



# Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser aus der Erdgasförderung der RWE Dea AG in Niedersachsen

## Kurzfassung

### Auftraggeber

RWE Dea AG  
Überseering 40  
22297 Hamburg

### Autoren

**Diplom-Geologe Dr. Hanno Paetsch,**  
IGU – Institut für Geologie und Umwelt GmbH,  
31319 Sehnde, Glückaufstraße 50

**Diplom-Chemiker Dr. Hans-Bernhard Rhein,**  
Umweltkanzlei Dr. Rhein Beratungs- und Prüfgesellschaft mbH,  
31157 Sarstedt, Bahnhofstraße 17

**Diplom-Geologe Dr.-Ing. Thomas Röckel,**  
Piewak & Partner GmbH – Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz,  
95444 Bayreuth, Jean-Paul-Straße 30

**Diplom-Ingenieur Axel Sperber,**  
IDEAS Ing. Büro A.Sperber  
31234 Edemissen, Grüne Riede 20

### Projektnummer

2013-236

### Datum, Ort

04.01.2013  
31319 Sehnde

### Umfang des Berichtes

25 Seiten, 7 Tabellen

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG / ZIELSETZUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LAGERSTÄTTENWASSERANFALL UND –ZUSAMMENSETZUNG</b>	<b>4</b>
2.1	Ökotoxikologische Einstufung des Lagerstättenwassers	6
<b>3</b>	<b>AUSWAHL UND BESCHREIBUNG DER BETRACHTETEN OPTIONEN</b>	<b>7</b>
3.1	Voraussetzungen (Ausschlusskriterien)	9
<b>4</b>	<b>BEURTEILUNG DER OPTIONEN</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>VERGLEICHENDE BEWERTUNG</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>ALTERNATIVOPTIONEN UND ERGÄNZUNGEN</b>	<b>17</b>
6.1	Zentrale bzw. dezentrale Behandlung	18
6.2	Transport (LKW / Bahn / Pipeline)	19
<b>7</b>	<b>GUTACHTERLICHE EMPFEHLUNG UND AUSBLICK</b>	<b>21</b>

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1:	Repräsentative Schadstofffrachten im Lagerstättenwasser .....	5
Tabelle 2:	Einstufung des Lagerstättenwassers nach verschiedenen Rechtsvorschriften .....	6
Tabelle 3:	Aus den Summenwerten ermittelte Reihenfolge (Ranking-Ergebnis) .....	15
Tabelle 4:	Empfehlung zur zentralen/dezentralen Aufbereitung bei den einzelnen Optionen .....	19
Tabelle 5:	Zusammenfassung der vergleichenden Bewertung der einzelnen Kriterien für die jeweiligen Optionen .....	23
Tabelle 6:	Gewichtung der Bewertungskriterien .....	24
Tabelle 7:	Ermittlung des Rankings aus Punktzahl (P) und Relevanz (R) .....	25

### **1 AUFGABENSTELLUNG / ZIELSETZUNG**

Die RWE Dea AG fördert in Niedersachsen aus verschiedenen Erdgasfeldern Erdgas. Im Zuge der Förderung wird aus der Erdgaslagerstätte neben dem Erdgas auch natürlich vorkommendes Lagerstättenwasser mit z.T. hoher Salinität mitgefördert.

Der saline Anteil setzt sich im Wesentlichen aus Natriumchlorid, Calciumchlorid, Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid zusammen. Die mitgeförderten Wässer können auch unterschiedliche Anteile von Kohlenwasserstoffen sowie andere Stoffe, wie z.B. Quecksilber oder natürlich vorkommende radioaktive Stoffe, sogen. NORM-Stoffe, enthalten. Der Anteil des Lagerstättenwassers am produzierten Erdgas hängt von verschiedenen Faktoren, wie z.B. dem Alter der Bohrung, ab. Zurzeit fällt im Bereich der Förderbetriebe Niedersachsen eine Lagerstättenwassermenge von ca. 90.000 m<sup>3</sup>/Jahr an. In den kommenden beiden Jahren wird diese Menge aufgrund steigender Verwässerung voraussichtlich auf ca. 130.000 m<sup>3</sup>/Jahr steigen, um anschließend bis 2030 aufgrund sinkender Förderraten wieder kontinuierlich abzunehmen.

Das bei der Erdgasförderung anfallende Lagerstättenwasser wurde in der Vergangenheit zu einem großen Teil in Disposalbohrungen (Versenkbohrungen) in den sogenannten Kalkarenit (geologische Schicht in ca. 1000 m Tiefe) eingebracht. Die RWE Dea AG ist aufgefordert, Alternativen für den Umgang und Verbleib der Lagerstättenwässer zu suchen, zu prüfen und zu bewerten.

Für die Erstellung der Studie wurden von der RWE Dea AG die Autoren dieser Studie als Gutachter beauftragt, die von diesen interdisziplinär bearbeitet worden ist.

Innerhalb der Studie wurden verschiedene Optionen zum langfristigen Umgang mit dem Lagerstättenwasser aus der Erdgasförderung der RWE Dea AG in Niedersachsen bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit bewertet und miteinander verglichen. Darüberhinaus wurden auch die Vor- und Nachteile einer dezentralen Aufbereitung, sowie verschiedene Transportmöglichkeiten für das Lagerstättenwasser betrachtet.

Grundlage für diese Bewertung ist eine ausreichende Datenbasis zum Aufkommen und zur Zusammensetzung des Lagerstättenwassers, die ebenfalls innerhalb dieser Studie zu erarbeiten war. Des Weiteren waren die vorliegenden technischen Konzepte zur Aufbereitung, Behandlung und Verwertung des Lagerstättenwassers und der bei der Aufbereitung und Behandlung entstehenden Reststoffe zu prüfen und zu bewerten.

## **2 LAGERSTÄTTENWASSERANFALL UND –ZUSAMMENSETZUNG**

Die Erdgasbohrungen, bei denen in unterschiedlichen Mengen auch Lagerstättenwasser mitgefördert wird, liegen zum größten Teil in den Landkreisen Verden und Rotenburg/Wümme, weitere Bohrungen liegen in den Landkreisen Heidekreis und Celle.

Als Datenbasis zur Ermittlung der Zusammensetzung des Lagerstättenwassers diene eine Vielzahl chemisch-physikalischer Analysen von einzelnen Anfallstellen, wo das Lagerstättenwasser von maximal fünf Bohrstellen zusammengeführt wird. Bei Vorliegen mehrerer Analysenwerte einzelner Parameter wurden diese zunächst über eine arithmetische Mittelwertbildung als repräsentativ für die jeweilige Anfallstelle zusammengefasst. Da bei einer zentralen Aufbereitung von einem Lagerstättenwasser auszugehen ist, das einer mittleren Zusammensetzung aus allen Anfallstellen entspricht, wurden aus diesen arithmetischen Mittelwerten „produktionsgewichtete“ Mittelwerte, d.h. Mittelwerte, gewichtet nach der jeweiligen Menge an Lagerstättenwasser der einzelnen Anfallstellen, berechnet. Die produktionsgewichteten Konzentrationen und Frachten einzelner Analysenparameter dienten dann als Grundlage der weiteren Betrachtung. Darüberhinaus wurden bei bestimmten Fragestellungen auch die Minimal- bzw. Maximalwerte einzelner Analysenparameter berücksichtigt.

Für eine ökologische Bewertung der Eignung verschiedener Behandlungs- und Verbleibkonzepte lässt sich das Lagerstättenwasser über folgende umweltrelevante Stoffgruppen hinreichend klassifizieren (angegeben sind jeweils die Parameter, die die Stoffgruppe bestimmen bzw. beeinflussen, die wichtigsten Parameter sind jeweils fett gedruckt):

- Salzgehalt (Salinität):  
Li, **Na**, **K**, **Ca**, Ba, **Mg**, Sr, **Halogenide** (F-, Cl- Br-Verbindungen), **Sulfat**, Hydrogencarbonat, **Leitfähigkeit**, Acetat, Glykolat
- Schwermetalle:  
**pH-Wert**, **Pb**, As, **Hg**, Cd, Ti, **Zn**, auch **Erdmetalle**, z.B. B, Tl, Chemischer Sauerstoffbedarf (**CSB**)
- Organische Verbindungen:  
einkernige aromatische Kohlenwasserstoffe (**BTEX**), insbesondere **Benzol**, Mineralölkohlenwasserstoffe (**MKW**), **Alkohole/Ketone**, C3-Aromaten, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, vor allem Naphthalin), **CSB**, Gesamter organischer Kohlenstoff (**TOC**)

## Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie

- Natürliche Radioaktivität (NORM):  
**Ra-226, Ra-228, Pb-210**
- Schwebstoffe, abfiltrierbare Stoffe  
**abfiltrierbare Stoffe** (inkl. Korngrößenverteilung), absetzbare Stoffe, **auch schwerlösliche Salze wie BaSO<sub>4</sub>**, pH-Wert

Die Zusammensetzung des Lagerstättenwassers weist regionale Unterschiede auf, sie ist aber nicht für jede einzelne Bohrung exakt prognostizierbar, da sie unter anderem von der geförderten Gasmenge abhängt. Aus diesem Grund wurde aus dem zurzeit geförderten Lagerstättenwasser eine mittlere Zusammensetzung berechnet und für die weitere Betrachtung verwendet.

Die entsprechend ermittelten relevanten Schadstofffrachten im Lagerstättenwasser sind in Tabelle 1 zusammengestellt, wobei der maximale Lagerstättenwasseranfall von 130.000 m<sup>3</sup> für das Jahr 2014 zugrunde gelegt wurde.

Tabelle 1: Repräsentative Schadstofffrachten im Lagerstättenwasser

Schadstoffgruppe	Einheit	Fracht (abgeschätzt)
Salzgehalt (Gesamtsalinität)	t/Jahr	9.600
Schwermetalle (As, Pb, Cd, Cr, Hg, Cu, Ni, Zn, Sb, Co, Sn, Zr)	t/Jahr	1,25
BTEX	t/Jahr	52,2
Kohlenwasserstoffe	t/Jahr	0,89
NORM (Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210)	MBq/Jahr	4.360

MBq = Mega-Bequerel: 10<sup>6</sup> Bequerel

### 2.1 Ökotoxikologische Einstufung des Lagerstättenwassers

Das Lagerstättenwasser in seiner produktionsgewichteten mittleren Zusammensetzung wurde nach verschiedenen Rechtsvorschriften eingestuft, um hieraus Erkenntnisse für die ökologische (human- und ökotoxische) Bewertung zu gewinnen. Die Einstufungen erfolgten unabhängig von der rechtlichen Notwendigkeit einer solchen Zuordnung. Die Anwendung der Rechtsgrundlagen ist im Einzelfall unter Beachtung der Zusammensetzung an der jeweiligen Anfallstelle zu prüfen. Die Einstufung bezieht sich auf die produktionsgewichteten Mittelwerte und ist in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Einstufung des Lagerstättenwassers nach verschiedenen Rechtsvorschriften

Rechtsvorschrift	Einstufung
Chemikalienrecht (anhand CLP-Verordnung)	Minimalkennzeichnung: H302 (gesundheitsschädlich bei Verschlucken), Signalwort: Achtung Mögliche Maximalkennzeichnung: H290 (kann gegenüber Metallen korrosiv sein), H302 (gesundheitsschädlich bei Verschlucken), Signalwort: Achtung
Gefahrgutrecht	Minimalkennzeichnung: kein Gefahrgut Mögliche Maximalkennzeichnung: UN 3264: Ätzender saurer anorganischer flüssiger Stoff, n.a.g. Gefahrkennzeichnung: 80, Verpackungsgruppe III
Wasserrecht	Wassergefährdungsklasse (WGK) 1 (schwach wassergefährdend)
Strahlenschutzverordnung	Radiologisch gegebenenfalls relevant nach Teil 3, bedingt Informationspflicht an Abwasserentsorger
Abfallrecht	Abfallschlüsselnummer (ASN) 01 04 07* (gefährliche Stoffe enthaltende Abfälle aus der physikalischen und chemischen Weiterverarbeitung von nichtmetallhaltigen Bodenschätzen) Abfallschlüsselnummer (ASN) 01 04 12 bei Unterschreiten einzelner Schadstoffgehalte möglich

### **3 AUSWAHL UND BESCHREIBUNG DER BETRACHTETEN OPTIONEN**

Zur Betrachtung technischer Alternativen zur Behandlung und zum Verbleib von Lagerstättenwasser bieten sich folgende Konzepte an:

- I. Die Versenkung/Verpressung in tiefe Gesteinsschichten mit Vorbehandlung zur Sicherstellung der technischen Verpressungsanforderungen, einschließlich der Entsorgung der Abfälle aus der Vorbehandlung,
- II. Die Behandlung mit Verfahren der Aufbereitung von flüssigen Abfällen oder Abwasser mit dem Ziel, das gereinigte Wasser einer Direkteinleitung (Einleitung in ein Fließgewässer) oder einer Indirekteinleitung (Übernahme durch eine kommunale oder industrielle Kläranlage) zuzuführen, einschließlich der Entsorgung der Abfälle aus der Vorbehandlung,
- III. Die Verwertung im Kalibergbau durch Einsatz des salzhaltigen Lagerstättenwassers zur Bergwerksstabilisierung (Flutung Salzbergwerk), gegebenenfalls zuzüglich einer Vorbehandlung des Lagerstättenwassers und einschließlich der Entsorgung der Abfälle aus dieser Vorbehandlung,
- IV. Verfahren wie die Entsorgung des Lagerstättenwassers als Abfall durch Dritte führen ökologisch gesehen wieder zu einem Aufbereitungsverfahren nach II. und werden deshalb dort mit betrachtet.

Darüber hinaus wurden auch die Vor- und Nachteile einer dezentralen Aufbereitung, sowie verschiedene Transportmöglichkeiten für das Lagerstättenwasser betrachtet.

Unter Heranziehung der oben genannten Konzepte wurden folgende konkrete Optionen mit den jeweils angegebenen Randbedingungen betrachtet:

## **Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie**

### Option 1: Injektion in das Rotliegende<sup>1</sup>

- Nutzung und Erweiterung der Bohrung Völkersen-Nord Z3 bis in eine Tiefe von über 5000 m
- Zentrale Aufbereitung des Lagerstättenwassers an der Bohrung Völkersen-Nord Z3
- Technisch notwendige Reduzierung der abscheidbaren Kohlenwasserstoffe und der abfiltrierbaren Schwebstoffe im Lagerstättenwasser vor der Injektion

### Option 2: Verwertung in einer Salzlagerstätte (Flutung eines Salzbergwerkes)

- Nutzung eines auflässigen Salzbergwerkes, z.B. im Raum Celle
- Zentrale Aufbereitung
- Entfernung der organischen Bestandteile (BTEX und weiterer Kohlenwasserstoffe) aus dem Lagerstättenwasser mittels Dampfstrippung vor der Flutung eines Salzbergwerkes

### Option 3a: Aufbereitung zur Direkteinleitung:

- Zentrale Aufbereitung im Bereich Aller/Weser
- Vollständige Reinigung des Lagerstättenwassers mittels Verdampfung und nachgeschalteter Entfernung der leichtflüchtigen Bestandteile über Aktivkohle

### Option 3b: Aufbereitung zur Indirekteinleitung:

- Zentrale Aufbereitung in Raum Verden
- Mehrstufige chemisch-physikalische Behandlung des Lagerstättenwassers zur Entfernung von Schwermetallen, Kohlenwasserstoffen und NORM-Anteilen mit anschließender Behandlung in einer Kläranlage

---

<sup>1</sup> Rotliegendes: Geologische Formation, aus der das Erdgas im Raum Völkersen gefördert wird



## **Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie**

Zu den erforderlichen Aufbereitungsverfahren der einzelnen Optionen lagen aus parallelen Projekten jeweils verfahrenstechnische Konzepte vor, die die geforderten Zielwerte zugrunde gelegt worden waren.

Folgende Optionen wurden nicht betrachtet:

- Injektion in den Kalkarenit
- Einleitung des Lagerstättenwassers ohne weitere Vorbehandlung in die Nordsee über eine Pipeline

Zu jeder der betrachteten Optionen wurden folgende Sachverhalte beschrieben:

- Rechtsvorgaben zur Umsetzung der Option, einschl. anzuwendender Zielwerte (u.a. Einleit- bzw. Deponiegrenzwerte),
- Transportumfang des Lagerstättenwassers und der Abfälle aus der Aufbereitung,
- Darstellung der Aufbereitungsverfahren anhand von Stoffstrombilanzen, Verbleib von Schadstoffen und Abfällen, Verbrauch von Energie und Hilfsstoffen.

### **3.1 Voraussetzungen (Ausschlusskriterien)**

Zusätzlich zu der generellen Bewertung der Optionen 1 bis 3 bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit und ihrer Nachhaltigkeit wurden zunächst Voraussetzungen bzw. Ausschlusskriterien definiert, die vorab zu prüfen waren. Genehmigungsrechtliche Belange blieben bei dieser Prüfung zunächst außen vor.

#### Option 1: Injektion in das Rotliegende

Für diese Option war zu prüfen, ob folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- a) Die Lagerstätte muss bezüglich ihrer Kapazität und Permeabilität (Durchlässigkeit des Gesteins) geeignet sein.
- b) Es dürfen keine negativen felsmechanischen Auswirkungen mit der Injektion verbunden sein.

## **Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie**

- c) Es muss sichergestellt sein, dass der Bereich, in den injiziert werden soll, frei von über den Versenkhorizont hinausreichenden Störungszonen ist, um einen sicheren Verbleib des Lagerstättenwassers zu gewährleisten.
- d) Die Bohrung muss integer, d.h. nachweislich dicht gegen einen Austritt oder Eintritt von Flüssigkeiten und Gasen, sein.

Die konkrete Prüfung dieser Voraussetzungen erfolgte für die Bohrung Völkersen-Nord Z3. Dabei wurden die unter a) bis c) genannten Voraussetzungen anhand felsmechanischer Kriterien bewertet. Nach dieser Bewertung erfüllt der Havelsandstein im Rotliegenden die oben genannten Voraussetzungen.

Zur Bewertung der Bohrungsintegrität (Voraussetzung d) wurden sämtliche vorhandenen Unterlagen zur Bohrung Völkersen-Nord Z3 ausgewertet. Die vorhandene Bohrung Völkersen-Nord Z3 ist demnach integer und für die Injektion des Lagerstättenwassers geeignet.

### Option 2: Verwertung in einer Salzlagerstätte (Flutung eines Salzbergwerkes)

Für diese Option war zu prüfen, ob folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- a) Die Salzlagerstätte muss bezüglich ihrer Aufnahmekapazität geeignet sein.
- b) Es muss sichergestellt sein, dass es in dem Bereich, in den das Lagerstättenwasser eingebracht wird, keine Wegsamkeiten in die darüber befindliche Grundwasserhorizonte existieren oder entstehen können.

Die Prüfung dieser Voraussetzungen kann nur für eine konkrete Salzlagerstätte erfolgen. Da diese noch nicht feststeht, wurde für die weitere Betrachtung ein Salzbergwerk bei Celle als möglicher Standort angenommen. Die Kapazität in dieser Lagerstätte wäre vermutlich gegeben. Ob das Salzbergwerk die Voraussetzung b) erfüllt, müsste gegebenenfalls durch nachfolgende Untersuchungen durch den Bergwerksbetreiber geklärt werden. Um diese Option weiter betrachten zu können, wird angenommen, dass die beiden genannten Voraussetzungen erfüllt sind. Wenn dies nicht gewährleistet werden kann, würde dies zum Ausschluss dieser Option führen.

### Option 3: Obertägige Aufbereitung und nachfolgende Indirekt/Direkteinleitung

Für diese Option war zu prüfen, ob folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- a) Ist eine obertägige Aufbereitung technisch verfügbar, mit der das Lagerstättenwasser soweit gereinigt werden kann, dass es einer Indirekt/Direkteinleitung zugeführt werden kann
- b) Sind ausreichende Kapazitäten für die Indirekt/Direkteinleitung vorhanden

Anhand von Machbarkeitsstudien wurden in parallelen Projekten technische Konzepte entwickelt, die eine Aufbereitung des Lagerstättenwassers mit dem Ziel das gereinigte Wasser direkt bzw. indirekt einleiten zu können, ermöglichen. Auch wenn gegebenenfalls die technische Durchführbarkeit der Konzepte durch entsprechende Pilotversuche zu bestätigen ist, bildeten sie die Grundlage für die nachfolgende Bewertung.

Die Kapazitäten für eine Indirekteinleitung/Direkteinleitung hängen in erster Linie von dem Standort ab, an dem das gereinigte Lagerstättenwasser weiter behandelt (Indirekteinleitung) bzw. direkt eingeleitet wird. Prinzipiell ist die Kapazität auf Grund der relativ geringen Mengen von Lagerstättenwasser also nicht begrenzt. Für die nachfolgende Bewertung wird davon ausgegangen, dass die Kapazitäten für eine Indirekteinleitung ausreichen.

### **4 BEURTEILUNG DER OPTIONEN**

Zur ökologischen Bewertung verschiedener Verfahrenskonzepte unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit gibt es derzeit keine standardisierte Methodik. In der Studie wurden deshalb Elemente aus den im Folgenden genannten Methoden verwendet, ohne dass sie diese gegebenenfalls ersetzen können:

- Ökobilanz- und Ökoeffizienzbetrachtungen
- Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (UVU)
- Risiko- und Sicherheitsanalysen
- PIUS-Check® (Verfahren der Energieagentur NRW zum produktionsintegrierten Umweltschutz)
- Methode der Risikoquotienten gem. Umweltbundesamt, Geringfügigkeitsschwellenwerte

Die Bewertung der in Kapitel 3 genannten Optionen wurde in vier aufeinander folgenden Stufen durchgeführt:

- Stufe 1: Festlegung von ökologischen, ökotoxischen und Nachhaltigkeitskriterien
- Stufe 2: Überprüfung, inwieweit die Kriterien auf die einzelnen Prozessschritte der Optionen anwendbar sind, einschließlich der Begründung eines Verzichts auf bestimmte Kriterien angesichts untergeordneter Relevanz für die Optionsauswahl
- Stufe 3: Bewertung der Kriterienerfüllung für jede Option auf einer Skala von 1 (schlechteste Option) bis 5 (beste Option); die Zwischenstufen 2 bis 4 werden soweit wie möglich äquidistant festgelegt. Hierfür werden zum Teil quantitative Kennzahlen ermittelt, über die eine objektive vergleichende Bewertung am besten gelingt
- Stufe 4: Vergleich der Kriterien untereinander: „weniger wichtig als – gleich wichtig wie – wichtiger als“, wobei die Graduierung logarithmisch über Faktoren 0,1 / 1 / 10 erfolgt

Erheblich für diese Bewertung ist weniger die Punktzahl (dargestellt im Ranking-Ergebnis) als die Nachvollziehbarkeit und Transparenz, die eine Einflussnahme von Einzelbewertungen auf das Gesamtergebnis erkennen lassen.

## **Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie**

Folgende Prozessschritte wurden betrachtet:

1. Transport von der Übergabe des Lagerstättenwassers an der jeweiligen Anfallstelle per Tankkraftwagen (TKW) zum Ort der Aufbereitung
2. Aufbereitung des Lagerstättenwassers
3. Transport des aufbereiteten Lagerstättenwassers und der Rückstände (Abfälle) zum jeweiligen Verbleibort
4. Verbleib des aufbereiteten Lagerstättenwassers und der Rückstände (Abfälle)

Entsprechend der oben beschriebenen gestuften Vorgehensweise wurden zunächst folgende Beurteilungskriterien für die verschiedenen Optionen entwickelt (Stufe 1) und bezüglich ihrer Relevanz für einzelne Prozessschritte geprüft (Stufe 2):

- 1) Ressourcenverbrauch
  - a. Primärenergieverbrauch durch Transporte und Aufbereitungsverfahren
  - b. Betriebs- und Hilfsmittelverbrauch, einschließlich Frischwasser
  - c. Art und Umfang des Platzbedarfs der Aufbereitungsanlage
- 2) Emission und Schadstofffreisetzung
  - a. Freisetzungsrisiko beim Transport ohne NORM
  - b. Freisetzungsrisiko bei der Aufbereitung, inkl. Lagerung, ohne NORM
  - c. Verteilung der Radioaktivität aus den NORM, Strahlenexposition
  - d. (Verkehrs-)Lärm
- 3) Schadstoffverbleib und -verteilung
  - a. Gefährdungspotential nicht verwertbarer Rückstände, einschl. NORM
  - b. Gefährdungspotential des aufbereiteten Lagerstättenwassers
- 4) Grundwasserschutz
  - a. Schutz des Grundwassers vor dem aufbereiteten Lagerstättenwasser
- 5) Nachhaltigkeit
  - a. Veränderung des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser
  - b. Langzeitstabilität des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser
  - c. Kapazität des Verbleibortes für Lagerstättenwasser und feste Abfälle
  - d. Langzeitstabilität des Verbleibortes der festen Abfälle und Rückstände

### **5 VERGLEICHENDE BEWERTUNG**

Die vergleichende Beurteilung der Optionen bezüglich ihrer Kriterienerfüllung ergab jeweils sehr differenzierte Aussagen für jede Option. Es ist zum einen erkennbar, dass alle geprüften Optionen auch unter ökologischen Gesichtspunkten mögliche Lösungen für den Umgang mit bzw. für die Entsorgung von Lagerstättenwasser aus der Erdgasförderung der RWE Dea AG in Niedersachsen darstellen. Aus dem Vergleich der Einzelkriterien lässt sich darüber hinaus ablesen, wo die konkreten Vor- und Nachteile der einzelnen Optionen sind, bzw. wo gegebenenfalls das größte Optimierungspotential vorhanden ist.

Bei der vergleichenden Bewertung der übergeordneten Beurteilungskriterien ergab sich folgende Reihenfolge in der Bedeutung (die Reihenfolge der übergeordneten Kriterien wurde dabei aus der gutachterlich festgelegten Vorrangigkeit der in Kapitel 4 genannten insgesamt 14 Einzelkriterien ermittelt):

1. Emission und Schadstofffreisetzung
2. Nachhaltigkeit
3. Schadstoffverbleib- und -verteilung
4. Grundwasserschutz
5. Ressourcenverbrauch

Die Zusammenführung der beiden Bewertungsstufen „Erfüllung der Beurteilungskriterien“ (Stufe 3) und „Relevanz der Beurteilungskriterien“ (Stufe 4) führte zu einer Bewertungsmatrix, in welcher für jedes Bewertungskriterium und für jede Option ein Wert ermittelt wurde, der sich aus der Multiplikation der Punktzahl aus der vergleichenden Bewertung (Stufe 3) und der ermittelten Relevanz des einzelnen Bewertungskriteriums (Stufe 4) ergab. Die auf diese Weise errechneten Werte wurden für jede Option aufsummiert. Die Reihenfolge (Ranking-Ergebnis) für die einzelnen Optionen ergab sich direkt aus diesen Summen.

Demnach ist die Option mit der höchsten ermittelten Summe die im Sinne der Studie beste Option (Tabelle 3, vgl. auch Tabellen 4 bis 6).

## Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie

Tabelle 3: Aus den Summenwerten ermittelte Reihenfolge (Ranking-Ergebnis)

Option	Punktzahl	Ranking
Option 1 (Injektion)	4,4	1.
Option 2 (Flutung eines Salzbergwerkes)	3,6	2.
Option 3a (Direkteinleitung)	3,1	3.
Option 3b (Indirekteinleitung)	2,5	4.

Die vergleichende Bewertung der untersuchten Optionen ergab ein eindeutiges Ergebnis.

Demnach ist die Option 1 (Injektion des Lagerstättenwassers über die Bohrung Völkersen-Nord Z3 in die Gesteinsschichten des Rotliegenden in über 5000 m Tiefe) im Hinblick auf den langfristigen Umgang und im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit und die Nachhaltigkeit die beste Option. Entscheidend für die positive Bewertung ist, neben dem relativ geringen Ressourcenverbrauch, die geringe Emission und Schadstofffreisetzung aufgrund der technisch begründeten geringen Aufbereitung, sowie der sichere Verbleib des Lagerstättenwassers, der unter anderem mit den Untersuchungen zur Felsmechanik und zur Bohrungsintegrität belegt werden konnte.

Die nächstbesten Lösungen im Sinne der Zielsetzung der Studie sind demnach die Verwertung des Lagerstättenwassers zur Flutung eines Salzbergwerkes (Option 2) und die Aufbereitung des Lagerstättenwassers für eine Direkteinleitung mittels Verdampfung (Option 3a).

Die Option 2 (Verwertung des Lagerstättenwassers zur Flutung eines Salzbergwerkes) erhielt in den meisten Beurteilungskriterien unter den angenommenen Voraussetzungen zunächst eine mittlere Bewertung. Zum momentanen Zeitpunkt können allerdings viele Bewertungskriterien nicht abschließend beurteilt werden, so dass hier gegebenenfalls nach Festlegung der genauen Randbedingungen (insbesondere der genaue Standort eines geeigneten Bergwerkes und der notwendige Aufbereitungsgrad) anhand der aufgezeigten Bewertungskriterien eine Neubewertung durchgeführt werden sollte.

Die Option 3a (Aufbereitung des Lagerstättenwassers mittels Verdampfung für eine Direkteinleitung) wurde in erster Linie wegen der vollständigen Elimination der Schadstoffe aus dem Lagerstättenwasser positiv bewertet. Der hohe Energieverbrauch und das hohe Gefährdungspotenzial der nicht verwertbaren Rückstände führten zu einer Abstufung dieser Option.

## ***Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie***

Bei der Option 3b (Aufbereitung des Lagerstättenwassers mittels chemisch-physikalischer Behandlung für eine Indirekteinleitung mit anschließender Weiterbehandlung in einer Kläranlage) werden die Nachhaltigkeitskriterien am wenigsten erfüllt. Bei dieser Option resultiert die ökologisch nachrangige Bewertung vorwiegend aus den angelegten Maßstäben bezüglich der Emission und der Schadstofffreisetzung bzw. -verteilung.



### **6 ALTERNATIVOPTIONEN UND ERGÄNZUNGEN**

Die in der Studie betrachteten Optionen 1, 2, 3a und 3b zur Aufbereitung des Lagerstättenwassers wurden unter den folgenden Randbedingungen bewertet:

- a) Die „Vorbehandlung“ des Lagerstättenwassers innerhalb der Gastrocknungsanlage des jeweiligen Sondenplatzes ist nicht Gegenstand der Studie; vielmehr wird für die weitere Aufbereitung von einem Modellabwasser der Mischzusammensetzung entsprechend dem produktionsgewichteten Mittelwert ausgegangen. Für spezielle technische Fragestellungen kann es darüberhinaus sinnvoll sein, die tatsächliche Zusammensetzung des Lagerstättenwassers an der jeweiligen Anfallstelle zu betrachten.
- b) Die Aufbereitung des Lagerstättenwassers zum weiteren Verbleib erfolgt an einer gegenüber den Bohrstellen möglichst zentral gelegenen Stelle. Für die Vergleichsbetrachtung wurde als zentraler Aufbereitungsort im Falle der Injektion (Option 1) der Sondenplatz Völkersen Nord Z3 (Injektionsort) gewählt, für die übrigen Optionen wurde eine Aufbereitung im Raum Verden unterstellt, für die Option 2 (Flutung eines Salzbergwerkes) wurde zusätzlich die Variante einer Aufbereitung am Salzbergwerk betrachtet. Zusätzlich zu dieser Vorgabe wurden innerhalb der Studie grundlegende Aspekte sowie die konkreten Vor- und Nachteile einer dezentralen gegenüber einer zentralen Aufbereitung betrachtet (vgl. nachfolgendes Kapitel 6.1).
- c) Der Transport des Lagerstättenwassers von den Anfallstellen zur Aufbereitung erfolgt mit Tankfahrzeugen (TKW) im öffentlichen Straßenverkehr. Zusätzlich zu dieser Vorgabe wurden innerhalb der Studie die wesentlichen Aspekte von Transportalternativen betrachtet (vgl. Kapitel 6.2).

### **6.1 Zentrale bzw. dezentrale Behandlung**

Die anlagentechnische Optimierung fordert in der Regel eine Zusammenlegung von Behandlungskapazitäten, da das Verhältnis von Größe der Anlage (Durchsatz) zu Aufwand für den Betrieb sich mit zunehmender Größe günstig entwickelt.

Die folgenden Kriterien können aber eine Entscheidung über den Vorzug kleiner dezentraler Aufbereitungsanlagen gegenüber größeren Zentralanlagen nahelegen. So ist eine Dezentralisierung der Aufbereitung grundsätzlich nur angezeigt, wenn

1. große Unterschiede der Zusammensetzung des Lagerstättenwassers, welche bereits grundsätzlich eine unterschiedliche technische Behandlung erfordern, bestehen,
2. die Gefahr einer unzulässigen Verdünnung der Schadstoffe zur Erreichung von Schadstoffgrenzwerten besteht,
3. ein sehr hohes Transportrisiko für das unbehandelte Lagerstättenwasser vorliegt.

Insgesamt lassen sich hierzu folgende Aussagen treffen:

Die analytischen Bandbreiten zeigen zwar ein Spektrum deutlicher Konzentrationsunterschiede jeweils einzelner Parameter (Salzgehalt, BTEX-Anteil, NORM-Gehalte etc.), aber es zeigt sich auch, dass eine regionale Charakterisierung bezogen auf die Anfallstellen nicht möglich ist, was der Veränderung der Menge und Zusammensetzung im Laufe der Ausföderung zuzurechnen ist. Der bei einer zentralen Aufbereitung über die Zusammenführung stattfindende Konzentrationsausgleich und die Mengenzusammenführung bieten demgegenüber eine Voraussetzung für die in der Regel wesentlich effizienteren kontinuierlichen Verfahrensprozesse mit „konstanter“ Zulaufzusammensetzung. Mit dieser Mengenzusammenführung ist keine unzulässige Verdünnung der Schadstoffe verbunden.

Bei der dezentralen Aufbereitung ist durch den Batchprozess (Chargenbetrieb) die ökologische (und ökonomische) Effizienz i.a. bei großen Mengen deutlich geringer, da unter anderem die An- und Abfahrvorgänge zu berücksichtigen sind. Die dezentrale Behandlung bietet auch keinen Vorteil für die Aufkonzentrierung oder vollständige Entfernung der Schadstoffe; vielmehr müssten aufwändige spezifische Kleinanlagen mit geringerer Auslastung geplant werden. Insgesamt sind die Unterschiede der Schadstoffanteile und die Mengen nicht groß genug, um bei den einzelnen Optionen in der Dezentralisierung einen Vorteil zu sehen, entsprechend wird eine zentrale Aufbereitung des Lagerstättenwassers empfohlen.

## Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie

Tabelle 4: Empfehlung zur zentralen/dezentralen Aufbereitung bei den einzelnen Optionen

Option	Empfehlung
Option 1 (Injektion)	Eine Optimierung der Aufbereitung kann im Zusammenhang mit der Verbesserung der dezentralen Schwerkraftabscheidung an den jeweiligen Anfallstellen erfolgen
Option 2 (Flutung Salzbergwerk)	Für die vorgeschlagene Aufbereitung sollte die Vorbehandlung am Standort des Bergwerkes, das für die Flutung vorgesehen ist, vorgenommen werden, um zusätzliche Transporte des Lagerstättenwassers zu vermeiden. In Abhängigkeit von der Aufbereitungsnotwendigkeit kann die Optimierung der Aufbereitung eventuell über die Verbesserung der dezentralen Vorbehandlung an den jeweiligen Anfallstellen erfolgen.
Option 3a (Direkteinleitung)	Die Verdampfung sollte in jedem Fall zentral in möglichst kontinuierlicher Betriebsweise erfolgen.
Option 3b (Indirekteinleitung)	Eine physikalisch-chemische, mehrstufige Behandlung bietet Ansätze für eine dezentrale erweiterte Vorbehandlung durch Verlagerung einzelner Prozessschritte: so ließe sich die Fällung/Flockung mit Bariumsulfat/Eisenhydroxid zur Abtrennung von 90 % NORM auch an den Orten durchführen, die erhöhte NORM-Konzentrationen aufweisen. Dadurch könnte an zentraler Stelle die Behandlung des dort vorbehandelten LaWa zusammen mit den anderen Lagerstättenwässern aus geringer NORM-konzentrierten Bohrungen durchgeführt werden und sich auf die anderen Parameter konzentrieren. Dadurch könnte auch ein Verschleppen der höheren radioaktiven Gehalte vermieden werden.

Nach den Feststellungen der Studie ist das Transportrisiko bei keiner der betrachteten Optionen so hoch, dass aus diesem Grunde auf Transporte des unbehandelten Lagerstättenwassers verzichtet werden sollte.

### 6.2 Transport (LKW / Bahn / Pipeline)

Die Transportkette beginnt mit der Abfüllung des TKW an der Anfallstelle auf dem jeweiligen Sondenplatz und endet mit der Befüllung eines Stapeltanks am Ort der Aufbereitung. Ein Wechsel des Transportmittels bedeutet immer zusätzliche Umschlagflächen mit der zusätzlichen Gefahr von Stoffaustritt.

Als Transportalternative zu den TKW-Transporten kommt der Transport mit der Bahn in Betracht. Da die entlegenen Bohrstellen nicht über eigene Gleisanschlüsse verfügen, wäre der Transportweg in der Regel mit zwei Umschlägen verbunden. Eine solche Risikoerhöhung wäre nur bei langen Transportstrecken über mehrere hundert Kilometer zu rechtfertigen, da

## ***Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie***

die Bahntransporte mithin als transportsicherer als die Straßenbeförderungen anzusehen sind.

Eine weitere Transportalternative gegenüber dem TKW-Transport besteht im Bau unterirdischer Rohrleitungsanlagen entsprechend den Vorgaben der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen bzw. der Rohrleitungsrichtlinie.

Bei der Planung solcher Anlagen ist ebenfalls zu berücksichtigen, dass eine Rohrleitung nur für durchsatzrelevante Streckenabschnitte sinnvoll ist. Eine Netzplanung sollte erkennen lassen, dass beispielsweise Förderfelder im entfernten Raum Celle zur Anbindung an die Völkersen Nord Z3 oder zu einer Aufbereitungsanlage im Raum Verden über Rohrleitungen wenig geeignet sind. Andererseits lassen sich die Transportstrecken von den Bohrungen im Förderfeld Rotenburg und im Förderfeld Völkersen möglicherweise sinnvoll zu ein oder mehreren Knotenpunkten zusammenführen und diese über eine Rohrleitung bis zur Völkersen Nord Z3 oder bis zu einer zentralen Aufbereitungsanlage anschließen. Auch bei dieser Variante entstehen aber wieder Umfüllbereiche, die ein zusätzliches Schadensrisiko darstellen.

Das Risiko des Transports in Rohrleitungen ist nach dem heutigen Stand sehr gering, zumal man der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens durch Auswahl geeigneter Werkstoffe und Leckageüberwachungen deutlich entgegenwirken kann; das Schadensausmaß ist ähnlich dem TKW-Transport stark vom Schadensort (Wasserschutzgebiet, Wohngebiet) abhängig. Die logistische und umweltrisikoorientierte Optimierung des Transportes muss gegebenenfalls für die einzelnen Optionen betrachtet werden und einer separaten Planung vorbehalten bleiben.

## **7 GUTACHTERLICHE EMPFEHLUNG UND AUSBLICK**

Die Studie hatte zum Ziel, der RWE Dea AG begründete und belastbare Empfehlungen für den nachhaltigen Umgang mit dem bei der Erdgasförderung anfallenden Lagerstättenwasser geben zu können. Hierfür wurden vier verschiedene Optionen betrachtet und bezüglich verschiedener ökologischer Bewertungskriterien beurteilt.

Die innerhalb der Studie entwickelten Kriterien und Bewertungsschemata sind gegebenenfalls aber auch auf weitere oder auf veränderte Optionen anwendbar.

Bei der vergleichenden Betrachtung zeigt sich, dass die Injektion des Lagerstättenwassers in das Rotliegende, d.h. in den Horizont, aus dem das Erdgas bzw. das Lagerstättenwasser ursprünglich herkommen, als ökologisch günstigste Option bewertet wird. Entscheidend für diese positive Bewertung sind, neben dem geringeren Ressourcenverbrauch, die geringe Emission und Schadstofffreisetzung, sowie der sichere Verbleib des Lagerstättenwassers. Der sichere Verbleib des Lagerstättenwassers kann für die Bohrung Völkersen Nord Z3 belegt werden. Inwieweit die für diese Option geplante technische Aufbereitung des Lagerstättenwassers langfristig ausreicht, kann noch nicht abschließend beurteilt werden.

Es wird empfohlen, diese Option weiterzuverfolgen und die entsprechenden technischen Konzepte zur Aufbereitung und zur Injektion vorrangig umzusetzen. Bei Änderungen in den technischen Zielvorgaben ist zu prüfen, ob es dadurch zu einer veränderten ökologischen Bewertung kommt. Hierfür sollten – zur Wahrung einer Vergleichbarkeit – möglichst die innerhalb der Studie entwickelten Kriterien herangezogen werden.

Die beiden nächstfolgenden Optionen 2 (Verwertung des Lagerstättenwasser zur Verfüllung in einem Salzbergwerk) und 3a (Aufbereitung des Lagerstättenwassers für eine Direkteinleitung durch Verdampfung) unterscheiden sich bei der Betrachtung einzelner Beurteilungskriterien besonders deutlich und hängen deshalb besonders von der gewählten Gewichtung einzelner Beurteilungskriterien ab.

Die Option 2 (Flutung eines Salzbergwerkes) erhält ökologisch die zweitbeste Bewertung. Die Bewertung dieser Option ist allerdings aufgrund fehlender konkreter Vorgaben des Bergwerkbetreibers und/oder der Aufsichtsbehörde, für die innerhalb der Studie gegebenenfalls plausible Annahmen getroffen worden sind, noch nicht abschließend möglich. So können auch Optimierungsmöglichkeiten für diese Option zum Teil nicht ausreichend berücksichtig-

## **Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie**

sichtigt werden. Es wird empfohlen, zunächst die noch offenen Fragen bezüglich der notwendigen Aufbereitung und bezüglich eines konkreten Bergwerkes mit der Aufsichtsbehörde bzw. mit dem Betreiber zu klären. Gegebenenfalls sind nach Klärung dieser Frage die einzelnen Bewertungskriterien für diese Option nochmal konkret zu untersuchen bzw. zu bestimmen, um sie mit den anderen Optionen in einer ähnlichen Untersuchungstiefe vergleichen zu können.

Die Option 3a (Direkteinleitung) erhält die drittbeste Bewertung. Bei dieser Option 3a führen insbesondere das hohe Abfallaufkommen und das darin enthaltene NORM und der hohe Energiebedarf zu einer nachrangigen Bewertung. Für diese Option sind gegebenenfalls Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Aufbereitung des Lagerstättenwassers zu prüfen, die dann zu einer Neubewertung dieser Option führen können.

Die Option 3b, das Lagerstättenwasser für eine Indirekteinleitung aufzubereiten, erhält bei der vergleichenden Betrachtung die niedrigste Bewertung. Sowohl die ökologische Bewertung als auch die gutachterliche Empfehlung beziehen sich dabei zunächst nur auf das geprüfte technische Verfahren. Hier ist gegebenenfalls zu prüfen, ob es zu gegebener Zeit durch die Entwicklung neuer technologischer Verfahren oder Verfahrensänderungen zu einer anderen Bewertung kommen könnte. Aus der Bewertung der Kriterienerfüllung lassen sich hierfür entsprechende Optimierungspotentiale ablesen. So ist bei dieser Option insbesondere eine weiter verbesserte Trennung der Nuklide von den gelösten Salzen anzustreben. Es ist zudem zu prüfen, ob diese Option für Teilströme des Lagerstättenwassers mit einer spezifischen Zusammensetzung eine ökologisch sinnvolle Option sein kann.

Insgesamt bieten alle betrachteten Optionen eine grundsätzliche Möglichkeit für den langfristigen Umgang und die Entsorgung des in Niedersachsen bis 2030 anfallenden Lagerstättenwassers der RWE Dea AG. Die in den nächsten Jahren (ab 2015) abnehmende Lagerstättenwassermenge und die aufgezeigten Optimierungsansätze lassen für alle Optionen sowohl eine rechtskonforme als auch eine nach heutigen Gesichtspunkten ökologisch vertretbare Lösung erkennen. Unter heutigen Bedingungen und mit dem derzeitigen Kenntnisstand wird allerdings empfohlen, vorrangig die Injektion des Lagerstättenwassers über die Bohrung Völkersen-Nord Z3 in das Rotliegende zu verfolgen.

**ANLAGEN**

Tabelle 5: Zusammenfassung der vergleichenden Bewertung der einzelnen Kriterien für die jeweiligen Optionen

<b>BEWERTUNGSKRITERIEN</b>	<b>Option 1 (Injektion)</b>	<b>Option 2 (Flutung)</b>	<b>Option 3a (Direkt- einleitung)</b>	<b>Option 3b (Indirekt- einleitung)</b>
<b>Ressourcenverbrauch</b>				
Primärenergieverbrauch	5	4	1	4
Betriebs- und Hilfsmittelverbrauch, einschließlich Frischwasser	5	5	5	1
Art und Umfang des Platzbedarfs der Aufbereitungsanlage	3	3	3	3
<b>Emission und Schadstofffreisetzung</b>				
Freisetzungsrisiko Transport (ohne NORM)	5	3	1	3
Freisetzungsrisiko Aufbereitung einschl. Lagerung (ohne NORM)	5	1	2	1
Verteilung der Radioaktivität, Strahlenexposition	5	5	5	2
(Verkehrs)lärm	5	1	5	4
<b>Schadstoffverbleib und –verteilung</b>				
Gefährdungspotenzial nicht verwertbarer Rückstände, einschließlich NORM	4	5	1	2
Gefährdungspotenzial des aufbereiteten Lagerstättenwassers	1	2	5	4
<b>Grundwasserschutz</b>				
Gefährdung des Grundwassers durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	4	3	5	3
<b>Nachhaltigkeit</b>				
Veränderung des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	5	3	5	1
Beeinflussung der Langzeitstabilität des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	5	5	3	3
Kapazität der Verbleiborte für Lagerstättenwasser und Abfall	5	4	2	1
Langzeitstabilität des Verbleibortes der festen Abfälle/Rückstände	5	5	3	3

# Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie

Tabelle 6: Gewichtung der Bewertungskriterien

BEWERTUNGSKRITERIEN	Ressourcenverbrauch	Primärenergieverbrauch	Betriebs- und Hilfsmittelverbrauch, einschließlich Frischwasser	Art und Umfang des Platzbedarfs der Aufbereitungsanlage	Emission und Schadstofffreisetzung	Freisetzungsrisiko Transport (ohne NORM)	Freisetzungsrisiko Aufbereitung einschl. Lagerung (ohne NORM)	Verteilung der Radioaktivität, Strahlenexposition	(Verkehrs)lärm	Schadstoffverbleib und -verteilung	Gefährdungspotenzial nicht verwertbarer Rückstände, einschließlich NORM	Gefährdungspotenzial des aufbereiteten Lagerstättenwassers	Grundwasserschutz	Gefährdung des Grundwassers durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	Nachhaltigkeit	Veränderung des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	Langzeitstabilität des Verbleibortes durch aufbereitetes LaWa	Kapazität der Verbleiborte für Lagerstättenwasser und Abfall	Langzeitstabilität des Verbleibortes der festen Abfälle/Rückstände	Gesamtpunkte	Gewichtung in Prozent		
<b>Ressourcenverbrauch</b>	X																					<b>13,0</b>	
Primärenergieverbrauch		X	10	10		1	1	1	10		1	1		0,1		10	1	10	1	1	57	10,1	
Betriebs- und Hilfsmittelverbrauch, einschließlich Frischwasser		0,1	X	10		0,1	0,1	0,1	1		0,1	0,1		0,1		0,1	0,1	1	1	14	2,5		
Art und Umfang des Platzbedarfs der Aufbereitungsanlage		0,1	0,1	X		0,1	0,1	0,1	1		0,1	0,1		0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	2	0,4		
<b>Emission und Schadstofffreisetzung</b>					X																	<b>29,7</b>	
Freisetzungsrisiko Transport (ohne NORM)		1	10	10		X	1	1	10		1	1		0,1		1	1	10	1	48	8,5		
Freisetzungsrisiko Aufbereitung einschl. Lagerung (ohne NORM)		1	10	10		1	X	1	10		1	1		1		1	10	10	1	58	10,3		
Verteilung der Radioaktivität, Strahlenexposition		1	10	10		1	1	X	10		1	1		1		1	1	10	10	58	10,3		
(Verkehrs)lärm		0,1	1	1		0,1	0,1	0,1	X		0,1	0,1		0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	3	0,6		
<b>Schadstoffverbleib und -verteilung</b>										X												<b>19,0</b>	
Gefährdungspotenzial nicht verwertbarer Rückstände, einschließlich NORM		1	10	10		1	1	1	10		X	1		1		1	10	10	1	58	10,3		
Gefährdungspotenzial des aufbereiteten Lagerstättenwassers		1	10	10		1	1	1	10		1	X		1		1	1	10	1	49	8,7		
<b>Grundwasserschutz</b>													X									<b>13,5</b>	
Gefährdung des Grundwassers durch das aufbereitete Lagerstättenwasser		10	10	10		10	1	1	10		1	1		X		1	1	10	10	76	13,5		
<b>Nachhaltigkeit</b>															X							<b>24,9</b>	
Veränderung des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser		0,1	10	10		1	1	1	10		1	1		1		X	1	1	1	39	6,9		
Langzeitstabilität des Verbleibortes durch aufbereitetes LaWa		1	10	10		1	0,1	1	10		0,1	1		1		1	X	10	1	47	8,4		
Kapazität der Verbleiborte für Lagerstättenwasser und Abfall		0,1	1	10		0,1	1	0,1	10		0,1	0,1		0,1		1	0,1	X	1	25	4,4		
Langzeitstabilität des Verbleibortes der festen Abfälle/Rückstände		1	1	10		1	1	0,1	10		1	1		0,1		1	1	1	X	29	5,2		
<b>Gesamt Ranking</b>																						<b>564</b>	<b>100</b>

  

Vergleich	
gleichwichtig	1
wichtiger	10
weniger wichtig	0,1



## Nachhaltiger Umgang mit Lagerstättenwasser - Studie

Tabelle 7: Ermittlung des Rankings aus Punktzahl (P) und Relevanz (R)

BEWERTUNGSKRITERIEN	Gewichtung in Prozent	Option 1 (Injektion)		Option 2 (Flutung)		Option 3a (Direkt- einleitung)		Option 3b (Indirekt- einleitung)	
		P	R	P	R	P	R	P	R
<b>Ressourcenverbrauch</b>	13,0								
Primärenergieverbrauch	10,1	5	0,51	4	0,40	1	0,10	4	0,40
Betriebs- und Hilfsmittelverbrauch, einschließlich Frischwasser	2,5	5	0,13	5	0,13	5	0,13	1	0,03
Art und Umfang des Platzbedarfs der Aufbereitungsanlage	0,4	3	0,01	3	0,01	3	0,01	3	0,01
<b>Emission und Schadstofffreisetzung</b>	29,7								
Freisetzungsrisiko Transport (ohne NORM)	8,5	5	0,43	3	0,26	1	0,09	3	0,26
Freisetzungsrisiko Aufbereitung einschl. Lagerung (ohne NORM)	10,3	5	0,52	1	0,10	2	0,21	1	0,10
Verteilung der Radioaktivität, Strahlenexposition	10,3	5	0,52	5	0,52	5	0,52	2	0,21
(Verkehrs)lärm	0,6	5	0,03	1	0,01	5	0,03	4	0,02
<b>Schadstoffverbleib und -verteilung</b>	19,0								
Gefährdungspotenzial nicht verwertbarer Rückstände, einschließlich NORM	10,3	4	0,41	5	0,52	1	0,10	2	0,21
Gefährdungspotenzial des aufbereiteten Lagerstättenwassers	8,7	1	0,09	2	0,17	5	0,44	4	0,35
<b>Grundwasserschutz</b>	13,5								
Gefährdung des Grundwassers durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	13,5	4	0,54	3	0,41	5	0,68	3	0,41
<b>Nachhaltigkeit</b>	24,9								
Veränderung des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	6,9	5	0,35	3	0,21	5	0,35	1	0,07
Beeinflussung der Langzeitstabilität des Verbleibortes durch das aufbereitete Lagerstättenwasser	8,4	5	0,42	5	0,42	3	0,25	3	0,25
Kapazität der Verbleiborte für Lagerstättenwasser und Abfall	4,4	5	0,22	4	0,18	2	0,09	1	0,04
Langzeitstabilität des Verbleibortes der festen Abfälle/Rückstände	5,2	5	0,26	5	0,26	3	0,16	3	0,16
<b>Gesamtpunktzahl</b>			<b>4,41</b>		<b>3,58</b>		<b>3,13</b>		<b>2,51</b>
<b>Ranking</b>			<b>1.</b>		<b>2.</b>		<b>3.</b>		<b>4.</b>