

## Übersicht Originaldokumente

### Projekt: Schleuse Obernau

Aus den Originaldokumenten wurden die für das Abbruchverfahren mit Fräsen relevanten Seiten entnommen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Originaldokumente zum Projekt und zeigt auf, welche dieser Dokumente nachfolgend enthalten (e) oder nur teilweise enthalten (te) sind.

<b>Erstellung von Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für den Betonabbruch unter Betrieb im Zuge der Sanierung der Schleuse Obernau</b>			
<b>Dokument</b>	<b>Titel</b>	<b>e</b>	<b>te</b>
Machbarkeitsstudie (Abschlussbericht)	Erstellung von Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für den Betonabbruch unter Betrieb im Zuge der Sanierung der Schleuse Obernau		X

**Erstellung von Planungs- und Entscheidungsgrundlagen  
für den Betonabbruch unter Betrieb im Zuge der Sanierung der  
Schleuse Obernau**

Auftraggeber: Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe

Auftragnehmer: Ingenieurbüro  
Ingenieurberatung und Management im Baubetrieb (IMB)  
Prof. Dr.-Ing. Fritz Gehbauer  
Sonnenstraße 2a  
76185 Karlsruhe

6. Dezember 2002

# INHALTSVERZEICHNIS

Blatt

<b>1</b>	<b>ANLASS UND AUFGABENBESCHREIBUNG</b>	<b>4</b>
1.1	Allgemeines	4
1.2	Grundlagen, Referenzen	5
1.3	Baulicher Iststand	5
1.4	Schutzziele	8
<b>2</b>	<b>BETONBEARBEITUNGSVERFAHREN</b>	<b>9</b>
2.1	Übersicht	9
2.2	Eigene Vorarbeiten	13
2.3	Darstellung der Betonbearbeitungsverfahren	15
2.3.1	Kernlochbohren	15
2.3.2	Wandsägen	18
2.3.3	Seilsägen	21
2.3.4	Fräsen	23
2.3.5	Meißeln	27
2.3.6	Hydraulisches Sprengen	28
2.3.7	Quelldruckmittel	30
2.3.8	Abrasive Wasserstrahl schneiden (Hochdruck – Wasser – Sandstrahl – Verfahren)	32
2.3.9	Sauerstoffkernlanze	34
2.3.10	Pulverbrennen	39
2.3.11	Lichtbogen – Schmelzschnitten	41
2.3.12	Sprengen	43
<b>3</b>	<b>RESÜMEE</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>BESCHREIBUNGEN ZUM TEILABBRUCH DER KAMMERWÄNDE</b>	<b>54</b>
4.1	Teilabbruch mittels Fräsverfahren	54
4.1.1	Vorgeschlagene Herstellungsweise über Wasser	54
4.1.2	Vorgeschlagene Herstellungsweise unter Wasser	64
4.1.3	Erforderliche Gerätschaften	66
4.1.4	Vorbereitung der Baustelle und Baustelleneinrichtung	66
4.1.5	Schutzziele/Sicherheit	70
4.1.6	Materialfluss und Abraumsorgung	70
4.1.7	Zeitlicher Aufwand und Kosten	71
4.2	Teilabbruch mittels Sägeverfahren	86
4.2.1	Vorgeschlagene Herstellungsweise	86
4.2.2	Erforderliche Gerätschaften	90
4.2.3	Geräuschemissionen	90
4.2.4	Vorbereitung der Baustelle und Baustelleneinrichtung	91
4.2.5	Schutzziele/Sicherheit	93

4.2.6	Materialfluss und Abraumentsorgung	93
4.2.7	Zeitlicher Aufwand und Kosten	94
<b>5</b>	<b>AUSWERTUNG DER VERKEHRSTAGEBÜCHER</b>	<b>99</b>
5.1	Jahreszeitliche Schwankungen des Schiffsverkehrs	99
5.2	Tageszeitliche Schwankungen des Schiffsverkehrs	102
5.2.1	Zeitraum der Arbeiten April bis Juni	103
5.2.2	Zeitraum der Arbeiten September bis November	105
5.2.3	Alternativen	108
<b>6</b>	<b>SCHALLSCHUTZ</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>ABRAUMABSAUGUNG</b>	<b>118</b>
7.1	Abraumabsaugung mittels pneumatischer Saugluftförderanlage	118
7.2	Abraumsammlung mittels hydraulischer Sauganlage	122
<b>8</b>	<b>ENTSORGUNG DES BAULICHEN ABRAUMES</b>	<b>125</b>
<b>9</b>	<b>KOSTEN</b>	<b>131</b>
<b>10</b>	<b>ENTSCHEIDUNGSMATRIX</b>	<b>133</b>
<b>11</b>	<b>ABLAUFPLAN</b>	<b>134</b>
<b>12</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>135</b>

# 1 Anlass und Aufgabenbeschreibung

## 1.1 Allgemeines

Zur Durchführung einer Sanierung der Schleuse Obernau ist der Abtrag von Betonstrukturen an den land- und wasserseitigen Kammerwänden erforderlich. Die Herstellung dieses Abtrags muss im Umfeld unterschiedlicher – zum Teil hoher – Schiffsverkehrsdichten durchgeführt werden. Aufgrund dessen sind die Arbeiten unter Betrieb nur teilweise oder eingeschränkt möglich. Es muss daher bei den anstehenden Arbeiten zur Anwendung von industriebewährten Betonbearbeitungsverfahren kommen, die sich von einem verfahrenbaren Geräteträger sicher und effizient einsetzen lassen. Zur Vermeidung von Planungsfehlern und zur Risikominimierung werden zunächst alle bewährten Betonbearbeitungsverfahren in ausreichendem Tiefgang dargestellt und an den Anforderungen und vorgegebenen Schutzziele des Betreibers gemessen (s. Kap. 2 und 3). Diese Betrachtungsweise ermöglicht für die vorliegende Aufgabenstellung eine optimale Auswahl für das oder die einzusetzenden Verfahren und Gerätschaften sowie eine anschließende vertiefende ingenieurtechnische Ausarbeitung.

Explizit sind im Rahmen dieser Konzeptuntersuchung machbare Lösungen zum Betonabtrag der Kammerwände aufzuzeigen. Der Betonabtrag dient dazu, eine Sanierung der Schleuse durchzuführen, ohne den lichten Kammerwandquerschnitt zu verringern. Dazu sollen die Kammerwände im oberen Bereich 10 cm abgetragen werden. Durch die bestehende Kammerwandneigung von 1:20 ergibt sich im unteren Bereich eine Abtragtiefe von 50 cm, da die Wandflächen nach dem Abtrag vertikal verlaufen sollen.

Als Folge des hohen Schiffsverkehrs sind folgende Zeitfenster für die Abbrucharbeiten vorgegeben:

1. Zeitfenster für Schifffahrtssperre täglich von 0:00 bis 4:00 Uhr.
2. Vier einstündige Zeitfenster während des Tages als Zeiten mit Beeinträchtigung des Schiffsverkehrs.

Unter Variante 2 muss sich die Schifffahrt auf erhöhte Wartezeiten bis 60 Minuten infolge Betonabtragsarbeiten einstellen. Um diese Phase zu optimieren, wurden die Verkehrstagebücher der Schleuse Obernau ausgewertet, um somit die Beeinträchtigung des Schiffsverkehrs zu minimieren.

Aufgrund der nahen Wohnbebauung sind diese einstündigen Zeitfenster möglichst tagsüber zu wählen, so dass die Lärmbelastung in den Abend- und Nachtstunden gering gehalten wird.

Ebenso soll bei der Wahl der Rückbauverfahren auf weitestgehend geräuscharme Verfahren zurückgegriffen werden. Ist dies nicht möglich, sind Abschirmmaßnahmen zu treffen, um die gesetzlichen Bestimmungen der Lärmbelastung einhalten zu können.

## 1.2 Grundlagen, Referenzen

Die nachfolgend aufgeführten Unterlagen sind zur Ausarbeitung einer Machbarkeitsstudie zum Betonabtrag der Kammerwände der Schleuse Obernau erstellt und übergeben worden:

- Teilgutachten über Materialeigenschaften und Homogenität einzelner Bauteile sowie über die Durchströmung der mainseitigen Kammermauer vom 13.10.1999  
BAW – Nr. 97 136435 / S
- Abschlussgutachten über die Schleuse Obernau vom 23.04.2001  
BAW – Nr. 97 136435 / S
- Machbarkeitsstudie Betoninstandsetzung unter Betrieb vom 23.07.2001  
BAW – Nr. 97 136435 / M

## 1.3 Baulicher Iststand

Bei den anstehenden Sanierungsarbeiten sind die land- und mainseitige Kammerwand und die Plattformen betroffen, wobei in der Studie auf den Betonabtrag der Kammerwände eingegangen wird. Baulich und betrieblich liegt hierzu folgender Iststand vor:

Die Schleuse wurde im Jahre 1929 gebaut und 1930 in Betrieb genommen. Es handelt sich um eine Einkammerschleuse mit seitlichen Schwergewichtsmauern, die aus Beton hergestellt wurden. Diese haben schleusenseitig eine Neigung von 1:20. Die Kammersohle (+ 105,50 m ü. NN) ist durchlässig und mit Betonriegeln zur gegenseitigen Abstützung der Kammermauern gegen Gleiten gesichert. Die landseitige Kammerwand ist mit Boden / Auffüllung hinterfüllt, in dem sich das Grundwasser auf einer Höhe von 111,00 m ü. NN anstaut. Die Wassertiefe in der Schleusenkammer beträgt mindestens 3,0 m (108,50 m ü NN).

Für eine Schleusenfüllung bzw. –entleerung wird eine Wassermenge von bis zu 14.400 m<sup>3</sup> gebraucht. Dabei steigt die Füll- bzw. Entleerungswassermenge langsam bis auf  $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$  an, um dann mit der Ausspiegelung des Wasserstandes innerhalb und außerhalb der Schleuse auf gleichem Niveau wieder auf einen Durchfluss  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$  abzusinken. Die beim Schleusvorgang

benötigte Füll- bzw. Entleerungszeit beträgt etwa 12 Minuten. Dies entspricht einer Steig- bzw. Sinkgeschwindigkeit des Wassers von ca. 0,33 m/min.

Die Kammerwände sind sowohl mit Steigleitern als auch mit Nischenpollern zum Festmachen der Schiffe ausgerüstet.

Die Schleusenammer muss ein höchstmögliches Maß an Wasserundurchlässigkeit aufweisen. Ein großer Teil der aktuellen Schäden ist auf die mangelnde Dichtigkeit der Schleuse zurückzuführen. Sickerungen an undichten Stellen können neben dem Verlauf von Schleusungswasser den Baugrund ungünstig verändern und die Standfestigkeit des Bauwerks gefährden. Schäden treten in erster Linie an den Fugendichtungen zwischen den Tiefbaublöcken auf. Zurückzuführen sind diese Schäden auf Planungs-, Material- und/oder Ausführungsmängel sowie auf unerwartet hohe Relativverschiebungen der Blöcke.

Die Kammerwände bestehen gemäß Planunterlagen aus einem 7 cm starken Vorsatzbeton und dem dahinterliegenden eigentlichen Kernbeton.<sup>1</sup> Anhand der Untersuchungsergebnisse von Prof. Müller der Universität Karlsruhe<sup>2</sup> ließ sich der Vorsatzbeton nur bei einem Teil der aus den Randzonen entnommenen Bohrkernen verifizieren. Es ist somit fraglich, ob bei der Erbauung der Schleuse Obernau das Konzept der „höherwertigen Vorsatzschicht“ konsequent umgesetzt wurde und in allen Bereichen der Schleuse der „Kernbeton“ bis an die Kammerwandoberfläche reicht bzw. der „Vorsatzbeton“ sich über größere Bereiche des Kammerwandquerschnitts erstreckt. Aufgrund dieser Untersuchungen ist davon auszugehen, dass die Schichtdicke der Vorsatzschicht starken Schwankungen unterworfen ist. Aus den Bohrkernaufschlüssen ergeben sich Dicken der „Vorsatzschicht“ von 0 bis 600 mm.

Eine Gegenüberstellung der Materialkennwerte von Probekörpern aus den oben genannten Gutachten ergab eine durchschnittliche Druckfestigkeit der Probekörper aus dem Randbereich von 36,9 N/mm<sup>2</sup>. Die durchschnittliche Druckfestigkeit der Probekörper aus dem Kernbereich liegt bei 25,0 N/mm<sup>2</sup>.

Eine erste visuelle Begutachtung des Zustands der Schleusenammerwand zeigt neben Durchsickerungen auch Betonabtrag in den wasserbenetzten Flächen, sowie Ausbrüche von Beton aus der Oberfläche der Kammerwände, die lokal auftreten. Hierbei sind insbesondere Schäden an den Randbereichen der vertikalen Fugen zwischen den einzelnen Blöcken der Kammerwände festzustellen. Vor allem an der mainseitigen Kammerwand treten diese Schäden aber auch in annähernd horizontal verlaufenden, häufig bis zu 5 m, teilweise auch bis zu 10 m langen und überwiegend ca. 0,2 bis 0,5 m breiten Bändern auf.

<sup>1</sup> Teilgutachten über Materialeigenschaften und Homogenität einzelner Bauteile sowie über die Durchströmung der mainseitigen Kammermauer vom 13.10.1999 BAW – Nr. 97 136435 / S

<sup>2</sup> Abschlussgutachten Schleuse Obernau vom 23.04.2001 BAW – Nr. 97 136435 / S

Der Beton innerhalb der Ausbruchstellen ist häufig bröselig, während in ungeschädigten Bereichen unmittelbar neben diesen Schadstellen eine relativ harte Oberfläche der Kammerwand vorliegt. Die Gesamtbeschädigung an der Kammerwand beträgt ca. 14%. In diesen Bereichen muss von einem erhöhten Wasserdurchtritt ausgegangen werden. Demzufolge ist ein Auslaugen des Bindemittels nicht auszuschließen. Die Durchsickerung an den gerissenen Arbeitsfugen der Kammerwand führt zu Aussinterungen, die teilweise von Moosen, Muschelbesatz, Gräsern und Wildkräutern bewachsen sind. Durch diesen Bewuchs und die Durchsickerung sind die Betonoberflächen ständig durchfeuchtet und unterliegen somit einem verstärkten Witterungsangriff mit der daraus resultierenden Gefügauflockerung. Alle genannten Unregelmäßigkeiten treten nur lokal begrenzt auf. Große Bereiche der Kammerwandoberflächen sind frei von Unregelmäßigkeiten und Schäden und zeigen lediglich kleinere, aus der Nutzung und den klimatischen Einwirkungen zu erwartende und nicht ungewöhnliche Verschleißerscheinungen bzw. Veränderungen. Größere negative Einflüsse auf die Entwicklung der Dauerhaftigkeit der Kammerwandoberflächen gehen von den tiefergreifenden Erosionen der Randzonen der Felder aus.

Als Kantenschutz für die Kammerwand sowie als Abschluss der Schleusenplattform dienen Granitblöcke mit Abmessungen von 1,5 m Länge und 0,8 m Breite. Die Granitblöcke grenzen an jeweils 2 Waschbetonplatten mit einer Fläche von 6,0 x 3,5 m. In einem Bereich um das Schleusenbedienungshaus wurde im Zuge einer Modernisierung die Plattform erneuert. In diesem Bereich befinden sich Pflastersteine.

Die mainseitige Plattformoberfläche ist 4,0 m breit und beidseitig mit Granitblöcken eingefasst. In einem versenkten, mit Blechen abgedeckten Schacht verlaufen die Steuerkabel für die Schleusentore. Im Abstand von 30 m sind Plattformpoller angebracht, dazwischen ragen die Beleuchtungseinrichtungen ca. 6 m heraus.



## 1.4 Schutzziele

Die Planung und Herstellung des Betonabtrags an den Kammerwänden ist eingebettet in die Gesamtmaßnahmen der Gesamtsanierung der Schleuse Obernau und deren Schutzziele. Nach Vorgabe der BAW sind folgende Schutzziele einzuhalten:

- ⇒ Geringe Störung der Schifffahrt  
Durch die Auswertung der Verkehrstagebücher im Zeitraum vom 18.01.2001 bis 10.03.2002 lassen sich Erkenntnisse daraus ableiten, zu welchen Jahres- und Tageszeiten eine Beeinträchtigung des Schiffsverkehrs am geringsten ist.
- ⇒ Geringe Lärmbelästigung der Anwohner  
Durch die nahe Ortsbebauung der Schleuse Obernau sind besondere Schutzmaßnahmen hinsichtlich der Geräuschemissionen zu treffen. Diese finden bauseitig und/oder verfahrensseitig Berücksichtigung.
- ⇒ Einhaltung der Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes
- ⇒ Schutz der Kammerwandsohle vor herabfallendem Abbruchmaterial und damit resultierender Einschränkung des Lichtraumprofils  
Die Rückbauarbeiten müssen so konzipiert sein, dass das Risiko einer unplanmäßigen Beeinträchtigung der Schifffahrt außerhalb der vorgegebenen Zeitfenster auf ein Minimum reduziert wird. Hierzu wird ein QM – System entwickelt.

## 2 Betonbearbeitungsverfahren

### 2.1 Übersicht

Zur Herstellung der geforderten Abtragtiefe der Kammerwände der Schleuse Obernau kommen verschiedene Verfahren infrage, die nachfolgend beschrieben werden. Die Verfahren unterscheiden sich in ihren Arbeitsweisen (trocken, nass, thermisch oder chemisch). Hinsichtlich der möglichen Anwendung für die Sanierung der Schleuse Obernau lassen sich naturgemäß nicht alle Verfahren verwenden. Einen Überblick über die betrachteten Verfahren soll die folgende Tabelle geben:

Verfahren	Hauptanwendungsgebiete	Bemerkung/ Merkmale
<b>Kernlochbohren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei Neu- und Umbauten zum Bohren von Aussparungslöchern in Decken und Wänden</li> <li>• Für nachträglichen Leitungseinbau</li> <li>• Anstelle aufwendiger Aussparungsschalungen</li> <li>• Beim Sägeverfahren, bei dem an den Ecken nicht überschritten werden darf</li> </ul>	Nasses Verfahren, beim Betonabtrag im Zuge der Sanierung der Schleuse Obernau nur als Hilfsverfahren geeignet.
<b>Wandsägen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Erstellung von Wand- und Deckenöffnungen</li> <li>• Als Vorbereitungsmaßnahme zur Bildung einer Abbruchzone in Verbindung mit anderen Abbruchmethoden</li> </ul>	Nasses Verfahren, es entstehen maßgerechte Schnitte mit glatten Kanten. Überschneidungen müssen ggf. toleriert werden.
<b>Seilsägen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Trennen von Stahlbeton, Mauerwerk und Natursteinen</li> <li>• Kann überall eingesetzt werden, wo große Betonkörper zersägt werden müssen</li> </ul>	Nasses Verfahren, für die Seildurchführung im Beton müssen Kernlochbohrungen gesetzt werden.

<b>Verfahren</b>	<b>Hauptanwendungsgebiete</b>	<b>Bemerkung/ Merkmale</b>
<b>Fräsen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz vor allem im Tunnel-, Kanal- und Straßenbau. Die Fräsen werden auch beim Abbruch und Sanieren von kontaminierten Betonflächen verwendet.</li> </ul>	Trockenes Verfahren, es entstehen als Abraumaterialien gleichmäßiges Haufwerk mit einer Kantenlänge bis zu 70 mm.
<b>Meißeln</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Rückbau von Stahlbetonkonstruktionen aller Art</li> </ul>	Trockenes Verfahren, ohne definierte Größe des Abraumaterials.
<b>Hydraulisches Sprengen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum kontrollierten Zerlegen schwerer Betonteile</li> <li>• Häufig in Kombination mit Abbruchhämmern bzw. als Alternative dazu</li> </ul>	Trockenes Verfahren, zur Einführung des Spaltgerätes sind Bohrlöcher erforderlich.
<b>Quelldruckmittel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Spalten schwerer Betonteile</li> <li>• Zur Herstellung von Schlitzern in Betonflächen, von Durchbrüchen in Beton und Mauerwerk und zum Kürzen von Betonpfählen</li> <li>• Abbrechen von Wänden, Mauern und Stützen</li> </ul>	Chemisches Verfahren, Expansivmittel muss in zuvor hergestellte Bohrlöcher gefüllt werden. Rissbildung erfolgt in einem nicht genau vorhersehbaren Zeitpunkt.
<b>Abrasive Wasserstrahlschneiden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Schneiden von dünnen (bis 50 cm) Betonteilen</li> <li>• Bei kleineren Umbau- und Abbrucharbeiten</li> </ul>	Nasses Verfahren. Nicht definierte, variable Schnitttiefe bei Stahlbetonbauteilen

<b>Verfahren</b>	<b>Hauptanwendungsgebiete</b>	<b>Bemerkung/ Merkmale</b>
<b>Sauerstoffkern- lanze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Herstellen von Bohrlöchern bis 1,2 m Länge in Bauwerksteilen aus Stahl, Beton, Stahlbeton und Naturstein</li> </ul>	Thermisches Verfahren. Zur Herstellung von Trennschlitzten ist ein Loch-an-Loch-bohren mit anschließendem Trennen der Materialbrücken erforderlich.
<b>Pulverbrennen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Herstellen von Durchbrüchen und Trennschlitzten bis 0,6 m Länge in Bauwerksteilen aus Stahl, Beton, Stahlbeton und Spannbeton</li> </ul>	Thermisches Verfahren. Bei größeren Dicken ist mit einem erheblichen Materialaufwand und infolge dessen mit höheren Kosten zu rechnen.
<b>Lichtbogen – Schmelzschnneiden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Trennen von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton bis 1,0 m Dicke</li> </ul>	Thermisches Trennverfahren. Stahlbewehrungen haben keine Auswirkungen auf die Anwendbarkeit des Verfahrens.
<b>Sprengen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Durchbruchserstellung</li> <li>• Für Totalabbrüche (z.B. Schornsteine, Häuser etc.)</li> <li>• Für Teilabbrüche (Wände, Decken)</li> </ul>	Chemisches Verfahren. Hohe Staub-, Lärm- und Erschütterungsbelastung.

Im Gutachten „Schleuse Obernau – Machbarkeitsstudie Betoninstandsetzung unter Betrieb“ der Fa. BS Betonschutz vom 23.07.2001 wurde explizit auf die Verfahren

- Hochdruckwasserstrahlen
  - maschinelles Fräsen
  - Tauchsägen mit der Wandsäge
  - Seilsägen
  - Tauchsägen mit der Seilsäge
- eingegangen.

Wesentlicher Nachteil des Hochdruckwasserstrahlens ist die Einengung des Lichtraumprofils der Schleuse und hohe Rüstzeiten des Verfahrens, so dass dieses sich nicht wirtschaftlich einsetzen lässt. Ebenso fällt das Abbruchgut in die Schleusenkammer und muss z.B. mit Hilfe eines Baggers herausgenommen werden, was einen weiteren Zeitaufwand während der täglichen eng bemessenen Zeitfenster mit sich bringt. Aus diesen Gründen wird nicht weiter auf dieses Verfahren eingegangen.

Auf die Verfahren maschinelles Fräsen, Tauchsägen mit der Seil- und Wandsäge und Seilsägen wird in gesonderten Kapiteln eingegangen und deren Einsatzmöglichkeiten und Risiken aufgezeigt. Des weiteren werden andere Verfahren zur Abraumförderung, die einen erheblichen Zeitvorteil mit sich bringen und somit die Wirtschaftlichkeit positiv beeinflussen, dargestellt.

Nachteile des Verfahrens sind:

- Hoher Verschleiß an Sägeseil
- Zur Kühlung der Diamantsägesegmente, zur Staubbekämpfung und zur Ausspülung des Sägemehles ist eine große Wassermenge von bis zu 1 m<sup>3</sup>/h erforderlich.
- Herausgesägte Bauteile müssen teilweise abgestützt werden (Rutschgefahr).<sup>5</sup>
- Verringerte Leistung beim Unterwassereinsatz durch Entstehung eines Wasserfilms um das Sägeseil (ähnlich Aquaplaningeffekt).



Abb. 2.13: Seilsäge im Einsatz im AKW Grundremmingen [Quelle: Werkfoto Grundremmingen]<sup>6</sup>

### 2.3.4 Fräsen

Dieses Verfahren wird vor allem im Berg- und Tunnelbau eingesetzt. Als Trägergeräte zum Fräsen werden Hydraulikbagger mit einem Betriebsgewicht von 25 bis 100 Tonnen verwendet. Weitere Anwendungsgebiete (Kanalbau, Strassenbau, Erstellung von Baugruben, Abbruch, Sanieren kontaminierter Betonflächen) zeigen, dass dieses Verfahren universell einsetzbar ist.

Beim Rückbau wird der Beton aus der Wand heraus gefräst. Als Abraummaterial fallen Chips (Haufwerk) mit einer maximalen Kantenlänge von bis zu 70 mm an. Ca. 80 % des Abraummaterials besitzt eine Kantenlänge von 20 mm.

Stahlbetonbewehrung mit höheren Durchmessern (ab 16 mm) kann vom Fräskopf nicht qualifiziert getrennt werden. Dieser legt das Bewehrungseisen lediglich frei, so dass dieses mit

<sup>5</sup> Deutscher Ausschuss für Stahlbeton; Heft 462; "Umweltgerechter Rückbau und Wiederverwertung mineralischer Baustoffe"; Beuth Verlag GmbH, S. 56.

<sup>6</sup> Mit freundlicher Genehmigung der Betreiber des AKW Grundremmingen

anderen Verfahren herausgeschnitten werden kann. Stahlbetonbewehrung mit einem Durchmesser von bis zu 16 mm wird von der Fräse getrennt.

**Technische Referenz - Daten (z.B. Erkat ER 850-3 und Erkat ER 1500-1):**

Fräskopftyp	Erkat ER 850-3	Erkat ER 1500-1
Fräskopfdurchmesser	650 mm	670 mm
Fräskopfbreite	850 mm	1200 (1000) mm
Fräskopfgewicht	ca. 1300 kg	ca. 1850 (1750) kg
Drehmoment	max. 10624 Nm	max. 16000 Nm
Förderleistung des Hydraulikaggregates	150 – 350 l/min für die Fräsköpfe zzgl. Reserve für den Bagger	205 – 347 l/min für die Fräsköpfe zzgl. Reserve für den Bagger
Drehzahl	72 – 96 1/min	65 – 110 1/min.
Anzahl Rundschafftmeißel	44	56 (48)
Empfohlene Baggergewichtsklasse	18 – 28 t	25 – 40 t
Empfohlene Antriebsleistung des Baggers	75 – 100 kW	110 – 170 kW

Die Frästechnik arbeitet grundsätzlich trocken, ein Besprühen ist jedoch – falls anwendbar – von Vorteil. Dies hat zwei Gründe:

- Minimierte Staubbelastung.
- Kühlung der Meißel, da eine Temperaturbelastung von 500°C einen erhöhten Meißelverschleiß zur Folge hat.

Die mittlere Standzeit der Meißel beträgt ca. 1,0 fm<sup>3</sup> Stahlbeton/Meißel. Die Fräse ist erst nach ca. 20.000 m<sup>3</sup> gefrästen Materials auszuwechseln.

Die mittlere Fräsleistung eines 1850 kg Doppelfräskopfes beträgt ~10 m<sup>3</sup>/h in unbewehrtem Beton.

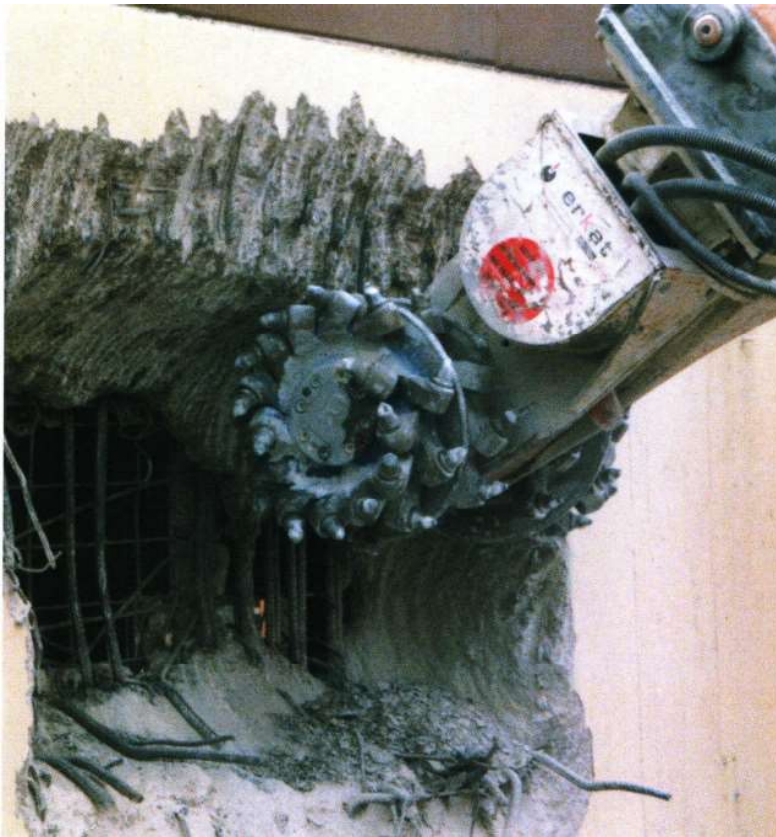


Abb. 2.14: Querschneidkopf beim Abbruch eines stark bewehrten Flugzeugbunkers  
[Quelle: Technische Unterlagen der Firma Erkat Spezialfräsen, S. 8]



Abb. 2.15 und 2.16: Längsschneid – Fräsköpfe

[Quelle: Technische Unterlagen der Firma Erkat Spezialfräsen, S. 19 u. 20]





Abb. 2.17: Querschneidkopf beim Herausfräsen von Teilen eines Bohrpfahls

[Quelle: Bild einer Baustellenbesichtigung in München, TMB]

Der vordere Teil der Fräse, die Kalotte (beispielhaft dargestellt in Abb. 2.15), kann bei Abnutzung der Meißel abgeschraubt werden (Kalotte ist mit fünf Schrauben zu lösen). Die Meißel selbst sind in die Meißelverankerung hineingeschlagen und lassen sich leicht auswechseln.

Vorteile des Verfahrens:

- Effektiver und maßgenauer Abtrag möglich
- Einheitliches Abraummaterial
- Sehr Leistungsfähig
- Fräse Universalschnittstelle (Kraft und Medien) zu Baumaschinen Standard
- Geringer Personalaufwand, da Fräse von Baggerführer aufgenommen und geführt werden kann

Nachteile des Verfahrens

- Mäßige Staubbelastung und hohe Lärmbelastung in Arbeitsnähe
- Abbruchhöhe bzw. -tiefe vom Basisgerät abhängig.
- Bei stark bewehrten Stahlbeton verringerte Abbruchleistung.
- Begrenzte Reichweite
- Standsicherer und befahrbarer Untergrund für Grundgerät erforderlich<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Korth/Lippok: Abbrucharbeiten; Vorbereitung und Durchführung: 2. Auflage: VEB Verlag für Bauwesen, 1987, S. 85

### 3 Resümee

Aufgrund der Vorstellung der verschiedenen Abbruchverfahren und den daraus gezogenen Erkenntnissen sind einige Verfahren nicht für den Abbruch des Betons in den Kammerwänden der Schleuse Obernau geeignet.

Im folgenden wird kurz auf alle im letzten Kapitel beschriebenen Verfahren eingegangen und die Gründe genannt, warum sie bzw. warum sie nicht für den Betonrückbau der Kammerwände der Schleuse Obernau geeignet sind.

#### a) Kernlochbohren

Das Kernlochbohren als alleiniges Verfahren scheidet durch den hohen Aufwand des Bohrens der Kernlöcher aus. Hierfür sind eine Vielzahl von Bohrlöchern erforderlich, die überschnitten in die Kammerwand eingebracht werden müssen. Somit entsteht eine Schnittfläche, die den abzutragende Bereich der Kammerwand vom bestehenden Bereich trennt.

Beim Bohren eines Kernloches können Kerne nur bis zu einer gewissen Tiefe hergestellt werden (ca. 1,5 – 2,0 m), müssen dann gebrochen und mittels Kernfangfedern aus dem Bohrloch entfernt werden. Somit entsteht für das Erstellen eines Kernbohrloches ein ungerechtfertigt hoher Arbeitsaufwand.

Des weiteren bleibt bei der Herstellung der Kernbohrlöcher kammerwandseitig ein Grat stehen, der je nach Sanierungsmethode aufwendig entfernt werden müsste. An der Kammerwandsohle muss der abzutragende Bereich der Kammerwand in horizontaler Richtung getrennt und heraustransportiert werden, wobei dieses Abtrennen mit dem Seilsägeverfahren als Tauchsägeverfahren oder mit hydraulischen Pressen und unter Tauchereinsatz ausgeführt werden kann.

Aus den oben genannten Gründen ist dieses Verfahren als allein zu nutzendes Verfahren aus verfahrenstechnischer Sicht für die anstehenden Aufgaben ungeeignet. Jedoch ist das Kernlochbohrverfahren als ergänzendes Verfahren für andere Verfahren durchaus zweckmäßig und anwendbar.

#### b) Wandsägeverfahren

Das Wandsägeverfahren mit all seinen Variationen (Schrittschnittverfahren, Tauchsägeverfahren) ist aus technischer Sicht ungeeignet, wenn es allein angewendet werden soll. Beim Wandsäge- und Schrittschnittverfahren können lediglich Tiefen von 100 – 120 cm erreicht werden.

Für die horizontalen Schnitte muss das Kammerwandprofil zeitweilig und abschnittsweise kammerwandseitig zur Anbringung von Führungsschienen eingengt werden. Die Einengung beträgt nur einige Zentimeter, doch müssen Schiffskollisionen mit der Führungsschiene vermieden werden, da es sonst zu Bauzeitverzögerungen infolge der möglichen Zerstörung der Schiene kommt.

Bei einer Kombination von verschiedenen Sägeverfahren ist das Wandsägeverfahren durchaus anwendbar. Allerdings muss bedacht werden, dass das Wandsägeverfahren unter Wasser nur bedingt einsetzbar ist. Grund dafür sind hohe Leistungsverluste von bis zu 80 % beim Unterwasserbetrieb des Sägeblattes.

Für die vertikalen Schnitte ist das Tauchsägeverfahren bedingt einsetzbar. Bei Anwendung des Tauchsägeverfahrens ist es erforderlich, die Kammerwand in drei unterschiedliche Höhenabschnitte zu unterteilen und die Kammerwand im Stufenschnitt abzarbeiten. Zu beachten ist allerdings, dass der maximale Sägeblattdurchmesser 100 cm beträgt und zunächst mit geringeren Durchmessern gearbeitet werden muss. Um eine gesamtheitliche Schnittfläche für die gesamte Kammerwand zu gewährleisten, sollte mit einer Überlappung von jeweils 10 cm, also insgesamt 20 cm gearbeitet werden. Ebenfalls ist eine hohe Präzision der zuvor zu erstellenden Bohrlöcher erforderlich, da sonst eine durchgängige Schnittfläche über die gesamte Kammerwandhöhe und -breite nicht gewährleistet werden kann.

#### c) Seilsägeverfahren

Das Seilsägeverfahren ist aus technischer Sicht für die anstehenden Aufgaben geeignet.

Hierbei käme das Tauchsägeverfahren mit der Seilsäge zum Einsatz, da das Diamantseil aus baulichen Gründen nicht um das zu schneidende Material gelegt werden kann. Zunächst müssen Sacklochbohrungen bis in eine Tiefe von ca. 8,3 m hergestellt werden. Grund dafür ist, dass beim anschließenden Sägeverfahren die geforderte Schnitttiefe auch im Parabelstich (Schnittendbogen) gewährleistet werden muss. Anschließend werden zwei Tauchrollen in die dafür vorgesehenen Sacklochbohrungen platziert. Das Seil „taucht“ beim Schneiden in den zu trennenden Beton ein.

Nach der Herstellung der vertikalen Schnitte muss am Kammerwandfuß ein waagerechter Schnitt mittels einer Wand- oder Seilsäge, welche als Tauchsäge einzusetzen ist, hergestellt werden. Alternativ dazu kann auch der Beton mit Hilfe eines hydraulischen Spaltgerätes „aufgerissen“ werden.

Um das „normale“ Seilsägeverfahren realisieren zu können, müsste zunächst am Kammerwandfuß ein horizontaler Schnitt mittels Tauchsäge- oder Wandsägeverfahren hergestellt werden. Anschließend werden die vertikalen Kernbohrlöcher von der

Kammerwandplattform aus hergestellt. Mit Tauchereinsatz ist es dann möglich, das Seil am Kammerwandfuß über die zuvor erstellten vertikalen und horizontalen Kernbohrlöcher einzufädeln. Dieses Verfahren ist allerdings sehr aufwendig und problematisch (Seileinfädelung mit Taucher, Verklemmen des Seils bei der Einfädelung, Arbeitsunterbrechung bei Seilriss, da bei jedem Seilriss ein Taucher dieses Seil erneut auf Sohlenniveau einfädeln müsste).

Eine Detailausarbeitung für die unterschiedlich anzuwendenden Sägeverfahren wird in Kap. 4.2 vorgenommen.

d) Fräsen

Das Fräsverfahren ist in Verbindung mit einem effektiven Absaugverfahren aus technischer Sicht durchführbar.

Dazu müssen mindestens 2 Bagger (abhängig vom geforderten Zeitfenster für die gesamten Rückbauarbeiten) mit einer Gewichtsklasse zwischen 20 und 40 t, je nach geforderter Reichweite des Baggers, eingesetzt werden. Dabei erhält ein Bagger eine Absaugvorrichtung für Arbeiten über Wasser und ein Bagger eine Absaugvorrichtung für Arbeiten unter Wasser. Zusätzlich wird unterhalb der Fräse eine Schutzhaube angebracht, so dass kein Abraum in die Schleusenkammer fallen kann.

Eine Detailausarbeitung für dieses Verfahren wird in Kap. 4.1 vorgenommen.

e) Meißeln

Das Meißeln ist nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten für die anstehenden Aufgaben geeignet.

Der Verfahrensablauf ähnelt dem des Fräsverfahrens. Allerdings fällt beim Meißeln ein undefiniertes Abbruchgut an, so dass bei der Absaugung des Materials Komplikationen nicht auszuschließen sind und Teile des Abbruchgutes in die Schleusenkammer fallen können. Das Meißelverfahren wird aus diesen Gründen als unterstützendes Verfahren in die weitere Betrachtung mit einfließen.

f) Hydraulisches Sprengen

Das hydraulische Sprengen ist aus technischer Sicht als alleiniges Verfahren für die anstehenden Aufgaben aus folgenden Gründen ungeeignet.

Das Spalten des Betons mittels eines Spaltgerätes erfordert einen hohen Arbeitsaufwand für den Bohraufwand (Bohrlochrastrer 30 cm), die Bruchkanten sind nicht klar definiert, die Ungestörtheit der abzutransportierenden Monolithe kann nicht gewährleistet werden. Damit ist nicht auszuschließen, dass die möglicherweise in ihrer Struktur gestörten Monolithe beim

Heraustransportieren aus der Schleusenkammer in dieselbige fällt. Die Folge wäre eine mehrtägige Schleusensperre, um die Monolithe zu zerkleinern und das entstandene Abbruchgut mittels Bagger aus der Schleusenkammer herauszutransportieren.

Allerdings kann dieses Verfahren als Subverfahren angewendet werden. Im Sohlenbereich der Kammer könnte mit diesem Verfahren eine horizontale Bruchfläche in der erforderlichen Tiefe (50 cm) in der Kammerwand erstellt werden. Somit könnten, bei Auswahl eines Sägeverfahrens, umfangreiche Sägeschnitte auf Sohlenniveau vermieden werden.

g) Quelldruckmittel

Quelldruckmittel eignen sich lediglich zur Spaltbildung. Durch die nicht genau zu bestimmende Rissbildung wird die Kammerwand derart gestört, dass ihre Dichtefunktion beeinträchtigt werden kann. Es entstehen in der Kammerwand zerklüftete Betonstrukturen, die es unmöglich machen, Teile der Kammerwand als Monolithe herauszutransportieren. Ebenso ist die zeitliche Rissbildung nicht genau festzustellen, so dass die Zeitfenster der Schifffahrtssperre oder Schifffahrtshemmnisse nicht oder nur schwer einzuhalten sind.

Nach den oben gemachten Angaben ist das Verfahren Quelldruckmittel aus technischer Sicht für die anstehenden Aufgaben ungeeignet.

h) Abrasivwasserstrahlschneiden

Mit dem Abrasivwasserstrahlschneiden lassen sich Schnitte im Beton wirtschaftlich bis zu einer Tiefe von 500 mm realisieren. Damit müsste die Kammerwand in 16 Höhenabschnitte unterteilt und geschnitten werden. Des Weiteren ist das Anbringen der Laufschiene für dieses Verfahren in den unterschiedlichen Höhenniveaus schwierig. Für das Herstellen der Horizontalschnitte müssen Laufschiene ebenfalls in diesen 16 Höhenniveaus angebracht werden, was einen erheblichen Arbeitsaufwand bedeutet. Außerdem ist die Beschädigung dieser Laufschiene bei laufendem Schiffsbetrieb nicht auszuschließen.

Aus diesen Gründen ist vom Abrasivwasserstrahlschneiden abzuraten.

i) Sauerstoffkernlanze

Dieses Verfahren ist durch die geringe Abbruchtiefe und durch die Störung der Betonrandzonen technisch nicht für die anstehenden Aufgaben geeignet.

j) Pulverbrennen

Siehe Sauerstoffkernlanze. Außerdem ist beim Pulverbrennen nur eine Schnitttiefe bis max. 60 cm möglich.

## k) Lichtbogen – Schmelzschnitten

Siehe Sauerstoffkernlanze. Außerdem ist beim Lichtbogen – Schmelzschnitten nur eine Schnitttiefe bis max. 100 cm möglich.

## l) Sprengen

Beim Sprengen wird die abzubauende Schicht der Kammerwand herausgesprengt. Dabei entsteht in hohem Maße Abbruchgut, das in die Schleusenkammer fällt. Des weiteren ist nicht auszuschließen, dass bei unsachgemäßer Ausführung die Kammerwände gestört werden. Aus diesen Gründen ist das Sprengverfahren nicht zu empfehlen.

Abschließend bleibt festzustellen, dass für die Betonabtragsarbeiten im Zuge der Sanierung der Schleuse Obernau zwei übergeordnete Verfahren anwendbar sind:

- Fräsverfahren mit teilweiser Unterstützung des Meißelverfahrens mit gleichzeitiger Absaugung des Abraums oberhalb und unterhalb des Wasserspiegels.
- Kombination der Sägeverfahren mit Unterstützung des hydraulischen Sprengens mit anschließendem Abtransport von Monolithen mit einem Hebezeug.

In den nachfolgenden Kapiteln werden Vorschläge erarbeitet, wie der Betonabtrag der Kammerwand realisiert werden kann. Bei der Wahl der unterschiedlichen Methoden / Verfahren ist vom jeweiligen Anbieter nachzuweisen, dass das System funktioniert. Im Rahmen dieses Gutachtens kann dafür keine Haftung übernommen werden.

## 4 Beschreibungen zum Teilabbruch der Kammerwände

### 4.1 Teilabbruch mittels Fräsverfahren

#### 4.1.1 Vorgeschlagene Herstellungsweise über Wasser

##### 4.1.1.1 Allgemeines

Zum Betonabtrag wird ein Raupenbagger mit einer Gewichtsklasse von ca. 20 t und einer vertikalen Reichweite des Auslegers von  $\geq 4,5$  m (z.B. Liebherr R904 mit Monoblockausleger 5,4m und Stiel 2,2 m) eingesetzt. An diesen Raupenbagger wird als Anbaugerät eine Betonfräse angebaut (z.B. Erkat ER 850-3).

Zusätzlich wird unterhalb der Fräse ein Saugschlauch angebracht. Dieser wird am Baggerausleger hochgeführt. Der Saugschlauch hat die Aufgabe, den abgefrästen Beton unverzüglich abzusaugen, um somit ein Herabfallen des Fräsgutes in die Schleusenkammer zu verhindern. Um den Saugschlauch befindet sich eine metallische Schutzhaube. Diese bewirkt, dass Staub und Abraum nur in einem bestimmten definierten Bereich auftritt. Die Schutzhaube ist im unteren Bereich mit einer Dichtung versehen, so dass ein Herabfallen von Fräsgut weitestgehend ausgeschlossen werden kann.

Beim Betonabtrag in den Schleusenkammern entsteht somit ein Gesamtsystem aus Rückbau/Abbruch (Fräsen), Betontransport (Saugen) und Sicherung (Sammelbehälter). Das Prinzip zeigt Bild 4.1 und 4.2.



Abb. 4.1.: Prinzip einer Fräseinrichtung mit Sammelbehälter und Absaugöffnung.

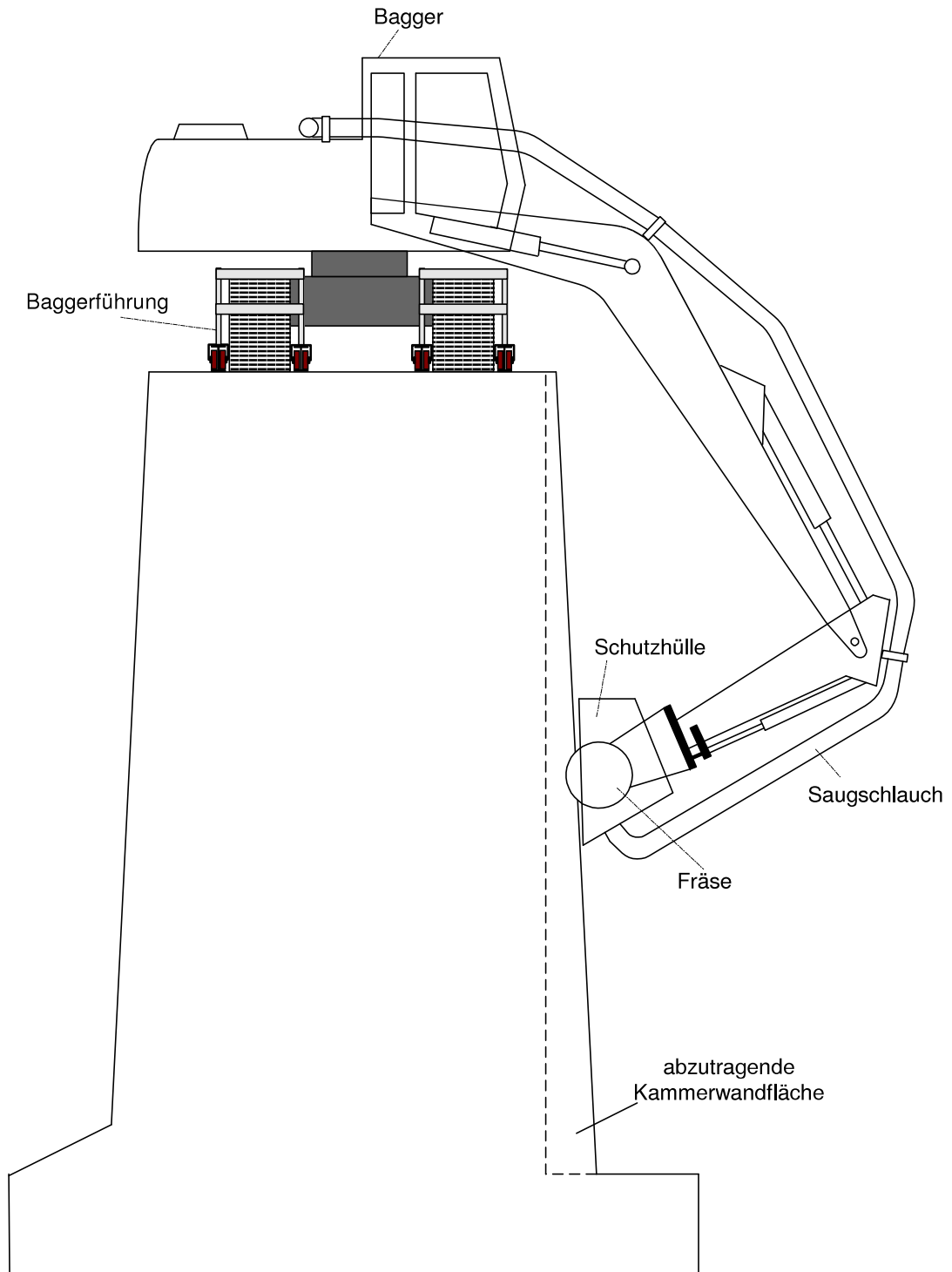


Abb. 4.2. Prinzipbild der Arbeitsweise der Fräsarbeiten



#### 4.1.1.2 Sicherungssysteme des Baggers

Der Raupenbagger bearbeitet die Kammerwand, auf der er steht (Abb. 4.2). Zum Schutz des Baggers vor Kippen oder Abstürzen wird ein Schienen- oder Haltesystem an der Kammerwandplattform angebracht. Mit diesem System wird der Bagger über Rahmen oder Klauen in seiner Lage fixiert. Vorteil des Schienensystems ist es, dass der Bagger in vertikaler und in horizontaler Richtung senkrecht zur Kammer, nicht jedoch parallel zur Kammer gehalten wird. Die Rahmen werden jeweils vorne und hinten am Raupenfahrwerk angebracht bzw. über das Raupenfahrwerk gestülpt und am Fahrwerk fixiert. Sie erhalten zusätzlich noch einen Abstandshalter, so dass bei der Vorwärtsbewegung des Baggers der Rahmen nicht zerstört wird. Die Abbildungen 4.3. bis 4.11. zeigen mehrere Varianten des Haltesystems. Für den Rahmen und den Abstandshalter werden U-Profile verwendet. Das Schienensystem besteht aus z.B. IPE 240 – Träger und wird mit der Kammerwandplattform verschraubt. Als Rollen werden Schwerlastrollen verwendet.

Als Sicherungssysteme werden 3 Varianten vorgeschlagen, die nachfolgend beschrieben werden:

##### **Variante1 (Abb. 4.3 – 4.5):**

Das Haltesystem nach Variante 1 besteht aus 4 Laufschiene aus IPE - Profilen. Diese Schienen dienen als Führungsschienen des Baggers, so dass immer Sicherheitsabstände des Baggers zur Kammer bzw. zum Main eingehalten werden. Des Weiteren besitzt die Variante 1 vier metallische Rahmen als vertikales Haltesystem bei den Fräsarbeiten, da der Bagger bei den Fräsarbeiten zum Kippen neigt. Die vorderen Rahmen sind auf der Außenseite mit den hinteren Rahmen verbunden. Zusätzlich sind die vorderen Rahmen mit dem Baggerunterwagen verbunden. Diese Verbindungen dienen als Abstandshalter zur Baggerkette, so dass die Rahmen bei Vorwärts- oder Rückwärtsbewegungen des Baggers nicht direkt in die Baggerkette eingreifen und somit zerstört werden können.

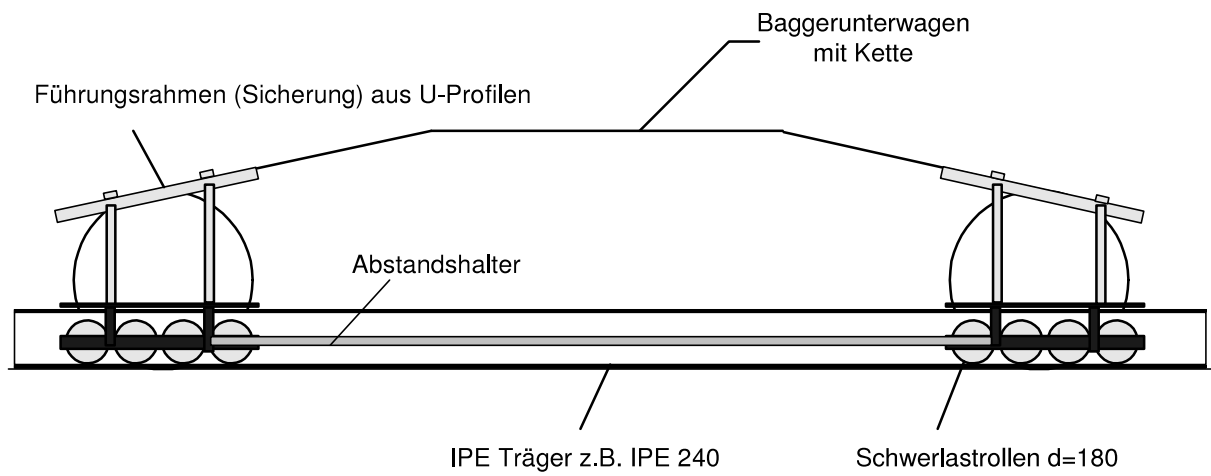


Abb. 4.3. Seitenansicht des Haltesystems Variante 1

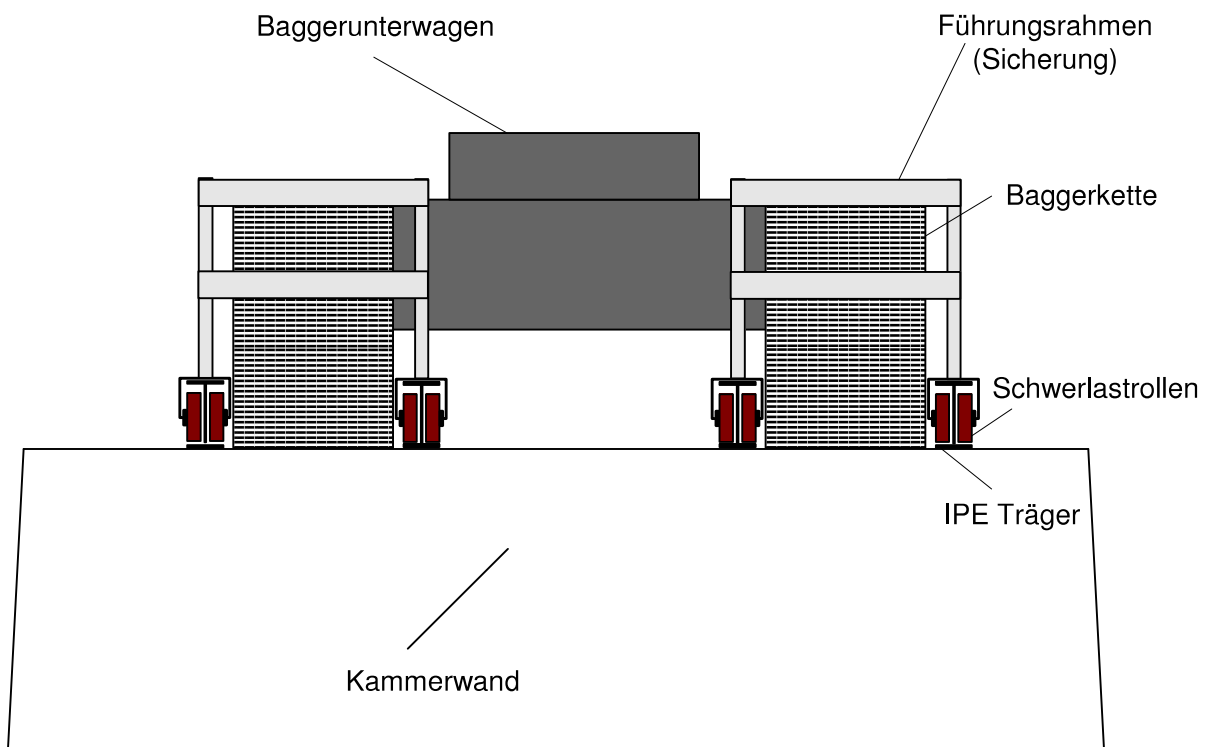


Abb. 4.4. Ansicht Haltesystem Variante 1. Schnitt durch die mainseitige Kammerwand.

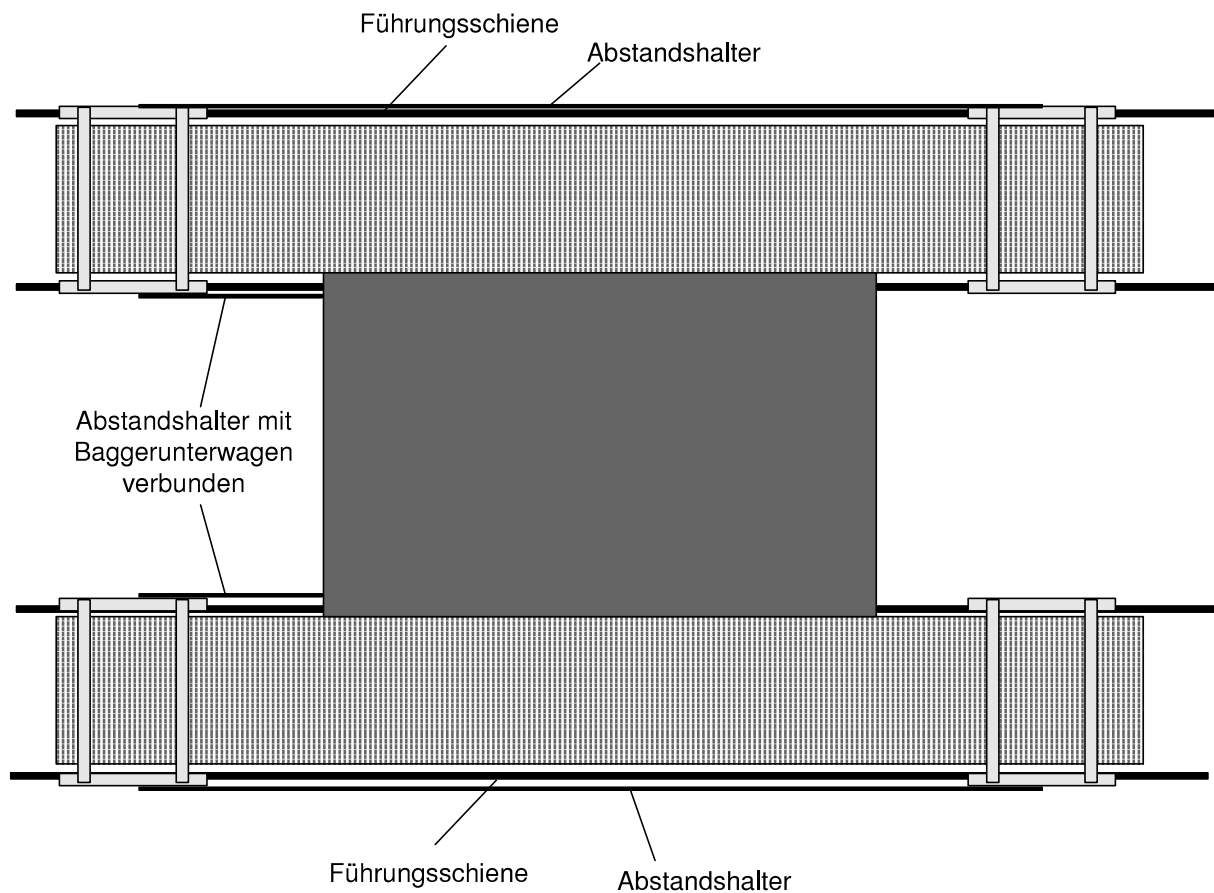


Abb. 4.5. Draufsicht Haltesystem Variante 1.

**Variante 2 (Abb. 4.6 – 4.8):**

Das Sicherungssystem Variante 2 besteht aus 2 Führungsschienen aus IPE - Profilen und 2 Rahmen, die sich über die gesamte Baggerbreite erstrecken. Diese Variante ist der Variante 1 sehr ähnlich. Unterscheidungen liegen lediglich in

- a) den Führungsschienen, die nun nur noch außen liegen, und
- b) dem geänderten Rahmensystem, wobei ein Rahmen beide Baggerketten umschließt.

Variante 2 stellt eine kostengünstigere Variante im Vergleich zur Variante 1 dar.

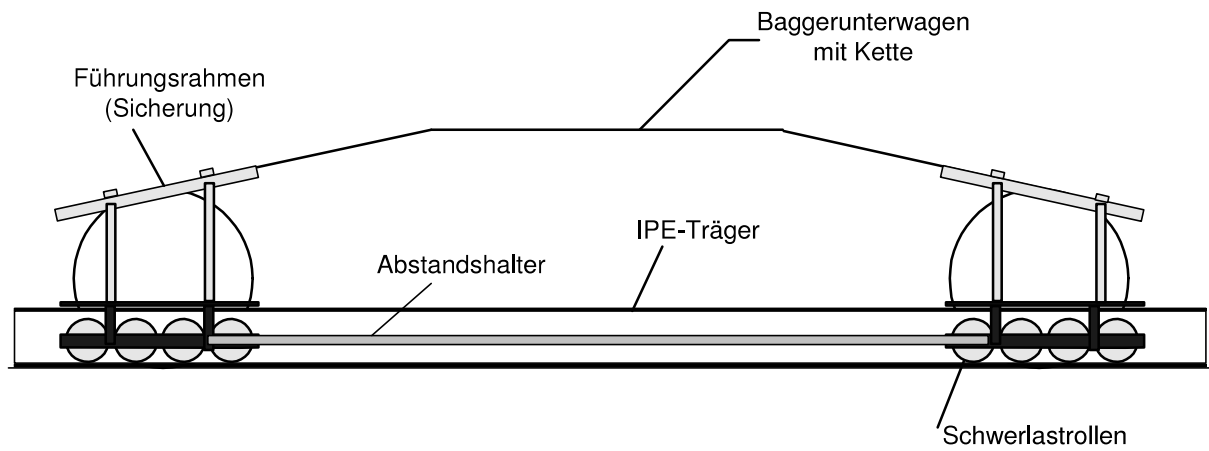


Abb. 4.6. Seitenansicht des Haltesystems Variante 2

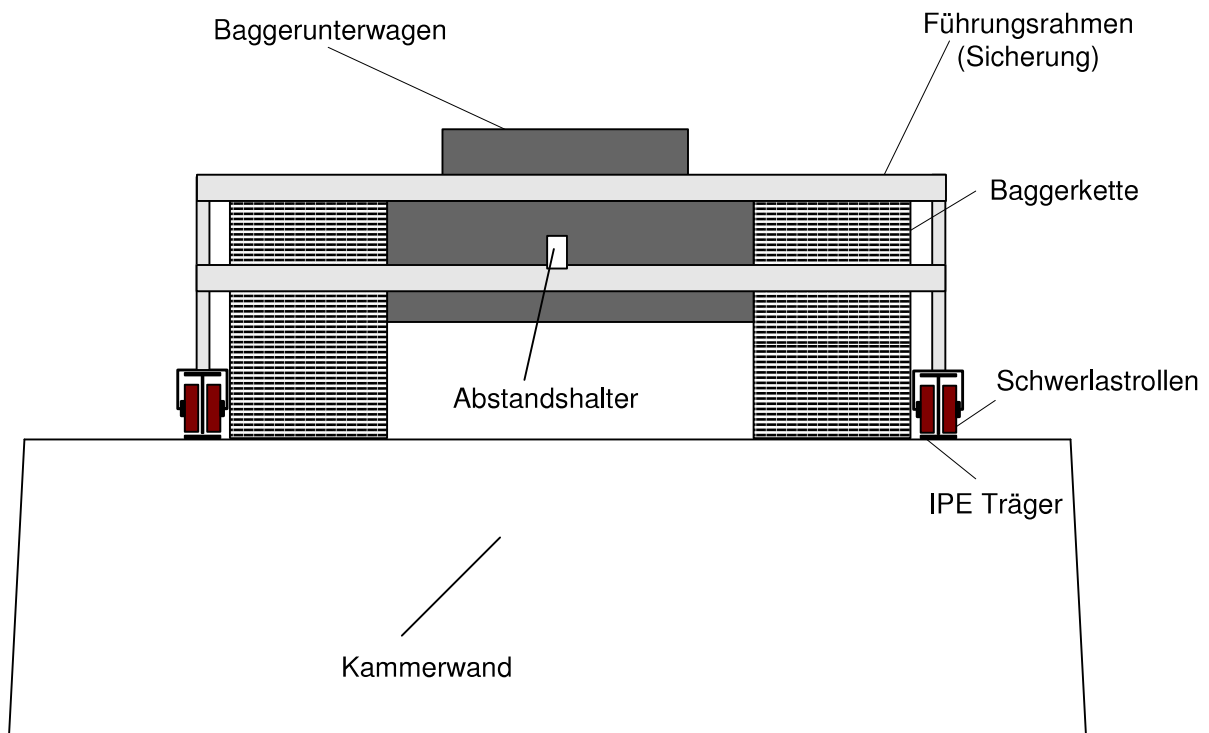


Abb. 4.7.: Ansicht Haltesystem Variante 2. Schnitt durch die mainseitige Kammerwand.

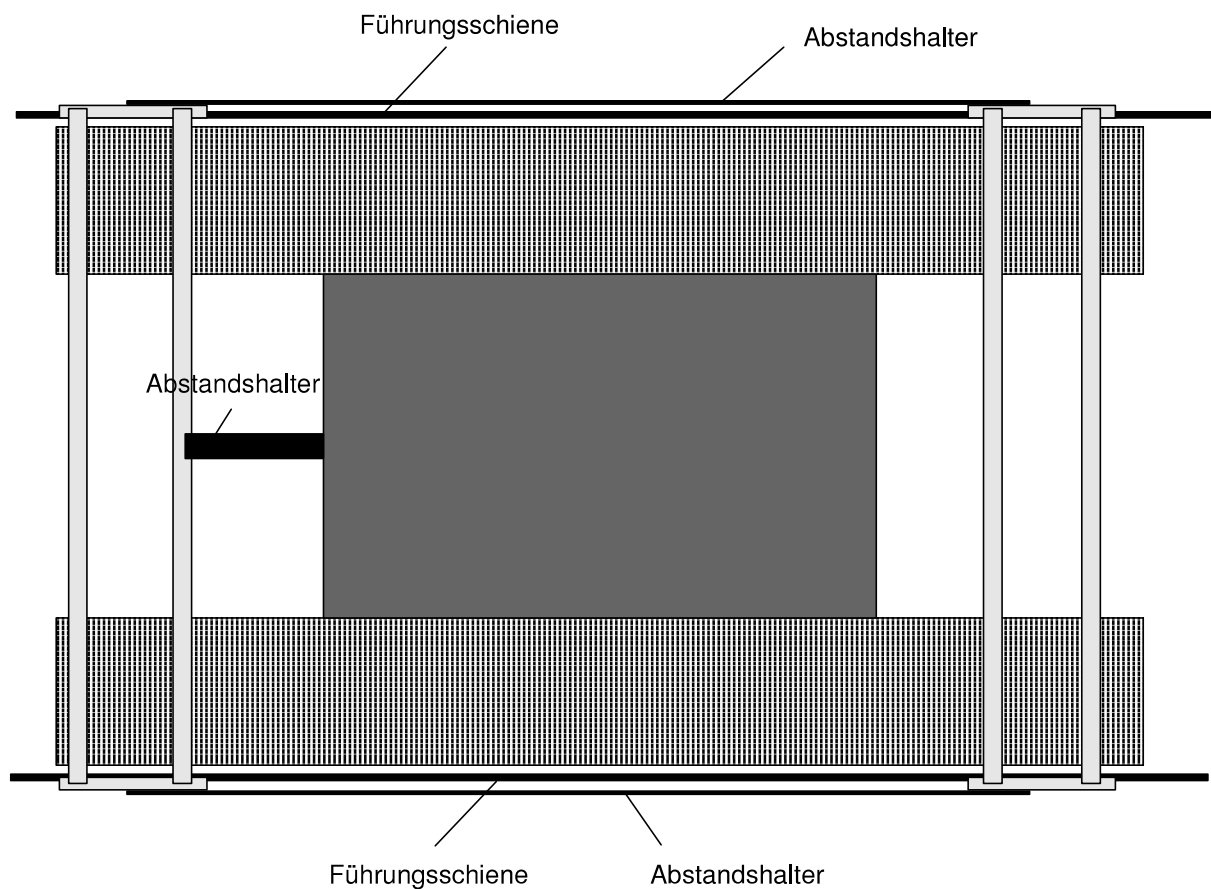


Abb. 4.8.: Draufsicht Haltesystem Variante 2.

**Variante 3 (Abb. 4.9 – 4.11):**

Das Haltesystem der Variante 3 besteht aus 2 Führungsschienen aus IPE – Profilen, die den Bagger in seiner Lage fixieren und die Sicherheitsabstände zur Kammer und zum Main gewährleisten. Die Führungsschienen sind mit der Kammerplattform verschraubt. Bei der Variante 3 ist der Bagger mit den Schienen über ein Bügelsystem verbunden, so dass dieser in seiner vertikalen Richtung gehalten wird. Die Verbindung Bügel – Schiene wird über einen Rahmen gewährleistet, wobei die Schwerlastrollen in die Führungsschienen (IPE - Profil) eingreifen. Die Bügel werden mit dem Laufwerksrahmen des Baggers fest verbunden.

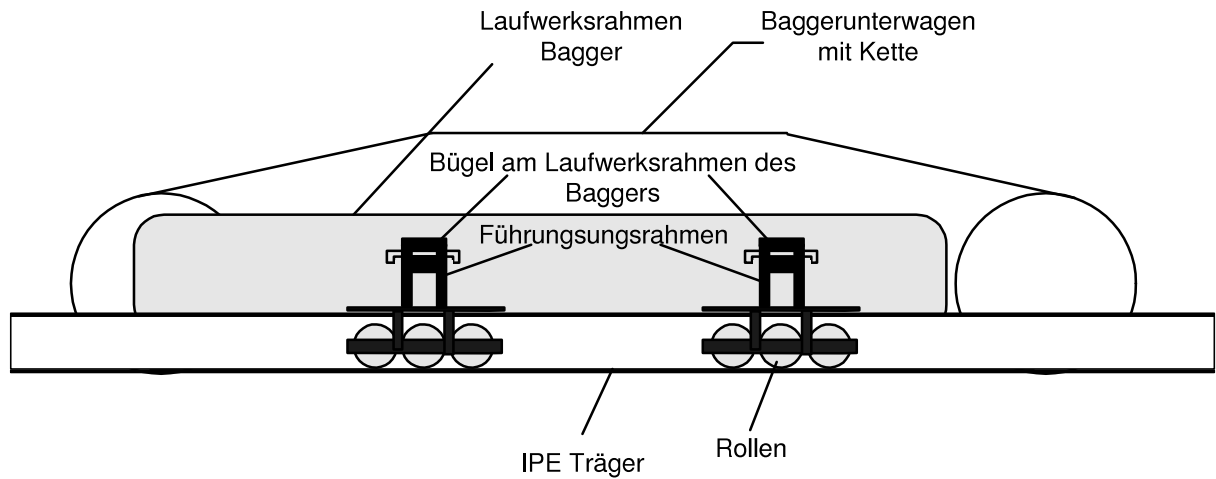


Abb. 4.9.: Seitenansicht des Haltesystems Variante 3

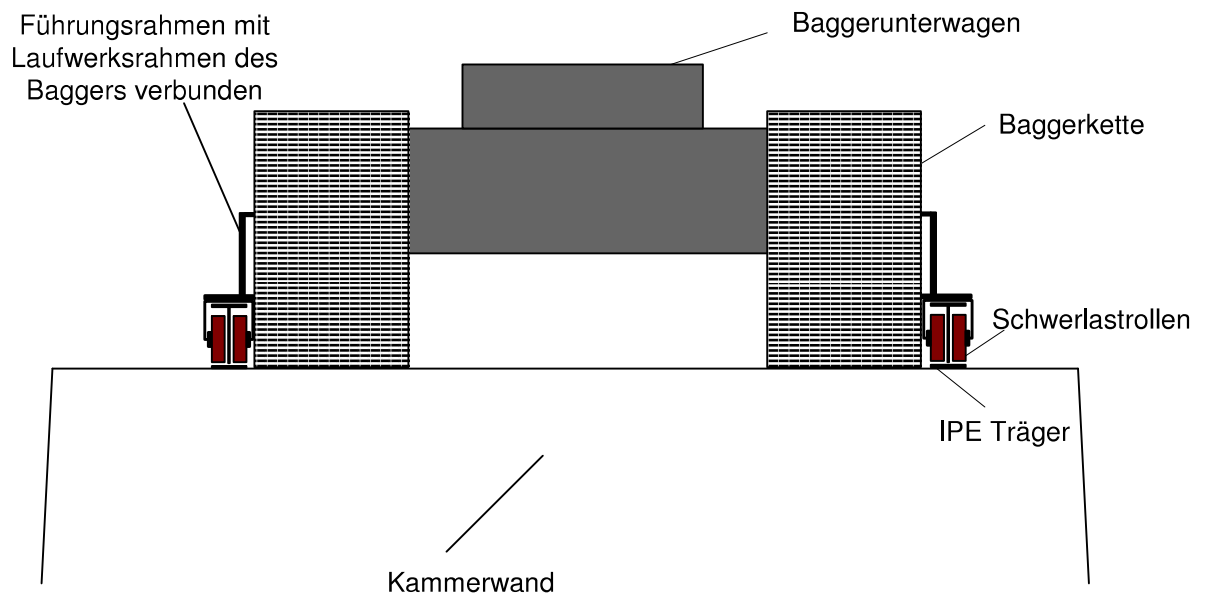


Abb. 4.10.: Ansicht Haltesystem Variante 3. Schnitt durch die mainseitige Kammerwand.

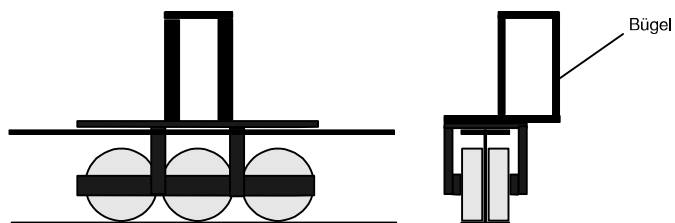


Abb. 4.11.: Detail zum Haltesystem 3: Führungsrahmen

Die obigen Konstruktionszeichnungen sind als Prinzipzeichnungen anzusehen. Aus diesem Grund wurde auf eine Vermessung der Zeichnungen verzichtet. Die genauen Konstruktionen der Haltesysteme können erst nach der Wahl des Baggermodells und -typs erstellt werden, da für diese Konstruktionen Größe und Form des Baggers maßgeblich sind. Zudem muss eine statische Auslegung und Berechnung der Haltesysteme durchgeführt werden, welche Aufgabe der Anbieter ist.

#### **4.1.1.3 Geräuschemissionen**

Die Abbrucharbeiten erfolgen zunächst an beiden Kammerwänden parallel von Ober- oder Unterhaupt aus. Somit wird der Bereich der Lärmemissionen eingeschränkt. Die Geräuschemissionen des Systems betragen ca. 100 dB(A), wobei die Fräse die höchsten Geräuschemissionen abgibt. Bei Versuchen des Instituts für Technologie und Management im Baubetrieb wurde bei einem Hydraulikhammer ein Lärmpegel von 106 dB(A) gemessen. Bei Fräsarbeiten kann von einem niedrigeren Wert ausgegangen werden, da die Belastung auf die Kammerwand beim Fräsverfahren eine andere ist als die beim Meißelverfahren. Beim Fräsverfahren liegt die Fräse direkt an der Kammerwand an und schrämt den Beton ab. Beim Meißelverfahren erfolgt eine Stoßbelastung auf die Kammerwand. Durch die Verfahrenskombination Fräsen und gleichzeitiges Absaugen erhält die Fräse zusätzlich eine Schutzhaube, welche die Geräuschemissionen weiter eindämmt.

Unter Umständen sind die Geräuschemissionen des Gebläses der pneumatischen Absauganlage höher als die des Fräskopfes. Das Gebläse kann aber leicht eingekapselt werden, so dass die Geräuschemissionen eingeschränkt werden.

Zum Schutz der Anwohner sind die Geräuschemissionen weiter einzudämmen. Dazu müsste eine mobile Lärmschutzwand aufgestellt werden. Diese Lärmschutzwand kann auch als Baustellenbegrenzung dienen, so dass sich die Aufstellung eines Baustellenzauns erübrigt.

#### **4.1.1.4 Auszuspärende Bereiche**

Mit dem oben beschriebenen Verfahren können die Kammerwände nicht vollständig bearbeitet werden. Aus Platzgründen muss die Bearbeitung der mainseitigen Kammerwand im Bereich des Fischpasses und die landseitige Kammerwand im Bereich des Schleusenbedienungshauses mit anderen Verfahren bzw. Methoden erfolgen. Zur Bearbeitung dieser Bereiche sollte das Gesamtsystem auf ein Ponton verladen werden. In der Zeit der einstündigen Schifffahrtssperre wird der Ponton vor bzw. nach der letzten Schleusung eingeschifft. Die Rüstzeiten sind bei diesem Verfahren erheblich höher, so dass in diesem Bereich mit einer geringeren täglichen Leistung zu rechnen ist.

Als weitere Alternative bietet sich das Tauchsägen (Seilsägen) an. Dieses Verfahren wird als Alternativverfahren in Kapitel 4.2 vorgeschlagen.

Eine weitere Alternative wäre, dass die Kammerwand in diesen Bereichen von einem größeren Bagger bearbeitet wird, der von der gegenüberliegenden Seite den Beton abträgt. Dieses Verfahren ist aufgrund der Größe und Breite des Baggers aber nur im Bereich des Fischpasses möglich, da hierfür z.B. ein Bagger des Typs Liebherr R974B mit Monoblockausleger 10,5 m und Stiel 5,8 m verwendet werden müsste. Seine Breite beträgt 4,35 m und sein Gewicht ca. 85 t. Bei der Wahl eines solchen Baggers muss statisch überprüft und nachgewiesen werden, ob die Tragfähigkeit der landseitigen Kammerwand ausreicht, da der Bagger dicht an der Schleusenkammer stehen muss.

Des Weiteren könnten die Bereiche „Fischpass“ und „Schleusenbedienungshaus“ mit dem Hochdruckwasserstrahlen bearbeitet werden. Dieses Verfahren wurde in ausreichendem Tiefgang im Gutachten „Schleuse Obernau - Machbarkeitsstudie Betoninstandsetzung unter Betrieb“ der Fa. BS Betonschutz bearbeitet. Aus Sicht des Auftragnehmers ist allerdings von diesem Verfahren abzuraten (siehe auch S. 12).

Ebenso werden die Nischenpoller, die in der Kammerwand liegen, zunächst nicht bearbeitet. Um ihre Funktion nicht zu beeinträchtigen, werden sie ausgespart, wobei die Fräsarbeiten nicht direkt an den Pollern aufhören, sondern eine Randzone mit einer horizontal geneigten Fläche zum Poller geschaffen wird (Abb. 4.12). Bei einem eventuellen Schiffsanstoß kann das Schiff somit an dieser Randzone „entlang gleiten“. Nach den gesamten Betonabtragsarbeiten werden die Poller freigefräst. In Pollernähe kann es möglich sein, dass mit der Fräse aufgrund ihrer Abmessungen nicht weitergearbeitet werden kann. Ab diesem Zeitpunkt werden die Poller mit einem Meißel freigelegt und anschließend mit einer Schrottschere geschnitten.



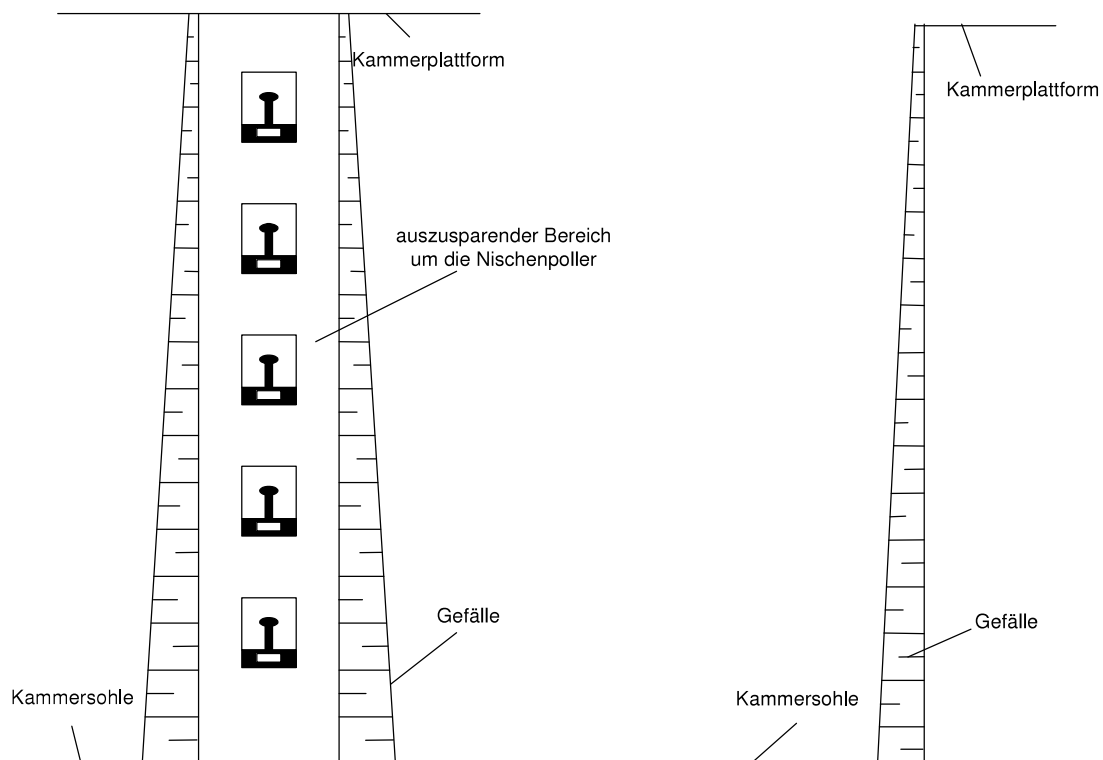


Abb. 4.12.: Aussparung an den Nischenpollern

## 4.1.2 Vorgeschlagene Herstellungsweise unter Wasser

### 4.1.2.1 Allgemeines

Die Herstellungsweise des Betonabtrages unter Wasser entspricht weitestgehend der über Wasser. Aus diesem Grund wird in diesem Kapitel lediglich auf die Unterschiede eingegangen.

Zum Betonabtrag wird ein Raupenbagger mit einer Gewichtsklasse von ca. 35 t und einer vertikalen Reichweite des Auslegers von  $\geq 8$  m (z.B. Liebherr R944, mit hydraulischer Auslegerverstellung 4,5 m und 4,1 m Stiel) eingesetzt. An diesen Raupenbagger wird als Anbaugerät eine Betonfräse angebaut (z.B. Erkat ER 1500-1).

Auch an diesen Bagger nebst Fräse wird ein Saugschlauch angebracht. Das Systemprinzip hierzu entspricht dem Systemprinzip aus Kapitel 4.1.1.1. Hier wird, im Unterschied zum Kapitel 4.1.1.1, eine hydraulische Sauganlage installiert.

Im unteren Bereich, also auf Sohlenniveau, wird die Schutzhaube abgenommen und der Saugschlauch direkt an die Fräse geführt. Dies ist erforderlich, da die Schutzhaube in Sohlenniveau die Fräsarbeiten behindert. Aus diesem Grund muss bei der Konstruktion der Schutzhaube darauf geachtet werden, dass diese mit lösbaeren Verbindungen versehen wird und

somit schnell entfernt und wieder angebracht werden kann. Das Prinzip der Fräsarbeiten in Sohlennähe zeigt Abb. 4.13.

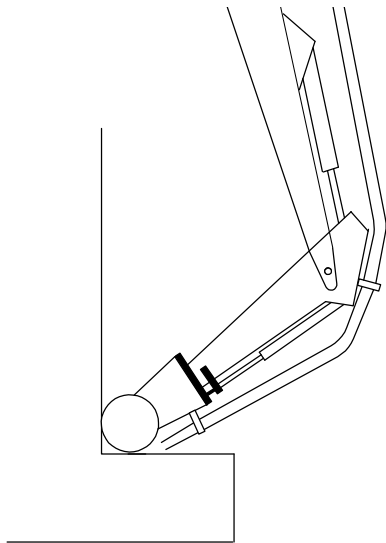


Abb. 4.13.: Prinzip der Absaugarbeiten in Sohlennähe

Aus Abb. 4.13 ist auch ersichtlich, dass die Fräse die geforderte Abtragtiefe im Eckbereich nicht erreicht bzw. wenn sie sie erreichen soll, die Abtragtiefe entweder an der Sohle oder an der Kammerwand überschreitet. Diese Tatsache sollte im Zuge der Gesamtmaßnahme berücksichtigt werden.

Alternativ dazu kann in diesem unteren Bereich auch das Meißelverfahren zum Einsatz kommen.

#### 4.1.2.2 Sicherungssysteme des Baggers

Die Sicherungssysteme des Baggers entsprechen den Sicherungssystemen aus Kap. 4.1.1.2. Hierbei muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Führungsschienen verbreitert werden müssen, da der 35 t Bagger breiter (ca. 3,0 m) ist als der 20 t Bagger (ca. 2,6 m).

Durch geschickte Wahl der Raupenfahrwerke der Bagger kann allerdings dieser Umstand umgangen werden (z.B. Wahl Liebherr R 904 mit größtem HD-SL Unterwagen und Liebherr R944 mit mittlerem HD-S Unterwagen. Beide Unterwagen sind 3000 mm breit).

Für die Auslegung der Sicherungssysteme wird der 35 t Bagger maßgeblich, da hierbei größere Kräfte zu erwarten sind.

Die genaue Berechnung und Auslegung der Konstruktion muss von den Anbietern nachgewiesen werden!

#### **4.1.2.3 Geräuschemissionen**

Da die Arbeiten unter Wasser erfolgen, ist für die Abtragsarbeiten mit geringeren Geräuschemissionen zu rechnen als beim Fräsen über Wasser.

Die Pumpe der hydraulischen Absaugung besitzt eine Geräuschemission von ca. 80 dB(A). Für diese Absauganlage kann von Herstellern eine Einkapselung geliefert werden, die den Schallpegel auf 56 dB(A) reduziert.

#### **4.1.2.4 Auszuspärende Bereiche**

Die auszuspärenden Bereiche entsprechen den in Kap. 4.1.1.4 beschriebenen Bereichen.

#### **4.1.3 Erforderliche Gerätschaften**

- 2 Hydraulikbagger unterschiedlicher Größe
- 2 Baggeranbaufräsen unterschiedlicher Größe
- 1 Pneumatische Betonabsauganlage für Oberwasserbetrieb
- 1 Hydraulische Betonabsauganlage für Unterwasserbetrieb
- 1 Ponton
- 2 Sammelbehälter
- Schienenführungssystem oder -systeme
- Schienengeführter Kran mit Tragfähigkeit von mindestens 10000 kg bei einer Ausladung von 25 m (z.B. TDK Potain TOPKIT MD 285 B).
- Ausreichende Beleuchtung

#### **4.1.4 Vorbereitung der Baustelle und Baustelleneinrichtung**

Zur Baustelleneinrichtung gehört die Aufstellung eines Bauzaunes und/oder einer Lärmschutzwand, die Bereitstellung eines schienengebundenen Krans oder Raupenkrans auf der Landseite, die Erstellung der Versorgungswege und die Installation eines Generators/Transformators für den benötigten Baustellenstrom.

Bei den Abbrucharbeiten werden keine weiteren Maschinen als die in Kapitel 4.1.3. erwähnten benötigt. Daher muss auch nur für diese Maschinen Platz vorgehalten werden. Zusätzlich ist ein Platz für die Zwischenlagerung des Abbruchgutes vorzusehen. Ebenso ist ein Platz für die Container des Baustellenbüro und Sozialcontainer für die gewerblichen Mitarbeiter vorzuhalten. Die vorgeschlagene Baustelleneinrichtung zeigt Abbildung 4.16.

Ferner müssen die Haltesysteme auf den Kammerwandplattformen installiert werden. Zuvor müssen die Lichtmaste der Kammerwandplattformen entfernt und mit Hilfe des Krans abtransportiert werden. Außerdem müssen die Poller so weit abgeschnitten werden, dass eine Überfahung dieser mit einem Bagger möglich ist. Somit ergibt sich als maximale Höhe der Poller  $h = 450 \text{ mm}$ . Diese Arbeiten können uneingeschränkt bei laufendem Schiffsverkehr durchgeführt werden.

Nach Anlieferung der Bagger muss ein Bagger z.B. mit Hilfe eines mobilen Autokrans auf die mainseitige Kammerwand gesetzt werden. Alternativ dazu könnte der Bagger mit Hilfe eines Ponton eingeschifft werden. Nach Festmachung des Pontons an der landseitigen Kammerwand kann der Bagger über eine Rampe selbstständig auf die Kammerwandplattform fahren. Dabei müssen Maßnahmen, die den Absturz des Baggers beim Befahren der Kammerwand verhindern, ergriffen werden (z.B. durch schräges Anfahren des Baggers von der Rampe auf die Kammerwandplattform). Ebenso darf das Schienensystem in diesem Bereich noch nicht angebracht worden sein.

Desgleichen wird mit einem Kran die Absauganlage auf die mainseitige Kammerwand gesetzt. Es bietet sich an, die Absauganlage nebst einem Auffangbehälter auf dem Schienensystem dermaßen zu befestigen, dass ein Verschieben der Absauganlage jederzeit und ohne großen Zeitaufwand möglich ist. Hierfür bietet sich eine Plattform an, die mit der Führungsschiene verbunden ist. Auf dieser Plattform steht die Absauganlage nebst Sammelbehälter. Außerdem kann mit diesem System gewährleistet werden, dass die Absauganlage sich jederzeit in der Nähe der eigentlichen Rückbauarbeiten befindet. Somit kann die Schlauchlänge und die horizontale Förderstrecke weitestgehend konstant gewählt werden. Das Fassungsvermögen des Auffangbehälters sollte so gewählt werden, dass Rückbauarbeiten von einer Stunde ohne Unterbrechung gewährleistet werden können (siehe auch Abb. 4.14 und 4.15).

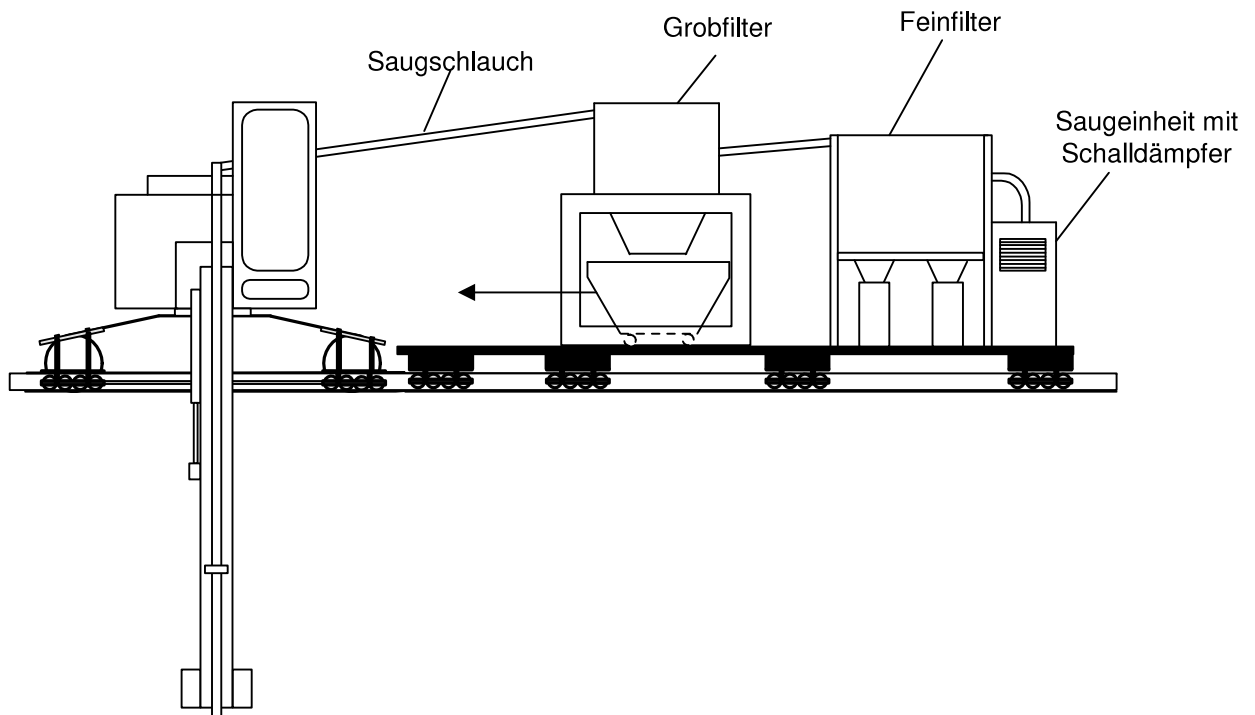


Abb. 4.14: Gesamtsystem Bagger – Abraumabsaugung und Abraumsammlung pneumatisch

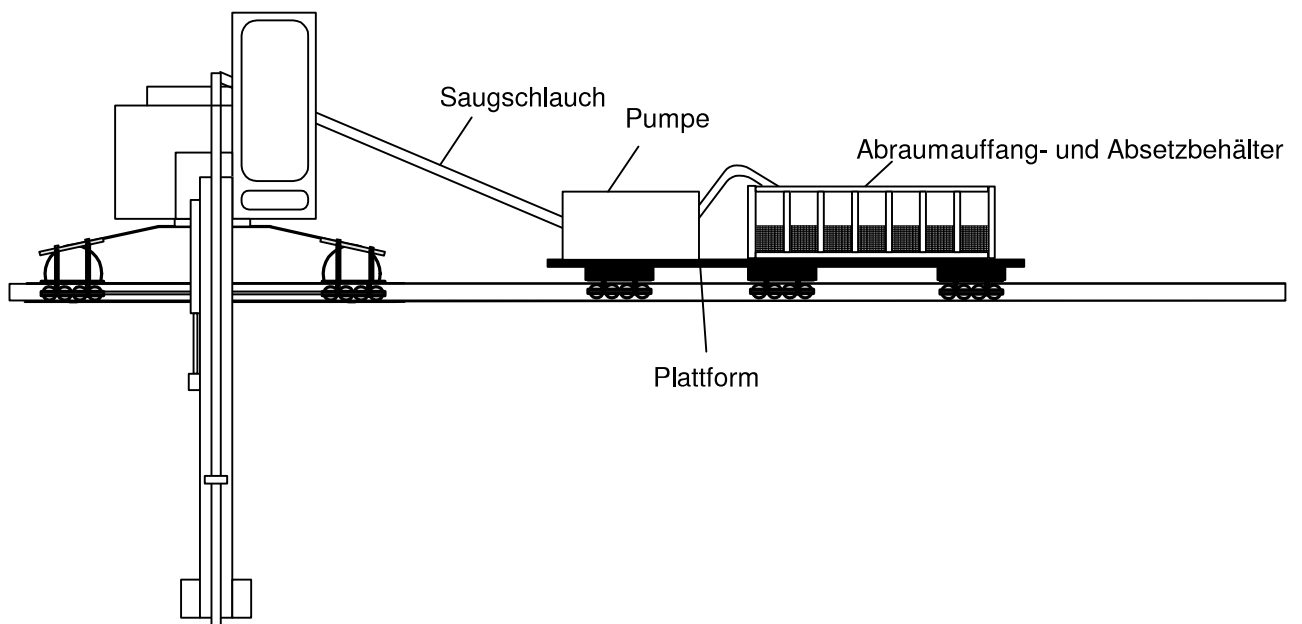


Abb. 4.15: Gesamtsystem Bagger – Abraumabsaugung und Abraumsammlung hydraulisch

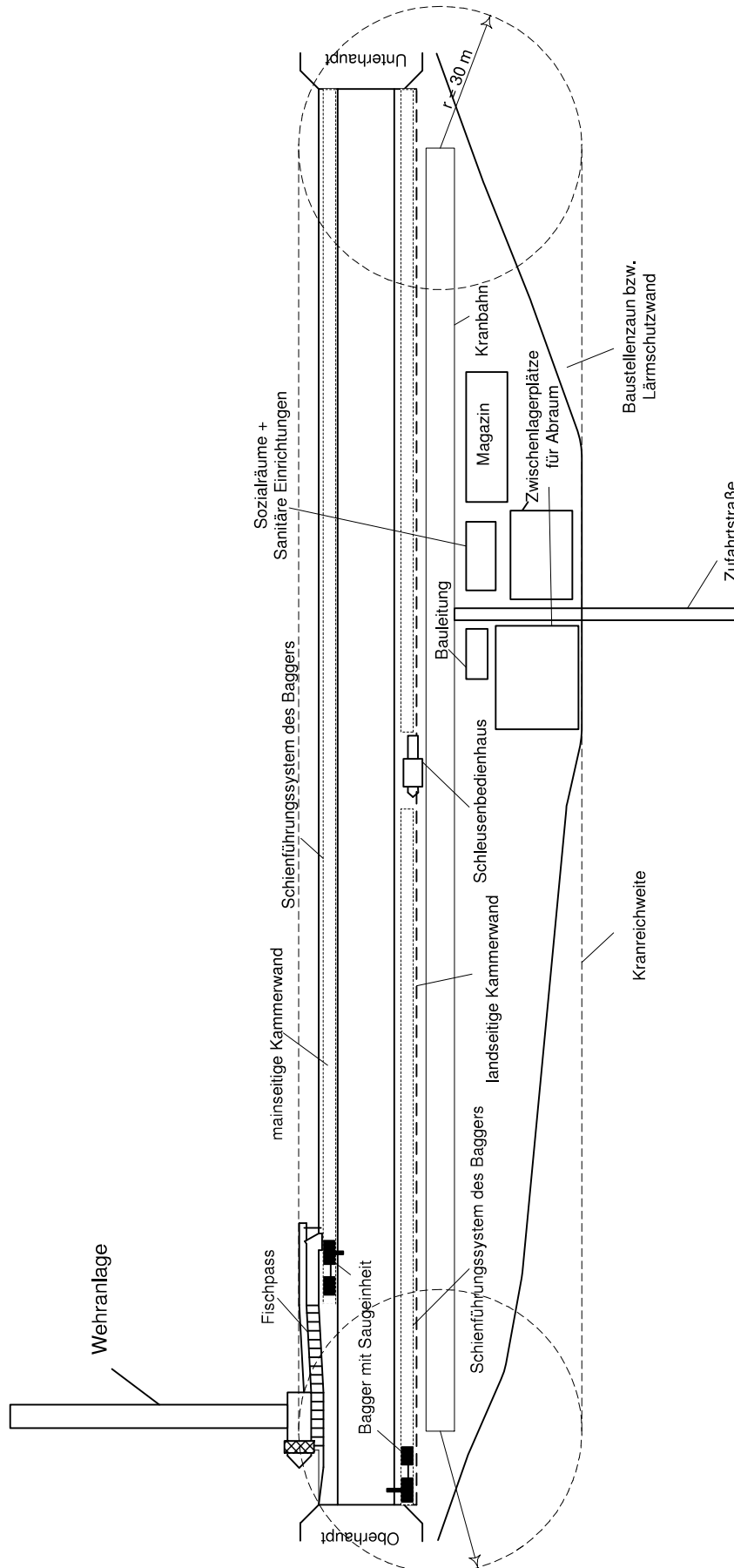


Abb. 4.16: Baustelleneinrichtung

#### 4.1.5 Schutzziele/Sicherheit

Die Schutzziele bzw. die Sicherheit betreffen vor allem die Absturzsicherung des Baggers. Dazu wurden in den Kapiteln 4.1.1.2 und 4.1.2.2 Vorschläge erarbeitet.

Des Weiteren sind als Schutzziele der Schutz der Anwohner und Schutz der Arbeiter vor Ort vor Lärmbeeinträchtigung zu nennen. Hierzu wird auf Kapitel 6 verwiesen.

Ein weiteres Schutzziel ist, dass der Abraum nicht in die Schleusenkammer fallen sollte. Dazu muss zunächst durch einen Taucher überprüft werden, wie viel Abraum im Zuge der Abtragsarbeiten über Wasser tatsächlich in die Schleusenkammer fällt. Danach kann geprüft werden, ob diese Menge vertretbar ist, oder weitere Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Mit Hilfe der hydraulischen Absauganlage kann der Abraum

- a) täglich oder
- b) im Zuge der Abtragsarbeiten unter Wasser

aus der Kammer transportiert werden. Falls der Abraum täglich abgefördert werden muss, bietet es sich an, die Planung dahingehend zu verändern, dass die Abtragsarbeiten über und unter Wasser auf der selben Kammerwandseite nachfolgend stattfinden. Dabei ist ein tägliches Absaugen des zu Boden gefallenen Abraums mit Hilfe der hydraulischen Absauganlage möglich, wobei der Saugschlauch mit dem Ausleger des größeren Baggers geführt wird.

#### 4.1.6 Materialfluss und Abraumentsorgung

##### a) pneumatische Absaugung

Der Abraum wird vom Entstehungsort über die Saugleitung direkt in die Absauganlage transportiert. Von dort wird der Abraum chargenweise in Auffangbehälter bzw. Absetzmulden abgefüllt. Nach der Befüllung wird der oder die Auffangbehälter, die auf Rollen stehen, unter der Sauganlage herausgezogen (z.B. mit Hilfe einer Winde, die am Bagger angebracht ist) und mit dem Kran abtransportiert. Der oder die Behälter / Mulden werden mit dem Kran direkt auf LKWs verladen und abtransportiert oder kurzzeitig auf einem Lagerplatz zwischengelagert.

Das Fassungsvermögen der Auffangbehälter wird so gewählt, dass Rückbauarbeiten von einer Stunde ohne Unterbrechung gewährleistet werden können.

Dies entspricht bei einer maximalen Fräsleistung von 4 m<sup>3</sup>/h und einem Auflockerungsfaktor des gefrästen Betons im Vergleich zum festen Beton von 100% einem Fassungsvermögen der Auffangbehälter von 8 m<sup>3</sup> bzw. bei der Wahl von 2 Behältern einem Fassungsvermögen von je 4 m<sup>3</sup>.

Als Auffangbehälter wird eine für den Kranbetrieb zugelassene Absetzmulde (z.B. Sirch KRANBAR) mit einem zulässigem Gesamtgewicht von 10 t gewählt. Dies entspricht einem Betonvolumen von 4,2 fm<sup>3</sup>.

Bei der Wahl von 2 Auffangbehältern muss an der Druckseite der Sauganlage ein Verstellmechanismus angebracht werden, so dass nach dem Befüllen des Behälters auf den anderen Behälter gewechselt werden kann. Die Auswechslung des oder der Behälter erfolgt in den Ruhephasen, kann allerdings auch, bei der Wahl von zwei in Reihe geschalteten Behältern, sofort nach dem Befüllen erfolgen.

Alternativ dazu können die Behälter auch auf einem Schiff, das an der mainseitigen Kammerwand festgemacht ist, entleert und abtransportiert werden. Dabei werden die Behälter mit dem Kran auf das Schiff transportiert und entleert. Bei den Arbeiten auf der mainseitigen Kammerwand kann das Abbruchgut direkt von der Absauganlage über Schüttrohre in das Schiff geleitet werden.

#### **b) hydraulische Absaugung**

Der Abraum wird vom Entstehungsort über die Saugleitung und die Pumpe direkt in den Abraumsammelbehälter transportiert. Der Abraumsammelbehälter sollte so dimensioniert werden, dass er Abraum einer Stunde (ca. 4 m<sup>3</sup>) aufnehmen kann und zusätzlich Wasser qualifiziert, d.h. ohne Überlaufen des Behälters abgeleitet werden kann, da hier als Transportmedium Wasser verwendet wird, welches vom Abraum getrennt werden muss. Daher erhält der Abraumsammelbehälter Öffnungen, so dass das Wasser abfließen kann. Dabei ist zu klären, welche Maschenweite die Öffnungen besitzen dürfen, da Klein- und Kleinstpartikel durch dieses „Netz“ hindurch strömen.

Nach der Befüllung des Behälter, bzw. nach einer einstündigen Abbruchzeit, wird der Behälter, wie unter Punkt a) beschrieben, mittels des Krans abtransportiert und ggf. zwischengelagert oder sofort auf einen LKW verladen.

Alternativ dazu bietet sich ein Abtransport des Abbruchgutes mittels eines Schiffes, wie unter a) beschrieben, an. Dabei dient das Schiff als Absetzbecken für den Abraum.

### **4.1.7 Zeitlicher Aufwand und Kosten**

#### **4.1.7.1 Zeitlicher Aufwand**

##### **a) Zeitlicher Aufwand für die Fräsarbeiten:**

Die Aussparungen werden hierbei nicht berücksichtigt und gehen als Reserve mit in die Berechnung ein.



Somit ergibt sich eine Gesamtlänge der zu fräsenden Kammerwände von:

$$2 * 300 \text{ m} - 42 \text{ m (Bereich Fischpass)} - 22 \text{ m (Bereich Schleusenbedienungshaus)} = 536 \text{ lfm}$$

Fräsarbeiten oberhalb des Wasserstandes finden zwischen den Höhenkoten 109 m und 113,4 m statt. Dies entspricht einer Abtragsmenge von:

$$536 \text{ m} * (113,4 \text{ m} - 109 \text{ m}) * (0,1 \text{ m} + (0,1 \text{ m} + (113,4 \text{ m} - 109 \text{ m}) * 1/20)) / 2 = \mathbf{495,26 \text{ m}^3}$$

Fräsarbeiten unterhalb des Wasserstandes finden zwischen den Höhenkoten 105,5 m und 109 m statt. Dies entspricht einer Abtragsmenge von:

$$536 \text{ m} * (109 \text{ m} - 105,5 \text{ m}) * (0,5 \text{ m} + (0,5 \text{ m} - (109 \text{ m} - 105,5 \text{ m}) * 1/20)) / 2 = \mathbf{773,85 \text{ m}^3}$$

Bei 4 - einstündigen Zeitfenstern, einer maximalen Fräsleistung von 4 m<sup>3</sup>/h und unter Berücksichtigung der Rüstzeiten, kann davon ausgegangen werden, dass am Tag von einem Bagger eine Leistung von 12 m<sup>3</sup> erreicht wird.

Somit ergibt sich der zeitliche Aufwand für die Fräsarbeiten wie folgt:

- Oberhalb des Wasserspiegels: 41,25 AT
- Unterhalb des Wasserspiegels: 64,5 AT

Außer diesen Arbeiten ist der Transport und die Einrichtung der Gerätschaften in die Kalkulation mit einzubeziehen. Ebenso wird in die Kalkulation eine Anlaufphase mit unproduktiven Tagen einkalkuliert, so dass sich der zeitliche Aufwand für die Fräsarbeiten pauschal wie folgt ergibt:

- **Oberhalb des Wasserspiegels: 63 AT            oder            3 Monate**
- **Unterhalb des Wasserspiegels: 84 AT            oder            4 Monate**

#### **b1) Zeitlicher Ablauf für die Fräsarbeiten im Bereich des Fischpasses und des Schleusenbedienungshauses:**

Im Bereich des Fischpasses müssen 42 m vom Ponton aus gefräst werden. Im Bereich des Schleusenbedienungshauses werden 22 m vom Ponton aus bearbeitet. Somit ergibt sich eine Länge der zu fräsenden Kammerwände in diesen Bereichen von:

$$42 \text{ m (Bereich Fischpass)} + 22 \text{ m (Bereich Schleusenbedienungshaus)} = 64 \text{ lfm}$$

Fräsarbeiten oberhalb des Wasserstandes finden zwischen den Höhenkoten 109 m und 113,4 m statt. Dies entspricht einer Abtragsmenge von:

$$64 \text{ m} * (113,4 \text{ m} - 109 \text{ m}) * (0,1 \text{ m} + (0,1 \text{ m} + (113,4 \text{ m} - 109 \text{ m}) * 1/20)) / 2 = \mathbf{59,14 \text{ m}^3}$$

Fräsarbeiten unterhalb des Wasserstandes finden zwischen den Höhenkoten 105,5 m und 109 m statt. Dies entspricht einer Abtragsmenge von:

$$64 \text{ m} * (109 \text{ m} - 105,5 \text{ m}) * (0,5 \text{ m} + (0,5 \text{ m} - (109 \text{ m} - 105,5 \text{ m}) * 1/20)) / 2 = \mathbf{92,4 \text{ m}^3}$$

Bei 4 - einstündigen Zeitfenstern, einer maximalen Fräsleistung von 4 m<sup>3</sup>/h und unter Berücksichtigung der Rüstzeiten, kann davon ausgegangen werden, dass am Tag von einem Bagger eine Leistung von 6 m<sup>3</sup> erreicht wird.

Somit ergibt sich der zeitliche Aufwand für die Fräsarbeiten am Schleusenbedienungshaus und am Fischpass wie folgt:

- Oberhalb des Wasserspiegels: 9,9 AT
- Unterhalb des Wasserspiegels: 15,4 AT

Außer diesen Arbeiten ist der Transport und die Einrichtung der Gerätschaften in die Kalkulation mit einzubeziehen. Ebenso wird in die Kalkulation eine Anlaufphase mit unproduktiven Tagen einkalkuliert, so dass sich der zeitliche Aufwand für die Fräsarbeiten pauschal wie folgt ergibt:

- **Fräsarbeiten „Schleusenbedienungshaus“ und „Fischpass“: 42 AT oder 2 Monate**

**Alternativ dazu werden Zeiten und Kosten des Sägeverfahrens für das Schleusenbedienungshaus und den Fischpass ermittelt.**

#### **b2) Zeitlicher Ablauf für die Sägearbeiten im Bereich des Fischpasses und des Schleusenbedienungshauses:**

Diese Arbeiten laufen parallel zu den Abbrucharbeiten der Bagger. Durch diese Arbeiten wird die Schifffahrt weitestgehend nicht beeinträchtigt, so dass hier zumeist von einem 8 h Arbeitstag ausgegangen werden kann.

#### ***Fischpass:***

Hierzu müssen zunächst in Abständen von 1,7 m vertikale Bohrungen (Tiefe ca. 8,3 m) gesetzt werden. Somit ergeben sich 25 Felder. Für eine Bohrung wird einschließlich Rüstzeiten 4 h angesetzt. Bei 26 Bohrungen ergibt sich somit eine Bohrzeit von 13 AT.

Zusätzlich müssen in Abständen von 0,85 m horizontale Bohrungen im Sohlenbereich geschaffen werden. Für das Setzen der Bohrgeräte ist ein Tauchereinsatz erforderlich. Außerdem können

diese Arbeiten nicht in einem 8 h Arbeitstag durchgeführt werden, da durch den Tauchereinsatz die Schifffahrt beeinträchtigt wird. Für eine Bohrung (Tiefe ca. 0,55 m) wird einschließlich Rüstzeiten 2,5 h angesetzt. Bei 51 Bohrungen ergibt sich somit eine Bohrzeit von 127,5 h, was 32 Arbeitstagen entspricht.

Mit Hilfe eines hydraulischen Spaltgerätes wird die Kammerwand von der Sohle getrennt. Für das Setzen der Presse in die Bohrungen und die Anwendung des Verfahrens wird eine Arbeitszeit von 15 Spaltvorgängen/Arbeitstag, also 3,5 Arbeitstagen angesetzt.

Für einen Tauchsägevorgang wird eine Arbeitszeit einschließlich Rüstzeit von ca. 8 h benötigt. Bei 25 Sägefeldern entspricht dies einer Gesamtarbeitszeit von 25 Arbeitstagen.

Für einen Schnitt in vertikaler Richtung senkrecht zur Kammerwand werden einschließlich Rüstzeit 3 h benötigt. Dies entspricht bei einem 8 h Arbeitstag und 26 Schnitten 10 Arbeitstagen.

Für die Herausnahme der Monolithe müssen für jeden Monolithen senkrechte Bohrungen (Tiefe ca. 5 m) und waagerechte Bohrung (Höhenkote ca. 108,6 m) erstellt werden. Anschließend werden die Auszieh- und Sicherungssysteme installiert. Hierzu wird pauschal angenommen, dass 2 AT pro Monolith benötigt werden. Dies entspricht einer Gesamtdauer von 50 Arbeitstagen.

Für die Gesamtmaßnahme werden nachfolgend alle Zeiten aufgelistet:

▪ Vertikale Bohrungen	13 AT
▪ Horizontale Bohrungen	32 AT
▪ Hydraulikpresse	3,5 AT
▪ Tauchsägen mit Seilsäge	25 AT
▪ Seilsägen	10 AT
▪ Herausnahme der Monolithe	50 AT
▪ <b>Summe</b>	<b>133,5 AT</b>

#### ***Schleusenbedienungshaus:***

Hierzu müssen zunächst in Abständen von 1,7 m vertikale Bohrungen (Tiefe ca. 8,3 m) gesetzt werden. Für eine Bohrung werden einschließlich Rüstzeiten 4 h angesetzt. Bei 14 Bohrungen ergibt sich somit eine Bohrzeit von 7 AT.

Zusätzlich müssen in Abständen von 0,85 m horizontale Bohrungen im Sohlenbereich geschaffen werden. Für das Setzen der Bohrgeräte ist ein Tauchereinsatz erforderlich. Außerdem können diese Arbeiten nicht in einem 8 h Arbeitstag durchgeführt werden, da durch den Tauchereinsatz die Schifffahrt beeinträchtigt wird. Für eine Bohrung (Tiefe ca. 0,55 m) werden einschließlich Rüstzeiten 2,5 h angesetzt. Bei 27 Bohrungen ergibt sich somit eine Bohrzeit von 67,5 h, was 17 Arbeitstagen entspricht.

Mit Hilfe eines hydraulischen Spaltgerätes wird die Kammerwand von der Sohle getrennt. Für das Setzen der Presse in die Bohrungen und die Anwendung des Verfahrens kann mit einer Arbeitszeit von 15 Spaltvorgängen/Arbeitstag, also bei 27 Spaltvorgängen insgesamt 2 Arbeitstage gerechnet werden.

Für einen Tauchsägevorgang wird eine Arbeitszeit einschließlich Rüstzeit von ca. 8 h benötigt. Bei 13 Sägefeldern entspricht dies einer Gesamtarbeitszeit von 13 Arbeitstagen.

Für einen Schnitt in vertikaler Richtung senkrecht zur Kammerwand werden einschließlich Rüstzeit 3 h benötigt. Dies entspricht bei einem 8 h Arbeitstag und 14 Schnitte 5 Arbeitstagen.

Für die Herausnahme der Monolithe müssen für jeden Monolithen senkrechte Bohrungen (Tiefe ca. 5 m) und waagerechte Bohrung (Höhenkote ca. 108,6 m) erstellt werden. Anschließend werden die Auszieh- und Sicherungssysteme installiert. Hierzu wird pauschal angenommen, dass 2 AT pro Monolith benötigt werden. Dies entspricht einer Gesamtdauer von 26 Arbeitstagen.

Für die Gesamtmaßnahme werden nachfolgend alle Zeiten aufgelistet:

▪ Vertikale Bohrungen	7 AT
▪ Horizontale Bohrungen	17 AT
▪ Hydraulikpresse	2 AT
▪ Tauchsägen mit Seilsäge	13 AT
▪ Seilsägen	5 AT
▪ Herausnahme der Monolithe	26 AT
▪ <b>SUMME</b>	<b>70 AT</b>

#### Zusammenstellung der Zeiten:

▪ Fräsarbeiten oberhalb des Wasserspiegels:	63 AT
▪ Fräsarbeiten unterhalb des Wasserspiegels:	84 AT
▪ Fräsarbeiten „Schleusenbedienungshaus“ und „Fischpass“	42 AT

#### Alternativ dazu

▪ Sägearbeiten am Fischpass	133,5 AT
▪ Sägearbeiten am Schleusenbedienungshaus	70 AT

Die Zeiten sind als Richtzeiten für die anschließende Kalkulation anzusehen. Die verschiedenen Sägearbeiten können parallel durchgeführt werden.

Alternativ zu den Sägearbeiten kann ein Bagger mit einer ausreichenden Arbeitsreichweite verwendet werden, der die gegenüberliegende Kammerwand bearbeitet (fräst). Dies lässt sich kostengünstiger und zeitsparender realisieren. Allerdings wird hierfür ein Bagger mit einer großen

Reichweite und einem entsprechenden Gewicht (ca. 85 t) benötigt. Hierbei ist die Standfestigkeit der Schleusenkamerwand von den jeweiligen Anbietern zu prüfen.

#### 4.1.7.2 Kosten

##### 4.1.7.2.1 Kosten für die Fräs- und Absaugarbeiten

##### **Baggerkosten (20 t Betriebsgewicht, ca. 92 KW, 63 AT)**

Nach BGL 2001 ergeben sich für die Baggerkosten:

▪ A+V (monatlich 3.400 Euro)	10.200,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 2.535 Euro)	<u>7.605,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>17.805,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	2.670,75 Euro
▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l; 252 Ah)	4.173,12 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	834,62 Euro
▪ Betriebslohnkosten (63 AT á 8h; 40 Euro/h)	20.160,00 Euro
▪ Überwachungspersonal (2 * 63 AT á 8h; 40 Euro/h)	<u>40.320,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>85.963,49 Euro</b>

##### **Baggerkosten (35 t Betriebsgewicht, ca. 164 KW, 84 AT)**

Nach BGL 2001 ergeben sich für die Baggerkosten:

▪ A+V (monatlich 5.000 Euro)	20.000,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 3.680 Euro)	<u>14.720,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>34.720,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	5.280,00 Euro
▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l; 336 Ah)	9.918,72 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	1.983,74 Euro
▪ Betriebslohnkosten (84 AT á 8h; 40 Euro/h)	26.880,00 Euro
▪ Überwachungspersonal (2 * 84 AT á 8h; 40 Euro/h)	<u>53.760,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>132.542,46 Euro</b>

##### **Fräskosten**

Neupreis für eine Fräse pauschal 70.000 Euro

Nutzungsdauer einer Fräse 10.000 Ah (Herstellerangabe/2). Damit würde sich bei einer Auslastung von 100 % und „normalen“ Arbeitszeiten eine Abschreibungsdauer von ca.

5,5 Jahren ergeben. Dies scheint für eine Abschreibung zu hoch. Es wird davon ausgegangen, dass die Fräse einer Abschreibungsdauer von 4 Jahren unterliegt.

Anzahl der Vorhaltemonate wird mit 30 Monaten angenommen.

Der monatliche Satz für Abschreibung und Verzinsung bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 6,5 % beträgt dann:

$$k = a + z = \frac{100}{v} * \left(1 + \frac{p * n}{2}\right) = \frac{100}{30} * \left(1 + \frac{0,065 * 4}{2}\right) = 3,8\%$$

Die Reparaturkosten werden pauschal mit monatlich 1 % des Neuwertes angenommen.

Die hauptsächlichen Verschleißteile sind die Fräsmeißel, welche einen Stückpreis von ca. 11 Euro besitzen. Der Verschleiß liegt bei 1 Meißel pro fm<sup>3</sup> Beton.

#### Fräse 1

▪ A+V <sub>Fräse1</sub> (monatlich 3,8 %*70.000 Euro*3 Monate)	7.980,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 700 Euro)	<u>2.100,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>10.080,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (~500 m <sup>3</sup> * 1 Meißel/m <sup>3</sup> * 11 Euro/Meißel)	<u>5.500,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>15.580,00 Euro</b>

#### Fräse 2

▪ A+V <sub>Fräse2</sub> (monatlich 3,8 %*70.000 Euro*4 Monate)	10.640,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 700 Euro)	<u>2.800,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>13.440,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (~770 m <sup>3</sup> * 1 Meißel/m <sup>3</sup> * 11 Euro/Meißel)	<u>8.470,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>21.910,00 Euro</b>

#### Kosten für die Absauggeräte

*Pneumatisches Absauggerät (3 Monate, ca. 252 Ah)*

Der Neupreis für ein pneumatisches Absauggerät liegt bei ca. 250.000 Euro.

Es wird ein Absauggerät mit einer Leistung von ca. 130 - 140 kW benötigt. Da es sich bei diesem Gerät um ein Spezialgerät mit wenigen Einsätzen handelt, wird davon ausgegangen, dass der Anbieter/Unternehmer dieses Gerät mit einem Anteil von 40 % vom Neupreis abschreibt. Die Verzinsung bleibt hierbei unberücksichtigt.

Die Reparaturkosten werden pauschal mit monatlich 1,5 % des Neuwertes angenommen.

▪ Abschreibung (40 % von 250.000 Euro)	100.000,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 3.750 Euro)	<u>11.250,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A und R)	<b>111.250,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	16.687,50 Euro
▪ Kraftstoffkosten (130kW; 0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)	5.896,80 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	1.179,36 Euro
▪ Betriebslohnkosten (63 AT á 8h; 40 Euro/h)	<u>20.160,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>155.173,66 Euro</b>

*Hydraulisches Absauggerät (4 Monate, ca. 336 Ah)*

Der Neupreis für ein hydraulisches Absauggerät liegt bei ca. 60.000 Euro.

Es wird ein Absauggerät mit einer Leistung von ca. 50 kW benötigt. Die Anzahl der Nutzungsjahre wird mit 4 Jahren und die der Vorhaltemonate mit 30 angenommen. Somit ergibt sich für den monatlichen Satz für Abschreibung und Verzinsung bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 6,5%:

$$k = a + z = \frac{100}{v} * \left(1 + \frac{p * n}{2}\right) = \frac{100}{30} * \left(1 + \frac{0,065 * 4}{2}\right) = 3,8\%$$

Die Reparaturkosten werden pauschal mit monatlich 3,0 % des Neuwertes angenommen.

▪ A+V (monatlich 3,8 %*60.000 Euro*4 Monate)	9.120,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 1800 Euro)	<u>7.200,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>16.320,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	2.448,00 Euro
▪ Kraftstoffkosten (50 kW; 0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)	3.024,00 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	604,80 Euro
▪ Betriebslohnkosten (84 AT á 8h; 40 Euro/h)	<u>26.880,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>49.276,80 Euro</b>

Somit ergeben sich für die Fräsarbeiten inklusive der Absaugung Kosten in Höhe von:

<b>Baggerkosten (20 t Betriebsgewicht, ca. 92 KW, 3 Monate)</b>	<b>85.963,49 Euro</b>
<b>Baggerkosten (35 t Betriebsgewicht, ca. 164 KW, 4 Monate)</b>	<b>132.542,46 Euro</b>
<b>Fräskosten</b>	
<b>Fräse 1</b>	<b>15.580,00 Euro</b>
<b>Fräse 2</b>	<b>21.910,00 Euro</b>
<b>Pneumatisches Absauggerät (3 Monate)</b>	<b>155.173,66 Euro</b>
<b>Hydraulisches Absauggerät (4 Monate)</b>	<b><u>49.276,80 Euro</u></b>
<b>Summe</b>	<b>460.446,41 Euro</b>

#### 4.1.7.2.2 Kosten für die Sägearbeiten „Fischpass“ und „Schleusenbedienungshaus“

Es wird davon ausgegangen, dass ein Bagger mit einem Betriebsgewicht von 20 t eingesetzt wird. Mit der Reichweite des Baggers kann die gesamte Kammerwand bearbeitet werden.

#### **Baggerkosten (20 t Betriebsgewicht, ca. 92 KW, 42 AT)**

Nach BGL 2001 ergeben sich für die Baggerkosten:

▪ A+V (monatlich 3.400 Euro)	6.800,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 2.535 Euro)	<u>5.070,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>11.870,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	1.780,50 Euro
▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l; 168 Ah)	2.782,08 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	556,42 Euro
▪ Betriebslohnkosten (42 AT á 8h; 40 Euro/h)	13.440,00 Euro
▪ Überwachungspersonal (2 * 42 AT á 8h; 40 Euro/h)	<u>26.880,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>57.309,00 Euro</b>

#### **Fräskosten**

Annahmen siehe Kap. 4.1.7.2.1.

▪ A+V <sub>Fräse</sub> (monatlich 3,8 %*70.000 Euro*2 Monate)	5.320,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 700 Euro)	<u>1.400,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>6.720,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (~150 m <sup>3</sup> * 1 Meißel/m <sup>3</sup> * 11 Euro/Meißel)	<u>1.650,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>8.370,00 Euro</b>



**Kosten für die Absauggeräte***Pneumatisches Absauggerät (~0,75 Monate, ca. 63 Ah)*

Annahmen siehe Kap. 4.1.7.2.1.

▪ Abschreibung (40 % von 250.000 Euro in Kap. 4.1.7.2.1 enthalten)	0,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 3.750 Euro)	<u>2.812,50 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A und R)	<b>2.812,50 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	421,88 Euro
▪ Kraftstoffkosten (130kW; 0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)	1.474,20 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	294,84 Euro
▪ Betriebslohnkosten (15 AT á 8h; 40 Euro/h)	<u>4.800,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>9.803,42 Euro</b>

*Hydraulisches Absauggerät (1,25 Monate, ca. 105 Ah)*

Annahmen siehe Kap. 4.1.7.2.1.

▪ A+V (monatlich 3,8 %*60.000 Euro*1,25 Monate)	2.850,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 1800 Euro)	<u>2.250,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>5.100,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	765,00 Euro
▪ Kraftstoffkosten (50 kW; 0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)	945,00 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	189,00 Euro
▪ Betriebslohnkosten (26 AT á 8h; 40 Euro/h)	<u>8.320,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>15.319,00 Euro</b>

*Ponton (2 Monate)*

Für die Kosten eines Ponton liegen z.Zt. keine gesicherten Daten vor. Aus diesem Grund werden diese Kosten abgeschätzt. Die Bereithaltungskosten für ein Schiff mit einer Größe von 769 TT betragen im Jahr 1994 1.045 Euro/Tag. Bei einer durchschnittlichen Inflation von 2 % und einer Zeitspanne von 9 Jahren ergeben sich für ein solches Schiff Kosten in einer Größenordnung von ca. 1.250 Euro/Tag. Unter Zugrundelegung, dass ein Ponton nebst Antriebskosten den gleichen Betrag kostet, ergeben sich die Pontonkosten wie folgt:

▪ Ponton (2 Monate = 62 Tage * 1.250 Euro)	<b>77.500 Euro</b>
--	--------------------

Somit ergeben sich für die Fräsarbeiten inklusive der Absaugung Kosten in Höhe von:

<b>Baggerkosten (20 t Betriebsgewicht, ca. 92 KW, 2 Monate)</b>	<b>57.309,00 Euro</b>
<b>Fräskosten</b>	<b>8.370,00 Euro</b>
<b>Pneumatisches Absauggerät (0,75 Monate)</b>	<b>9.803,42 Euro</b>
<b>Hydraulisches Absauggerät (1,25 Monate)</b>	<b>15.319,00 Euro</b>
<b>Ponton</b>	<b><u>77.500,00 Euro</u></b>
<b>Summe</b>	<b>168.301,42 Euro</b>

#### 4.1.7.2.3 Kosten für die Sägearbeiten „Fischpass“ und „Schleusenbedienungshaus“

##### ***Fischpass***

Vertikale Kernlochbohrungen (13 AT, 2 Arbeitskräfte)

Neupreis Kernbohrgerät ca. 3000 Euro, Preis Bohrkronen Stück á 200 Euro

Es wird davon ausgegangen, dass der Anschaffungspreis der Kernbohrgeräte eine untergeordnete Rolle spielt. Für die Bohrkronen wird angenommen, dass sie nach einem Bohrloch (8,3 m) ausgewechselt werden müssen. Somit ergeben sich überschlägig folgende Kosten:

▪ Bohrkronen (29 Stück á 200 Euro)	5.800 Euro
▪ Arbeitskräfte (13 AT * 2; 40 Euro/h)	<u>8.230 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>14.030 Euro</b>

Horizontale Bohrungen (32 AT, 2 Arbeitskräfte, davon 1 Taucher)

Der Preis für einen Taucher nebst Leinenführer beträgt ca. 1.100 Euro pro Arbeitstag. Somit ergeben sich Kosten von:

▪ Bohrkronen (2 Stück á 200 Euro)	400 Euro
▪ Arbeitskräfte (32 AT á 8 h * 40 Euro/h)	10.240 Euro
▪ Taucher (32 AT á 1.100 Euro)	<u>35.200 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>45.840 Euro</b>

Trennen der Sohle mit hydraulischem Spaltgerät

Gerätekosten werden vernachlässigt!

▪ Taucher (3,5 AT á 1.100 Euro)	<b>3.850 Euro</b>
---------------------------------	-------------------

#### Tauchsägeinsatz mit Seilsäge (25 AT, 2 Arbeitskräfte)

Neupreis der Seilsäge ca. 25.000 Euro. Die Anzahl der Nutzungsjahre wird mit 5 Jahren und die der Vorhaltemonate mit 45 angenommen. Somit ergibt sich für den monatlichen Satz für Abschreibung und Verzinsung bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 6,5%:

$$k = a + z = \frac{100}{v} * \left(1 + \frac{p * n}{2}\right) = \frac{100}{45} * \left(1 + \frac{0,065 * 5}{2}\right) = 2,6\%$$

Die Reparaturkosten werden pauschal mit monatlich 1,5 % des Neuwertes angenommen. Die Standzeit eines Meters Sägeseil wird mit 5 m angenommen

▪ A+V (monatlich 2,6 %*25.000 Euro*1,2 Monate)	780,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 375 Euro)	<u>450,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>1.230,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (~332 m <sup>2</sup> *0,2 m Seil/m <sup>2</sup> *280 Euro/lfm Seil)	18.592,00 Euro
▪ Lohnkosten (25 AT * 2 Arbeitskräfte * 40 Euro/h)	<u>16.000,00 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>35.822,00 Euro</b>

#### Seilsägen (10 AT, 2 Arbeitskräfte)

Annahmen siehe oben

▪ A+V (monatlich 2,6 %*25.000 Euro*0,5 Monate)	325,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 375 Euro)	<u>187,50 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>512,50 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (~2,37 m <sup>2</sup> *26*0,2 m Seil/m <sup>2</sup> *280 Euro/lfm Seil)	3.450,72 Euro
▪ Lohnkosten (10 AT * 2 Arbeitskräfte * 40 Euro/h)	<u>6.400,00 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>10.363,22 Euro</b>

#### Herausnahme der Monolithe (50 AT, 2 Arbeitskräfte)

Gerätekosten werden vernachlässigt. Allerdings fallen Verschleißteilkosten (Bohrkronen) an. Hierbei wird von einem Bohrkronenverschleiß von 0,4 Bohrkronen/Monolith ausgegangen

▪ Bohrkronen (25 * 0,4 Stück á 200 Euro)	2.000 Euro
▪ Arbeitskräfte (50 AT * 2; 40 Euro/h)	<u>32.000 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>34.000 Euro</b>

**Somit ergeben sich für die Abbrucharbeiten im Bereich des Fischpasses folgende Kosten:**

▪ Vertikale Kernlochbohrungen	<b>14.030,00 Euro</b>
▪ Horizontale Bohrungen	<b>45.840,00 Euro</b>
▪ Trennen der Sohle mit hydraulischem Spaltgerät	<b>3.850,00 Euro</b>
▪ Tauchsägeeinsatz mit Seilsäge	<b>35.822,00 Euro</b>
▪ Seilsägen	<b>10.363,22 Euro</b>
▪ Herausnahme der Monolithe	<b><u>34.000,00 Euro</u></b>
<b>Summe</b>	<b>143.905,22 Euro</b>

***Schleusenbedienungshaus***

Vertikale Kernlochbohrungen (7 AT, 2 Arbeitskräfte)

Neupreis Kernbohrgerät ca. 3000 Euro, Preis Bohrkronen Stück á 200 Euro

Es wird davon ausgegangen, dass der Anschaffungspreis der Kernbohrgeräte eine untergeordnete Rolle spielt. Für die Bohrkronen wird angenommen, dass sie nach einem Bohrloch (8,3 m) ausgewechselt werden müssen. Somit ergeben sich überschlägig folgende Kosten:

▪ Bohrkronen (14 Stück á 200 Euro)	2.800 Euro
▪ Arbeitskräfte (7 AT * 2; 40 Euro/h)	<u>4.480 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>7.280 Euro</b>

Horizontale Bohrungen (17 AT, 2 Arbeitskräfte, davon 1 Taucher)

Der Preis für einen Taucher nebst Leinenführer beträgt ca. 1.100 Euro pro Arbeitstag. Somit ergeben sich Kosten von:

▪ Bohrkronen (2 Stück á 200 Euro)	400 Euro
▪ Arbeitskräfte (17 AT á 8 h * 40 Euro/h)	5.440 Euro
▪ Taucher (17 AT á 1.100 Euro)	<u>18.700 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>24.540 Euro</b>

Trennen der Sohle mit hydraulischem Spaltgerät

Gerätekosten werden vernachlässigt!

Taucher (2 AT á 1.100 Euro) **2.200 Euro**

#### Tauchsägeeinsatz mit Seilsäge (13 AT, 2 Arbeitskräfte)

Neupreis der Seilsäge ca. 25.000 Euro. Die Anzahl der Nutzungsjahre wird mit 5 Jahren und die der Vorhaltemonate mit 45 angenommen. Somit ergibt sich für den monatlichen Satz für Abschreibung und Verzinsung bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 6,5%:

$$k = a + z = \frac{100}{v} * \left(1 + \frac{p * n}{2}\right) = \frac{100}{45} * \left(1 + \frac{0,065 * 5}{2}\right) = 2,6\%$$

Die Reparaturkosten werden pauschal mit monatlich 1,5 % des Neuwertes angenommen. Die Standzeit eines Meters Sägeseil wird mit 5 m angenommen

▪ A+V (monatlich 2,6 %*25.000 Euro*0,6 Monate)	390,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 375 Euro)	<u>225,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>615,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (~166 m <sup>2</sup> *0,2 m Seil/m <sup>2</sup> *280 Euro/lfm Seil)	9.296,00 Euro
▪ Lohnkosten (13 AT * 2 Arbeitskräfte * 40 Euro/h)	<u>8.320,00 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>18.231,00 Euro</b>

#### Seilsägen (5 AT, 2 Arbeitskräfte)

Annahmen siehe oben

▪ A+V (monatlich 2,6 %*25.000 Euro*0,2 Monate)	130,00 Euro
▪ Reparaturkosten (monatlich 375 Euro)	<u>75,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>205,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (~2,37 m <sup>2</sup> *14*0,2 m Seil/m <sup>2</sup> *280 Euro/lfm Seil)	1.858,08 Euro
▪ Lohnkosten (5 AT * 2 Arbeitskräfte * 40 Euro/h)	<u>3.200,00 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>5.263,08 Euro</b>

#### Herausnahme der Monolithe (26 AT, 2 Arbeitskräfte)

Gerätekosten werden vernachlässigt. Allerdings fallen Verschleißteilkosten (Bohrkronen) an. Hierbei wird von einem Bohrkronenverschleiß von 0,4 Bohrkronen/Monolith ausgegangen

▪ Bohrkronen (13 * 0,4 Stück á 200 Euro)	1.040 Euro
▪ Arbeitskräfte (26 AT * 2; 40 Euro/h)	<u>16.640 Euro</u>
▪ <b>Summe</b>	<b>17.680 Euro</b>

**Somit ergeben sich für die Abbrucharbeiten im Bereich des Schleusenbedienungshauses folgende Kosten:**

▪ Vertikale Kernlochbohrungen	<b>7.280,00 Euro</b>
▪ Horizontale Bohrungen	<b>24.540,00 Euro</b>
▪ Trennen der Sohle mit hydraulischem Spaltgerät	<b>2.200,00 Euro</b>
▪ Tauchsägeeinsatz mit Seilsäge	<b>18.231,00 Euro</b>
▪ Seilsägen	<b>5.263,08 Euro</b>
▪ Herausnahme der Monolithe	<b><u>17.680,00 Euro</u></b>
<b>Summe</b>	<b>75.194,08 Euro</b>

#### **4.1.7.2.4 Gesamtkosten**

Die Gesamtkosten ergeben sich aus den Kosten der Fräsarbeiten bzw. der Fräs- und Sägearbeiten:

Kosten der Fräsarbeiten einschließlich Absaugung	<b>460.446,41 Euro</b>
Kosten der Fräsarbeiten „Schleusenbedienungshaus“ und Fischpass“	<b><u>168.301,42 Euro</u></b>
<b>Summe</b>	<b>628.747,83 Euro</b>

#### **Alternativ**

Kosten der Fräsarbeiten einschließlich Absaugung	<b>460.446,41 Euro</b>
Kosten der Sägearbeiten am Fischpass	<b>143.905,22 Euro</b>
Kosten der Sägearbeiten am Schleusenbedienungshaus	<b><u>75.194,08 Euro</u></b>
<b>Summe</b>	<b>679.545,71 Euro</b>

Hierbei wurden folgende Kosten nicht berücksichtigt:

- Kosten für die Baustelleneinrichtung
- Kosten für die Anbringung der Sicherungssysteme der Bagger
- Unternehmerische Kosten für die Baustellengemeinkosten
- Unternehmerische Kosten für die allgemeinen Geschäftskosten
- Kosten des Betreibers, wie Stromversorgung, etc.
- Engineering und Nachweise
- Kosten des Betreibers für Überwachungspersonal

## 8 Entsorgung des baulichen Abraumes

Gerundet fallen beim Betonabtrag der Schleuse Oberrhein ca. 3400 t baulicher Abraum in unterschiedlicher Form an.

Bei der Verfahrensauswahl Fräsen/Absaugen fällt

- gefrästes und gemeißeltes Kleingut mit einem Gewicht ca. 3500 t von in einem Volumen von 3000 m<sup>3</sup>
- an.

Bei der Verfahrensauswahl Fräsen/Absaugen und Tauchsägen fällt

- gefrästes und gemeißeltes Kleingut mit einem Gewicht ca. 3000 t von in einem Volumen von 2500 m<sup>3</sup> und
- 38 Monolithe mit einem Gewicht von jeweils ca. 9,5 t, also insgesamt 360 t und einem Volumen von jeweils ca. 4 m<sup>3</sup>, also insgesamt 152 m<sup>3</sup>
- ca. 118 Kerne aus Kernbohrungen unterschiedlicher Länge und Dicke

an.

Bei der Verfahrensauswahl Tauchsägen fallen

- 354 Monolithe mit einem Gewicht von jeweils ca. 9,5 t, also insgesamt ca. 3363 t und einem Volumen von jeweils ca. 4 m<sup>3</sup>, also insgesamt 1416 m<sup>3</sup>
- ca. 1066 Kerne aus Kernbohrungen unterschiedlicher Länge und Dicke

an.

### Logistik und Kosten des Abtransportes beim Fräsen

Wie in Kap. 4.1.6 bereits ausführlich dargestellt, erfolgt nach der Befüllung der Container der Abtransport mittels des schienengebundenen Baustellenkrans oder Raupenkrans zum Zwischenlagerplatz (vgl. Abb. 4.16). Von dort können die Container mit einem LKW auf die Bauschuttdeponie transportiert werden.

*Kosten des LKW für den Muldentransport (115 kW)*

- |   |                 |
|---|-----------------|
| ▪ mittlerer Neuwert + 40 % (Zusatzrüstung für Mulde)              | 109.900,00 Euro |
| ▪ monatliche Reparaturkosten                                      | 1.730,00 Euro   |
| ▪ monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung (2,8 % von NW) | 3.077,20 Euro   |

Bei einem angenommenen Füllungsgrad von 4 fm<sup>3</sup> Beton ergeben sich ca. 370 Container bzw. Mulden.

Bei einer An- und Abfahrtsdauer des LKW von 2 h ergeben sich somit Transportzeiten von 740 Stunden oder 4,5 Monaten.

Somit ergeben sich die Kosten für den Muldentransport wie folgt:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| ▪ Abschreibung und Verzinsung                                    | 13.847,40 Euro         |
| ▪ Reparaturkosten  | <u>7.785,00 Euro</u>   |
| ▪ Vorhaltekosten (A+V und R)                                     | <b>21.632,40 Euro</b>  |
| ▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)                  | 3.244,86 Euro          |
| ▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)                         | 15.318,00 Euro         |
| ▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)                  | 3.063,60 Euro          |
| ▪ Betriebslohnkosten (740h; 40 Euro/h)                           | 29.600,00 Euro         |
| ▪ Entsorgungskosten (3000 m <sup>3</sup> * 10 €/m <sup>3</sup> ) | <u>30.000,00 Euro</u>  |
| ▪ <b>SUMME</b>   | <b>102.858,86 Euro</b> |

Somit ergeben sich die Gesamtkosten für den Abtransport beim Fräsverfahren zu

**102.858,86 Euro.**

**Logistik und Kosten des Abtransportes beim Fräsen in Verbindung mit den Sägeverfahren**

Wie in Kap. 4.1.6 bereits ausführlich dargestellt, erfolgt nach der Befüllung der Container der Abtransport mittels des schienengebundenen Baustellenkrans oder Raupenkrans zum Zwischenlagerplatz (vgl. Abb. 4.16). Von dort können die Container mit einem LKW auf die Bauschuttdeponie transportiert werden.

Ebenso können die Monolithe nach der Zwischenlagerung in LKWs verladen und auf die Bauschuttdeponie transportiert werden.

*Kosten des LKW für den Muldentransport (115 kW)*

- |   |                 |
|---|-----------------|
| ▪ mittlerer Neuwert + 40 % (Zusatzrüstung für Mulde)              | 109.900,00 Euro |
| ▪ monatliche Reparaturkosten                                      | 1.730,00 Euro   |
| ▪ monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung (2,8 % von NW) | 3.077,20 Euro   |



Bei einem angenommenen Füllungsgrad von 4 fm<sup>3</sup> Beton ergeben sich ca. 320 Container bzw. Mulden zzgl. ca. 5 Container / Mulden infolge der Sägearbeiten.

Bei einer An- und Abfahrtsdauer des LKW von 2 h ergeben sich somit Transportzeiten von 650 Stunden oder 4 Monaten.

Somit ergeben sich die Kosten für den Muldentransport wie folgt:

▪ Abschreibung und Verzinsung	12.308,80 Euro
▪ Reparaturkosten	<u>6.920,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>19.228,80 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	2.884,32 Euro
▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)	13.455,00 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	2.691,00 Euro
▪ Betriebslohnkosten (650h; 40 Euro/h)	26.000,00 Euro
▪ Entsorgungskosten (1300 fm <sup>3</sup> * 2 (Auflockerungsfaktor) * 10 €/m <sup>3</sup> )	<u>26.000,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>90.259,12 Euro</b>

*Kosten des LKW für den Monolithentransport (260 kW)*

▪ mittlerer Neuwert	145.500,00 Euro
▪ monatliche Reparaturkosten	3.200,00 Euro
▪ monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung (2,8 % von NW)	4.070,00 Euro

Es wird unterstellt, dass ein LKW 2 Monolithe laden und transportieren kann. Somit ergeben sich 19 LKW – Ladungen.

Bei einer An- und Abfahrtsdauer des LKW von 2 h ergeben sich somit Transportzeiten von 38 Stunden oder einer Woche.

Somit ergeben sich die Kosten für den Monolithentransport wie folgt:

▪ Abschreibung und Verzinsung	1.017,50 Euro
▪ Reparaturkosten	<u>800,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>1.817,50 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	272,63 Euro
▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)	1.778,40 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	355,68 Euro
▪ Betriebslohnkosten (38 h; 40 Euro/h)	1.520,00 Euro
▪ Entsorgungskosten (152 fm <sup>3</sup> * 10 €/m <sup>3</sup> )	<u>1.520,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>7.264,21 Euro</b>

Somit ergeben sich die Gesamtkosten für den Abtransport beim Fräsverfahren in Verbindung mit dem Sägeverfahren zu **97.523,33 Euro**.

### **Logistik und Kosten des Abtransportes beim Tauchsägeverfahren**

Wie in Kap. 4.2.6 bereits ausführlich dargestellt, erfolgt nach der Herausnahme der Monolithe mittels des schienengebundenen Baustellenkrans oder Raupenkrans die Zwischenlagerung und der Abtransport (vgl. Abb. 4.19). Von der Zwischenlagerstelle können die Monolithe mit einem LKW auf die Bauschuttdeponie transportiert werden.

#### *Kosten des LKW für den Muldentransport (115 kW)*

- |   |                 |
|---|-----------------|
| ▪ mittlerer Neuwert + 40 % (Zusatzrüstung für Mulde)              | 109.900,00 Euro |
| ▪ monatliche Reparaturkosten                                      | 1.730,00 Euro   |
| ▪ monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung (2,8 % von NW) | 3.077,20 Euro   |

Es ergeben sich ca. 55 Container bzw. Mulden, die mit Kernen aus den Kernbohrarbeiten gefüllt sind.

Bei einer An- und Abfahrtdauer des LKW von 2 h ergeben sich somit Transportzeiten von 110 Stunden oder drei Wochen.

Somit ergeben sich die Kosten für den Muldentransport wie folgt:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| ▪ Abschreibung und Verzinsung  | 2.307,90 Euro         |
| ▪ Reparaturkosten  | <u>1.297,50 Euro</u>  |
| ▪ Vorhaltekosten (A+V und R)   | <b>3.605,40 Euro</b>  |
| ▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)                      | 540,81 Euro           |
| ▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)                             | 2.277,00 Euro         |
| ▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)                      | 455,40 Euro           |
| ▪ Betriebslohnkosten (110 h; 40 Euro/h)                              | 4.400,00 Euro         |
| ▪ Entsorgungskosten (ca. 160 fm <sup>3</sup> * 10 €/m <sup>3</sup> ) | <u>1.600,00 Euro</u>  |
| ▪ <b>SUMME</b>   | <b>12.878,61 Euro</b> |

#### *Kosten des LKW für den Monolithentransport (260 kW)*

- |   |                 |
|---|-----------------|
| ▪ mittlerer Neuwert   | 145.500,00 Euro |
| ▪ monatliche Reparaturkosten                                      | 3.200,00 Euro   |
| ▪ monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung (2,8 % von NW) | 4.070,00 Euro   |

Es wird unterstellt, dass ein LKW 2 Monolithe laden und transportieren kann. Somit ergeben sich 177 LKW – Ladungen.

Bei einer An- und Abfahrtsdauer des LKW von 2 h ergeben sich somit Transportzeiten von 354 Stunden oder zwei Monate.

Somit ergeben sich die Kosten für den Monolithentransport wie folgt:

▪ Abschreibung und Verzinsung	8.140,00 Euro
▪ Reparaturkosten	<u>6.200,00 Euro</u>
▪ Vorhaltekosten (A+V und R)	<b>14.340,00 Euro</b>
▪ Verschleißteilkosten (15% der Vorhaltekosten)	2.151,00 Euro
▪ Kraftstoffkosten (0,2 l/KW; 0,9 EUR/l)	16.567,20 Euro
▪ Schmierstoffkosten (20 % v. Kraftstoffkosten)	3.313,44 Euro
▪ Betriebslohnkosten (354 h; 40 Euro/h)	14.160,00 Euro
▪ Entsorgungskosten (1416 fm <sup>3</sup> * 10 €/m <sup>3</sup> )	<u>14.160,00 Euro</u>
▪ <b>SUMME</b>	<b>64.491,64 Euro</b>

Somit ergeben sich die Gesamtkosten für den Abtransport beim Tauchsägeverfahren zu **77.370,25 Euro.**

Alternativ dazu ist es auch möglich, den baulichen Abraum mittels eines Schiffes zu entsorgen. Dazu müsste dieses Schiff (z.B. Schute) längs am Main an der mainseitigen Kammerwand festgemacht werden. In diesem Schiff könnte das gesamte Abbruchgut gesammelt werden.

Im Zuge der Fräsarbeiten werden die vollen Behälter mit dem Kran auf das Schiff transportiert und entleert. Bei den Arbeiten auf der mainseitigen Kammerwand kann das Abbruchgut direkt von der Absauganlage über Schüttrohre in das Schiff geleitet werden.

Im Zuge der Fräsarbeiten unter Wasser könnte der Druckschlauch der hydraulischen Sauganlage direkt in das Schiff geleitet werden. Das Schiff dient somit zugleich als Spülfeld für den Abraum. Das „klare“ Wasser kann mit einer zweiten Pumpe aus dem Schiff gepumpt werden.

Das Schiff sollte eine Größenordnung von ca. 2.000 TT besitzen. Bei einer Vorhaltezeit von 6 Monaten entstehen Bereithaltungskosten in Höhe von 337.500 Euro (Preisstand 1994 für 1 Jahr 1.100.000 DM + 20 % Inflation).

Diese Bereithaltungskosten beinhalten ca. 50 % Lohnkosten. Da dieses Schiff die meiste Zeit an der mainseitigen Kammerwand festgemacht ist, wird dessen Treibstoffverbrauch vernachlässigt. Ebenso wird Personal nur temporär benötigt. Aus diesem Grund wird auf den oben genannten Preis ein Abschlag in Höhe von ca. 30 % vorgenommen. Damit ergibt sich der Preis eines Schiffes zu:

▪ Preis Schiff (6 Monate)	<b>235.000 Euro</b>
▪ Entsorgungskosten (ca. 3000 m <sup>3</sup> * 10 Euro/m <sup>3</sup> )	<b><u>30.000 Euro</u></b>
<b>Summe</b>	<b>265.000 Euro</b>

## 9 Kosten

Nachfolgend sind die überschlägig ermittelten Herstellungskosten aufgeführt. Zur Gesamtübersicht fehlt der dritte Kostenblock Beistellungen des Betreibers. Die hier dargestellten Kosten sind im Rahmen von ersten Informations- und Fachgesprächen mit Ausführungs- und Herstellerfirmen erarbeitet worden und können daher nur als Richtwerte verwendet werden.

### Herstellungskosten mittels Fräsverfahren

Kosten der Fräsarbeiten einschließlich Absaugung	<b>460.446,41 Euro</b>
Kosten der Fräsarbeiten „Schleusenbedienungshaus“ und Fischpass“	<b><u>168.301,42 Euro</u></b>
<b>SUMME</b>	<b>628.747,83 Euro</b>

### Herstellungskosten mittels Sägeverfahren

▪ Bohrvorgang 1	<b>85.440,00 Euro</b>
▪ Bohrvorgang 2	<b>619.240,00 Euro</b>
▪ hydraulisches Spaltgerät	<b>52.800,00 Euro</b>
▪ Tauchsägevorgang	<b>506.065,00 Euro</b>
▪ Seilsägevorgang	<b>139.568,32 Euro</b>
▪ Herausnahme der Monolithe	<b><u>481.440,00 Euro</u></b>
▪ <b>SUMME</b>	<b>1.884.553,32 Euro</b>

### Alternativ Fräsen i.V.m. Sägeverfahren

Kosten der Fräsarbeiten einschließlich Absaugung	<b>460.446,41 Euro</b>
Kosten der Sägearbeiten am Fischpass	<b>143.905,22 Euro</b>
Kosten der Sägearbeiten am Schleusenbedienungshaus	<b><u>75.194,08 Euro</u></b>
<b>SUMME</b>	<b>679.545,71 Euro</b>

**Kosten für die Schallschutzhallen** **112.000 Euro**

**Kosten für die mobile Lärmschutzwand** **117.600 - 193.200 Euro**

### Abtransport des Abbruchmaterials mittels LKWs

▪ beim Fräsverfahren	<b>102.858,86 Euro</b>
▪ beim Sägeverfahren	<b>77.370,25 Euro</b>
▪ Fräsen i.V.m. Sägeverfahren	<b>97.523,33 Euro</b>

**Abtransport des Abbruchmaterials mittels Schiff****265.000 Euro****Gesamtkosten für das Fräsverfahren:**

Abraumtransport	Lärmschutz		
	Schallschutzhalle	mobile Lärmschutzwand	
		von	bis
LKW	843.606,69 Euro	849.206,69 Euro	924.806,69 Euro
Schiff	1.005.747,83 Euro	1.011.347,83 Euro	1.086.947,83 Euro

**Gesamtkosten für das Sägeverfahren:**

Abraumtransport	Lärmschutz		
	Schallschutzhalle	mobile Lärmschutzwand	
		von	bis
LKW	2.099.412,18 Euro	2.105.012,18 Euro	2.180.612,18 Euro
Schiff	2.261.553,32 Euro	2.267.153,32 Euro	2.342.753,32 Euro

**Gesamtkosten für das Sägeverfahren in Verbindung mit dem Fräsverfahren:**

Abraumtransport	Lärmschutz		
	Schallschutzhalle	mobile Lärmschutzwand	
		von	bis
LKW	894.404,57 Euro	900.004,57 Euro	975.604,57 Euro
Schiff	1.056.545,71 Euro	1.062.145,71 Euro	1.137.745,71 Euro

**Folgende Kosten wurden nicht berücksichtigt:**

- Kosten für die Baustelleneinrichtung
- Unternehmerische Kosten für die Baustellengemeinkosten
- Unternehmerische Kosten für die allgemeinen Geschäftskosten
- Kosten des Betreibers, wie Stromversorgung für die Geräte, Baustellenkran etc.
- Engineering und Nachweise
- Sicherheitspersonal des Betreibers
- Kosten der Sicherungssysteme für die Bagger beim Fräsverfahren

**Diese Kosten stellen nochmals einen erheblichen Teil der Gesamtkosten dar. Sie können bis zu 80 % über den oben angegebenen Kosten der Verfahren liegen.**

## 11 Ablaufplan

Auf den nächsten Seiten befinden sich Ablaufpläne für den Betonrückbau der Schleuse Obernau für die beiden Verfahren Fräsen und Sägen.

### **Ablaufplan Fräsverfahren:**

Beim Punkt 1 „Baustelleneinrichtung“ sind Zeiträume genannt, in denen die unterschiedlichen Arbeiten durchzuführen sind. Alle anderen Punkte beinhalten die Zeiten, die für die Abtragsarbeiten nötig sind.

Zur Aufstellung der Lärmschutzhalle müsste die Installation der Schienensysteme auf den 1. Tag verlegt werden. Nach erfolgter Teilinstallation des Schienensystems – Baggersicherung und der Kranschiene kann mit dem Bau der Halle begonnen werden.

Es wird davon ausgegangen, dass zunächst der kleinere der beiden Bagger mittels Ponton eingeschifft wird und alle Arbeiten am Fischpass und am Schleusenbedienhaus verrichtet. Nach Verrichtung dieser Arbeiten beginnt er mit den Arbeiten oberhalb des Wasserspiegels auf der mainseitigen Kammerwand.

### **Ablaufplan Sägeverfahren:**

Beim Punkt 1 „Baustelleneinrichtung“ sind Zeiträume genannt, in denen die unterschiedlichen Arbeiten durchzuführen sind. Alle anderen Punkte beinhalten die Zeiten, die für die Abtragsarbeiten nötig sind.

Der Punkt „Arbeitsinhalte“ enthält Anmerkungen, wenn mehrere Teams für die anstehenden Arbeiten erforderlich sind. Dabei wurden für die horizontalen Bohrungen 3 Tauchteams angesetzt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass an jedem dritten Tag eines dieser Tauchteams die Spaltvorgänge mit der Hydraulikpresse vornimmt.

### **Ablaufplan Fräsverfahren mit Sägeverfahren:**

Beim Punkt 1 „Baustelleneinrichtung“ sind Zeiträume genannt, in denen die unterschiedlichen Arbeiten durchzuführen sind. Alle anderen Punkte beinhalten die Zeiten, die für die Abtragsarbeiten nötig sind.

Der Punkt „Arbeitsinhalte“ enthält Anmerkungen, wenn mehrere Teams für die anstehenden Arbeiten erforderlich sind.

## 12 Zusammenfassung

Im Mittelpunkt steht die Darstellung möglicher Verfahren und der dazugehörigen Maschinenteknik zum Betonabtrag der Schleuse Obernau. Diese Verfahren wurden nach ihrer prinzipiellen Einsetzbarkeit und ihrer Leistung sowie den Vor- und Nachteilen untersucht. Daraus wurde eine Empfehlung abgeleitet, die zwei mögliche Verfahren beinhaltet:

- Fräsverfahren mit teilweiser Unterstützung des Meißelverfahrens und gleichzeitiger Absaugung des Abraums oberhalb und unterhalb des Wasserspiegels.
- Kombination der Sägeverfahren mit Unterstützung des hydraulischen Sprengens mit anschließendem Abtransport von Monolithen mit einem schienengebundenem Kran.

Bei der weiteren Untersuchung zeigte sich, dass das Fräsverfahren das kostengünstigste und zeitsparende Verfahren ist. Allerdings liegt die Problematik am geringen Platz auf der mainseitigen Kammerwand. Hierbei ist auf eine besondere Sorgfalt hinsichtlich des Sicherungssystems des Baggers zu achten.

Das pneumatische Absaugsystem wurde hinreichend in Verbindung mit dem Meißelverfahren erprobt. Es ist davon auszugehen, dass dieses Verfahren auch beim Fräsverfahren zuverlässig arbeitet.

Das hydraulische Absaugsystem wird in der Industrie z.B. zur Förderung von Kies aus Baggerseen mit einem Saugbagger verwendet. Es ist ein gängiges, industriebewährtes Verfahren. Allerdings sind dem Auftragnehmer keine Einsätze bekannt, wo dieses Verfahren im Zuge von Abbrucharbeiten eingesetzt wurde. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, dieses Verfahren zu erproben und seine Zuverlässigkeit zu testen.

Wenn die Erprobung des hydraulischen Absaugsystems in Verbindung mit Fräsarbeiten seitens des Auftraggebers gewünscht wird, könnte der Auftragnehmer diese Versuche durchführen. Hierbei würden zusätzliche Kosten entstehen. Ziel dabei wäre die Konstruktion eines effektiven Schutzes vor Herabfallen des Fräsgutes und die Feststellung des Wirkungsgrades der Absaugung. Daraus lässt sich ableiten, wie viel Fräsgut tatsächlich innerhalb eines Tages in die Kammer fällt und welche Maßnahmen zur Herausnahme des Fräsgutes ergriffen werden müssen.

Die jeweiligen Absaugsysteme befinden sich in der Nähe der Bagger. Sie stehen auf Plattformen, die mit den Baggern verbunden sind. Dies hat zur Folge, dass die Förderstrecken konstant und die Förderweiten klein gehalten werden können, was sich in der benötigten Leistung der Förderanlagen niederschlägt.



Somit wurde ein Gesamtsystem geschaffen, was den Abtrag und Abtransport vom Arbeitsort gleichermaßen erfüllt. Der Abraum wird bei diesem Verfahren in abtransportfähige Behälter befördert, so dass bezüglich der Abfalllogistik keine hohen Anforderungen gestellt werden müssen.

Die Sägeverfahren, die im Zuge der Betonabtragsarbeiten der Schleuse Obernau verwendet werden, sind industrieübliche und ausreichend getestete Verfahren. Das Hauptaugenmerk liegt in der Trennung der Monolithe von der Sohle. Hierbei sollten die Abstände der Kernlochbohrungen für das Aufspalten des Betons auf Sohlenniveau mit dem hydraulischen Spaltgerät durch Versuche ermittelt werden. Dabei spielt die Betongüte eine wichtige Rolle.

Die entscheidende Phase ist bei diesem Verfahren die Herausnahme der Monolithe. Dabei sollte das vorgeschlagene Halte- und Ausziehsystem in Verbindung mit der Festigkeit des vorherrschenden Betons von einem Statikbüro geprüft werden. Aufgrund der vorherrschenden Betongüte der Kammerwände der Schleuse Obernau ist davon auszugehen, dass einige Monolithe bei der Herausnahme auseinanderbrechen. Als zusätzliche Sicherung würde sich eine Metallplatte eignen, die kammerseitig mit dem Monolithen verschraubt wird.

Die Gesamtkosten für die reine Abbrucharbeit sind bei den vorgeschlagenen Verfahren unterschiedlich hoch. Sie liegen nach unseren Schätzungen in der Größenordnung von

- 0,9 Mio. Euro an Investitionen und Löhnen für das Fräsverfahren
- 2,1 Mio. Euro an Investitionen und Löhnen für das Sägeverfahren

Aufgrund der hohen Geräuschemissionen beider Verfahren ist von Arbeiten in den Nachtstunden abzuraten. Die Arbeiten sollten also nur während den 4 x einstündigen Zeiten mit Beeinträchtigung des Schiffsverkehrs stattfinden.

Die Zeit für die reinen Betonabtragsarbeiten mit dem Fräsverfahren liegen bei ca. 4 Monaten, die für das Sägeverfahren bei ca. 6 Monaten wobei bei der Betrachtung des Sägeverfahrens mit einem parallelen Arbeiten an beiden Kammerwänden ausgegangen worden ist.

Von einem parallelen Arbeiten an beiden Kammerwänden ist allerdings abzuraten, da bei einer einseitigen Arbeitsweise eine Kammerwandseite für den Schiffsbetrieb vollständig intakt bleibt. Somit ergibt sich für die Wahl des Sägeverfahrens zunächst eine einseitige Sanierung der Kammer. Die Sägearbeiten der gegenüberliegenden Kammerwandseite erfolgen nach der Fertigstellung der Sanierung der ersten Kammerwandseite.

Durch die Auswertung der Verkehrstagebücher der Schleuse Obernau ließen sich sowohl Jahreszeiten als auch Tageszeiten für die günstigste Zeitspanne der Abtragsarbeiten ermitteln. Die Auswertung erfolgte unter dem Gesichtspunkt, dass das Fräsverfahren angewendet wird, da für das Sägeverfahren immer „ungünstige“ Jahreszeiten für den Schiffsverkehr mit berücksichtigt werden müssen. Beim Fräsverfahren konnten Jahres- und Tageszeiten ermittelt werden, an denen die Schifffahrt in zumutbarem Maße behindert wird. Allerdings lassen sich aus den Auswertungen keine zuverlässigen Prognosen ableiten, es ist aber eine Tendenz festzustellen, zu welchen Zeiten die Verkehrsdichte gering ist.

Als weiterer Gesichtspunkt für die Festlegung der 4 x einstündigen Zeitfenster bietet sich die Betrachtung der Liegestellen an. Hierdurch können ebenso Prognosen bzgl. der Ankunft der Schiffe an der Schleuse Obernau abgeleitet werden.

Abschließend lässt sich sagen, dass ein Betonabtrag an der Schleuse Obernau unter Schifffahrtsbetrieb durchaus möglich ist, wobei hohe Anforderungen an die Sicherheit und an die Baugeräte gesetzt werden müssen.