

**Projekthandbuch 2****Klärwerk Gut Großlappen  
Modernisierung der Primärschlammeindickung**

Projektgenehmigung

**Inhaltsverzeichnis**

1. Bedarf .....	2
1.1 Bedarfsgrund .....	2
1.2 Bedarfsumfang .....	4
2. Planungskonzept .....	5
2.1 Oberflächenschutzsystem .....	5
2.2 Krählwerke .....	6
2.3 Abluftbehandlung .....	7
2.4 Elektrische Mess-, Steuer- und Regeltechnik .....	10
2.5 Behälterbedachungen und außenliegenden Stahlbauteile .....	11
3. Dringlichkeit .....	12
4. Gegebenheiten des Grundstückes .....	13
5. Rechtliche Bauvoraussetzungen .....	13
6. Klimaprüfung .....	14
7. Kosten .....	14
8. Steuern .....	15
9. Finanzierung .....	15

## Anlagen

- A) Termin- und Mittelbedarfsplan
- B) Folgekosten

## 1. Bedarf

### 1.1 Bedarfsgrund

Das Klärwerk (KLW) Gut Großlappen reinigt ca. zwei Drittel des Abwassers, das in der Landeshauptstadt München und in den angeschlossenen Regionsgemeinden anfällt. Im Rahmen der Abwasserbehandlung entstehen Klärschlämme, die abgetrennt, gesammelt und für die weitere Entsorgung behandelt werden müssen. Dafür ist das KLW Gut Großlappen mit vier Eindickern (ED) ausgerüstet. In diesen werden die gesammelten Schlämme statisch eingedickt. Dadurch wird das Volumen stark reduziert, was in einem geringeren Energiebedarf in den nachfolgenden Prozessschritten und für die Förderung resultiert.

Die Klärschlämme werden je nachdem, ob sie in der mechanischen oder biologischen Reinigungsstufe entstehen, als Primärschlämme oder Sekundärschlämme bezeichnet. Insbesondere die Primärschlämme enthalten in hohem Maße organische Bestandteile, die sich leicht zersetzen. Dabei werden gasförmige Produkte freigesetzt, vor allem Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) und in geringerem Umfang Methan ( $CH_4$ ).

Die Behälter der Eindickeranlage sind kreisrunde Bauwerke aus Stahlbeton, die nach oben durch eine ebenfalls aus Stahlbeton bestehende Kuppel abgeschlossen werden (siehe Abbildung 1). Im Inneren ist ein Krählwerk aus Stahl eingebaut, das von außen über ein Getriebe elektrisch angetrieben wird. Das Krählwerk rotiert sehr langsam. Dabei wird beim Durchlaufen der Wasserzone über eine kammartige Struktur der Aufstieg des Wassers an die Oberfläche und im Gegenzug das Absinken des Schlammes zum Boden hin begünstigt. Gleichzeitig wird der eingedickte Schlamm am Boden zu einem Austragstrichter geschoben, um von dort durch Pumpen abgezogen zu werden.

Die Eindicker sind als geschlossenes System konzipiert und bisher nicht für den Abzug der Gase ausgerüstet. Teilweise lösen sich diese im Abwasser und werden mit diesem in andere Prozessschritte verschleppt oder sie entweichen diffus durch Undichtigkeiten oder bei Arbeiten am Behälter.

Im Betrieb konzentrieren sich die Ausgasungen über dem Wasserspiegel und interagieren mit dem Bauwerk und den mechanischen Einbauten. Da die Füllhöhe in den Eindickern leicht schwankt, bildet sich eine sogenannte Wasserwechselzone. In dieser liegen die Oberflächen des Bauwerkes und der Einbauten abwechselnd zeitweise trocken oder im Abwasser. Hier bildet der Schwefelwasserstoff eine saure Lösung und greift sowohl Teile der Maschinenteknik aus Stahl als auch die Behälterwandungen aus Beton an. Gegen diesen Angriff werden die Eindicker Wände durch ein Oberflächenschutzsystem (OSS) abgeschirmt. Die Stahlteile werden hingegen regelmäßig inspiziert und nach Bedarf instandgesetzt, soweit dies die Einbausituation zulässt.

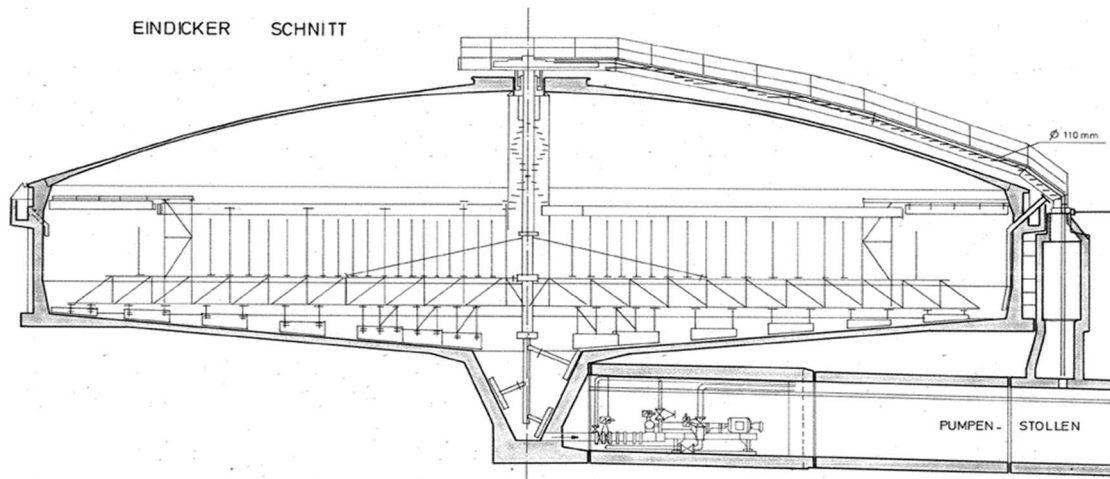


Abbildung 1: Schnittdarstellung eines Eindickers im Klärwerk Gut Großlappen mit Krählwerk (Zustand bei Erstausrüstung)

Die Eindickeranlage (EDA) wurde Ende der 1970er Jahre gebaut und war in dieser Form bis zur zweiten Hälfte der 1980er Jahre in Betrieb. Durch die Errichtung des Klärwerks Gut Marienhof und mit der Inbetriebnahme der Schlammverbrennung im Heizkraftwerk Nord wurden dann Prozessanpassungen und Umbauten nötig. Zu Beginn der 2000er Jahre waren erste größere bauliche Sanierungsmaßnahmen erforderlich. Zwischen 2010 und 2012 mussten die Ablaufgerinne aller Eindicker instandgesetzt werden. Dabei erhielten diese eine gasdichte Auskleidung aus Edelstahl.

Aktuell besteht Handlungsbedarf an Eindicker 1 (ED1) und Eindicker 2 (ED2), die mit Primärschlamm beaufschlagt werden. Wie oben beschrieben, führen die Zersetzungsprozesse im Abwasser zur Entstehung und Freisetzung von Schwefelwasserstoff. Auf Grund der langen Betriebszeit seit der letzten umfassenden Sanierung, haben sich innen im Oberflächenschutzsystem Schadstellen gebildet, durch die  $H_2S$  eindringen und den Beton angreifen kann. Im ED2 wurde das OSS bereits 2019 in einer Notfallmaßnahme saniert, weil der damalige Zustand besorgniserregend war und zur Sicherung des Bauwerks schnellstmöglich gehandelt werden musste (siehe Abbildung 2).

Die Krählwerke weisen auf Grund ihrer bisherigen langen Lebensdauer Schäden auf, die über den Umfang der regelmäßigen Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen hinausgehen. Insbesondere der Verschleiß im Bereich der Schlammaufgabe ist gravierend und mit der Gefahr von Folgeschäden mit langfristigem Betriebsausfall verbunden. Die gasdichte Durchführung der Krählwerkswelle durch die Kuppel – die sogenannte Wassertasse – ist durch Korrosion stark angegriffen.

Die Behälterbedachungen der Eindicker 1 und 2 sind über die Jahrzehnte undicht geworden. Sie sind durchnässt und können ihre Funktion als Dämmung nicht mehr erfüllen. Für die Sanierung der Krählwerke müssen sie teilweise entfernt werden.

Zur Durchführung von Inspektionsarbeiten im Betrieb der Eindicker müssen vom Betriebspersonal regelmäßig Luken geöffnet werden, um in den Behälter hineinsehen zu können. Dabei tritt Schwefelwasserstoff aus und stellt potentiell ein hohes Gesundheitsrisiko für die Beschäftigten dar. Um dies abzuwenden, wird für die Dauer der jeweiligen Arbeiten eine provisorische Absaugung genutzt, die jedoch das Gas unbehandelt ableitet und somit keine dauerhafte Einrichtung darstellen kann. Die diffusen Ausgasungen der Eindicker 1 und 2 stellen zusätzlich eine Quelle von Geruchsbelästigungen dar.

## 1.2 Bedarfsumfang

Für die Maßnahme „8-2208, K LW I, Modernisierung der Primärschlammverdickung“ wurden durch die Werkleitung am 18.12.2020 das Bedarfsprogramm genehmigt sowie am 25.10.2023 die Vorprojektgenehmigung erteilt.

Mit dem Bedarfsprogramm wurden folgende Aufgabenstellungen angesprochen:

- Erneuerung des beschädigten Oberflächenschutzsystems im ED 1
- Erneuerung der Krählerwerke und Armaturen in den ED 1 und ED 2
- Errichtung einer Abluftbehandlung für die ED 1 und ED 2
- Sanierung der Dachflächen der ED 1 und ED 2
- Sanierung der außenliegenden Stahlbauteile der ED 1 und ED 2

Der Sanierungsaufwand des Oberflächenschutzsystems wurde durch baufachliche Gutachten festgestellt. Es umfasste visuelle Aufnahmen der Schadensstellen an Decke, Wand und Boden der Innenflächen der Eindicker, Bestimmungen der chemischen Zusammensetzung des Betons, Bohrkernentnahmen und Messungen der Druckfestigkeit des Betons sowie Ultraschallmessungen. Aus den betrieblichen Gegebenheiten, den vorgefundenen Schadensbildern und der durchgeführten Ursachenforschung wurden geeignete Maßnahmen zur Sanierung des OSS abgeleitet. Demnach sind im Bereich der Decke des Behälters und im Wandbereich ca. 1110 m<sup>2</sup> und am Behälterboden ca. 950 m<sup>2</sup> der Oberflächen zu erneuern.

Um den Zustand der Maschinenteknik festzustellen, wurden Begehungen der Eindicker im Innen- und Außenbereich durchgeführt. Die vorgefundenen Schäden wurden fotografisch dokumentiert und die Sanierungsfähigkeit insbesondere der Krählerwerke durch Audits von einem Fachbetrieb festgestellt. Im Ergebnis sind die Krählerwerke mit Antriebsrahmen umfassend reparaturbedürftig. Die Wassertasse sowie alle außenliegenden Armaturen und die Antriebstechnik sind auf Grund von fortgeschrittenem Verschleiß und Abkündigung der Produkte nicht reparaturfähig und vollständig auszutauschen.

Durch Messungen konnte die Konzentration von Schwefelwasserstoff im Gasraum bei Öffnen der Eindicker festgestellt werden. Über Versuche im Labormaßstab wurde das Ausgasungsverhalten des Primärschlammes und die Zusammensetzung der Gase untersucht. Ein mehrtägiger Absaugversuch aus dem Gasraum des Eindickers und dem den Behältern umlaufenden Dekantatgerinne lieferte unter Betriebsbedingungen eine Größenordnung von insgesamt 750 m<sup>3</sup>/h, die von einer Abluftbehandlung zu erfassen sind.

Mit der Erneuerung von Maschinenteknik - insbesondere der Krählerwerke – ist auch neue Antriebs-, Automatisierungs- und Messtechnik vorzusehen.

Für die maschinentechnische und bauliche Sanierung sind umfassende Rückbauten von außenliegenden Bauteilen, z. B. Treppenaufgängen und Bühnen aus Stahl, durchzuführen. Da diese auch die Trassen für die Energieversorgung und der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sind, müssen die Vor-Ort-Steuereinheiten und alle vorhandenen Kabel vollständig zurückgezogen und erneuert werden.

Für die Erneuerung der Krählerwerke bzw. der Wassertasse und des Antriebsrahmens ist ein Teil der Behälterbedachungen zu entfernen. Bei Inaugenscheinnahme der Dachflächen wurde festgestellt, dass diese offenbar durch Schadstellen ihre Dichtigkeit eingebüßt haben. Eine lokale Wiederherstellung ist daher aus Gründen der Haltbarkeit nicht möglich. Es müssen daher insgesamt ca. 1500 m<sup>2</sup> Dachfläche neu eingedeckt werden.

## 2. Planungskonzept

### 2.1 Oberflächenschutzsystem

Die Sanierung des Oberflächenschutzsystems im Eindicker 1 zielt im Grundsatz auf die Wiederherstellung der ursprünglichen Funktion des OSS. Dementsprechend wurde die notwendige Vorgehensweise auf ein baufachliches Gutachten abgestützt, das den Zustand des Bauwerks, den Umfang und die Art der Schädigung sowie die Ermittlung der Schadenursachen zum Gegenstand hatte. Aus den gewonnenen Erkenntnissen leiten sich die detailliert beschriebenen Gegenmaßnahmen ab.

Vorgefunden wurden lokale Beschädigungen des OSS in Form von Rissbildungen und Ablösungen. An den betreffenden Stellen konnte der Angriff durch biogene Schwefelsäure als Produkt des vorhandenen Schwefelwasserstoffes als Ursache ermittelt werden. Bedingt wurde dies durch nicht schwefelsäurebeständige Bestandteile in der bisherigen Beschichtung. Die Schäden traten jeweils lokal auf und wuchsen sukzessive von der Eintrittsstelle konzentrisch in die Tiefe des Betons. Dabei wurden Eindringtiefen von i. d. R. bis 10 mm in Teilbereichen bis 25 mm vorgefunden. Der chemische Angriff auf das Bauwerk ist innerhalb des Eindickers nur für den Gasraum feststellbar, nicht jedoch in den mit Schlamm beaufschlagten Bereichen. Das ist auch an den stark korrodierten Befestigungselementen ablesbar, die im Gasraum frei liegen.

Positiv konnte festgestellt werden, dass in allen geschädigten Bereichen eine ausreichende Überdeckung der Bewehrungsstähe gegeben ist und diese somit noch unbeschädigt sind. Die Standsicherheit des Bauwerks ist daher durch die festgestellten Schäden nicht beeinträchtigt.

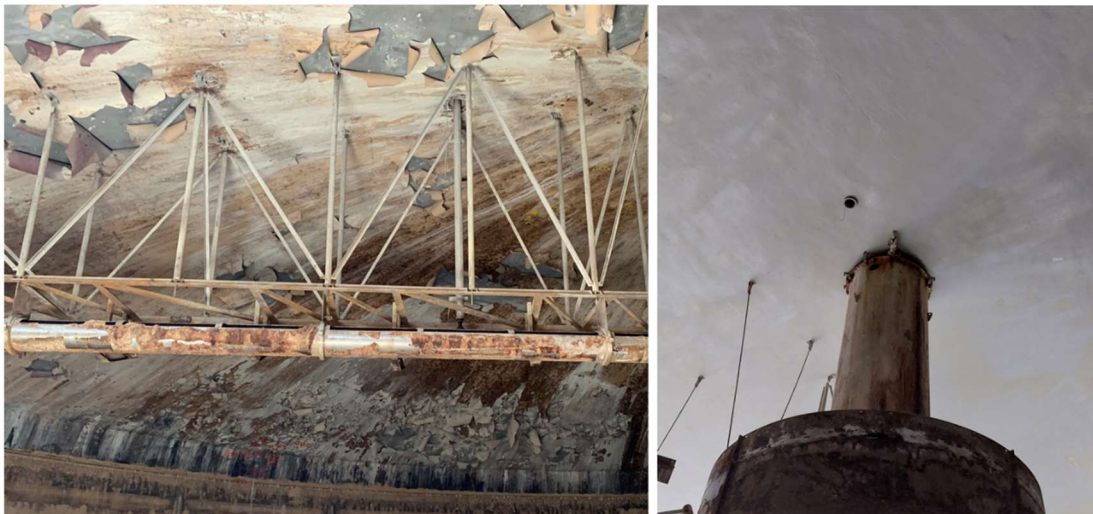


Abbildung 2 - Oberflächenschutzschicht beschädigt und erneuert im ED 2

Auf dem Behälterboden wurden Schäden vorgefunden, die auf mechanische Abnutzung durch den Betrieb des Krählerwerks zurückgeführt werden. Ursächlich ist hier das Überfahren der Fläche mit den Räumschilden.

Das Sanierungskonzept sieht dementsprechend vor, die beschädigten Bereiche des Betons oberflächlich bis zu einer Tiefe von 10 mm bis maximal 30 mm abzutragen und anschließend mit einem geeigneten Instandsetzungsmörtel wieder aufzubauen und zu remodellieren. Auf diese Fläche ist dann ein neues, schwefelsäurebeständiges OSS aufzutragen. Zusätzlich sind die Befestigungsmittel des Krählerwerks gegen solche aus einem säurebeständigen Stahl auszutauschen.



## 2.2 Krählwerke

Die Krählwerke weisen nach einer Betriebszeit von über dreißig Jahren starke Verschleißerscheinungen auf (siehe Abbildung 3). Ursächlich sind dafür die aggressiven Bedingungen in den Eindickern. Betroffen sind vor allem die Bauteile, die sich im Übergang zwischen Schlammfüllung und Gasraum befinden. Daher werden die Einrichtungen regelmäßig überprüft und instandgesetzt, soweit es der konstruktive Aufbau der Anlage zulässt. Im Verlauf der Planung (Vorplanung) wurden verschiedene Lösungsansätze im Rahmen einer Multikriterienanalyse untersucht und miteinander verglichen. In Betracht kamen eine Reparatur (Variante 1) oder der Neubau (Variante 2) der Krählwerke. Als Bewertungskriterien wurden die Betrieblichen Eigenschaften (hinsichtlich Betriebsweise, Wartungsaufwand und Beständigkeit), die Kosten (für Investition, Nutzung und betrieblichen Unterhalt), die Umweltwirkung und die Auswirkung (Risiko) auf den Bauablauf des Projektes herangezogen.



Abbildung 3 - Schadensbilder am Krählwerk ED 1

In beiden Varianten ist die Wassertasse vollständig zu erneuern. Sie zeigt in beiden Eindickern starke Korrosionserscheinungen und ist in der Kuppel mit Beton eingegossen und somit fest mit dem Bauwerk verbunden. Eine zerstörungsfreie Demontage ist daher nicht möglich.

## Bewertung

In Bezug auf die betrieblichen Belange stellte sich der Neubau als Vorzugsvariante dar, weil der Wartungsaufwand mit neuen, beständigeren Materialien verringert werden kann. Ebenso wirkten sich ein neuer, energieeffizienter Antrieb positiv auf die Bilanz aus. Demgegenüber stellen sich die Kosten einer Reparatur als geringer im Vergleich zum Neubau dar. Problematisch ist jedoch, dass die Versorgung mit Ersatzteilen wegen des Alters der Anlage nicht mehr gewährleistet ist. Zudem entspricht insbesondere die Antriebseinheit hinsichtlich des konstruktiven Aufbaus und der Energieeffizienz nicht mehr dem Stand der Technik. Zusätzlich besteht ein betriebliches und wirtschaftliches Risiko während der Bauphase. Sollten im Rahmen einer Reparatur weitere Schäden aufgedeckt werden, die nicht durch das Audit vor Ort festgestellt werden konnten, würde sich die Reparaturdauer deutlich verlängern. Dadurch erhöht sich das Risiko eines Ausfalls des noch in Betrieb befindlichen Eindickers auf Grund der vorhandenen Schäden, wodurch die Primärschlammeindickung ausfallen würde. Eine Unterbrechung des Bauablaufs wegen der Verzögerung brächte zeitbedingt Mehrkosten z. B. für Konservierung von Bauteilen, mehrfache Anreise von Baufirmen und eine länger Bauüberwachung mit sich.

Im Ergebnis lagen beide Varianten sehr eng beieinander. Vor allem wegen der Risiken im betrieblichen Unterhalt wurde dem Neubau trotz der höheren Kosten der Vorzug gegeben. Die vorhandenen Krähelwerke werden demnach gegen neu herzustellende Baugruppen ersetzt. Das schließt auch die Zuführleitungen für Primärschlamm vom Anschlussflansch nach der vorlaufenden, erdverlegten Leitung bis zur Schlammaufgabe im Eindicker und die Skimmerrinnen zur Ableitung des Schwimmschlammes innerhalb der Eindicker sowie die außenliegenden Antriebe ein.

## 2.3 Abluftbehandlung

Für die Erstellung einer Abluftbehandlung sind im relevanten Anwendungsbereich am Markt mehrere grundsätzlich geeignete Lösungen zu finden. Darum wurden auch dazu im Verlauf der Planung (Vorplanung) verschiedene Möglichkeiten im Rahmen einer Multikriterienanalyse untersucht und miteinander verglichen. In Betracht kamen drei Verfahren, von denen eine im Detail noch variiert wurde. Diese sind:

- Variante 1.1 Chemischer Wäscher mit Biofilter
- Variante 1.2 Biowäscher mit Biofilter
- Variante 2 Photoionisation
- Variante 3 Aktivkohlefilter

Als Bewertungskriterien wurden die Betrieblichen Eigenschaften (hinsichtlich Betriebsweise, Betriebssicherheit, Arbeitssicherheit, Betriebsaufwand und Erweiterbarkeit), die Kosten (für Investition, Nutzung und betrieblichen Unterhalt), die Umweltwirkung und der Platzbedarf der jeweiligen Anlage herangezogen.

Aus dem Variantenvergleich konnte herausgearbeitet werden, dass insbesondere die Varianten 1.1 und 1.2 aus betrieblicher Sicht am wenigsten geeignet sind. Zum einen ist das Handling von chemischen Betriebsstoffen notwendig (Var. 1.1), was erhöhte Anforderungen an den Arbeitsschutz wegen der gesundheitlichen Risiken für das Personal mit sich bringt. Zudem ist in den Wäscherkolonnen wegen der in München gegebenen Wasserqualität (insb. Wasserhärte, Var. 1.1) und wegen des Aufwuchses von Biomasse (Var.1.2) mit einem sehr hohen Wartungsaufwand zu rechnen.

Auch ist die verfahrenstechnische Flexibilität nur in geringem Maße gegeben, wobei entweder ein sehr hoher Regelungsaufwand betrieben werden muss (Var. 1.1) oder sich das System nicht schnell genug an Änderungen adaptieren kann (Var.1.2).

Die Varianten 2 und 3 kommen hingegen mit einem breiten Spektrum an Abluftströmen zurecht, ohne Qualitätseinbußen bei der Reinigung der Abluft hinnehmen zu müssen. Es kann auch gänzlich auf Zugabe von Chemikalien verzichtet werden. Allerdings führt die kontinuierliche Beladung der Aktivkohlefilter (Var. 3) dazu, dass ca. vierteljährlich die komplette Füllung mit Filtermaterial ausgetauscht werden muss. Der Wartungsaufwand ist bei der Photoionisation (Var. 2) am geringsten, da die Menge an Aktivkohle gering und die Anlagerung nicht der primäre Prozess der Abluftbehandlung ist. Die Standzeiten können mit ca. 1,5 Jahren angenommen werden.

Auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit schneiden die Varianten 2 und 3 deutlich besser ab als die Wäschersysteme der Varianten 1.1 und 1.2. Letztgenannte verfügen mit Pumpen, Betriebsmittelbehältern und Gebläsen über eine deutlich komplexere Anlagentechnik als die Varianten mit Photoionisation (Var. 2) und der Aktivkohlefilter (Var. 3), der insgesamt am günstigsten ist.

In Bezug auf den Platzbedarf ist für die Variante 3 die geringste Stellfläche erforderlich. Ihr folgt die Variante 2 und zuletzt die Varianten 1.1 und 1.2.

Als Ergebnis der Multikriterienanalyse wurde die Variante 2 Photoionisation als Vorzugsvariante für die Abluftbehandlung ermittelt und in der weiteren Planung (Entwurfsplanung) im Detail ausgearbeitet.

Photoionisationsanlagen (siehe Abbildung 4) verbinden eine UV-Lichtquelle mit einem nachgeschalteten Aktivkohlefilter. Dort entstehen zunächst unter der Wirkung energiereicher UV-Strahlung auf die Abluft Ozon und Hydroxyl-Radikale. Diese oxidieren in einem ersten Schritt einen Teil der Schad- und Geruchsstoffe, z. B. Schwefelwasserstoff, bereits im freien Luftstrom. Im nachfolgenden Aktivkohlefilter, der zur Unterstützung der Prozesse mit einer katalytisch wirkenden Beschichtung versehen ist, wird die Oxidation abgeschlossen und die Luftschadstoffe zu Wasser und CO<sub>2</sub> umgesetzt. Das überschüssige Ozon wird im Aktivkohlefilter ebenfalls vernichtet. Schwefel setzt sich in elementarer Form auf dem Filtermaterial ab, das nach 1,5 bis 2 Jahren verbraucht ist.





Abbildung 4 - Photoionisationsanlage (beispielhaft)

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Umwelteinwirkung der vier Verfahren gelegt. Im Blick auf die Reduzierung des Luftschadstoffes Schwefelwasserstoff sind alle Varianten geeignet, die Zielsetzung des Projektes sicher zu erfüllen. Es standen daher zunächst die betrieblichen Aspekte bei der Umwelteinwirkung im Vordergrund. Am schlechtesten wurde die Variante 1.1 bewertet, da der Umgang mit Chemikalien an sich bereits ein Umweltrisiko im Rahmen von Herstellung, Transport, Umschlag, Lagerung und bei Wartungsarbeiten darstellt. Die Variante 3 wurde ebenfalls als ungünstig bewertet, weil im Betrieb größere Mengen von mit Schadstoffen beladener Aktivkohle anfallen, die umgefüllt, transportiert und entsorgt werden müssen. Dem gegenüber sind die Produkte und Betriebsmittel in der Variante 1.2 unkritisch hinsichtlich ihrer Eigenschaften oder fallen nur in geringen Mengen an (Var. 2). Wegen des etwas höheren Energiebedarfs wurde die Variante 1.2 schlechter bewertet als die Variante 2.

Im Rahmen der Planungstätigkeit kam auch Methan in seiner Eigenschaft als Treibhausgas ins Blickfeld. Es entsteht durch natürliche Prozesse bei der Zersetzung der bioverfügbaren Inhaltsstoffe des Primärschlammes. Durch Absaugversuche konnte eine Methanfracht von  $0,028 \text{ kg}_{\text{Methan}}/\text{h}$  (entspricht  $36,7 \text{ mg}_{\text{Methan}}/\text{m}^3$ ) bei einer Auslegung für einen Abluftvolumenstrom von dauerhaft  $750 \text{ m}^3/\text{h}$  ermittelt werden.

Dieser Wert liegt deutlich unter den Grenzwerten der TA-Luft (Technische Anleitung Luft) für organische Stoffe, der bei 0,5 kg/h vorgeschrieben ist. Weil die Methanfracht in der Abluft der Primärschlammehdicker jedoch einem jährlichen Ausstoß von ca. 5,5 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten entspricht, wurde dennoch versucht, eine geeignete technische Lösung zur Reduzierung zu finden. Allerdings ist keines der zuvor betrachteten Verfahren geeignet, den Methanausstoß zu verringern.

Methan entsteht im Klärwerk auch in der Faulung und wird von dort zur Nutzung in der Energieerzeugung gezielt abgezogen. Eine erste Überlegung war daher, die Abluft der Faulgasaufbereitung zuzuleiten. Wegen der geringen Volumina der Abluftströme aus den Eindickern einerseits und dem hohen Anteil anderer Stoffe (vor allem H<sub>2</sub>S) andererseits, wurde dieser Lösungsansatz verworfen. Es besteht bspw. die Gefahr, dass das H<sub>2</sub>S Schäden an der Gasaufbereitung verursacht. Unter bestimmten betrieblichen Umständen könnte sogar Methan in die Eindicker gezogen werden, was aus Explosionsschutzgründen ein Risiko darstellt.

Alternativ kämen thermische Eliminationsverfahren in Betracht. Für diese müssen aber zusätzliche Energien eingebracht werden, um die jeweiligen Reduktionsprozesse bei hohen Temperaturen ablaufen zu lassen, was eine erhebliche Verschlechterung aus Sicht der Wirkungen auf die Umwelt darstellt. Letztendlich benötigen die am Markt verfügbaren Verfahren auch eine Mindestkonzentration von Methan im Abluftstrom, die weit über den gemessenen Werten liegt und somit die Effizienz der Verfahren nochmals sehr verschlechtert. Somit ist objektiv eine Vermeidung des geringen Methanausstoßes der Anlage nicht möglich.

## 2.4 Elektrische Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Die Maßnahmen zur Modernisierung der elektrischen Mess-, Steuer- und Regeltechnik (EMSR-Technik) zielen auf die Einbindung der neuen Anlagen für die Abluftbehandlung und berücksichtigen die neue Antriebstechnik, die mit der Erneuerung der Krählerwerke zur Anwendung kommen soll. Dabei liegt das Augenmerk im Wesentlichen auf der Nutzung und Erweiterung vorhandener Kapazitäten z. B. in der Niederspannungsschaltanlage (NS-Schaltanlage), der Automatisierungs- und Leittechnik und den Kabelwegen.

So werden für die neuen Krählerwerksantriebe in der NS-Schaltanlage vorhandene Reserveeinschübe so weit demontiert, dass neue Frequenzumrichter darauf aufgebaut werden können. Zur Ableitung der betriebsbedingt entstehenden Abwärme werden lediglich aktive Be- und Entlüftungen der Schaltschränke nachgerüstet.

Die Antriebseinheiten der Skimmerrinne für die Schwimmschlammableitung innerhalb der Eindicker werden aus der vorhandenen Schaltanlage versorgt. Ein neuer, ex-geschützter Steuerschrank wird für die gleichzeitige Ansteuerung mehrerer parallel betriebener Antriebe aufgebaut.

Für die Steuerung und Regelung der Eindicker werden vorhandene Automatisierungsstationen angepasst und erweitert. Die Anbindung der neuen Frequenzumrichter und der Skimmerrinnensteuerung erfolgt über Profibus. Dazu wird jede Automatisierungsstation um eine zusätzliche Profibus-Baugruppe erweitert. Die Reserven für diesen Umbau sind vorhanden.

Um sicherzustellen, dass die Antriebe der Skimmerrinne immer parallel gefahren werden, erfolgt eine Verriegelung gegen das Fahren nur eines einzelnen Antriebs.

Zur Verbindung der einzelnen Anlagenteile werden die vorhandenen Kabelzugwege z. B. in den Treppenaufgängen der Eindicker weiterhin genutzt. Dabei wird auf die Trennung von Energie- und MSR-Kabeln in jeweils separaten Kabelzugrohren geachtet. Für die Anbindung der neuen Abluftanlagen können Kabelzugrohre genutzt werden, die im Rahmen der Sanierung der Verkehrsflächen an der Eindickeranlage zwischen Betriebsgebäude und Schwimmschlamm-schacht neu verlegt wurden.

Das übergeordnete Konzept der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sieht vor, dass die Steuerung der Krählerwerke wie bisher nach betrieblichem Erfordernis vor Ort erfolgt. Es findet keine Automatisierung statt.

Die Abluftbehandlungsanlage wird als Kompaktanlage geplant, bei der die Steuerung und Regelung nach den Vorgaben des Herstellers erfolgt, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Aus der Anlage können neben den aktuellen Betriebszuständen jedoch auch mehrere Messsignale ausgegeben und an das Leitsystem des Klärwerks übertragen werden.

## 2.5 Behälterbedachungen und außenliegenden Stahlbauteile

Wie bereits zuvor dargestellt, handelt es sich bei den Eindickern um kreisrunde Bauwerke aus Stahlbeton, die nach oben durch eine mit dem unteren Bauwerksteil festverbundene Stahlbetonkuppel abgeschlossen werden. Zum Schutz des Bauwerks vor Witterungseinflüssen wurden die Eindicker mit einer Bedachung versehen. Diese besteht neben einer Druckausgleichsschicht und Dampfsperre aus einer zweischichtigen Isolierung aus Styrodur und Glaswolle sowie einer Aluminium-Wetterschutzhaut mit Unterkonstruktion. Die Verwendung von Isolierstoffen soll Energieverluste im an sich unbeheizten Behälter verringern, die andernfalls in der nachgelagerten Schlammfäulung durch zusätzlichen Wärmeeintrag auszugleichen wären. An den ED 1 und 2 ist deutlich erkennbar, dass die Wetterschutzhaut nicht mehr nach außen abdichtet und über mehrere Jahre hinweg Regenwasser in die Glaswolle eindringen konnte. Dadurch wurde diese weitgehend durchnässt und hat somit ihre Dämmwirkung verloren. Vor allem in Randbereichen sind starke Zersetzungserscheinungen und der Aufwuchs von Moosen vorhanden. Die Funktion der Behälterbedachung kann daher nicht mehr als gegeben angesehen werden. Aus diesem Grund müssen auf beiden Primärschlammindickern neue Bedachungen aufgebracht werden. Dafür wurden drei mögliche Dachsysteme untersucht und verglichen. Als Auswahlkriterium wurden Langlebigkeit, Funktionssicherheit und der Wartungs- und Pflegeaufwand herangezogen. In dem Vergleich wurden ein Stehfalzdach und zwei Systeme auf Kunststoffbasis, je eines aus Flüssigkunststoffen und aus Kunststoffbahnen, gegenübergestellt.

Grundsätzlich können alle gewählten Dachsysteme für eine Nutzungsdauer W3 (25 Jahre geprüft) hergestellt werden. Besondere Herausforderungen stellen die Kuppelform des Daches und die Einführungsstellen verschiedener Dachluken und Rohreintrittsstellen dar. Für das Stehfalzdach muss eine Unterkonstruktion auf die Kuppel montiert werden, auf der Aluminium-Stehfalzprofile befestigt werden. Der Hohlraum darunter würde mit einem Wärmedämmfilz ausgefüllt. Andere Dämmstoffe kommen wegen fehlender Flexibilität bei der Aufbringung und Kosten für den Verschnitt im Bereich der Unterkonstruktion nicht in Frage. Die Unterkonstruktion erfordert auch eine höhere Mindestdicke der Isolierung als im Bestand gegeben. Problematisch ist bei dieser Lösung auch, dass an den aufgehenden Bauteilen der Kuppel ein fachgerechter Anschluss nur mit sehr großem Aufwand und trotzdem nicht an allen Anschlussstellen möglich ist. Es müssten zahlreiche Sonderlösungen gefunden werden, die auch im Nachgang einer regelmäßigen erhöhten Aufmerksamkeit durch das Betriebspersonal bedürfen. Leckagen können nicht ausgeschlossen werden und daher sind hohe Unterhaltskosten einzuplanen.

Die Dachsysteme aus Kunststoff können ohne Unterkonstruktion direkt auf die Dachoberfläche aufgetragen werden. Dabei kommt nach einem Voranstrich nur eine aufgeklebte Schicht eines Isoliermaterials aus Schaumglas, ein Primer als millimeterdünne Zwischenlage und darauf die Kunststoffschicht zum Einsatz. Bei der Lösung mit Kunststoffbahnen würden diese als selbstklebendes Produkt auf die Isolierung aufgetragen werden. Alternativ würde ein Flüssigkunststoff in mehreren Lagen auf die Isolierung aufgebracht. Zur Qualitätskontrolle sorgen unterschiedlich farbige Flüssigkunststoffe dafür, dass eine gleichmäßige Beschichtung der Flächen sichergestellt werden kann.

Beide Kunststoffvarianten lassen sich unkompliziert auch an komplexe Dachformen anpassen und kommen daher gut mit der Kuppelbauweise zurecht. Diese Dachsysteme sind auch robust und pflegeleicht. Ggf. auftretende Schadstellen lassen sich mit geringem Aufwand instand setzen.

In Bezug auf die Verwendung von Kunststoffbahnen bestehen allerdings Nachteile hinsichtlich Materialverbrauch und des Anschlusses an aufgehende Bauteile auf der Kuppel. Wegen der Kuppelform müssen die Bahnen aufwändig zugeschnitten werden, um der Geometrie des Daches folgen zu können. Der Verschnitt kann nicht weiterverwendet werden und ist somit Abfall. Daraus resultieren erhöhte Kosten und auch aus Gesichtspunkten des Umweltschutzes erscheint diese Lösung daher nachteilig. Für die verschiedenen Anschlussstellen auf dem Dach müssten zudem Kombinationslösungen mit Flüssigkunststoff gefunden werden. Dieser Systemwechsel stellt potentielle Schwachpunkte in Bezug auf die Dichtigkeit dar und erzeugt einen erhöhten Aufwand im Unterhalt.

Die Herstellung der Bedachung aus Flüssigkunststoffen ermöglicht im Gegensatz dazu einen durchgehend einheitlichen Dachaufbau in Verbindung mit optimalem Materialeinsatz, sehr guter Haltbarkeit und nachfolgend geringem Aufwand im Unterhalt.

Aus den vorgenannten Gründen wird für die Erneuerung der Behälterbedachungen an den Eindickern 1 und 2 ein Dachsystem mit Flüssigkunststoffabdichtung vorgesehen.

Für die Demontearbeiten der Krählerwerke, der Wassertasse und der Bedachungen müssen außerdem die außenliegenden Stahlkonstruktionen der Treppenaufgänge und Arbeitsbühnen an der Inspektionsöffnung beim Schwimmschlammabzug rückgebaut werden. Diese Bauteile weisen nach einer mehrere Jahrzehnte umfassenden Nutzungsdauer etliche Verschleißerscheinungen auf. Ihr Allgemeinzustand lässt jedoch eine Sanierung zu. Wegen der deutlich geringeren Auswirkung auf Energie- und Ressourceneinsatz wurde die Aufarbeitung der vorhandenen Treppenaufgänge einer vollständigen Erneuerung vorgezogen.

### **3. Dringlichkeit**

Durch regelmäßige Inspektionen wird der jeweils aktuelle Zustand der Krählerwerke in den Eindickern kontrolliert. Dabei zeigt sich, dass die Abnutzung der Anlagenteile mit zunehmender Geschwindigkeit fortschreitet und Reparaturmaßnahmen in immer größerem Umfang notwendig sind. Der Zustand von Bauteilen, die nicht ohne weiteres instandgesetzt werden können, weil sie strukturell zu tief in die Konstruktion eingebunden sind, verschlechtert sich darüber hinaus fortlaufend. Die Dringlichkeit ist daher in Bezug auf die Krählerwerke hoch.

Ohne eine geregelte Abluftbehandlung können Tätigkeiten an den Eindickern unter Betriebsbedingungen nur mit den eingerichteten Provisorien durchgeführt werden. Dies stellt jedoch ein potentielles gesundheitliches Risiko für die Beschäftigten vor Ort dar. Darüber hinaus stellen die Provisorien eine umweltschutzbezogene sehr unbefriedigende Lösung dar und sollten schnellstmöglich abgelöst werden. Aus diesen Gründen ist die Errichtung der Abluftbehandlung mit einer hohen Dringlichkeit verbunden.

Der Baubeginn der Maßnahme ist für das 1. Quartal 2026 vorgesehen. Die Inbetriebnahme der Gesamtmaßnahme im 1. Quartal 2029 geplant.

#### 4. Gegebenheiten des Grundstückes

Die Umsetzung der Maßnahme erfolgt auf dem Betriebsgelände des Klärwerk I Gut Großlappen im Bereich der Eindickeranlage mit einem Schwerpunkt westlich des Eindickers 1 in Richtung der KVA.

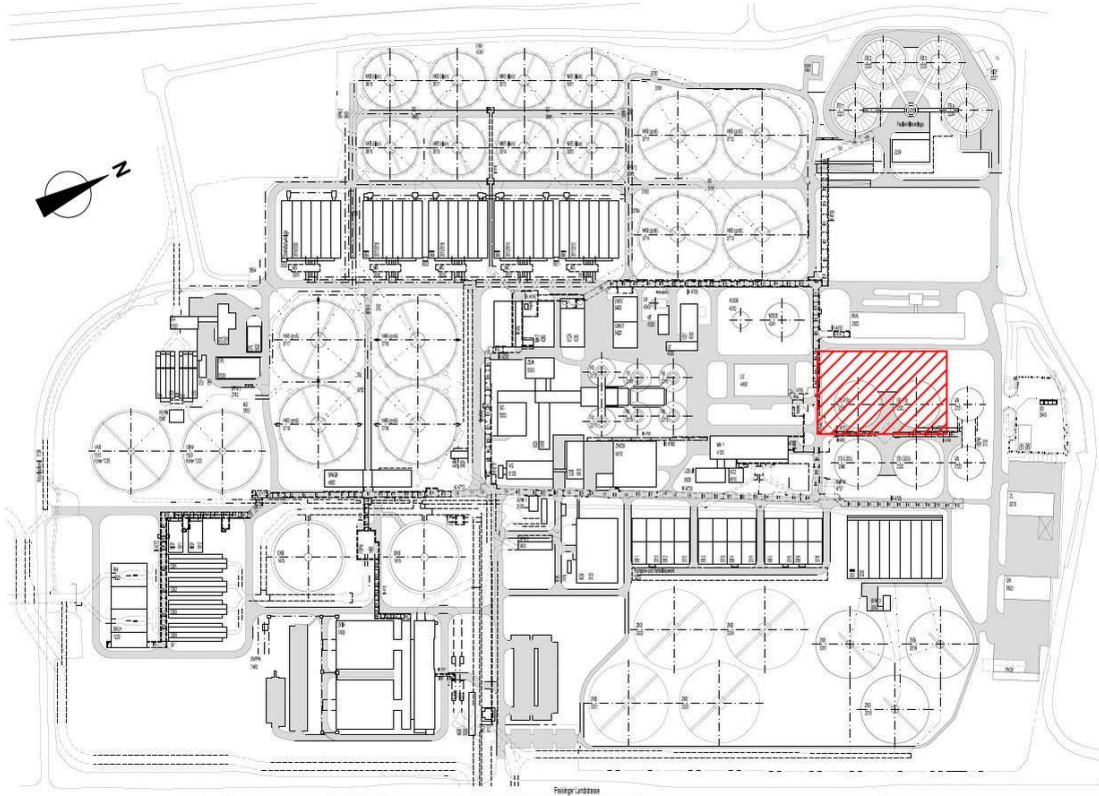


Abbildung 5 - Lage des Baufeldes (rot schraffiert) im Betriebsgelände des KLW I Gut Großlappen

Im Zuge der Grundlagenermittlung wurden alle bekannten Sparten ermittelt und deren Lage sowie Höhenlage festgestellt. Es handelt sich dabei um Kabel- und Rohrtrassen. Eine Umverlegung der Kabeltrassen ist im Zuge eines anderen Projekts bereits erfolgt. Die vorhandenen Rohrtrassen müssen nicht verändert werden.

#### 5. Rechtliche Bauvoraussetzungen

Für die Errichtung einer Abluftbehandlungsanlage ist eine entsprechende Baugenehmigung beim Referat für Stadtplanung und Bauordnung / Lokalbaukommission erforderlich, welche momentan erarbeitet wird. Teil der Baugenehmigung sind ggf. auch Maßnahmen zum Ausgleich der Flächenversiegelung, die durch die Erstellung einer Bodenplatte als Fundament für die Abluftbehandlung verursacht wird.

Die brandschutzfachlichen Festlegungen werden in einem Brandschutznachweis definiert und durch einen Prüfsachverständigen abgenommen.

## 6. Klimaprüfung

Das Vorhaben ist nicht oder nur wenig klimaschutzrelevant (Klimaschutzcheck 2.0). Eine vertiefte Prüfung ist nicht erforderlich und wurde daher nicht durchgeführt.

Eine Einbindung des Referats für Klima- und Umweltschutz ist nicht erforderlich.

Durch die Realisierung der Maßnahme entsteht auf dem Klärwerk durch neue Anlagenteile ein geringer Mehrbedarf an elektrischer Energie. Dies kann größtenteils durch Austausch alter Antriebe gegen neue, sehr effiziente Motoren kompensiert werden. Für neue maschinentechnische Komponenten werden langlebige, auf die spezifischen Betriebsbedingungen angepasste Werkstoffe gewählt. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer und der Wartungsaufwand kann reduziert werden. Die baulichen Maßnahmen zielen auf Wiederverwendung vorhandener, konstruktiver Bauteile ab und können den Energiebedarf in nachgelagerten Verfahrensschritten senken.

Ausführungen zu Methan sind im Bereich der Abluftbehandlung (Kapitel 2.3, Seite 9) nachzulesen.

## 7. Kosten

Nach Kostenberechnung der vorliegenden Entwurfsplanung ergeben sich als Gesamtkosten für das Projekt 12.500.000,00 € brutto. Darin enthalten ist ein Ansatz von 15 % Unvorhergesehenes.

Unabhängig davon ist eine Kostenfortschreibung auf Grund von Index- bzw. Marktpreisentwicklungen zulässig.

Die Projektkosten gliedern sich wie folgt auf:

Bautechnik	4.323.520 €
Technische Ausrüstung	5.091.330 €
Elektrotechnik	266.430 €
<b>Zwischensumme – Baukosten, brutto</b>	<b>9.681.280 €</b>
Honorar – Hauptplaner	963.900 €
Honorar – Fachplaner	210.320 €
<b>Zwischensumme – Planungskosten, brutto</b>	<b>1.174.220 €</b>
<b>Zwischensumme – brutto</b>	<b>10.855.500 €</b>
Unvorhergesehenes (15 %)	1.628.325 €
<b>Gesamtkosten (brutto)</b>	<b>12.483.825 €</b>
<b>Gesamtkosten gerundet (brutto)</b>	<b>12.500.000 €</b>

Die Kosten für die Maßnahme werden komplett von der MSE getragen, es sind keine Zuwendungen, Beteiligungen oder Förderungen ersichtlich.

## **8. Steuern**

Im Rahmen bzw. durch Betrieb der Maßnahme erwirtschaftet die MSE keine Umsätze von Dritten (d. h. die MSE erstellt keine Ausgangsrechnungen außer ggf. solcher an Referate oder Eigenbetriebe der LHM). Entsprechend erfolgt mit Blick auf die Kosten und Folgekosten der Maßnahme bei Eingangsrechnungen an die MSE kein Vorsteuerabzug.

Im Rahmen oder durch den Betrieb der Maßnahme werden keine Energieanlagen maßgeblich, d. h. mit energierechtlicher Relevanz, verändert.

## **9. Finanzierung**

Das Projekt ist im Wirtschaftsplan 2025 / Investitionsprogramm 2024 - 2028 unter der Kontonummer 8-2208 enthalten. Die Anpassung der Kostenentwicklung erfolgt mit der Aufstellung des Wirtschaftsplans 2026 / Investitionsprogramm 2025 - 2029.