

Telefon: 089 233-62400

Münchner
Stadtentwässerung

Projekthandbuch 2

Klärwerk Gut Großlappen Erneuerung der Wärme- und Kälteinfrastruktur – Bauabschnitt 1

Projektgenehmigung

Inhaltsverzeichnis

1.	Bedarf.....	2
1.1.	Bedarfsgrund	2
1.2.	Bedarfsumfang	2
1.3.	Bauabschnitt 1 (BA 1 - Vorabmaßnahme)	4
1.4.	Bauabschnitt 2 (BA 2 - Hauptmaßnahme)	5
2.	Planungskonzept Bauabschnitt 1.....	7
2.1.	Wärmenetz	7
2.2.	Standort.....	11
2.3.	Elektro- und Leittechnik	13
2.4.	Bautechnik	13
3.	Dringlichkeit.....	15
4.	Gegebenheiten des Grundstückes	15
5.	Rechtliche Bauvoraussetzungen	15
6.	Klima und Umwelt.....	16
7.	Kosten.....	16
8.	Steuern.....	16
9.	Finanzierung.....	17

Anlagen

- A) Termin- und Mittelbedarfsplan
- B) Folgekosten

1. Bedarf

1.1. Bedarfsgrund

Im Klärwerk Gut Großlappen wurde eine gesamtheitliche Betrachtung der Wärme- und Kälteinfrastruktur durchgeführt und im Anschluss bewertet. Auf Basis derer wurde ein Bedarfsprogramm erarbeitet und durch die Werkleitung am 19.04.2023 beschlossen. Aufgrund der terminkritischen Schnittstellen zum Projekt „Klärwerk Gut Großlappen, Neubau der Klärschlammverbrennungsanlage“ (Projektgenehmigung im Stadtentwässerungsausschuss vom 04.07.2023, Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 09787) wurde das Projekt „Erneuerung der Wärme- und Kälteinfrastruktur“ in zwei Bauabschnitte unterteilt.

Mit dem Projekt sollen die internen Wärmeversorgungs- und Kälteversorgungssysteme des Klärwerks Gut Großlappen zukunftssicher überarbeitet und an die neuen Gegebenheiten (wie beispielsweise Neubau der Klärschlammverbrennungsanlage (KVA)) angepasst werden. Die Herausforderungen des Projekts sind die Anpassungen der in Betrieb bleibenden Systeme sowie der Umbau im Bestand.

1.2. Bedarfsumfang

Das Klärwerk Gut Großlappen (KLW I) hat eine große Versorgungsinfrastruktur zur Bereitstellung von Wärme, Kühlwasser, Kälte und Betriebswasser. Diese Infrastruktur ist mit dem ständigen Ausbau des Klärwerks mitgewachsen und benötigt daher eine Optimierung und Sanierung. Die Maßnahme ist erforderlich, um eine stabile Wärmeversorgung sicherzustellen und eine ausreichende Wärmeabfuhr (Kühlung) zu gewährleisten.

Wärme

An das Wärmenetz sind zahlreiche Unternetze angeschlossen. Das Wärmenetz versorgt hauptsächlich die Faulbehälter und Gebäude. Durch den unterschiedlichen Bedarf der einzelnen Verbraucher und die gewachsene Struktur lässt sich das Wärmenetz derzeit nur schwer regeln. Zukünftig soll das Wärmenetz stabil regelbar sein und sicherstellen, dass die Wärme aus den Erzeugungsprozessen kontrolliert abgefahren und möglichst effizient genutzt werden kann.

Das heutige Wärmenetz wurde in mehreren Stufen gebaut. In den 1960er-Jahren wurde die Faulgasproduktion gestartet und zur Wärmeversorgung diente ein Klärgaskessel. In den 1990er-Jahren wurde die Energiezentrale errichtet und aus dem Klärgas wurden Strom und Wärme produziert. Zur vollständigen Abdeckung der Wärmelasten wurde zusätzlich noch ein Erdgaskessel benötigt. Für die Einbindung der Wärmeversorger musste auch das Wärmenetz erweitert werden.

Altersbedingt wurden drei von fünf Gas-Otto-Motoren (GOM) in den Jahren 2015 - 2017 erneuert. Durch den höheren Wirkungsgrad wird mehr Strom produziert, entsprechend verringert sich die thermische Leistung. D. h., die Grundwärmeflussleistung (Reduzierung von 1,4 MW_{therm} auf 1,1 MW_{therm}) hat zugunsten eines höheren elektrischen Wirkungsgrades (Erhöhung von 1,5 MW_{el} auf 2,0 MW_{el}) abgenommen. Diese fehlende Wärmemenge muss durch zusätzliche Verbrennung von Erdgas und die Nutzung der Faulbehälter als Wärmespeicher gedeckt werden.

Daraus resultieren bei verschiedenen Betriebszuständen Probleme mit der Wärmeversorgung und deren Hydraulik. Die Gebäudeheizung benötigt hohe Vorlauftemperaturen aber niedrige Volumenströme. Die Prozesswärme hingegen niedrige Temperaturen aber hohe Volumenströme. Diese unterschiedlichen Betriebsparameter zu bedienen, ist mit mehreren in Reihe geschalteten Pumpen und Netzen nur mit großem Steuerungsaufwand möglich. Die Regelung des Wärmenetzes ist sehr stark von der Anzahl der laufenden Pumpen abhängig, was zu einer komplexen Volumenstromverteilung führt. Die in Reihe geschalteten Pumpen führen zu schlagartigen Drucksprüngen. Ebenfalls konkurrieren die Gebäudeheizungspumpen mit den Prozesswasserpumpen der Faulbehälter und führen dadurch zu einem Volumenstromungleichgewicht. Zusätzlich hat das gesamte Wärmenetz unterschiedliche Übergabestationen.

Zusätzlich zu Problemen mit der Wärmeverteilung und dem hydraulischen Ungleichgewicht werden die Wärmeerzeugung und die Wärmeverteilung im Gebäudeheizungsnetz über zwei unterschiedliche PLT-Systeme gesteuert. Zwischen diesen Systemen gibt es keinen Austausch. Bei einem Wärmedefizit in einem der beiden Heizungssystem muss daher manuell nachgeregelt werden.

Bei der bestehenden KVA ist eine Wärmeauskopplung technisch schwierig. Aktuell wird die überschüssige Wärme mittels Betriebswasser in die Zentralbehandlung bzw. in die 2. Biologische Stufe eingeleitet. Eine Wärmeauskopplung der bestehenden KVA in das Heizwassersystem des KLW I erfolgte bisher nicht.

Die neue KVA wird mit größeren Kapazitäten bzw. Feuerungswärmeleistung geplant. Dadurch müssen mit der Inbetriebnahme der neuen KVA auch größere Mengen an Kühlwasser zur Verfügung stehen und Wärme ausgekoppelt werden. Die Abwärme der KVA soll unterstützend zur Wärmeversorgung für das Nahwärmenetz genutzt werden. Es ist daher eine Überarbeitung und gesamtheitliche Betrachtung der hydraulischen Wärmeverteilung erforderlich, da sich wichtige Rahmenbedingungen ändern.

Kühlung

Das Kühlwassernetz kühlt hauptsächlich die Gas-Otto-Motoren in der Energiezentrale, die Turboverdichter im Maschinenhaus 2 und die Gasstation. Das Netz wird überwiegend mit Grundwasser aus den eigenen Brunnen der MSE gespeist. Ein Teil des Wassers wird wieder in der Betriebswasserstation genutzt, der Rest wird dem Ablauf zugeführt.

Zukünftig soll das Kühlwasser über einen geschlossenen Kühlwasserring bereitgestellt werden und die Kühlung über einen Abwasserwärmetauscher erfolgen. Dies führt zur Entlastung des Betriebswassersystems und Reduzierung des Grundwasserbedarfs.

Zum einen sollen die natürlichen Grundwasserressourcen geschont werden, indem möglichst wenig Grundwasser entnommen wird. Durchschnittlich sind dies aktuell ca. 1,5 Mio. m³/a. Zum anderen haben in den letzten Jahren die Brunnenwassertemperaturen zugenommen und betragen im Sommer bereits 16 °C. Damit keine zusätzlichen Keimbelastungen im Betriebswassernetz entstehen, darf das Brunnenwasser nur auf maximal 21 °C erwärmt werden, damit es noch der Betriebswasserstation zugeführt werden kann. Dadurch ist die mögliche Kühlleistung aus dem Brunnenwasser nicht sehr groß. Bei sich abzeichnender steigender Brunnenwasser-Temperatur wird die nutzbare Temperaturspreizung kleiner.

Zusätzlich darf das Brunnenwasser laut Genehmigungsbescheid der bestehenden KVA nicht zur direkten Kühlung der KVA genutzt werden. Für die neue KVA ist dieser Bescheid ebenfalls gültig.

Kälte

Die Kälteversorgung wird derzeit dezentral in den einzelnen Gebäuden meist über Kompressionskältemaschinen bereitgestellt. Die Versorgung soll zukünftig in Teilbereichen über zentrale Absorptionskältemaschinen erfolgen.

Die Kälteanlagen dienen primär zur Versorgung der Lüftungsanlagen der Elektrotechnik, der Serverräume der Zentralwarte und der KVA-Warte mit Kälte (ca. 5 °C). Das Alter der Anlagen ist sehr unterschiedlich und reicht bis in die 1990er-Jahre. Im Klärwerk existieren Kältekompresionsanlagen als dezentrale Kälteanlagen mit Kaltwassersätzen oder mit Direktverdampfern. Die Direktverdampfer müssen mit Betriebswasser oder Kühlwasser rückgekühlt werden. Für den Betrieb der neuen 1. Biologischen Stufe wurde eine Kälteabsorptionsanlage zur Kälteerzeugung eingesetzt, die ebenfalls mit Betriebswasser rückgekühlt wird. Insgesamt haben die Anlagen relativ hohe Betriebskosten (Wartung, Strom und Kühlmittel).

Einige größere Kälteanlagen im Nordbereich müssen aufgrund des zunehmenden Alters ausgetauscht werden. Kältekompresionsanlagen haben einen hohen Strombedarf, während bei Adsorptions- oder Absorptionskältemaschinen der Wärmeüberschuss aus der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) als Antriebsenergie genutzt werden kann. Ebenfalls wird sich die Wärmebilanz nach der Inbetriebnahme der neuen KVA verändern, sodass auf andere effizientere Technologien beim Austausch der Kälteanlagen eingegangen werden kann. Es entsteht dadurch eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK).

1.3. Bauabschnitt 1 (BA 1 - Vorabmaßnahme)

Im Zuge der vertieften Planung zeigte sich, dass die gesamte Maßnahme aufgrund der komplexen Zusammenhänge nicht rechtzeitig zur Inbetriebnahme der neuen KVA fertiggestellt werden kann.

Für die Inbetriebnahme der neuen KVA in 2028 müssen eine hydraulische Weiche ins Wärmenetz eingebunden und Rückkühler errichtet sein. Daher ist die Aufstellung der Rückkühler und der hydraulischen Weiche als Bauabschnitt 1 erforderlich. Der ursprünglich vorgesehene Ablauf als eine Großmaßnahme würde eine rechtzeitige Bereitstellung der Wärmeabfuhr gefährden. Aus einer durchgeführten Machbarkeitsstudie und den Festlegungen aus dem Bedarfsprogramm zeigt sich, dass die hydraulische Weiche inklusive Rückkühler für die Umsetzung des vorliegenden Projektes in jedem Fall benötigt wird und dass es keine sinnvolle Alternative dazu gibt. Durch die notwendige vorgezogene Ausführung gibt es keine wesentlichen inhaltlichen Änderungen im Projektumfang.

Im ersten Bauabschnitt werden die Rückkühler und die hydraulische Weiche provisorisch zwischen Energiezentrale (EZ) und Maschinenhaus 1 (MH1) aufgestellt. Hierzu werden die entsprechenden Fundamente errichtet. Damit die westlich vom MH1 verlaufende Straße weiter genutzt werden kann, wird die Aufständerung der Rückkühler zusätzlich um ca. 1,5 m erhöht, somit ist eine Durchfahrtshöhe vom 4 m gegeben. Für den Umschluss der Heizungsleitungen wird eine Anbindung zu den Leitungen des Wärmenetzes im benachbarten Installationskanal 4730 benötigt.

Die provisorische Anbindung ist über eine bestehende Lichtkuppel auf dem Installationskanal möglich, wodurch keine Tiefbauarbeiten notwendig sind.

Derzeit dienen die Gas-Otto-Motoren als Wärmeerzeuger. Damit die anfallende Wärme der neuen Klärschlammverbrennungsanlage zukünftig auch im Wärmenetz genutzt werden kann, wird diese als zusätzlicher Wärmeerzeuger in das Wärmenetz mit eingebunden. Entsprechend muss das Wärmenetz diese Energie ganzjährig aufnehmen können.

Durch die provisorische Aufstellung der Rückkühler und hydraulischen Weiche wird eine stabile Wärmeversorgung sichergestellt und die Einbindung der neuen KVA in das Wärmenetz ermöglicht und das System vor einer Überhitzung geschützt.

Mit dem Provisorium werden die bestehenden Wärmeleitungen in der Haupttrasse im Installationskanal zwischen MH1 und EZ außer Betrieb genommen. Dadurch wird dieser Installationsbereich für den Rückbau, den Umschluss und das Errichten von neuen Rohrtrassen im zweiten Bauabschnitt freigemacht. Weiter werden durch das Provisorium das Baufeld und das Maschinenhaus 1 für die weiteren Bau- und Sanierungsarbeiten freigehalten. Mit den notwendigen Bau- und Sanierungsarbeiten wäre eine rechtzeitige Einbindung der Rückkühlwerke in das Wärmenetz nicht gegeben.

Damit die entsprechenden Bau- und Installationsflächen freigehalten werden und eine rechtzeitige Einbindung der Rückkühler gewährleistet werden kann, ist die provisorische Aufstellung notwendig.

Im Bauabschnitt 2 (BA 2) finden die Hauptmaßnahmen statt. Es werden die hydraulische Weiche und die Rückkühler weiterverwendet und an einen finalen Standort versetzt.

1.4. Bauabschnitt 2 (BA 2 - Hauptmaßnahme)

Für den Bauabschnitt 2 (BA 2 - Hauptmaßnahme) soll nach erfolgter vertiefter Planung eine eigene Projektgenehmigung im Stadtentwässerungsausschuss erwirkt werden. Im BA 2 werden die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen aus dem Bedarfsprogramm umgesetzt.

Errichtung einer Heizungs- und Kältezentrale

Für die neue Wärme- und Kälteinfrastruktur werden zur Unterbringung der Anlagentechnik neue Bauwerke benötigt bzw. müssen diese saniert und angepasst werden. Es werden eine neue Heizzentrale, eine Kältezentrale und eine Kühlwasserstation geplant. Das Wärmenetz soll um einen Wärmespeicher erweitert werden.

Um Wärmeverluste zu reduzieren, benötigt die Kältezentrale mit Absorptionskältemaschinen eine möglichst direkte Anbindung ans Heizungsnetz. Daher ist es aus technischer und baulicher Sicht sinnvoll, alle Anlagenteile in einer neuen Heizungs-Kälte-Zentrale (HK) unterzubringen. Für Situationen, in denen keine Wärme zur Verfügung steht, wie z. B. bei Wartungsarbeiten im Wärmenetz, ist eine Kompressionskältemaschine als Ausfallsicherung notwendig.

Im Rahmen der weiteren Planung werden verschiedene Optionen für den Standort der Heizungs-Kälte-Zentrale untersucht.

Erstellung eines Warmwasserspeichers

Bei vollumfänglicher Nutzung des PV-Stroms aus der Anlage auf dem Gelände des Klärwerks Gut Marienhof kann es zu Abschaltungen der GOMs kommen (Vermeidung von Rückspeisungen ins vorgelagerte Stromnetz). Um die Faulbehälter von Temperaturveränderungen zu entlasten, ist als weiterer Ausbauschritt die Errichtung eines großen Warmwasserspeichers vorgesehen. Dieser ist notwendig, um bei reduzierter Wärmeproduktion der GOMs Wärmebedarfsspitzen abdecken zu können.

Errichtung einer Kühlwasserstation

Zukünftig soll die Kühlung über das Abwasser erfolgen. Um dies zu ermöglichen, ist die Errichtung einer neuen Kühlwasserstation nötig. In einer vorlaufenden Studie wurde hierfür ein geeigneter Standort ermittelt (Neubau nördlich der Brauchwasser-Station). In der weiteren Planung werden verschiedene Optionen für den vorgesehenen Wärmetauscher der Kühlwasserstation betrachtet. Hier kommen beispielsweise ein Rohrbündelwärmetauscher, ein Plattenwärmetauscher oder eine doppelwandige Wanne im Abwasserkanal in Frage.

Hydraulische Anpassung des Wärmenetzes mit Umsetzen der hydraulischen Weiche und der Rückkühler

Die verschiedenen Heizkreise, wie z. B. Prozesswärme, Gebäudeheizung, KVA und GOM, sollen zukünftig über eine große hydraulische Weiche, die bereits im BA 1 erstellt wird, entkoppelt werden. Über diesen hydraulischen Nullpunkt wird sichergestellt, dass sich die verschiedenen Heizkreise nicht mehr gegenseitig beeinflussen. Die Überprüfung des Wärmenetzes hat ergeben, dass diese weitestgehend erhalten bleiben können. Im zentralen Bereich vom IK 4730 wird eine größere Leitungsdimension für die Versorgung benötigt und die entsprechenden neuen Anschlüsse müssen erstellt werden.

Um das Wärmeleitungssystem zu optimieren, muss eine höhere Temperaturspreizung erreicht werden. Dazu ist die Umrüstung der einzelnen Verbraucher auf Übergabestationen mit Temperaturregulierung erforderlich. Die Rücklauftemperatur ist fest definiert und lässt eine Rückspeisung nur bei Erreichen dieser Temperatur zu.

Im Sommer wird weniger Wärme benötigt, nur die Beheizung der Faulbehälter, die Trink-Warm-Wasserbereitung und die Kälteabsorptionsanlage benötigen auch in dieser Jahreszeit Wärme. Durch die verminderte Abnahme entsteht ein Wärmeüberschuss, der mit Rückkühlern abgeführt werden muss.

Aufbau des Kältenetzes

Im nördlichen Teil des Klärwerks soll neben dem Kühlwassernetz auch ein neues Kältenetz entstehen. Bei den Untersuchungen zeigte sich bereits, dass ein Verteilungsnetz nur im Nordbereich zweckmäßig ist. Damit das Kältenetz wirtschaftlich darstellbar ist, werden die Kälteanlagen mit einer Gesamtleistung von 1 MW im nördlichen Teil des Klärwerks zusammengefasst. Mehrere Anlagen im nördlichen Teil des Klärwerks müssen in den nächsten Jahren getauscht werden. Daher bietet sich ein Umstieg auf das zentrale Kältesystem besonders an. Die Versorgung des Kältenetzes erfolgt über eine Kältezentrale, die mit einer Kälteabsorptionsanlage betrieben wird.

Mittels der Kälteabsorptionsanlagen kann der Wärmeüberschuss für den Kälteprozess als Antriebsenergie genutzt werden.

Errichtung eines geschlossenen Kühlwassernetzes

Zur Deckung des Bedarfs ist der vollständige Ersatz des bisherigen Kühlwassernetzes durch den Aufbau eines neuen geschlossenen Kühlwasserkreises vorgesehen. Dieser wird mit zirkulierendem, entsalztem Wasser betrieben. In einer Kühlwasserstation wird das gereinigte Ablaufwasser des Klärwerks als Rückkühlmedium genutzt. D. h. das erwärmte Kühlwasser wird mit Ablaufwasser in einem Wärmetauscher abgekühlt. Das Ablaufwasser wird aufgrund seiner Menge nicht signifikant aufgewärmt. Ein großer Vorteil ist, dass Ablaufwasser in ausreichender Menge ganzjährig zur Verfügung steht. Lediglich bei einer Außerbetriebnahme des Klärwerks steht dieses nicht ausreichend zur Verfügung und es soll mittels Brunnenwasser für diese Zeit gekühlt werden. Das geschlossene Kühlwassersystem wird die Kühlung aller größeren Aggregate übernehmen, sodass das Betriebswassernetz entlastet werden kann.

2. Planungskonzept Bauabschnitt 1

2.1. Wärmenetz

Für die Wärmeerzeugung (siehe Abbildung 1 - Schema Wärmenetz BA 1) stehen im Klärwerk derzeit zwei verschiedene Systeme zur Verfügung. Ein weiteres System, die neue Klärschlammverbrennung, befindet sich derzeit in der Umsetzung:

- System 1: Über Blockheizkraftwerk (BHKW)
- System 2: Über Heizkessel
- System 3: „Neue“ Klärschlammverbrennungsanlage

Die Wärmeerzeugung erfolgt im Wesentlichen über die vorhandene BHKW-Anlage. Diese besteht aus fünf Gas-Otto-Motoren (GOMs) mit je einem angebauten Generator, drei Maschinen mit einer elektrischen Klemmenleistung von je 2.000 kW bei einer Wärmeleistung von ca. 2.100 kW (GOM ca. 1.100 kW zzgl. Abgaswärmetauscher ca. 1.000 kW) und 2 weiteren Maschinen mit je 1.500 kW elektrischen Klemmenleistung bei 2.400 kW Wärmeleistung. Aufgebaut ist die BHKW-Anlage in der Energiezentrale, einem eigenen Gebäude im nördlichen Teil des Klärwerks. Die Gas-Otto-Motoren mit den angebauten Generatoren stehen im Erdgeschoss in eigenen Schallschutzeinhausungen. Die zugehörigen Nebensysteme sind unterhalb der Maschinen aufgebaut. Der Betrieb der einzelnen GOMs kann sowohl mit Erdgas als auch mit Klärgas erfolgen. Überwiegend wird das in den Faultürmen erzeugte Klärgas verwendet, welches als Nebenprodukt der Abwasserreinigung im Faulturm entsteht. Die Auskopplung der erzeugten Wärme der einzelnen GOMs erfolgt über einen Plattenwärmetauscher im Motorkühlkreis sowie nachfolgend in einem Abgaswärmetauscher im Abgasrohr des GOMs. Der Abgaswärmetauscher verfügt abgasseitig über Klappen und kann bei Wärmeüberschuss umfahren werden. Dies geht jedoch mit einer um ca. 10K reduzierten Hezwasservorlauftemperatur einher. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Kühlung des Motors, z. B. bei verminderter Abnahme durch die Wärmeverbraucher, verfügt jeder GOM über einen Kühlwasserdurchströmten Notkühler. Jeder GOM verfügt außerdem über einen Gemischkühlkreis und einen Generatorkühlkreis. Auf Grund des niedrigen Temperaturniveaus dieser beiden Kreise, ist eine weitere Verwendung der Wärme derzeit nicht umgesetzt. Die Wärme wird entsprechend über das Kühlwasser abgeführt.

Die Wärmeauskopplung der GOMs erfolgt zunächst über einen Vor- und Rücklaufsammler im Untergeschoss der Energiezentrale. Eine Leitung verbindet die Energiezentrale mit dem klärwerksinternen Wärmenetz.

Die Heizzentrale der Gaskessel ist in einem eigenen Gebäude in der Nähe der Energiezentrale im Erdgeschoss untergebracht. Im Untergeschoß der Kesselanlage befinden sich die Anschlusssammler für Vor- und Rücklauf der Kessel. Die Kesselanlage ist mit eigenen Pumpen in den Südstrang eingebunden und kann über eine zusätzliche Pumpe im Notbetrieb auch den restlichen Teil des Klärwerks mit Wärme versorgen.

Neu hinzu kommt die bereits erwähnte neue Klärschlammverbrennungsanlage (KVA), welche parallel zu diesem Projekt auf der Freifläche zwischen den Faulbehältern und der bestehenden KVA entsteht. Die neue Klärschlammverbrennung bietet die Möglichkeit, Wärme über einen Dampfwärmetauscher aus dem Niederdruckdampfsystem auszukoppeln. Für die Abgasreinigung wird das Abgas kondensiert (Brüdenkondensation) und die Wärme kann ebenfalls an das Heizungssystem abgegeben werden.

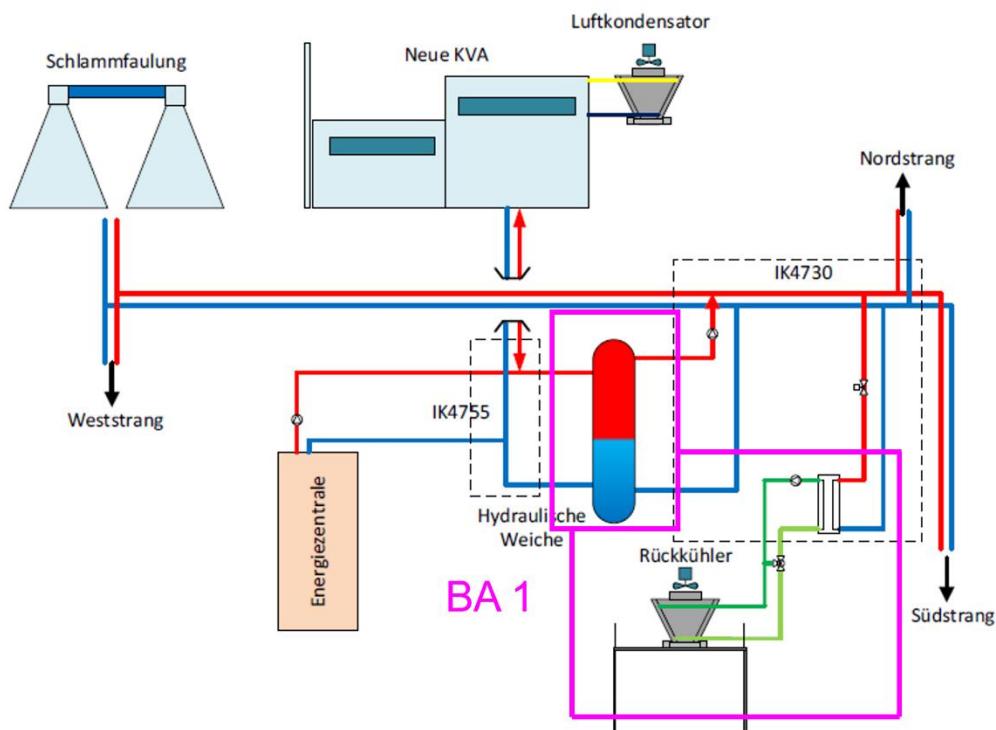


Abbildung 1 - Schema Wärmenetz BA 1

Wärmeverteilung

Es verläuft im IK4750 ein Rohrstrang für die Gebäudeheizung von den Heizungspumpen Maschinenhaus 1 in Richtung Faulbehälter. Des Weiteren gibt es im IK4750 einen weiteren parallel verlaufenden Heizungsstrang zur Schlammerwärmung auch in Richtung Faulbehälter. Die Wärmeversorgung des Faulbehälters wird im Bereich IK 4750 / 4755 durch einen Plattenwärmetauscher vom Gebäudeheizungssystem abgetrennt. Aktuell wird ein neuer paralleler IK zu IK4750 errichtet. In diesem soll eine Vor- und Rücklaufleitung zur neuen KVA aufgebaut werden.

Die bisherigen Wärmeverbraucher bleiben im Bauabschnitt 1 bestehen. Änderungen müssen nur an der Einbindung der Schlammerwärmung durchgeführt werden. Ursache hierfür ist die bestehende hydraulische Weiche der Schlammerwärmung; diese würde zu einem Kurzschluss zwischen Vor- und Rücklauf des überarbeiteten Heizungsnetzes führen. Neu hinzu kommt die o. g. KVA mit Gebäudeheizung und Warmwasseraufbereitung.

Auslegung

Für die Auslegung der Rohrleitungen und Komponenten des Bauabschnitts 1 wurden, auf Grund der teilweise sehr großen Leistungsspannen der Verbraucher und Erzeuger, Annahmen getroffen. Mit diesen Annahmen wird die weitere Planung fortgeführt. Folgende Annahmen wurden getroffen:

Im Jahresdurchschnitt sind 2,3 GOMs in Betrieb. Es ist somit gegeben, dass drei GOMs über einen längeren Zeitraum betrieben werden. Daraus ergibt sich eine maximale Wärmeleistung von 6.900 kW. Diese setzt sich aus der Betriebskonstellation zusammen: Betrieb von 1 x neue GOM (2.100 kW_{therm}) und 2 x alte GOMs (2.400 kW_{therm}). Über einen Zeitraum von 1-2 Wochen im Jahr (z. B. Oktoberfest) steigert sich die Gasproduktion der Faulbehälter, so dass der Betrieb von vier GOMs angezeigt ist. In diesem Betriebsfall soll die zusätzliche Wärmeleistung mittels Wegschalten der Abgaswärmetauscher reduziert werden.

Bei der neuen KVA ist im Normalbetrieb eine dauerhafte Wärmeausauskopplung von ca. 100 kW aus dem Niederdruckdampfsystem in das Wärmenetz angedacht. Nur bei einer Störung der Dampfverbraucher (Turbine / Schlammtrockner) sowie speziellen Betriebsweisen der Anlage kommt es zu größeren Dampfüberschüssen. Diese Fahrweisen stellen kurzfristige Betriebsvarianten dar, sind aber nicht für den Dauerbetrieb angedacht. Dampfüberschüsse können über diesen Zeitraum über den Luftkondensator (Luko) auskondensiert werden und müssen nicht in das Wärmenetz eingebracht werden. Bei der Brüdenkondensation Stufe 1 fallen im Normalbetrieb der KVA ca. 4.600 kW Wärme an, 4.400 kW davon werden für die Schlammvorwärmung benötigt. Ist die Schlammvorwärmung nicht in Betrieb, muss diese Leistung in das Wärmenetz eingebracht werden, alternativ über Betriebs-/ Kühlwasser abgeführt werden. Die Annahme von 5.000 kW Wärmeleistung beruht darauf, dass die Wärme aus der Brüdenkondensation auftreten kann, da die Schlammvorwärmung für den Betrieb der Anlage nicht zwingend genutzt werden muss. Zusätzlich dazu findet eine minimale Wärmeauskopplung aus dem Dampfsystem statt, welche abgeführt werden muss.

Die Schlammerwärmung im Faulturm hatte über den Zeitraum 2018 - 2020 einen durchschnittlichen Wärmebedarf von 1.904 kW. Die maximale Leistungsaufnahme lag bei 4.600 kW, minimal bei 800 kW. Die Auslegung der Schlammvärmetauscher liegt bei $4 \times 1.100 \text{ kW} = 4.400 \text{ kW}$. Es wird angenommen, dass 4.400 kW Schlammerwärmung zuzüglich 272 kW für die Gebäudeheizung der Maximalfall sind.

Bei der Gebäudeheizung wurden die drei Stränge, Nord-, West- und Südstrang zusammengenommen, der maximale Leistungsbedarf im Zeitraum 2018 - 2020 lag bei 2.850 kW, der Durchschnitt bei 950 kW.

Die Auslegung der Rückkühlung orientiert sich an der Wärmeleistung der GOMs. Die Wärmeleistung der Abgaswärmetauscher muss dabei berücksichtigt werden. Hintergrund hierfür ist das Absinken der Vorlauftemperaturen beim Bypass-Betrieb der Abgaswärmetauscher. Speziell beim Einsatz von Wärmespeichern und Sorptionskältemaschinen ist eine stabile und hohe Vorlauftemperatur > 85°C entscheidend.

Die benötigte Rückkühlleistung ergibt sich aus der erzeugten Wärme abzüglich des Verbrauchs.

Für die Rückkühlwerke wurde eine Leistung von 10.000 kW ermittelt. Der Wärmebedarf geht im Sommer stark zurück. Durch den Zubau einer Sorptionskältemaschine steigt dieser Bedarf wieder geringfügig an. Bei einem Betrieb von drei GOMs und der neuen KVA mit deaktivierter Schlammvorwärmung und Brüdenkondensation wird die Leistung zur Systemkühlung (Überhitzungsschutz) benötigt.

Anlagentechnik

Zur Rückkühlung kommen - auf Grund des benötigten Leistungsbedarfs – Kühler in Form eines V (V-Kühler) zum Einsatz. Der Vorteil von V-Kühlern ist der reduzierte Platzbedarf bei hoher Rückkühlleistung. Die Kühler müssen aus energetischen Gründen in einem Abstand von vier Metern aufgestellt werden. Dieser Abstand darf nach Herstellerangaben reduziert werden, wenn die Kühler unterseitig Luft ziehen können. Dementsprechend werden die Rückkühlwerke auf ein 2,5 m hohes Stahlpodest gestellt. Die V-Kühler können bei dem vorhandenen Temperaturniveau des Heizungskreislaufs ohne Wasserbedüfung auch bei hohen Außentemperaturen betrieben werden. Dies reduziert die Betriebskosten wesentlich. Durch die aufgebauten Lüfter mit drehzahl-geregelten Motoren ist eine präzise Leistungsregelung bei gleichzeitig niedrigen Schallemissionen und Stromverbrauch möglich. Zum Schutz vor Frost werden die V-Kühler in einem vom Heizwasser getrennten Kreislauf betrieben. Als Kreislaufmedium kommt Monoethylenglykol zum Einsatz, welches bei einem Mischungsverhältnis von 50/50 mit Wasser einen Frostschutz bis -40 °C bietet. Die Verbindung zum Heizungssystem erfolgt über Plattenwärmetauscher.

Die hydraulische Weiche (siehe Abbildung 2 - Hydraulische Weiche) dient zur kurzzeitigen Speicherung der Wärmeenergie und zur Vergleichmäßigung der Volumenströme für die verschiedenen Heizkreisläufe. Mit ca. 12,2 m Höhe und 3,3 m im Durchmesser hat die Weiche ein Volumen von ca. 100 m³. Die hydraulische Weiche verfügt über zehn Temperaturmessungen. Diese sind gleichmäßig über die Höhe des Behälters verteilt. Über diese Messungen können die Grenzschicht in der Weiche erfasst und Betriebspunkte für die Rückkühlung festgelegt werden

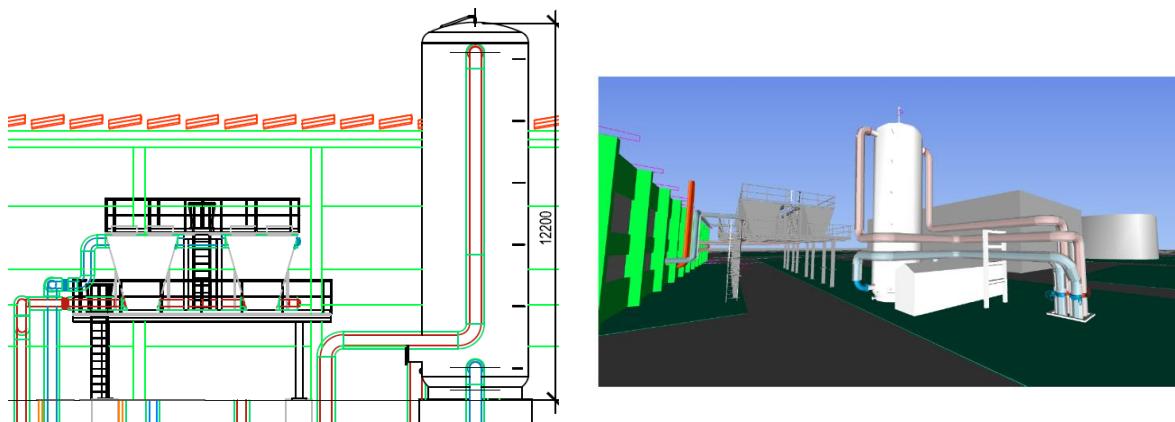


Abbildung 2 - Hydraulische Weiche

Bei der Aufstellung der Anlagentechnik wird nur der Aufstellungsort selbst als Provisorium genutzt. Die Anlagentechnik wird im Zuge des Bauabschnitts 2 umgesetzt und weiterverwendet.

2.2. Standort

Der Bauabschnitt 1 ist im Bereich IK4730, IK4732 und IK4750 zwischen der Energiezentrale und dem Maschinenhaus 1 auf dem Klärwerk verortet. In diesem Bereich ist der Knotenpunkt der Wärmeverteilung. Hier muss an das vorhandene Wärmenetz angeschlossen und die Rohrleitungen entsprechend angepasst, umgeschlossen und neuverlegt werden. Die Rohrleitungsführung kann durch eine vorhandene Lichtkuppel aus dem IK zur Weiche einfach erfolgen und es werden keine Tiefbaumaßnahmen am IK benötigt. Für die provisorische Aufstellung und Einbindung der hydraulischen Weiche und der Rückkühlwerke wurden drei mögliche Standorte untersucht.

Als Standort 1 wurde die Aufstellung hinter dem Maschinenhaus 1 (siehe Abbildung 3) untersucht. Hierbei war die Überlegung, dass die Anlagen bereits am finalen Standort aufgestellt werden und ein späteres Umsetzen nicht mehr notwendig ist. Es zeigt sich aber, dass dies mit wesentlichen Nachteilen behaftet ist. Das Baufeld des Wärmespeichers und der Umbauarbeiten des Maschinenhauses wäre durch Leitungen und Aggregate teilweise belegt. Erhöhte Kosten würden durch die längeren Leitungswege sowie den Aufbau einer dadurch erforderlichen Rohrbrücke entstehen. Des Weiteren muss durch eine Begleitheizung sichergestellt werden, dass keine Frostgefahr für die Anschlussleitung besteht.

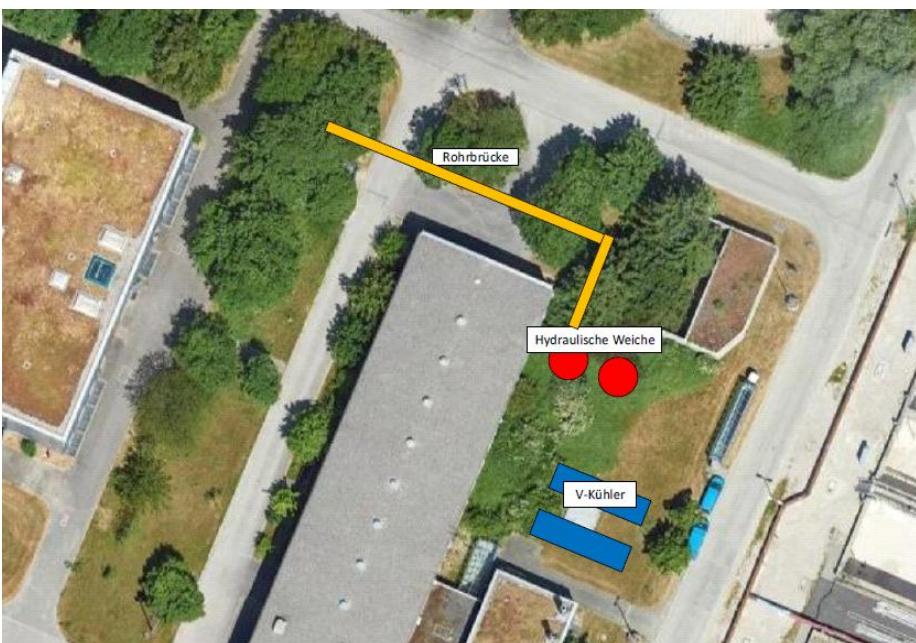


Abbildung 3 - Standort 1 hinter dem Maschinenhaus

Als zweiter Standort (siehe Abbildung 4) war die Grünfläche zwischen der Energiezentrale und den MH1 angedacht. Diese Fläche ist außerhalb der geplanten Baufelder und liegt trotzdem zentral an den involvierten Anlagenteilen wie Energiezentrale, neue KVA, Faulturm und Wärmenetz (Süd-, West- und Nordstrang). Folgende Vorteile sprechen für diesen Standort:

- Die Anschlussleitungen an GOMs und Wärmenetz liegen in der Nähe.
 - Eine ausreichende Fläche für den Aufbau der hydraulischen Weiche sowie der Rückkühlung ist vorhanden.
 - Die Wege im Freien sind kurz, wodurch die Frostgefahr reduziert wird.
- Nachteilig sind jedoch die Baumfällungen, die an diesem Standort notwendig würden.



Abbildung 4 - Standort 2 Grünstreifen vor dem Maschinenhaus

Aufgrund des Bestrebens die vorhandene Flora möglichst wenig zu beeinträchtigen, wurde sich daher für den Standort 3 (siehe Abbildung 5) entschieden. Zur weitgehenden Vermeidung der bei Standort 2 notwendigen Baumfällungen wurde entschieden, die Rückkühlwerke über der Straße zwischen Energiezentrale und MH1 aufzubauen (siehe Abbildung 5). Ausgehend von einer Bodenaufstellung mit einem lichten Mindestabstand von 4 m zwischen den Rückkühlern reduziert sich mit jedem Meter Aufständerung der Abstand zwischen den Rückkühlern um 1 m. Folgende Punkte sprechen für den Standort und den Aufbau einer Stahlbühne.

- 1.) Bessere Luftzufuhr
- 2.) Ansaugen von Bodenbewuchs reduziert -> kein Verdrecken der Kühllamellen
- 3.) Reduzierter Platzbedarf
- 4.) Reduzierte Fundamente
- 5.) Weiterhin nutzbare Durchfahrtsstraße
- 6.) Erhalt der vorhandenen Flora



Abbildung 5 - Standort 3 über der Straße am Maschinenhaus 1

2.3. Elektro- und Leittechnik

Die elektrotechnischen Anlagen für den Bauabschnitt 1 werden neben dem Maschinenhaus 1 aufgebaut. Die elektrische Versorgung und die prozesseleittechnische Einbindung erfolgen daher aus den bzw. in die bestehenden Anlagen des Maschinenhauses 1.

Bestand Maschinenhaus 1

Das Maschinenhaus 1 ist über zwei Mittelspannungsringe an das Mittelspannungsnetz des Klärwerks angebunden. Über den Mittelspannungsring 2 werden die Allgemeinbereiche versorgt, über den Mittelspannungsring 3 die nicht mehr in Betrieb befindlichen Anlagenteile der Turboverdichter (ehemals Luftversorgung 1. Biologie). Die Mittelspannungsringe versorgen, jeweils über zwei Transformatoren getrennte, Niederspannungshauptverteilungen. Letztere befinden sich in einem gemeinsamen Niederspannungsraum im Obergeschoss des MH 1.

Im Rahmen des Bauabschnitts 1 bleibt diese Versorgungsstruktur erhalten und wird genutzt.

Im Zuge vorgeschalteter Rückbaumaßnahmen wurden die Automatisierungsgeräte der nicht mehr genutzten Turboverdichter rückgebaut. Die Anlagen des Bauabschnitts 1 werden vorerst ausschließlich über das System Desigo automatisiert. Die Anbindung an den Bestand kann über die vorhandene Lichtwellenleiter (LWL)-Infrastruktur des Klärwerks erfolgen. Ein Netzwerkschrank ist im Keller des MH 1 zur Anbindung vorhanden.

Niederspannungshauptverteilung (NSHV) Schaltraum

Die Energieversorgung der Anlagen des Bauabschnitts 1 soll über die NSHV im Obergeschoss des Maschinenhauses 1 hergestellt werden. Hier stehen verschiedene, zurzeit nicht verwendete Abgangsmodule zur Verfügung. Die erwartete Leistungsaufnahme der gesamten Anlagen liegt bei ca. 200 kW. Es wird eine Trenneinrichtung mit NH3-Einsätzen (NH = Niederspannungshochleistungssicherung) verwendet. Ein separater Abgang für die Steuerung wird umgesetzt. Die Energieverteilung erfolgt über neue Unterverteilungen.

2.4. Bautechnik

Die Aufstellung der Anlagentechnik wird, wie unter „2.2 Standort“ beschrieben, an Standort 3 ausgeführt. Die Kühlerpodeste sind so geplant, dass diese über der Straße aufgestellt werden und die Befahrbarkeit der Straße weiter ermöglicht wird.

Ausführung / Umgriff

Die V-Kühler werden auf Stahlpodesten aufgestellt. Diese Stahlpodeste dienen dazu, den Abstand zwischen den Kühler zu verringern und den Flächenverbrauch zu reduzieren. Wenn die Kühler unterseitig Luft ziehen können, darf nach Herstellerangaben der Zwischenabstand reduziert werden. Auf den Stahlpodesten werden die Kühler und die zugehörigen Rohrleitungen installiert. Weiterhin wird ein Wartungssteg hergestellt, der einen oberseitigen Wartungszugang ermöglicht. Die Kühlerpodeste können im Bauabschnitt 2 weiterverwendet und umgesetzt werden. Für die Konstruktion wurden daher Schraubanschlüsse vorgesehen.

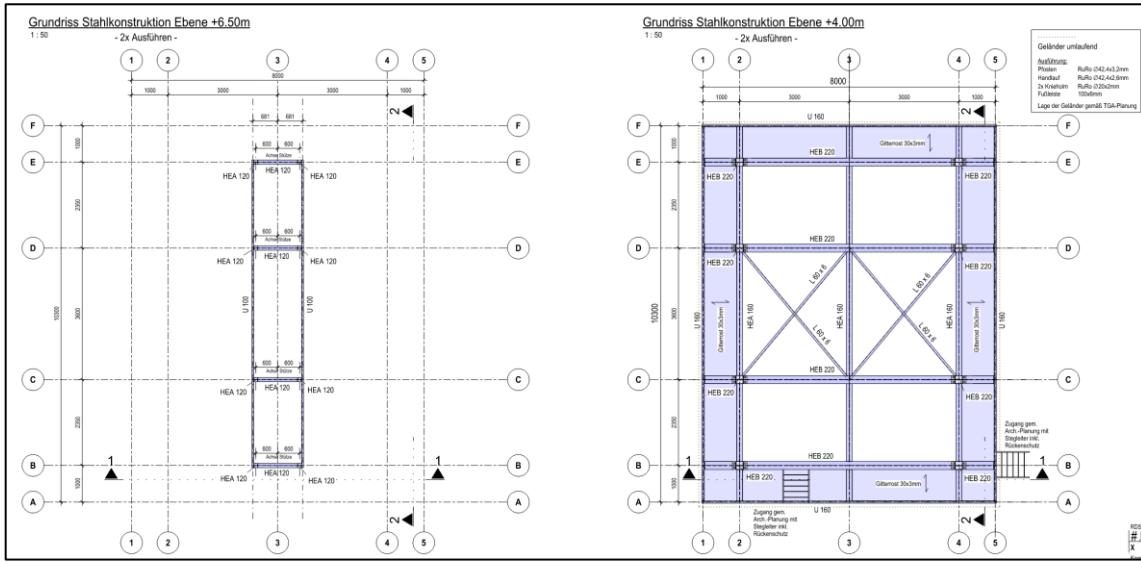


Abbildung 6: Entwurfszeichnungen der Kühlerpodeste – Grundrisse

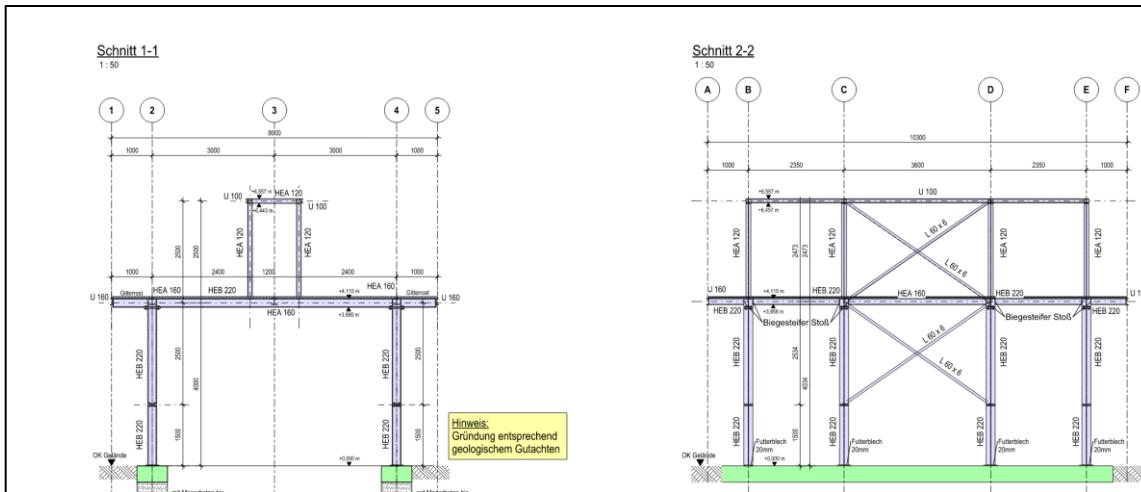


Abbildung 7: Entwurfszeichnungen der Kühlerpodeste – Schnitte

Es wird eine ca. 12 m hohe hydraulische Weiche aufgestellt. Die hydraulische Weiche ist ein Wasserbehälter für 100 m³ Wasser. Diese hydraulische Weiche wird als komplettes System geliefert.

Fundamente

Sowohl für die hydraulische Weiche als auch für die Podeste der V-Kühler werden Stahlbeton-Fundamente benötigt.

Für die Fundamentierung der Kühlerpodeste wurden verschiedene Varianten untersucht. Als Ausführungsvariante wurde die Gründung mittels Stahlbeton-Streifenfundamenten gewählt. Die Streifenfundamente sind mittels eines frostsicheren Unterbaus frosttief zu gründen.

Für die hydraulische Weiche wird eine elastisch gebettete Bodenplatte erstellt. Konstruktiv wird die Bodenplatte aus Anwendungsgründen (Abfangungen der anzuschließenden Rohrleitungen) mit Mindestabmessungen von 3,5 m x 3,5 m ausgeführt.

Rückbau

Nach dem Versetzen der Kühlerpodeste und der hydraulischen Weiche im Zuge des Bauabschnitts 2 werden die Fundamente der Weiche und der Podeste rückgebaut. Ob die Bodenplatte der Weiche weiter als Abstell- / Aufstellfläche verwendet werden soll, wird im Bauabschnitt 2 geklärt.

Auch die unteren 1,5 m "Stützenstummel", die für die erhöhte Durchfahrtshöhe im Bauabschnitt 1 noch nötig sind, müssen rückgebaut werden.

Wiederverwendung Stahlstützen

Die Stahlpodeste für die V-Kühler sind so geplant, dass diese im Bauabschnitt 2 wieder aufgestellt werden können. Da für den Bauabschnitt 1 eine erhöhte Durchfahrtshöhe benötigt wird, sind die Podeste so berechnet und bemessen, dass diese über einen Stirnplattenstoß um 1,5 m verlängert werden.

So können die oberen Stützenteile für den Bauabschnitt 2 weiterverwendet werden. Die Anschlüsse sind so geplant, dass die Stirnplatte, die für den Stirnplattenstoß benötigt wird, nach Versetzen der Podeste als Fußplatte funktioniert.

3. Dringlichkeit

Der Baubeginn des Bauabschnitts 1 ist für das 4. Quartal 2026 vorgesehen. Die Inbetriebnahme ist im 3. Quartal 2027 geplant. Der Bauabschnitt 1 muss vor der unmittelbar folgenden Inbetriebnahmephase der neuen KVA fertiggestellt werden.

4. Gegebenheiten des Grundstückes

Die Umsetzung der gesamten Maßnahme erfolgt auf dem Betriebsgelände des Klärwerk Gut Großlappen; der Bauabschnitt 1 wird im Bereich des Maschinenhauses 1 realisiert.

Im Zuge der Grundlagenermittlung wurden alle bekannten Sparten ermittelt und deren Lage sowie Höhenlage festgestellt. Die vorhandenen Sparten müssen nicht verändert werden.

5. Rechtliche Bauvoraussetzungen

Für die provisorische Aufstellung der Rückkühlwerke und der hydraulischen Weiche im Bauabschnitt 1 ist keine Baugenehmigung erforderlich.

6. Klima und Umwelt

Eine Klimaschutzrelevanz ist gegeben: ja, positiv
 Anhand des Klimaschutzchecks 2.0 wurde das Gesamtprojekt mit beiden Bauabschnitten als positiv bewertet. Durch die Optimierung der Anlagentechnik können Energie und Betriebsmittel eingespart werden. Das Hauptziel der Maßnahme ist die ganzjährige Sicherstellung des Bedarfs an thermischer Energie. Eine vertiefte Prüfung wird mit der weiteren Planung des Bauabschnitts 2 erfolgen, um eine Beurteilung des Gesamtprojektes herbeizuführen. In den Beschlussunterlagen zur Projektgenehmigung des Bauabschnitts 2 wird der endgültige Stand der Klimaschutzprüfung dargestellt. Der Bauabschnitt 1 hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Variantenuntersuchung und -bewertung des Bauabschnitts 2.
 Die Klimarelevanz muss jedoch im Gesamtkontext bewertet werden.
 Das Vorgehen sowie das Ergebnis der Klimaschutzprüfung wurden mit dem Referat für Klima- und Umweltschutz vorab abgestimmt.

7. Kosten

Nach Kostenberechnung der vorliegenden Entwurfsplanung ergeben sich Projektkosten für den Bauabschnitt 1 von 5.500.000 € brutto. Darin enthalten ist ein Ansatz von 15 % Unvorhergesehenes.
 Unabhängig davon ist eine Kostenfortschreibung auf Grund von Index- bzw. Marktpreisentwicklungen zulässig.

Die Projektkosten des Bauabschnitts 1 gliedern sich wie folgt auf:

Bautechnik	420.000 €
Technische Ausrüstung	3.090.000 €
Elektrotechnik	330.000 €
Zwischensumme – Baukosten, brutto	3.840.000 €
Planung	950.000 €
Zwischensumme – brutto	4.790.000 €
Unvorhergesehenes (15 %)	718.500 €
Projektkosten (brutto)	5.508.500 €
Projektkosten gerundet (brutto)	5.500.000 €

Für das Gesamtprojekt mit beiden Bauabschnitten wurde beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) im Förderprogramm „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)“ das Modul 1 für die Planungsleistungen bis zur Entwurfsplanung beantragt und bewilligt.

8. Steuern

Im Rahmen bzw. durch den 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 (BA 1 + BA 2) ist im Wirtschaftsplan 2025 / Investitionsprogramm 2024 - 2028 unter der Kontonummer 8-2445 in Höhe von 62,747 Mio. € enthalten. Die Anpassung der Kostenentwicklung erfolgt mit der Aufstellung des Wirtschaftsplans 2026 / Investitionsprogramm 2025 - 2029.