen (2009-2015) für den Zeitraum 2001 bis 2027 angesetzt wurden, herangezogen, so zeigt sich, dass bei der Nordsee- und der Oberweser-Pipeline die spezifischen Kosten der Salzabwasserentsorgung selbst ohne Berücksichtigung der Ewigkeitslasten deutlich höher liegen als die spezifischen Kosten der anderen Maßnahmen zur Umsetzung der WRRL.

[9] Die Öko-Effizienz-Analyse – Teil I zeigt die Ansatzpunkte und Grenzen der untersuchten Szenarien auf. Es ergibt sich die Forderung nach Weiterentwicklung der Maßnahmen: Geeignete Lösungen erfordern unter Beachtung des „Verschlechterungsverbots“ und des „Minimierungsgebotes“ die Veränderung der Rahmenbedingungen gegenüber den untersuchten Szenarien. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse bietet es sich an, innovative Maßnahmenoptionen und Rahmenbedingungen zu analysieren:

- Verringerung des spezifischen Abwasseranfalls aus der Produktion;
- Stabilisierung/Reduzierung des Haldenabwassers;
- Stabilisierung/Reduzierung der diffusen Einträge;
- Reduzierung der „Ewigkeitslasten“ durch Reduzierung der langfristig anfallenden Haldenabwässer.

## 4 Öko-Effizienz-Analyse – Teil II

### 4.1 Methodisches Vorgehen

#### 4.1.1 Bewertungsablauf und Änderungen gegenüber der Öko-Effizienz-Analyse – Teil I

Zur Bewertung der Szenarien wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. In Reaktion auf den Teil I der ÖEA wurden durch die Länder der FGG Weser neue Szenarienvorschläge erarbeitet, in denen die Vermeidung, Verminderung und Verwertung von festen und flüssigen Salzabfällen vorrangig sind;
2. Diese wurden einer Vorbewertung (Screening) unterzogen. Unter Bezugnahme auf die Erkenntnisse aus dem Teil I der ÖEA wurden die Wirkungen der Szenarien abgeschätzt und Modifikationen vorgeschlagen;
3. Die modifizierten Szenarien wurden mit Hilfe der in Abschnitt 2 beschriebenen Öko-Effizienz-Analyse in Hinblick auf deren Wirksamkeit, Kosteneffizienz, Verhältnismäßigkeit und Zumutbarkeit bewertet;
4. Ergänzend wurde die Marktsituation von K+S untersucht, die die Bewertung der Zumutbarkeit begründet und ergänzt;
5. Die Bewertung wurde durch eine Analyse der Unsicherheiten abgeschlossen.

Auf der Grundlage der Bewertungsergebnisse werden Ansatzpunkte zur Optimierung der Maßnahmen und zur Vermeidung von Risiken erarbeitet.

Gegenüber dem Teil I der Öko-Effizienz-Analyse ergeben sich folgende Unterschiede:

- Es wird die umfassendere, im Abschnitt 2 beschriebene Bewertungsmethode genutzt.
- Bezüglich der Daten und bewertungsrelevanten Annahmen wird auf dem aktuellen Erkenntnis- und Diskussionsstand aufgebaut. Dieser unterscheidet sich von den im Rahmen der Öko-Effizienz-Analyse – Teil I genutzten Datengrundlagen, ohne dass hierdurch die Kernaussagen der ersten Studie hinfällig werden.
- Die Bewertungszeiten und -perioden werden verändert.

Ziel ist es, mit der Bewertung alle Effekte, die durch die Maßnahmen induziert werden, zu integrieren und zu berücksichtigen.

#### 4.1.2 Bewertungshorizont und Bezugsraum

Es werden mehrere Bewertungszeiträume und Bewertungszeitpunkte integriert. Der enge Bewertungszeitraum umfasst mit 2016 bis 2075 die Periode vom Beginn der Maßnahmen bis zur Beendigung betrieblicher Maßnahmen durch K+S. Der weite Bewertungszeitraum umfasst die Periode der Ewigkeitslasten und reicht von 2016 bis 2575. Nur dieser Bewertungszeitraum ist geeignet, alle Maßnahmeneffekte zu berücksichtigen.

Innerhalb des Bewertungszeitraumes werden die Ergebnisse in Zeitschnitten dargestellt, so dass die Wirkung der Szenarien bis 2021 (Ende der zweiten Bewirtschaftungsperiode) und 2027 (Ende der dritten Bewirtschaftungsperiode) abgelesen werden können. Eine alleinige Betrachtung dieser Bewertungsschritte wird als methodisch unzulässig abgelehnt, auch wenn eine verengte Interpretation der Anforderungen der WRRl dies zu fordern scheint.

Folgende Gründe verbieten eine zeitlich verkürzte Bewertung:

- Die bergbauspezifische Langfristigkeit von Maßnahmen erfordert adäquate Bewertungshorizonte. Sinnvolle Maßnahmenoptionen müssen den gesamten Abbauphase und die danach notwendige Rückbau- und Stilllegungsphase berücksichtigen.

- Aufgrund der Pfadabhängigkeit von Maßnahmenoptionen engen gegenwärtige Entscheidungen zukünftige Handlungskorridore ein. Teilmaßnahmen eines Szenarios bauen aufeinander auf und ergänzen sich. Daher müssen langfristige Konsequenzen aus gegenwärtigen Entscheidungen mit berücksichtigt werden.
- Bewertungseffekte treten langfristig auf. Die Szenarien unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Auswirkungen über einen extrem langfristigen Zeitraum (Annahme bis 2575).
- Eine Nichtberücksichtigung von Wirkungen, die nach 2027 auftreten, widerspricht der Kernidee der WRRL als Ansatz für einen integrierten Gewässerschutz, wie er in der Präambel der EU-WRRL, z. B. in Abs. 9 formuliert wird.

Der Bezugsraum für die ökologischen Wirkungen auf die Gewässer sind die Wasserkörper, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind. Da außerhalb dieser Wasserkörper (mit Ausnahme der Nordsee) keine weiteren gewässerrelevanten Effekte auftreten und alle Wasserkörper in Deutschland liegen, entspricht der Bezugsraum zugleich dem Bezugsraum Deutschland. Der Wasserkörper DENI 08001 wurde in einen Abschnitt oberstrom der potentiellen Einleitstelle einer Oberweser-Pipeline und den Abschnitt unterstrom der Einleitestelle unterteilt. Für letzteren wurde mit Boffzen ein fiktiver Pegel eingeführt. Beide Teile werden im Folgenden als separate Wasserkörper gezählt.

**Tabelle 6: In Bewertung einbezogene Wasserkörper**

Bezeichnung des Wasserkörpers	Name des Wasserkörpers	Name des Pegels
DEHE_41.4	Werra Philippsthal + mittl. Werra von Tiefenort bis Vacha	Vacha
DETH_41_68+129	Unt. Werra bis Heldrabach	Gerstungen
DEHE_41.2	Werra/Eschwege	Witzenhausen
DEHE_41.1	Werra Niedersachsen	Letzter Heller
DENI 08001	Weser oberhalb Diemelmündung	Hemeln
	Weser uh. Diemelmündung	uh. Diemelmündung/Boffzen
DENI 10003	Weser	Hess. Oldendorf
DENW4_200_242	Weser NRW	Porta
DENI 12001	Mittelweser von NWR bis Aller	Drakenburg
DENI_12046	Mittelweser von Aller bis Bremen	Hemelingen

Den Bezugsraum für die betriebliche Bewertung bilden die Werke Werra und Neuhof-Ellers. Der Bezugsraum für die volkswirtschaftlichen Effekte ist Deutschland. Für die ökologischen und die ökonomischen Effekte wurde kein internationaler Bezugsraum angesetzt. Zwar führen Maßnahmenoptionen – wie zum Beispiel das Stilllegungsszenario – zu Produktionsverlagerungen zugunsten von Konkurrenten von K+S im Ausland. Mit den Produktionsverlagerungen gehen Verlagerungen der Gewässerbelastungen und von Produktionserträgen einher. Potentielle Orte der Produktionsverlagerung sind Kanada, Russland und Weißrussland. Eine Einbeziehung dieser Effekte übersteigt jedoch den Anspruch der EU-WRRL als europäisches Regelwerk. Zugleich ist der Bewertungsaufwand unverhältnismäßig, da eine alternative Produktion im Ausland ökologisch und ökonomisch zu bewerten wäre.

## 4.2 Beschreibung der Szenarien

Der Teil II der Öko-Effizienz-Analyse greift die Maßnahmenentwürfe von den Ländern der FGG Weser auf, die auf der Grundlage der Ergebnisse des Teils I der Öko-Effizienz-Analyse entwickelt wurden. Maßgebliche Motivation und Ansatzpunkte der Weiterentwicklung war die Notwendigkeit

- den Abwasseranfall aus der Produktion zu verringern,
- das Haldenabwasser zu reduzieren und zu stabilisieren sowie
- die „Ewigkeitslasten“ (Gewässerbelastung; Kosten) zu berücksichtigen.

Damit erfolgt ein Schritt weg von einer „End-of-Pipe-Lösung“ hin zu einer nachhaltigen, prozessorientierten Konzeption.

### 4.2.1 Szenarienentwürfe der FGG Weser

Die drei Szenarienentwürfe der FGG Weser unterscheiden sich durch den Ort der Einleitung des Salzabwassers (Werra; Oberweser; Nordsee) und durch unterschiedliche Maßnahmen zur Verringerung der Abwassermenge (s. Abbildung 22):

- **4-Phasen-Plan** (Temporäre Oberweser-Pipeline)

(Entwurf des 4-Phasen-Plans Hessen, 07.10.2014): Einleitung von Teilmengen in die Werra mit Übergangsregelung zur Versenkung; Stopp der Versenkung ab 2021; Errichtung KKF-Anlage; Oberweser-Pipeline (in Betrieb ab 2021); Haldenabdeckung ab 2031 (ca. 60% der Haldenfläche; 2 Halden werden vollständig abgedeckt); Rückverlegung der Salzeinleitung von der Oberweser in die Werra ab 2060.

- **Temporäre Nordsee-Pipeline**

(NRW, 24.11.2014): Übergangsregelung zur Versenkung; Stopp der Versenkung ab 2021; Errichtung KKF-Anlage; Nordsee-Pipeline (in Betrieb ab 2021), Haldenabdeckung ab 2021 (100% der Gesamtfläche; 3 Halden werden vollständig abgedeckt); Rückverlegung der Salzeinleitung von der Nordsee in die Werra ab 2060.

- **Produktionsstreckung**

(Niedersachsen, 24.11.2014): Stopp der Versenkung ab 2015; Errichtung KKF-Anlage; Errichtung weiterer Stapelbecken; stufenweise Absenkung der Grenzwerte am Pegel Gerstungen; ab 2021 Verminderung der Förderung → Streckung der Produktion über 2060 hinaus.

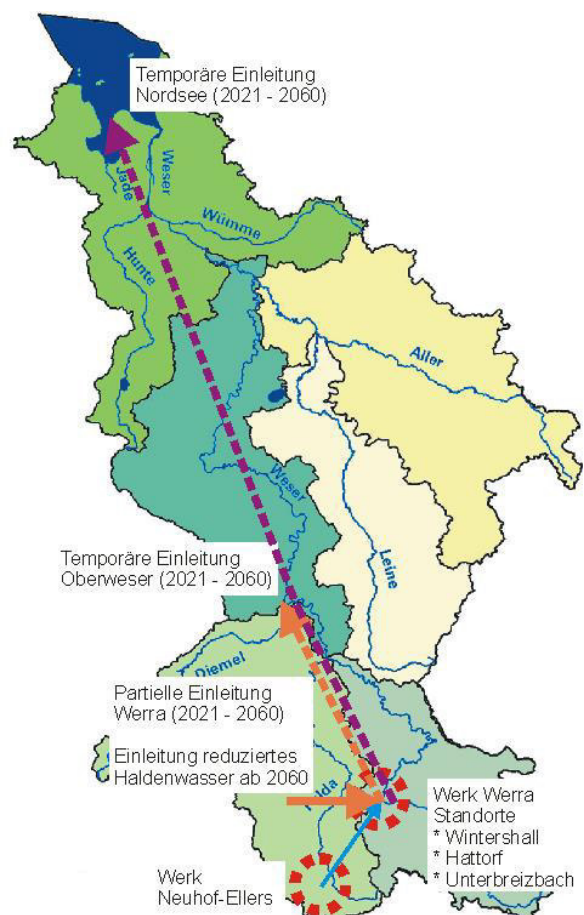


Abbildung 22: Szenarien der Öko-Effizienz-Analyse, Teil II

#### 4.2.2 Vorprüfung und Weiterentwicklung der Szenarien

Die Szenarien-Entwürfe wurden im Rahmen einer Vorbewertung (Screening) daraufhin überprüft, inwieweit sie

- vor dem Hintergrund der in Teil I der ÖEA gewonnenen Erkenntnisse realisierbar sind,
- hinsichtlich der ökologischen Wirksamkeit verbessert werden können und
- zeitlich optimiert oder innovative Maßnahmen integriert werden können.

##### 4.2.2.1 Produktionsstreckung/-einschränkung

Eine Produktionsstreckung/-einschränkung greift in die Kernbereiche strategischer Unternehmensentscheidung ein (Planung der Produktionsmengen), indem sie Vorgaben zum Produktionsumfang und zur zeitlichen Dynamik der Produktion trifft. Somit wird der betriebliche Entscheidungsspielraum zur Art und Weise der Produktion minimiert.

Produktionseinschränkungen haben erhebliche finanzielle Auswirkungen für das Unternehmen: Einnahmen brechen weg, die bergbautypischen hohen Fixkosten jedoch bleiben bestehen. Kali-Bergbau ist durch hohe Fixkosten gekennzeichnet. Daher bestehen hier Anreize, die Produktionskapazität umfassend auszulasten, damit die Fixkosten zeitnah amortisiert werden (Preuss 2014 nach Berbner 2011). Das Produktionsstreckungsszenario schreibt demgegenüber die Unterauslastung der Produktionskapazitäten zwangsweise vor.

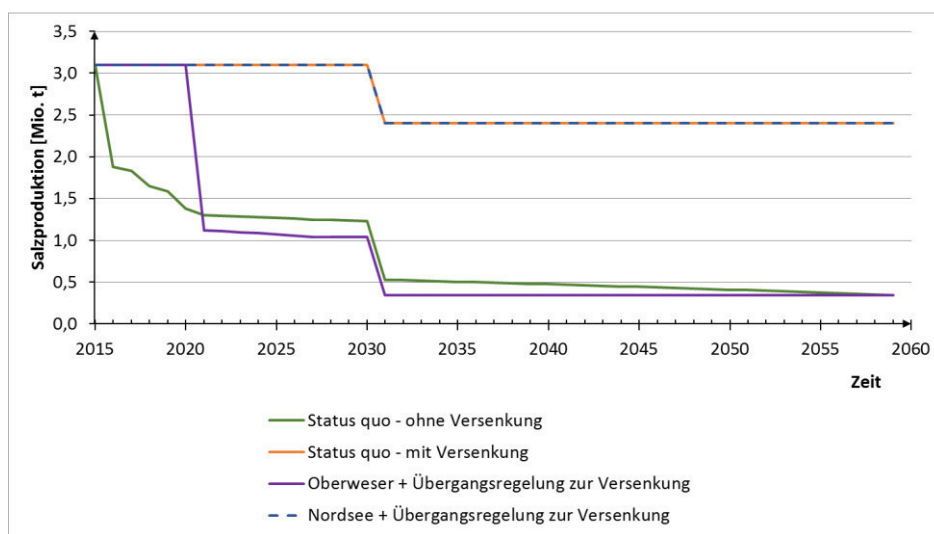
Im Szenario Produktionsstreckung wird von einem Versenkungsstopp im Jahr 2015 ausgegangen. Die Wirkung dieses Schrittes wurde im Teil I der Öko-Effizienz-Analyse untersucht. Hierbei zeigte sich am Beispiel des Szenarios Status-quo ohne Versenkung,

- dass ein Versenkungsstopp zu einem sofortigen Entsorgungsdefizit bezüglich des Produktionsabwassers von 2,5 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr führt, das sich über die Zeit verschärft, da das Volumen der Haldenabwässer ansteigt (s. Tabelle 7).
- dass der sofortige Rückgang der Salzproduktion um ca. 1 Mio. t/a zu einem Rückgang des betrieblichen Ertrages („Gewinn“) um 220 Mio. €/a führt und diese Verluste mit zunehmendem Entsorgungsdefizit weiter steigen. Das Werk Werra ist in diesem Fall unwirtschaftlich, es kann nur noch mit Verlusten betrieben werden (s. Abbildung 23 und Abbildung 24).

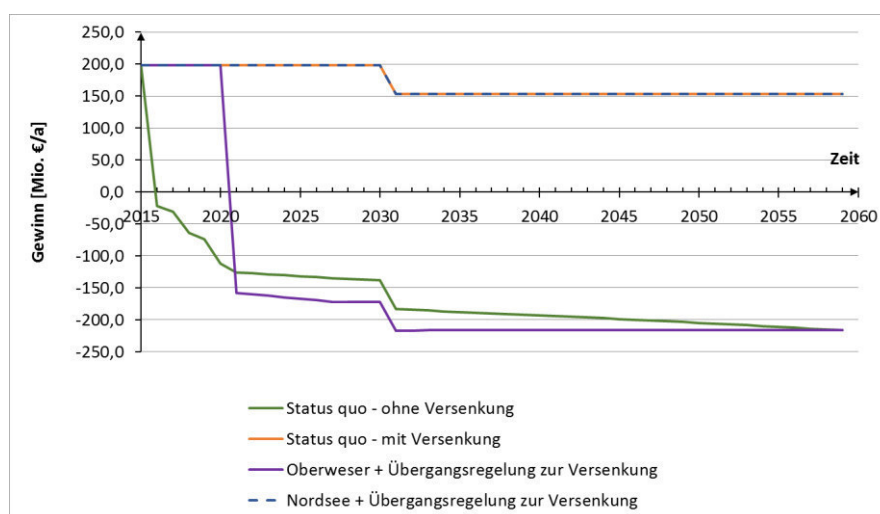
Selbst eine Einführung der KKF-Anlage im Nachgang (2018), die mit einer Einsparung von 1,8 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr Produktionsabwasser verbunden ist und die in der ÖEA-Teil I nicht in dieser Form berücksichtigt wurde, reicht nicht aus, diese Defizite (s. Tabelle 7) auszugleichen. Im Ergebnis der Vorbewertung (Screening) wurde auf der Grundlage dieser Argumente das Szenario Produktionsstreckung/-einschränkung verworfen und durch das Szenario der Betriebsstilllegung ab 2015 ersetzt.

**Tabelle 7: Entsorgungsdefizite in den ausgewählten Szenarien (Quelle: ÖEA, Teil I)**

Szenario	ab 2016	bis 2020	ab 2021	ab 2027	bis 2059	ab 2060
Status quo - ohne Versenkung	2,5	3,0	3,0	2,7	2,5	0,0
Status quo - mit Versenkung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oberweser mit Übergangsregelung zur Versenkung	0,0	0,0	3,3	3,0	2,5	0,0
Nordsee mit Übergangsregelung zur Versenkung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

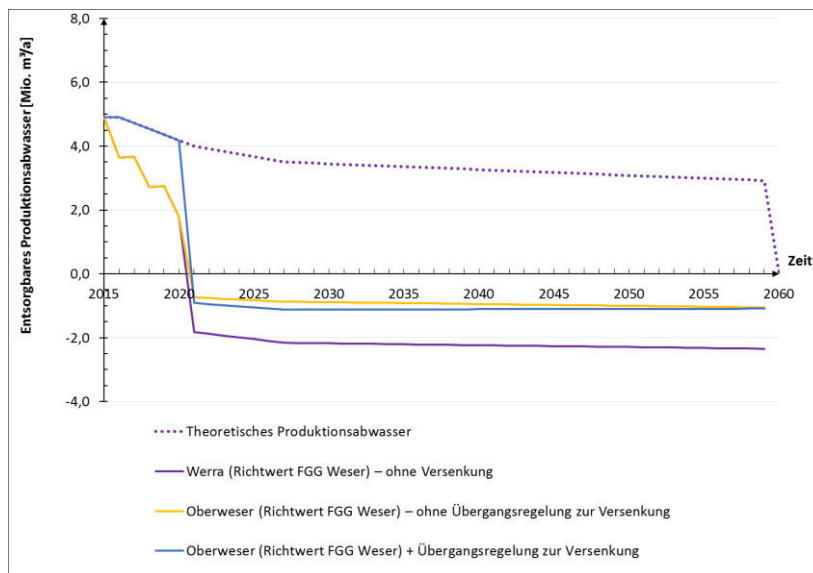


**Abbildung 23: Entwicklung der Salzproduktion für Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach (Quelle: ÖEA, Teil I)**



**Abbildung 24: Entwicklung des Gewinns für Wintershall, Hattorf und Unterbreizbach (Quelle: ÖEA, Teil I)**

Im Teil I der ÖEA wurden in einem Nebenszenario die betrieblichen Auswirkungen beschrieben, die sich bei einer Verringerung der Chlorid-Grenzwerte auf die Richtwerte der FGG Weser von 300 mg Cl/l ab 2021 in der Werra ergeben. Mit der Einführung der Grenzwerte von 300 mg/l müsste das Werk Werra eine negative Produktionsabwasserbilanz aufweisen, d.h. es müsste während der Produktion Haldenabwasser verbrauchen, denn die Richtwerte der FGG Weser würden nicht einmal die Ableitung der Haldenabwässer erlauben (s. Abbildung 25).



**Abbildung 25: Entsorgungskapazität von Produktionsabwasser unter Annahme von zulässigen Salzkonzentrationen am Einleitort (Quelle: ÖEA, Teil I)**

Fazit: Das Szenario Produktionsstreckung/-einschränkung führt zu extremen betrieblichen Verwerfungen und letzten Endes zu einer Stilllegung des Werkes Werra. Das Szenario wird daher in dieser Form aus der weiteren Bewertung ausgegliedert. Im Sinne von Maßnahmenoptionen bleibt bzgl. des Szenarios die Frage offen, inwieweit eine Stilllegung des Werkes Werra eine wirksame, kosteneffiziente und verhältnismäßige Maßnahme darstellt. Diese Frage wird bei der Bewertung aufgegriffen (s. Abschnitte 4.3 ff).

#### 4.2.2.2 4-Phasen-Plan (10.2014)

Die Grundidee des 4-Phasen-Plans vom 7. 10. 2014 (Temporäre Oberweser-Pipeline) liegt gegenüber der in Teil I der ÖEA untersuchten Oberweser-Pipeline darin, dass zwischen 2021 und 2060 zwei Einleitpunkte genutzt werden. Das Screening ergab folgende Ansätze zur Weiterentwicklung des Entwurfes:

Im Entwurf war die Einleitesteuerung dahingehend ausgelegt worden, dass eine lokale Einleitung in die Werra maximiert und nur die restlichen Abwässer in die Oberweser eingeleitet werden. Im Sinne einer maximalen Entlastung von Oberflächenwasserkörpern wird vorgeschlagen, das Steuerungsregime dahingehend zu verändern, dass die Einleitungen in die Werra minimiert und die Einleitung in die Oberweser maximiert werden. Die Machbarkeit wurde durch K+S und SYDRO bestätigt. Hierdurch ergeben sich positive ökologische Wirkungen für die Werra ohne ökologische Nachteile für die Weser.

Im Entwurf wurde von einem Beginn der Haldenabdeckung ab 2031 ausgegangen. In Abstimmung mit dem HMUKLV wird davon ausgegangen, dass diesbezüglich Optimierungspotentiale bestehen. In der weiteren Bewertung wird daher mit einem vorgezogenen Beginn der Haldenabdeckung ab 2021

ausgegangen. Weiterhin wird vorgeschlagen, dass Innovationen zur Haldenabdeckung, wie ein selektiver Erosionsschutz, die Gestaltung der Haldenkörper, Anspritzverfahren, die Abdeckung der Haldentops sowie die Separation von Abwasserströmen geprüft und ggf. genutzt werden sollen.

Der Entwurf des 4-Phasen-Plans sah vor, dass mit den Halden Hattorf und Wintershall zwei von drei Halden abgedeckt werden. Die Halde Neuhoof-Ellers war nicht für eine Abdeckung vorgesehen. In Abstimmung mit dem HMUKLV wird zur langfristigen Minimierung der Salzwassereinleitung angenommen, dass alle drei Halden abgedeckt werden. Da die Abdeckung erst nach der Konsolidierung des Haldenkörpers möglich ist, wird davon ausgegangen, dass bis 2060 (Produktionsende) nur die alten Haldenteile abgedeckt sind. Bis 2075 werden dann die Halden vollständig (zu 100%) abgedeckt.

Weiterhin wird angenommen, dass im Falle der Umsetzung des 4-Phasen-Plans die wirtschaftlichen Innovationsmöglichkeiten ausgeschöpft werden. Mögliche Ansätze werden in der Entwicklung innovativer Abbau- und Produktionsverfahren, selektiver Verfahren der Separierung und in der Produktentwicklung gesehen, die zu einer Verringerung der flüssigen und festen Rückstände beitragen.

Zugleich wird ein flankierendes Monitoring eingeführt, um die Entwicklungen zu dokumentieren. Hierzu zählen die Fortschreibung der Eckdaten, die Beschreibung und Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen und Versuche sowie die Erfassung und Dokumentation der Wirkungen der durchgeführten Maßnahmen.

#### *4.2.2.3 Temporäre Nordsee-Pipeline*

Die Entwurf des Szenarios „Temporäre Nordsee-Pipeline“ deckt sich in Bezug auf die Rahmenbedingungen (Übergangsregelung zur Versenkung; KKF-Anlage; Haldenabdeckung) mit dem Vier-Phasen-Plan (Temporäre Oberweser-Pipeline). Zugleich sollen auch bei Umsetzung dieser Maßnahmenoption weiterführende Innovationen, wie sie für den 4-Phasen-Plan beschrieben wurden, aufgegriffen werden um die Einleitmenge in die Nordsee zu minimieren.

Bei der Rückverlegung der Einleitstelle nach Produktionsende im Jahr 2060 ist darauf zu achten, dass keine Verschlechterung der Gewässerqualität in Werra/Weser auftritt. Dies kann ggf. durch entsprechende Veränderung der Einleitungen oder durch einen längeren Betrieb der Nordsee-Pipeline bis 2075 erreicht werden.

Die Bewertung der Zumutbarkeit der Nordsee-Pipeline hat in Teil I der ÖEA ein negatives Ergebnis geliefert. Im Falle der Unzumutbarkeit wäre mit einer Betriebsschließung zu rechnen. Denn ohne Perspektive zur langfristigen Entsorgung der Salzwässer ist es unwahrscheinlich, dass noch eine Verlängerung der Versenkungserlaubnis bis 2021 erfolgt.

#### *4.2.2.4 Szenario Betriebsstilllegung 2015*

Im Rahmen der Vorbewertung (Screening) wurde die Notwendigkeit deutlich, anstatt der Produktionsstreckung/-einschränkung ein Stilllegungsszenario zu entwickeln und vergleichend zu bewerten:

- Das Szenario „Produktionsstreckung/-einschränkung“ in seiner Form vom 24.11.2014 wird zur Stilllegung des Werkes Werra führen.
- Das Temporäre Nordsee-Szenario kann zur Stilllegung des Werkes Werra führen, wenn es sich als unzumutbar erweist.

Daher wird die Stilllegung des Werkes Werra als eigenständige Maßnahme aufgegriffen und im Hinblick auf Wirksamkeit, Kosten-Effizienz und Verhältnismäßigkeit mit bewertet. Hierbei wird davon ausgegangen, dass eine Stilllegung relativ zeitnah erfolgen würde (Annahme 2015). Verbleibende Salzwässer von den Halden werden dann lokal eingeleitet. Eine Haldenabdeckung findet nicht statt, da dies bisher im Rahmenbetriebsplan noch nicht vorgesehen ist und dementsprechend auch keine Rückstellungen zur Finanzierung dieser Maßnahmen durch K+S vorhanden sind.

Die Eckdaten und die Gewässerbelastung ohne Produktionsabwasser dokumentieren den Zustand, der sich bei einer Stilllegung der Produktion ab 2015 unter Berücksichtigung der diffusen Einträge und der weiteren Einleitung von Haldenabwasser ergibt.

#### 4.2.3 Eckdaten der Szenarien

Die Eckdaten und die Gewässerbelastung der Szenarien werden auf der Grundlage der Modellrechnungen von SYDRO für ausgewählte Zeitpunkte und Pegel erstellt. Zugleich erfolgt die Kontrolle, inwieweit die Zielwerte für den Pegel Boffzen (300 mg Cl/l; 20 mg K/l; 30 mg Mg/l) im Jahr 2027 erreicht werden.

##### 4.2.3.1 4-Phasen-Plan (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline

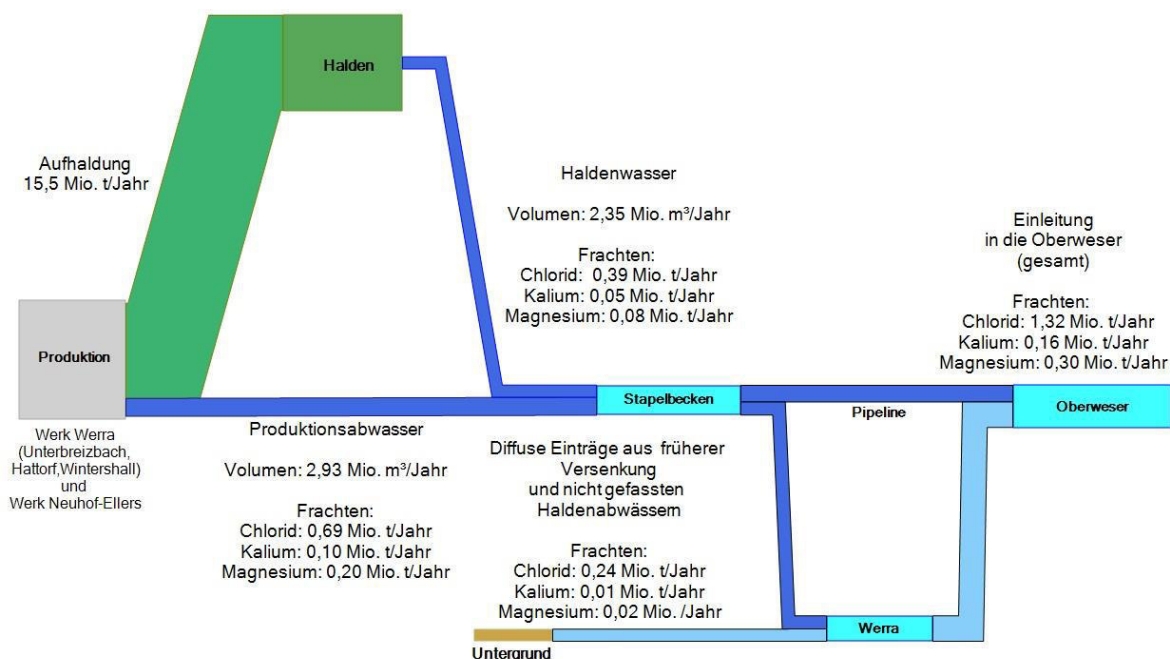
Die Mengenbilanz des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit einer temporären Oberweser-Pipeline (s. Tabelle 8 und Tabelle A 1 im Anhang) zeigt, dass der Abwasseranfall bereits während der Salzförderung stetig abnimmt. Das ist sowohl auf die Haldenabdeckung, auf das Auslaufen der Produktion in Unterbreizbach als auch auf die Stabilisierung des Prozessabwassers zurück zu führen. Der im Zeitraum bis 2027 ausgewiesene Überhang der Salzabwässer kann nach Aussage von K+S durch betriebliche Maßnahmen vermieden werden.

**Tabelle 8: Eckdaten des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline**

4-Phasen-Plan Eckdaten		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Anfall Prozessabwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,9	2,9	2,4	2,4	0,0	0,0
Anfall Haldenwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,5	2,3	2,2	1,7	1,3	0,8
Gesamtabwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,6	4,1	1,3	0,8
Stapelbecken Oberweser	Mio. m <sup>3</sup>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Stapelbecken Werra	Mio. m <sup>3</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Entwicklung Diffuse Einträge	Cl; K; Mg	100%	60%	40%	30%	30%	25%
Überhang Mittelwert	Mio. m <sup>3</sup> /a	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Einleitmenge Werra	Mio. m <sup>3</sup> /a	3,1	2,1	1,9	0,0	1,3	0,8
Einleitmenge Weser	Mio. m <sup>3</sup> /a	1,9	2,7	2,6	4,0	0,0	0,0
Summe	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,5	4,1	1,3	0,8

Nach Abschluss der Betriebsphase im Jahr 2060 wird die Pipeline aufgegeben. Die verbleibende Abwassermenge von rund 1,3 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr wird dann wieder in die Werra eingeleitet. Sofern im Monitoring festgestellt wird, dass diese Einleitung zu einer Verschlechterung des Gewässerzustandes in der Werra führt, kann die Pipeline für eine begrenzte Zeit weiter betrieben werden.

Die Abwasserbilanz des Entwurfs des 4-Phasen-Plans für das Jahr 2027 (s. Abbildung 26) zeigt, dass lediglich ein Teil des Produktions- und Haldenabwassers über die Pipeline in die Oberweser eingeleitet wird. Die diffusen Einträge und ein geringer Teil des Produktions- und Haldenabwassers werden über die Werra abgeleitet.



**Abbildung 26: Abwasserbilanz des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline für das Jahr 2027**

Mit dieser optimierten Einleitesteuerung wird ein Höchstmaß an Gewässerentlastung erreicht (s. Tabelle 9 und Tabelle A 2 im Anhang). Die Zielsetzungen der maximalen Gewässerbelastung am Pegel Boffzen werden jedoch verfehlt.

**Tabelle 9: Gewässerbelastung an ausgewählten Pegeln durch 4-Phasen-Plan (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline (Quelle: SYDRO Consult)**

Chlorid (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061 *	2075
Vacha	mg/l	512	391	291	241	241	216
Gerstungen	mg/l	1.743	1.229	905	673	719	378
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	503	431	439	427	201	127
Hemelingen	mg/l	310	283	288	284	155	134

Kalium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061 *	2075
Vacha	mg/l	19	17	13	11	11	10
Gerstungen	mg/l	148	100	82	63	82	16
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	48	46	45	47	19	8
Hemelingen	mg/l	36	35	35	37	26	17

Magnesium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061 *	2075
Vacha	mg/l	47	47	39	34	34	32
Gerstungen	mg/l	233	148	123	84	108	41
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	87	87	85	97	33	20
Hemelingen	mg/l	57	56	56	65	36	25

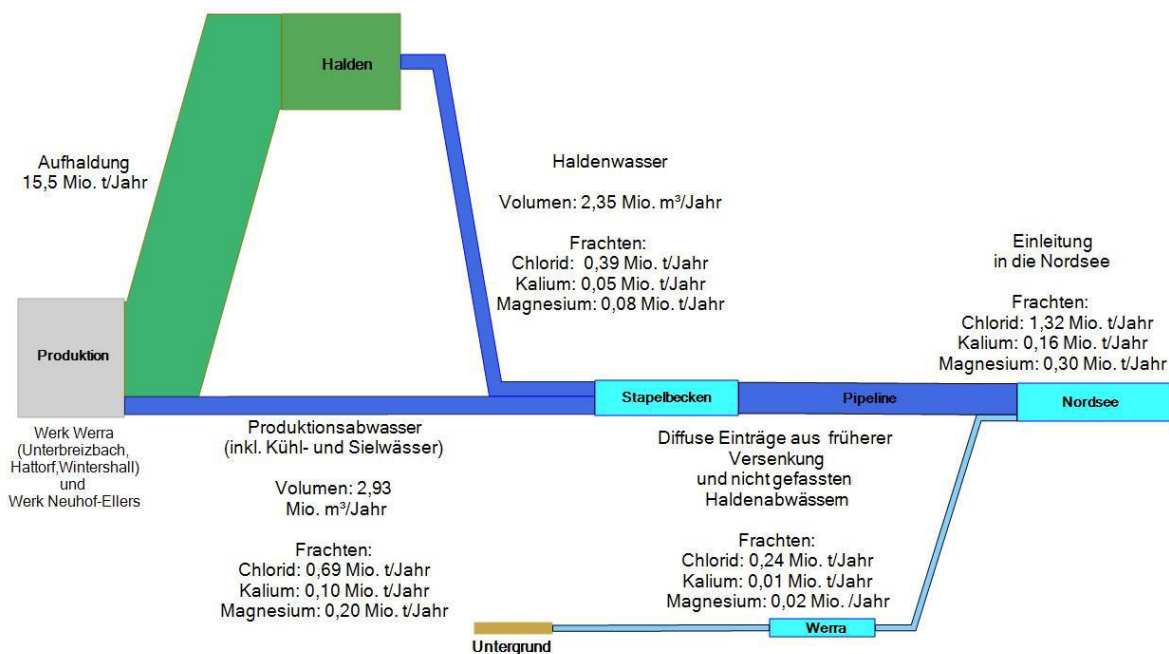
2061 \*: Verschlechterung; sie kann ggf. durch den längeren Betrieb der Pipeline vermieden werden

#### 4.2.3.2 Temporäre Nordsee-Pipeline

Der Abwasseranfalls des Szenarios „Temporäre Nordsee-Pipeline“ entspricht dem Abwasseranfall des 4-Phasen-Plans (10.2014). Das gesamte Abwasser aus der Produktion und von den Halden wird jedoch in die Nordsee abgeleitet (s. Tabelle 10 und Abbildung 27 sowie Tabelle A 3 im Anhang).

**Tabelle 10: Eckdaten der Temporären Nordsee-Pipeline**

Nordsee-Pipeline Eckdaten		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Anfall Prozessabwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,9	2,9	2,4	2,4	0,0	0,0
Anfall Haldenwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,5	2,3	2,2	1,7	1,3	0,8
Gesamt	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,6	4,1	1,3	0,8
Stapelbecken Werra	Mio. m <sup>3</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Entwicklung Diffuse Einträge	Cl; K; Mg	100%	60%	40%	30%	30%	25%
Überhang Mittelwert	Mio. m <sup>3</sup> /a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Einleitmenge Werra	Mio. m <sup>3</sup> /a	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,8
Einleitmenge Nordsee	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,6	4,1	0,0	0,0
Summe	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,6	4,1	1,3	0,8



**Abbildung 27: Abwasserbilanz der temporären Nordsee-Pipeline 2027**

Damit wird das Flusseinzugsgebiet Werra/Weser weitestgehend entlastet. Die Zielsetzungen der maximalen Gewässerbelastung an den Pegeln Gerstungen (Werra) und Boffzen (Oberweser) werden erreicht (s. Tabelle 11 und Tabelle A 4 im Anhang).

Die in der Tabelle 11 für das Jahr 2061 gegenüber 2046 ausgewiesenen Verschlechterungen können durch eine Verlängerung des Betriebs der Pipeline vermieden werden. Im Rahmen des Monitoring kann der mögliche Zeitpunkt dafür ermittelt werden.

**Tabelle 11: Gewässerbelastung an ausgewählten Pegeln durch Temporäre Nordsee-Pipeline**  
(Quelle: SYDRO Consult)

Chlorid (90-Perzentil) Pegel		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061 *	2075
Vacha	mg/l	512	391	291	241	241	216
Gerstungen	mg/l	1.542	1.043	797	673	719	378
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	306	227	187	167	201	127
Hemelingen	mg/l	213	178	161	152	155	134

Kalium (90-Perzentil) Pegel		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061 *	2075
Vacha	mg/l	19	16	12	11	11	10
Gerstungen	mg/l	96	75	66	63	82	16
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	20	16	15	14	19	8
Hemelingen	mg/l	22	21	20	20	26	17

Magnesium (90-Perzentil) Pegel		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2060 *	2075
Vacha	mg/l	47	47	39	34	34	32
Gerstungen	mg/l	138	107	92	84	108	41
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	35	29	27	26	33	20
Hemelingen	mg/l	31	29	28	28	36	25

2061 \*: Verschlechterung; sie kann ggf. durch den längeren Betrieb der Pipeline vermieden werden

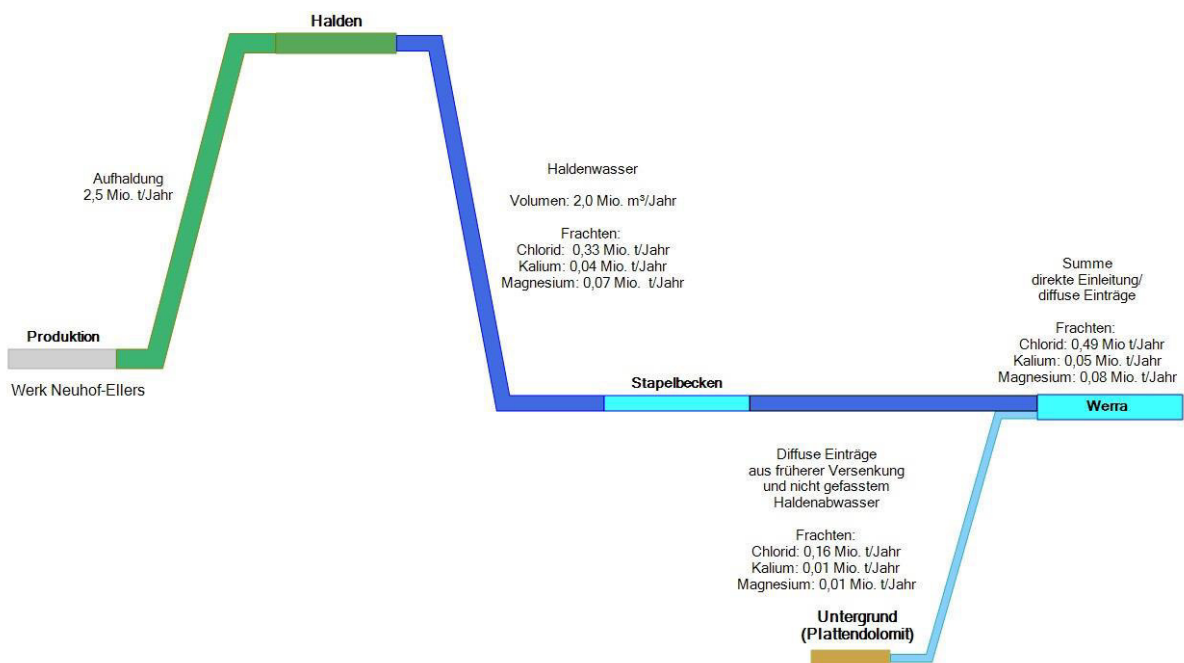
#### 4.2.3.3 Betriebsstilllegung 2015

Eine vorzeitige Betriebsstilllegung des Werkes Werra im Jahr 2015 wird dann erforderlich, wenn eine Übergangsregelung zur Versenkung ausgeschlossen wird und K+S die vorgegebenen Maßnahmen für unzumutbar erachtet. Für diesen Fall fällt zwar ab 2015 kein Produktionsabwasser mehr an, die Menge des Haldenabwassers bleibt jedoch langfristig ungefähr in einer Höhe von 2,0 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr, da keine Haldenabdeckung erfolgt. Die diffusen Einträge verringern sich aufgrund der mit der Betriebsstilllegung verbundenen Einstellung der Versenkung im Jahr 2015 (s. Tabelle 12 und Tabelle A 5 im Anhang). Es wird angenommen, dass Neuhof-Ellers bis ca. 2035 weiterproduziert. Dort fallen fast nur Produktionsrückstände zur Aufhaltung an (K+S Kali GmbH 2009).

**Tabelle 12: Eckdaten einer Betriebsstilllegung 2015**

Betriebsstilllegung Eckdaten		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Anfall Prozessabwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anfall Haldenwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Stapelbecken Werra	Mio. m <sup>3</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Entwicklung Diffuse Einträge	Cl; K; Mg	60%	40%	30%	30%	25%	25%
Überhang Mittelwert	Mio. m <sup>3</sup> /a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Einleitmenge Werra	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Summe	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Die gesamte Abwassermenge aus Haldenabwasser und aus diffusen Einträgen wird dauerhaft in die Werra eingeleitet (s. Abbildung 28). Deshalb bleibt es längerfristig dort bei einer relativ hohen Belastung (s. Tabelle 13 und Tabelle A 6 im Anhang). Die Zielwerte am Pegel Boffzen für das Jahr 2027 werden nicht erreicht.



**Abbildung 28: Abwasserbilanz der Betriebsstilllegung 2015 für das Jahr 2027**

**Tabelle 13: Gewässerbelastung an ausgewählten Pegeln durch Betriebsstilllegung (Quelle: SYDRO Consult)**

Chlorid (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	391	291	241	241	216	216
Gerstungen	mg/l	1.620	1.287	1.093	997	996	898
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	340	293	265	257	251	245
Hemelingen	mg/l	227	205	191	188	185	182

Kalium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	17	13	11	11	10	10
Gerstungen	mg/l	139	120	105	100	100	100
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	30	28	26	25	25	25
Hemelingen	mg/l	27	25	24	24	24	24

Magnesium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2060	2075
Vacha	mg/l	48	39	34	34	32	32
Gerstungen	mg/l	233	199	179	169	169	168
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	55	51	48	47	47	46
Hemelingen	mg/l	40	38	37	36	36	35

### 4.3 Bewertung der Wirksamkeit

Ausgangspunkt der Wirksamkeitsbewertung bilden die Modellergebnisse der Firma SYDRO Consult. Mit Hilfe der SYDRO-Modellierung wurden für jeden Wasserkörper die mittlere Salzkonzentration für die Ionen Chlorid, Kalium und Magnesium bereitgestellt. Die Ergebnisse wurden für die Jahre 2021, 2027, 2033, 2046, 2061 und 2075 ausgewiesen.

Zur Bewertung der Wirksamkeit wurden für jeden Zeitschritt die Ergebnisse der Salzbelastung der Wasserkörper für folgende 2 Parameter zugrunde gelegt:

- **Mittlere Verbesserung der Salzkonzentration gegenüber Ausgangssituation:** Für jeden Wasserkörper werden die prozentualen Veränderungen der Salzkonzentration gegenüber der Ausgangssituation (Modellwert für 2015) ermittelt und hieraus der wasserkörperspezifische Mittelwert gebildet. In einem zweiten Schritt werden dann die mittleren wasserkörperspezifischen Veränderungen gemittelt. Hierbei kommt der gewichtete Mittelwert zum Einsatz, bei dem die Länge des jeweiligen Wasserkörpers (km) als Gewichtungsfaktor genutzt wird. D.h. ein längerer Wasserkörper hat einen größeren Einfluss auf das Gesamtergebnis als ein kürzerer.
- **Flusslänge entsprechend den Richtwerten der FGG Weser:** Anhand der szenarienspezifischen Salzkonzentrationen werden die Flusslängen der Wasserkörper (km) zusammengefasst, die dem Richtwert der FGG-Weser entsprechen.

Beide Indikatoren unterscheiden sich in ihrer Aussage: Der Indikator „Flusslänge entsprechend den Richtwerten der FGG Weser“ zeigt direkt den Grad der Zielerreichung im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie an. Hierbei wird die Berechnungsvorschrift der WRRL berücksichtigt, dass die Zielerfüllung die Erreichung der Richtwerte für alle drei Salze umfasst. Allerdings werden dabei keine Verbesserungen sichtbar, die unterhalb der Richtwerte stattfinden und gleichwohl bedeutsam sein können. Weiterhin lassen sich die Flussabschnitte, die den guten Zustand nicht erreichen, nicht weiter im Hinblick auf die Ursache dahingehend differenzieren, ob die Szenarien unwirksam oder ob szenarienunabhängige diffuse Einträge verantwortlich sind.

Der Indikator „Mittlere Verbesserung der Salzkonzentration“ beschreibt demgegenüber die erreichten Veränderungen für die einzelnen Szenarien. Hierbei werden auch Verbesserungen unterhalb der Richtwerte sichtbar. Mit der Mittelwertbildung werden Veränderungen – auch zwischen den einzelnen Salzen – verrechnet. Es wird kein Bezug zu den Richtwerten der FGG Weser genommen.

Abgeschlossen wird die Wirksamkeitsbewertung durch den Vergleich der Szenarien in Bezug auf das Temporäre Nordsee-Szenario. Dieses Szenario umfasst von den in die Bewertung integrierten Szenarien die ökologisch wirksamsten Maßnahmen. Für den Zeitraum 2021-2060 werden die Produktions- und Haldenabwässer aus dem System Werra/Weser herausgeleitet. Ab 2061 fließen die Haldenabwässer der weitgehend und bis 2075 vollständig abgedeckten Halden lokal in die Werra. Somit kann das Szenario als Benchmark der erreichbaren Wirkung in Bezug auf die Flusslänge entsprechend den Richtwerten FGG Weser sowie in Bezug auf die mittlere Verbesserung der Salzkonzentration dienen. Gewässerabschnitte, die in diesem Szenario nicht die Richtwerte der FGG Weser erreichen (Indikator Flusslänge entsprechend Richtwerte FGG Weser), werden durch diffuse Einträge beeinträchtigt und können durch eine Reduktion der Salzbelastung aus den Werken Werra und Neuhoof-Ellers nicht beeinflusst werden.

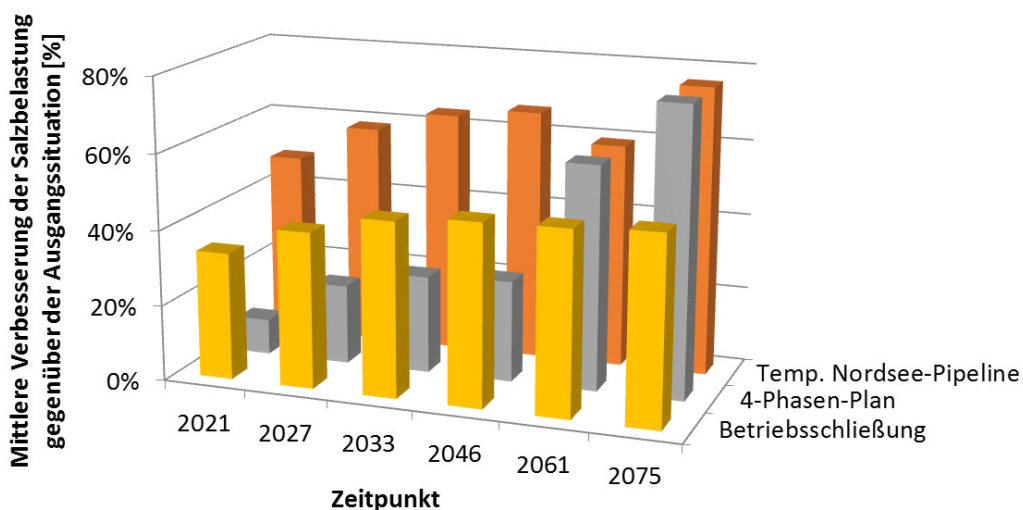
Die Modellierungsergebnisse zu den einzelnen Wasserkörpern und Zeitschnitten sind im Anhang aufgeführt.

Die Ergebnisse bzgl. des Bewertungskriteriums „Mittlere Verbesserung der Salzkonzentration gegenüber Ausgangssituation“ sind in Abbildung 29 dargestellt:

- Die temporäre Nordsee-Pipeline verbessert die Salzkonzentration im Mittel um 50 % im Jahr 2021 bis 76 % im Jahr 2076 nach Beendigung des Bergbaus und Abdeckung der Halden.

- Der Entwurf des 4-Phasen-Plans verbessert die Salzkonzentration um 9% im Jahr 2021. Dieser Wert steigt moderat an (33 % im Jahr 2046). Ab dem Jahr 2061 (Beendigung des Bergbaus) ist der 4-Phasen-Plan genauso effektiv wie die Nordsee-Pipeline und erreicht eine Verbesserung von 71 % (2061) sowie 76 % nach Abschluss der Haldenabdeckung.
- Die Betriebsschließung führt zu einer mittleren Verbesserung um 34% im Jahr 2021. Dieser Wert steigt langsam bis auf 50 % im Jahr 2075.

Im Jahr 2061 tritt bei der Temporären Nordsee-Pipeline zeitweise eine Abnahme der Verbesserung ein. Dies ist auf die Bewertungsannahme zurückzuführen, dass die Rückverlegung der Einleitstelle von der Nordsee in die Werra im Jahr 2061 nach Beendigung des Bergbaus, aber noch vor der endgültigen Haldenabdeckung erfolgt. Um das Verschlechterungsverbot nicht zu verletzen kann entweder die Pipeline noch einige Jahre länger betrieben werden unter Inkaufnahme von zusätzlichen Betriebskosten sowie der Tatsache, dass dann das Haldenabwasser mit Frischwasser verdünnt werden muss, um ein ausreichendes Flüssigkeitsvolumen (Leitung ist auf 7 Mio. m<sup>3</sup>/a ausgelegt) bereitzustellen. Alternativ könnte in den Jahren zuvor schon Salzabwasser in die Werra eingeleitet werden, um bei der Rückverlegung das Verschlechterungsverbot einzuhalten. Dieser zwar formal richtige Lösungsansatz widerspricht jedoch diametral der Idee des Gewässerschutzes.



	2021	2027	2033	2046	2061	2075
■ Betriebsschließung	34%	41%	46%	48%	48%	50%
■ 4-Phasen-Plan	9%	21%	26%	27%	59%	76%
■ Temp. Nordsee-Pipeline	49%	59%	64%	66%	59%	76%

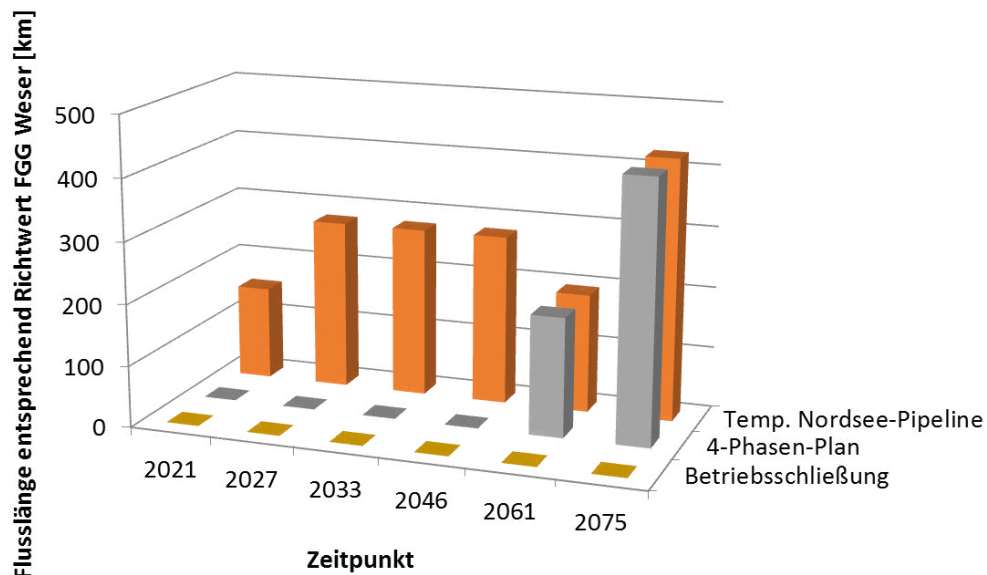
Die zeitweise Verschlechterung der Wirksamkeit von der Temporären Nordsee-Pipeline im Jahr 2061 kann durch einen verlängerten Betrieb der Pipeline vermieden werden.

#### Abbildung 29: Wirksamkeit der Szenarien – Kriterium „Mittlere Verbesserung der Salzbelastung gegenüber der Ausgangssituation“

Die Ergebnisse zum Bewertungskriterium „Flusslänge entsprechend Richtwert FGG Weser“ sind in Abbildung 30 zusammengefasst. Der betrachtete Flussabschnitt hat eine Länge von 516 km. Durch die Szenarien lassen sich für folgende Flusslängen die Richtwerte erreichen:

- Mit der Temporären Nordsee-Pipeline werden zum Zeitpunkt 2021 die Richtwerte über eine Flusslänge von 153 km erreicht (30 % der Flusslänge). Die Flusslänge mit erreichten Richtwerten steigt bis auf 425 km (82 %) nach Abschluss der Haldenabdeckung. Somit werden in 2 Wasserkörpern (2021) und 8 Wasserkörpern (2075) die Richtwerte erreicht.
- Mit dem 4-Phasen-Plan werden die Richtwerte der FGG Weser vor 2061 (Beendigung des Bergbaus) nicht erreicht. Ab diesem Zeitpunkt ist der 4-Phasen-Plan langfristig so effektiv wie die Temporäre Nordsee (82 % der Flusslänge erreichen die Richtwerte der FGG Weser). Somit werden zwischen 0 Wasserkörpern (2021) und 8 Wasserkörpern (2075) die Zielvorgaben erreicht.
- Mit einer Betriebsstilllegung und der lokalen Einleitung der Haldenabwässer von den unabgedeckt bleibenden Halden werden in keinem der betrachteten Wasserkörper die Richtwerte der FGG Weser erreicht.

Auch hier ist im Jahr 2061 bei der Temporären Nordsee-Pipeline eine temporäre Abnahme der Verbesserung der Gewässersituation im Zuge der Rückverlegung sichtbar. Lösungsansätze wurden in den Abschnitten oben diskutiert.



	2021	2027	2033	2046	2061	2075
■ Betriebsschließung	0	0	0	0	0	0
■ 4-Phasen-Plan	0	0	0	0	194	425
■ Temp. Nordsee-Pipeline	153	277	277	277	194	425

Die zeitweise Verschlechterung der Wirksamkeit von der Temporären Nordsee-Pipeline im Jahr 2061 kann durch einen verlängerten Betrieb der Pipeline vermieden werden.

**Abbildung 30: Wirksamkeit der Szenarien – Kriterium „Flusslänge entsprechend Richtwert FGG Weser“**

Somit lässt sich im Hinblick auf die Wirksamkeit der Szenarien Folgendes konstatieren:

- In den Phasen vor 2060, d.h. bis zur regulären Betriebsschließung, zeigt sich das Szenario „Temporäre Nordsee-Pipeline“ als wirksamste Lösung. Die Wirkung steigt über die Zeit, da die diffusen Einträge annahmegemäß ab Beendigung der Versenkung im Jahr 2021 zurückgehen. Daher ist langfristig davon auszugehen, dass oberhalb des Pegels Witzenhausen die Richtwerte eingehalten werden.
- Die Wirkung des 4-Phasen-Plans muss differenziert werden. Nach 2060, d.h. nach Beendigung des Bergbaus ist das Szenario ebenso wirksam wie das Szenario „Temporäre Nordsee-Pipeline“. In beiden Szenarien werden langfristig nur Niederschlagsabwässer der vollständig abgedeckten Halden lokal eingeleitet. Vorher (zwischen 2021 und 2060) ist das Szenario 4-Phasen-Plan nur teilweise wirksam. Es treten immer deutlichere Verbesserungen auf, die jedoch nicht ausreichen, um die Richtwerte der FGG Weser zu erreichen.
- Das Szenario „Betriebsschließung“ ist weniger effektiv als das Szenario „Temporäre Nordsee-Pipeline“. Langfristig ist sie sogar die unwirksamste Maßnahme, da die Halden unabgedeckt bleiben. In keinem Wasserkörper werden die Richtwerte erreicht. Gleichwohl führt auch eine Schließung zu Verbesserungen, die zeitweise über den Verbesserungen des 4-Phasen-Plans liegen.
- Bei der Terminfestlegung für die Rückverlegung der Einleitung nach Betriebsende ist auf die Einhaltung des Verschlechterungsverbotes zu achten.

## 4.4 Bewertung der Kosten-Effizienz

### 4.4.1 Betriebliche Gesamtkosten der Maßnahmen

#### 4.4.1.1 Methodik, Daten, Annahmen

Mit den betrieblichen Gesamtkosten der Maßnahmen werden die Kosten erfasst, die K+S erwachsen, wenn sie entsprechend des Verursacherprinzips die Maßnahmen umsetzen und finanzieren.

Bei den betrieblichen Gesamtkosten werden drei Komponenten unterschieden: die Maßnahmenkosten, Rückstellungen sowie Produktionsrückgänge. Alle drei Komponenten verringern das betriebliche Ergebnis:

- Maßnahmenkosten: Hierzu zählen die Kosten für Errichtung, Betrieb und Rückbau von technischen Maßnahmen einschließlich der Kapitalkosten.
- Rückstellungen: Die Rückstellungen betreffen zukünftige Aufwendungen. Hierzu zählen insbesondere die Aufwendungen für die Vervollständigung der Haldenabdeckung nach 2060, wenn der Abbau schon eingestellt ist. Über die Bildung von Rückstellungen werden die später zu leistenden Ausgaben den Perioden ihrer Verursachung, also dem Zeitpunkt der Haldenbildung während der Abbauphase zugeordnet<sup>3</sup>.
- Produktionsrückgang: Wenn keine technischen Maßnahmen möglich sind, lässt sich die Salzbelastung auch durch einen Rückgang der Produktion erreichen. Hierbei treten Umsatzrückgänge auf, die nur zu einem geringen Teil durch gleichzeitig auftretende Einsparungen bei den variablen Kosten ausgeglichen werden.

Im Folgenden werden zu diesen drei Komponenten die Datenbasis sowie die bewertungsrelevanten Annahmen beschrieben.

---

<sup>3</sup> <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54462/rueckstellung-v7.html>

#### 4.4.1.1.1 Maßnahmenkosten

Die berücksichtigten Maßnahmen umfassen die Errichtung einer KKF-Anlage (Kainitkristallisation und Flotation), Bau, Betrieb und Rückbau der Pipelines sowie die Kosten der Haldenabdeckung (Investition, Betrieb sowie Material) für die Szenarien „Temporäre Nordsee-Pipeline“ und „4-Phasen-Plan“. Beim Stilllegungsszenario werden keine Maßnahmenkosten angesetzt (s. Tabelle 14).

**Tabelle 14: Berücksichtigte technische Optionen bei Maßnahmenkosten**

	Temporäre Nordsee-Pipeline	4-Phasen-Plan (10.2014)	Betriebsstilllegung
Bau KKF	x	x	
Nordsee-Pipeline <ul style="list-style-type: none"> <li>• Errichtung (2016-2020),</li> <li>• Betrieb (2021-2060),</li> <li>• Rückbau (2060)</li> </ul>	x		
Oberweser-Pipeline <ul style="list-style-type: none"> <li>• Errichtung (2016-2020),</li> <li>• Betrieb (2021-2060),</li> <li>• Rückbau (2060)</li> </ul>		x	
Haldenabdeckung: Investitionen, Betrieb, Material (2021-2075)*	x	x	

\* Kosten für den Zeitabschnitt 2061-2075 werden über Rückstellungen auf den Zeitraum 2016-2060 umgelegt. Die Eingangsdaten für die Maßnahmenkosten sind im Anhang zusammengestellt.

#### KKF-Anlage

Die KKF-Anlage wird anstelle der ursprünglich im integrierten Maßnahmenkonzept („360-Mio. €-Paket“) vorgesehenen Lösungstiefkühlanlage (LTK) errichtet. Sie soll im Jahr 2018 in Betrieb genommen werden. Als Maßnahmenkosten werden die Zusatzausgaben der KKF gegenüber der LTK angesetzt. Laut Auskunft von K+S betragen diese 70 Mio. € bei einer Nutzungsdauer bis Produktionsende. Zu den Betriebskosten liegen keine Informationen vor, so dass sie nicht berücksichtigt werden konnten.

#### Pipelines

Die Pipelines werden im Zeitraum 2016-2020 geplant, genehmigt und errichtet. Sie werden von 2021 bis 2060 betrieben und danach zurückgebaut, sofern sie nicht zur Vermeidung der Verschlechterung des Gewässerzustandes in der Werra kurzfristig weiter genutzt werden. Zur Kostenschätzung lagen zwei Datenquellen vor: Die Machbarkeitsstudie (Jestaedt + Partner/InfraServ 2009b) sowie eine von K+S bei Veenker in Auftrag gegebene Kostenstudie (Veenker 2014, Anhang zu Trassenkorridor B/Szenario C).

Beide Studien kommen im Hinblick auf die Investitionen für die Errichtung zu unterschiedlichen Ergebnissen. Im Detail sind die Studien nicht vergleichbar, da augenscheinlich unterschiedliche Kalkulationsansätze und Abgrenzungen gewählt wurden. Es zeigen sich folgende Gemeinsamkeiten und Unterschiede (s. Tabelle A 7 im Anhang):

- Die angesetzten Kosten für Material und Bau sind ähnlich ebenso die Ausgaben für Sonderbauwerke (Querungen etc.);
- die Studien unterscheiden sich signifikant im Hinblick auf die Kosten für Bauwerke. Die Veenkerstudie nimmt hier scheinbar einen pauschalen Zuschlag von 30% der Material- und Baukosten für die Bauwerke vor. Zugleich verweist sie auf eine Vielzahl an Bauwerken (Molchstationen, Stretzenschieber, Entlüftungen, Belüftungen, Hauptsammelbecken, Pumpstationen, Messwarte, Zwi-

schenbecken, ...). Die Machbarkeitsstudie weist hier nur Schieber aus und kommt zu deutlich niedrigeren Kosten;

- die Studien unterscheiden sich weiterhin maßgeblich im Hinblick auf die Zusatzkosten. Die Veenkerstudie verweist hierbei auf Positionen wie Planung, Bauüberwachung, Genehmigungen, Annahmen, Gutachten sowie als Hauptgruppe die Entschädigungen für Wegerechte und Kompensationsmaßnahmen. Diese Zusatzkosten werden mit ca. 70 % der Material- und Baukosten angesetzt. In der Machbarkeitsstudie werden nur 5 % als Kosten für die Baustelleneinrichtung eingesetzt.

Die höheren Kosten der Veenker-Studie werden somit mit der umfassenderen Berücksichtigung von Positionen zu Bauwerken sowie Zusatzkosten begründet.

Die Bewertung orientiert sich für die mittleren Ausgaben für Bau und Errichtung an der Veenker-Studie, ohne jedoch zusätzliche Unsicherheitsaufschläge zu berücksichtigen (s. Tabelle A 8 im Anhang).<sup>4</sup> Die Ausgaben für die Investition wurden mit 650 Mio. € für die Temporäre Nordsee-Pipeline und 250 Mio. € für die Temporäre Oberweser-Pipeline angesetzt (einschließlich der Becken an der Oberweser). Somit wird die inhaltliche Begründung der Veenker-Studie akzeptiert, ohne die Plausibilität der im Vergleich zur Machbarkeitsstudie erhöhten Kostenposition in ihrer Höhe abschließend beurteilen zu können.

Weiterhin wird von einer Unsicherheitsspanne von  $\pm 30$  % ausgegangen (s. Tabelle A 8 im Anhang). Die Unsicherheitsspanne liegt in einem für Kostenschätzungen üblichen Bereich. Ausgabensteigerungen können durch vielfältige Faktoren verursacht werden. Kostensenkungen lassen sich demgegenüber durch drei Faktoren begründen:

- es ist nicht auszuschließen, dass bei den pauschalierten Kostenschätzungen zu hohe Annahmen getroffen wurden;
- mit Ausschreibung eines solchen Pipeline-Projektes hat K+S eine starke Verhandlungsposition gegenüber den Auftragnehmern, so dass hier Kostensenkungspotentiale denkbar sind;
- nach Einschätzung der Gutachter sind weitere Kostensenkungspotentiale durch Nutzung von GFK-Rohren möglicherweise noch nicht ausgeschöpft.

Im Hinblick auf die Betriebskosten liefert die Machbarkeitsstudie keine Schätzungen, mit Ausnahme von Energiekosten. Diese wurden mit 1 Mio. €/Jahr für die Oberweserpipeline bzw. 1,01 Mio. €/Jahr für die Nordsee-Pipeline angegeben (Jestaedt + Partner/InfraServ 2009b, S. 114). In der Veenker-Studie wurden die Energiekosten mit 7 Mio. €/Jahr für die Nordsee-Pipeline angesetzt. Die Energiekosten für die Oberweserpipeline wurden von K+S mit 1,0 Mio. €/Jahr geschätzt. Die Unterschiede gerade im Hinblick auf die Nordsee-Pipeline basieren auf unterschiedlich vorgegebenen Fließgeschwindigkeiten. In der Veenker-Studie wurde von K+S eine Mindestfließgeschwindigkeit von 1,2 m/s vorgegeben. Aufgrund dieser Fließgeschwindigkeit kann die Nordsee-Pipeline nicht, wie in der Machbarkeitsstudie angenommen, tlw. im Freigefälle betrieben werden. Eigene Recherchen ergaben, dass K+S auch in anderen Fällen die Fließgeschwindigkeit von 1,2 m/s ansetzt. Daher wird mit den hierauf beruhenden Energiekosten gerechnet.

Die laufenden Kosten (Wartung/Instandhaltung, Verwaltung, Rückstellungen für Reinvestitionen in kurzlebige Anlagenteile) wurden entsprechend der Veenker-Studie für die Nordsee-Pipeline mit 16 Mio. €/Jahr angesetzt, für die Oberweserpipeline wurden 6 Mio. €/Jahr zugrunde gelegt. Als Unsicherheitsspanne wurden +15 % und -50 % für die Nordsee-Pipeline bzw. -30 % für die Oberweser-

---

<sup>4</sup> Hierin unterscheidet sich die ÖEA, Teil II von der ÖEA, Teil I, bei der die differenzierte Kostenaufschlüsselung noch nicht zur Verfügung gestanden hat.

Pipeline festgelegt. Die Möglichkeit zur Nutzung von GFK-Rohren mit ihren wesentlich geringeren Rauigkeitsbeiwerten gegenüber Stahl legt ein Kostensenkungspotential bei den Energiekosten nahe (s. Tabelle A 8 im Anhang).

Die Rückbaukosten wurden nach Auskunft von K+S mit 45 Mio. € für die Nordsee-Pipeline und 25 Mio. € für die Oberweserpipeline umrissen. Sie fallen annahmegemäß im Jahr 2060 an (s. Tabelle A 8 im Anhang).

### **Haldenabdeckung**

Für die Haldenabdeckung müssen lt. K+S Anlagen zur Annahme/Speicherung und Mischung des Substrats sowie für jede Halde eine Bandanlage errichtet werden. Weiterhin müssen eine Auslaufzone, Wall und Sicherheitsstreifen geschaffen werden. Zur Abdeckung werden die Halden mit ca. 4-5 m Substrat bedeckt und die Oberfläche begrünt. Es wird davon ausgegangen, dass bei den drei Halden einschließlich der Haldenerweiterungen eine Haldenfläche von ca. 570 ha abgedeckt werden muss (vereinfachte Plausibilitätsprüfung Bartke/HMUKLV vom 16.3.2015). Hieraus ergibt sich ein Materialvolumen von 23 Mio. m<sup>3</sup>.

Die Kosten für die Haldenabdeckung setzen sich aus Ausgaben für Investitionen, laufende Kosten für Einbau des Materials und Begrünung sowie Anlagenreparatur zusammen. Inwieweit Kosten für das Material anfallen, hängt vom Angebot und der Nachfrage nach relevantem Substrat ab. Insgesamt wird (ohne Kapitalkosten und ohne Berücksichtigung von Reparaturkosten) mit Gesamtkosten für die Abdeckung der Halden von 430 Mio. € gerechnet, die über den Zeitraum 2021 bis 2075 verteilt anfallen (s. Tabelle A 8 im Anhang).

### **Weitere Annahmen**

Bei der Kostenberechnung wurden die Kapitalkosten von K+S berücksichtigt. Für ein Bergbauunternehmen ergeben sich aufgrund des wirtschaftlichen Risikos, der Mischung von Kapitalquellen (Eigenkapital und Fremdkapital) sowie der sehr langen Kapitalbindung höhere Kapitalkosten im Vergleich zur öffentlichen Hand. Dies wurde berücksichtigt, in dem auf den WACC (Gewichteter Kapitalkostenansatz) von K+S abgestellt wurde. Dieser setzt sich aus den Fremdkapitalkosten sowie den Verzinsungsanspruch der Eigenkapitalgeber zusammen, wobei hierbei die Zusammensetzung des Kapitals aus Fremd- und Eigenkapital berücksichtigt wird. Entsprechend des Opportunitätskostengedankens werden hierbei die Kosten angesetzt, die Eigen- und Fremdkapitalgebern mit der Bindung des Kapitals bei K+S entstehen, da sie die Finanzmittel nicht in andere Unternehmen investieren können. Dementsprechend setzt sich zum Beispiel die Eigenkapitalverzinsung aus einem Basiswert für risikolose Geldanlagen und einer aus Marktdaten abgeleiteten Risikoprämie zusammen.

Für K+S liegen die durchschnittlichen Kapitalkosten bei ca. 8 % vor Steuern (Finanzbericht K+S für 2014, S. 73 für die Jahre 2013 und 2014). Dieser Wert deckt sich auch mit angenommenen Kapitalkosten bei anderen Studien zum Kalimarkt (Preuß 2014). Dieser Wert wurde herangezogen, jedoch ein Abschlag von 2 % als Inflationsausgleich vorgenommen. Bei der weiteren finanzmathematischen Aufbereitung wurde mit Kapitalkosten von 6% (real) gerechnet.

#### **4.4.1.1.2 Rückstellungen**

Es müssen Rückstellungen für die vollständige Abdeckung der Halden nach Beendigung des Betriebs (2060) gebildet werden, um die langfristig verbleibenden Kosten der Bewirtschaftung des Haldenabwassers und der Pflege der Haldenabdeckung sowie das Monitoring in der Nachsorgephase zu finanzieren; sie werden auf die Jahre 2016 bis 2060 verteilt. Entsprechend des Bilanzrechtsmodernisierungsgesetzes (BilMoG) vom 25. Mai 2009 (BGBl. I S. 1102) müssen hierbei durch die Bundesbank festgesetzte Verzinsungen angesetzt werden. Hierdurch verringern sich im Endeffekt die Kosten für die Ansparung der Rückstellungen. Die Abzinsungssätze für die langfristige Diskontierung, die von der Bundesbank festgelegt werden, liegen gegenwärtig bei rund 4,5% nominal. Für die finanzmathematische Berechnung wurde unter Berücksichtigung eines Inflationsausgleichs von 2 % mit einer realen

Verzinsung von 2,5 % gerechnet. Unter Berücksichtigung von Informationen von K+S wurde angenommen, dass zusätzlich zu den gegenwärtig schon bestehenden Rückstellungen für die langfristige Bewirtschaftung der abgedeckten Halden bis zum Jahr 2061 noch rund 100 Mio. € (Stand 2061) zurück gestellt werden müssen (s. Tabelle A 8 im Anhang).

#### 4.4.1.1.3 Produktionsrückgang

Der Produktionsrückgang bewirkt einen Rückgang von Überhängen bei Produktionsabwässern. Treten bei den Szenarien Überhänge beim Anfall von Produktionsabwässern auf, d.h. können nicht die gesamten Produktions- und Haldenabwässer eingeleitet werden, ohne Szenarienvorgaben zu verletzen, dann werden diese Überhänge monetär bewertet. Hierbei wird ein Produktionsrückgang geschätzt, der notwendig ist, um den Überhang zu vermeiden. Der Umsatzrückgang, abzüglich der variablen Kosten entspricht dann den Kosten des Produktionsrückgangs.

- Zur Ermittlung des notwendigen Produktionsrückganges wird eine direkte Proportionalität aus Produktion und Produktionsabwasseranfall angesetzt. Es fällt ungefähr eine Tonne Salzabwasser bei der Produktion von 1 t Salz an.
- Hieraus wird ein Produktionsrückgang abgeschätzt.
- Unter Annahme eines Salzpreises von 250 €/t bzw. 300 €/t wird der Umsatzrückgang ermittelt. Hiervon werden Rückgänge bei den variablen Kosten von 80 €/t kostenmildernd berücksichtigt. Der verbleibende Ertragsrückgang beziffert die Kosten des Produktionsrückgangs (vgl. zum methodischen Vorgehen Teil I der ÖEA).

Die Kosten des Produktionsrückgangs stellen ein Risikomaß im Sinne eines Erwartungswertes dar, denn die Modellergebnisse des SYDRO-Modells sind Mittelwerte aus 30 Jahreswerten. Im Gegensatz zu den anderen Kostenpositionen hängen Eintreten und Höhe vom Witterungsverlauf, der Abflussregulierung sowie der Überlagerung mit normalen, betriebsbedingten Stillstandzeiten des Werkes ab.

#### 4.4.1.2 Ergebnisse

Die Bewertung des Stilllegungsszenarios wurde im Rahmen der betrieblichen Maßnahmenkosten nicht ermittelt, da diese Option für K+S den worst case darstellt. Die Schätzung der wirtschaftlichen Effekte des Stilllegungsszenarios wird im Abschnitt gesellschaftliche Maßnahmenkosten vorgestellt.

Die betrieblichen Kosten werden als jährliche Durchschnittskosten dargestellt. Hierfür wurden für den Zeitraum 2016-2060 jahresweise die Kosten ermittelt und anschließend das arithmetische Mittel gebildet. Die Investitionen werden als Annuitäten über die angenommene Nutzungsdauer und mit dem Kapitalkostensatz in Jahreskosten umgerechnet. Laufende Kosten gehen direkt ein. Preissteigerungen werden nicht berücksichtigt, da sie die Berechnung stärker verkomplizieren, ohne einen inhaltlichen Mehrwert zu bieten. Bei den Kapitalkosten wird daher mit realen Zinssätzen gearbeitet. Bei laufenden Kosten wird entsprechend darauf verzichtet, jährliche Preissteigerungen anzusetzen. Insofern stellen die Ergebnisse Durchschnittskosten auf Preisbasis von 2015 dar.

Die für den Zeitraum von 2016-2060 berechneten durchschnittlichen jährlichen Kosten des Szenarios „Temporäre Nordsee-Pipeline“ liegen mit 84 Mio. €/Jahr etwa 25 % über denen des Szenarios 4-Phasen-Plan (65 Mio. €/Jahr) (s. Abbildung 31).

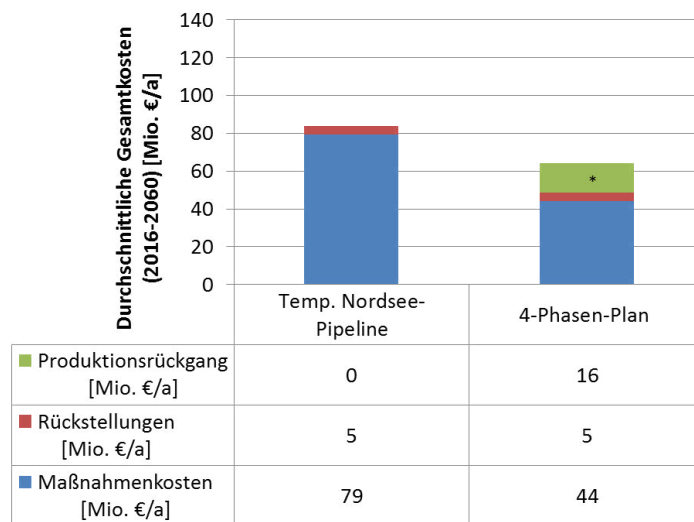
Die betrieblichen Gesamtkosten der Maßnahmen unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Kostenstrukturen. Dies betrifft den Anteil von langfristig gebundenem Kapital.

- Die betrieblichen Gesamtkosten für die Temporäre Nordsee-Pipeline werden durch den Einmalaufwand zur Errichtung der Pipeline dominiert (42 Mio. €/a bzw. ca. 50 % der betrieblichen Maßnahmenkosten). Dementsprechend werden 66% der betrieblichen Gesamtkosten durch Investitionen in langfristige Anlagen (KKF, Pipeline, Haldenabdeckung) induziert (s. Abbildung 32).
- Die betrieblichen Gesamtkosten für den 4-Phasen-Plan (10.2014) werden demgegenüber nur zu 25 % (bzw. 16 Mio. €/a) und somit zu einem deutlich geringeren Maße durch die Investition in die

Pipeline verursacht. Investitionen in langlebige Anlagen verursachen daher nur 46 % der betrieblichen Gesamtkosten (s. Abbildung 32).

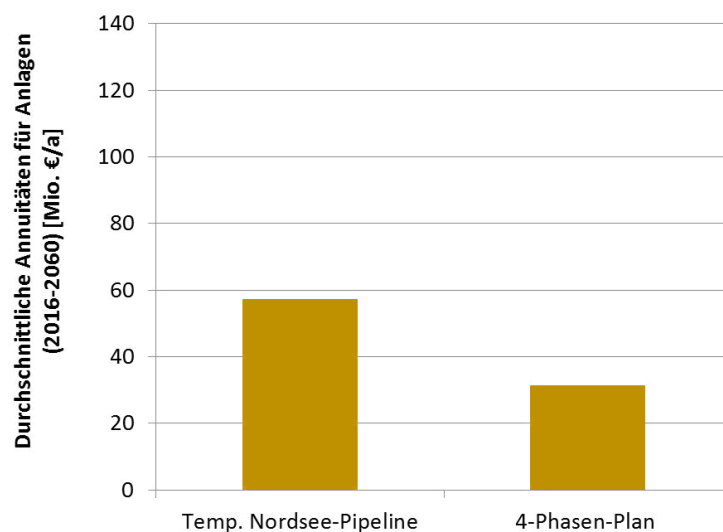
Diese unterschiedlichen Kostenstrukturen führen zu deutlich unterschiedlichen Innovationsanreizen. Bei der Nordsee-Pipeline ist er für K+S niedrig, da Innovationen kaum zu Kostensenkungen führen (Sunk-cost-Problematik). Beim 4-Phasen-Plan lassen sich mit Innovationen langfristig Kosten sparen.

Beim 4-Phasen-Plan (10.2014) besteht das Risiko durch Produktionsrückgänge infolge von Salzabwasserüberhängen. Der Produktionsrückgang drückt das wirtschaftliche Risiko aus, das sich infolge von potenziellen Überhängen ergibt. Im Gegensatz zu den anderen Kostenpositionen hängen Eintreten und Höhe vom Witterungsverlauf, dem Abflussregime in der Werra sowie der Überlagerung mit normalen, betriebsbedingten Stillstandzeiten des Werkes ab. Durch innovative Maßnahmen können diese Kosten reduziert oder vermieden werden.



\* Der Produktionsrückgang drückt das wirtschaftliche Risiko aus, das sich in Phase 2 infolge von Überhängen ergibt. Im Gegensatz zu den anderen Kostenpositionen hängen Eintreten und Höhe vom Witterungsverlauf, dem Abflussregime in der Werra sowie der Überlagerung mit normalen, betriebsbedingten Stillstandzeiten des Werkes ab.

**Abbildung 31: Durchschnittliche betriebliche Gesamtkosten der Maßnahmen**



**Abbildung 32: Durchschnittliche betriebliche Kosten für langlebige Anlagen**

#### 4.4.2 Gesellschaftliche Gesamtkosten für Deutschland

Als gesellschaftliche Gesamtkosten wurden die volkswirtschaftlichen Kosten angesetzt, die in Deutschland im Zuge der Maßnahmen entstehen. Der für die volkswirtschaftliche Betrachtung gewählte Bezugsraum ist Deutschland. D.h. Kosten, die von Personen außerhalb von Deutschland getragen werden, werden ebenso wenig berücksichtigt wie auch entsprechende Nutzenstiftungen.<sup>5</sup>

Ausgangspunkt zur Bestimmung der volkswirtschaftlichen Kosten sind die betrieblichen Kosten. Diese erwachsen den Aktionären von K+S als deren Eigentümer. Im Zuge der Ableitung der volkswirtschaftlichen Kosten werden diese ergänzt, erweitert bzw. gemindert. Zu den volkswirtschaftlichen Kosten zählen die betrieblichen Kosten, Kosten, die auf die Konsumenten von Salz abgewälzt werden, aber auch die Steuern. Schließlich zählen hierzu die Kosten, die anderen Akteuren erwachsen. Im Folgenden werden die berücksichtigten Komponenten und die getroffenen Annahmen aufgeführt.

Die betrieblichen Kosten für K+S sind Rückgänge im betrieblichen Ergebnis und somit Einkommensrückgänge. Daher sind sie zugleich volkswirtschaftliche Kosten, soweit sie von Bürgern in Deutschland getragen werden (Aktionäre). Laut Finanzbericht von K+S wird die Hälfte der Aktien in Deutschland gehalten. Dementsprechend werden im Folgenden die Hälfte der betrieblichen Kosten als volkswirtschaftliche Kosten angesetzt.

Falls Teile der betrieblichen Kosten der Maßnahmen vom Unternehmen über den Salzpreis auf die Konsumenten in Deutschland abgewälzt werden (Preissteigerungen am Kalimarkt), stellen diese Effekte ebenfalls volkswirtschaftliche Kosten dar. Bei den Szenarien 4-Phasen-Plan und Temporäre Nordsee-Pipeline ist anzunehmen, dass K+S die Kosten nicht über den Preis überwälzen kann, da Bergbauunternehmen daran interessiert sind, möglichst viel Produkte zu verkaufen und die Kapazitäten auszulasten. Beim Stilllegungsszenario tritt ein Angebotsrückgang auf dem Markt ein, der durch andere (ausländische) Produzenten geschlossen wird. Hierbei sind Preissteigerungen z. B. infolge weiterer Transportwege denkbar. Im Folgenden wird das jedoch außer Acht gelassen.

Veränderungen der Zahlungen von K+S an Bund, Länder und Kommunen sind ebenso zu berücksichtigen. Hierzu zählen insbesondere die Körperschafts- und die Gewerbesteuer.

Zu den Akteuren, die zusätzlich zu K+S Kosten der Maßnahmen tragen oder Nutznießer sind, zählen die Arbeitnehmer im Fall von Arbeitslosigkeit, Konkurrenten sowie zukünftige Generationen. In der wohlfahrtsökonomischen Bewertung (Kosten-Nutzen-Analysen) zählen Lohnkosten als Kosten und nicht als Nutzen aufgrund der Annahme, dass die Arbeitnehmer bei Betriebsaufgabe den Arbeitsplatz wechseln könnten. In der strukturschwachen Region Nordhessen, wo K+S angesiedelt ist, muss davon ausgegangen werden, dass bei einer Betriebsschließung nicht jeder Beschäftigte wieder eine Arbeit findet. Andere Beschäftigte müssen Umzugskosten in Kauf nehmen, um wieder woanders beschäftigt zu werden. Die Opportunitätskosten von Beschäftigten liegen bei Arbeitslosigkeit niedriger als die Lohnkosten. Bei Wegfall von Arbeitsplätzen entstehen somit volkswirtschaftliche Kosten (Hanusch 2011). Bei den Szenarien 4-Phasen-Plan und Temporäre Nordsee-Pipeline wird angenommen, dass sich keine Veränderungen bei den Beschäftigtenzahlen ergeben. Die zusätzlichen Arbeitsplätze für den Pipelinebetrieb werden vernachlässigt. Beim Stilllegungsszenario werden die Arbeitskräfte des Werkes Werra entlassen. Es wird angenommen, dass nicht alle wieder eine neue Arbeit finden. 20 % der Lohnkosten werden als gesellschaftliche Kosten der Arbeitslosigkeit angesetzt.

Als regionale wirtschaftliche Effekte werden weiterhin die Nachfragesteigerungen bei den Vorleistungen bzw. Multiplikatoreffekte durch die Verwendung des Einkommens zum Konsum in der Region

---

<sup>5</sup> So würde eine Schließung des Werkes Werra zu verbesserten Betriebsergebnissen bei internationalen Konkurrenten führen. Diese werden nicht berücksichtigt.

gezählt. Diese Effekte sind bedeutsam (s. Döring et al. 2009). Sie wurden jedoch nicht quantitativ mit in die Bewertung des Stilllegungsszenarios integriert.

Konkurrenten von K+S treten nicht als Kostenträger, aber möglicherweise als Nutznießer von Szenarien auf. Eine Schließung des Werkes Werra führt zu Produktionsverlagerungen. Da die Verlagerungsmöglichkeiten von K+S zu anderen Produktionsstandorten z. Z. begrenzt sind, ergeben sich hierdurch stärkere Produktionsauslastungen bei anderen Unternehmen in Kanada, Weißrussland u.a. Da diese Nutzen im Ausland anfallen, werden sie nicht berücksichtigt. Hierbei wird vernachlässigt, dass auch in Deutschland Aktien von diesen Unternehmen gehalten werden.

Zur Ermittlung der volkswirtschaftlichen Kosten aus den betrieblichen Kosten wurde daher folgendermaßen vorgegangen: Zur Ermittlung der volkswirtschaftlichen Kosten bei den Szenarien 4-Phasen-Plan und Temporäre Nordsee-Pipeline wurden die betrieblichen Kosten um den Anteil, der an Aktionäre in Ausland fließt bereinigt. Hierbei war zu berücksichtigen, dass die szenarienbedingten Maßnahmenkosten auch die Steuerzahlungen beeinflussen. Diese ihrerseits fallen nur in Deutschland an. Aus diesem Grunde wurden die betrieblichen Kosten bei diesen Szenarien nur um 25 % gekürzt.

Die volkswirtschaftlichen Kosten des Stilllegungsszenarios setzen sich zusammen aus folgenden Zahlungsströmen, die im Zuge der Betriebsschließung nicht mehr erwirtschaftet werden:

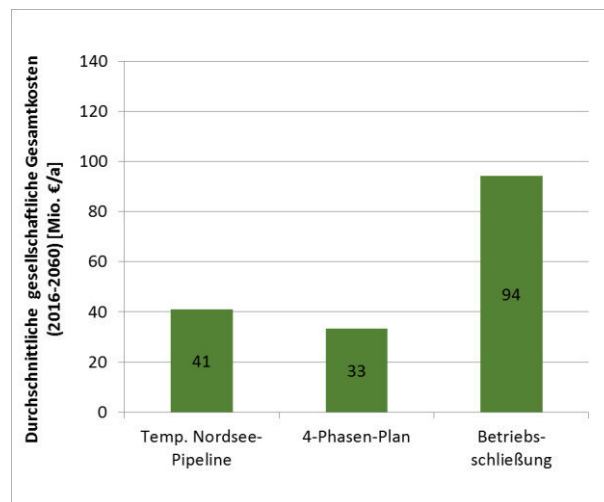
- dem operativen Ergebnis (EBIT) abzüglich der Steuern auf Einkommen und Erlös ( diese werden zu 50 % angerechnet);
- den Körperschafts-, Gewerbe- und Lohnsteuer (vollständige Anrechnung);
- 20 % der Nettolohnkosten.

In Tabelle A 9 im Anhang sind die geschätzten Eingangswerte aufgeführt. Die Werte wurden in Jahresschritten für den Zeitraum 2016-2061 aufgetragen, wobei Veränderungen mit Aufgabe von Unterbreizbach berücksichtigt werden. Weiterhin wurde angenommen, dass die Ergebnisse aus der Geschäftstätigkeit ab 2046 linear abnehmen und im Jahr 2060 den Wert Null erreichen. Hierdurch wird simuliert, dass der optimale Zeitpunkt zur Schließung eines Bergwerkes dann erreicht ist, wenn es nicht mehr wirtschaftlich weiterbetrieben werden kann.

Die Eingangswerte beziehen sich auf die Entwicklung der vergangenen Jahre. In Zukunft könnte sich die Marktsituation für das Werk Werra langfristig eher schwieriger gestalten (vgl. Abschnitt 4.5.1, s. Preuß 2014). Daher wurden nur 75 % der Mittelwerte von den zurückliegenden Jahren angesetzt.

Die volkswirtschaftlichen Kosten bei allen drei Szenarien wurden mit einer sozialen Diskontrate von 2% diskontiert, d.h. die in der Zukunft anfallenden Kosten werden abgewichtet. Die soziale Diskontrate wirkt hierbei dem für die Kapitalverzinsung genutzten Zinssatz von 6 % entgegen.

Die volkswirtschaftlichen Kosten der Stilllegung sind mit 94 Mio. €/Jahr etwa doppelt so hoch wie die volkswirtschaftlichen Kosten der Temporären Nordsee-Pipeline. Der 4-Phasen-Plan (10.2014) führt zu volkswirtschaftlichen Kosten von rund 33 Mio. €/Jahr. (s. Abbildung 33).



**Abbildung 33: Durchschnittliche volkswirtschaftliche Gesamtkosten der Maßnahmen**

#### 4.4.3 Kosten-Effizienz

Zur Darstellung der Kosteneffizienz wurden die durchschnittlichen Kosten der Maßnahmen mit der mittleren Verbesserung der Salzbelastung in Beziehung gesetzt. Hierfür wurden die ökologischen Bewertungsergebnisse der einzelnen Phasen gewichtet aggregiert (gewichteter Durchschnitt anhand der Phasenlängen). Es wurde zwischen einer mittelfristigen Betrachtung und einer langfristigen Betrachtung unterschieden. Bei der mittelfristigen Betrachtung bezieht sich die Aggregation der ökologischen Wirkungen auf die Jahre 2016-2075, die langfristigen Wirkungen nach Beendigung des Bergbaus sind dann nicht berücksichtigt. Demgegenüber berücksichtigt die langfristige Betrachtung die ökologischen Effekte bis 2575 und somit die erforderliche Nachbergbauphase, in der unabgedeckte Halden aufgrund des anfallenden Salzwassers bewirtschaftet werden müssten. Eine Konzentration auf den Zeitraum bis 2027 (Ende der dritten Bewirtschaftungsperiode), wie er mit Verweis auf den Bewertungshorizont gefordert werden mag, stellt demgegenüber eine inhaltliche und methodische Verkürzung der Bewertungsproblematik dar (vgl. auch Abschnitt 4.1.2).

Die Tabelle 15 zeigt, welche Zeitabschnitte durch die Zeitschritte der Bewertung repräsentiert werden und hierbei den unterschiedlichen Einfluss des Zeitschnitts ab 2075 zwischen mittel- und langfristiger Bewertung.

**Tabelle 15: Gewichtung der zeitpunktebezogenen ökologischen Wirksamkeiten bei Ermittlung der durchschnittlichen Wirksamkeit für die Mittel- und langfristige Bewertung**

Bewertungsschritte zur ökologischen Wirksamkeit	Mittelfristige Bewertung		Langfristige Bewertung	
	2016-2075		2016-2575	
	Repräsentierter Zeitraum	Jahre	Repräsentierter Zeitraum	Jahre
2015	2015-2020	6	2015-2020	6
2021	2021-2026	5	2016-2026	5
2027	2027-2032	6	2027-2032	6
2033	2033-2045	13	2033-2045	13
2046	2046-2060	15	2046-2060	15
2061	2061-2075	15	2061-2075	15
2075	2075	1	2075-2575	501

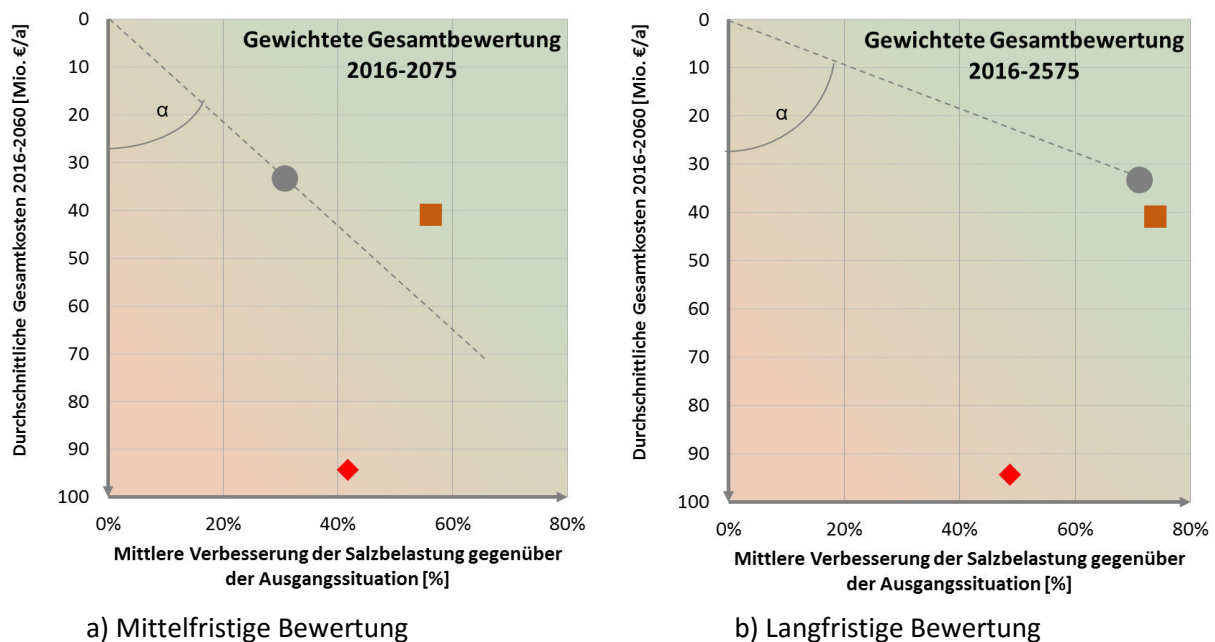
Bei der gesellschaftlichen Kosten-Effizienz werden folgende Größen miteinander verglichen:

- Durchschnittliche gesellschaftliche Gesamtkosten der Maßnahmen.
- Durchschnittliche Wirksamkeit: Gewichteter Durchschnitt der Bewertungsschritte zur ökologischen Wirksamkeit (Mittlere Verbesserung der Salzkonzentration – vgl. Abbildung 29). Hierbei wird zwischen
  - der mittelfristigen Bewertung (Berücksichtigung der ökologischen Effekte für 2016-2075) und
  - der langfristigen Bewertung (Berücksichtigung der ökologischen Effekte für 2016-2575) unterschieden.

Die Ergebnisse der gesellschaftlichen Kosten-Effizienz sind in der Tabelle 16 und der Abbildung 34 dargestellt.

**Tabelle 16: Gewichtete Gesamtbewertung der gesellschaftlichen Kosteneffizienz**

	Mittelfristige Bewertung (2016-2075)			Langfristige Bewertung (2016-2575)		
	Durchschnittliche Gesamtkosten 2016-2060 [Mio. €/a]	Mittlere Verbesserung der Salzbelastung gegenüber Ausgangssituation [%]	Kosten-effizienz [%/Mio. €*a <sup>-1</sup> ]	Durchschnittliche Gesamtkosten 2016-2060 [Mio. €/a]	Mittlere Verbesserung der Salzbelastung gegenüber Ausgangssituation [%]	Kosten-effizienz [%/Mio. €*a <sup>-1</sup> ]
Temporäre Nordsee-Pipeline	41	56%	1,4	41	74%	1,8
4-Phasen-Plan	33	31%	0,9	33	71%	2,2
Betriebschließung	94	42%	0,4	94	49%	0,5



**Abbildung 34: Gewichtete Gesamtbewertung der gesellschaftlichen Kosten-Effizienz (mittel- und langfristige Betrachtung)**

Bei der mittelfristigen Betrachtung – ohne Berücksichtigung ökologischer Langfristwirkungen (2016-2075) – ist die Nordsee-Pipeline kosteneffizienter als der 4-Phasen-Plan. Bei der langfristigen Betrachtung – mit Berücksichtigung ökologischer Langfristwirkungen (2016-2575) – ist der 4-Phasen-Plan (10.2014) etwas kosteneffizienter als die Temporäre Nordsee-Pipeline.

Die Betriebsschließung ist mittel- und langfristig nicht kosteneffizient und stellt somit die ungünstigste Lösung dar.

## 4.5 Bewertung der Zumutbarkeit

### 4.5.1 Beschreibung des Kalimarktes

Die Bewertung der Zumutbarkeit erfolgt vor dem Hintergrund der Marktsituation, in der K+S arbeitet:

- Die K+S AG gehört mit 10 % Marktanteil (Stand 2011) zu den großen Kaliproduzenten, nicht aber zu den Hauptproduzenten des globalen Marktes (Preuß 2014).
- Die K+S AG produziert zurzeit Kalisalz nur in Deutschland, ab 2016 soll auch in Kanada gefördert werden (Legacy Projekt). Die Werke Werra + Neuhaus stellen einen bedeutenden Teil der Produktionskapazitäten und -reserven. Zugleich ermöglicht der hohe Anteil an Magnesiumsulfat in den Salzvorkommen die Herstellung von Spezialprodukten.
- Die Marktsituation ist durch Kapazitätsreserven und die Ankündigung weiterer Kapazitätsentwicklungen gekennzeichnet. Zugleich können marktstrukturelle Änderungen auftreten, die in den kommenden Jahren zu eher niedrigen Preisen und einer zunehmenden Bedeutung der Kosteneffizienz in der Produktion hinweisen (Preuß 2014).
- Vergleichende Studien zeigen, dass K+S vergleichsweise hohe Produktionskosten hat. Darüber hinaus zeigen Vergleiche mit anderen Kaliproduzenten beispielsweise höhere Betriebskosten für Umweltschutzmaßnahmen und niedrigere operative Margen (Preuß 2014; Koven 2013).

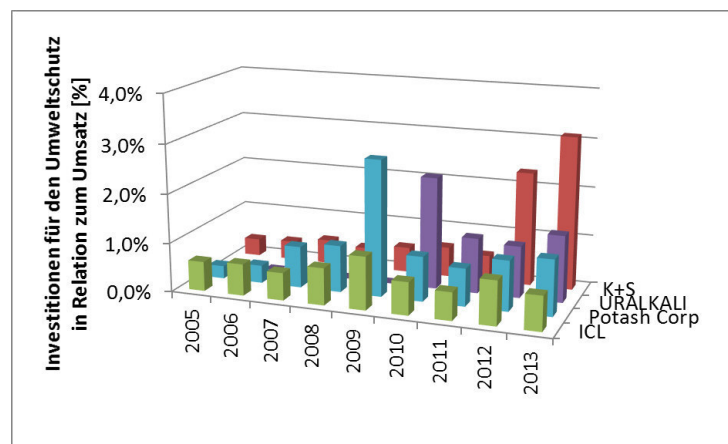
Ein wichtiger Punkt im Rahmen der Zumutbarkeitsdiskussion ist die Ableitung von Benchmarks, um die Zahlungsfähigkeit zu skizzieren. Vorschläge für die Bewertung von Sektoren sind beispielsweise:

- der Gross Operating Profit (Bruttogewinn oder Deckungsbeitrag), Umsatz oder Wertschöpfung (Vorschlag aus Frankreich - WG Economics 2015, S. 14);
- Gross Added Value (Brutto-Wertschöpfung) oder Net Revenue (Nettoerlös) des Sektors (Vorschlag aus Rumänien – WG Economics 2015, S. 11);
- Anteil der der Kosten für Gewässerschutz/Umweltschutzausgaben an Umsatz einer Branche (Vorschlag für Deutschland - Klauer et al. 2007, S. 32);
- Anteil der Kosten am durchschnittlichen Unternehmensgewinn in einer Branche (Vorschlag für Deutschland – Klauer et al. 2007, S. 31).

Dementsprechend wurde K+S gegenüber ausgewählten Mitbewerbern auf dem Kalimarkt eingeschätzt. Hierfür wurden Geschäftsberichte von K+S, von Potash Corp. (Kanada), ICL (Israel, Spanien, UK) sowie Uralkali (Russland) ausgewertet. Einschränkend gilt, dass die Aussagekraft begrenzt ist, da Angaben der Geschäftsberichte weder transparent noch für ausreichend lange Zeiträume verfügbar waren.

Kennzahl Investitionen für den Umweltschutz in Relation zum Umsatz (s. Abbildung 35):

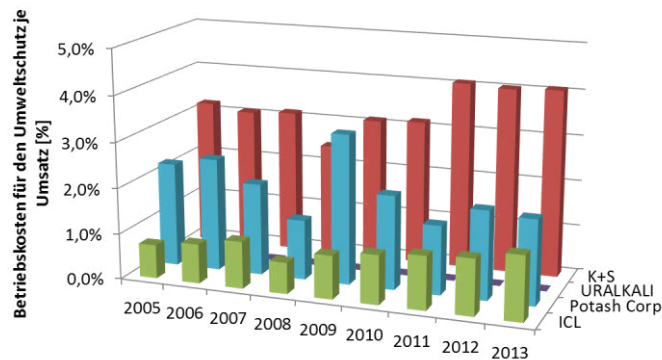
- 3 von 4 Unternehmen haben in einzelnen Jahren hohe Umweltschutzinvestitionen getätigt.
- Investitionen des 360-Mio. Paketes von K+S AG sind sichtbar.
- Da der 4-Phasen-Plan niedrigere Gesamtinvestitionen aufweist als die Nordsee-Lösung, beeinflusst er diesen Indikator in geringerem Maße



**Abbildung 35: Branchenvergleich des Kalisektors anhand Anteils der Investitionen für den Umweltschutz am Umsatz**

Indikator Betriebskosten für den Umweltschutz in Relation zum Umsatz (s. Abbildung 36):

- K+S AG hatte in den vergangenen 10 Jahren höhere Betriebskosten für Umweltschutzaufgaben ausgewiesen als Mitbewerber;
- beim 4-Phasen-Plan fallen nur halb so hohe Betriebskosten an (ca. 12 Mio. €/Jahr) als bei der Temporären Nordsee-Pipeline (ca. 21 Mio. €/Jahr).

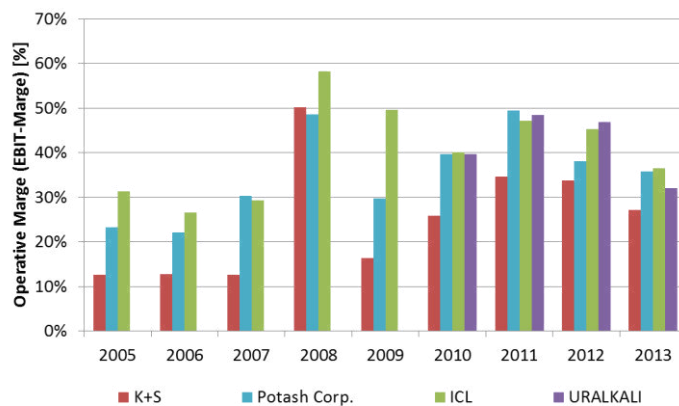


**Abbildung 36: Branchenvergleich des Kalisektors anhand Anteils der Betriebskosten für den Umweltschutz am Umsatz**

Der Indikator EBIT-Marge beschreibt die wirtschaftliche Situation der Unternehmen und somit die Fähigkeit, Zusatzkosten für Umweltschutzmaßnahmen zu tragen (s. Abbildung 37).

- K+S AG (Geschäftsbereich Kali- u. Magnesiumprodukte) weist niedrigere Rentabilität als Wettbewerber auf,
- allerdings steigerte K+S die Rentabilität in den vergangenen Jahren.

Aufgrund der niedrigeren Betriebskosten und Abschreibungen wird der 4-Phasen-Plan die Operative Marge geringer belasten als die Temporäre Nordsee-Pipeline.



**Abbildung 37: Branchenvergleich des Kalisektors anhand der EBIT-Marge**

#### 4.5.2 Betriebliche Zahlungsfähigkeit und Zumutbarkeit

Die Zumutbarkeitsbewertung untersucht in erster Linie die Frage, inwieweit die betrieblichen Kosten der Maßnahmen zu strukturellen Anpassungsreaktionen von K+S bis hin zur Betriebsschließung führen könnten. Inwieweit eine Maßnahme zumutbar ist, kann nur das Unternehmen selber einschätzen und diese Einschätzung hängt auch von der gegenwärtigen und erwarteten Geschäftsentwicklung ab. Die Zumutbarkeitsbewertung kann daher nur darauf abzielen, die wahrscheinliche Reaktion des Unternehmens auf die Maßnahmen vorherzusagen. Die Vorhersage basiert auf einem Vergleich der betrieblichen Gesamtkosten mit Indikatoren zur Zahlungsfähigkeit einerseits und Betrachtungen des Marktumfeldes andererseits.

Im Hinblick auf die Zumutbarkeit werden die Szenarien „Temporäre Nordsee-Pipeline“ und „4-Phasen-Plan“ betrachtet. Die Betriebsstilllegung ist Ergebnis einer unzumutbaren Situation für K+S und somit nicht Gegenstand der Zumutbarkeitsbetrachtung.

Als Indikator für die Zahlungsfähigkeit wurde der durchschnittliche betriebliche Mehrwert (Economic value added) geschätzt, der jährlich zwischen 2011 und 2014 im Werk Werra erwirtschaftet wurde.<sup>6</sup> Der betriebliche Mehrwert bezieht den Teil des Konzernergebnisses, der übrig bleibt, wenn sämtliche Kosten und Risiken, einschließlich der durchschnittlichen Kapitalkosten abgegolten sind. Je stärker der Mehrwert durch die betrieblichen Kosten der Maßnahmen aufgezehrt wird, desto wahrscheinlicher sind betriebsstrukturelle Anpassungen.

Zur Schätzung dieser Zahlen wurde auf die in den Geschäftsberichten ausgewiesenen Angaben zum betrieblichen Mehrwert („Economic value added“) für die gesamte K+S Gruppe der Jahre 2011-2014 (s. Tabelle 17) zurückgegriffen und hiervon der Wert für das Werk Werra abgeleitet. In einem ersten Schritt wurde der Mehrwert für den Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte anhand eines Vergleiches des durchschnittlichen Umsatzes (ca. 53% des Gesamtumsatzes der K+S Gruppe) sowie anhand des durchschnittlichen EBIT (ca. 85% des Wertes der K+S Gruppe) ermittelt. Im zweiten Schritt wurde der Mehrwert für das Werk Werra geschätzt, wobei wie bei der Gewinnrechnung von einem Anteil des Werkes Werra von 43% am Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte ausgegangen wurde.

Im Ergebnis zeigt sich, dass

- die Kosten der Temporären Nordsee-Pipeline den betrieblichen Mehrwert um 60 - 95 %,
- die Kosten des 4-Phasen-Plans (10.2014) den betrieblichen Mehrwert um 50 - 75 % verringern.

**Tabelle 17: Anteil der Gesamtkosten am durchschnittlichen Mehrwert (2011-2014)**

	Durchschnittliche Gesamtkosten [Mio. €/a]	Durchschnittlicher betrieblicher Mehrwert [Mio. €/a]	Anteil Gesamtkosten am betrieblichen Mehrwert*
Temporäre Nordsee-Pipeline	84	88-141	60 - 95%
4-Phasen-Plan	65		50 - 75%

Weitere Aspekte bei der Beurteilung der betrieblichen Zahlungsfähigkeit sind die zeitliche Dynamik der Kosten sowie die Möglichkeit zur späteren Kostenreduktion durch Innovationen.

Die wesentlichen Investitionen für die Temporäre Nordsee-Pipeline müssen in den kommenden fünf Jahren (bis 2021) erbracht werden. Dies sind die 70 Mio. € für die KKF-Anlage, Investitionen im Bereich der Haldenabdeckung sowie insbesondere die 650 Mio. € für die Pipeline. Diese Finanzmittel werden zugleich langfristig über die nächsten 40 Jahre gebunden. D.h. die Nordseepipeline stellt sehr hohe Anforderungen an die Beschaffung der Finanzmittel. Nach Bau der Pipeline lassen sich allenfalls die laufenden Kosten durch weitere Innovationen senken.

<sup>6</sup> In der ÖEA – Teil I wurde der durchschnittliche Mehrwert für die Jahre 2011-2013 zugrunde gelegt, da die Daten für 2014 noch nicht verfügbar waren.

Beim 4-Phasen-Plan (10.2014) werden in den kommenden 5 Jahren Finanzmittel in Höhe von 70 Mio. € für die KKF-Anlage sowie weitere Investitionen in die Haldenabdeckung notwendig, aber nur 250 Mio. € für die Pipeline gebunden. Insofern stellen sich wesentlich niedrigere Finanzierungsherausforderungen (s. Abbildung 32). Außerdem lassen sich die Risikokosten für Produktionsrückgänge durch Innovationen senken.

Bei beiden Szenarien fallen wichtige Kostenteile für die Haldenabdeckung gestreckt über den Zeitraum 2021 bis 2075 an.

Ein wichtiger Punkt im Rahmen der gegenwärtig erarbeiteten Zumutbarkeitskriterien ist die Ableitung von Benchmarks, um die Zahlungsfähigkeit zu skizzieren (s. Abschnitt 2.4). Vorschläge für die Bewertung von Sektoren aus anderen Ländern sind beispielsweise:

- 3% des Gross operating Profits (Bruttogewinn; Deckungsbeitrag) des Sektors (Vorschlag aus Frankreich Frankreich - WG Economics 2015, S. 14)
- 2-3% des Gross Added Value (Brutto-Wertschöpfung) oder Net Revenue (Nettoerlös) des Sektors (Vorschlag aus Rumänien – WG Economics 2015, S. 11)

Daher wurden die Gesamtkosten ins Verhältnis zum EBITDA<sup>7</sup> als Indikator im Sinne des Bruttogewinns gestellt. Hierzu wurde der durchschnittliche EBITDA des Werkes Werra aus den EBIT-Kennzahlen für den Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte für die Jahre 2011-2014 berechnet. Für das Werk Werra wurde ein durchschnittlicher EBITDA von 322 Mio. € angesetzt (43% des durchschnittlichen Wertes für den gesamten Geschäftsbereich von 750 Mio. €/a – siehe Finanzberichte von K+S zu den betreffenden Jahren). Im Ergebnis betragen:

- die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten für die Temporäre Nordsee-Pipeline ungefähr 26% des durchschnittlichen EBITDA für 2011-2014,
- die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten für den 4-Phasen-Plan ungefähr 20% des durchschnittlichen EBITDA für 2011-2014.

Wird der Vergleich auf das EBIT<sup>8</sup> bezogen, d.h. Abschreibungen auf Anlagen- und Vermögensgegenstände abgezogen, ergibt sich ein ähnliches Bild. Für das Werk Werra wurde ein durchschnittlicher EBIT von 275 Mio. € angesetzt (43 % des durchschnittlichen Wertes von 640 Mio. €/a für den gesamten Geschäftsbereich). Im Ergebnis bedeutet das, dass

- die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten für die Temporäre Nordsee-Pipeline ungefähr bei 30 % des durchschnittlichen EBIT für 2011-2014,
- die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten für den 4-Phasen-Plan ungefähr bei 24 % des durchschnittlichen EBIT für 2011-2014 liegen.

Die betrieblichen Gesamtkosten der Maßnahmen liegen damit deutlich höher als die Benchmarks, die für die Bewertung der Zumutbarkeit in Frankreich herangezogen werden.

---

<sup>7</sup> Earnings before Interest, Tax, Depreciation and Amortisation; Gewinn vor Zinsen, Steuern, Abschreibungen auf Sachanlagen und Abschreibungen auf immaterielle Vermögensgegenstände.

<sup>8</sup> Earnings before Interest and Tax; Gewinn vor Zinsen und Steuern.

Bezüglich der Zumutbarkeit der Maßnahmen ist insgesamt festzustellen:

- Die Temporäre Nordsee-Pipeline birgt ein hohes Risiko, die Zahlungsfähigkeit von K+S zu überlasten und betriebswirtschaftlich unzumutbar zu sein. Das Risiko ergibt sich aufgrund der sehr hohen Inanspruchnahme der Zahlungsfähigkeit (siehe Aussage zum betrieblichen Mehrwert). Kritisch ist weiterhin der hohe Anteil an zeitnahen und langfristig gebundenen Einmalinvestitionen von 650 Mio. € für die Pipeline bei Gesamtkosten.
- Der 4-Phasen-Plan ist im Vergleich zur Temporären Nordsee-Pipeline zumutbar, aber mit Risiken behaftet. Seine Gesamtkosten (65 Mio. €/a) reduzieren den betrieblichen Mehrwert ebenfalls um einen hohen Anteil. Jedoch ist der Anteil an zeitnahen Einmalinvestitionen an den Gesamtkosten geringer. Die Möglichkeit und das Risiko von Nachverhandlungen bei unvorhergesehener Marktentwicklung bestehen. Zugleich können Kostenrisiken durch Innovationen weiter reduziert werden.

## 4.6 Bewertung der Verhältnismäßigkeit

### 4.6.1 Methodisches Vorgehen

Die Prüfung der Verhältnismäßigkeit vergleicht die gesellschaftlichen Gesamtkosten der Maßnahmen mit der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz. Inputs hierfür können Informationen zu externen Kosten der Salzbelastung, zur Zahlungsbereitschaft für eine Verbesserung der Gewässerqualität aber auch politisch akzeptierte Kosten liefern. Studien verweisen auf externe Kosten der Salzbelastung in Werra/Weser u.a. bei Fischereiwesen, Wasserbauwerken sowie auf Anpassungskosten bei der Trinkwasserversorgung in der Vergangenheit.

Potentielle externe Kosten der Salzbelastung wurden von Hansjürgens et al. (2009) systematisiert. Folgende wesentliche Kostenfaktoren wurden als Mengengerüst beschrieben bzw. teilweise monetarisiert (s. Tabelle A 10 im Anhang):

- Fischereiwesen;
- Tourismus: kein Nachweis von externen Effekten möglich;
- Landwirtschaft: Effekte durch Verwehungen von Halden (nicht relevant);
- Korrosion an Wasserbauwerken (Schleusen, Wehren, Spundwänden, Hafenanlagen) und Schiffen;
- Trinkwasserversorgung: Anpassungskosten (Erschließung anderer Wasserquellen bzw. Aufbau von Verbundsystemen) in Vergangenheit, die aber nicht klar von anderen Zielstellungen abgrenzbar sind;
- Gewerbliche Eigenwassergewinnung: Anpassungskosten (Aufgabe von Eigenwassergewinnung) bzw. Kosten für die Entsalzung;
- Gewässerökologie (Zahlungsbereitschaft für Verbesserung der Gewässerqualität).

Die Studie von Hansjürgens et al. ist die einzige umfassende Studie, die für das Einzugsgebiet der Werra/Weser die externen Kosten der Salzbelastungen erfasst hat (s. Tabelle A 10 im Anhang). Allerdings lässt sie sich aus folgenden Gründen nicht für die Verhältnismäßigkeitsbewertung heranziehen:

- Sie bezieht sich bei Kostenaussagen auf Studien, die zu einem Zeitpunkt erstellt wurden, als die Salzkonzentration in Werra/Weser noch wesentlich höher lag. Wesentlichen Teilen liegt die Studie von Holz/Möhle aus dem Jahr 1982 zugrunde.
- Die Zahlungsbereitschaftsstudie, die zur Bewertung der gewässerökologischen Effekte herangezogen wurde (Dehnhardt et al. 2006), bezog sich ursprünglich auf Maßnahmen wie Deichrückverlegung, Fischtreppe, landwirtschaftliche Extensivierung (s. Dietrich et al. 2006, S. 377f.). Diese wirken zwar auch auf eine Verbesserung der Biodiversität hin und der dort beschriebene Benefit-

Transfer bezieht sich explizit auf die Werra. Jedoch werden mit dem hier vorliegenden Gutachten nur die Wirkung von Maßnahmen zur Verringerung der Salzbelastung bewertet, nicht aber notwendige hydromorphologische Maßnahmen.

Für die folgende Verhältnismäßigkeitsprüfung wird zuerst einmal festgestellt, dass viele externe Kosten der Salzbelastung sich nur schwer monetär erfassen lassen. Zugleich existieren mittlerweile Zahlungsbereitschaftsstudien für einen Benefit-Transfer, die sich konkret auf eine Verbesserung der Gewässerqualität beziehen und daher als sachdienlicher eingeschätzt werden. Daher wurde auf diesen Bewertungsansatz zurückgegriffen.

Bei Benefit-Transfers unterscheidet man zwischen einem Benefit-Transfer im engen Sinne, einem Benefit-Function-Transfer und der Nutzung von Metaanalysen (z. B. Young 2005). Während beim ersten Fall der Nutzenwert von einer Fallstudie auf ein neues Pilotgebiet übertragen wird, wird im zweiten Fall die im Rahmen einer Fallstudie abgeleitete Nutzenfunktion übertragen. Bei der Meta-Analyse wird eine zu übertragende Nutzenfunktion aus vielen Studien generiert. Der Vorteil der komplexen Ansätze besteht darin, dass hierbei viele Einflussfaktoren, welche die Zahlungsbereitschaft beeinflussen, berücksichtigt werden können (vgl. z. B. Young 2005, Brouwer et al. 2009; Wilson/Hoehn 2006). Jedoch ist hierfür eine umfassende Datenbasis für das zu untersuchende Gebiet notwendig. Daher wurde auf das einfachste Verfahren, den Benefit-Transfer zurückgegriffen.

#### 4.6.2 Ableitung der Kostenakzeptanzkurve

Grundlage für den Benefit-Transfer ist die Studie von Türk et al. (2013). Diese nahm im Hinblick auf die Bewertung von Maßnahmen an Kläranlagen zur Verringerung von Mikroschadstoffen einen Benefit-Transfer vor. Hierfür wurde eine Vielzahl von Zahlungsbereitschafts-/Choice-Modelling-Studien gesammelt. Da es bei der Bewertung von Salzgehalten ebenfalls um die Bewertung von Stoffkonzentrationen geht, wurde auf diesen Studien aufgebaut.

**Tabelle 18: Ergebnisse von Studien zur Zahlungsbereitschaft**

Quelle	Zahlungsbereitschaft (in Preisen von 2010) [€/HH*a]	Gebiet
Farber, Griner (2000)	<b>1,50-51,40</b> für die Verbesserung eines Flussabschnittes (beeinträchtigt durch Bergbau) von „stark“ zu „schwach belastet“	USA
Hasler et al. (2009)	<b>44,40</b> zur Erreichung einer Gewässerqualität entsprechend dem guten Zustand	Dänemark
Bliem, Getzner (2008); nach Türk et al. (2013)	<b>46,90</b> für Verbesserung vom mäßigen zum guten Zustand der Wasserkörper	Österreich
Becker et al. (2005), nach Türk et al. (2013)	<b>21,30 € (31,80 €)</b> für Verbesserungen um eine oder zwei Stufen	Deutschland

Die Bandbreite der Zahlungsbereitschaft variiert zwischen 2 und 51 €/HH\*a. Nur eine der Studien stammt aus Deutschland, aber alle Studien entstammen Ländern mit einem hohen Einkommensniveau, einem wichtigen Einflussfaktor auf die Zahlungsbereitschaft.

Die in den Studien gefundenen Zahlungsbereitschaften variieren deutlich (Tabelle 18). Um die Bandbreite zu erfassen gingen folgende Zahlungsbereitschaften in den Transfer ein:

- 21 €/HH\*a – als Untergrenze
- 44 €/HH\*a – als mittlerer Wert

- 50 €/HH\*a – als Obergrenze
- 60 €/HH\*a – als Extremwert, der zugleich weitere externe Kosten der Versalzung berücksichtigt.

Zur Übertragung auf das Flussgebiet wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Die gesamte Zahlungsbereitschaft für das Einzugsgebiet wurde ermittelt. Hierbei wurden einmal die Haushalte des gesamten Einzugsgebietes Werra/Weser herangezogen (Annahme: 4,45 Mio. Haushalte – s. Tabelle A 11 im Anhang). Zum anderen wurden nur die Teileinzugsgebiete Werra + Ober- und Mittel-Weser herangezogen unter der Annahme, dass die Zahlungsbereitschaft der Haushalte in anderen Teileinzugsgebieten (1,27 Mio. Haushalte) sich nicht direkt auf die Werra/Weser, sondern auf die Nebenflüsse richtet.
2. Die Gesamtzahlungsbereitschaft wurde auf 1 km Fließgewässer normiert. Hierbei wurden verschiedene Varianten gerechnet:
  - a. es wurde die Gesamtflusslänge einbezogen
  - b. es wurden nur die Länge der Hauptflüsse einbezogen
3. Die erhaltenen Zahlungsbereitschaften pro km Flusslänge wurden auf die Länge des betrachteten Flussabschnittes der Werra/Weser (516 km) hochgerechnet.
4. Die Gesamtzahlungsbereitschaft wurde anhand des Verbraucherpreisindex von dem Bezugszeitpunkt 2010 auf den Bezugszeitpunkt 2015 umgerechnet (Preissteigerung von 7%).
5. Die durchschnittliche jährliche Zahlungsbereitschaft für 2016 bis 2060 wurde ermittelt, indem die soziale Diskontrate von 2% für die jährlichen Zahlungsbereitschaften angesetzt und der Durchschnitt aus den diskontierten Werten ermittelt wurde.
6. Der Zahlungsbereitschaft wurde eine ökologische Wirksamkeit zugewiesen. Es wird davon ausgegangen, dass die Zahlungsbereitschaft sich auf die Erreichung der Richtwerte der FGG Weser über den gesamten betrachteten Flussabschnitt bezieht. Um die Richtwerte der FGG Weser zu erreichen, muss gegenüber der Ausgangssituation eine mittlere Verbesserung der Salzkonzentration um 56% eintreten.

Im Ergebnis wurden 12 verschiedene Angaben für die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft erhalten, die zwischen 2,1 und 62,3 Mio. €/a liegen (s. Tabelle A 12 im Anhang). Das heißt, ein Benefit-Transfer ist nur mit einer großen Unsicherheitsspanne in Bezug auf die Zahlungsbereitschaft möglich. Ursachen für die deutliche Unsicherheitsspanne beziehen sich auf folgende Aspekte:

- Inwieweit nimmt die Zahlungsbereitschaft der Haushalte mit größerem Abstand vom Fluss ab? Studien lassen vermuten, dass die Zahlungsbereitschaft für touristische bzw. erholungsbezogene Gewässernutzungen (nutzungsbasierte Wertschätzung) mit Abstand der Befragten abnehmen. Zahlungsbereitschaften für die Verbesserung der Gewässerqualität an sich – ohne eigene Nutzungsabsichten (nicht nutzungsbasierte Wertschätzungen) nehmen nicht ab (Bateman et al. 2009, weiterhin zu Wirkung der Distanz auf Zahlungsbereitschaften, vgl. Brouwer et al. 2009, Hasler et al. 2009). Eine Würdigung der Salzbelastung durch Haushalte wird nutzungsbasierte Wertschätzungen aufweisen (Angeln), aber insbesondere nicht-nutzungsbezogene Wertschätzungen. Dementsprechend wird die Zahlungsbereitschaft wahrscheinlich nicht ganz so stark von dem Abstand der Personen zur Werra/Weser abhängen.
- Wie sich die anderen Gewässer in ihrer Qualität entwickeln und die Zahlungsbereitschaft beeinflussen (vgl. zu diesem Problem Brouwer et al. 2009). Insbesondere stellte sich die Frage, wie die vielen Fließgewässer, die in dem Einzugsgebiet der Werra/Weser liegen, die Wertschätzung der Haushalte auf die Werra/Weser beeinflussen.

Die Zahlungsbereitschaften werden als Kostenakzeptanz herangezogen. Im Folgenden wird von folgenden Werten ausgegangen:

Für eine dauerhafte mittlere Verbesserung der Salzkonzentration um 56% beträgt:

- die minimal Kostenakzeptanz 2 Mio. €/a;
- die mittlere Kostenakzeptanz beträgt 35 Mio. €/a;
- die maximale Kostenakzeptanz 62 Mio. €/a.

Den drei Werten für die Kostenakzeptanz liegen unterschiedliche Annahmen zugrunde in Bezug auf die Zahlungsbereitschaft je Haushalt, dem räumlichen Einzugsgebiet, in welchem Bürger eine Verbesserung der Werra/Weser wertschätzen sowie bzgl. der Flussabschnitte, auf die sich die Wertschätzung bezieht. Für die Verhältnismäßigkeitsprüfung wird von der mittleren Kostenakzeptanz ausgegangen und abschließend geprüft, inwieweit sich bei Nutzung der maximalen Kostenakzeptanz die Verhältnismäßigkeitsaussage verändert.

**Tabelle 19: Annahmen zur Ableitung der Kostenakzeptanz**

Kostenakzeptanz	Zahlungsbereitschaft (Preisniveau 2010)	Räumliches Einzugsgebiet	Bezugs-Flusslänge
<b>Minimal</b> 2 Mio. €/a	<b>Niedrig</b> 21 €/HH*a	<b>Groß</b> EZG Werra/Weser gesamt	<b>Groß</b> Gesamtflusslänge
<b>Mittel</b> 35 Mio. €/a	<b>Oberhalb des Durchschnitts</b> 50 €/HH*a	<b>Reduziert</b> EZG Werra+ Ober- und Mittelweser	<b>Klein</b> Hauptflusslänge
<b>Hoch</b> 62 Mio. €/a	<b>Hoch</b> 60 €/HHa	<b>Groß</b> EZG Werra/Weser gesamt	<b>Klein</b> Hauptflusslänge

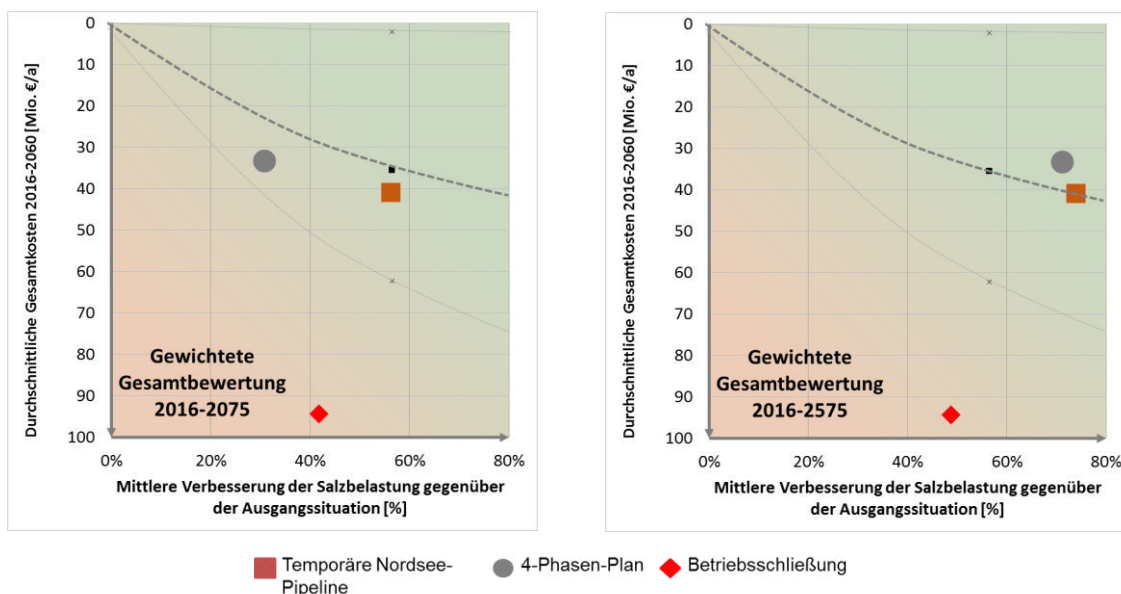
Die in dieser Form abgeleitete Kostenakzeptanz (s. Tabelle 19) stellt ein Hilfskonstrukt dar. Sie zeigt das potentialle Ausmaß der gesellschaftlichen Würdigung der Gewässerverbesserung. Sie bedeutet nicht, dass diese Zahlungen auch erfolgen, falls sich das Gewässer in seiner Qualität verbessert. Der Vergleich der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz mit den gesellschaftlichen Maßnahmenkosten bleibt somit fiktiv, da die Nutznießer der Gewässerverbesserung nicht die Kostenträger – zum Beispiel die nun arbeitslos gewordenen – auszahlen. Jede Nutzen-Kosten-Analyse (und somit ein wichtiges Analyseinstrument der Verhältnismäßigkeitsprüfung) basiert auf diesem Gedanken der fiktiven Kompensation. Diese Kompensationsflüsse dann zu realisieren, stellt eine politische Aufgabe dar.

#### 4.6.3 Ergebnisse Verhältnismäßigkeitsbewertung

Zur Ableitung der Kostenakzeptanz wird eine mittlere Kostenakzeptanz von 35 Mio. €/a für die Erreichung des guten Zustands angesetzt. Die Extremwerte der Kostenakzeptanz wurden mit abgetragen um die große Unsicherheit bzgl. der Kostenakzeptanz aufzuzeigen. Im Folgenden wird die Verhältnismäßigkeitsprüfung für zwei Zeitperioden vorgenommen (für weitere Erläuterungen – s. Abschnitt 4.1.2):

- Mittelfristige Bewertung – Zeitraum 2016 bis 2075: Die Langfristwirkung der Haldenabdeckung als Maßnahme zur Verhinderung von gewässerbezogenen Ewigkeitslasten wird hierbei zwar bei den Kosten (Kosten der Haldenabdeckung sind vollständig erhalten), nicht aber bei den ökologischen Wirkungen berücksichtigt.
- Langfristige Bewertung – 2016 bis 2575: Die Langfristwirkung der Haldenabdeckung als Maßnahme zur Verhinderung von gewässerbezogenen Ewigkeitslasten wird berücksichtigt.

Die Ergebnisse sind in der Abbildung 38 aufgetragen. Die Abbildungen zeigen das Verhältnis aus volkswirtschaftlichen Gesamtkosten und der mittleren Verbesserung der Salzbelastung. Weiterhin sind die mittlere Kostenakzeptanzkurve sowie die Extremgrenzen der minimalen und maximalen Kostenakzeptanz aufgetragen. Die Kostenakzeptanzkurve verläuft durch den Nullpunkt der Abbildung. Dies bedeutet, dass die Gesellschaft keine Kosten für uneffektive Gewässerschutzbemühungen akzeptiert. Die Kurve zur Kostenakzeptanz ist leicht konkav gebogen. Sie sagt aus, dass die Gesellschaft für eine erste Verbesserung vom Ausgangszustand etwas höhere Kosten akzeptiert als für eine weitere (abnehmende gesellschaftliche Grenznutzen der Gewässerverbesserung<sup>9</sup>). Die Krümmung der Akzeptanzkurve wurde flach festgelegt, da sie nicht durch empirische Werte untermauert ist.



a) Mittelfristige Bewertung

b) Langfristige Bewertung

**Abbildung 38: Bewertung der Verhältnismäßigkeit anhand der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz – Mittelfristige Betrachtung (2016-2075) und langfristige Betrachtung (2016-2575).**

Wird von mittleren Werte für die Kosten-Akzeptanz ausgegangen, so gilt für beide Bewertungspektiven (s. Abbildung 38):

- Die Kosten der Betriebsschließung sind unverhältnismäßig, da sie die akzeptierten Kosten deutlich übersteigen.
- Die Kosten des 4-Phasen-Plans und der Temporären Nordsee-Pipeline liegen in der Nähe der Kosten-Akzeptanzkurve: Bei der mittelfristigen Bewertung liegen beide Maßnahmenpakete leicht unterhalb der Kostenakzeptanzkurve. Bei der langfristigen Bewertung liegen beide oberhalb.
- Sie sind verhältnismäßig unter der Voraussetzung ihrer Zumutbarkeit, da Unverhältnismäßigkeit erst ab einem deutlichen Ungleichgewicht zwischen Kosten und Nutzen vorliegt (vgl. Abschnitt 2.3).

Die Aussagen zur Verhältnismäßigkeit ändern sich nicht, wenn anstelle der mittleren die maximale Kostenakzeptanz zugrunde gelegt wird.

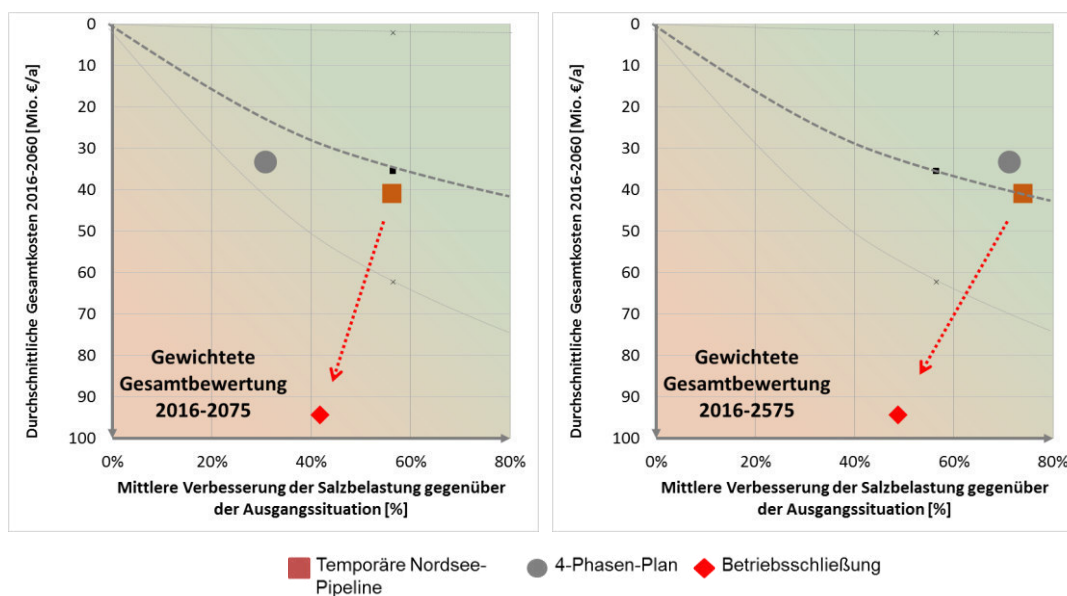
<sup>9</sup> Empirisch wird dies z. B. durch Hasler et al. (2009) gestützt. Gestützt wird dies weiterhin durch die Ergebnisse, dass die Ausgangssituation des Gewässers einen Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft hat (Brouwer et al. 2009). Gleichwohl übt auch die Höhe der Verbesserung einen positiven Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft auf (Brouwer et al. 2009).

Die Bewertung der Unverhältnismäßigkeit hängt von der Bewertung der Zumutbarkeit ab. Unzumutbarkeit wird als hohes Risiko verstanden, dass die aufgebürdeten Gesamtkosten zu schweren betrieblichen Verwerfungen und zu einer vorzeitigen Betriebsstilllegung beim Unternehmen führen.

Die Produktionsstreckung wurde in der Vorprüfung (Screening) als unzumutbar bewertet, da in diesem Szenario ein sofortiger Versenkungsstopp enthalten ist, der eine Betriebsstilllegung erfordert.

Der 4-Phasen-Plan (10.2014) wird als zumutbar angesehen, wenngleich mit Risiken behaftet, und ist verhältnismäßig.

Die Temporäre Nordsee-Pipeline ist nicht verhältnismäßig, da sie mit hoher Wahrscheinlichkeit unzumutbar ist. Es besteht ein hohes Risiko, dass die Zahlungsfähigkeit des Werkes Werra überstiegen wird. Da unzumutbare Maßnahmen die Wahrscheinlichkeit einer Betriebsschließung maßgeblich erhöhen, besteht auch ein hohes Risiko der Unverhältnismäßigkeit (roter Pfeil – s. Abbildung 39).



a) Mittelfristige Bewertung

b) Langfristige Bewertung

**Abbildung 39: Bewertung der Verhältnismäßigkeit anhand der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz – Mittelfristige Betrachtung (2016-2075) und langfristige Betrachtung (2016-2575)**

## 4.7 Unsicherheiten und Sensitivitäten der Bewertung

Die Bewertung ist mit Unsicherheiten behaftet, zum Beispiel bzgl. der Annahmen zur Entwicklung der diffusen Einträge, zur Entwicklung des Kalimarktes sowie zu den Kosten der Maßnahmen (vgl. Tabelle 20):

- Gehen die diffusen Einträge weniger stark zurück als angenommen, ergeben sich geringere Wirksamkeiten der Maßnahmen. Weiterhin vergrößern sich die Kosten beim 4-Phasen-Plan, da zur Erreichung der Zielwerte in der Weser ggf. höhere Risiken in Bezug auf Produktionsrückgang in Kauf genommen werden müssen.
- Sinken die Kalipreise, reduziert sich die betriebliche Zahlungsfähigkeit und die Zumutbarkeit in Bezug auf die Maßnahmen. Außerdem verringern sich die betrieblichen Kosten von Produktionsrisiken (4-Phasen-Plan) und die volkswirtschaftlichen Kosten der Betriebsschließung.

- Steigen die Kosten für Pipelinelösungen und Haldenabdeckung so erhöhen sich die Gesamtkosten der Maßnahmen.

Entgegengesetzte Effekte führen zu entsprechend umgekehrten Wirkungen.

**Tabelle 20: Einfluss von Unsicherheitsfaktoren auf die Ergebnisse**

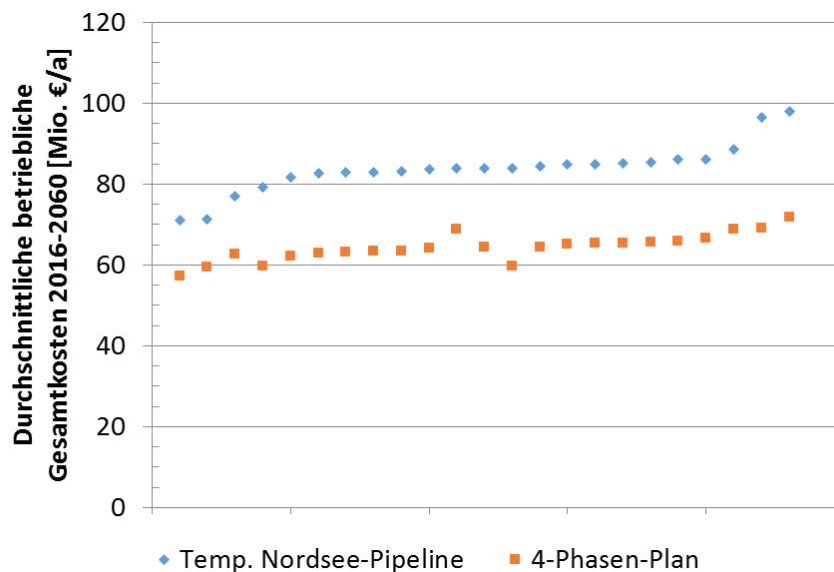
	Folgen für das Bewertungsergebnis		
Unsicherheit	4-Phasen-Plan	Temp. Nordsee-Pipeline	Betriebs-schließung
Diffuse Einträge gehen weniger stark zurück als angenommen	Höhere Maßnahmenkosten (stärkere Produktionsrückgänge) und/oder Geringere Wirksamkeit der Maßnahmen	Geringere Wirksamkeit der Maßnahme	Geringere Wirksamkeit der Maßnahme
Langfristiger Rückgang der Kalipreise	Geringere Zahlungsfähigkeit des Unternehmens (Zumutbarkeitsgrenze sinkt), zugleich Leichter Rückgang bei Maßnahmenkosten (bei Produktionsrückgang)	Keine Änderung bei Maßnahmenkosten  Geringere Zahlungsfähigkeit des Unternehmens Zumutbarkeitsgrenze sinkt	Gesellschaftliche Kosten der Betriebsschließung gehen zurück
Kostensteigerung (Haldenabdeckung, Pipelines)	Maßnahmenkosten steigen Zumutbarkeitsrisiko steigt	Maßnahmenkosten steigen Unzumutbarkeit wird manifestiert	Kein Effekt

Die Auswirkungen möglicher Varianzen bei den Kosten wurde im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse analysiert. Die Eingangsdaten wurden mit spezifischen Unsicherheitsspannen variiert. Weitere Eingangsgrößen wurde mit +/- 30 % variiert (s. Abbildung 40):

- die Rangfolge zwischen den Szenarien Temporäre Nordsee-Pipeline und 4-Phasen-Plan bleibt konstant. Die Differenz zwischen den beiden Szenarien beträgt im Minimalfall 12 Mio. €/Jahr; im Maximalfall 27 Mio. €/Jahr;
- besonders starken Einfluss auf die Differenz zwischen den beiden Szenarien in Bezug auf die Gesamtkosten haben die Investitionskosten in die Pipeline, der Zinssatz für Kapitalgüter sowie etwaige Produktionsrestriktionen.

In den Szenarien wurden auch Maßnahmen integriert, deren Realisierbarkeit gegenwärtig noch nicht abschließend geklärt ist (s. Tabelle 21). Wenn beispielsweise die Abdeckung der Halden nicht gelingt, ergeben sich:

- für den 4-Phasen-Plan sowohl ökologische Konsequenzen, da die Phase der Salzeinträge in Weser verlängert wird, als auch ökonomische Konsequenzen, da der Betrieb der Oberweserpipeline verlängert werden muss.
- für die Temporäre Nordsee-Pipeline ökonomische Konsequenzen durch den verlängerten Betrieb der Nordsee-Pipeline.



**Abbildung 40: Sensitivitätsanalyse der durchschnittlichen betrieblichen Gesamtkosten**

Sollten weitere innovative Maßnahmen nicht gelingen, ergeben sich beim 4-Phasen-Plan keine weiteren Verbesserungen der ökonomischen und ökologischen Leistungsfähigkeit. Bei der Nordsee-Pipeline werden weitere innovative Maßnahmen aufgrund fehlender Anreize nicht aufgegriffen.

**Tabelle 21: Umsetzungsrisiken bei Szenarien**

Umsetzungsrisiken	Konsequenzen	
	4-Phasen-Plan	Temporäre Nordsee-Pipeline
Abdeckung der Halden gelingt nicht	<b>Ökologische Konsequenzen:</b> Verlängerung der Phase der Salzeinträge in Weser <b>Ökonomische Konsequenzen:</b> Verlängerter Betrieb der OW-Pipeline	<b>Ökonomische Konsequenzen:</b> Verlängerter Betrieb der Nordsee-Pipeline
Weitere Innovative Maßnahmen versagen	Keine Verbesserung der ökologischen Wirksamkeit Keine Verbesserung bzgl. der Maßnahmenkosten	Kein Effekt

## 4.8 Notwendigkeit von Innovationen und szenarienspezifische Innovationsanreize

### 4.8.1 Bedeutung von Innovationen

Ein langfristiger Erhalt der Kaliproduktion erscheint dann gewährleistet, wenn alle wirtschaftlichen, zumutbaren und verhältnismäßigen Innovationen aufgegriffen werden, um die Entstehung der Salzabwässer zu vermeiden. Ein Schritt in diese Richtung sind die KKF-Anlage sowie die Haldenabdeckung. Diese Innovationen sind in den Szenarien integriert.

Die Pipeline-Lösungen stellen demgegenüber End-of-Pipe-Technologien dar, die bei einem umweltverträglichen Umgang mit den Salzabwässern helfen, allerdings den Salzabwasseranfall selber nicht verringern. Zurzeit bilden sie jedoch die notwendigen Fundamente der Maßnahmenpakete, da aus gegenwärtiger Sicht:

- nur mit deren Hilfe innerhalb der nächsten Zeit eine Beendigung der Versenkung realistisch ist,
- substantielle Fortschritte im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie erreicht werden können und
- weitere Innovationen in der Vergangenheit nicht konsequent genug erforscht wurden (Haldenabdeckung, Versatz, F+E-Vorhaben etc.)

Die Mengenbilanzen und die Ergebnisse der Berechnung der Gewässerbelastungen zeigen, dass die Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von festen und flüssigen Salzabfällen in Zukunft gegenüber der Entsorgung von Salzabwasser noch stärker in den Vordergrund rücken müssen. Neben den in den Szenarien integrierten Maßnahmen der Kainit-Kristallisationsanlage (KKF-Anlage) und Haldenabdeckung sind dies:

- Versatz unter Tage
- Salzlast-/Einleitsteuerung
- F+E-Vorhaben
- Flankierendes Monitoring

Erweisen sich die Ansätze als tragfähig und wirtschaftlich, könnte das Aufkommen flüssiger und fester salzhaltiger Abfälle auf Dauer deutlich verringert werden.

#### 4.8.2 Szenarienspezifische Innovationsanreize

Aus Sicht des gesellschaftlichen Gewässerschutzes sind Innovationen, die zu Rückgängen bei den Produktionsabwässern und der Gewässerbelastung führen, grundsätzlich sinnvoll. Um Innovationen voranzutreiben, müssen durch die FGG Weser gegenüber K+S entsprechende Anreize geboten werden. Wichtigster Anreiz für K+S besteht in Kosteneinsparpotentialen, die K+S durch die Innovationen in umweltfreundliche Technologien erreicht werden kann. Die bewerteten Maßnahmen beinhalten unterschiedliche Anreize zu weiteren, über die Szenarien hinausgehenden Innovationen.

Das Betriebsstreckungsszenario bietet wenig Innovationsanreize, da die geforderten Maßnahmen die Anpassungskapazität des Werkes Werra übersteigen und zu deren Schließung führen.

Bei der Temporären Nordsee-Pipeline und dem 4-Phasen-Plan (10.2014) muss differenziert werden:

- K+S hat einen Anreiz, die Halden abzudecken, da ansonsten mit dem Weiterbetrieb der Pipelines (im Extremfall als Ewigkeitslast) Zusatzkosten drohen. Zugleich können durch Innovationen beim Einbau des Materials Kosteneinsparungen erreicht werden. Dies betrifft sowohl die Temporäre Nordsee-Pipeline als auch den 4-Phasen-Plan.
- Für die Temporäre Nordsee-Pipeline bestehen darüber hinaus keine Anreize, Innovationen aufzugreifen. Die Kosten der Pipeline lassen sich durch weitere Innovationen nicht mehr reduzieren. Nur Innovationen, die den vollständigen Anfall der Salzabwässer bewirken und die Pipeline überflüssig machen, würden zu Einsparungen bei den laufenden Kosten führen bzw. Innovationen, welche die Transportkosten reduzieren. Diese Hürde ist sehr hoch.
- Der 4-Phasen-Plan übt demgegenüber deutliche Anreize zu Innovationen in Richtung auf eine Reduzierung der Salzfrachten aus, sofern es gelingt die Vermeidungskosten der Produktionsüberhänge zu reduzieren. Ein vorzeitiger Rückbau der Pipelines und somit die Einsparung von Betriebskosten wird bei diesem Szenario schon möglich, wenn die Salzabwässer durch Innovationen weiter verringert werden, ohne dass sie vollständig reduziert werden müssen.

## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- [1] Die Öko-Effizienz-Analyse – Teil II greift Maßnahmenvorschläge von Ländern der FGG Weser auf. Die nach einer Vorprüfung eingegrenzten und modifizierten Vorschläge wurden mit Hilfe einer weiterentwickelten Methodik der Öko-Effizienz-Analyse im Hinblick auf Wirksamkeit, Kosten-Effizienz, Verhältnismäßigkeit und Zumutbarkeit bewertet.
- [2] Szenarien – Vorschläge von Ländern der FGG Weser:
  - Temporäre Oberweser-Pipeline – 4-Phasen-Plan (Hessen, 07.10.2014): Einleitung von Teilmengen in die Werra mit Übergangsregelung zur Versenkung; Stopp der Versenkung ab 2022; Errichtung KKF-Anlage; Oberweser-Pipeline (in Betrieb ab 2021); Haldenabdeckung ab 2031 (ca. 60% der Haldenfläche; 2 Halden werden vollständig abgedeckt); Rückverlegung der Salzeinleitung in Werra ab 2060.
  - Temporäre Nordsee-Pipeline (NRW, 24.11.2014): Übergangsregelung zur Versenkung; Stopp der Versenkung ab 2021; Errichtung KKF-Anlage; Nordsee-Pipeline (in Betrieb ab 2021), Haldenabdeckung ab 2021 (100% der Gesamtfläche; 3 Halden werden vollständig abgedeckt); Rückverlegung der Salzeinleitung in Werra ab 2060.
  - Produktionseinschränkungen (Niedersachsen, 24.11.2014); ohne Übergangsregelung zur Versenkung; Stopp der Versenkung ab 2015; Errichtung KKF-Anlage; Errichtung weiterer Stapelbecken; stufenweise Absenkung der Grenzwerte am Pegel Gerstungen; ab 2021 Verminderung der Förderung → Streckung der Produktion über 2060 hinaus.
- [3] Die Vorprüfung der vorgeschlagenen Maßnahmen führte zu folgenden Konsequenzen:
  - Verwerfen des Produktionsstreckungs-Szenarios. Dieses Szenario verursacht starke nachteilige finanzielle Effekte für das Unternehmen. Einnahmen brechen weg, die bergbautypischen hohen Fixkosten jedoch bleiben bestehen. Die erhoffte Betriebsverlängerung lässt sich daher nicht realisieren, da das Bergwerk wegen Unwirtschaftlichkeit nach kurzer Zeit geschlossen werden würde.
  - Modifizierung des 4-Phasen-Plans (10.2014) bzgl. seiner ökologischen Leistungsfähigkeit.
- [4] Die Modifizierung des 4-Phasen-Plans (10.2014) beinhaltet die Einbeziehung und Prüfung folgender Maßnahmen zur weitergehenden Verringerung der Salzbelastung im 4-Phasen-Plan:
  - Steuerung der Salzabwassereinleitung zur Minimierung der Einleitung in die Werra und Maximierung der möglichen Einleitung in die Oberweser. Hierdurch ergeben sich positive ökologische Wirkungen für die Werra ohne ökologische Nachteile für die Weser.
  - Haldenmanagement: Vorgezogener Beginn der Haldenabdeckung (ab 2021), vollständige Abdeckung der „Althalden“ bis 2060 (100%); Abdeckung der "neuen" Haldenteile (100%) und Restarbeiten bis 2075; Entwicklung (innovativer) Maßnahmen, die auch zu einem temporären Erosionsschutz beitragen können.
  - Versatz von Rückständen unter Tage sowie weitere innovative Maßnahmen.
- [5] Bewertung der ökologischen Wirksamkeit anhand von Modellergebnissen der SYDRO Consult mit Referenz auf die Richtwerte der FGG Weser:
  - In den Phasen vor 2060 (Betriebsabschluss) ist die Temporäre Nordsee-Pipeline die wirksamste Lösung, da ab 2021 die Produktions- und Haldenabwässer aus dem Gewässersystem Werra/Weser herausgenommen werden.
  - Nach 2075 sind der 4-Phasen-Plan und die Temporäre Nordsee-Pipeline gleich wirksam, da bei beiden Maßnahmen nur noch die ablaufenden Niederschläge der abgedeckten Halden in die Werra eingeleitet werden.

- Mittelfristig ist eine Betriebsstilllegung 2015 weniger effektiv als die Nordsee-Pipeline, langfristig ist sie die am wenigsten effektive Lösung.

[6] Durchschnittliche betriebliche Gesamtkosten:

- Die durchschnittlichen betrieblichen Gesamtkosten berücksichtigen technische Maßnahmen, die Haldenabdeckung, Rückstellungen für den Abschluss der Haldenabdeckung und Ewigkeitslasten sowie betriebliche Risiken infolge von Produktionsrückgängen bei unkompenzierten Abwasserüberhängen.
- Die für den Zeitraum von 2016-2060 berechneten durchschnittlichen jährlichen Kosten der Temporären Nordsee-Pipeline liegen mit 84 Mio. €/a deutlich über denen des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit 65 Mio. €/a.
- Die Kostenstruktur der Temporären Nordsee-Pipeline wird durch die hohe Investition in die Leitung dominiert. Bei der Kostenstruktur des 4-Phasen-Plans nehmen zeitlich flexiblere Kostenelemente mehr Raum ein.

[7] Durchschnittliche gesellschaftliche Gesamtkosten:

- Die durchschnittlichen gesellschaftlichen Gesamtkosten für Deutschland berücksichtigen die in Deutschland verbleibenden Unternehmenserlöse, die Steuerzahlungen an Staat und Kommunen sowie einen Schätzwert für die Wohlfahrtsverluste durch steigende strukturelle Arbeitslosigkeit in Nordhessen/Thüringen im Zuge einer Bergwerksschließung.
- Die gesellschaftlichen Kosten für Deutschland sind niedriger als betriebliche Kosten, da Effekte für ausländische Aktienbesitzer unberücksichtigt bleiben. Die relative Kostendifferenz zwischen der Temporären Nordsee-Pipeline und dem 4-Phasen-Plan (10.2014) gestaltet sich ähnlich wie bei den betrieblichen Kosten.
- Die gesellschaftlichen Kosten der Betriebsschließung übersteigen deutlich die Kosten der Temporären Nordsee-Pipeline und des 4-Phasen-Plans (10.2014).

[8] Kosten-Effizienz:

- Zur Darstellung der Kosteneffizienz wurden die durchschnittlichen gesellschaftlichen Gesamtkosten mit der mittleren Verbesserung der Salzbelastung in Beziehung gesetzt. Hierfür wurden die ökologischen Bewertungsergebnisse der einzelnen Phasen gewichtet aggregiert (gewichteter Durchschnitt anhand der Phasenlängen). Es wurde zwischen einer mittelfristigen Betrachtung und einer langfristigen Betrachtung unterschieden.
- Bei einer mittelfristigen Betrachtung (2016-2075) ist die Nordsee-Pipeline kosteneffizienter als der 4-Phasen-Plan (10.2014).
- Bei der langfristigen Betrachtung (2016-2575) ist der 4-Phasen-Plan (10.2014) etwas kosteneffizienter als die Temporäre Nordsee-Pipeline.
- Die Betriebsstilllegung 2015 ist mittel- und langfristig kostenineffizient und stellt somit die ungünstigste Lösung dar.

[9] Die Bewertung der Zumutbarkeit basiert auf einem Vergleich der betrieblichen Gesamtkosten mit Indikatoren zur Zahlungsfähigkeit sowie der Analyse der Kostenstruktur einerseits und Betrachtungen des Marktumfeldes andererseits. Inwieweit eine Maßnahme zumutbar ist, kann nur das Unternehmen selber einschätzen und diese Einschätzung hängt auch von der gegenwärtigen und erwarteten Geschäftsentwicklung ab. Die Zumutbarkeitsbewertung kann daher nur darauf abzielen, die wahrscheinliche Reaktion des Unternehmens auf die Maßnahmen vorherzusagen.

Als Indikator für die Zahlungsfähigkeit wurde der durchschnittliche betriebliche Mehrwert (Economic value added) geschätzt, der jährlich zwischen 2011 und 2014 im Werk Werra erwirtschaftet wurde.

- Je stärker er durch die Maßnahmenkosten aufgezehrt wird, desto wahrscheinlicher sind betriebsstrukturelle Anpassungen:
- Die Kosten der Temporären Nordsee-Pipeline verringern den betrieblichen Mehrwert um 60 - 95 %; die Kosten des 4-Phasen-Plans verringern den betrieblichen Mehrwert um 50 - 75 %.

[10] Weiterhin wurde der Anteil der betrieblichen Kosten mit dem durchschnittlichen Bruttogewinn verglichen (als Kennziffer wurde das EBITDA herangezogen). Die betrieblichen Kosten übersteigen mit 20 % (4-Phasen-Plan 10.2014) bzw. 26 % (Temporäre Nordsee-Pipeline) deutlich die Benchmark von 3 %, die in Frankreich für die Bewertung von Auswirkungen auf Sektoren genutzt wird (WG Economics 2015, S. 8).

[11] Bezüglich der Zumutbarkeit der Maßnahmen ist festzustellen:

- Die Temporäre Nordsee-Pipeline (Gesamtkosten 84 Mio. €/a) birgt ein hohes Risiko, die Zahlungsfähigkeit von K+S zu überlasten und betriebswirtschaftlich unzumutbar zu sein. Das Risiko ergibt sich aufgrund der sehr hohen Inanspruchnahme der Zahlungsfähigkeit. Kritisch ist weiterhin der hohe Anteil an zeitnahen und langfristig gebundenen Einmalinvestitionen von 650 Mio. € für die Pipeline bei Gesamtkosten.
- Der 4-Phasen-Plan (10.2014) ist im Vergleich zur Temporären Nordsee-Pipeline zumutbar, aber mit Risiken behaftet. Seine Gesamtkosten (65 Mio. €/a) reduzieren den betrieblichen Mehrwert ebenfalls um einem hohen Anteil. Jedoch ist der Anteil an zeitnahen Einmalinvestitionen an den Gesamtkosten geringer. Die Möglichkeit und das Risiko von Nachverhandlungen bei unvorhergesehener Marktentwicklung bestehen. Zugleich können Kostenrisiken durch Innovationen weiter reduziert werden.

[12] Die Prüfung der Verhältnismäßigkeit vergleicht die gesellschaftlichen Maßnahmenkosten mit der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz. Die Ableitung der Kostenakzeptanz wurde aus europäischen Studien zur Zahlungsbereitschaft von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität aufgeleitet. Es wird eine mittlere Kostenakzeptanz von 35 Mio. €/a für die Erreichung des guten Zustands angesetzt. Wird von mittleren Werte für die Kosten-Akzeptanz ausgegangen:

- sind die Kosten der Betriebsstilllegung 2015 unverhältnismäßig, da sie die akzeptierten Kosten übersteigen.
- liegen die Kosten des 4-Phasen-Plans (10.2014) und der Temporären Nordsee-Pipeline in der Nähe der Kosten-Akzeptanzkurve: sie sind verhältnismäßig unter der Voraussetzung ihrer Zumutbarkeit.

[13] Die Bewertung der Verhältnismäßigkeit hängt von der Bewertung der Zumutbarkeit ab, da unzumutbare Maßnahmen die Wahrscheinlichkeit einer Betriebsschließung erhöhen. Anhand der Ausprägung der gesellschaftlichen Kostenakzeptanz ergibt sich:

- Die Temporäre Nordsee-Pipeline ist verhältnismäßig, falls sie zumutbar ist. Sie birgt jedoch ein hohes Risiko, die Zahlungsfähigkeit von K+S zu übersteigen und unzumutbar zu sein.
- Der 4-Phasen-Plan (10.2014) ist verhältnismäßig, falls er zumutbar ist. Er ist im Vergleich zur Temporären Nordsee-Pipeline zumutbar, aber mit Risiken behaftet.

[14] Aus den Ergebnissen des Teils II der Öko-Effizienz-Analyse wird erkennbar, dass Optimierungspotenziale für die Zielerreichung mobilisiert werden können. Hierbei stehen Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung und Verwertung von festen und flüssigen Salzabfällen gegenüber der Entsorgung von Salzabwasser im Vordergrund. Zusätzlich zu den in den Szenarien einbezogenen Maßnahmen, wie der Kainit-Kristallisationsanlage (KKF-Anlage) und der Haldenabdeckung sind das

- Innovative Verfahren zum Erosionsschutz
- Einstapelung unter Tage
- Salzlast-/Einleitsteuerung
- F+E-Vorhaben
- Flankierendes Monitoring

## 6 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Ammermüller, B.; Klauer, B.; Bräuer, I.; Fälsch, M.; Kochmann, L.; Holländer, R.; Sigel, K.; Mewes, M.; Grünig, M. (2011): Kosten-Nutzen-Abwägung im Kontext der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Methodik zur Begründung von Ausnahmen aufgrund unverhältnismäßiger Kosten. Berlin.
- Aoe, T. (2006): Eco-Efficiency (Factor X) for Electrical and Electronic Products and a Case Study on Home Appliances in a Household. In: Materials Transactions 47 (3). S. 913-922.
- ARGE Weser (2000): Gütebericht Weser 2000.
- Bateman, I.; Jones, A. P.; Lovett, A. A.; Lake, I. R.; Day, B. H. (2002): Applying geographical information system (GIS) to environmental and Resource Economics. In: Environmental and Resource Economics 22 (1-2), S. 219-269.
- Bäthe, J. (1992): Die Makroinvertebratenfauna der Weser. Ökologische Analyse eines hochbelasteten, anthropogenen Ökosystems. Witzenhausen.
- Bengtsson, S. (2004): The BASF Eco-Efficiency Analysis method - applied on environmental impact data from an LCA study of two colorants.
- Berbnar, J. (2011): Potash. McKinsey & Company, Inc. Internes Dokument.
- Bliem, M. Getzner M. (2008): Valuation of ecological restoration benefits in the Danube River basin using stated preference methods – Report on the Austrian case study results. [http://www.ivm.vu.nl/en/Images/D35a%20Case%20study%20report%20Danube%20Austria\\_tcm53-188719.pdf](http://www.ivm.vu.nl/en/Images/D35a%20Case%20study%20report%20Danube%20Austria_tcm53-188719.pdf), letzter Zugriff: 04.11.2015 .
- Brouwer, R.; Barton, D.; Bateman, I.; Brander, L.; Georgiou, S.; Martín-Ortega, J.; Pulido-Velazque, M.; Schaafsma, M.; Wagtendonk, A. (2009): Economic Valuation of Environmental and Resource Costs and Benefits in the Water Framework Directive: Technical Guidelines for Practitioners. Institute for Environmental Studies (IVM). Amsterdam. <http://www.researchgate.net/publication/265287734>, letzter Zugriff: 04.11.2015.
- CIS – Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) (2003): Guidance Document No 1 – Economics and the Environment. WATECO Working Group 2.6.
- CIS – Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) (2009): Guidance Document No 20 – Guidance document on exemptions to the environmental objectives. Technical Report – 2009-027.
- De Nocker, L.; Broekx, S.; Liekens, I.; Görlach, B.; Jantzen, J.; Campling, P. (2007): Costs and Benefits associated with the implementation of the Water Framework Directive, with a special focus on agriculture: Final Report.
- Dehnhardt, A.; Hirschfeld, J.; Petschow, U.; Drünkler, D.; Nischwitz, G.; Jordan, A.; Ebell, A. (2006), in: Dietrich, J.; Schumann, A. (Hrsg.): Werkzeuge für das integrierte Flussgebietsmanagement. Ergebnisse der Fallstudie Werra. Berlin. S. 370-386.
- Destatis (2014): Konjunkturindikatoren/Preise. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Konjunkturindikatoren/Preise/pre110.html>, letzter Zugriff: 17.9.2014.
- Dietrich, J.; Schumann, A. (Hrsg.) (2006): Werkzeuge für das integrierte Flussgebietsmanagement. Ergebnisse der Fallstudie Werra. Berlin.
- DIN (2012): Umweltmanagement - Ökoeffizienzbewertung von Produktsystemen - Prinzipien, Anforderungen und Leitlinien. DIN EN ISO 14045:2012. Berlin.

- Döring, T.; Hansjürgens, B.; Blume, L. (2009a): Wirtschaftliche Bedeutung der Kaliproduktion im Werratal - Regionalökonomische Analyse der Einkommens-, Vorleistungs-, Beschäftigungs- und Steuereffekte der Kaliindustrie in Nordhessen und Westthüringen. Leipzig.
- European Commission – EC (2014): Addressing affordability concerns in WFD implementation: Resource document for the WG Economics. European Communities. Luxembourg.
- EU-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie).
- Farber, S.; Griner, B. (2000): Valuing watershed quality improvements using conjoint analysis. In: Ecological Economics 34 (1). S. 63–76.
- Fet, A. M. (2004): Eco-efficiency reporting exemplified by case studies. In: Sikdar, S. K.; Glavič, P.; Jain, R. (Hrsg.): Technological Choices for Sustainability. Springer, Berlin Heidelberg, S. 371-386.
- FGG Weser (2005): Bewirtschaftungsplan Flussgebietseinheit Weser 2005: Bestandsaufnahme. [http://www.fgg-weser.de/wrrl/pdf/endfassung\\_050322/teil\\_a\\_gesamt\\_050322.pdf](http://www.fgg-weser.de/wrrl/pdf/endfassung_050322/teil_a_gesamt_050322.pdf), letzter Zugriff: 04.11.2015.
- FGG Weser (2009): EG-Wasserrahmenrichtlinie - Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser. Hildesheim.
- FGG Weser (2013): Gemeinsame Eckpunkte zur Ableitung von Umweltzielen und Maßnahmen gem. Artikel 4 bzgl. Salzeinleitungen für den Bewirtschaftungsplan 2015. Endfassung, Juni 2013, Hannover.
- Geyler, S.; Laforet, L.; Quadflieg, A.; Holländer, R. (2015): Eco-efficiency as evaluation method of disproportionate costs within the Water Framework Directive (WFD). Conference paper, Wessex-conference Water and Society 2015, 15.-17. July 2015, Coruna, Spain.
- GMA – Gesellschaft für Markt- und Absatzforschung mbH; BHP – Brugger und Partner AG (2013): Studie zu den sozioökonomischen Wirkungen des Werkes Werra. Im Auftrag der K+S Kali GmbH. München/Zürich, Oktober 2013.
- Hansjürgens, B., Döring, T. und Gabriel, S. (2009): Folgekosten der Abwasserentsorgung der Kaliindustrie - Ökonomische Bewertung der auftretenden Umweltschäden im Werra- und Wesereinzugsgebiet sowie vorgeschlagener Maßnahmenalternativen. Leipzig/Villach, Juni 2009.
- Hanusch, H. (2011): Nutzen-Kosten-Analyse. München.
- Hasler, B.; Brodersen, S. L.; Christensen, L. P.; Christensen, T.; Dubgaard, A.; Hansen, H. E.; Kataria, M.; Martinsen, L.; Nissen, C. J.; Wulff, A. F (2009): DENMARK - Assessing Economic Benefits of Good Ecological Status under the EU Water Framework Directive. Testing practical guidelines in Odense River basin, CASE STUDY REPORT. [http://www.ivm.vu.nl/en/Images/D40%20Case%20study%20report%20Odense%20Denmark\\_tcm53-188873.pdf](http://www.ivm.vu.nl/en/Images/D40%20Case%20study%20report%20Odense%20Denmark_tcm53-188873.pdf), letzter Zugriff: 04.11.2015.
- Holländer, R., Weidner, S., Schock, G., Pelzl, W., Lenk, T., Kühn, W., Thomas, E., Brandl, A., Kuhn, M., Rottmann, O., Winkler, C., Zacharias, G.; Lautenschläger, S. (2010): Nachhaltiges regionales Flächenressourcenmanagement am Beispiel von Brachflächen der Deutschen Bahn AG. Integration von Flächen in den Wirtschaftskreislauf. Abschlussbericht. Im Auftrag von Umweltbundesamt und Deutsche Bahn AG. UBA-Text: 35/2010.
- Holz, H.-W. / Möhle, K.-A. (1982): Vorstudie. Ursachen und Auswirkungen der Salzbelastung der Weser unter besonderer Berücksichtigung der Wasserversorgung im Wesereinzugsgebiet. Universität Hannover.

- Huppel, G. (2007): Realistic Eco-Efficiency Analysis - Why We Need Better Eco-Efficiency Analysis - From Technological Optimism to Realism. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 16 (3). S. 38-45.
- Huppel, G. und Ishikawa, M. (Hrsg.) (2007): Quantified Eco-Efficiency. Dordrecht.
- Jestaedt + Partner; InfraServ (2009a): Machbarkeitsstudie für die überregionale Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlage zur Weser oder Nordsee. Teil A: Umweltfachlicher Planungsbeitrag zur Machbarkeitsstudie für die Überregionale Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlagen zur Weser oder Nordsee. Mainz/Burgkirchen, November 2009.
- Jestaedt + Partner; InfraServ (2009b): Machbarkeitsstudie für die überregionale Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlage zur Weser oder Nordsee. Teil B: Technischer Planungsbeitrag und Investitionskostenabschätzung zur Machbarkeitsstudie für die Überregionale Entsorgung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlagen zur Weser oder Nordsee. Mainz/Burgkirchen, November 2009.
- K+S Aktiengesellschaft (div. Jahre): Finanzbericht. Kassel.
- K+S Aktiengesellschaft (div. Jahre): Geschäftsbericht. Kassel.
- K+S Kali GmbH (2009): Integriertes Maßnahmenkonzept für das hessisch-thüringische Kalirevier. [http://www.k-plus-s.com/de/pdf/2009/integriertes\\_massnahmenkonzept.pdf](http://www.k-plus-s.com/de/pdf/2009/integriertes_massnahmenkonzept.pdf), letzter Zugriff: 04.11.2015 .
- K+S Kali GmbH (2014): Maßnahmenpaket zum Gewässerschutz im Werk Werra – Stand und Perspektiven. Heringen.
- Kicherer, A. (2000): Ökoeffizienz-Analyse als Entscheidungshilfe zur nachhaltigen Entwicklung. In: Chemie Ingenieur Technik, 72 (9), S. 942–943.
- Kicherer, A. (2001): Ökoeffizienz-Analyse als betrieblicher Nachhaltigkeitsindikator. In: Chemie Ingenieur Technik 73 (4), S.404–406.
- Klauer, B.; Mewes, M.; Sigel, K.; Unnerstall, H.; Görlach, B.; Bräuer, I.; Pielen, B.; Holländer, R. (2007): Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkosten im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie - komplementäre Kriterien zur Kosten-Nutzen-Analyse. Endbericht. im Auftrag Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Leipzig, März 2007.
- Klauer, B.; Sigel, K.; Schiller, J.; Hagemann, N.; Kern, K. (2015): Nutzen-Kosten-Analyse in der Wasserwirtschaft: Methoden im europäischen Vergleich und die Ableitung eines kohärenten Verfahrens für die LAWA. Endbericht. Leipzig.
- Koven, P. (2013): Potash sector struggles with excess capacity, Financial Post Web Site. Toronto. [business.financialpost.com/2013/10/04/potash-sector-struggles-with-excess-capacity/](http://business.financialpost.com/2013/10/04/potash-sector-struggles-with-excess-capacity/), letzter Zugriff: 04.11.2015.
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2009): Gemeinsames Verständnis von Begründungen zu Fristverlängerungen nach § 25 c WHG (Art. 4 Abs. 4 WRRL) und Ausnahmen nach § 25 d Abs. 1 WHG (Art. 4 Abs. 5 WRRL). LAWA-Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer – Ad hoc-Unterausschuss „Wirtschaftliche Analyse“. Fassung vom 18.3.2009.
- LAWA (2012): Handlungsempfehlungen für die Ableitung und Begründung weniger strenge Bewirtschaftungsziele, die den Zustand der Wasserkörper betreffen. Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ – LAWA-AO; LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung Produktdatenblatt 2.4.4. Saarbrücken, Stand 21.6.2012.

- Neumann, H., Gaumert, D., Herbst, V., Schilling, J. (1990). Betrachtungen über die ökologischen und ökonomischen Schäden der Salzbelastung von Werra und Weser. In: Die Weser 64 (2/3), S. 77-86.
- Preuß, C. (2014): Investition, Angebot und Nachfrage im globalen Kali-Markt bis 2020. Modellierung einer Grundstoffindustrie im Wandel. München.
- Runder Tisch - Runder Tisch Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion (2010): Empfehlung. 9. Februar 2010.
- Saling, P.; Kicherer, A.; Dittrich-Krämer, B.; Wittlinger, R.; Zombik, W.; Schmidt, I.; Schrott, W.; Schmidt, S. (2002): Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method. Ludwigshafen.
- Schaltegger, S. (1997): Economics of life cycle assessment: inefficiency of the present approach. In: Business Strategy and the Environment, 6 (1), S.1-8.
- Schlüter, S.; Waldmann, L. (2013): Salzabwasserableitung über die Werra und Weser zur Nordsee. Dresdner Grundwassertage 11.-12. Juni 2013.
- Schmidheiny, S. (1992): Changing Course: A global business perspective on development and the environment. Cambridge/Massachusetts, London.
- Seppälä, J., Melanen, M., Mäenpää, I., Koskela, S., Tenhunen, J., & Hiltunen, M. R. (2005): How can the eco-efficiency of a region be measured and monitored? In: Journal of Industrial Ecology, 9 (4), S. 117-130.
- SYDRO Consult (2010): Bilanzierungs- und Prognosemodell zur Salzbelastung der Werra und der Weser.
- SYDRO Consult (2014a): Modellierung der Salzbelastung an Werra und Weser. Darmstadt, Kassel, Vortrag 17. Juli 2014.
- SYDRO Consult (2014b): Modellierung der Salzbelastung an Werra und Weser zur Unterstützung der Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit unterschiedlicher Maßnahmenoptionen. Darmstadt/Kassel, Stand 15. August 2014.
- Türk, J.; Dazio, M.; Dinkel, F.; Ebben, T.; Hassani, V.; Herbst, H.; Hochstrat, R.; Madzielewski, V.; Matheja, A.; Montag, D.; Remmler, F.; Schaefer, S.; Schramm, E.; Werbeck, N.; Wermter, P.; Wintgens, T. (2013): Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren (TP 9). Im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV). Duisburg.
- Veenker (2014): Rohrfernleitungsanlage zur Nordsee zur überregionalen Entsorgung der Salzabwässer aus dem hessisch-thüringischen Kalirevier der K + S Kali GmbH Dimensionierung und Kostenschätzung einer Leitung für unterschiedliche Durchflussmengen. Kurzbericht, Anhang zu Trassenkorridor B/Scenario C . Hannover, 25.03.2014.
- Weserrat (2014): Beschlussübersicht zur 30. Sitzung des Weserrates. Gotha, 10./11. März 2014.
- WG Economics (2015): Resource document on disproportionate costs and affordability assessment – examples of the implementation from MS, 3<sup>rd</sup> draft. Brussels, 17.02.2015.
- Wilson, M. A.; Hoehn, J. P. (2006): Valuing environmental goods and services using benefit transfer. The state-of-the art and science. In: Ecological Economics 60 (2). S. 335–342.
- World Business Council for Sustainable Development (2000): Eco-efficiency - creating more value with less impact. Genf, Oktober 2000.

- Young, R. A. (2005): Determining the economic value of water. Concepts and methods. Washington DC: Resources for the Future.
- Zhang, B.; Bi, J.; Fan, Z.; Yuan, Z.; Ge, J. (2008): Eco-efficiency analysis of industrial systems in China: A data envelopment analysis approach. In: Ecological Economics 68 (1-2). S. 306-316, 2008.

## Anhang

**Tabelle A 1: Eckdaten des 4-Phasen-Plans (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline**

4-Phasen-Plan (10.2014) Eckdaten		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Anfall Prozessabwasser	Mio. m³/a	2,9	2,9	2,4	2,4	0,0	0,0
Anfall Haldenwasser	Mio. m³/a	2,5	2,3	2,2	1,7	1,3	0,8
Gesamtabwasser	Mio. m³/a	5,5	5,3	4,6	4,1	1,3	0,8
Stapelbecken Oberweser	Mio. m³	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Stapelbecken Werra	Mio. m³	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50
Diffuse Einträge Cl	kg/s	12,9	7,8	5,2	3,9	3,9	3,2
Diffuse Einträge K	kg/s	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
Diffuse Einträge Mg	kg/s	1,0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3
Haldenwasser Cl	kg/s	13,3	12,2	11,2	9,0	6,7	0,8
Haldenwasser K	kg/s	1,8	1,6	1,5	1,2	0,9	0,1
Haldenwasser Mg	kg/s	2,9	2,7	2,4	2,0	1,5	0,2
Prozessabwasser Cl	kg/s	19,9	19,9	17,2	17,2	0,0	0,0
Prozessabwasser K	kg/s	2,7	2,7	2,1	2,1	0,0	0,0
Prozessabwasser Mg	kg/s	5,8	5,8	4,8	4,8	0,0	0,0
Kühl- und Sielwässer Cl	kg/s	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0
Kühl- und Sielwässer K	kg/s	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0
Kühl- und Sielwässer Mg	kg/s	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0
Haldenabwasser Cl	kg/m³	164,5	164,5	164,5	164,5	164,5	33,1
Haldenabwasser K	kg/m³	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	3,9
Haldenabwasser Mg	kg/m³	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	7,1
Cl gesamt	kg/s	48,1	41,9	35,6	32,1	10,6	4,1
K gesamt	kg/s	5,4	5,1	4,2	3,9	1,1	0,2
Mg gesamt	kg/s	10,1	9,5	8,0	7,5	1,8	0,4
Entwicklung Diffuse Einträge	Cl; K; Mg	100%	60%	40%	30%	30%	25%
Überhang Mittelwert	Mio. m³/a	0,5	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0
Einleitmenge Werra	Mio. m³/a	3,1	2,1	1,9	0,0	1,3	0,8
Einleitmenge Weser	Mio. m³/a	1,9	2,7	2,6	4,0	0,0	0,0
Summe	Mio. m³/a	5,5	5,3	4,6	4,1	1,3	0,8

**Tabelle A 2: Gewässerbelastung durch 4-Phasen-Plan (10.2014) mit temporärer Oberweser-Pipeline (Quelle: SYDRO Consult)**

Chlorid (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	512	391	291	241	241	216
Gerstungen	mg/l	1.743	1.229	905	673	719	378
Witzenhausen	mg/l	1.030	689	539	358	452	208
Letzer Heller	mg/l	1.007	673	526	348	443	204
Hemeln	mg/l	488	336	287	195	239	144
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	503	431	439	427	201	127
Hess. Oldendorf	mg/l	440	384	388	378	176	114
Porta	mg/l	436	388	392	384	188	137
Drakenburg	mg/l	420	374	380	372	182	139
Hemeligen	mg/l	310	283	288	284	155	134

Kalium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	19	17	13	11	11	10
Gerstungen	mg/l	148	100	82	63	82	16
Witzenhausen	mg/l	92	62	52	33	43	10
Letzer Heller	mg/l	90	60	50	32	42	10
Hemeln	mg/l	45	31	27	18	23	10
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	48	46	45	47	19	8
Hess. Oldendorf	mg/l	42	41	39	42	16	7
Porta	mg/l	41	39	38	40	17	8
Drakenburg	mg/l	38	37	36	38	16	8
Hemeligen	mg/l	36	35	35	37	26	17

Magnesium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	47	47	39	34	34	32
Gerstungen	mg/l	233	148	123	84	108	41
Witzenhausen	mg/l	155	98	82	45	58	25
Letzer Heller	mg/l	152	96	81	44	56	25
Hemeln	mg/l	81	56	48	32	41	25
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	87	87	85	97	33	20
Hess. Oldendorf	mg/l	77	76	75	86	28	17
Porta	mg/l	74	73	72	83	30	19
Drakenburg	mg/l	69	69	68	78	28	18
Hemeligen	mg/l	57	56	56	65	36	25

**Tabelle A 3: Eckdaten der temporären Nordsee-Pipeline**

Nordsee-Pipeline Eckdaten		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Anfall Prozessabwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,9	2,9	2,4	2,4	0,0	0,0
Anfall Haldenwasser	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,5	2,3	2,2	1,7	1,3	0,8
Gesamt	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,6	4,1	1,3	0,8
Stapelbecken Werra	Mio. m <sup>3</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50
Diffuse Einträge Cl	kg/s	12,9	7,8	5,2	3,9	3,9	3,2
Diffuse Einträge K	kg/s	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
Diffuse Einträge Mg	kg/s	1,0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3
Haldenwasser Cl	kg/s	13,3	12,2	11,2	9,0	6,7	0,8
Haldenwasser K	kg/s	1,8	1,6	1,5	1,2	0,9	0,1
Haldenwasser Mg	kg/s	2,9	2,7	2,4	2,0	1,5	0,2
Prozessabwasser Cl	kg/s	19,9	19,9	17,2	17,2	0,0	0,0
Prozessabwasser K	kg/s	2,7	2,7	2,1	2,1	0,0	0,0
Prozessabwasser Mg	kg/s	5,8	5,8	4,8	4,8	0,0	0,0
Kühl- und Siewässer Cl	kg/s	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0
Kühl- und Siewässer K	kg/s	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0
Kühl- und Siewässer Mg	kg/s	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0
Haldenabwasser Cl	kg/m <sup>3</sup>	164,5	164,5	164,5	164,5	164,5	33,1
Haldenabwasser K	kg/m <sup>3</sup>	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	3,9
haldenabwasser Mg	kg/m <sup>3</sup>	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	7,1
Cl gesamt	kg/s	48,1	41,9	35,6	32,1	10,6	4,1
K gesamt	kg/s	5,4	5,1	4,2	3,9	1,1	0,2
Mg gesamt	kg/s	10,1	9,5	8,0	7,5	1,8	0,4
Entwicklung Diffuse Einträge	Cl; K; Mg	100%	60%	40%	30%	30%	25%
Überhang Mittelwert	Mio. m <sup>3</sup> /a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Einleitmenge Werra	Mio. m <sup>3</sup> /a	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,8
Einleitmenge Nordsee	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,6	4,1	0,0	0,0
Summe	Mio. m <sup>3</sup> /a	5,5	5,3	4,6	4,1	1,3	0,8

**Tabelle A 4: Gewässerbelastung durch temporäre Nordsee-Pipeline (Quelle: SYDRO Consult)**

Chlorid (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	512	391	291	241	241	216
Gerstungen	mg/l	1.542	1.043	797	673	719	378
Witzenhausen	mg/l	823	557	425	358	452	208
Letzer Heller	mg/l	799	542	413	348	443	204
Hemeln	mg/l	368	269	219	195	239	144
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	306	227	187	167	201	127
Hess. Oldendorf	mg/l	267	199	166	149	176	114
Porta	mg/l	273	214	184	169	188	137
Drakenburg	mg/l	267	209	182	168	182	139
Hemeligen	mg/l	213	178	161	152	155	134

Kalium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	19	16	12	11	11	10
Gerstungen	mg/l	96	75	66	63	82	16
Witzenhausen	mg/l	51	39	35	33	43	10
Letzer Heller	mg/l	49	38	34	32	42	10
Hemeln	mg/l	24	20	18	18	23	10
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	20	16	15	14	19	8
Hess. Oldendorf	mg/l	17	14	13	12	16	7
Porta	mg/l	17	14	13	13	17	8
Drakenburg	mg/l	16	14	13	12	16	8
Hemeligen	mg/l	22	21	20	20	26	17

Magnesium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	47	47	39	34	34	32
Gerstungen	mg/l	138	107	92	84	108	41
Witzenhausen	mg/l	74	57	49	45	58	25
Letzer Heller	mg/l	73	56	48	44	56	25
Hemeln	mg/l	44	37	34	32	41	25
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	35	29	27	26	33	20
Hess. Oldendorf	mg/l	30	25	23	22	28	17
Porta	mg/l	30	26	24	23	30	19
Drakenburg	mg/l	28	25	23	22	28	18
Hemeligen	mg/l	31	29	28	28	36	25

**Tabelle A 5: Eckdaten der Betriebsstilllegung**

Betriebsstilllegung Eckdaten		Zeitpunkt					
		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Anfall Prozessabwasser	Mio. m³/a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anfall Haldenwasser	Mio. m³/a	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Stapelbecken Werra	Mio. m³	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Diffuse Einträge Cl	kg/s	7,8	5,2	3,9	3,9	3,2	3,2
Diffuse Einträge K	kg/s	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Diffuse Einträge Mg	kg/s	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Haldenwasser Cl	kg/s	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
Haldenwasser K	kg/s	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Haldenwasser Mg	kg/s	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Cl gesamt	kg/s	18,2	15,6	14,3	14,3	13,7	13,7
K gesamt	kg/s	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
Mg gesamt	kg/s	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5
Entwicklung Diffuse Einträge	Cl; K; Mg	60%	40%	30%	30%	25%	25%
Überhang Mittelwert	Mio. m³/a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Einleitmenge Werra	Mio. m³/a	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Summe	Mio. m³/a	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

**Tabelle A 6: Gewässerbelastung durch Betriebsstilllegung (Quelle: SYDRO Consult)**

Chlorid (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	391	291	241	241	216	216
Gerstungen	mg/l	1.620	1.287	1.093	997	996	898
Witzenhausen	mg/l	904	738	630	598	584	562
Letzer Heller	mg/l	882	721	616	586	571	551
Hemeln	mg/l	410	352	317	308	300	294
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	340	293	265	257	251	245
Hess. Oldendorf	mg/l	295	255	231	224	219	214
Porta	mg/l	300	264	242	235	231	226
Drakenburg	mg/l	290	255	233	227	223	218
Hemelingen	mg/l	227	205	191	188	185	182

Magnesium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	17	13	11	11	10	10
Gerstungen	mg/l	139	120	105	100	100	100
Witzenhausen	mg/l	83	73	66	63	64	62
Letzer Heller	mg/l	81	72	65	62	62	61
Hemeln	mg/l	38	35	33	32	32	31
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	30	28	26	25	25	25
Hess. Oldendorf	mg/l	26	24	22	21	21	21
Porta	mg/l	25	23	22	21	21	21
Drakenburg	mg/l	23	22	20	20	20	19
Hemelingen	mg/l	27	25	24	24	24	24

Magnesium (90-Perzentil)		Zeitpunkt					
Pegel		2021	2027	2033	2046	2061	2075
Vacha	mg/l	48	39	34	34	32	32
Gerstungen	mg/l	233	199	179	169	169	168
Witzenhausen	mg/l	139	123	111	107	107	106
Letzer Heller	mg/l	136	120	109	105	105	103
Hemeln	mg/l	70	64	60	59	59	58
uh Diemelmündung/Boffzen	mg/l	55	51	48	47	47	46
Hess. Oldendorf	mg/l	47	43	41	39	40	39
Porta	mg/l	46	43	40	39	39	38
Drakenburg	mg/l	43	40	38	36	37	36
Hemelingen	mg/l	40	38	37	36	36	35

**Tabelle A 7: Vergleich von Kostenschätzungen zur Nordsee-Pipeline**

	Machbarkeitsstudie		Venker-Studie	
	Variante 2A Stahlrohr	Variante 2A GfK-Rohr	Trassenkorridor B/Szenario C niedriger Materialpreis	Trassenkorridor B/Szenario C hoher Materialpreis
Summe Material und Einbau	352.969.000 €	359.300.000 €	312.700.000 €	338.560.000 €
Bauwerke	1.300.000 €	1.300.000 €	94.000.000 €	101.600.000 €
Sonderbauwerke	19.500.000 €	19.500.000 €	15.500.000 €	15.500.000 €
Zusatzkosten	18.600.000 €	19.000.000 €	206.800.000 €	223.500.000 €
Quelle	Jestaedt + Partner/InfraServ (2009b), S. 79		Veenker (2014), Anhang zu Trassenkorridor B/Szenario C	
Anmerkung	Zahlenungenauigkeit möglich, da schlechte Lesbarkeit des Dokuments			

**Tabelle A 8: Eingangsdaten zur Berechnung der Maßnahmenkosten mit Unsicherheitsspannen**

		Temporäre Nordsee-Pipeline			4-Phasen-Plan			Quelle
		Min	Mittlerer Wert	Max	Min	Mittlerer Wert	Max.	
KKF-Anlage	Investitionen [Mio. €]	49	70	91	49	70	91	K+S
	Unsicherheitsspanne Investitionen	70%	100%	130%	70%	100%	130%	Annahme
	Betriebskosten [Mio. €/a]	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Pipeline	Investitionen [Mio. €]	455	650	845	175	250	325	Annahme, basierend auf Veenker 2014, Anhang zu Szenario C
	Rückbaukosten [Mio. €] einmalig	32	45	59	18	25	33	K+S
	Unsicherheitsspanne Investitionen	70%	100%	130%	70%	100%	130%	Annahme
	Betriebskosten [Mio. €/a]	8	16	18,4	4,2	6	7,8	Annahme, basierend auf Veenker 2014, Anhang zu Szenario C
	Unsicherheitsspanne Betriebskosten	50%	100%	115%	70%	100%	130%	Annahme
Halden	Halden gesamt [Mio. €]	221	429	638	221	429	638	Annahme auf Grundlage von Informationen von K+S
	Unsicherheitsspanne	50%	100%	150%	50%	100%	150%	
Ewigkeitslast en	erforderliche zusätzliche Rückstellung (zum Jahr 2060)	10	100	390	10	100	390	Annahme auf Grundlage von Informationen von K+S

**Tabelle A 9:     Eingangsdaten für die Schätzung der Kosten der Stilllegung**

Kostenkategorie	Schätzwert [Mio. €/a]	Erläuterung und Datenquellen
Lohnkosten abzgl. Lohnsteuer	183	Werte für 2012, da keine anderen Zahlen verfügbar; Quelle: GMW/BHP (2013), S. 98-101
EBIT	275	43% des Durchschnitt für 2011-2014 für den Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte; Quelle K+S Finanzberichte
Mehrwert	115	Durchschnittswert für 2011-2014; Erläuterung zur Ableitung im Text; Quelle K+S Finanzberichte
Kapitalkosten (Eigen+Fremdkapital)	106	eigene Berechnung; Mittelwert für 2012-2014; Quelle:K+S Finanzberichte
Steuern auf Einkommen und Erlös	38	eigene Schätzung für 2012-2014; Quellen K+S Finanzberichte
Lohnsteuer	37	Wert für 2012; Quelle: GMA/BHP (2013), S. 101
Steuern gesamt	76	
EBIT minus Steuern auf Einkommen und Erlös	236	
Mehrwert + Kapitalkosten (Eigenkapital + Fremdkapital)	221	
Ertrag + Kapitalkosten	229	Mittelwert aus (EBIT minus Steuern) und (Mehrwert + Kapitalkosten)

**Tabelle A 10: Externe Kosten der Salzbelastung in Werra/Weser – nach Hansjürgens et al. (2009)**

Schwerpunkte	Qualitative Beschreibung?	Mengengerüst quantifiziert?	Monetarisiert?
Fischereiwesen	Rückgang Fischertrag	vereinfacht	Ertragsreduktion 175.00 € bis 200.000 €/a (Werra)
		um 80-90kg/ha reduzierter Fischbestand x Preis x Fläche	1,0 Mio. € bis 1,1 Mio. €/a (Weser)
Landwirtschaft	Ertragsverluste und entgangene Anbaumöglichkeiten von Obst Aufstieg von salzhaltigem Grundwasser Verwehungen von den Halden	nein	nein
Tourismus	nicht nachweisbar	Es konnte kein Einfluss nachgewiesen werden	nein
Gewässerökologie	ja Veränderung der Biodiversität	teilweise	11 Mio. € bis 15,6 Mio. €/a (EZG Werra) Benefittransfer: Zahlungsbereitschaft Verbesserung des ökologischen und biologischen Zustands der Werra)
Wasserbauwerke	Korrosion an Bauwerken mit direktem Kontakt zum Wasser (einschließlich des Mittellandkanals)	teilweise, Mengengerüst: 6 Schleusen, 16 Wehranlagen (Werra) 8 Schleusen, 9 Wehranlagen; 18 Häfen und Umschlagorte (Weser) Korrosionsschäden an Schiffen Spundwände am Mittellandkanal (12% Mehrkosten für Korrosionsschutz; bzw. Reduzierung Lebensdauer um 1/3 bis ½)	Punktuell 2 Mio. €/a bis 4 Mio. €/a (nur Spundwände Mittellandkanal)
		z.B. für Sanierung des Kraftwerksverbund Eschwege (Vorkehrungen gegen Salzbelastung)	4% bis 8% der Gesamtkosten von 8 Mio. €
Gewerbliche Wassergewinnung	Ersatzmaßnahmen, Ausweichmaßnahmen, zusätzlicher Aufwand	36% von befragten Unternehmen (Studie von 1982) mit salzbedingten Ersatzmaßnahmen bei Eigengewinnung	1,4 Mio. € Ersatzmaßnahmen 0,7 Mio. € für Entsalzung
Trinkwasser- gewinnung		Anpassungsmaßnahmen bei der Trinkwasserversorgung	Literaturangaben zu Investition von 250 Mio. € und 30 Mio. €/a für Betriebs- und Unterhaltungsmaßnahmen; wurde von Hansjürgens et al. als Überschätzung bewertet, da mit weitere Ziele mit den Maßnahmen verknüpft waren (Anpassung an steigende Nachfrage) Zusatzkosten durch Fernwasserversorgung in einer Gemeinde von ca. 0,5 Mio. €/a
Abwasser- entsorgung	Schäden an Kanalisation durch salzhaltiges Grundwasser als Fremdwasser	nein	nein

**Tabelle A 11: Charakterisierung des Flusseinzugsgebietes Werra/Weser**

Koordinierungs-/ Teilraum	Einwohner	Bev.-Dichte [Einwohner / km <sup>2</sup> ]	Haushalte	Fläche	Flusslänge [km]	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]
<b>Werra</b>	<b>709.330</b>	<b>129,1</b>	<b>338.000</b>	<b>5.494</b>	<b>298</b>	
<b>Ober- und Mittelweser</b>	<b>1.959.810</b>	<b>233</b>	<b>933.000</b>	<b>8.411</b>	<b>362</b>	<b>8.412</b>
Große Aue	198.459	130,9	95.000	1.516		
Weser/Meerbach	396.672	201,2	189.000	1.972		
Werre	786.299	529,9	374.000	1.484		
Weser/Emmer	311.700	213,1	148.000	1.463		
Weser/Nethe	266.680	134,8	127.000	1.978		
<b>Tideweser</b>	<b>1.919.140</b>	<b>180</b>	<b>914.000</b>	<b>10.662</b>	<b>65</b>	<b>8.924</b>
Unteres	747.572	159,8	356.000	4.678		
Hunte	432.180	166,8	206.000	2.591		
Ochtum	251.211	274	120.000	917		
Wümme	488.177	223,3	232.000	2.186		
<b>Fulda/Diemel</b>	<b>1.300.020</b>	<b>149</b>	<b>619.000</b>	<b>8.725</b>	<b>320</b>	<b>8.707</b>
<b>Leine</b>	<b>1.601.790</b>	<b>246</b>	<b>763.000</b>	<b>6.511</b>	<b>274</b>	<b>6.517</b>
<b>Aller</b>	<b>1.853.810</b>	<b>201</b>	<b>883.000</b>	<b>9.223</b>	<b>244</b>	<b>9.204</b>
Quellen	FGG Weser (2005) Seite 21	FGG Weser (2005) Seite 21	Annahme: 2,1 Personen pro Haushalt	FGG Weser (2005)	FGG Weser (2005) Seite 25	FGG Weser (2005) Seite 25

**Tabelle A 12: Transfer der Zahlungsbereitschaft auf Werra/Weser**

Input: Zahlungsbereitschaft [€/HH*a] 2010		21	44	50	60	
<b>Zahlungsbereitschaft für 2010</b>	alle Haushalte im gesamten Einzugsgebiet [€/a]	93.439.000	195.776.952	222.473.810	266.968.571	9,34 Mio. E bzw. 4,45 Mio. HH
	pro km Gesamtflusslänge [€/km*a]	5.629	11.794	13.402	16.082	Gesamtflusslänge: 16.600 km alle berichtspflichtigen Gewässer
	pro km Hauptflusslänge [€/km*a]	59.120	123.870	140.762	168.914	Hauptflusslänge: 1.581 km
	EZG Werra + Ober- und Mittel- Weser [€]	26.691.400	55.924.838	63.550.952	76.261.143	2,67 Mio. E bzw. 1,27 Mio. HH
	pro km Hauptflusslänge [€/km*a]	40.442	84.735	96.289	115.547	Hauptflusslänge: 660 km
	betrachtete Flusslänge der Werra/Weser [€/km*a]	51.728	108.381	123.161	147.793	516 km
<b>Zahlungsbereitschaft für 2015, bezogen auf betrachtete Flusslänge (516km) ohne soziale Diskontierung</b>	Gesamt EZG, Gesamtflusslänge [Mio. €/a]	3,1	6,5	7,4	8,9	Preissteigerung 7% zw. 2010 und 2015; Durchschnittskosten für 2016-2060 in diesem Zeitraum keine Preissteigerungen
	Gesamt EZG, Hauptflusslänge [Mio. €/a]	32,6	68,4	77,7	93,3	
	EZG Werra + Ober- und Mittel- Weser, Hauptflusslänge [Mio. €/a]	22,3	46,8	53,2	63,8	
<b>Zahlungsbereitschaft für 2015, bezogen auf betrachtete Flusslänge (516km) mit sozialer Diskontierung</b>	Gesamt EZG, Gesamtflusslänge [Mio. €/a]	2,1	4,4	4,9	5,9	Durchschnittskosten für 2016-2060, Diskontrate 2%
	Gesamt EZG, Hauptflusslänge [Mio. €/a]	21,8	45,7	51,9	62,3	
	EZG Werra + Ober- und Mittel- Weser, Hauptflusslänge [Mio. €/a]	14,9	31,3	35,5	42,6	

# Anhang F

Tab. F1: Fristen zur Erreichung des guten Zustandes

Frist zur Erreichung des guten Zustands	Codierung	Spalte
22.12.2027	3	3
Zielerreichung nach 2027 (aufgrund natürlicher Gegebenheiten)	5	

Tab. F2: Abkürzungen der Spaltenköpfe der Tab. A10 und A11

Spaltenüberschrift Tab. A10, A11	Abkürzung	Spaltennummer
Fristverlängerung	FV	3
Weniger strenge Bewirtschaftungsziele	WSBZ	20-23
Vorübergehende Verschlechterung	VS	24-28
Änderung physikalischer Eigenschaften	PE	29-32
Technische Unmöglichkeit	TU	4-10, 20-21
Unverhältnismäßig hohe Kosten	UK	11-16, 22-23
Natürliche Gegebenheiten	NG	17-19
Zwischenjährliche natürliche Gründe	JNG	24, 25
Extreme Naturereignisse	EX	26, 27
Unfälle	U	28
Neue Veränderungen	NE	29
Vorteile und Nutzen	BENEFIT	30-32
Weitere Infos	-	33

Bundesländer/Links – Weitere Infos		
Bayern	<a href="http://www.wwa-kg.bayern.de">www.wwa-kg.bayern.de</a>	1
Bremen	<a href="http://www.bauumwelt.bremen.de/umwelt/wasser/wasserrahmenrichtlinie_wrrl-28857">www.bauumwelt.bremen.de/umwelt/wasser/wasserrahmenrichtlinie_wrrl-28857</a>	2
Hessen	<a href="http://www.flussgebiete.hessen.de">www.flussgebiete.hessen.de</a>	3
Niedersachsen	<a href="http://www.nlwkn.niedersachsen.de">www.nlwkn.niedersachsen.de</a>	4
Nordrhein-Westfalen	<a href="http://www.flussgebiete.nrw.de">www.flussgebiete.nrw.de</a>	5
Sachsen-Anhalt	<a href="http://www.wrrl.sachsen-anhalt.de">www.wrrl.sachsen-anhalt.de</a>	6
Thüringen	<a href="http://www.aktion-fluss.de">www.aktion-fluss.de</a>	7

Tab. F3: Detaillierte Begründungen für die Festlegung von Ausnahmen

Begründung für Fristverlängerungen gem. § 29 WHG (Art 4.4 EG-WRRL) (FV)	Codierung
Technische Durchführbarkeit (TU)	4-1
- Ursache für Abweichungen unbekannt	4_1_1
- Zwingende technische Abfolge von Maßnahmen	4_1_2
- Unveränderbare Dauer der Verfahren	4_1_3
- Forschungs- und Entwicklungsbedarf	4_1_4
- Sonstige technische Gründe	4_1_5
- Erhebliche unverträgliche Auswirkungen auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit/Unversehrtheit	4_1_6
- Entgegenstehende (EG-)rechtliche Anforderungen	4_1_7
Unverhältnismäßige Kosten (UV)	4_2
- Überforderung der nichtstaatlichen Kostenträger, erforderliche zeitliche Streckung der Kostenverteilung	4_2_1
- Überforderung der staatlichen Kostenträger, erforderliche zeitliche Streckung der Kostenverteilung	4_2_2
- Verfassungsrechtlich festgelegte, demokratiebedingte Finanzautonomie von Maßnahmenträgern	4_2_3
- Kosten-Nutzen-Betrachtung/Missverhältnis zwischen Kosten und Nutzen	4_2_4
- Unsicherheit über die Effektivität der Maßnahmen zur Zielerreichung	4_2_5
- Begrenzende Faktoren aus Marktmechanismen	4_2_6
Natürliche Gegebenheiten (NG)	4_3
- Zeitliche Wirkung schon eingeleiteter bzw. geplanter Maßnahmen	4_3_1
- Dauer eigendynamische Entwicklung	4_3_2
- Sonstige natürliche Gegebenheiten	4_3_3

<b>Begründungen für weniger strenge Bewirtschaftungsziele gem. § 30 WHG (Art. 4.5 EG-WRRL) (WSBZ)</b>	
Umsetzung in der Praxis nicht möglich	5-1
- aufgrund menschlicher Tätigkeiten	5-1-1
- aufgrund natürlicher Gegebenheiten	5-1-2
Unverhältnismäßig teuer	5-2
- aufgrund menschlicher Tätigkeiten	5-2-1
- aufgrund natürlicher Gegebenheiten	5-2-2

<b>Begründung für vorübergehende Verschlechterung gem. § 31 WHG Abs. 1 (Art. 4.6 EG-WRRL) (VS)</b>	
Natürliche Ursachen	6-1
- zwischenjährliche natürliche hydrologische Schwankungen	6-1-1
- zwischenjährliche Wetterschwankungen	6-1-2
Durch höhere Gewalt bedingte Umstände	6-2
- starke Überschwemmungen	6-2-1
- lang anhaltende Dürren	6-2-2
Unvorhersehbare Unfälle	6-3

<b>Änderungen von physikalischen Eigenschaften gem. § 30 WHG Abs. 2 (Art. 4.7 EG-WRRL) (PE)</b>	
Neue Veränderung der physikalischen Eigenschaften	7-1
Nachhaltige Entwicklungstätigkeit des Menschen	7-2
- Nutzen für die Gesundheit des Menschen	7-2-1
- Nutzen für die Sicherheit des Menschen	7-2-2
- Nutzen für die nachhaltige Entwicklung	7-2-3

Tab. F4: Ausnahmen in salzbelasteten Oberflächenwasserkörpern – Ökologischer Zustand/ökologisches Potential

OWK-Nr.	Name	Fristver- längerung (FV)	Begründungen Ökologischer Zustand/ökologisches Potential																																Wei- tere Infos
			FV															WSBZ				VS					PE								
			TU							UK						NG			TU		UK		JNG		EX		U	NE	BENEFIT						
			4-1-1	4-1-2	4-1-3	4-1-4	4-1-5	4-1-6	4-1-7	4-2-1	4-2-2	4-2-3	4-2-4	4-2-5	4-2-6	4-3-1	4-3-2	4-3-3	5-1-1	5-1-2	5-2-1	5-2-2	6-1-1	6-1-2	6-2-1	6-2-2	6-3	7-1	7-2-1	7-2-2	7-2-3				
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33			
DETH_41_68+129	Werra		X							X			X						X	X												7			
DETH_41_155+170	Werra			X						X			X						X	X												7			
DEHE_41.1	Werra		X													X			X	X												4			
DEHE_41.2	Werra		X													X			X	X												3			
DEHE_41.4	Werra		X													X			X	X												3			
DENW4_200_242	Weser	3			X											X																5			
DENI_08001	Weser	3			X											X																4			
DENI_10003	Weser	3			X											X																4			
DENI_12001	Weser	3			X											X																4			
DENI_12046	Weser	3			X											X																4			
DENW4628_0_15	Salze	3													X																	5			

Tab. F5: Ausnahmen in salzbelasteten Grundwasserkörpern – Chemischer Zustand

GWK-Nr.	Fristver- längerung (FV)	Begründungen Chemischer Zustand																																Wei- tere Infos
		FV																	WSBZ				VS					PE						
		TU							UK						NG			TU		UK		JNG		EX		U	NE	BENEFIT						
		4-1-1	4-1-2	4-1-3	4-1-4	4-1-5	4-1-6	4-1-7	4-2-1	4-2-2	4-2-3	4-2-4	4-2-5	4-2-6	4-3-1	4-3-2	4-3-3	5-1-1	5-1-2	5-2-1	5-2-2	6-1-1	6-1-2	6-2-1	6-2-2	6-3	7-1	7-2-1	7-2-2	7-2-3				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33			
DETH_4_0010																		X	X												7			
DETH_4_0012																		X	X												7			
DETH_4_0013																		X	X												7			
DEHE_4_0016															X			X	X												3			
DETH_4_0017												X			X			X	X												7			
DEHE_4_1012_BY															X			X	X												3			
DEHE_4_1044															X			X	X												3			