

# FESTLEGUNG WENIGER STRENGER BEWIRTSCHAFTUNGSZIELE

## SAL06OW04-00 - Schlenze von der Quelle bis Mündung in Saale

---

### 0 Allgemeine Angaben

Für den Wasserkörper SAL06OW04-00 - Schlenze von der Quelle bis Mündung in Saale wird nach §30 WHG ein weniger strenges Bewirtschaftungsziel für den chemischen Zustand festgelegt, da die Erreichung des guten chemischen Zustandes nicht möglich oder unverhältnismäßig aufwendig ist.

Die Ziele werden nicht erreicht im Hinblick auf den guten chemischen Zustand und das gute ökologische Potential. Die Zuordnung des Wasserkörpers als erheblich veränderter Wasserkörper (HMWB) erfolgt dabei auf der Grundlage der Ausweisungsprüfung des LHW [LHW, 2014].

Betroffen hiervon sind die folgenden Umweltqualitätsnormen (UQN), [PLEJADES, 2012]:

- Jahresdurchschnitts (JD)-UQN: Cadmium (Cd), Blei (Pb), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Nickel (Ni) und Arsen (As)
- Zulässige Höchstkonzentration (ZHK)-UQN: Cadmium, Blei, Nickel.

Andere Parameter, die als Qualitätskomponenten zur Einstufung des ökologischen Zustandes und des ökologischen Potenzials dienen, wurden im Rahmen der Pilotstudie „Frachtreduzierung Schlüsselstollen“ nicht betrachtet [PLEJADES, 2012], da die zur Beurteilung erforderliche Datenbasis derzeit erhoben wird.

### A Ursachen für das Nicht-Erreichen der Ziele

Das Gewässer ist durch die geogene Hintergrundbelastung und der durch Jahrhunderte lange menschliche Tätigkeit (Bergbau) verstärkten Freisetzung von geogenen Metallen und Salzen so beeinträchtigt und in seinen natürlichen Gegebenheiten so beschaffen, dass die Erreichung der Ziele in der Schlenze

- nicht möglich oder mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden ist,

- unvermeidbar einen erheblichen und unbefristeten (ewigen) Eingriff in die natürlichen Prozesse (Auswaschung von Metallen und Salzen aus natürlichen Lagerstätten und salinaren Ablagerungen) bedeutet und
  - zu einer zusätzlichen Verschlechterung anderer Oberflächenwasserkörper führt (im Falle des Verschlusses und weiteren Aufstaus erfolgt die zusätzliche Beeinträchtigung des Gewässersystems Böse Sieben-Süßer See-Bindersee-Kerner See) oder
  - zusätzliche negative ökologische Begleiterscheinungen bewirkt (im Falle von Aufbereitung erheblicher Energieverbrauch, umfangreiche Aufhaltung von Metall- und Salzschlamm, Landschaftsverbrauch durch Rohrleitungen, Anlagen, Aufhaltungen; im Falle des Verschlusses und weiteren Aufstaus erfolgen verstärkt Erdfälle in ehemaligen Senkungsgebieten).

#### Begründung:

Die Schwermetall- und Salzbelastung im Gewässer erfolgt durch den Zufluss aus dem Schlüsselstollen, welcher das gesamte Grubengebäude des ehem. Mansfelder Kupferschieferbergbaus entwässert. Die Begründung für die Nichterreichung der Ziele lässt sich deshalb wie folgt darstellen:

1. Ein Verschluss des Schlüsselstollens würde zum Austritt der belasteten Wässer in andere Gewässer führen (zum Beispiel Übertritt von Wässern über den Froschmühlenstollen in das Gewässersystem „Böse Sieben-Süßer See“ und somit dort zu einer erheblichen Verschlechterung des derzeitigen Zustandes).
2. Ein Verschluss des Schlüsselstollens würde zudem bewirken, dass durch unkontrollierte Grundwasseraustritte und die Schwächung oberflächennah anstehender löslicher Gesteine Senkungen an der Oberfläche eintreten. Diese führen zur Gefährdung bzw. Schädigung vorhandener Infrastruktur (Verkehrswege, Gebäude).
3. Eine Reinigung des Wassers, gleich ob Ex-situ (außerhalb des Schlüsselstollen gelegen) oder In-situ (Maßnahmen zur Schadstoffreduktion innerhalb des vorhandenen Altbergbaus bzw. Stollensystems) ist mit unverhältnismäßig hohem Aufwand, dauerhaften und erheblichen negativen Umweltauswirkungen sowie zusätzlichen, hohen Risiken verbunden.
4. Eine Ableitung der Schlüsselstollenwässer direkt in die Saale würde zum einen die Wasserführung der Schlenze im Unterlauf erheblich reduzieren und die Schadstofffracht in der Saale nicht verringern.

Im Verlauf von über 800 Jahren Kupferschieferbergbau bis fast 1000 Meter Tiefe und ca. 1000 Kilometer Streckenauffahrungen sowie einem bleibenden, circa 150 Quadratkilometer

Fläche umfassenden großen Flutungskörper ist ein kompliziertes hydrodynamisches und hydrochemisches Gesamtsystem im Bereich der Mansfelder Mulde entstanden, welches dauerhaft und auf jeden Fall weit über Jahrzehnte hinaus den Wasserhaushalt der Region maßgeblich beeinflussen wird.

Nach Abschluss des aktiven Bergbaus begann 1970 die Flutung des bergmännischen und natürlichen Hohlraums mit teilweise salzhaltigen Grubenwässern und war 1981 abgeschlossen. Insgesamt wurden ca. 200 Millionen Kubikmeter Hohlraum geflutet.

Seit Ende der Flutung erfolgt die Entwässerung der Mansfelder Mulde, welche sowohl durch Grundwasserneubildung als auch Grundwasserzustrom fortlaufend aufgefüllt wird, kontrolliert über die verbleibenden Stollensysteme. Mit Erreichen des Schlüsselstollenniveaus als Flutungsziel wurden ehemalige Quellaustritte wieder aktiviert, zusätzliche Salzwasseraustritte erfolgten in Gebieten, wo zusätzliche Verbindungswege zu den Karstsystemen geschaffen wurden. Generell erfolgt die vor- und nachbergbauliche Entlastung der Mansfelder Mulde über verschiedene Bäche und Gräben letztlich in die Saale zwischen den Einmündungen von Salza und Schlenze, wobei in der Literatur als Entlastungsgebiet das Saaletal zwischen Wettin und Rothenburg angegeben wird. Im Wesentlichen entlasten die Anstauwässer jedoch über den Schlüsselstollen. Das Gebiet des ehemaligen Salzigen Sees (Bindersee, Kerner See) war und ist prinzipiell auch Entlastungsgebiet und würde bei einem Verschluss des Schlüsselstollens signifikante Wasserzuführung erfahren.

Der Schlüsselstollen mit einem natürlich schwankenden, mittleren Abfluss von etwa 22,5 Kubikmeter pro Minute spielt die dominierende Rolle beim Stoffaustrag aus den ehemaligen Grubenbauen des Mansfelder Kupferschieferabbaus. Bei einem Anteil von etwa 74 Prozent am Gesamtabfluss der Grubenwässer aus dem Bereich des ehemaligen Kupferschieferbergbaus des Südharzes (Sangerhäuser und Mansfelder Kupferschieferrevier) und etwa 89 Prozent am Abfluss aus der Mansfelder Mulde beträgt sein Anteil an der Natriumchlorid-Fracht aus dem Bereich der Mansfelder Mulde 99,9 Prozent. Der Gehalt von durchschnittlich ca. 25-28 Gramm Natriumchlorid pro Liter im Wasser des Schlüsselstollens bewirkt, dass trotz des etwa 300 – 500-fach geringeren Abflusses im Vergleich zur Saale, bis zu 15 Prozent der Natriumchlorid-Fracht der Saale (bei Groß Rosenberg) und bis knapp unterhalb von 10 Prozent der Natriumchlorid-Fracht der Elbe (bei Magdeburg) aus dem Salzeintrag des Schlüsselstollens resultieren.

Auch für die Arsen- und Metallfrachten stellt der Schlüsselstollen die dominierende Schadstoffquelle im Abfluss der Mansfelder Mulde dar. So werden etwa 87 Prozent des Arsengehalts und 99 Prozent des Zinkgehalts über den Schlüsselstollen in die Vorflut abgeführt.

Aufgrund der natürlichen, oberflächennahen Lagerung von Erzen und Salzlagerstätten und der Jahrhunderte langen Bergbautätigkeit im Mansfelder Land ist die vorhandene Gewässerbelastung als geogene Hintergrundbelastung mit anthropogener Überprägung zu definieren. Diese großräumige Belastung wird durch den gefluteten Bergbau mit kontrollierter Ableitung über den Schlüsselstollen auf die Schlenze konzentriert.

Die Quelle der Beeinträchtigung des Gewässers Schlenze ist eindeutig geogenen (geologischen) Ursprungs, welche als Folge von historischer menschlicher Tätigkeit verstärkt und auf die Schlenze konzentriert wird, wodurch allerdings Umweltbelastungen an anderen Stellen verringert werden. Dabei ist der Einfluss der Schadstofffrachten des Schlüsselstollensystems auf die Wasserqualität der Schlenze differenziert zu betrachten. In gelöster Form bringen die Schwermetalle Zink, Blei, Kupfer, Cadmium und Nickel signifikante Frachtanteile, wogegen Arsen und Chrom hier völlig unspezifisch bleiben und Quecksilber im Bereich beziehungsweise unterhalb der Bestimmungsgrenzen detektiert wird. Im Schwebstoff bringt nur Blei signifikante Frachtanteile. Zink und Kupfer bringen Schwebstofffrachten von weniger als 1000 Gramm pro Tag, Arsen, Nickel und Chrom im Bereich von 10 Gramm pro Tag und Cadmium kleiner als 1 Gramm pro Tag. Quecksilber bleibt im Bereich der Bestimmungsgrenze.

Die mittleren Metallfrachten des Schlüsselstollens wurden aus langjährigen Messungen berechnet. Da die mittleren Gehalte der Metalle und Salze um einen konstanten Mittelwert schwanken lässt sich eine direkte Abhängigkeit zwischen Abfluss und Frachtaustrag herstellen. In besonders abflussreichen Jahren (2010, 2011) werden Metallfrachten von bis zu 160 Tonnen pro Jahr (davon ca. 150 Tonnen pro Jahr Zn, 3 Tonnen pro Jahr Pb, 2,5 Tonnen pro Jahr Cu; alle übrigen Metalle zusammen ca. 2 Tonnen pro Jahr) und Salzfrachten von bis zu 600 Tonnen pro Jahr emittiert.

Das Schadstoffregime steht in direkten Zusammenhang mit:

- der Quelle der geogenen Mineralisation: Schwermetalle liegen im Kupferschiefer im Wesentlichen sulfidisch vor,
- dem eher geringen (konvektiven) Austausch mit dem tieferen Grubengebäude: der überwiegende Teil der Schwermetalle und des Arsens (Hauptschadstoffpotenzial)

wurde bereits durch die Flutung des Grubengebäudes mit salzhaltigen Grubenwässern höherer Dichte immobilisiert,

- der eher hohen Mobilisierbarkeit der Schadstoffe vor allem aus dem oberen (durchströmten) Bereich des Grubengebäudes mit anschließendem Transport über bergmännische Wasserlösungssysteme:
  - Mobilisierung vermutlich durch Sauerstoffeintrag über die Grubenbewetterung, dadurch Sulfatbildung verbunden mit einer vergleichsweise sehr hohen Sulfatfracht,
  - Verstärkung der Mobilisierung durch die Natriumchlorid-Fracht: Bildung hochmobiler, gut löslicher Metall-Chloride.
  - Nur sehr begrenzte bis keine Mobilisierung in den stagnierenden Anstauwässern, da hier offenbar der Sauerstoff bereits aufgezehrt ist (Ohne Sauerstoff-verfügbarkeit sind sulfidische Schwermetalle in aquatischen System nicht bzw. kaum mobilisierbar).

Hieraus ergibt sich, dass mit der in den letzten Jahrzehnten erfolgten Flutung eine weitgehende Immobilisierung und ein quasistabiler Zustand (mit naturgegebenen Schwankungen) erreicht wurde. Dabei werden mit dem Schlüsselstollensystem dauerhaft geogene Schwermetalle aus der ungesättigten Bodenzone ausgetragen, welche durch die Sauerstoffzufuhr über die anthropogene Bewetterung und die natürliche Grundwasserneubildung mobilisiert werden. Die Unterbindung der Bewetterung der noch zu Kontrollzwecken offen gehaltenen Restgrubenräume (welches bergrechtlich zu genehmigen wäre) würde eine Verringerung der Mobilisierung von sulfidisch gebundenen Schwermetallen bewirken können, wobei davon aus zu gehen ist, dass sich ein neuer stabiler Zustand in der Stollenwassergüte erst nach längeren Zeiträumen (vermutlich mehreren Jahrzehnten) einstellen wird. Die Salzfracht wird durch eine solche Maßnahme nicht beeinflusst. Somit ist durch Unterbindung der Bewetterung zwar eine Teilverbesserung hinsichtlich Metallfrachten aber kein Erreichen der UQN zu erwarten.

## **B Prüfung anderer Maßnahmen**

Eine Prüfung hat ergeben, dass nach aktuellem Kenntnisstand auch mit erheblichen technischen und finanziellen Mitteln weder kurzfristig noch mittelfristig ein guter chemischer Zustand für die Schlenze ab Einmündung Schlüsselstollen bis zur Schlenzemündung in die Saale erreicht werden kann.

Die Ursache hierfür wird durch die äußerst schwierige Randbedingung gesetzt, bei der auf Dauer durch natürliche Gleichgewichtsprozesse bei der vorhandenen anthropogenen Überprägung geogene Schadstoffe ausgewaschen werden, deren passive oder aktive

Beseitigung eine „ewige Maßnahme“ mit unerwünschten Nebenwirkungen (Energiebedarf, Abfallentstehung) und Kosten impliziert.

Eine beschränkte Möglichkeit, die UQN der Schlenze in dem betroffenen Gewässerabschnitt kurzfristig einzuhalten und die Salzgehalten deutlich zu reduzieren, wäre die direkte Anbindung des Schlüsselstollens mittels einer Rohrleitung an die Saale.

Dabei müssten die damit verbundenen Nachteile durch den Eingriff in den naturräumlichen Bestand in Kauf genommen werden, wobei jedoch keine Verbesserung für die Saale und Unterlieger zu erwarten ist. Die durchgeführte detaillierte Prüfung von Maßnahmen zur Zielerreichung basiert auf dem vorher beschriebenen Schadstoffregime im System Grubengebäude – Schlüsselstollen. Aufbauend darauf wurden Eingriffsebenen definiert und die jeweiligen möglichen Maßnahmen abgeleitet. Diese Vorgehensweise lässt sich wie folgt darstellen:

Es existieren grundsätzlich drei Eingriffsebenen, an denen Maßnahmen eingeleitet werden können, die in einem ersten Schritt zu bewerten sind:

Ebene 1: Maßnahmen, die unmittelbar auf die Quelle wirken

(hier: Freisetzung von Schadstoffen aus Lagerstätte in der Mansfelder Mulde, „up-stream/source“):

Ebene 2: Maßnahmen, die innerhalb der unterirdischen Pfade wirken

(hier: Grubengebäude und Hydrogeologie der Mansfelder Mulde, „in-stream“):

Ebene 3: Maßnahmen, die außerhalb des Stollensystems wirken

(hier: nach Austritt aus dem Schlüsselstollen „down-stream/end-of-pipe“, das heißt Behandeln oder Ableiten nach Ausströmen nach Übertage):

Die verschiedenen Eingriffsansätze wurden für die jeweiligen Maßnahmen nach Hauptkriterien beurteilt [PLEJADES, 2013]:

- technische Machbarkeit,
- erforderliche Aufwand,
- Genehmigungsfähigkeit,
- Zeitschiene für eine Umsetzung,
- Erreichbarkeit des Ziels und die
- Verhältnismäßigkeit

Zur besseren Einschätzung der Zielerreichung beziehungsweise Ergebnisbewertung und letztlich auch der Genehmigungsfähigkeit wurden außerdem folgende Zusatzkriterien berücksichtigt:

- Beeinträchtigung des Landschaftsbildes,
- Beeinträchtigung der Lebensraumqualität,
- Gefahr einer Remobilisierung von Schadstoffen,
- Notwendigkeit und Möglichkeiten einer Entsorgung,
- Verbesserung des Wohls der Allgemeinheit,
- Einschätzung der Nachhaltigkeit.

Für die bessere Einschätzung der Verhältnismäßigkeit wurden die Kosten differenziert nach Investitionskosten und Betriebskosten (die gegebenenfalls auf Dauer fortlaufend anfallen) betrachtet.

Bei der Bewertung der Wirkung wurde neben der tatsächlichen Schadstofffrachtreduktion vor allem der Grad der eigentlichen Zielerfüllung in Bezug gesetzt: In wie weit wird durch die Maßnahmen die UQN erreicht beziehungsweise unterschritten.

Für die Bewertung der Verhältnismäßigkeit wurde der Grad der Zielerreichung ins Verhältnis zu den Kosten gesetzt. Dies bedeutet, dass damit die Effizienz der verschiedenen Maßnahmen im Sinne von erreichter Verbesserung bezogen auf eingesetztem Aufwand ermittelt und verglichen werden kann. Es zeigte sich, dass die meisten Maßnahmen entweder nicht durchführbar oder unverhältnismäßig sind, verbunden mit hohen Risiken und erheblichen negativen Umweltauswirkungen. Auch die ex-situ-Wasseraufbereitungsmaßnahmen sind trotz einer lokal effektiven Schadstofffrachtentfernung hinsichtlich Verhältnismäßigkeit und wegen der mit ihr verbundenen dauerhaften negativen Umweltauswirkungen als nicht zielführend einzustufen. Andererseits konnte bestätigt werden, dass eine Verbesserung des aktuellen Zustandes mit der Restverwahrung der noch offengehaltenen und bewetterten Grubenräume durchaus verhältnismäßig ist und daher aus Gründen der Wasserbewirtschaftung sinnvoll wäre. Hieraus folgen die in den nachfolgenden Abschnitten C und D empfohlenen Entscheidungen.

## **C Vermeidung einer weiteren Verschlechterung**

Im Ergebnis dieser gestuften Vorgehensweise mit kombinierten Maßnahmen im Bereich des Schlüsselstollensystems werden folgende Maßnahmen zur Vermeidung einer weiteren Verschlechterung des Gewässerzustandes für eine weiterführende Betrachtung empfohlen: Beibehaltung des Status quo, das heißt Aufrechterhaltung des Systems Schlüsselstollen, damit auch weiterhin eine gezielte und kontrollierte Entwässerung der Mansfelder Mulde erfolgen kann.

Begründung:

Eine Aufgabe des Schlüsselstollensystems hätte schwerwiegende negative Folgen sowohl für die Sicherheit von Gebäuden und Verkehrswegen (Subrosion, Erdfälle) als auch für die Wasserqualität (Versalzung, Schwermetalle) anderer Gewässer im Entwässerungsbereich der Mansfelder Mulde. Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen zur Abreinigung der gelösten Schwermetalle und Salze ist unverhältnismäßig.

## **D Erreichung des bestmöglichen Zustandes**

Unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Gewässereigenschaften, die infolge der Art der historischen menschlichen Tätigkeiten nicht zu vermeiden sind, wird der bestmögliche ökologische und chemische Zustand erreicht.

Folgende Maßnahmen können zur Erreichung des bestmöglichen Zustandes durchgeführt werden:

- Reduktion der Sauerstoffzufuhr (Einstellung der aktiven Bewetterung und Verwahrung der verbleibenden Schächte und der Tagesöffnung im rückwärtigen Bereich) und der Schwermetallfrachten im Rahmen der Bergbauverwahrung
- Umsetzung/Weiterführung der Reduktion des sedimentgebundenen Transportes durch Errichtung einer Sedimentfalle am Stollenmundloch
- Aktive Aufrechterhaltung der hydraulischen Entlastung der Mansfelder Mulde durch den Schlüsselstollen (Unterhaltung, Wartung)

Folgende Maßnahmen werden nicht durchgeführt, da die Überprüfung ergeben hat, dass sie nicht geeignet und/oder unverhältnismäßig sind:

- Einschluss der Schadstoffe an der Quelle
- Errichtung von Anlagen zur In-situ oder Ex-situ Wasserreinigung
- Verschluss des Schlüsselstollens
- Bau einer Rohrleitung direkt vom Schlüsselstollen zur Saale



## E Festlegung der weniger strengen Bewirtschaftungsziele

Es wird ein weniger strenges Bewirtschaftungsziel für den guten chemischen Zustand der Schlenze festgelegt.

		Umweltqualitätsnormen (UQN) gemäß OGWV	Weniger strenge Bewirtschaftungsziele Schlenze	
Blei und Bleiverbindungen	Jahresdurchschnitt (JD)	7,2 µg/L bzw. 1,2 µg/L <sup>1)</sup>	480 µg/L bzw. 400)	(UQN x 67) (UQN x
	Höchstwert (ZHK)	14 µg/L <sup>1)</sup>	630 µg/L	(UQN x 45)
Cadmium und Cadmiumverbindungen (bezogen auf WHK 5)	Jahresdurchschnitt (JD)	0,025 µg/L	50 µg/L	(UQN x 200)
	Höchstwert (ZHK)	1,5 µg/L <sup>1)</sup>	60 µg/L	(UQN x 40)
Nickel und Nickelverbindungen	Jahresdurchschnitt (JD)	20 µg/L bzw. 4 µg/L <sup>1)</sup>	60 µg/L bzw.	(UQN x 3) (UQN x 15)
	Höchstwert (ZHK)	34 µg/L <sup>1)</sup>	68 µg/L	(UQN x 2)

<sup>1)</sup> Zur Einführung vorgesehen gemäß [EU, 2013]

Tabelle 1: Weniger strenge Bewirtschaftungsziele für die Schlenze

Dieser Zustand stellt den bestmöglichen Zustand dar, der in diesem Wasserkörper erreicht werden kann, wenn alle Maßnahmen getroffen wurden, die nach heutigem Kenntnisstand technisch durchführbar und verhältnismäßig sind.

Der Zustand der Schlenze hat eine Auswirkung auf die Saale und Unterlieger, so dass im Gesamtzusammenhang mit Vorbelastungen bzw. anderen Schadstoffquellen die Einhaltung der UQN insbesondere für Zn und Cd gefährdet sein kann, wobei nicht alle Fragen hinsichtlich der Dynamik der Inhaltsstoffe der Saale nach Zufluss im Rahmen der Untersuchungen zum Schlüsselstollen geklärt werden konnten.

Eine Überprüfung erfolgt im Rahmen der Aktualisierung der Bewirtschaftungspläne.

## **F      **Koordinierung****

Die Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele wurde im Rahmen der Beratungen zur Aufstellung von Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm innerhalb der Flussgebietseinheit Elbe koordiniert.

## Quellen:

- [EU, 2013] Richtlinie 2013/39/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik
- [LAWA, 2012] Handlungsempfehlung für die Ableitung und Begründung weniger strenge Bewirtschaftungsziele, die den Zustand der Wasserkörper betreffen
- [LAWA, 2013] Textbausteine für die Festlegung weniger strenge Bewirtschaftungsziele, die den Zustand der Wasserkörper betreffen (PDB 2.7.11), Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ - LAWA-AO, 10.09.2013
- [LHW, 2014] LHW: Übersichtskarte Ausweisungsprüfung HMWB /WB, Stand: 2014
- [PLEJADES, 2012] 4011 GVV: Frachtreduzierung Schlüsselstollen, Bericht zum Arbeitspaket A: Ermittlung der Auswirkungen des Schlüsselstollens auf den partikel- gebundenen Schadstofftransport in der Saale/Elbe, Magdeburg; Juli 2012, [http://www.laf-Isa.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLU/LAF/WRRL/Fachbericht\\_Frachtreduzierung\\_Schlusselstollen\\_Teil\\_A.pdf](http://www.laf-Isa.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAF/WRRL/Fachbericht_Frachtreduzierung_Schlusselstollen_Teil_A.pdf)
- [PLEJADES, 2013] 4011 GVV: Frachtreduzierung Schlüsselstollen, Bericht zum Arbeitspaket B: Bewertung von technisch realisierbaren und verhältnismäßigen Maßnahmen, Magdeburg; April 2013, [http://www.laf-Isa.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLU/LAF/WRRL/Fachbericht\\_Frachtreduzierung\\_Schlusselstollen\\_Teil\\_B.pdf](http://www.laf-Isa.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAF/WRRL/Fachbericht_Frachtreduzierung_Schlusselstollen_Teil_B.pdf)