

**GVRZ**

## VORPROJEKT UND VARIANTENSTUDIE BHKW & BIOGASAUFBEREITUNGSANLAGE



Luzern, 12.10.2020

**HOLINGER AG**

Alpenquai 12, CH-6005 Luzern

Telefon +41 41 368 99 20

luzern@holinger.com

Version	Datum	Sachbearbeitung	Kontrolle	Verteiler
V1	10.09.2020	A. Isenschmid	R. von Schulthess	GVRZ
V2	12.10.2020	A. Isenschmid	R. von Schulthess	GVRZ

I4013\_BE\_VP\_BHKW\_BGAA\_ARA Schönau V2.docx

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>6</b>
<b>1 AUSGANGSLAGE UND AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>7</b>
1.1 AUSGANGSLAGE	7
1.2 AUFGABENSTELLUNG	7
<b>2 GRUNDLAGEN</b>	<b>8</b>
2.1 ENERGIEBILANZ ARA SCHÖNAUF	8
2.2 WÄRMEBEDARF NACH SANIERUNG DER FAULUNG	8
2.3 ENERGIEBILANZ BHKW	9
2.4 ENERGIEBILANZ BIOGASAUFBEREITUNGSANLAGE (BGA ANLAGE)	9
2.5 DIMENSIONIERUNG	12
2.5.1 BHKW	12
2.5.2 Biogasaufbereitung	12
<b>3 VARIANTEN</b>	<b>13</b>
3.1 VARIANTE BHKW	13
3.1.1 Kurzbeschreibung der Variante	13
3.1.2 Standort	13
3.1.3 Kosten	14
3.1.4 Förderungen	14
3.2 VARIANTE BGA ANLAGE	15
3.2.1 Kurzbeschreibung der Variante	15
3.2.2 Standort	16
3.2.3 Kosten	17
3.2.4 Förderungen	18
<b>4 VARIANTENVERGLEICH</b>	<b>19</b>
4.1 SYSTEMGRENZEN	19
4.2 KOSTENVERGLEICH UND WIRTSCHAFTLICHKEIT	19
4.3 ENERGIEBILANZ	22
4.4 ÖKOLOGISCHER VERGLEICH	23
4.5 SENSITIVITÄTSANALYSE WIRTSCHAFTLICHKEIT	24
4.5.1 Sensitivität Biogaspreis	24
4.5.2 Sensitivität Strompreis	25
4.5.3 Sensitivität Stromverbrauch ARA	26
4.5.4 Sensitivität Gas- und Strompreise verändern sich parallel	26
4.5.5 Sensitivität Gasmenge	27
4.5.6 Sensitivität Investitionskosten	27
4.5.7 Fazit Sensitivitätsanalyse	27

<b>5</b>	<b>FAZIT UND WEITERES VORGEHEN</b>	<b>28</b>
5.1	FAZIT	28
5.2	WEITERES VORGEHEN	28

## ANHANG

Anhang 1	Kostenschätzung
Anhang 2	Wirtschaftlichkeitsrechnung
Anhang 3	Layout Varianten
Anhang 4	Heizungs- und Lüftungsschemas
Anhang 5	Strombedarfsberechnungen

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Wärmebilanz nach Sanierung Faulung 2020	8
Abbildung 2: Energiebilanz BHKW	10
Abbildung 3: Energiebilanz Variante Biogasaufbereitung	11
Abbildung 4: Gasproduktion der ARA Schönauf in Nm <sup>3</sup> /h aus den Jahren 2017-2019 aufsteigend sortiert.	12
Abbildung 5: Standort des neuen BHKW-Gebäudes im Anschluss an das PAK-Gebäude	13
Abbildung 6: Prinzipschema Biogasaufbereitung im Membranverfahren	15
Abbildung 7: Standort der Biogasaufbereitungsanlage beim neuen Gasspeicher, Layout gemäss Richtofferte: 1: Membranbiogasaufbereitung, 2: Notkühlung, 3: Gastrocknung, 4: Aktivkohlefilter, 5: Regenerative Nachverbrennung (Optional), Rote Fläche: zusätzlich zu erstellendes Fundament	16
Abbildung 8: Standort Wärmepumpen	16
Abbildung 9: Entwicklung Marktpreis Erdgas Sep. 2018 bis Sep. 2019 (Einheit EUR Cent)	20
Abbildung 10: Entwicklung Marktpreis Erdgas Okt. 2019-Sep. 2020 (Einheit EUR Cent)	20
Abbildung 11: Zusammenfassung der Resultate aus der Wirtschaftlichkeitsanalyse	21
Abbildung 12: Zusammenfassung der Resultate aus der Energiebilanz. Die positive Energiebilanz der Variante BGA bedeutet, dass die ARA Schönauf Heizenergie von 800 Einfamilienhäuser ins Erdgasnetz einspeisen kann.	23
Abbildung 13: Zusammenfassung der Resultate der CO <sub>2</sub> -Bilanz	24

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kostenschätzung Variante BHKW	14
Tabelle 2: Kostenschätzung Variante BGA Anlage	17
Tabelle 3: Sensitivität Biogaspreis	25
Tabelle 4: Sensitivität Strompreis	25
Tabelle 5: Sensitivität Energiebedarf	26
Tabelle 6: Sensitivität parallele Veränderung Energiepreis	26
Tabelle 7: Sensitivität Gasmenge	27
Tabelle 8: Sensitivität Investitionskosten	27

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ARA	Abwasserreinigungsanlage
BGA	Biogasaufbereitungsanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
GVRZ	Gewässerschutzverband der Region Zugersee-Küssnachtersee-Ägerisee
SCR	Selektiver Katalytische Reduktion (Selective catalytic reduction)
SGK	Schaltgerätekombination
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
PAK	Pulveraktivkohle
PLS	Prozessleitsystem
VSG	Verband der Schweizerischen Gasindustrie
WRG	Wärmerückgewinnung
WWZ	Wasserwerke Zug

## ZUSAMMENFASSUNG

### Ausgangslage

Im Jahr 2021 werden alle BHKW der ARA Schöna u die technische Lebensdauer erreichen. Da diese die Luftreinhalteverordnung nicht mehr einhalten können, müssen diese ersetzt werden. Gleichzeitig soll das entstehende Klärgas effizient und zukunftsgerichtet verwertet werden. Als Alternative zur Verwertung des Klärgases in BHKW bietet sich die Aufbereitung zu Erdgasqualität und Einspeisung in das Erdgasnetz an.

Um die optimale Variante zu evaluieren, wurde ein Variantenvergleich zwischen BHKW und Biogasaufbereitung durchgeführt.

### Grundlagen

Als Grundlage zur Projektentwicklung wurde eine vertiefte Energiebilanz über die gesamte ARA Schöna u erarbeitet. Zudem wurden die geplanten Massnahmen aus dem laufenden Projekt "Sanierung Faulung" miteinbezogen.

### Variante BHKW

Die Variante BHKW sieht vor die heutigen BHKW durch drei gleich grosse BHKW zu ersetzen. Diese sollen eine elektrische Leistung von je 300 kW aufweisen. Als Standort für eine neue BHKW-Station wurde der freie Platz vor dem bestehenden PAK-Gebäude evaluiert.

Die Investitionskosten dieser Variante belaufen sich auf rund **4'100'000 CHF exkl. MwSt.**, mit einer Kostengenauigkeit von +/- 20%.

Diese Variante sieht vor, dass die ARA Schöna u in Bezug auf Energie nahezu autark funktioniert.

### Variante BGA Anlage

Mit der Variante BGA Anlage wird das Klärgas mittels Membranverfahren zu Erdgasqualität (Methan-gehalt >96%) aufbereitet. Die Stromversorgung wird über den Bezug ab dem öffentlichen Netz gewährleistet. Für den Notstromfall ist ein Notstromaggregat von mindestens 600 kW vorgesehen. Die Wärme wird aus dem Abwasser mittels Wärmepumpen bereitgestellt. Die Aufbereitungsanlage wird beim neuen Gasspeicher realisiert. Die Wärmepumpen kommen im Leitungsgang zwischen den Vorklärbecken zu liegen.

Die Investitionskosten dieser Variante belaufen sich auf rund **6'000'000 CHF exkl. MwSt.**, mit einer Kostengenauigkeit von +/- 20%.

Bei dieser Variante muss die ARA Schöna u sämtlicher Strom von Extern beziehen. Im Gegenzug kann Energie in Form von Biomethan ins öffentliche Gasnetz eingespeist werden. Netto resultiert ein Energieüberschuss von jährlich rund 8 GWh. Diese Energie entspricht dem Wärmebedarf von rund 800 Einfamilienhäuser. Mit dieser Variante wird die ARA Schöna u somit zum Kraftwerk.

### Variantenvergleich

Der Variantenvergleich wurde für die Kriterien Energie, CO<sub>2</sub>-Bilanz und die Wirtschaftlichkeit durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Variante BGA Anlage in allen Vergleichen besser abschneidet als die Variante BHKW.

Für die Wirtschaftlichkeit wurde zudem eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Energiepreise sensitiv sind. Es ist minimal ein Gaspreis von **6.8 Rp./kWh** zu erwirtschaften. Bei niedrigeren Gaspreisen ist die Variante BHKW wirtschaftlich attraktiver.

### Fazit

Aus dem Variantenvergleich geht hervor, dass die Variante Biogasaufbereitung bezüglich Wirtschaftlichkeit, Energie und Ökologie durchgehend besser abschneidet als die Variante BHKW.

Für eine zukunftsgerichtet und effiziente Klärgasverwertung ist die Variante Biogasaufbereitung zu wählen. Wird jedoch die Eigenversorgung und damit verbunden die Reduktion von Abhängigkeiten stärker gewichtet, ist die Variante BHKW zu wählen.

# **1 AUSGANGSLAGE UND AUFGABENSTELLUNG**

## **1.1 AUSGANGSLAGE**

Das BHKW 3 der ARA Schöna überschreitet 2021 die technische Lebensdauer. Die BHKW 1 + 2 haben diese bereits überschritten. Alle BHKW können die Luftreinhalteverordnung nicht mehr einhalten und müssen ersetzt werden.

Das in der Faulung der ARA Schöna entstehende Klärgas wird zum heutigen Zeitpunkt in den BHKW verwertet. Dadurch kann der Strom- und Wärmebedarf der ARA Schöna gedeckt und ein Teil des produzierten Stroms in das Netz eingespeist werden. Während den warmen Jahreszeiten wird durch die BHKW mehr Wärme produziert als benötigt wird. In der Folge wird der Wärmeüberschuss an das Abwasser abgegeben. Das Energiepotenzial des Klärgases wird dadurch nicht vollständig ausgenutzt.

Alternativ zu der Verwertung des Klärgases in BHKW kann dieses zu Erdgasqualität aufbereitet und in das öffentliche Gasnetz eingespeist werden.

Vor der Ausarbeitung des vorliegenden Vorprojekts, wurden bereits Verhandlungen mit der WWZ aufgenommen und eine Vereinbarung für den Anschluss der ARA Schöna an das Gasnetz unterzeichnet. Basierend darauf wurde bereits ein erster Abschnitt der Gasleitung als Vorinvestition beschlossen. Der Leitungsabschnitt wird jeweils hälftig vom GVRZ und dem WWZ vorfinanziert.

## **1.2 AUFGABENSTELLUNG**

Das vorliegende Vorprojekt hat zum Ziel die Entscheidungsgrundlagen für die Wahl des optimalen Systems für die zukünftige Klärgasverwertung zu erarbeiten. Dafür wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

1. Aktualisierung der Energiebilanz
2. Ausarbeiten von zwei Varianten auf Niveau Vorprojekt: BHKW und Biogasaufbereitung
3. Erfassen der notwendigen Investitionskosten mit einer Genauigkeit von +/- 20%
4. Variantenvergleich bezüglich Wirtschaftlichkeit & Ökologie

## 2 GRUNDLAGEN

### 2.1 ENERGIEBILANZ ARA SCHÖNAUN

Für beide Varianten wurde für die Auslegung der jeweiligen Anlageteile eine Energiebilanz der gesamten Anlage für Strom und Wärme durchgeführt. Diese Energiebilanz diente als Basis für die Planung und weiteren Betrachtungen wie die Wirtschaftlichkeit oder CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Für den Vergleich der zwei Varianten wurden die Energiebilanzen für den Zustand nach der Umsetzung der Varianten (ca. 2022) dargestellt. Als Datengrundlage dienten die Betriebsdaten aus den Jahren 2017-2019 und der Wärmebedarf nach dem laufenden Sanierungsprojekt der Faulung.

Auf eine Bilanzierung für die Zukunft - z.B. in das Jahr 2040 - wurde verzichtet, da sie mit vielen Unsicherheiten behaftet ist. Mit dem heutigen Wissensstand lässt sich kaum zuverlässig prognostizieren wie sich z.B. die Bevölkerung im Einzugsgebiet bis 2040 entwickelt oder welche Energiesparmassnahmen umgesetzt werden.

Lediglich für die Auslegung der Wärmepumpen wurde die Prognose des Wärmebedarfs für das Jahr 2040 aus dem Projekt "Sanierung Faulung" verwendet.

### 2.2 WÄRMEBEDARF NACH SANIERUNG DER FAULUNG

In der nachfolgenden Abbildung 1 ist der Wärmebedarf im Jahresverlauf für den neuen Zustand nach der Sanierung der Faulung mit den heutigen Betriebsdaten dargestellt.

Aus den Darstellungen lässt sich erkennen, dass der Wärmebedarf über das Jahr schwankt und insbesondere im Sommer wenig Wärmeenergie benötigt wird.

Für die Energiebilanzierungen in den Kapiteln 2.3 und 2.4 wurden die Werte in Abbildung 1 verwendet.

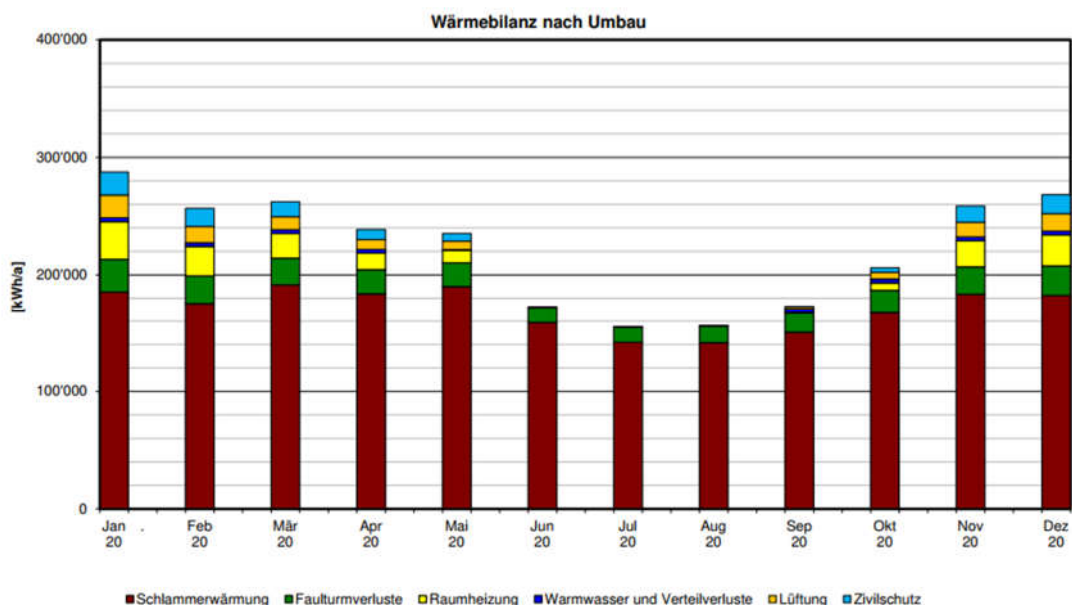


Abbildung 1: Wärmebilanz nach Sanierung Faulung 2020



## 2.3 ENERGIEBILANZ BHKW

Aus der in Abbildung 2 dargestellten Energiebilanz für die Variante BHKW können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Durch den höheren Wirkungsgrad der BHKW kann mehr Strom und Wärme erzeugt werden.
- Der Strom und Wärmebedarf der ARA Schönauf kann bis auf periodisch anfallende Leistungsspitzen durch die BHKW gedeckt werden.
- Rund 50% der jährlich entstehenden Wärme kann nicht genutzt werden und muss als Abwärme abgegeben werden.
- Mit den BHKW kann der Notstrombedarf abgedeckt werden.

## 2.4 ENERGIEBILANZ BIOGASAUFBEREITUNGSANLAGE (BGA ANLAGE)

Aus der in Abbildung 3 dargestellten Energiebilanz für die Variante BGA Anlage können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Der Strombezug ab dem öffentlichen Stromnetz ist rund 8-mal grösser als heute.
- Der Wärmebedarf kann über die Wärmepumpen gedeckt werden. Die Öl-Heizung ist lediglich die Redundanz im Falle von Wartungsarbeiten und ggfs. zur Unterstützung bei kurzzeitigen Spitzen.
- Durch eine Wärmerückgewinnung aus der Biogasaufbereitungsanlage kann rund 10% des Wärmebedarfs gedeckt werden.
- Rund 98% des Energiegehalts des Klärgases kann in das Gasnetz eingespeist werden.
- Es entstehen keine Energieüberschüsse, welche nicht verwendet werden können.
- Der Notstrombedarf ist aufgrund der Wärmepumpen und der Biogasaufbereitung höher als in der Variante BHKW und wird durch ein neues Notstromaggregat gedeckt.

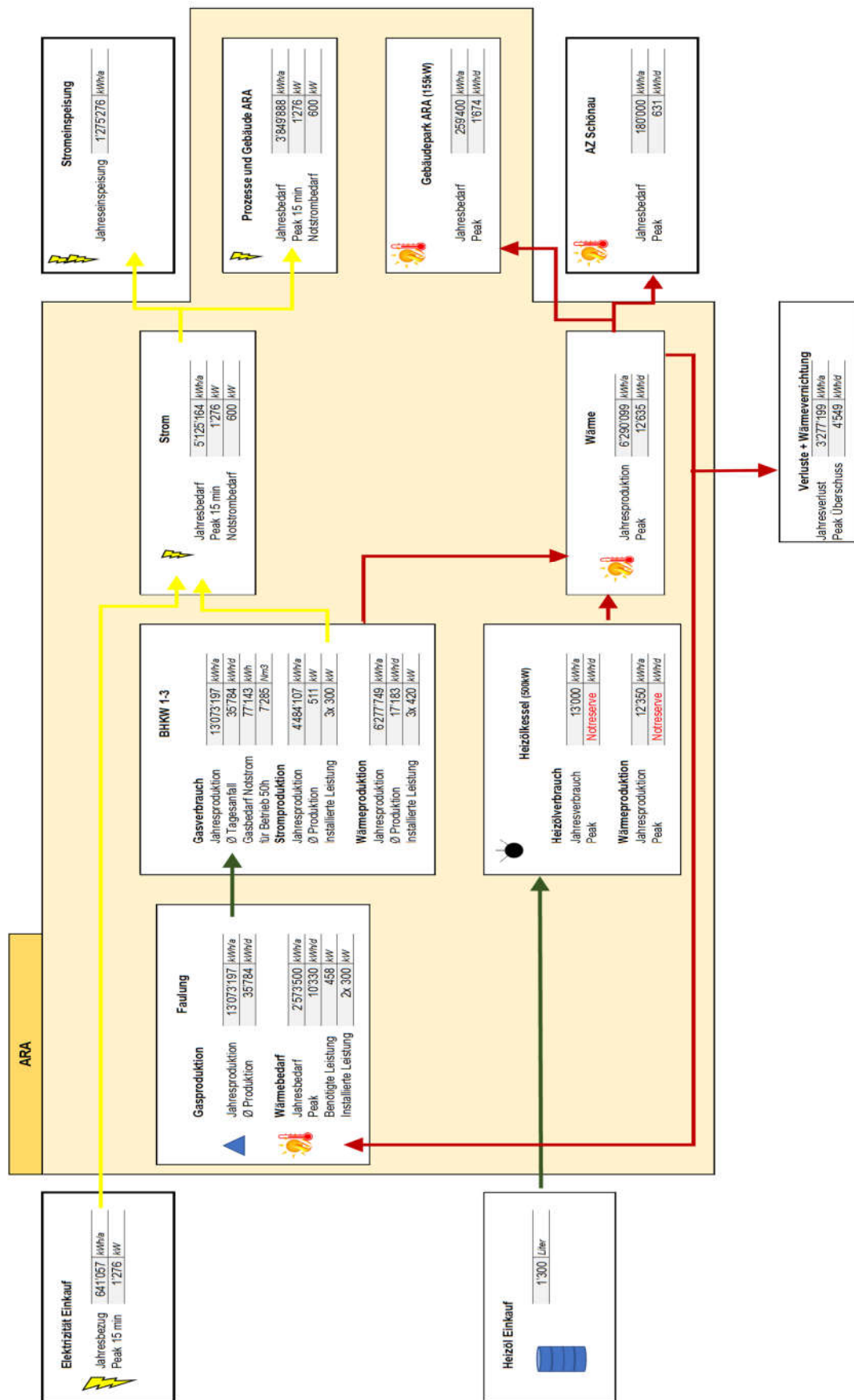


Abbildung 2: Energiebilanz BHKW

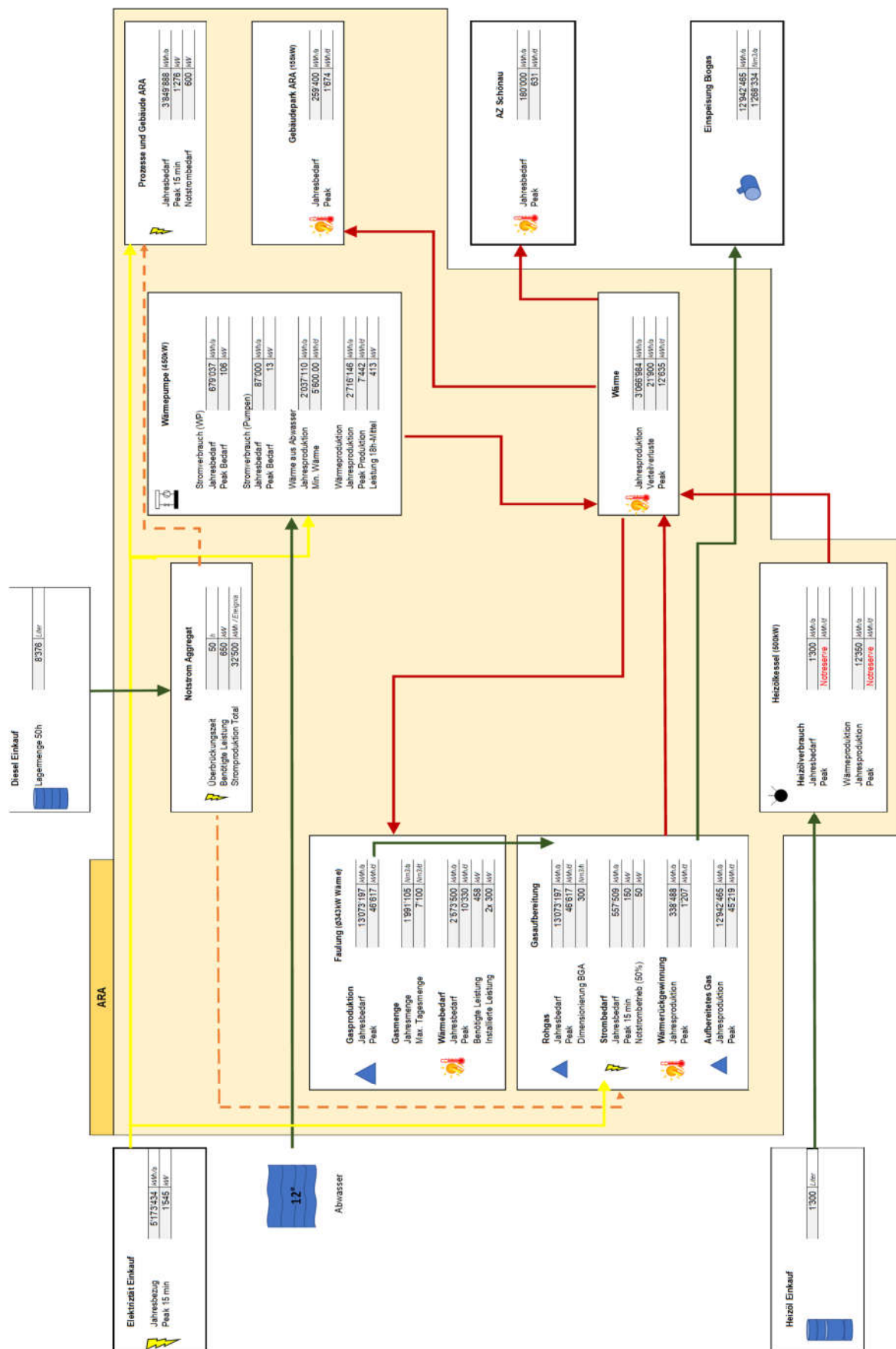


Abbildung 3: Energiebilanz Variante Biogasaufbereitung

## 2.5 DIMENSIONIERUNG

### 2.5.1 BHKW

Die Zielgrösse wird durch die notwendige Leistung für die Notstromversorgung definiert. Aus der ganzheitlichen Energieanalyse geht hervor, dass insgesamt 600 kW elektrische Leistung zur Gewährleistung des Kläranlagenbetriebes notwendig ist.

Zukünftig sollen drei BHKW mit einer elektrischen Leistung von jeweils 300 kW installiert werden, wovon ein BHKW als Redundanz vorgesehen ist. Es besteht die Möglichkeit alle BHKW gleichzeitig zu betreiben.

### 2.5.2 Biogasaufbereitung

Für die Biogasaufbereitungsanlage wurde definiert, dass 98% des entstehenden Klärgases aufbereitet werden soll. Aus Gesprächen mit anderen Kläranlagen in der Schweiz mit einer Biogasaufbereitungsanlage ging hervor, dass die Anlage rund 2% der Zeit stillsteht, infolge von Wartungen. Entsprechend muss die Aufbereitungsanlage die maximale Tagesgasproduktion verarbeiten können (vgl. Abbildung 4), um die angestrebte Anlagenverfügbarkeit von 98% zu gewährleisten. Insgesamt ist von einem Methanschlupf von rund 0.5% in das Off-Gas der Aufbereitungsanlage auszugehen. Die Dimensionierung wurde auf 300 Nm<sup>3</sup>/h Klärgas festgelegt. Falls die Gasmengen zukünftig signifikant steigen sollten, sind Reserveplätze für eine Kapazität von 360 Nm<sup>3</sup>/h vorgesehen, welche bei Bedarf nachgerüstet werden können.

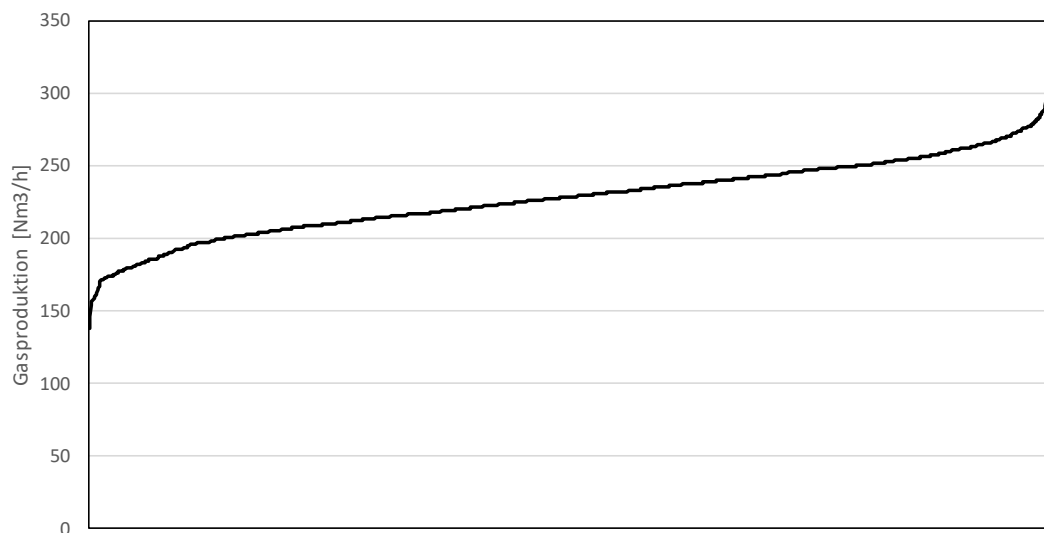


Abbildung 4: Gasproduktion der ARA Schönauf in Nm<sup>3</sup>/h aus den Jahren 2017-2019 aufsteigend sortiert.

## 3 VARIANTEN

### 3.1 VARIANTE BHKW

#### 3.1.1 Kurzbeschreibung der Variante

Die Variante BHKW sieht vor, das heute bestehende Verwertungssystem beizubehalten. Das in der Faulung produzierte Klärgas soll in den BHKW zu Strom und Wärme umgesetzt werden und den Energiebedarf der ARA Schönauf decken. Überschüssiger Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Im Gegensatz zu den heute unterschiedlich grossen BHKW sollen in Zukunft drei identische BHKW zum Einsatz kommen. Die BHKW werden jeweils eine elektrische Leistung von 300 kW und eine thermische Leistung von 420 kW aufweisen.

Die heutigen BHKW sind an verschiedenen Standorten auf der ARA installiert. Aus Sicherheitsgründen sollen die neuen BHKW an einem gemeinsamen Standort installiert werden. Dafür wird ein neues Gebäude erstellt. Auf dem Dach werden die notwendigen Installationen für die Zuluft und Kühlung vorgesehen. Zudem ist pro BHKW ein Kamin mit 8 m Höhe und ein SCR Katalysator zur NO<sub>x</sub>-Elimination notwendig.

#### 3.1.2 Standort

Das neue BHKW-Gebäude soll im Anschluss an das bestehende PAK-Gebäude erstellt werden. Der Grundriss ist in der folgenden Abbildung 5 dargestellt.

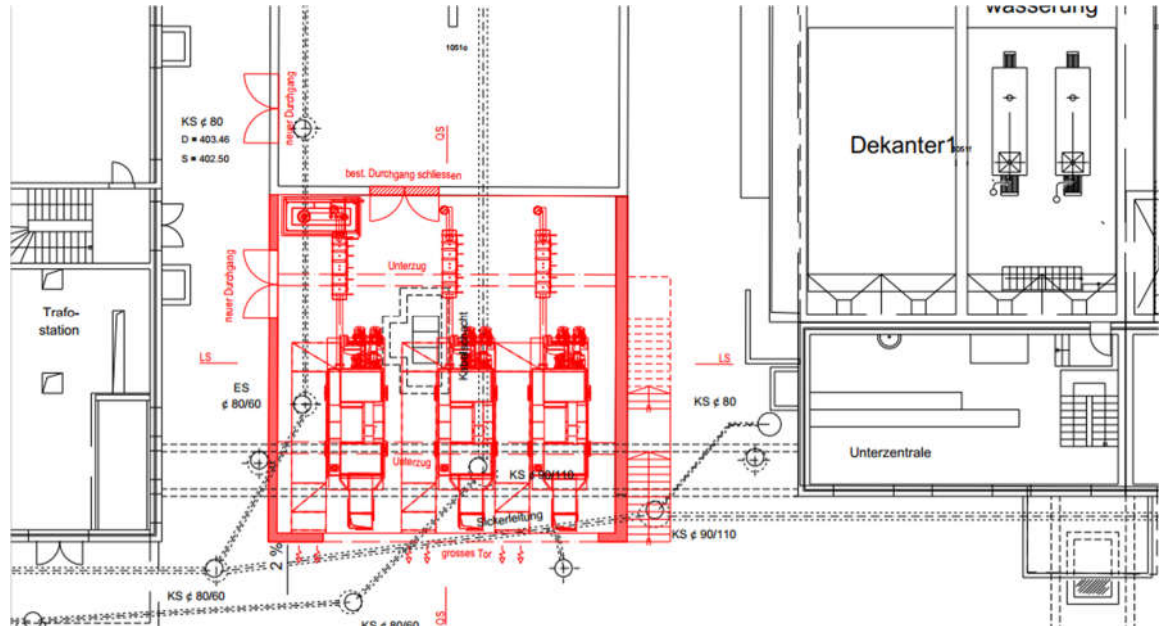


Abbildung 5: Standort des neuen BHKW-Gebäudes im Anschluss an das PAK-Gebäude

### 3.1.3 Kosten

Die Kosten für die Variante BHKW belaufen sich auf rund 4'100'000 CHF exkl. MwSt. mit einer Kostengenauigkeit von +/- 20%.

Tabelle 1: Kostenschätzung Variante BHKW

Anlageteil	BHKW
<b>1. Verfahren</b>	<b>1'760'000</b>
1.1 Gasleitungen	60'000
1.2 BHKW	1'435'000
1.3 Rückbau alte BHKW, Provsorien	55'000
1.4 Anpassungen im PAK Betriebsgebäude	150'000
1.5 Rückvergütung Vorinvestition Gasleitung durch WWZ	60'000
<b>2. Bau</b>	<b>599'000</b>
2.1 Neues Gebäude für BHKW	574'000
2.2 Rückbau BHKW	10'000
2.3 Gasleitung	15'000
<b>3. EMSRL</b>	<b>305'000</b>
3.1 Elektrische Installationen	130'000
3.2 Schaltgerätekombinationen SGK	65'000
3.3 SPS/PLS	78'000
3.4 Messungen	32'000
<b>4. HLKS</b>	<b>377'000</b>
4.1 Heizungsanlagen	2'000
4.2 Heizzentrale / Wärmeverteilung	165'000
4.3 Lüftungsanlage	115'000
4.4 Notkühlung	80'000
4.5 Sanitäre Anlagen	15'000
<b>Zwischentotal, exkl. Baunebenkosten (BKP 5)</b>	<b>3'041'000</b>
<b>5. Baunebenkosten BKP 5</b>	<b>1'050'000</b>
<b>Total, exkl. MWST</b>	<b>4'091'000</b>

### 3.1.4 Förderungen

Noch bis 2022 sind Fördermittel für die dezentrale Stromproduktion durch BHKW auf Kläranlagen verfügbar. Die Förderung beläuft sich auf bis zu 20% der Investitionen, welche direkt im Zusammenhang zur Stromproduktion stehen. Es ist eine Einmalvergütung von bis zu 400'000 CHF zu erwarten.

Fördermittel werden für den Vergleich nicht eingerechnet.

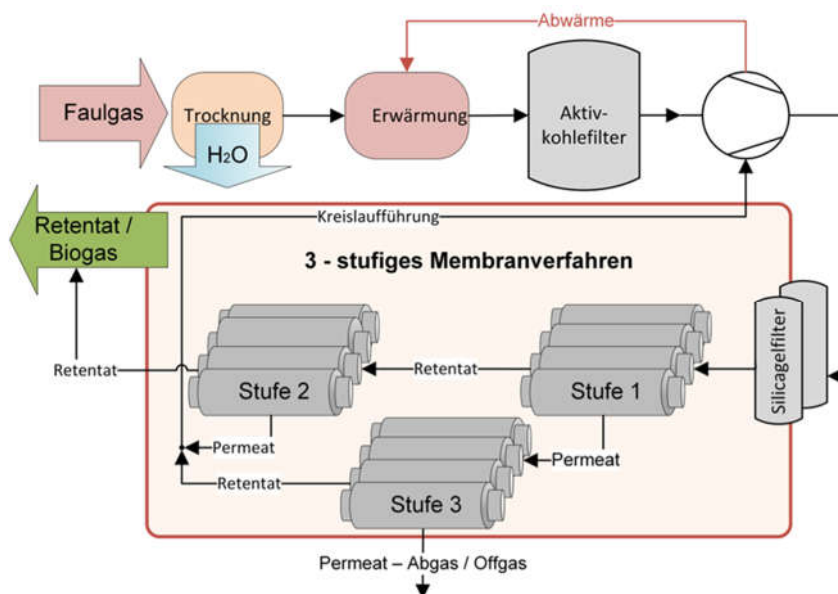
## 3.2 VARIANTE BGA ANLAGE

### 3.2.1 Kurzbeschreibung der Variante

Die Variante Biogasaufbereitung bedeutet eine Umstellung des Gas- und Energiesystems der ARA Schönauf. Das entstehende Klärgas wird zu Erdgasqualität aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist.

Grundsätzlich sind zwei Verfahren dazu geeignet. Eine vertiefte Betrachtung im Rahmen dieser Arbeit hat ergeben, dass sich das Membranverfahren am besten eignet. Dieses Verfahren hat sich in den letzten Jahren auch bei anderen Anlagen durchgesetzt.

Eine Biogasaufbereitung im Membranverfahren setzt sich aus verschiedenen Elementen zusammen, diese sind in der folgenden Abbildung 6 schematisch dargestellt.



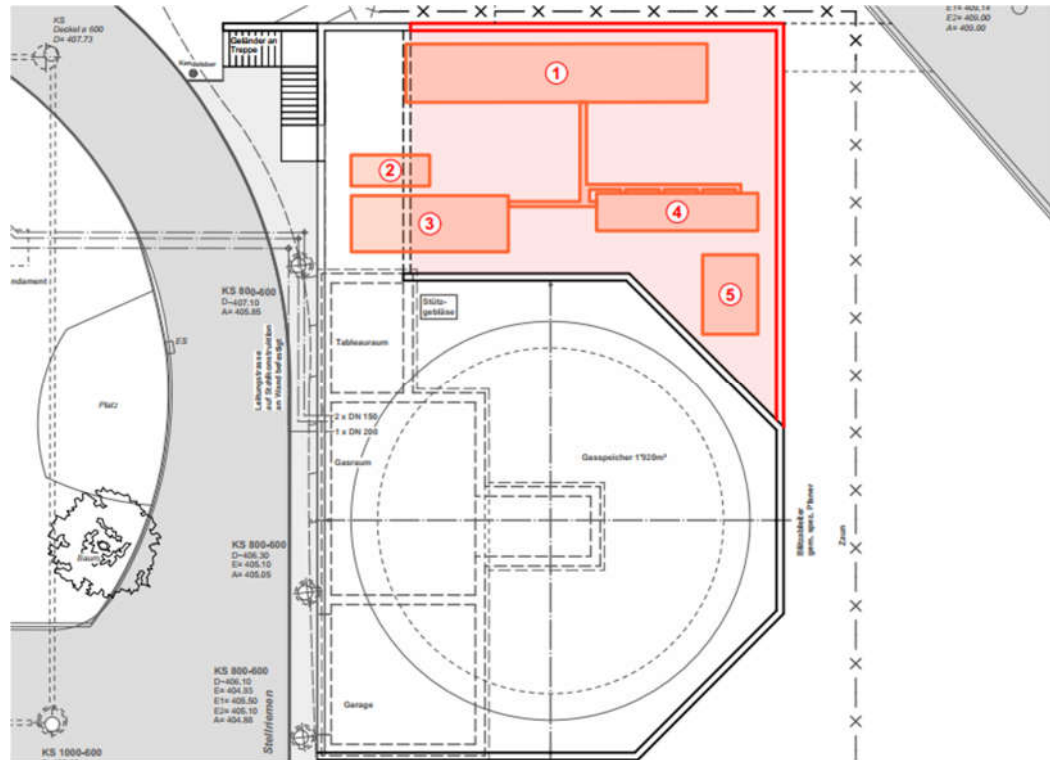
**Abbildung 6: Prinzipschema Biogasaufbereitung im Membranverfahren**

Im Aufbereitungsprozess wird das Klärgas mit Druck über mehrere Membranmodule geführt, wobei das CO<sub>2</sub> abgeschieden und der Methangehalt auf rund 98% angehoben wird. Die Aufbereitungsanlage wird mit Reserveplätzen für eine zukünftige Kapazitätssteigerung von 20% ausgerüstet. Zudem sollen alle relevanten Anlagenteile in Redundanz ausgeführt werden, sodass die Betriebssicherheit gewährleistet werden kann. Zur Einspeisung des aufbereiteten Bio-Methans wird eine Anschlussleitung mit dem Projekt realisiert, eine Vorinvestition für eine Teilstrecke dieser Gasleitung wurde bereits getätigt.

Mit der Realisierung der Biogasaufbereitungsanlage steht das Klärgas nicht mehr zur Energieerzeugung zur Verfügung. Der Strombedarf wird vollständig über den Bezug aus dem öffentlichen Stromnetz gedeckt. Für den Notstromfall wird ein dieselbetriebenes Notstromaggregat mit einer Leistung von mindestens 600 kW installiert. Die Wärmeversorgung wird aus dem Abwasser über Wärmepumpen in Kombination mit der Abwärme aus dem Gasaufbereitungsprozess bereitgestellt. Die Wärmepumpen werden mit parallelen Verdichtern ausgeführt, dadurch kann bei einem Ausfall eines Verdichters noch die halbe Wärmeleistung gewährleistet werden. Für die Notwärmeversorgung wird die bestehende Öl-Heizung weiterverwendet. Diese verfügt über genügend Leistung, um den Wärmebedarf der ARA zu decken. Nach dem Erreichen der Lebensdauer der Ölheizung soll diese durch ein ökologischeres und effizienteres System ersetzt werden.

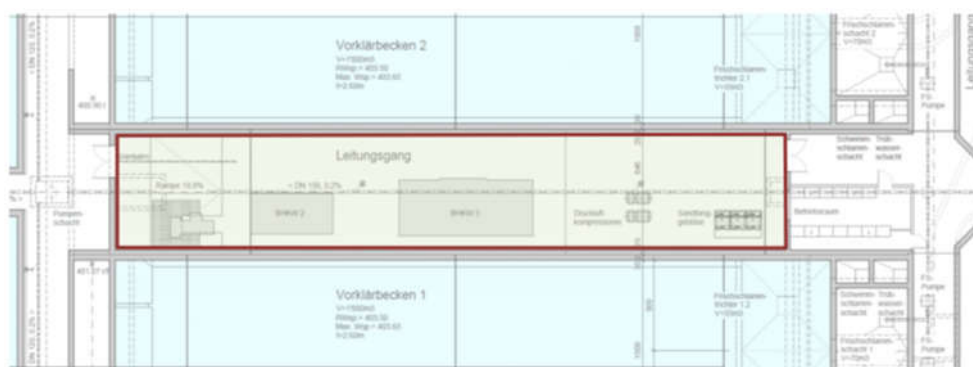
### 3.2.2 Standort

Die Biogasaufbereitungsanlage soll beim neuen Gasspeicher auf einer Betonplatte installiert werden (Abbildung 7).



**Abbildung 7: Standort der Biogasaufbereitungsanlage beim neuen Gasspeicher, Layout gemäss Richtoferte: 1: Membranbiogasaufbereitung, 2: Notkühlung, 3: Gastrocknung, 4: Aktivkohlefilter, 5: Regenerative Nachverbrennung (Optional), Rote Fläche: zusätzlich zu erstellendes Fundament**

Die Wärmepumpen werden im Gang zwischen den Vorklärbecken installiert. Heute sind an diesem Standort die BHKW 2 und 3 installiert (Abbildung 8).



**Abbildung 8: Standort Wärmepumpen**

Das Notstromaggregat auf dem Platz vor dem PAK Gebäude, am gleichen Ort wie das Gebäude in der Variante BHKW, installiert (vgl. Abbildung 5).



### 3.2.3 Kosten

Die Kosten für die Variante BGA Anlage belaufen sich auf rund 6'000'000 CHF exkl. MwSt. mit einer Kostengenauigkeit von +/- 20%.

Tabelle 2: Kostenschätzung Variante BGA Anlage

Anlageteil	BGAA
<b>1. Verfahren</b>	<b>2'390'000</b>
1.1 Gasleitungen	305'000
1.2 Biogasaufbereitungsanlage	1'780'000
1.3 Notstromaggregat	250'000
1.3 Rückbau alte BHKW, Provsiorien	55'000
<b>2. Bau</b>	<b>189'000</b>
2.1 Foundation und Umgebungsarbeiten	84'000
2.2 Rückbau BHKW	50'000
2.3 Notstromaggregat	55'000
<b>3. EMSRL</b>	<b>801'000</b>
3.1 Elektrische Installationen	299'000
3.2 Schaltgerätekombinationen SGK	243'000
3.3 SPS/PLS	246'000
3.4 Messungen	13'000
<b>4. HLKS</b>	<b>1'100'000</b>
4.1 Heizungsanlage	5'000
4.2 Abwasserwärmepumpe	850'000
4.3 WRG Biogasaufbereitung	30'000
4.4 Neue Heizzentrale und Wärmeverteilung	90'000
4.5 Anpassungen best. Heizzentrale	95'000
4.6 Sanitäre Installationen	30'000
<b>Zwischentotal, exkl. Baunebenkosten (BKP 5)</b>	<b>4'480'000</b>
<b>5. Baunebenkosten BKP 5</b>	<b>1'470'000</b>
<b>Total, exkl. MWST</b>	<b>5'950'000</b>

### 3.2.4 Förderungen

Aus dem Biogasfonds Schweiz des VSG sind namhafte Förderbeiträge zu erwarten:

- Eine Einmalvergütung von 1'200 CHF pro Nm<sup>3</sup>/h installierter Leistung (Produktgas).
- Während den ersten 3 Jahren rund 2 Rp./kWh eingespeistes Biomethan für den Produzenten und 0.5 Rp./kWh für den Netzbetreiber.

Total dürfen die Förderbeiträge 1'000'000 CHF nicht übersteigen. Das Projekt BGA Anlage auf der ARA Schönauf wird nach aktuellem Kenntnisstand diese Grenze überschreiten. Es ist demnach eine Vergütung von 1'000'000 CHF zu erwarten.

Fördergelder werden im Vorprojekt für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht eingerechnet.

## 4 VARIANTENVERGLEICH

### 4.1 SYSTEMGRENZEN

Für alle Variantenvergleiche wurden folgende Systemgrenzen gewählt.

- Energie:  
Die Systemgrenze ist deckungsgleich mit der Energieanalyse. Betrachtet werden die Energieinputs und -outputs der *gesamten* ARA Schönauf. Damit wird der gesamte Energiebedarf der ARA berücksichtigt.
- Investitionen und Unterhalt:  
Es werden Abschreibungen und Unterhalt gemäss Investitionskosten dieses Vorprojektes erfasst (Projektumfang BHKW bzw. Projektumfang BGA).

### 4.2 KOSTENVERGLEICH UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Resultate der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind wie folgt zu interpretieren: Wenn die Bilanz aus Ausgaben + Einnahmen sich ausgleichen bedeutet dies, dass mit dem Ertrag aus Strom- bzw. Gasverkauf nicht nur die Abschreibungen und Unterhalt der neuen Anlagen sondern auch der Einkauf von Energie der *gesamten* ARA kompensiert werden kann. Eine ausgeglichene Bilanz bedeutet somit, dass mit dieser Investition sämtliche Energiekosten der ARA gedeckt werden können.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden folgende Strompreise verwendet:

- Strompreis BGA Anlage: 11.6 Rp./kWh: Wasserstrom und Anpassung auf Mittelspannung, inkl. Lastspitze
- Strompreis BHKW: 11.77 Rp./kWh: Heutiger Mischstrompreis, Niederspannung
- Der verwendete Gaspreis von 9.1 Rp./kWh für das Biomethan setzt sich folgendermassen zusammen:
  - Erdgaspreis: Annahme für Vorprojekt: 3.6 Rp./kWh
    - Marktpreis / Graugaspreis:  
Der Marktpreis für Erdgas ist variabel (vgl. Abbildung 9 und Abbildung 10).  
Mittelwert 1.1.2015 – 10.9.2020      1.827 Rp./kWh
    - Importabgabe CO<sub>2</sub>:  
Die Importabgabe wird durch die Eidgenössische Zollverwaltung jährlich festgelegt.  
CO<sub>2</sub>-Abgabe 2020:      1.741 Rp./kWh  
Provisionierung und Mineralölsteuer      0.029 Rp./kWh
  - Biomethanzertifikat 5.5 Rp./kWh:  
Diese Position ist zwischen dem GVRZ und dem WWZ auszuhandeln. Aktuell wird über ein Zertifikatspreis zwischen 5 und 6 Rp./kWh diskutiert. Für den ökologischen Mehrpreis (Zertifikatspreis) wird im Rahmen dieses Vorprojektes mit einem mittleren Betrag von 5.5 Rp./kWh gerechnet.



Abbildung 9: Entwicklung Marktpreis Erdgas Sep. 2018 bis Sep. 2019 (Einheit EUR Cent)



Abbildung 10: Entwicklung Marktpreis Erdgas Okt. 2019-Sep. 2020 (Einheit EUR Cent)

In der folgenden Abbildung 11 sind die Resultate aus der Wirtschaftlichkeitsanalyse dargestellt. Die möglichen Fördermittel für beide Varianten wurden bewusst nicht eingerechnet.

Das Diagramm zeigt, dass bei der Variante BGA Anlage sowohl die Kapitalkosten wie auch der Einkauf von elektrischer Energie namhafte Ausgaben sind. Andererseits kann mit dem Verkauf des Biomethans eine bedeutende Einnahme generiert werden.

Bei der Variante BHKW ist erkennbar, dass infolge Eigenproduktion von Strom und Wärme kaum Energie eingekauft werden muss. Da die Energie auch selbst genutzt wird, kann auch kaum ein Erlös erwirtschaftet werden.

Der Betrieb und Unterhalt der beiden Varianten sind vergleichbar.

Die folgenden Erkenntnisse konnten aus der Analyse gewonnen werden:

1. Variante Biogasaufbereitung: Mit dem Verkauf des Biomethans können die Kapital-, Betrieb- und Unterhaltskosten für die Biogasaufbereitungsanlage sowie die gesamten Energiekosten der ARA Schönauf grösstenteils gedeckt werden. Somit können mit diesem Projekt praktisch die gesamten Energiekosten gedeckt werden (Nettokosten Energie faktisch gleich Null).
2. Die Variante BHKW weist in der Bilanz ein Defizit aus. Das bedeutet, dass Netto nicht alle Energiekosten mit dieser Variante gedeckt sind. Es lassen sich die Nettokosten für den Strom ableiten. Diese liegen bei rund 11.1 Rp./kWh (3.8 GWh/a konsumierter Strom für einen Preis von netto CHF 345'000.--/a). Die Nettokosten liegen somit leicht unter dem Einkaufspreis aus dem Netz. D.h. auch der Bau und Betrieb der BHKW-Anlage ist wirtschaftlich sinnvoll, aber weniger wirtschaftlich als die Biogasaufbereitungsanlage.

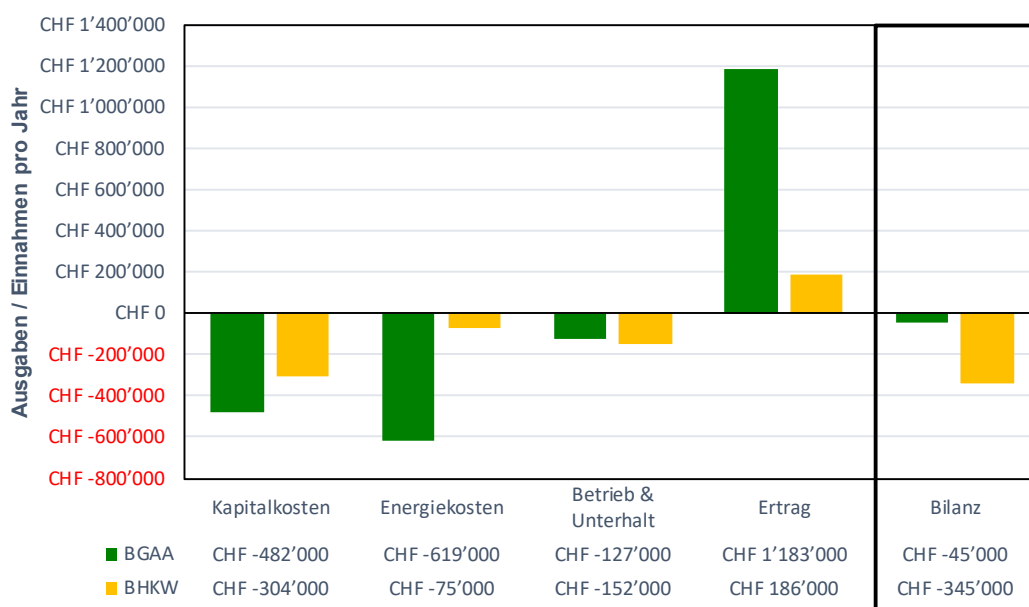


Abbildung 11: Zusammenfassung der Resultate aus der Wirtschaftlichkeitsanalyse

### 4.3 ENERGIEBILANZ

Die Abbildung 12 fasst die Resultate aus der Energieanalyse in Kapitel 2.1 zusammen und ist folgend kurz beschrieben:

#### Allgemeiner Grundsatz der Bilanz:

Die Energie, welche direkt auf der Anlage produziert und auch dort wieder verbraucht wird, befindet sich innerhalb der Systemgrenze und ist in der Bilanz nicht dargestellt. Dargestellt sind die Energieflüsse welche von der ARA Schöna u zugekauft oder verkauft werden. Ist die Bilanz positiv so kann mehr Energie verkauft werden, als zugekauft werden muss.

#### Energiebezug:

Dargestellt ist die Summe aller Energiebezüge aus externen Quellen. Konkret ist der Strombezug ab dem öffentlichen Netz dargestellt.

In der Variante BHKW ist der Strombezug niedrig, da im Grundsatz der gesamte Strombedarf auf der Anlage produziert werden kann. Der Strombezug dient lediglich der Deckung der kurzfristigen Spitzen.

In der Variante Biogasaufbereitung wird der gesamte Strombedarf der ARA Schöna u aus dem öffentlichen Netz bezogen. Dieser ist höher als bei der Variante BHKW, da auch Strom für die Wärmepumpe und die Biogasaufbereitung benötigt wird.

#### Energieeinspeisung

Die ausgewiesenen Energiemengen unter Energieeinspeisung ist die Summe aller Energie (Strom, Wärme, Gas), welche von der ARA nicht verbraucht werden und an Dritte abgegeben wird.

In der Variante BHKW ist dies der Stromüberschuss und ein kleiner Teil der Wärme für die AZ Schöna u.

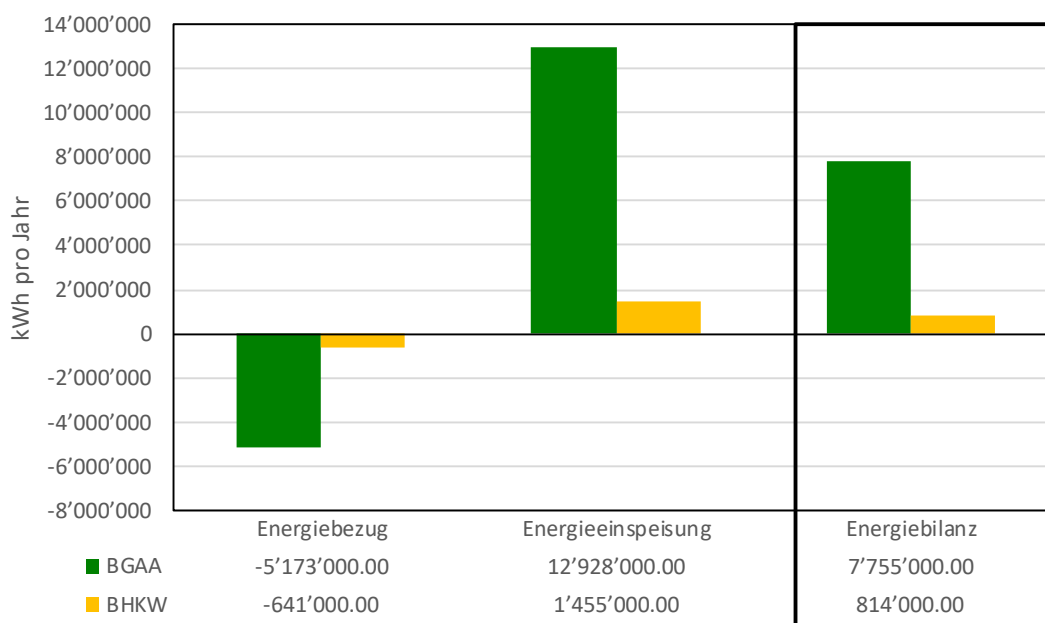
In der Variante BGA Anlage ist der Grossteil auf die Energiemenge im eingespeisten Biomethangas zurückzuführen. Ebenfalls wird die vertraglich geregelte Wärmemenge an die AZ Schöna u abgegeben.

#### Bilanz

Zu erkennen ist, dass beide Varianten bezüglich Energiebilanz positiv sind. Das heisst, dass mehr Energie in das öffentliche Netz eingespeist als bezogen wird.

Bei der Variante BGA-Aufbereitung ist die Netto-Einspeisung doch mit nahezu 7.8 GWh pro Jahr namhaft. D.h. die ARA Schöna u wird zu einem Kraftwerk! Diese Energie entspricht der Heizenergie von rund 800 Einfamilienhäuser.

In der Variante BHKW wird die Energie aus dem Klärgas direkt auf der ARA verbraucht, dabei kann der Energieinhalt des Klärgases jedoch nicht vollständig in nutzbare Energie umgesetzt werden. Dadurch fällt die Bilanz niedriger aus als bei der Variante BGA. Dies ist vor allem auf die Überschusswärme zurückzuführen, welche keiner sinnvollen externen Nutzung zugeführt werden kann.



**Abbildung 12: Zusammenfassung der Resultate aus der Energiebilanz. Die positive Energiebilanz der Variante BGA bedeutet, dass die ARA Schönau Heizenergie von 800 Einfamilienhäuser ins Erdgasnetz einspeisen kann.**

#### 4.4 ÖKOLOGISCHER VERGLEICH

Auch im ökologischen Vergleich (CO<sub>2</sub>-Bilanz), vgl. Abbildung 13, zeigt sich ein ähnliches Bild wie in der Energiebilanz. Beide Varianten weisen eine positive Bilanz auf. D.h. auf der ARA Schönau wird mehr CO<sub>2</sub> eingespart als ausgestossen!

Der CO<sub>2</sub>- Ausstoss in der Variante BGA-Anlage ist vor allem auf den Strombezug zurückzuführen. Die dargestellte CO<sub>2</sub> Bilanz geht beim Strombezug von Strom aus Wasserkraft aus. Dies ist speziell bei der Variante BGA-Anlage relevant, da je nach Strommix unterschiedliche CO<sub>2</sub> Ausstoss eingerechnet werden muss. Weitere Ausstösse sind mit dem abfackeln von Klärgas während Revisionsarbeiten zu begründen. Die Einsparung wird durch die Substitution von Erdgas durch klimaneutrales Biomethan erreicht.

Der Ausstoss der Variante BHKW ist vorwiegend auf die nicht genutzte Wärmeenergie zurückzuführen, insbesondere im Sommer kann der Wirkungsgrad der BHKW für die Wärme nicht ausgenutzt werden. Dadurch wird ein Grossteil des Energiegehalts aus dem Klärgas in ungenutzte Abwärme umgesetzt. Die Einsparung an CO<sub>2</sub> erfolgt durch Eigennutzung von selbst erzeugtem Strom und Wärme bzw. durch den Verkauf von Wärme.

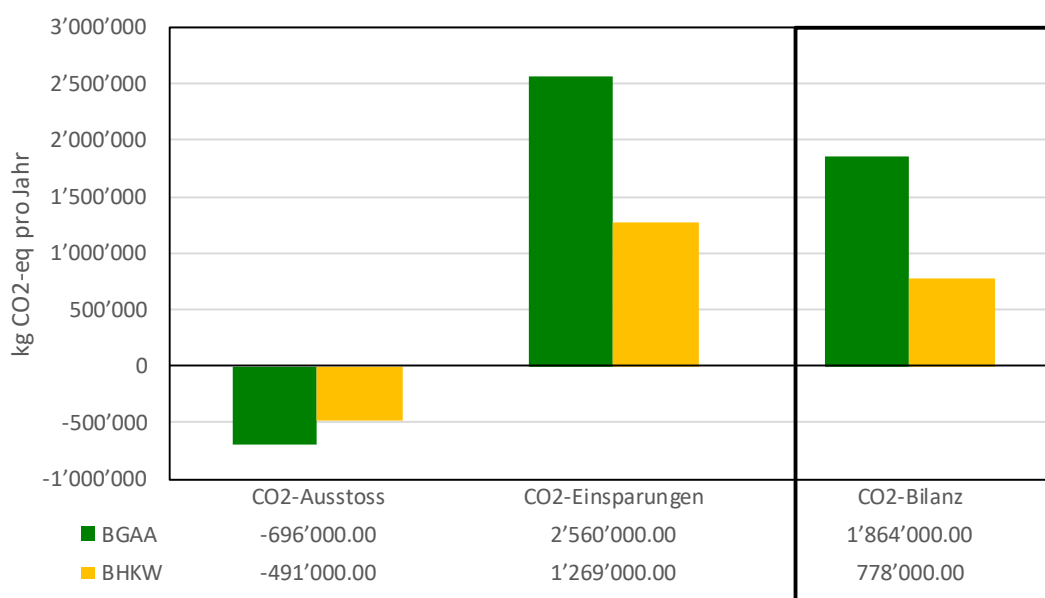


Abbildung 13: Zusammenfassung der Resultate der CO2-Bilanz

#### 4.5 SENSITIVITÄTSANALYSE WIRTSCHAFTLICHKEIT

Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist stark abhängig von den effektiven Energiepreisen für Strom und Biomethan. Um die möglichen finanziellen Risiken und Chancen darzustellen wurde eine Sensitivitätsanalyse für verschiedene Szenarien durchgeführt. Die Resultate sind nachfolgend dargestellt.

Bei allen Analysen wurde der Strompreis der Variante BHKW nicht verändert. Dies ist zum einen damit zu begründen, dass sich der Strombezug ab dem Netz wenig verändert und daher eine Preisänderung gegenüber dem Zustand heute sehr unwahrscheinlich ist. Zum anderen soll die Sensitivitätsanalyse zeigen, mit welchen Risiken ein Systemwechsel von BHKW auf Biogasaufbereitung verbunden sein könnte.

##### 4.5.1 Sensitivität Biogaspreis

Aktuell wird davon ausgegangen, dass der Biogaspreis bei 9.1 Rp./ kWh liegen wird. Der Gaspreis unterliegt, wie bei jedem Energieträger gewissen Schwankungen. Insbesondere der Mehrwert durch das Biogaszertifikat ist einer gewissen Unsicherheit unterworfen. In der nachfolgenden Tabelle 3 werden drei Szenarien miteinander verglichen:

1. Basisszenario: Entspricht den Werten der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Kap. 4.2.
2. Bilanz gleich BHKW: In diesem Szenario wurde der Biogaspreis soweit gesenkt bis die Bilanz gleich der Variante BHKW war.
3. Gaspreis + 10%: Der angenommene Gaspreis wurde um 10% erhöht.

Bei der Berechnung wurde lediglich der Biogaspreis verändert, alle anderen Kostenstellen entsprechen den Werten aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.



Tabelle 3: Sensitivität Biogaspreis

Szenario Veränderung Biogaspreis	Biogaspreis	Bilanz BGAA	Bilanz BHKW
	Rp/kWh	CHF/a	CHF/a
Basisszenario	9.1	-45'000.00	-345'000.00
Ertrag gleich BHKW	6.8	-342'000.00	-345'000.00
Gaspreis +10%	10	72'000.00	-345'000.00

Zu erkennen ist, dass der Biogaspreis bis auf 6.8 Rp./kWh absinken kann, bis die Bilanz ähnlich ist wie bei der Variante BHKW.

#### 4.5.2 Sensitivität Strompreis

Aufgrund des markant höheren Strombezugs aus dem Netz, hat der Strompreis einen hohen Einfluss auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung der BGA-Anlage. Folgende Szenarien wurden betrachtet:

1. Basisszenario: Entspricht den Werten der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Kap. 4.2.
2. Reduzierter Strompreis: Dieses Szenario geht von einer markanten Strompreisreduktion aus.
3. Erhöhter Strompreis: Dieses Szenario bildet den Worst Case mit markant höheren Strompreisen ab.

Bei der Berechnung wurde lediglich der Strompreis (Netzbezug) verändert, alle anderen Kostenstellen entsprechen den Werten aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Tabelle 4: Sensitivität Strompreis

Szenario Veränderung Strompreis	Strompreis	Bilanz BGAA	Bilanz BHKW
	Rp/kWh	CHF/a	CHF/a
Basisszenario	11.6 / 11.77	-45'000.00	-345'000.00
Reduzierter Strompreis	9	89'000.00	-327'000.00
Erhöhter Strompreis	15	-221'000.00	-366'000.00

Es lässt sich erkennen, dass auch bei einem sehr hohen Strompreis die Variante BGA Anlage wesentlich besser abschneidet als die Variante BHKW. Bei einer Strompreisreduktion ist mit markanten Mehreinnahmen zu rechnen.

#### 4.5.3 Sensitivität Stromverbrauch ARA

Bei Betrachtung der Stromverbräuche der letzten Jahre fällt auf, dass in den Jahren 2016-2017 rund 20-30% mehr Strom verbraucht wurde als in den Folgejahren. Dies kann unterschiedliche Gründe haben, auf welche hier nicht eingegangen werden soll.

In Tabelle 5 ist dargestellt, inwiefern sich die Bilanz verändert, wenn in der Abwasserreinigung 20% mehr Strom verbraucht würde. In diesem Szenario wurde ebenfalls die Variante BHKW verändert, da dies einen direkten Einfluss auf die eingekaufte Strommenge hat.

Zu erkennen ist, dass auch bei einem höheren Stromverbrauch der Abwasserreinigung die Biogasaufbereitungsanlage besser abschneidet.

**Tabelle 5: Sensitivität Energiebedarf**

Szenario erhöhter Prozessenergiebedarf	Strompreis	Bilanz BGAA	Bilanz BHKW
	Rp/kWh	CHF/a	CHF/a
Basisszenario	11.6 / 11.77	-45'000.00	-345'000.00
Prozessenergie + 20%	11.6 / 11.77	-135'000.00	-452'000.00

#### 4.5.4 Sensitivität Gas- und Strompreise verändern sich parallel

Es ist denkbar, dass sich zukünftig die Energiepreise grundsätzlich verteuern bzw. verbilligen. In der Tabelle 6 wird betrachtet, wie sich die Wirtschaftlichkeit verändert, wenn sich sowohl die Stromkosten als auch der Biogasertrag je um 4 Rp./kWh erhöhen bzw. senken. Ebenfalls wurde der Einspeisepreis für den Strom in der Variante BHKW um jeweils um denselben Betrag verändert.

**Tabelle 6: Sensitivität parallele Veränderung Energiepreis**

Szenario parallele verschiebung Energiepreise	Strompreis	Biogaspreis	Bilanz BGAA	Bilanz BHKW
	Rp/kWh	Rp/kWh	CHF/a	CHF/a
Basisszenario	11.6	9.1	-45'000.00	-345'000.00
Energiepreis + 4 Rp.	15.6	13.1	264'000.00	-320'000.00
Energiepreis - 4 Rp.	7.6	5.1	-355'000.00	-371'000.00

#### 4.5.5 Sensitivität Gasmenge

Abhängig von der Belastung der Kläranlage kann die produzierte Gasmenge schwanken. In der folgenden Tabelle 7 ist dargestellt wie sich die Bilanzen verändern, wenn die Gasmenge um 10% zunimmt oder abnimmt.

Tabelle 7: Sensitivität Gasmenge

Szenario Veränderung Strompreis	Bilanz BGAA	Bilanz BHKW
	CHF/a	CHF/a
Basisszenario	-45'000.00	-345'000.00
Gasmenge +10%	72'000.00	-282'000.00
Gasmenge -10%	-163'000.00	-407'000.00

Eine Zunahme der Gasmenge ist in Zukunft aufgrund des geplanten Anschlusses zusätzlicher Gemeinden und des Wachstums im Einzugsgebiet wahrscheinlich.

#### 4.5.6 Sensitivität Investitionskosten

Gemäss Vorprojekt beträgt die Kostengenauigkeit +/- 20%. In der Tabelle 8 ist dargestellt, wie sich die Bilanz verändert, wenn sich die Kapitalkosten für das BGA Anlage Projekt um 20% verändern.

Tabelle 8: Sensitivität Investitionskosten

Szenario veränderung Investitionskosten	Investitionskosten BGAA	Bilanz BGAA	Investitionskosten BHKW	Bilanz BHKW
	CHF	CHF/a	CHF	CHF/a
Basisszenario	5'950'000.00	-45'000.00	4'091'000.00	-345'000.00
Investitionskosten + 20%	7'140'000.00	-142'000.00	4'909'000.00	-406'000.00
Investitionskosten - 20%	4'760'000.00	51'000.00	3'272'000.00	-284'000.00

#### 4.5.7 Fazit Sensitivitätsanalyse

Bei allen betrachteten Szenarien zeigt sich, dass das Projekt BGA Anlage gegenüber dem Projekt BHKW wirtschaftlicher ist. Erst bei gleichzeitigem Auftreten von mehreren ungünstigen Szenarien, würde die BGA Anlage wirtschaftlich schlechter abschneiden als die Varianten BHKW.

Unter den Annahmen, dass sich weder Kapital-, Betriebs- noch Stromkosten verändern liegen die Grenzkosten für die Abnahme des Biomethans durch die WWZ bei 6.8 Rp./kWh. Bei einem noch tieferen Gaspreis wird die Variante BHKW wirtschaftlicher.

## 5 FAZIT UND WEITERES VORGEHEN

### 5.1 FAZIT

Aus dem Variantenvergleich geht hervor, dass die Variante Biogasaufbereitung bezüglich Wirtschaftlichkeit, Energie und Ökologie durchgehend besser abschneidet als die Variante BHKW – vorausgesetzt natürlich, dass für das aufbereitete Biogas mit den WWZ ein entsprechendes Biogaszertifikat ausgehandelt werden kann.

Die Variante BHKW hat ebenfalls Vorteile, welche aus den Variantenvergleichen nicht explizit hervorgehen. Durch den Betrieb einer eigenen Energieerzeugung können externe Abhängigkeiten verringert werden. Nachteilig ist dabei, dass das Energiepotenzial des Klärgases nicht vollständig ausgeschöpft werden kann. Zudem wird diese Unabhängigkeit durch eine geringere Wirtschaftlichkeit erkauft.

Der Variantenentscheid ist letztlich aber eine Frage der Gewichtung von Argumenten:

- Für eine ökologischere und finanziell vielversprechendere Klärgasverwertung ist die Variante Biogasaufbereitung zu wählen.
- Wird jedoch die Eigenversorgung und damit verbunden die Reduktion von Abhängigkeiten stärker gewichtet, ist die Variante BHKW zu wählen.

### 5.2 WEITERES VORGEHEN

Das Projekt kann mit folgendem Zeitplan realisiert werden:

Oktober 2020	Entscheid Variante Vertragsentwurf mit WWZ
November 2020	Genehmigung Kredit Bauprojekt Vergabe Planer Bauprojekt Gegenseitige Absichtserklärung WWZ-GVRZ
Dezember 2020	Start Bauprojekt
Juli 2021	Bauprojekt
Ab Juli 2021	Vorgezogene Submissionen Baubewilligung
November 2021	Genehmigung Projektkredit
Ab Dezember 2021	Submission
Februar 2022	Baustart
Dezember 2022	Bauabschluss & Inbetriebnahme

Luzern, 12.10.2020

Alex Isenschmid, Reto v. Schulthess

**HOLINGER AG**

# ANHANG 1

## KOSTENSCHÄTZUNG

## Gasverwertung mit Gasaufbereitung

Beträge in CHF exkl. MWST

Kostengenauigkeit +/- 20 %

Anlageteil	Variante Gasverwertung mit Gasaufbereitung
<b>1. Verfahren</b>	<b>2'390'000</b>
<b>1.1 Gasleitungen</b>	<b>305'000</b>
Zuleitung BGA	15'000
Erschliessungsleitung Lindenstrasse / Lorzenstrasse	200'000
Druckstufenerhöhung Gasnetz von 400 mbar auf 5 bar	50'000
Gasstrasse WWZ	40'000
<b>1.2 Biogasaufbereitungsanlage</b>	<b>1'782'792</b>
3-Stufige Membranbiogasaufbereitung	1'334'300
2x Aktivkohlefilter	
Gastrockungsanlage	
Wärmerückgewinnung	
Siloxanfilter	
Odorieranlage	
Reservesteckplätze Membranen	
Gasmengenmessung Produktgas	
Gasqualitätsmessung	
Notkühler	
CH4-Sensor für Offgas	7'447
Durchflussmessser Offgas	9'823
ADTR (Silicagel-Filter inkl. Regeneration)	180'323
1.5 Rückvergütung Vorinvestition Gasleitung durch WWZ	13'563
D-Check Tablet (Digitalisierte Checklisten mittels Tablet)	5'159
2. Hauptverdichter als redundante Ausführung	192'379
Membranen Aufrüstung auf 360 Nm3/h Durchsatz	39'798
<i>Regenerative Nachverbrennung (Option)</i>	229'240
<b>1.3 Notstromaggregat</b>	<b>250'000</b>
Notstromaggregat 650 kW inkl. Lagertank 7 m3, komplett für Aussenaufstellung	250'000
<b>1.3 Rückbau alte BHKW, Provsiorien</b>	<b>55'000</b>
Rückbau alte BHKW	45'000
Provsiorien	10'000

Anlageteil	Variante Gasverwertung mit Gasaufbereitung
<b>2. Bau</b>	<b>189'000</b>
<b>2.1 Foundation und Umgebungsarbeiten</b> Installationspauschale Aushub + Trans + Deponie Betonarbeiten ( inkl. Anschlüsse) Auffüllungen / Umgebung Geländer	<b>84'000</b> 3'000 10'000 54'000 10'000 7'000
<b>2.2 Rückbau BHKW</b> Rückbau alte BHKW-Station, Massnahmen divers Fluchttreppe im Mittelgang mit Wand und Türen	<b>50'000</b> 10'000 40'000
<b>2.3 Notstromaggregat</b> Fundament Überdachung	<b>55'000</b> 25'000 30'000
<b>3. EMSRL</b>	<b>801'000</b>
<b>3.1 Elektrische Installationen</b> BGA (150 kW) Mehrkosten für Vollintegration Notstromaggregat (650 kW) Wärmepumpen (120 kWel.) BHKW Rückbauten	<b>299'000</b> 94'000 20'000 35'000 140'000 10'000
<b>3.2 Schaltgerätekombinationen SGK</b> BGA (150 kW) Mehrkosten für Vollintegration Notstromaggregat (650 kW) Wärmepumpen (120 kWel.) BHKW Rückbauten	<b>243'000</b> 40'000 55'000 26'000 112'000 10'000
<b>3.3 SPS/PLS</b> BGA (150 kW) Mehrkosten für Vollintegration Notstromaggregat (650 kW) Wärmepumpen (120 kWel.) BHKW Rückbauten	<b>246'000</b> 45'000 66'000 18'000 87'000 30'000
<b>3.4 Messungen</b> BGA (150 kW) (integriert) Notstromaggregat (650 kW) Wärmepumpen (120 kWel.) (mehrheitlich bei HLK)	<b>13'000</b> 2'000 2'000 9'000

Anlageteil	Variante Gasverwertung mit Gasaufbereitung
<b>4. HLKS</b>	<b>1'100'000</b>
<b>4.1 Heizungsanlage</b>	<b>5'000</b>
Aufbereitung Anlagefüllwasser	5'000
<b>4.2 Abwasserwärmepumpe</b>	<b>851'000</b>
Abwasserfassung	130'000
redundante Abwasserpumpe	30'000
Zwischenkreis Wärmepumpe	320'000
redundante Zwischenkreispumpe	20'000
Wärmepumpe 480 kW, 2 Verdichter inkl. Speicher	320'000
Maschinenraumlüftung	15'000
NH3 / Gas-Überwachung	16'000
<b>4.3 WRG Biogasaufbereitung</b>	<b>30'000</b>
Heizgruppe und Leitungen	30'000
<b>4.4 Neue Heizzentrale und Wärmeverteilung</b>	<b>90'000</b>
Fernleitung Wärmepumpe bis best. Heizzentrale	90'000
<b>4.5 Anpassungen best. Heizzentrale</b>	<b>95'000</b>
Umbauten bestehender Heizungsverteiler	95'000
<b>4.6 Sanitäre Installationen</b>	<b>30'000</b>
Wasseranschlüsse Brauchwasser / Trinkwasser	30'000
<b>Zwischentotal, exkl. Baunebenkosten (BKP 5)</b>	<b>4'480'000</b>



Anlageteil	<b>Variante Gasverwertung mit Gasaufbereitung</b>
------------	---

<b>5. Baunebenkosten BKP 5</b>	<b>1'470'000</b>
<b>5.1 Bewilligung Gebühren (0.5%)</b>	<b>22'000</b>
<b>5.2 Versicherungen (0.5%)</b>	<b>22'000</b>
<b>5.3 Unvorhergesehenes (15%)</b>	<b>672'000</b>
<b>5.4 Honorare inkl. 3% NK</b>	<b>755'256</b>
Phase 32-33	
Phase 32 & 33 Bauprojekt inkl. Eingabeprojekt	172'820
Phase 41-53 (Ausschreibung und Realisierung)	582'436
<b>Total, exkl. MWST</b>	<b>5'950'000</b>

## Gasverwertung mit BHKW

Beträge in CHF exkl. MWST

Kostengenauigkeit +/- 20 %

Anlageteil	Variante Gasverwertung mit BHKW
<b>1. Verfahren</b>	<b>1'760'000</b>
<b>1.1 Gasleitungen</b> Zuleitungen und Verrohrung BHKW (DN 200, DN 80) <i>ab best. Gasleitung PSE-Gebäude VKB,</i> <i>inkl. Hauptgasventile, Kondensatschleusen</i>	<b>60'000</b> 60'000
<b>1.2 BHKW</b> 3 BHKW je 300 kW elektisch <i>inkl. Schallhaube, Notstromfunktion, SCR-Katalysatoren,</i> <i>Harnstofftank, Not- und Gemischkühler</i> Anbindung Abgasverrohrung inkl. 3 Kamine ca. je 8 m über Dach Rohrleitungsinstallationen Harnstofftank Siloxanfilter und Anbindung an best. Gasleitungen	<b>1'435'000</b> 1'270'000  40'000 25'000 100'000
<b>1.3 Rückbau alte BHKW, Provsorien</b> Rückbau alte BHKW Provsorien	<b>55'000</b> 45'000 10'000
<b>1.4 Anpassungen im PAK Betriebsgebäude</b> Anpassungen Pulverdosierleitungen für neuen Gebäudeeingang	<b>148'000</b> 30'000
<b>1.5 Rückvergütung Vorinvestition Gasleitung durch WWZ</b> Erschliessungsleitung Untermühlestrasse	<b>59'000</b> 59'000
<b>2. Bau</b>	<b>598'500</b>
<b>2.1 Neues Gebäude für BHKW</b> Abbruch Stützmauer Leitungen umlegen Gebäude Kriechgang zum PAK erschliessen Tor Doppeltür verlegen Treppe Podest + Gitterrost Umgebungsarbeiten	<b>573'500</b> 10'000 10'000 420'000 30'000 40'000 15'000 25'000 15'000 8'500
<b>2.2 Rückbau BHKW</b> Rückbau alte BHKW-Station, Massnahmen divers	<b>10'000</b> 10'000
<b>2.3 Gasleitung</b> 2 Stützen inkl. Fundament	<b>15'000</b> 15'000

Anlageteil	Variante Gasverwertung mit BHKW
<b>3. EMSRL</b>	<b>305'000</b>
<b>3.1 Elektrische Installationen</b> Verkabelungen, Erschliessungen BHKW, HLK	<b>130'000</b> 130'000
<b>3.2 Schaltgerätekombinationen SGK</b> SGK Ergänzungen UV BIO, Abgänge NSHV	<b>65'000</b> 65'000
<b>3.3 SPS/PLS</b> Notstromsteuerung, Einbindungen komplett	<b>78'000</b> 78'000
<b>3.4 Messungen</b> Messgeräte allgemein (HLK Messungen bei HLK)	<b>32'000</b> 32'000
<b>4. HLKS</b>	<b>377'000</b>
<b>4.1 Heizungsanlagen</b> Aufbereitung Anlagefüllwasser	<b>2'000</b> 2'000
<b>4.2 Heizzentrale / Wärmeverteilung</b> Heizungseinbindung BHKW Fernleitung BHKW Raum zu best. Heizungsspeicher	<b>165'000</b> 65'000 100'000
<b>4.3 Lüftungsanlage</b> Lüftung BHKW Gebäude	<b>115'000</b> 115'000
<b>4.4 Notkühlung</b> Notkühlung Gemischkühlkreislauf Notkühlung Notkühlkreislauf	<b>80'000</b> 35'000 45'000
<b>4.5 Sanitäre Anlagen</b> Brauch- und Trinkwasseranschlüsse	<b>15'000</b> 15'000
<b>Zwischentotal, exkl. Baunebenkosten (BKP 5)</b>	<b>3'040'500</b>

Anlageteil	<b>Variante Gasverwertung mit BHKW</b>
<b>5. Baunebenkosten BKP 5</b>	<b>1'050'000</b>
5.1 Bewilligung Gebühren (0.5%)	15'000
5.2 Versicherungen (0.5%)	15'000
5.3 Unvorhergesehenes (15%)	456'000
5.4 Honorare inkl. 3% NK	566'500
Phase 32-33 (Projektierung)	
Phase 32 & 33 Bauprojekt inkl. Eingabeprojekt	133'900
Phase 41-53 (Ausschreibung und Realisierung)	432'600
<b>Total, exkl. MWST</b>	<b>4'090'000</b>

# **ANHANG 2**

## **WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG**

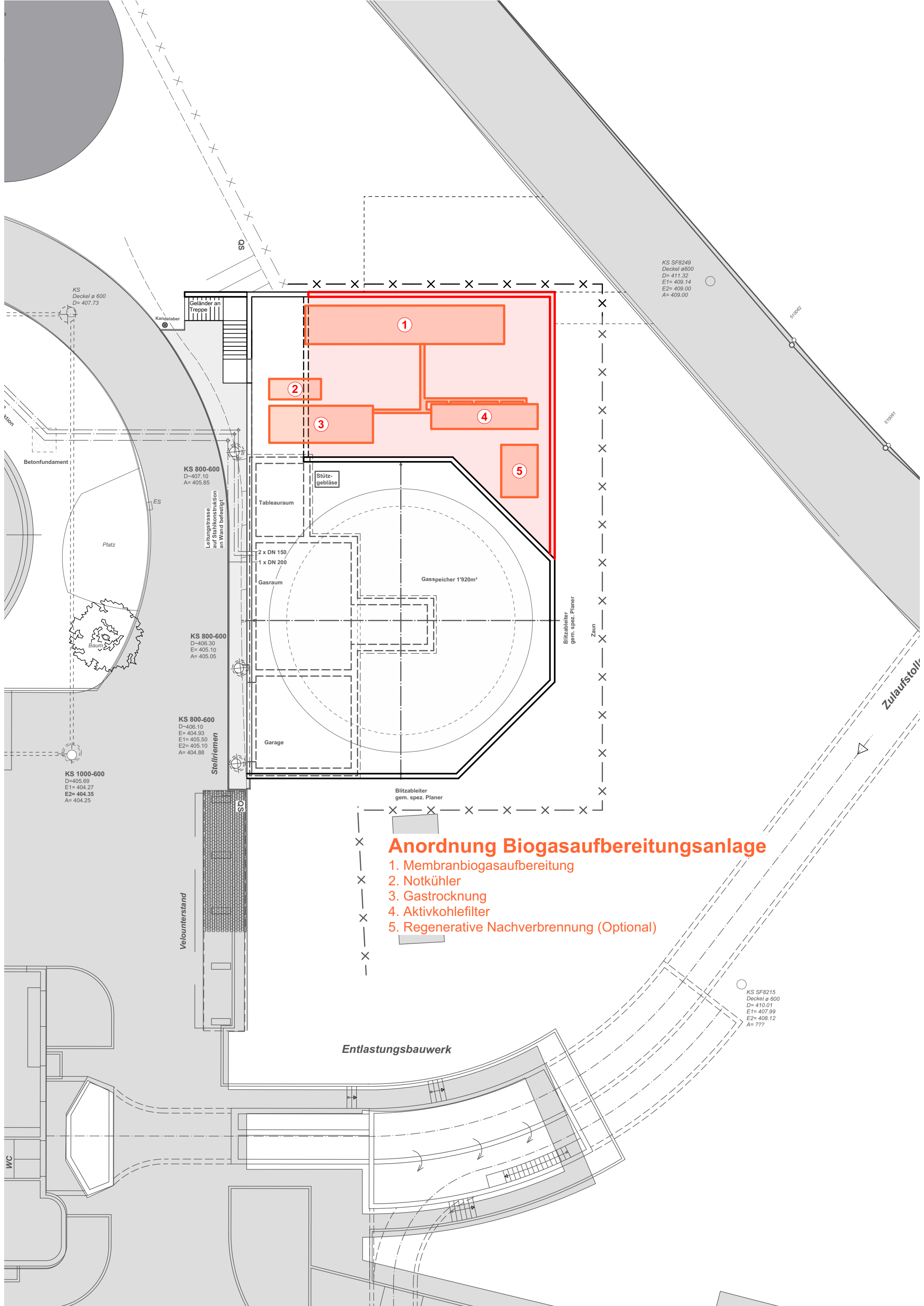
<b>BGAA</b>	<b>Investitionskosten</b>	<b>Abschreibedauer</b>	<b>Zinssatz</b>	<b>Annuität</b>
<b>Investition</b>	<b>CHF</b>	<b>a</b>	<b>%</b>	<b>CHF/a</b>
Verfahren	2'390'000	15	2%	CHF 186'003
Bau	189'000	40	2%	CHF 6'909
HLKS	1'100'000	15	2%	CHF 85'608
EMSRL	801'000	10	2%	CHF 89'173
BNK	1'470'000	15	2%	CHF 114'403
<b>Total</b>	<b>5'950'000</b>			<b>CHF 482'096</b>
<b>Betriebskosten</b>				
<b>Strom bedarf</b>	<b>kWh/a</b>	<b>Stromtarif Rp/kWh</b>		<b>CHF/a</b>
		<b>(Mittelspannung)</b>		
Strombezug Netz Prozess	3'849'888.00	11.6		446'587
BGAA	557'509.00	11.6		64'671
Wärmepumpen	766'037.00	11.6		88'860
Contracting Kosten Trafostation Mittelspannung				19'000
<b>BGAA</b>	<b>Quelle / Bemerkungen</b>			<b>CHF/a</b>
Service Vertrag	Richtpreisangebot			28'600
Membranersatz	Richtpreisangebot			13'200
Aktivkohleersatz	Richtpreisangebot			11'000
Personalkosten	Annahme bleibt gleich wie heute			18'250
Wartung Verdichter pro Jahr	Richtpreisangebot			27'500
Rückstellungen Verschleiss / Ersatz	Richtpreisangebot			13'343
Betriebsmittel Gasanalyse	Annahme			1'000
<b>Übrige Aggregate</b>	<b>Quelle / Bemerkungen</b>			<b>CHF/a</b>
Betriebskosten Heizkessel	Servicevertrag heute			1'700
Betriebskosten Wärmepumpen	Richtpreis, inkl. Überwachung NH3			10'500
Betriebskosten Notstromaggregat	Annahme basis Servicevertrag Heizkessel			2'000
<b>Total Betriebskosten inkl. Prozessenergiebedarf</b>				<b>746'211</b>
<b>Erträge</b>	<b>kWh/a</b>	<b>Preis Rp/kWh</b>		<b>CHF/a</b>
Biomethan Ertrag	12'913'321.00	9.1		1'175'112
Ertrag Wärme	180'000.00	4.36		7'848
<b>Total Erträge</b>				<b>1'182'960</b>
<b>Bilanz</b>				<b>-45'347</b>

<b>BHKW</b>	<b>Investitionskosten</b>	<b>Abschreibedauer</b>	<b>Zinssatz</b>	<b>Annuität</b>
<b>Investition</b>	<b>CHF</b>	<b>a</b>	<b>%</b>	<b>CHF/a</b>
Verfahren	1'760'000	15	2%	CHF 136'973
Bau	598'500	40	2%	CHF 21'879
HLKS	377'000	15	2%	CHF 29'340
EMSRL	305'000	10	2%	CHF 33'955
BNK	1'050'000	15	2%	CHF 81'717
<b>Total</b>	<b>4'090'500</b>			<b>CHF 303'863</b>
<b>Betriebskosten</b>				
<b>Strom bedarf</b>	<b>kWh/a</b>	<b>Stromtarif Rp/kWh</b>		<b>CHF/a</b>
		<b>(heutiger Strompreis)</b>		
Strombezug Netz Prozess	641'057.00	11.77		75'452
<b>BHKW</b>	<b>Quelle / Bemerkungen</b>			<b>CHF/a</b>
Service Vertrag	Richtpreis			120'846
Aktivkohle	Annahme ähnlicher Verbrauch wie bei BGAA			11'000
Personalkosten	Annahme bleibt gleich wie heute			18'250
<b>Übrige Aggregate</b>	<b>Quelle / Bemerkungen</b>			<b>CHF/a</b>
Betriebskosten Heizkessel	Servicevertrag heute			1'700
<b>Total Betriebskosten inkl. Prozessenergiebedarf</b>				<b>227'248</b>
<b>Erträge</b>	<b>kWh/a</b>	<b>Preis Rp/kWh</b>		<b>CHF/a</b>
Stromeinspeisung	1'275'276.00	14		178'539
Ertrag Wärme	180'000.00	4.36		7'848
<b>Total Erträge</b>				<b>186'387</b>
<b>Bilanz</b>				<b>-344'725</b>

# ANHANG 3

## LAYOUT VARIANTEN

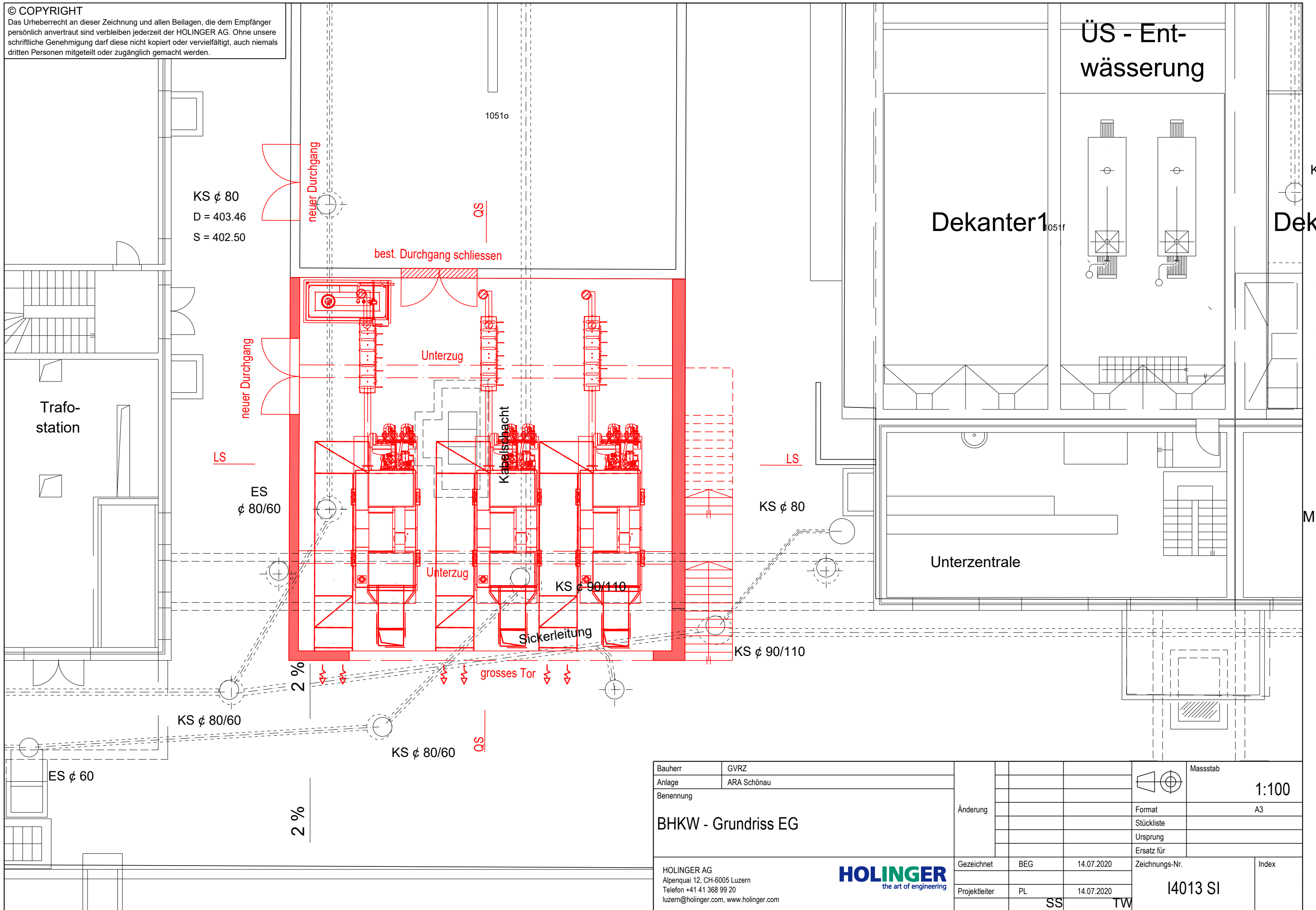


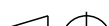



# Anordnung Biogasaufbereitungsanlage

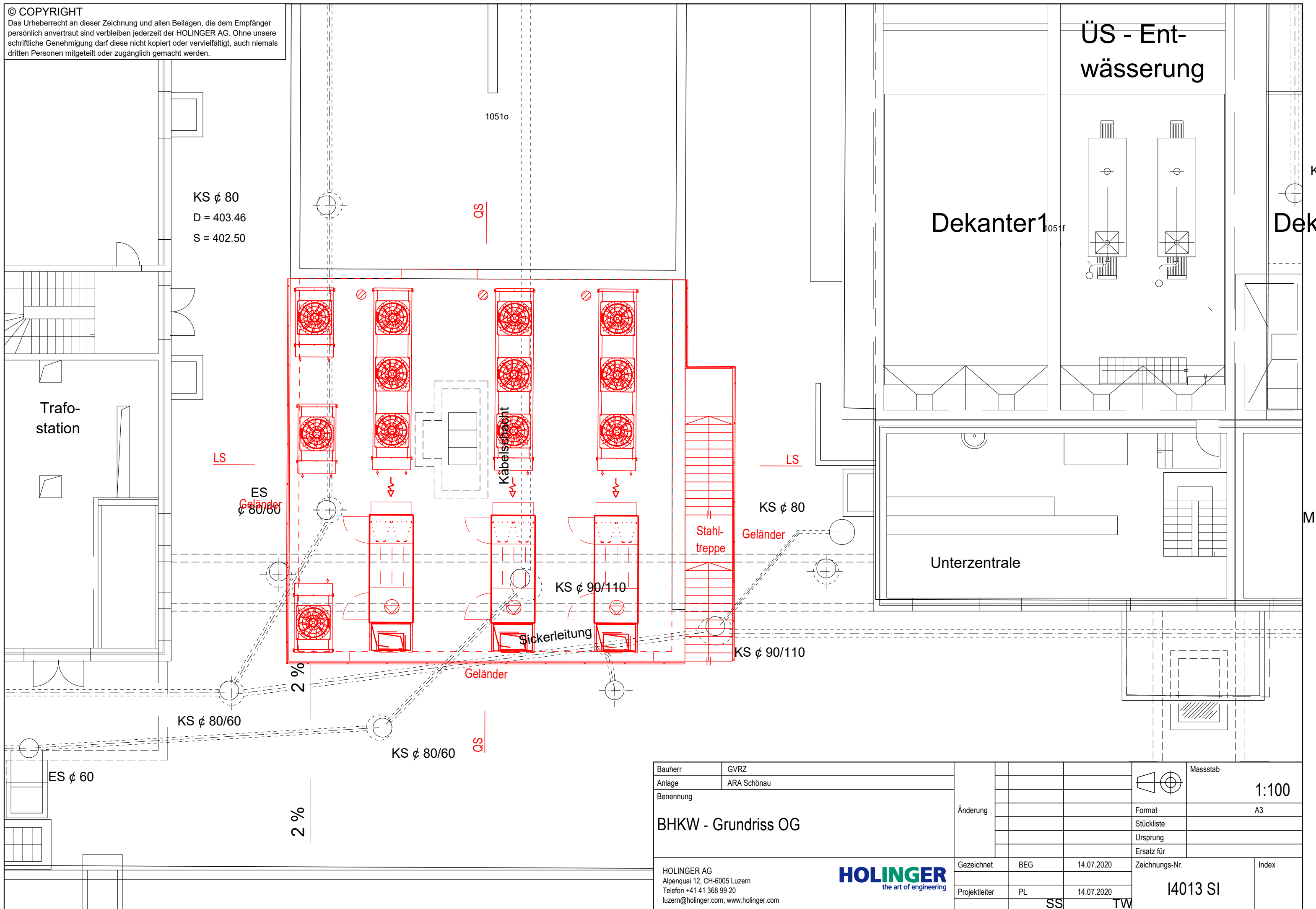
- 1. Membranbiogasaufbereitung
- 2. Notkühler
- 3. Gastrocknung
- 4. Aktivkohlefilter
- 5. Regenerative Nachverbrennung (Optional)

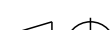

Das Urheberrecht an dieser Zeichnung und allen Beilagen, die dem Empfänger persönlich anvertraut sind verbleiben jederzeit der HOLINGER AG. Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf diese nicht kopiert oder vervielfältigt, auch niemals dritten Personen mitgeteilt oder zugänglich gemacht werden.



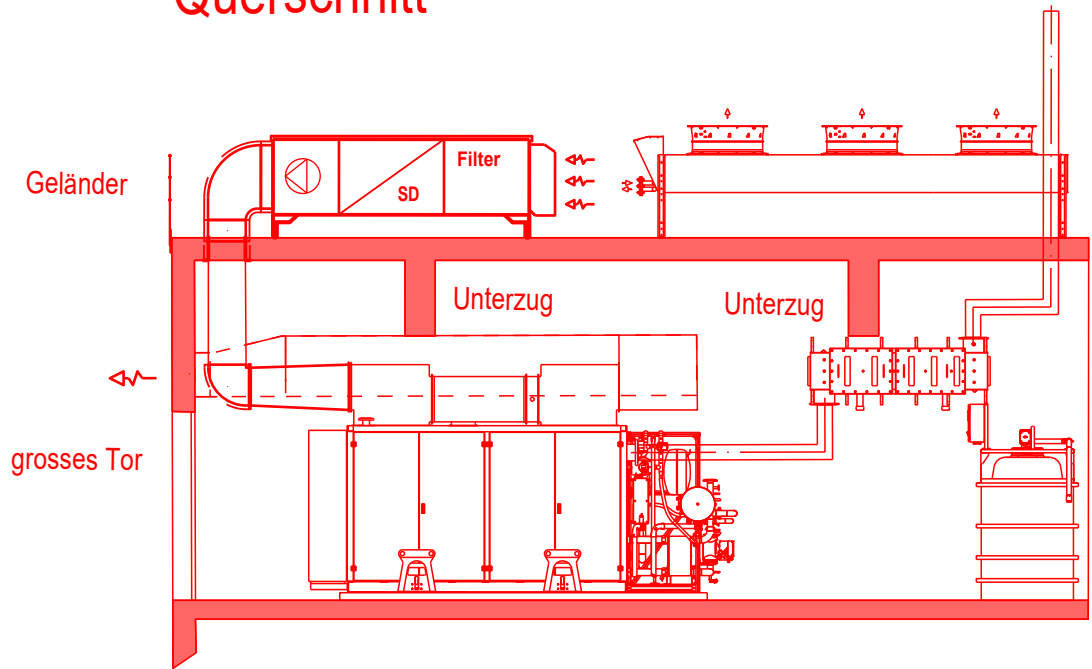
Bauherr	GVRZ	Änderung					Masstab	1:100	
Anlage	ARA Schönaun								
Benennung							Format		A3
							Stückliste		
							Ursprung		
							Ersatz für		
BHKW - Grundriss EG		Gezeichnet	BEG	14.07.2020	Zeichnungs-Nr.	Index			
		Projektleiter	PL	14.07.2020					
			SS	TW					
HOLINGER AG Alpenquai 12, CH-6005 Luzern Telefon +41 41 368 99 20 luzern@holinger.com, www.holinger.com						I4013 SI			

Das Urheberrecht an dieser Zeichnung und allen Beilagen, die dem Empfänger persönlich anvertraut sind verbleiben jederzeit der HOLINGER AG. Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf diese nicht kopiert oder vervielfältigt, auch niemals dritten Personen mitgeteilt oder zugänglich gemacht werden.

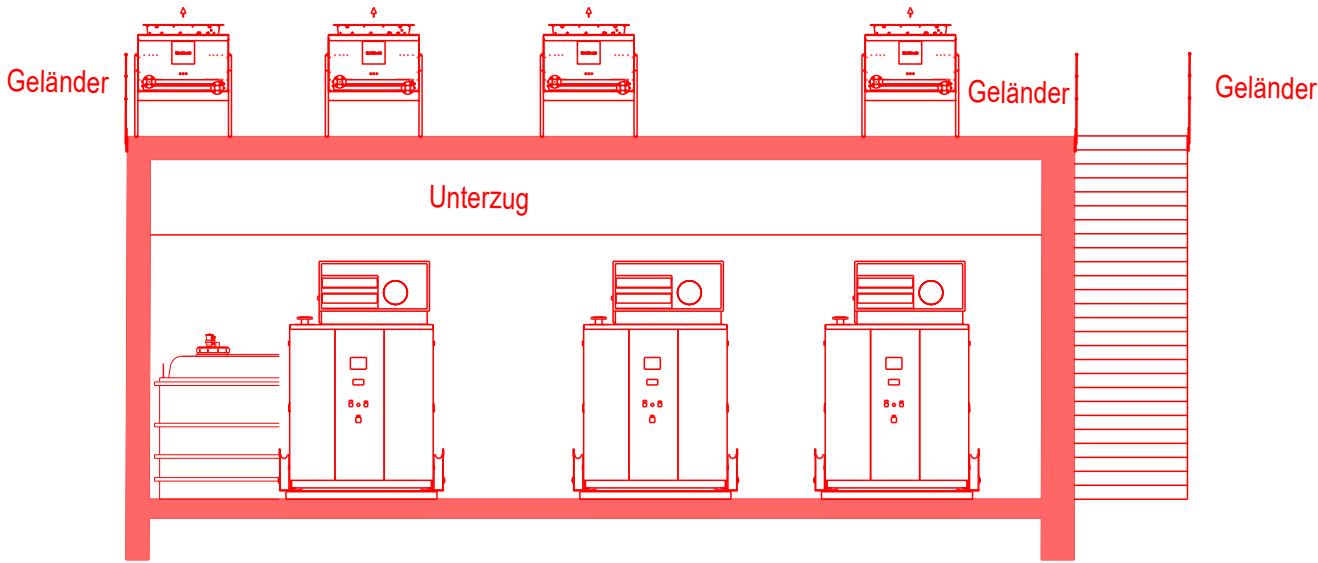


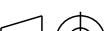

Bauherr	GVRZ	Änderung					Masstab	1:100		
Anlage	ARA Schönaun									
Benennung									Format	A3
									Stückliste	
									Ursprung	
									Ersatz für	
BHKW - Grundriss OG		Gezeichnet	BEG	14.07.2020	Zeichnungs-Nr.	I4013 SI	Index			
		Projektleiter	PL	14.07.2020						
HOLINGER AG Alpenquai 12, CH-6005 Luzern Telefon +41 41 368 99 20 luzern@holinger.com, www.holinger.com				SS	TW					

Querschnitt



Längsschnitt

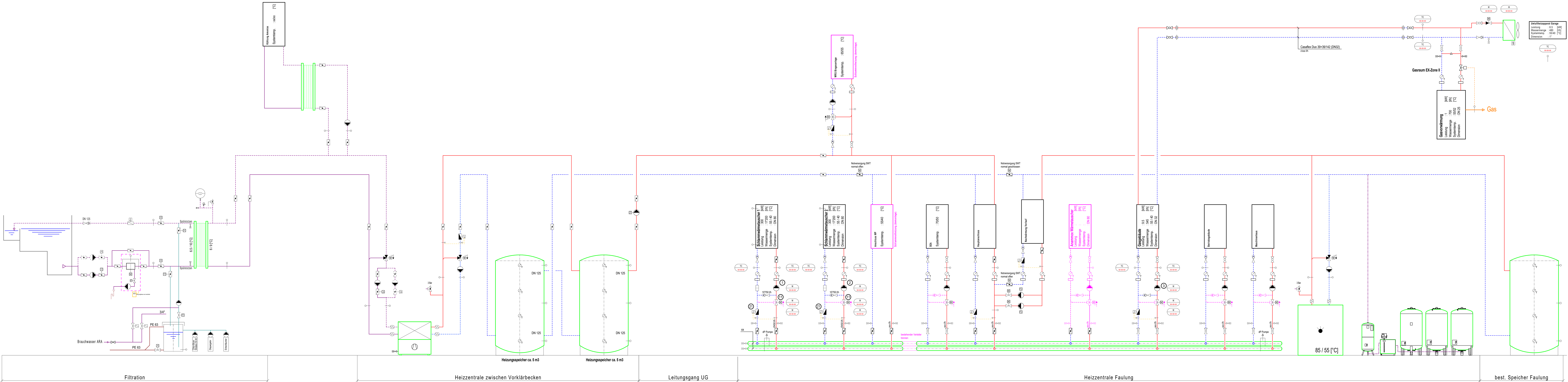


Bauherr	GVRZ	Änderung				Massstab	
Anlage	ARA Schönau					1:100	
Benennung						Format	A3
						Stückliste	
						Ursprung	
						Ersatz für	
BHKW - Quer- und Längsschnitt							
<div>HOLINGER AG Alpenquai 12, CH-6005 Luzern Telefon +41 41 368 99 20 luzern@holinger.com, www.holinger.com</div> <div></div>		Gezeichnet	BEG	14.07.2020	Zeichnungs-Nr.  I4013 SI	Index	
		Projektleiter	PL	14.07.2020			

# **ANHANG 4**

## **HEIZUNGS- UND LÜFTUNGSSCHEMAS**





Diese Bauteile an den bestehenden Heizgruppen werden mit der Umsetzung der neuen Wärmeerzeugung umgebaut

Die komplette Anlage muss zwingend nach SWK-Richtlinie BT 102-01 gefüllt werden!

Heizungslegende		
Umwälzpumpe	Differenzdruckschalter	Sicherheitsventil
Durchgasventil	H-Verbindung	Rücklaufverwechslung
Kupfhalter	Temperaturschalter	Schutzflügel
STA Stromsperrventil	Aussenventil mit Erfassungsfähigkeit	Schwingungsdehler
Rücklaufventil	Isolierungsfühler	Druckhöhe
Teleskop	Basisverriegelung	Wärmepumpe
Absperrklappe	Erdrückfahnen	Regel
Druckventil	Filter	Wärmestricher
	Thermostat	Deckel
	Taster	

- ① Umwälzpumpe Schlammwärmetauscher 1

Fabrikat : Grundfos  
Typ : MAGNA3 65-150 F  
Kontrollstromzahl  
Fördermenge : 17200 [l/h]  
Förderhöhe : 125 [m]  
Leistung : 29 - 1377 [W]  
Stromstärke : 0,3 - 6,18 [A]  
Spannung : 1 - 230 [V]  
DN : 65  
PN : 6
- ② Umwälzpumpe Schlammwärmetauscher 2

Fabrikat : Grundfos  
Typ : MAGNA3 65-150 F  
Kontrollstromzahl  
Fördermenge : 17200 [l/h]  
Förderhöhe : 125 [m]  
Leistung : 29 - 1377 [W]  
Stromstärke : 0,3 - 6,18 [A]  
Spannung : 1 - 230 [V]  
DN : 65  
PN : 6
- ③ Umwälzpumpe Gasraum

Fabrikat : Grundfos  
Typ : ALPHACON 100  
Proportionaldruckregel  
Fördermenge : 545 [l/h]  
Förderhöhe : 30 [m]  
Leistung : 34 [W]  
Stromstärke : 0,32 [A]  
Spannung : 1 - 230 [V]  
DN : 65  
PN : 6
- ④ Dreiwegventil

Fabrikat : Siemens  
Typ : VAF 22 85-63  
DN : 65  
kvs : 63  
Stellantrieb  
Fabrikat : Siemens  
Typ : SAX 61.03
- ⑤ Wärmezähler Schlammeheizung

Fabrikat : NeoVac  
Typ : SC-S31 BL-SS  
DN : 40  
DN : 80  
Spannung : 230 V1  
Wärme-Temperaturfühler Paar PT 500  
mit Kommunikationsmodul RS 232-32-4A  
mit 3 Relais- und 4 Aktivausgänge

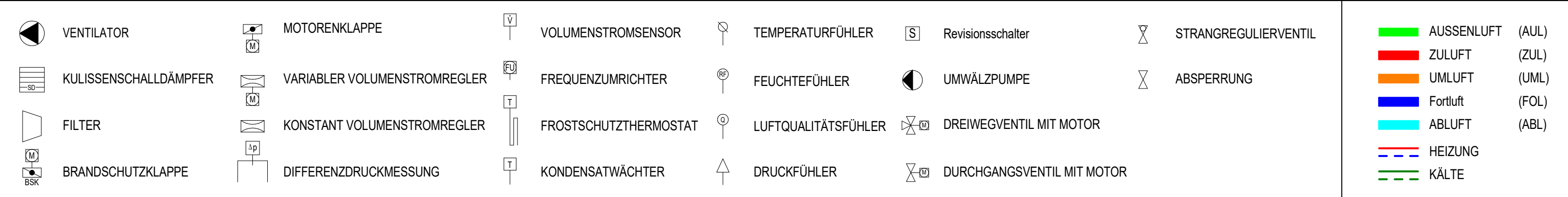
Montagegarnitur zu WZ

Fabrikat : NeoVac  
Typ : MIO-GEF 1.6  
DN : 40 / PN 16
- ⑥ Tauchtemperaturfühler

Fabrikat : Siemens  
Typ : QAE 2714.015  
Bereich : -10...100 [°C]  
Signal : 4...20 [mA]  
inklusive Schutzrohr



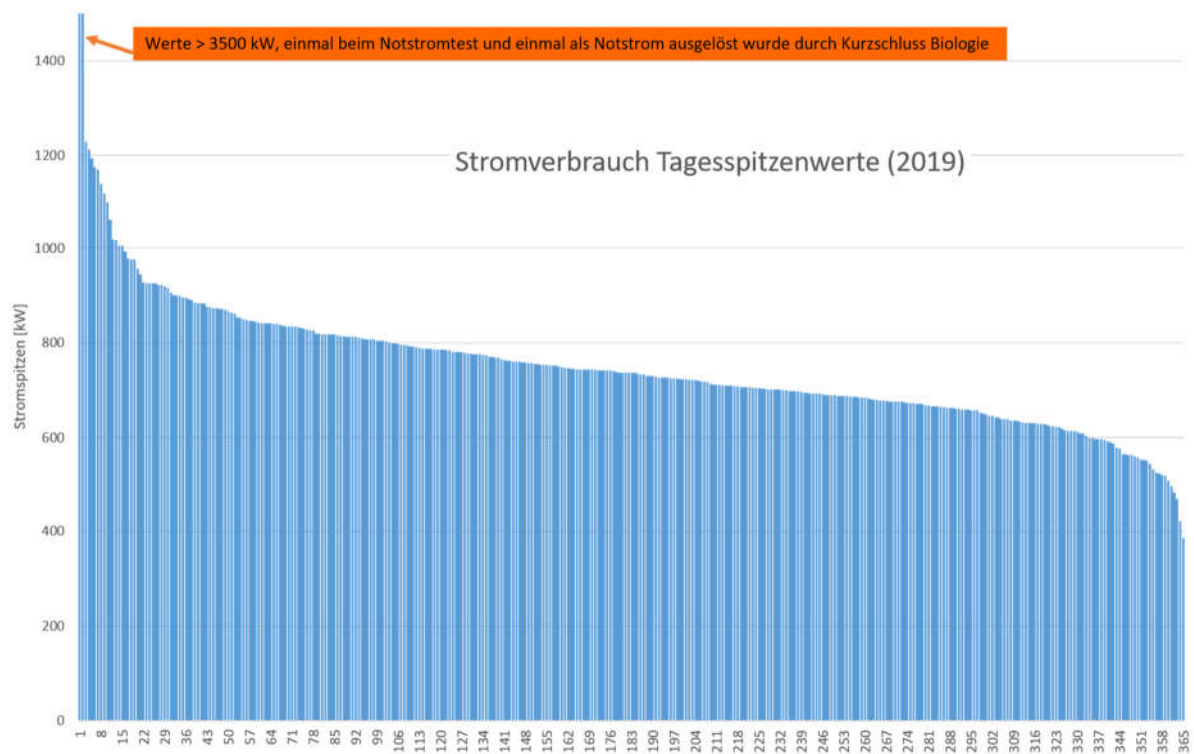






# **ANHANG 5**

## **STROMBEDARFSBERECHNUNGEN**



## Energieverbraucher ARA Schöna u 2019

[kWh]		
<b>Totaler Energieverbrauch</b>		
	3'351'040	
Verbraucher	Jahresbedarf [kWh]	Spitze 15 min [kW]
Biologische Reinigung Gebläseanlage	1'364'280	625
Biologische Reinigung Allgemein	82'000	40
ÜSS u. FS	141'800	51
Schlamm entwässerung	217'000	58
Vorreinigung	157'000	70
Filteranlage	236'000	120
Schlamm aufbereitung	291'600	26
Biofilter	94'000	24
RKB	16'000	17
SBR AOX	50'700	9
Hyg.	29'200	6
Stapler	90'000	24
SVEA/AOX		
Haustechnik	15'200	8
Heizung	8'900	10
Gass.	700	1
EMV	320'000	120
RLS (UV NKB)	230'000	62
PAK	6'660	5