

Entsorgung St. Gallen
Abwasserverband Morgental



Bauprojekt Elimination Mikroverunreinigungen

Technischer Bericht

Objekt Nr. 1491.70
Winterthur, 26. Februar 2018



**Elimination
Mikroverunreinigung EMV**

HUNZIKER **BETATECH**

EINFACH.
MEHR.
IDEEN.

Impressum:

Projektname: Elimination Mikroverunreinigungen

Teilprojekt: Bauprojekt

Erstelldatum: 26. Februar 2018

Letzte Änderung: 26. Februar 2018

Autor: Hunziker Betatech AG
Pflanzschulstrasse 17
8400 Winterthur

Tel. 052 234 50 50

E-Mail: info@hunziker-betatech.ch

Samuel Twerenbold / David Erb / Andreas Büeler / Thomas Hug
Koref. Ruedi Moser

Datei: Q:\Projekte\1400-1491\1491.70\04 Berichte\Bauprojekt\1491.70-180223-b-Bauprojekt EMV AVM.docx

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
1.1	Ausgangslage	5
1.2	Projektziele	8
1.3	Grundlagen	8
2	Randbedingungen	10
2.1	Einleitbedingungen	10
2.2	Einleitungsort und Wassermengen	10
2.3	Anforderungen an das gereinigte Abwasser	10
2.4	Spezifikation Abwasser	13
2.5	Stellungnahme BAFU	15
3	Dimensionierungsgrundlagen	16
3.1	Prognose der zukünftigen Belastung	16
3.2	Dimensionierungsbelastung für Ausbau	18
4	Hydraulik	22
4.1	Grundlagen	22
4.2	Grundsätze	22
4.3	Hydraulisches Konzept	22
4.4	Hydraulisches Längenprofil	25
5	Projektumfang und -auslegung	28
5.1	Grundsätze	28
5.2	Verfahrensübersicht	30
5.3	Zulaufkanäle	31
5.4	Pumpwerke	33
5.5	Sauerstoff-Versorgungsanlage	38
5.6	Ozonanlage	39
5.7	Statische Raumfiltration	52
5.8	Rücklaufbehandlung	57
5.9	Ablaufkanal	59
5.10	Mess- und Überwachungskonzept	60
6	Baugrundverhältnisse / Bautechnik	62
6.1	Ausgangslage	62
6.2	Baugrund	62
6.3	Grundwasser	62
6.4	Hochwasserschutz	64
6.5	Abdichtungskonzept	64
6.6	Statisches Konzept Gebäude	64
6.7	Filterzellen	65
6.8	Sauerstofftank	65
7	Architektur	66
7.1	Raumkonzept	67
7.2	Dach	68
7.3	Fassade	69
7.4	Innenausbau	71
7.5	Fenster & Türen	71
7.6	Fluchtwege / Treppenturm	72
7.7	Geländer	72

7.8	Schliessanlage (Tor- und Zutrittsanlage)	72
8	Energieversorgung	73
8.1	Generell	73
8.2	Mittelspannungsversorgung / Trafostation	73
8.3	Energieversorgung Niederspannung (NSHV)	74
8.4	PV-Anlage	75
8.5	Energiemessungen (400 VAC)	75
8.6	Notstromkonzept	75
8.7	Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung (USV)	76
8.8	Elektroinstallationen	76
8.9	Beleuchtungskonzept	78
8.10	Kommunikation	78
8.11	Warnanlagen (Brand, Gas, Ozon)	79
8.12	Erdung, Potentialausgleich, Korrosionsschutz	79
8.13	Blitzschutz	79
8.14	Tor- und Zutrittsanlage	80
9	MSRL-Konzept	81
9.1	Grundsätzliches zum MSRL-Konzept	81
9.2	Steuerungskonzept	81
9.3	Automatisierungs- und Prozessleitsystem (SPS & PLS)	82
9.4	Fremdsteuerungen	84
9.5	Schalt- und Steuerschränke	84
9.6	Prozessmesstechnik	85
9.7	Sicherung der elektromagnetischen Verträglichkeit	86
9.8	Brandmeldeanlage	87
10	HLKS-Konzept	88
10.1	Messkonzept	88
10.2	Heizungsanlagen	88
10.3	Lüftung	89
10.4	Klima / Kälte	90
10.5	Sanitäranlagen	90
11	Tiefbau- und Umgebungsplanung	93
11.1	Entwässerungskonzept	93
11.2	Verkehrskonzept	93
11.3	Landschaftsplanung (PR Landschaftsarchitektur)	93
12	Weitere Konzepte	94
12.1	Sicherheitskonzept	94
12.2	Brandschutzkonzept	94
12.3	Ex-Schutzkonzept	95
12.4	Umgang mit Sauerstoff und Ozon	95
12.5	Materialisierungs- und Korrosionsschutzkonzept	96
12.6	Risikoanalyse / CE-Konformität	98
13	Weitere projektrelevante Aspekte	99
13.1	Nachbarschaft	99
13.2	Umweltaspekte /UVP	99
13.3	Zusammenarbeit mit anderen ARA	100
14	Kosten	101
14.1	Grundlagen	101



14.2	Kostenvoranschlag	103
14.3	Anrechenbare Kosten BAFU / Fördermittel	104
14.4	Ergänzende/begleitende Projekte ARA Morgental	105
14.5	Betriebskosten	106
14.6	Kostenverteilung	106
14.7	Finanzplanung Investitionen	108
15	Bauablauf	109
16	Termine	110
17	Schlusswort	110
18	Anhang	111
19	Beilagen	111

Änderungen

Revision	Datum	Beschreibung der Änderung

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Mikroverunreinigungen (MV), auch organische Spurenstoffe genannt, sind Stoffe wie Medikamente, Hormone, Biozide etc., die in geringsten Konzentrationen negative Effekte auf Gewässerorganismen haben. Sie werden in den zentralen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) nicht oder nur teilweise entfernt und gelangen mit dem gereinigten Abwasser in die Gewässer.

Anfang 2016 traten das revidierte Gewässerschutzgesetz und die revidierte Gewässerschutzverordnung in Kraft, in welchen vorgeschrieben wird, dass rund 100 ARA in der Schweiz eine zusätzliche Reinigungsstufe zur Entfernung von Mikroverunreinigungen bauen müssen. Sowohl die ARA Hofen als auch die ARA Morgental müssen gemäss der neuen Gewässerschutzgesetzgebung eine entsprechende zusätzliche Reinigungsstufe bauen – entweder separat oder gemeinsam.

Um die Steinach von Abwasser zu entlasten, fliesst das gereinigte Abwasser der Stadt St. Gallen von der ARA Hofen in Wittenbach seit 2014 durch eine Druckleitung zur ARA Morgental und von dort zusammen mit dem gereinigten Abwasser der ARA Morgental über eine Tiefeneinleitung in den Bodensee. Dadurch wird nicht nur die Steinach von der Belastung durch Abwasser befreit und in einem Kraftwerk Strom produziert, sondern es bietet sich die Möglichkeit, in einer gemeinsamen Anlage das Abwasser der ARA Hofen und der ARA Morgental von Mikroverunreinigungen zu befreien. Aufgrund der gebauten Druckleitung kann eine gemeinsame Anlage erstellt werden, die kostengünstiger ist und effizienter betrieben werden kann als zwei separate Anlagen.

Vor diesem Hintergrund hat die Bauherrschaft, bestehend aus der Stadt St. Gallen inkl. Wittenbach und dem Abwasserverband Morgental, beschlossen, die Planung und Realisierung der zusätzlichen Reinigungsstufe in Angriff zu nehmen.

Als erster Schritt wurde 2015-2016 eine Vorstudie erstellt. Dabei wurde eine Ozonung mit einer nachgeschalteten biologisch aktiven Nachbehandlung als grundsätzlich geeignetes Verfahren empfohlen. Das gewählte Verfahren ist technologisch erprobt und kann auf zahlreiche Erfahrungen aus Vorversuchen und konkreten Planungsarbeiten in anderen ARA abgestützt werden.

Im Vorprojekt vom Mai 2017 wurde das Layout des Gebäudes für die Unterbringung der Verfahrensstufen Ozonung und Filtration entworfen. Die Dimensionierungsgrundlagen wurden festgelegt und die Anschlüsse an die bestehenden Bauten, sowie die Auswirkungen auf die ARA Morgental aufgezeigt.

Im Rahmen dieses Bauprojekts wurde das Konzept aus dem Vorprojekt detaillierter ausgearbeitet und ein verbindlicher Kostenvoranschlag erstellt.

Projektübersicht

Für die EMV-Anlage ist auf dem Gelände der ARA Morgental die Parzelle zwischen den Nachklärbecken und der Holzwärmezentrale vorgesehen. Dadurch ergeben sich kurze Verbindungsleitungen zum Zulauf von Seite ARA Hofen/ESG (Kraftwerk) und Seite ARA Morgental (Nachklärbecken) sowie zum bestehenden Ablaufkanal.

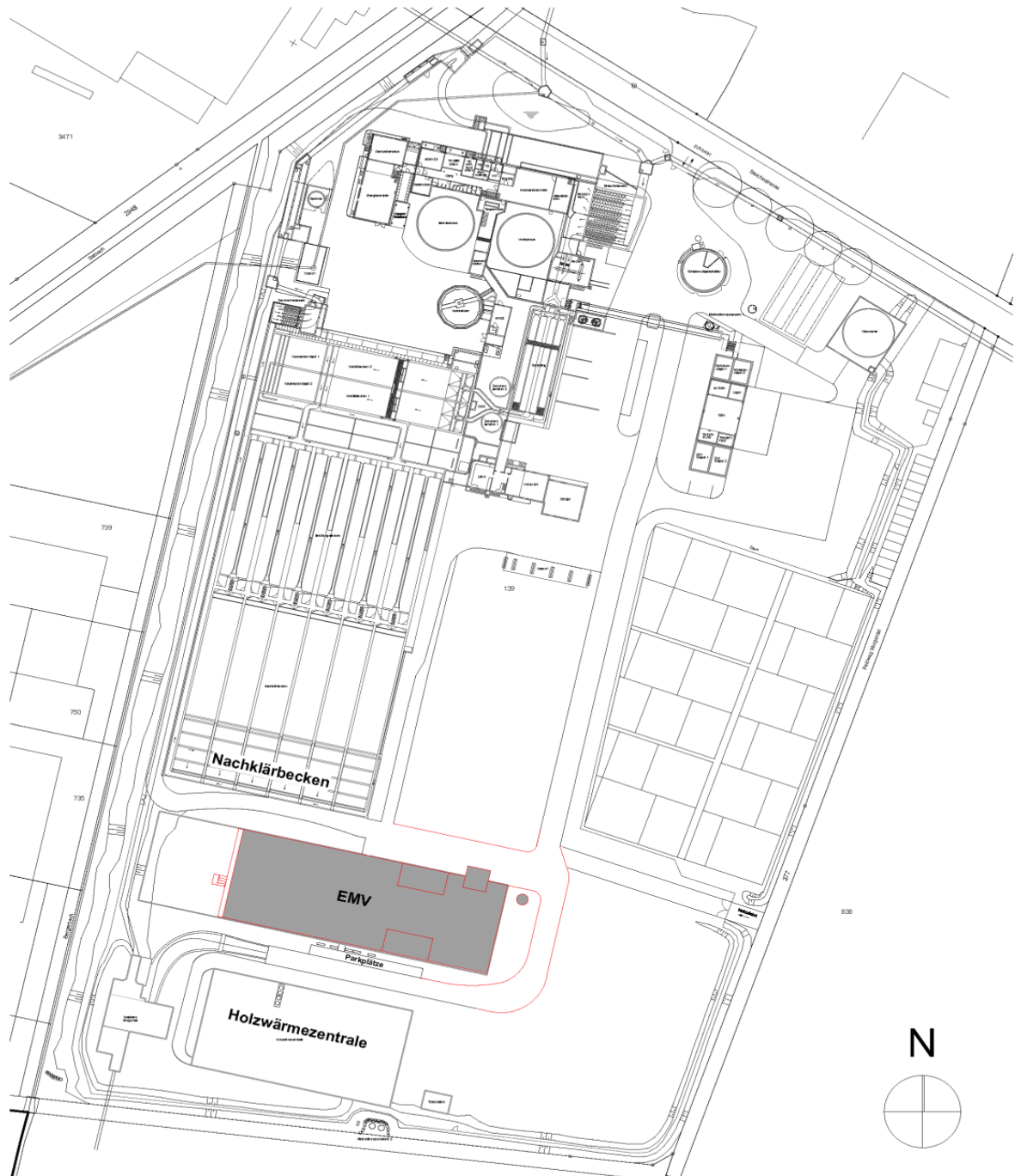


Abbildung 1: Situationsplan [G+P]

Der geplante Bau ist grundsätzlich in drei Hauptteile aufgebaut:

1. **Kopfbau** mit Betriebsräumen für die betrieblichen und elektrotechnischen Einrichtungen, sowie zur Unterbringung der Zulaufpumpwerke
2. **Ozonierung** mit Ozonreaktoren und Räumen für die Ozonherstellung
3. **Filtration**: die 10 Filterbecken, sowie die Schlamm- und Spülwasserbecken sind in einem gedeckten aber nicht gedämmten Gebäudeteil untergebracht. Die Lüftung erfolgt natürlich über Lamellengitter. In der Maschinenhalle befinden sich der Lamellenklärer und Aggregate für die Filterspülung.

Das zu behandelnde Abwasser wird im östlichen Bereich über die Pumpwerke den Ozonreaktoren zugeführt, in welchen die Mikroverunreinigungen aufgebrochen werden. Danach wird das Abwasser im freien Gefälle der Filtration zugeleitet, in welcher eine biologische Nachbehandlung der Reaktionsprodukte aus der Ozonung erfolgt. Das gefilterte Abwasser wird gesammelt und überläuft in den Ablaufkanal.

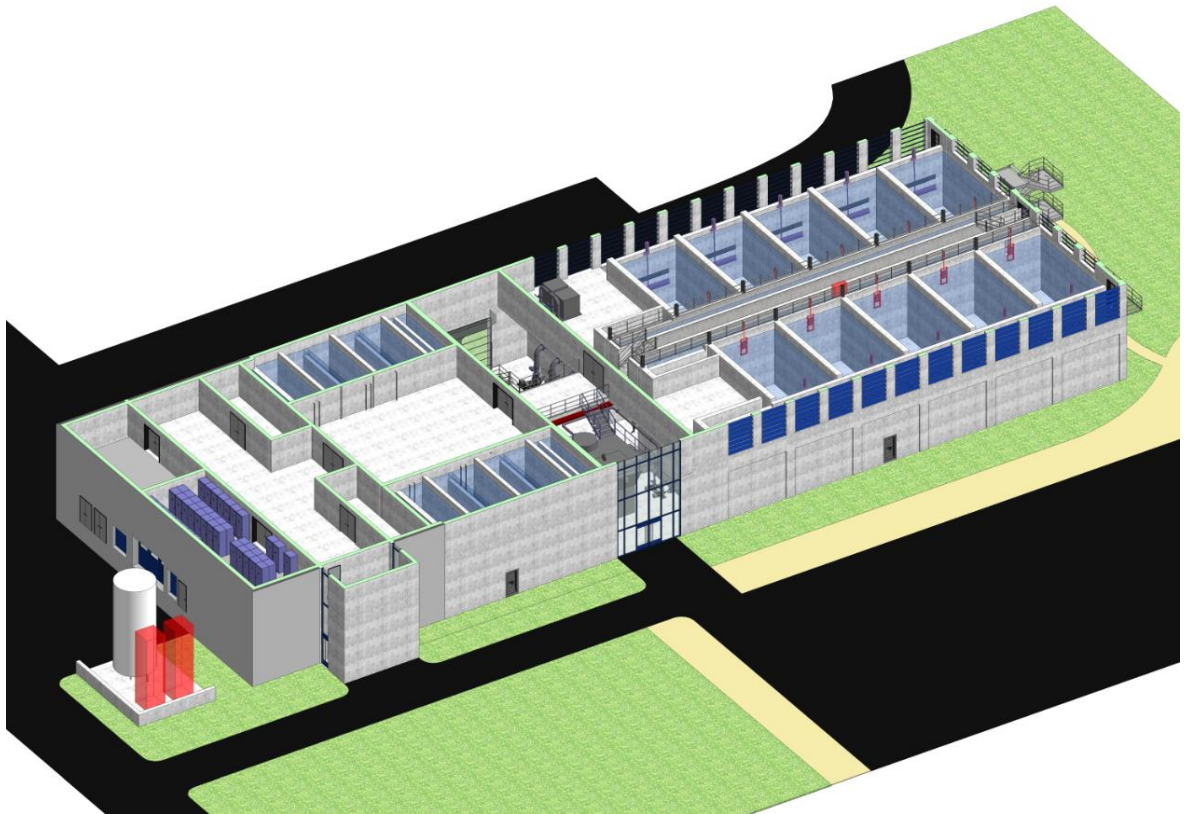


Abbildung 2: Längsschnitt des geplanten Baus in 3D

1.2 Projektziele

Im Rahmen der Erarbeitung des Bauprojekts wurden nachfolgende Projektziele definiert:

- Detaillierter Kostenvoranschlag mit Genauigkeit +/-10%
- Vorgezogene Schlüssel-Submissionen der Layout bestimmenden verfahrenstechnischen Ausrüstung im Rahmen des Bauprojekts für Ozonung und Filtration und den Platzbedarf zu definieren und eine genügende Kostengenauigkeit zu erreichen.
- Berücksichtigung von Platzreserven für genügend Flexibilität für zukünftige Entwicklungen im Einzugsgebiet.
- Flexibles Layout um auf neue Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen reagieren zu können (z.B. Aktivkohle)
- Abschliessende Definition des Layouts und Flächenbedarfs für die EMV-Anlage, sowie Anschluss und Einbettung in der bestehenden Anlage.
- Aufzeigen der Betriebskosten und der Kostenverteilung zwischen ESG und AVM, sowie der Beiträge durch das BAFU.

1.3 Grundlagen

Folgende Grundlagen sind Basis für dieses Bauprojekt:

Allgemein

- Protokolle Projekt - und Lenkungsausschuss, Planerteamsitzungen
 - Gesetzliche Grundlagen
 - Gewässerschutzgesetz (GSchG) des Bundes vom 1.1.2016
 - Gewässerschutzverordnung (GSchV) des Bundes vom 1.1.2016
 - Verordnung des UVEK zur Überprüfung des Reinigungseffekts von Massnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen vom 1.12.2016
 - Regel der Technik Gase RG 450, Anlagen mit ortfesten vakuumisolierten Kryobehältern für nicht brennbare Gase, SVS ASS, 2003
 - Einleitungsbedingungen
 - Abwasserreinigungsanlage (ARA) St. Gallen-Hofen: Verfügung über die Anforderungen an das gereinigte Abwasser (Einleitungsbedingungen). Amt für Umwelt und Energie, St. Gallen, 18.8.2016
 - Abwasserreinigungsanlage (ARA) Morgental: Verfügung über die Anforderungen an das gereinigte Abwasser (Einleitungsbedingungen). Amt für Umwelt und Energie, St. Gallen, 18.8.2016
 - Anhörung des BAFU zur Abgeltung des Bundes
 - Besprechung BAFU am 5.12.2017
 - Beurteilung des BAFU vom 24.2.2017 (Referenz/Aktenzeichen P432-0817)
 - Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasseranlagen - Finanzierung von Massnahmen. Vollzugshilfe des BAFU 2016, Umwelt-Vollzug Nr. 1618. www.bafu.admin.ch/uv-1618-d
 - Protokoll der Anhörung BAFU vom 7.12.2016 mit zusätzlichen Erläuterungen
-

Berichte und Empfehlungen

- Vorstudie "Elimination Mikroverunreinigungen", Hunziker Betatech AG, 14. März 2016
- Vorprojekt "Elimination Mikroverunreinigungen", Hunziker Betatech AG, 26. Mai 2017
- Beurteilung der Behandelbarkeit von Abwasser mit Ozon. Diverse Analyseberichte von 2015 – 2017. Envilab AG, Zofingen.
- Entwurf Messkonzept / Laboranalytik, AVM / ESG, 1. Dezember 2017
- Empfehlungen und Faktenblätter der VSA-Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen" (Download unter www.micropoll.ch)
 - Zu behandelnde Abwassermenge und Redundanz von Reinigungsstufen zur Entfernung von Mikroverunreinigungen. VSA-Empfehlung (27.10.2015).
 - Dimensionierungswassermenge und Redundanz von Stufen zur Eliminierung von Mikroverunreinigungen. Grundlagenbericht zur VSA-Empfehlung. VSA, 2015. Bearbeitet durch Holinger AG und Hunziker Betatech AG.
 - Konzepte zur Überwachung der Reinigungsleistung von weitergehenden Verfahren zur Spurenstoffelimination (Feb. 2017)
 - Abklärungen Verfahrenseignung Ozonung (Version Vernehmlassung 19.7.2016)
 - Sicherheitsaspekte im Umgang mit Ozon (Oktober 2016)
 - Sicherheitsaspekte im Umgang mit Sauerstoff (Oktober 2016)

Pläne & Karten

- Werkleitungsplan 1:500, Fischer Ingenieure AG, 13.12.2017
- Situationsplan EMV Anpassungen, Fischer Ingenieure AG, 13.12.2017
- Längsschnitt EMV Anpassungen, Fischer Ingenieure AG, 08.12.2017
- Auslaufkanal, Situation, Längsschnitt, Fischer Ingenieure AG, 20.12.2017
- Planunterlagen und Skizzen des Vorprojektes "Werterhaltung Abwasserstrasse"
- Ausführungspläne Auslaufkanal, Kraftwerk bis KS1, Wälli AG Ingenieure, 06.07.2011
- Ausführungsplan AMS, Situation Fernwärme, Wälli AG Ingenieure/Kempton+Partner, 20.01.2015

Gutachten

- Geotechnischer Bericht G 5440, Grundbauberatung Geoconsulting AG, St. Gallen, 28.7.2016

2 Randbedingungen

2.1 Einleitbedingungen

Für die Festlegung, welche Anlagen mit einer Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen ausgerüstet werden müssen, hat der Bund in der Gewässerschutzverordnung (GschV) vier Kriterien definiert. Die ARA Morgental und die ARA Hofen fallen sowohl getrennt als auch als gemeinsame EMV-Anlage in die Kategorie, welche Anlagen mit über 24'000 angeschlossenen Einwohnern im Einzugsgebiet eines Sees betrifft.

Das Amt für Umwelt und Energie (AFU) hat am 18. August 2016 für die beiden ARA Morgental und Hofen neue Einleitungsbedingungen erlassen. Diese neuen Verfügungen ersetzen diejenigen vom 1.12.2010 ab Inbetriebnahme der EMV Anlage, spätestens jedoch ab 31.12.2021.

Gegenüber den vorherigen Einleitungsbedingungen wurde keine Verschärfung vorgenommen. Neu sind gemäss der revidierten Gewässerschutzverordnung vom 1.1.2016 Bedingungen für CSB (statt BSB₅) und für organische Spurenstoffe (Mikroverunreinigungen).

Massgebend für die EMV-Anlage sind die folgenden Punkte:

2.2 Einleitungsort und Wassermengen

- Die ARA Hofen muss ihr Wasser über die Druckleitung zum Kraftwerk und in den Bodensee leiten. Nur in Ausnahmefällen (z.B. Revisionsarbeiten, Ausfälle von Anlagenteilen, Störfälle) darf Wasser in den Hofenbach entlastet werden.
- Eine Bewirtschaftung des Ausgleichsweihers für das gereinigte Abwasser der ARA Hofen darf nicht zu einer Beeinträchtigung der Reinigungsleistung der EMV-Anlage führen. Infolge einer Bewirtschaftung dürfen bei Trockenwetter höchstens 10% der Abwassermenge von der neuen auf die alte Seeleitung verlagert werden und keine Einleitung von Abwasser über eine Entlastungsanlage erfolgen.
- Das gereinigte Abwasser der ARA Morgental ist gemeinsam mit dem gereinigten Abwasser der ARA Hofen über die Seeleitung 2 in den Bodensee einzuleiten. Bei Regenwetter ist das Mischabwasser bis zum Erreichen deren Kapazität über die Seeleitung 2 einzuleiten. Wenn die Kapazität der neuen Leitung erreicht ist, hat die Einleitung des zusätzlichen Abwassers über die Seeleitung 1 zu erfolgen, soweit deren Kapazität dies zulässt. Wenn diese überschritten ist, kann Abwasser über die die Entlastungsanlage RU190 und in letzte Priorität RU0030 eingeleitet werden.

2.3 Anforderungen an das gereinigte Abwasser

- Es wird unterschieden zwischen Ablauf NKB (Zulauf zur EMV-Anlage) und Ablauf EMV (Einleitung in den Bodensee). Zudem wird unterschieden zwischen Einleitungsbedingungen gemäss GSchV sowie Erwartungswerten.
- Die Anforderungen für die ARA Morgental und die ARA Hofen sind identisch. Den Betrieb der EMV-Anlage betreffen die Nitritkonzentration, die Elimination von organischen Spurenstoffen sowie die GUS-Konzentration.

Tabelle 1 zeigt die Anforderungen an das gereinigte Abwasser gemäss den kantonalen Einleitungsbedingungen.

- Die geforderte MV-Elimination von 80% umfasst nicht nur die Elimination in der EMV-Anlage, sondern auch die Reduktion in der mechanischen und biologischen Reinigungsstufe. Da der Zufluss zur eigentlichen EMV-Anlage aus zwei verschiedenen ARA stammt, erfolgt die Bestimmung der Ge-
-

samtelimination rechnerisch aus den Zulauffrachten zu den beiden ARA und aus der Ablauffracht aus der EMV-Anlage (Fussnote 7 in Tabelle 1).

Die Einleitungsbedingungen verweisen bezüglich der Elimination der organischen Spurenstoffe auf die Anforderungen des Bundes:

- Die Gewässerschutzverordnung (GSchV) des Bundes vom 1.1.2016 schreibt zu den organischen Spurenstoffen im Anhang 3.1 (Ziffer 2, Nr.8): "Der Reinigungseffekt, bezogen auf Rohabwasser und gemessen anhand von ausgewählten Substanzen, muss 80 % betragen... Das Departement legt in einer Verordnung fest, anhand welcher Substanzen der Reinigungseffekt gemessen und wie er berechnet wird."
- Die erwähnte departementale Verordnung des UVEK zur Überprüfung des Reinigungseffekts legt fest, dass die Reinigungsleistung anhand von Leitsubstanzen erfolgt. Diese Stoffpalette umfasst zwölf Substanzen, die in zwei Kategorien eingeteilt werden:
 - Kategorie 1** (sehr gut eliminierbare Substanzen): Amisulprid, Carbamazepin, Citalopram, Clarithromycin, Diclofenac, Hydrochlorothiazid, Metoprolol, Venlafaxin
 - Kategorie 2** (gut eliminierbare Substanzen): Benzotriazol, Candesartan, Irbesartan, 4-Methylbenzotriazol und 5 Methylbenzotriazol als Gemisch

Tabelle 1: Anforderungen an das gereinigte Abwasser der beiden ARA Morgental und Hofen gemäss der Einleitungsbedingungen vom 18.8.2016. (Dargestellt ist die Tabelle für die ARA Morgental. Diejenige der ARA Hofen unterscheidet sich nur in den Zahlenwerten der Spalte 2).

Parameter	Ablauf ARA 90%-Werte (2013 / 2014 /2015)	Anforderung an die Ableitung zur MV-Anlage		Anforderung an die Einlei- tung in den Bodensee	
		Ableitungs- bedingung (gemäss GSchV / IGKB)	Erwar- tungswert ²⁾	Einleitungs- bedingung (gemäss GSchV / IGKB)	Erwar- tungswert ⁴⁾
	Konzentration [mg/l]	Konzentration [mg/l] Reinigungseffekt		Konzentration [mg/l] Reinigungseffekt	
Ammonium-N (24-h-Sammelprobe)	0.77 / 0.96 / 0.35	2.0 90% ⁵⁾	1.0 ⁵⁾	2.0 90% ⁵⁾	1.0 ⁵⁾
Nitrit-N (Richtwert in Momen- tanprobe)	0.10 / 0.06 / 0.27		0.3	0.3	0.1
Phosphor gesamt (24-h-Sammelprobe)	0.20 / 0.21 / 0.27 (Jahresmittelwerte)	0.3 90%	⁶⁾	0.3 90% ⁶⁾	
DOC (24-h-Sammelprobe, Filter 0.45 µm)	8.5 / 9.3 / 7.9	10 85%		10 85%	8
CSB (24-h-Sammelprobe)	28.8 / 29.6 / 32.0	45 85%		45 85%	30
GUS (24-h-Sammelprobe, Filter 0.45 µm)	4.8 / 3.2 / 4.5	15		15	10
organische Spurenstoffe				80% ⁷⁾	
übrige Parameter		gemäss Anhang 3.1 GSchV			

- ³⁾ Die Anforderungen an die Einleitung in den Bodensee (Konzentration und Reinigungseffekt) gelten im Ablauf der MV-Anlage bei Normalbetrieb der ARA bzw. bei der Abwassermenge, auf die die MV-Anlage ausgelegt ist. Vorbehalten sind Ausnahmesituationen wie extrem starke Niederschläge. Für Anzahl und Höhe der zulässigen Abweichungen ist Anhang 3.1 Ziffer 42 der GSchV massgebend.
- ⁴⁾ Die Erwartungswerte an die Einleitung in den Bodensee gelten im Ablauf der MV-Anlage. Es ist ein optimaler und stabiler Betrieb der ARA anzustreben, bei dem die aufgeführten Erwartungswerte möglichst gesichert eingehalten werden. Werden die Erwartungswerte häufig oder deutlich überschritten, sind Massnahmen zu treffen.
- ⁷⁾ Reinigungseffekt, bezogen auf die Summe der Frachten im Rohzulauf der ARA St. Gallen-Hofen und der ARA Morgental (rechnerisch) im Vergleich zur Fracht im Ablauf der MV-Anlage auf der ARA Morgental, gemessen anhand von ausgewählten Substanzen gemäss Verordnung des UVEK zur Gewässerschutzverordnung (vgl. GSchV Anhang 3.1 Ziffer 2 Nr. 8).

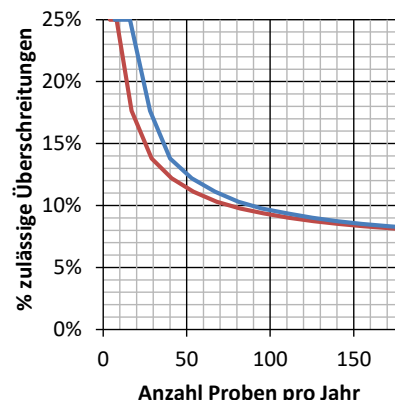
Überprüfung der Reinigungsleistung

Zur Überprüfung der Reinigungsleistung sollen mindestens sechs der genannten Stoffe bestimmt werden, vier aus der Kategorie 1 und zwei aus der Kategorie 2. Das Verhältnis der Substanzen der Kategorie 1 zu den Substanzen der Kategorie 2 muss 2:1 betragen. Die zur Berechnung herangezogenen Substanzen im Zulauf der ARA müssen in einer Konzentration vorhanden sein, die mindestens das 10-fache der Bestimmungsgrenze der analytischen Methode beträgt. Sind weniger als sechs Substanzen in einer ausreichenden Konzentration vorhanden, legt die kantonale Behörde in Absprache mit dem Bundesamt für Umwelt soweit sinnvoll weitere Substanzen zur Berechnung des Reinigungseffekts fest. Der massgebende Reinigungseffekt wird durch das arithmetische Mittel des Reinigungseffektes aller zur Berechnung herangezogener Substanzen ermittelt.

- Die Substanzen werden in 48-h-Sammelproben gemessen.
- Die Anzahl der jährlichen Probenahmen richtet sich nach der Anlagegrösse. Bei Anlagen ab 50'000 EW sind es mindestens 24 Proben pro Jahr. Ab dem zweiten Jahr nach Inbetriebnahme oder Erweiterung der Anlage sind mindestens 12 Proben zu untersuchen, wenn das Abwasser im ersten Jahr die Anforderungen eingehalten hat; hält das Abwasser in einem Jahr die Anforderung nicht ein, sind im folgenden Jahr wieder mindestens 24 Proben zu untersuchen.
- Die Anzahl der zulässigen Abweichungen richtet sich nach der Anzahl der jährlichen Probenahmen (Tabelle 2)

Tabelle 2: Anzahl der zulässigen Abweichungen von den Anforderungen (GSchV, Anhang 3.1, Ziffer 42).

Anzahl der jährlichen Probenahmen	Anzahl der zulässigen Abweichungen	Anzahl der jährlichen Probenahmen	Anzahl der zulässigen Abweichungen
4– 7	1	172–187	14
8– 16	2	188–203	15
17– 28	3	204–219	16
29– 40	4	220–235	17
41– 53	5	236–251	18
54– 67	6	252–268	19
68– 81	7	269–284	20
82– 95	8	285–300	21
96–110	9	301–317	22
111–125	10	318–334	23
126–140	11	335–350	24
141–155	12	351–365	25
156–171	13		



2.4 Spezifikation Abwasser

2.4.1 Übersicht

Der Zufluss zur EMV Anlage besteht aus nachgeklärtem biologisch gereinigtem Abwasser der beiden ARA Morgental und Hofen. Relevant für die EMV-Anlage sind die Abwasserbestandteile in Tabelle 3 und Tabelle 4.

Der DOC liegt im normalen Rahmen. Nitrit ist zeitweise erhöht. GUS ist bei beiden Anlagen tief.

Tabelle 3: Relevante Stoffe für die EMV mit Ozon und Sandfiltration

Stoff	Bemerkung	Kapitel im Bauprojekt
Mikroverunreinigungen (MV)	Werden heute nicht gemessen	
DOC	Summenparameter, der auch die MV umfasst. Die Ozon-Dosis wird nach der DOC-Fracht bemessen.	3.2.2
Nitrit	Wird in der Ozonung zu Nitrat oxidiert. Diese Reaktion benötigt viel Ozon und verläuft schneller als die Oxidation der meisten MV.	3.2.2
Bromid	Wird durch Ozonung teilweise zu problematischem Bromat umgewandelt.	2.4
unbekannte toxische Stoffe	Die Ökotox-Tests haben keine toxischen Nebenprodukte der Ozonung festgestellt.	2.4
GUS	Relevant für die Auslegung der Filtration	3.2.3

Tabelle 4: Konzentrationen der relevanten Stoffe DOC, Nitrit und GUS im Ablauf NKB der beiden ARA.

Tagesmittelwerte Ablauf NKB Konzentrationen [mg/l]	DOC		Nitrit		GUS	
	Morgental	Hofen	Morgental	Hofen	Morgental	Hofen
Mittelwert	6.3	6.4	0.10	0.14	2.5	4.5
Median	6.3	6.4	0.05	0.05	2.4	4.0
95%	8.3	8.4	0.37	0.49	4.8	9.0
99.90%	12.5	11.2	1.58	2.85	9.6	19.2

2.4.2 Eignung Abwasser für Ozonung

Bei einer Ozonung werden die MV durch Ozon und OH-Radikale umgewandelt. Typischerweise bleiben unproblematische Umwandlungsprodukte der MV zurück, sogenannte Transformationsprodukte ohne Wirkung oder mit deutlich geringeren Effekten als die Ausgangssubstanz.

Neben dem Abbau von MV werden andere organische und anorganische Abwasserinhaltsstoffe ebenfalls oxidiert. Es können so Oxidationsnebenprodukte entstehen, welche eine erhöhte Toxizität aufweisen. Die meisten davon werden in der biologisch aktiven Nachbehandlungsstufe wieder abgebaut. Es wird davon ausgegangen, dass bei kommunalem Abwasser Oxidationsnebenprodukte toxikologisch relevanter sind als Transformationsprodukte. Es werden zwei Aspekte unterschieden: (i) bekannte Oxidationsnebenprodukte, die chemisch erfasst und quantifiziert werden können (Bromat oder die Nitrosa-

mine) und (ii) unbekannte Oxidationsnebenprodukte, deren negative toxikologischen Wirkungen (Summenwirkungen) durch Biotests erfasst werden können.

Die VSA-Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen" hat deshalb die VSA-Empfehlung "Abklärungen Verfahrenseignung Ozonung" vom 28. März 2017 herausgegeben. Zur Abklärung, ob das Abwasser sich für eine Behandlung mit Ozon eignet wird ein stufenweises Vorgehen mit folgenden Untersuchungen verlangt:

- Betrachtungen zum Einzugsgebiet (bekannte kritische Einleiter wie KVA, Deponie, Industrie)
- Messungen im Zulauf zur geplanten Ozonung (Bromid, Nitrosamine)
- Abklärungen im Labor (Ozonzehrung, Abbau von MV, Produktion von Bromat)
- Biotests

Ausgehend von einer allgemeinen Betrachtung zum Einzugsgebiet werden die Untersuchungen zunehmend spezifischer.

Für die EMV-Anlage Morgental wurden die entsprechenden Untersuchungen bereits 2015 während der Vorstudie begonnen, damals noch gemäss der ursprünglichen Empfehlung des BAFU und der Eauwag (Aqua&Gas 2015, Nr. 7/8 S.28-38). Weil die Vernehmlassungsversion der VSA-Empfehlung vom Juli 2016 schärfere Anforderungen festlegte, wurden die Messungen von Bromid bis über das Ende des Vorprojekts weitergeführt. Die Untersuchungen sind in der Beilage zum Vorprojekt vom 26. Mai 2017 detailliert beschrieben.

Alle Untersuchungen führten zum Fazit, dass das Abwasser für eine Ozonung geeignet ist:

- Die MV wurden bereits mit einer Ozondosis von 0.5 gO₃/gDOC im Mittel zu 87% eliminiert.
- Die Bromidkonzentrationen im Abwasser liegen praktisch ausschliesslich im Bereich der typischen Konzentration von rein häuslichem Abwasser. Der Ausreisser vom März 2017 war einmalig und liegt immer noch im unkritischen Bereich. Dank der tiefen Bromidkonzentration im Trinkwasser aus dem Bodensee, liegen die Werte der ARA Hofen häufig im Bereich der Nachweisgrenze.

Im Einzugsgebiet der ARA Morgental liegt die Deponie Meggenmüli, deren Sickerwasser im Sommer/Herbst 2017 untersucht wurde. Die Bromid-Fracht im Sickerwasser ist ein relevanter Anteil für die EMV-Anlage (15%-25%). Somit kann die höhere Bromidkonzentration im Abwasser der ARA Morgental zu einem grossen Teil erklärt werden. Trotz der Bromidfracht aus der Deponie, liegt die Bromid-Konzentration im Zulauf zur EMV-Anlage deutlich im unproblematischen Bereich.

- Die Bromatbildung bei typischen Ozondosen ist unproblematisch. Es gibt keine Einschränkung bei der Ozondosis. (Aus energetischen Gründen ist die Ozondosis sowieso möglichst tief zu halten.)
 - Während spezieller Betriebsbedingungen der beiden ARA wird das Ozon verlangsamt abgebaut (Mostereisaison ARA Morgental, Nitrit-Probleme ARA Hofen). Die Werte liegen aber noch im Schwankungsbereich typischer kommunaler Anlagen. Trotzdem ist deshalb die Aufenthaltszeit im Ozonreaktor nicht zu knapp zu bemessen.
-

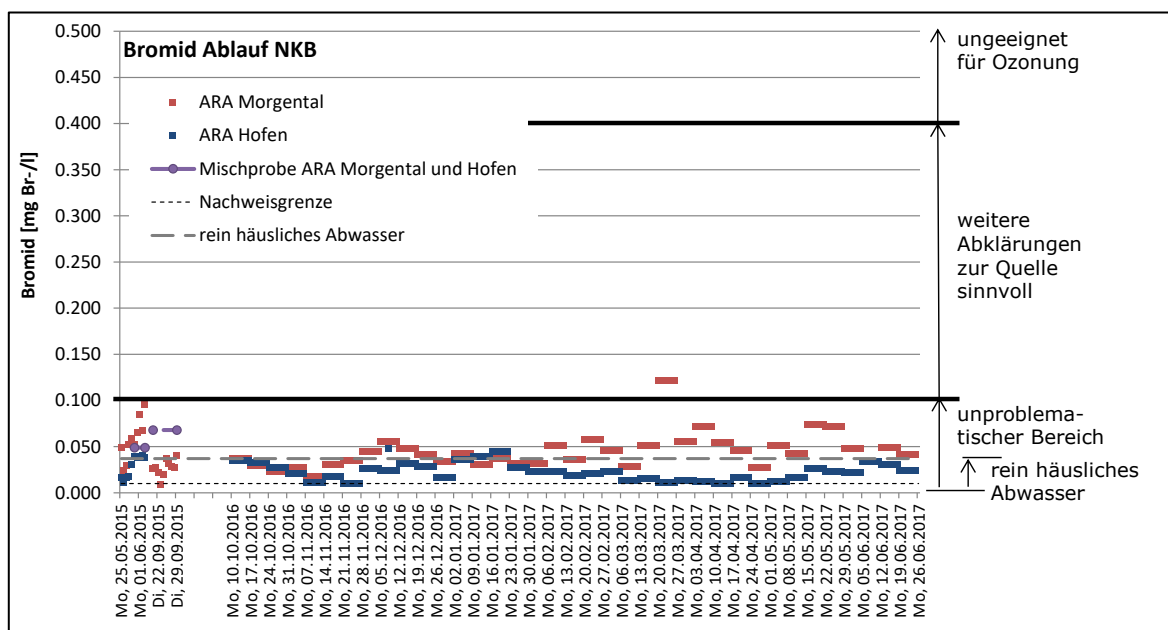


Abbildung 3: Bromid-Konzentrationen im Ablauf der beiden ARA. Die Konzentrationen liegen praktisch ausschliesslich im Bereich der typischen Konzentration von rein häuslichem Abwasser. Der Bereich unter 0.1 mgBr/l gilt als unproblematisch. Bei > 0.4 mgBr/l ist eine Ozonung ungeeignet. Dazwischen sind allenfalls Abklärungen nötig.

2.5 Stellungnahme BAFU

Gemäss GSchG Art. 61a werden maximal 75% der Erst-Investitionskosten für EMV-Anlagen vom Bund abgegolten. Das Verfahren zur Gewährung der Abgeltungen richtet sich nach Artikel 52a und Artikel 61c bis 61f GSchV.

Das BAFU hat dazu 2016 eine Vollzugshilfe publiziert (Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasseranlagen - Finanzierung von Massnahmen). Durch ein zweimaliges Hin-und-her von ARA und Planer via Kanton zum BAFU und zurück soll sichergestellt werden, dass bereits in einer frühen Planungsstufe die Abgeltungsberechtigung sichergestellt wird.

Im Rahmen des Vorprojekts wurde am 7. Dezember 2016 die Anhörung des BAFU durchgeführt welche in der Beilage des Vorprojekts dokumentiert ist. Basis bildeten die Vorstudie von 2016 sowie aktualisierte Erkenntnisse aus dem Vorprojekt, insbesondere zur Variantenstudie der Nachbehandlung. In den Beilagen zum Vorprojekt befindet sich zudem ein Dossier zur Anhörung.

Das BAFU bestätigte am 24.2.2017 auf Grund der Anhörung die Eignung der Ozonung und machte für das Bauprojekt die folgenden Auflagen zu den anrechenbaren Kosten:

- "Anrechenbare Kosten Sandfiltration"
 (Das BAFU erachtet herkömmlich dimensionierte Sandfilter als ausreichend für die Nachbehandlung nach einer Ozonung. Abgeltungsberechtigt sind daher nur Kosten für eine konventionell dimensionierte Sandfiltration.)
- "Aufzeigen der Notwendigkeit eines Lamellenklärers mit einem Nachweis, dass die Biologie aufgrund des Filterspülwassers überlastet ist und mit einer Begründung, weshalb dies durch den Ausbau der Biologie nicht behoben werden kann."
- "Kostenschlüssel Mehrfachnutzungen"

Erst nach Vollendung des Bauprojekts mit Kostenvoranschlag wird das BAFU eine Zusicherung abgeben, welche Anlagenteile abgegolten werden.

Die Grundsätze zur Beantwortung der Auflagen wurden an einer Koordinationssitzung mit dem BAFU und dem AWE am 5. Dezember 2017 diskutiert:

- Die Sandfiltration wird aus Gründen der Flexibilität, Betriebssicherheit und der biologischen Reinigungsleistung 33.5% grösser ausgelegt als gemäss der neusten Empfehlung des VSA erforderlich.
Die entsprechenden nicht anrechenbaren Kosten werden im Bauprojekt ausgewiesen.
- Die Rückläufe aus der Spülung der Sandfiltration müssen in die ARA Morgental zurückgeführt werden. Da mehr als die Hälfte des behandelten Abwassers von der ARA Hofen stammt, wird die Nachklärung der ARA Morgental übermässig belastet. Die Betriebssicherheit der Biologie wäre nicht mehr gewährleistet. Ein Lamellenklärer ist eine effiziente und effektive Möglichkeit, um das Schlammwasser so weit aufzukonzentrieren, dass die Nachklärung nicht überlastet wird. Da die bestehende Biologie noch für mindestens 20 Jahre weiter betrieben wird, wäre ein Ausbau der Nachklärung unverhältnismässig.
- Die betrieblich und wirtschaftlich vorteilhafte Lösung einer gemeinsamen EMV-Anlage für die beiden ARA zieht die beiden folgenden Aspekte nach sich:
 - Die notwendige Flexibilität wird mit der grösseren und nicht vollständig abgegoltenen Filtration zu einem vernünftigen Preis erreicht.
 - Da die Rückläufe aus der Sandfiltration auf der kleineren der beiden ARA behandelt werden müssen, ist ein Lamellenklärer mit Flockungsreaktor ein zwingender Bestandteil der Sandfiltration und ist somit als abgeltungsberechtigt zu betrachten.

Für das BAFU ist die Argumentation sowohl zum anrechenbaren Anteil der Filtration als auch zur Notwendigkeit des Lamellenklärers nachvollziehbar und schlüssig. Er betrachtet die Lösung als gut und pragmatisch.

3 Dimensionierungsgrundlagen

3.1 Prognose der zukünftigen Belastung

Die ARA Hofen und Morgental werden gemäss der Zahlen in Tabelle 5 belastet.

Das regionale Bevölkerungswachstum beträgt gemäss den statistischen Ämtern der Kantone SG und TG bis 2040 rund 15%. Dieser Wert entspricht ungefähr den Baulandreserven und Projekten zur inneren Verdichtung im Einzugsgebiet der ARA Morgental sowie der Annahme der Stadtplanung St. Gallen.

Für die Auslegung der EMV-Anlage ist aber nicht die Belastung im Zulauf der ARA relevant, sondern die Wassermenge sowie die DOC-, Nitrit- und GUS-Frachten im Ablauf NKB.

Tabelle 5: Angeschlossene Einwohner (E) und Einwohnerwerte im Zulauf zur ARA (EW)

	Morgental	Hofen	Summe
E (2016)	35'000	56'000	91'000
E (2040)	40'000	64'000	104'000
EW (2016)	60'000	82'000	142'000
EW (2040)	69'000	94'000	163'000

Die Dimensionierungsbelastung wurde im Vorprojekt und Beilagen detailliert hergeleitet.

Die Dimensionierung beruht auf folgenden Grundsätzen:

- Die Schmutzstofffracht basiert auf den Betriebsdaten der beiden ARA von 2010-2016, zuzüglich eines Bevölkerungswachstums von 15%.
- Die Sandfiltration dient ausschliesslich der biologischen Nachbehandlung, nicht dem zusätzlichen Rückhalt von GUS und P.
- Relevante Stoffe sind DOC, Nitrit und GUS.
- Im Betrieb kann der Ausgleichsweiher der ARA Hofen zum Ausgleich des Tagesgangs oder zur Optimierung der Stromproduktion genutzt werden.
- Keine Zunahme der maximalen Wassermenge im Zulauf zu den ARAs, weil das Bevölkerungswachstum vor allem durch innere Verdichtung stattfindet und laufend Fremdwasser reduziert wird.
- Die maximale Zuflussmenge aus der ARA Morgental ist begrenzt durch die Kapazität des Zulaufhebwerks (Schneckenpumpen)
- Die maximale Zulaufmenge aus der ARA Hofen ist begrenzt durch die Kapazität der Druckleitung und des Kraftwerks.
- Die **maximale Wassermenge**, welche in der EMV-Anlage behandelt wird, wird **auf 900 l/s begrenzt**. Dabei soll verhindert werden, dass bei Regenwetter in der einen ARA Trockenwetter-Abwasser aus der anderen ARA um die EMV-Anlage herum geleitet wird.
- Die mittlere Elimination der MV muss in jeder 48h-Probe mindestens 80% betragen.

Die für die Auslegung der Ozonung und Filtration relevanten Wassermengen und Frachten werden in den jeweiligen folgenden Kapiteln 3.2.2 und 3.2.3 dargestellt.

3.2 Dimensionierungsbelastung für Ausbau

3.2.1 Dimensionierungswassermenge

Für die Auslegung eigentliche MV-Elimination (Ozonung und Filtration) ist insbesondere die maximale Wassermenge relevant.

Die EMV-Anlage wird auf eine Dimensionierungswassermenge von $Q_{\max,EMV} = 900 \text{ l/s}$ ausgelegt. Dies entspricht nicht einer Vollstrom-Behandlung (Abbildung 4 links). Bei einer Begrenzung des Durchflusses über die EMV-Anlage auf 900 l/s werden aber abgeschätzt knapp 95% des Wassers, oder 97% der Fracht behandelt (Abbildung 4 rechts). Die Details der Berechnung und der Nachweis der notwendigen MV-Elimination sind in der Beilage zum Vorprojekt dokumentiert.

Für die Auslegung der beiden Pumpwerke sind neben den maximalen auch die minimalen Zuflüsse relevant. Die folgenden Werte gelten für die Auslegung:

- **Zwischenpumpwerk Morgental:**

- Q_{\max} = 960 l/s (sehr seltene Notsituation mit Bypass um Biologie)
- Q_{\min} = ca. 20 l/s
- Bypassleitung Q_{\max} = 960 l/s

- **Pumpwerk EMV**

- Q_{\max} = 2*450 l/s (festgelegt für EMV-Anlage)
Fließt mehr Wasser zu, wird es beim Zwischenpumpwerk Morgental in den Bypass gefördert (aktiv) oder staut zurück zur Notentlastung beim Kraftwerk (passiv).
- Q_{\min} = ca. 100 l/s
- Ozonreaktoren Q_{\max} = 2*450 l/s
- Filtration Q_{\max} = 900 l/s

Kennwerte zur Abwassermenge und deren Verteilung sind in Tabelle 6 und Abbildung 4 links dargestellt.

Tabelle 6: Abwassermenge Ablauf aus ARA Morgental und ARA Hofen sowie Zulauf EMV

		Betriebsdaten 2011-2015 ¹⁾			mit Bevölkerungswachstum ²⁾	
		ARA Morgental	ARA Hofen	Summe ARAs	Summe ARAs	Durchfluss EMV ³⁾
Q mittel	m ³ /d	14'386	27'154	41'540	46'028	43'619
Q mittel	l/s	167	314	481	533	505
Q TW mittel	l/s	125	220	347	399	399
Q TW max	l/s	167	293	463	533	533
Q Qmax (15min)	l/s	960 ⁴⁾	840 ⁴⁾	1'343	1'343	900
Q 99% (15min)	l/s	435	837	1'218	1'228	900
Q 95% (15min)	l/s	389	763	1'113	1'157	900
Q 85% (15min)	l/s	258	574	814	888	888
Q 10% (15min)	l/s	82	126	213	245	245
Q 1% (15min)	l/s	49	74	138	158	158
Q 0.1% (15min)	l/s	21	52	109	125	125
¹⁾ Tagesmittelwerte und 15-min-Mittelwerte						
²⁾ Annahme: Zunahme Schmutzwasser 15%, Zunahme Regenwasser 0%, Zunahme $Q_{\max,EMV}$ 0%						
³⁾ $Q_{\max,EMV} = 900 \text{ l/s}$, Rest durch Bypass						
⁴⁾ maximal möglich: Morgental inkl. Regenwasserschnecke, Hofen Kapazität Druckleitung und Kraftwerk						

Q:\Projekt\1400-1\491\491.70\05 Berechnungen Grundlagen\Verfahrenstechnik und Hydraulik\Dimensionierungsgrößen und VT\1491.70_171211 Dimensionierungswassermenge.xlsx\Tabellen für Bericht

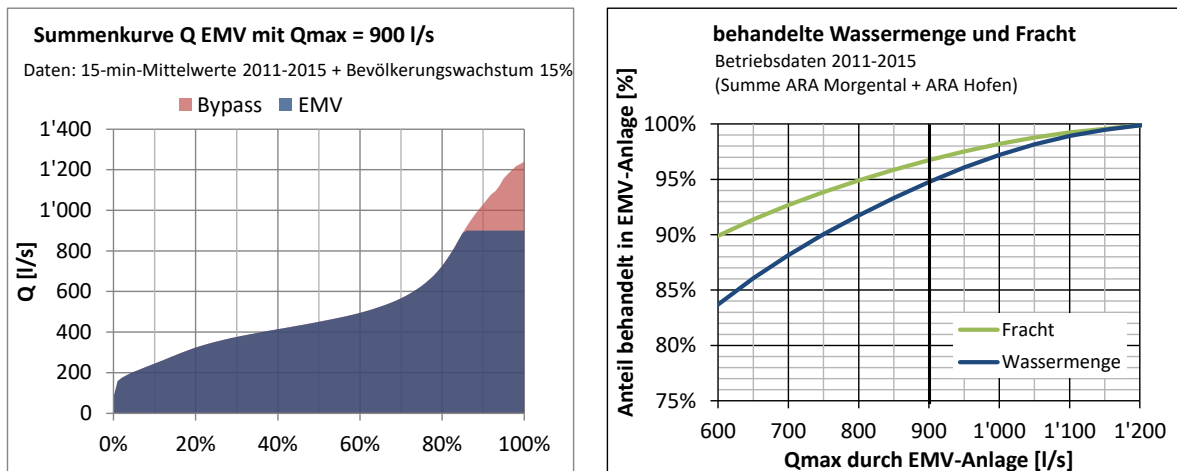


Abbildung 4: Wassermenge EMV. Links: Summenhäufigkeit der Zuflussmenge zur EMV-Anlage. Der blaue Anteil behandelt mit Q_{max,EMV} = 900 l/s, der rote Anteil fliesst unbehandelt durch den Bypass. Rechts: Anteil der behandelten Wassermenge und MV-Fracht (geschätzt nach NH4-Methode). Datenbasis: Betriebsdaten 2011-2015 (15-min-Mittelwert) + Bevölkerungswachstum 15%. Details in Beilage zum Vorprojekt.

3.2.2 Dimensionierungsfrachten bezüglich Ozonbedarf

Der Ozonbedarf ist abhängig von den Frachten an DOC und NO₂-N im zu behandelnden Abwasser und unterliegt starken Schwankungen. Um die erforderliche Reinigungsleistung von > 80% zu erreichen, werden typisch die folgenden spezifischen Ozondosen benötigt

- $f_{\text{DOC}} = 0.4 \text{ bis } 0.8 \text{ g O}_3/\text{g DOC}$ (abwasserspezifisch)
- $f_{\text{NO}_2\text{-N}} = 3.4 \text{ g O}_3/\text{g NO}_2\text{-N}$ (stöchiometrisch)

Bei bekannten Frachten errechnet sich somit der Ozonbedarf wie folgt:

$$\text{O}_3\text{-Bedarf [kg/h]} = Q [\text{m}^3/\text{h}] \cdot (f_{\text{DOC}} [\text{g O}_3/\text{g DOC}] \cdot c_{\text{DOC}} [\text{g/m}^3] + f_{\text{NO}_2\text{-N}} [\text{g O}_3/\text{g NO}_2\text{-N}] \cdot c_{\text{NO}_2\text{-N}} [\text{g/m}^3]) / 1000$$

DOC weist normalerweise keinen ausgeprägten Tagesgang auf. Da für die ARA Morgental und Hofen keine Messungen des DOC-Tagesgangs vorliegen, wurde von publizierten Daten der ARA Neugut ein Faktor von 1.1 von Tagesspitze zu Tagesmittelwert abgeleitet und für die Berechnung des Ozonbedarfs verwendet. Gemäss Labortestes einer Mischprobe der beiden ARAs Morgental und Hofen vom Mai / Juni 2015 ist eine Ozondosis von 0.5 g O₃/g DOC ausreichend, um die massgebenden MV im Mittel zu über 80% zu eliminieren. Mit einer Dosis von 1.0 g O₃/g DOC wurden alle gemessenen Substanzen zu mehr als 80% eliminiert. Ozondosen dazwischen wurden nicht gemessen. In der Praxis wird zudem ein Teil der MV bereits in der biologischen Stufe der ARA entfernt.

Für die Auslegung wird als konservative Schätzung eine Dosis von 0.6 g O₃/g DOC angenommen.

Nitrit wird durch Ozon sehr schnell zu Nitrat oxidiert. Daher muss bei Nitrit im Abwasser entsprechend mehr Ozon dosiert werden. Die ARA Morgental und insbesondere die ARA Hofen weisen saisonal erhöhte Nitritkonzentrationen im Ablauf NKB auf. Da Nitrit sehr viel Ozon verbraucht, muss diese Fracht bei der Auslegung der Ozonung berücksichtigt werden. Nitrit weist einen ausgeprägten Tagesgang auf. Aus den Daten der ETH-Messkampagne in der ARA Hofen im August / September 2004 wurde ein mittlerer Spitzenfaktor von 5.0 von Tagesspitze zu Tagesmittelwert abgeleitet und für die Berechnung des Ozonbedarfs verwendet.

Ozonbedarf

Eine Beschränkung der maximalen Kapazität auf 30 kg O₃/h ist sinnvoll. Diese Menge ist nur während der relativ kurzen Tagesspitze der 3% extremsten Tage nicht ausreichend, um zuerst alles Nitrit zu oxidieren und danach das Wasser immer noch mit einer Dosis von 0.6 g O₃/g DOC zu behandeln. Dies ist gut ausreichend, um die Anforderungen für die MV-Elimination zu erfüllen.

Der gesamte abzudeckende Bereich des Ozonbedarfs wird wie folgt festgelegt:

- Minimaler Ozonbedarf: 2.0 kg O₃/h
- Maximaler Ozonbedarf: 30.0 kg O₃/h

Abbildung 5 zeigt die Häufigkeitsverteilung des für die Auslegung angenommenen Ozonbedarfs, jeweils für Tagesmittel- und -spitzenwerte. Die Berechnungen sind in der Beilage zum Vorprojekt detailliert dokumentiert. Tabelle 7 zeigt die heute gemessene Anlagenbelastung bezüglich relevanter Abwasserinhaltsstoffe für den Zulauf der Ozonung, basierend auf Tagesmittelwerten und Tagesspitzen.

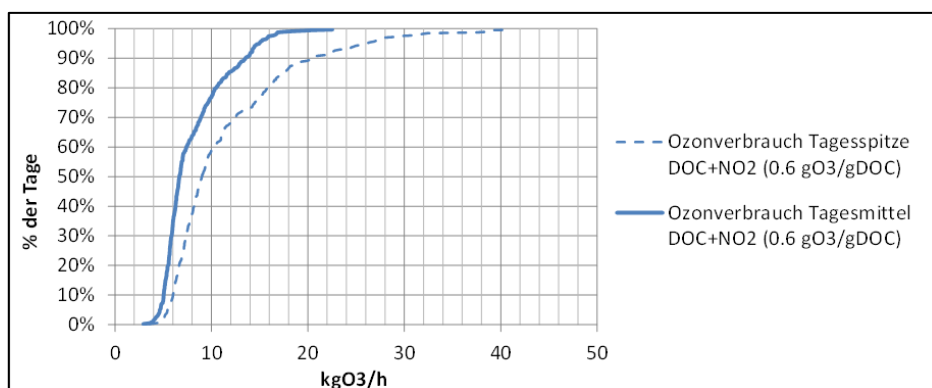


Abbildung 5: Summenkurven des Ozonbedarfs für eine Dosis von 0.6 g O₃/g DOC. Für die Oxidation von Nitrit wird zusätzlich 3.4 g O₃/g NO₂-N verbraucht. Die ausgezogene Kurve stellt die Verteilung der Tagesmittelwerte dar, die gestrichelte Kurve der Tagesspitzen.

Tabelle 7: Dimensionierungsfrachten DOC und Nitrit, sowie daraus resultierender Ozonbedarf

	DOC	Nitrit		
Ozondosis	gO ₃ /gDOC	gO ₃ /gNO ₂ -N		
	0.6	3.4		
Tagesmittelwerte	Zulauf		Ozonbedarf	
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/h
Mittelwert	294	5	193	8
25%-Perzentil der Tagesmittelwerte	216	1	133	6
50%-Perzentil der Tagesmittelwerte	251	3	159	7
75%-Perzentil der Tagesmittelwerte	345	6	226	9
95%-Perzentil der Tagesmittelwerte	534	19	386	16
99%-Perzentil der Tagesmittelwerte	642	39	519	22
Tagesspitzen	Zulauf		Ozonbedarf	
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/h
Mittelwert	323	25	279	12
25%-Perzentil der Tagesspitzen	238	5	161	7
50%-Perzentil der Tagesspitzen	276	13	209	9
75%-Perzentil der Tagesspitzen	380	28	324	14
95%-Perzentil der Tagesspitzen	587	97	682	28
99%-Perzentil der Tagesspitzen	706	197	1094	46

3.2.3 Dimensionierungsfrachten für die Filtration

Die GUS-Konzentrationen im Zulauf zur Filtration sind bereits tiefer als in den Einleitungsbedingungen verlangt (15 mg/l als Grenzwert bzw. 10 mg/l als Erwartungswert). Die Filtration wird nicht zur GUS-Elimination benötigt, sondern ist als biologische Nachbehandlung zur Ozonung zu verstehen. Entscheidend ist daher die Kontaktzeit.

Um die hydraulische Funktion zu gewährleisten und die Spülintervalle lang zu halten, ist jedoch die GUS-Fracht zu beachten. Diese besteht aus folgenden Anteilen:

- **GUS aus dem Ablauf NKB** der beiden ARA: Abbildung 6 zeigt die GUS-Werte des Zuflusses zur zukünftigen EMV-Anlage (Summe Ablauf NKB der ARA Hofen und ARA Morgental; Betriebsdaten 2015). Beide ARA verfügen heute über eine hervorragend funktionierende Nachklärung. Durch zukünftige höhere Belastungen oder Ausbauten der biologischen Reinigungsstufen der beiden ARA können sich die GUS-Ablaufwerte verschlechtern.
- **Biomasse, die im Filter wächst** auf den organischen Stoffen, die durch den Aufschluss in der Ozonung bioverfügbar gemacht werden.
- Gelegentliche **Fettstöße aus einer Industrie** im Einzugsgebiet der ARA Morgental. Fett sollte in Filtration kein Problem sein. Es wird irgendwann biologisch abgebaut. Problematisch ist höchstens, wenn sich eine Schwimmschicht auf dem Zulaufkanal oder den Filterzellen bildet. Neben der Möglichkeit, eine Schwimmschicht aus dem Zulaufkanal oder den Filterzellen, sind allfällige Fettstöße für die Auslegung nicht relevant.

Für Auslegung der Filtration werden die in Tabelle 8 angegebenen Werte verwendet.

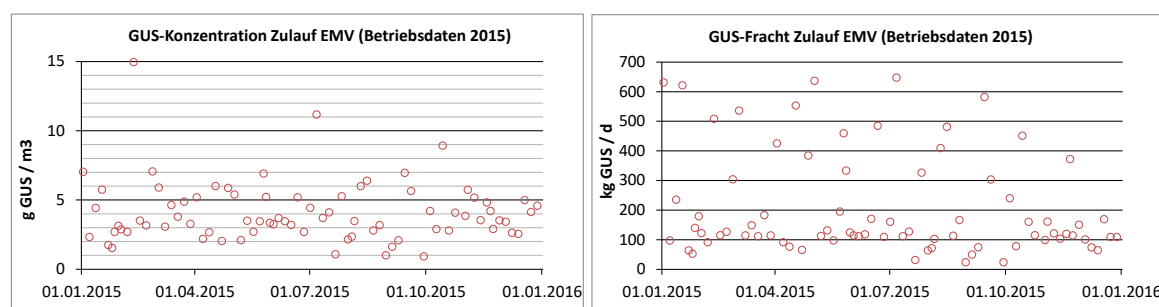


Abbildung 6: GUS-Konzentrationen und Frachten Zulauf zur Filtration (Summe Ablauf NKB der ARA Hofen und Morgental; Betriebsdaten 2015). Die Filtration wird auf höhere Werte gemäss Tabelle 8 ausgelegt.

Tabelle 8: GUS im Zulauf zur Filtration sowie Wachstum im Filter

	Einheit	Mittelwert	Maximum
GUS-im Zulauf zum Filter ¹⁾	mg/l	6	15
	kg/d	300	650
GUS Wachstum im Filter ²⁾	mg/l	2	3
	kg/d	100	150
Summe Zufluss + Wachstum	mg/l	8	18
	kg/d	400	800

¹⁾ Worst-case aus Betriebsdaten

²⁾ Herleitung im Vorprojekt

4 Hydraulik

4.1 Grundlagen

Der Hydraulik liegen folgende Grundlagen zu Grunde:

- Betriebsdaten Wassermengen
- Grundsatzentscheide (insbesondere Protokoll Besprechung Hydraulik vom 10.1.2018)
- Koten ARA Morgental, Seeleitung, Rückstau vom Bodensee und Salbach

4.2 Grundsätze

Folgende Grundsätze sind relevant bzw. müssen beachtet werden:

- Die ARA Morgental liegt unter der Hochwasserkote des Bodensees. Alles Wasser muss aus der ARA herausgepumpt werden. Dies geschieht neu im Zwischenpumpwerk Morgental in der EMV-Anlage.
- Es muss unmöglich sein, dass Wasser aus dem Vorfluter oder von der ARA Hofen in die ARA Morgental zurückfließen und diese fluten kann. Daher sind Überfallkanten zwischen dem Zwischenpumpwerk und dem Pumpwerk EMV sowie dem Bypass vorgesehen. Ein erhöhter Energieverbrauch durch die erhöhte Förderhöhe wird in Kauf genommen.
- Es ist möglich, dass sich das EMV-Gebäude langfristig senken wird. Daher sind bei den Überfallkanten Setzungsreserven einzurechnen und verstellbare Bleche vorzusehen.
- Die Bewirtschaftung des Kraftwerks darf den Betrieb der EMV-Anlage nicht beeinträchtigen. Trotzdem muss die EMV-Anlage so gebaut werden, dass sie eine versehentliche Stossbelastung aus dem Kraftwerk erträgt.

4.3 Hydraulisches Konzept

Unter Normalbedingungen beträgt die maximale Wassermenge von der ARA Morgental 460 l/s. In seltenen Extremsituationen (extremes Seehochwasser oder Starkniederschlag) können bis zu 960 l/s anfallen.

Der Zulauf von der ARA Morgental wird mit einem separaten Pumpwerk (Zwischenpumpwerk) angehoben auf das Höhenniveau des Zulaufs der ARA Hofen vom Kraftwerk. Der Zulauf von der ARA Hofen fliesst vom Kraftwerk im freien Gefälle zum Pumpensumpf EMV. Im Pumpwerk EMV werden die beiden Zuläufe gemischt und auf die beiden Oゾンstrassen aufgeteilt. Wenn das PW EMV nicht alles Wasser in die Oゾンung pumpen kann (zu grosser Wasseranfall oder Störfall) staut sich das Wasser zurück zum Kraftwerk, wo es über eine Notüberlaufkante direkt in die heute bestehende Ablaufleitung überfällt. Diese Entlastung funktioniert passiv.

4.3.1 Zulauf ARA Morgental

Das Wasser aus der ARA Morgental kann auf folgenden Wegen in die Auslaufleitung gefördert werden:

- Vom Zwischenpumpwerk zum EMV-Pumpwerk und Behandlung in der EMV-Anlage: Kapazität: 2*450 l/s
 - Vom Zwischenpumpwerk durch die Bypassleitung direkt zum Ablauf (Kapazität 960 l/s)
 - Vom Zwischenpumpwerk zum EMV-Pumpwerk. Vom Pumpensumpf EMV Rückstau zur Notentlastung beim Kraftwerk (Kapazität > 960 l/s)
-

- Bei Ausfall des Zwischenpumpwerks staut sich das Wasser Richtung Nachklärbecken zurück und fliesst durch den Umgehungskanal um die Biologie (Umkehr Fließrichtung) zur Notentlastung zwischen VKB und Biologie (funktioniert nicht bei extremem Seehochwasser). In diesem Fall steht der Pumpensumpf unter Druck.

Die Kollektorleitung im Zwischenpumpwerk hat zwei Ausgänge: zum EMV-Pumpwerk und zum Bypass. Damit nicht ein verklemmter Schieber verhindert, dass das Wasser aus der ARA Morgental nicht abgeführt werden kann, ist nur ein Schieber beim Abgang zum Pumpensumpf EMV vorgesehen. Auf der Seite der Bypassleitung wird durch einen ausreichend hohen Überfall (Kote 401.00 m) vorgesehen, dass bei geöffnetem Schieber zum EMV-Pumpwerk kein Wasser in die Bypassleitung fliesst.

Es ist nicht vorgesehen, dass Wasser aus dem Zwischenpumpwerk gleichzeitig in den Pumpensumpf EMV und in den Bypass gefördert wird. Dieser Fall würde nur bei extremem Zufluss von der ARA Morgental (960 l/s) in Frage kommen. Dann besteht aber auf der ARA Morgental eine Notsituation (Seehochwasser, extremer Regenfall) bei der der Betrieb der EMV keine Priorität hat. In diesem Fall wird ein grosser Teil des Abwassers um die Biologie herum geführt. Dieses nur schlecht vorgeklärte Abwasser wird nicht durch die EMV-Anlage geführt, sondern durch den Bypass direkt in die Auslaufleitung.

4.3.2 Zulauf Hofen / Betriebsregime Kraftwerk

Die Bewirtschaftung des Kraftwerks kann zu massiven und unerwünschten hydraulischen Sprüngen im Zufluss zur EMV-Anlage führen. Solche Sprünge sind zu vermeiden. Trotzdem wird die EMV-Anlage so gebaut sein, dass sie weitgehend damit umgehen kann.

Theoretisch dürften gemäss Turbinenlieferant heute nur etwa 700 l/s abgeleitet werden, wegen zu grosser Verluste in der Druckleitung bei grösseren Abwassermengen und daraus folgender Kavitationsgefahr. Die Druckleitung hat aber die Kapazität von 840 l/s.

In Wirklichkeit und unter regelmässiger Inspektion der Turbine werden das Kraftwerk und die Druckleitung heute so betrieben, dass für Spitzenstrom 840 l/s abgelassen werden.

Der max. Zufluss zur Ozonung wird durch das EMV Pumpwerk geregelt. Fliesst zu viel Wasser zu, überläuft es im Notüberlauf beim Kraftwerk in den Ablaufkanal.

Das Wasser aus der ARA Hofen kann folgende Fließwege nehmen:

- Fluss im freien Gefälle in den Pumpensumpf des EMV-Pumpwerks und Behandlung in der EMV-Anlage: Kapazität: 2*450 l/s
- Wenn nicht alles zufließende Wasser zum EMV-Pumpwerk durch die EMV-Anlage gefördert werden kann, staut sich der Zulauf zurück zum Kraftwerk und überfließt in der Notentlastung (399.50) direkt in die Auslaufleitung. Dieser Fall tritt auch ein, wenn der Zufluss von der ARA Morgental die Förderleitung des EMV-Pumpwerks übersteigt (z.B. Ausfall der EMV-Anlage).
- Um zu verhindern, dass Wasser beim Normalbetrieb in der Notentlastung überläuft, beträgt der maximale Betriebswasserspiegel im Pumpensumpf 399.00 m.
- Mit einem Motorschutz kann der Zulauf vom Kraftwerk zum Pumpensumpf EMV abgeriegelt werden. In diesem Fall fliesst das Wasser der ARA Hofen wie heute direkt beim Kraftwerk in die Auslaufleitung. Ein zweiter motorbetriebener Schutz ist notwendig, um bei Spitzenstrom den Durchfluss Richtung Ablaufkanal zu ermöglichen.
- Zur Verhinderung, dass Wasser aus der ARA Hofen bei einem Störfall in das Zwischenpumpwerk und somit in die ARA Morgental fließen könnte, überfällt der Zufluss vom Zwischenpumpwerk zum Pumpensumpf EMV über eine Überfallkante, die mit Kote 400.00 m höher liegt als die Notentlastung beim Kraftwerk.

Die EMV-Anlage ist 2-strassig ausgeführt mit der Möglichkeit zur Auskreuzung zwischen Ozonung und Filtration. D.h. der Ablauf aus Ozonreaktor 1 kann auch zur Filtration der Strasse 2 geleitet werden.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Fliesswege bei unterschiedlichen Betriebsarten.

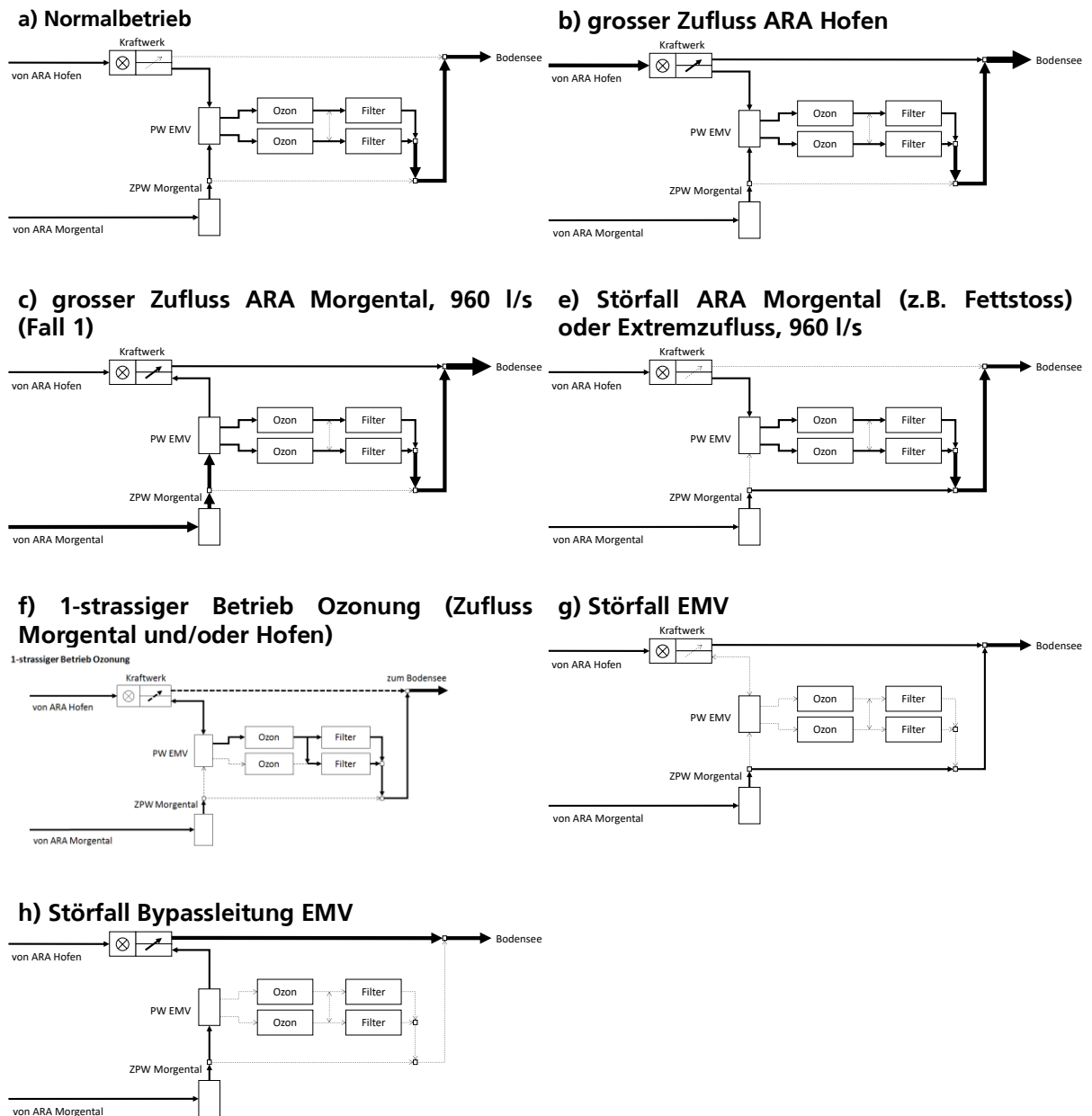


Abbildung 7: Hydraulisches Konzept für Normalbetrieb (a) und verschiedene Sonderbetriebe.

Grundsätzlich sind sich die gereinigten Abwässer der ARA Hofen und ARA Morgental sehr ähnlich. Es ist deshalb wenig relevant, ob gereinigtes Abwasser von Hofen oder Morgental entlastet wird.

4.4 Hydraulisches Längenprofil

Nachfolgende Abbildung zeigt das hydraulische Längenprofil (siehe auch Beilage). Im Folgenden einige Punkte zur Erläuterung:

- Eingezeichnet ist jeweils der maximale Wasserspiegel. Der Wasserspiegel im Ozonreaktor ist nicht variabel.
- Der Verbindungskanal vom Kraftwerk zum Pumpensumpf EMV kann in beide Richtungen durchflossen werden.
- Der Zufluss zum Pumpensumpf EMV erfolgt rechts: Von unten vom Kraftwerk, von oben vom Zwischenpumpwerk Morgental. Der Überfall (400.00 m) verhindert ein Rückfließen. Die Prallwand minimiert den Lufteintrag und verbessert die Mischung der beiden Zuflüsse.
- Der Auslauf des Bypasses führt über die Kote 401.00 m, um einen Rückfluss vom Vorfluter in den Pumpensumpf des Zwischenpumpwerks zu verhindern und damit das Wasser bei geöffnetem Schieber in den Pumpensumpf EMV fließt. Diese Kote beinhaltet eine ausreichende Setzungsreserve.
- Der Sandfilter ist eingestaut. Der Druckverlust über den Sandfilter beträgt rund 3 m.
- Aus dem Sandfilter fließt das Wasser in das Spülwasserbecken von wo es auf einer Kote von 400.30 m in die Ablaufleitung überfällt. Diese Kote beinhaltet eine ausreichende Setzungsreserve.

Die Koten in der unteren Abbildung stellen die relevanten Extrem-Koten des Vorfluters Salbach und des Bodesees dar. Für die hydraulische Auslegung sind die Koten relevant, welche sich bei einem Rückstau in der Ablaufleitung ergeben. Dazu sind die maximalen Energiehöhen zurückgerechnet zum Auslauf Kraftwerk dargestellt.

Es ist möglich, dass sich das EMV-Gebäude langfristig im mehrere Dezimeter senkt (vgl. geologischen Gutachten und Erfahrungen anderer Bauten). Dies bedingt, dass ausreichend Setzungsreserven gegenüber der Notentlastung beim Kraftwerk und gegenüber den Hochwasserkoten vorhanden sind. Relevant sind diesbezüglich die Überfallkanten im Pumpensumpf EMV, beim Auslauf des Bypasses und der Auslauf aus dem Spülwasserbecken.

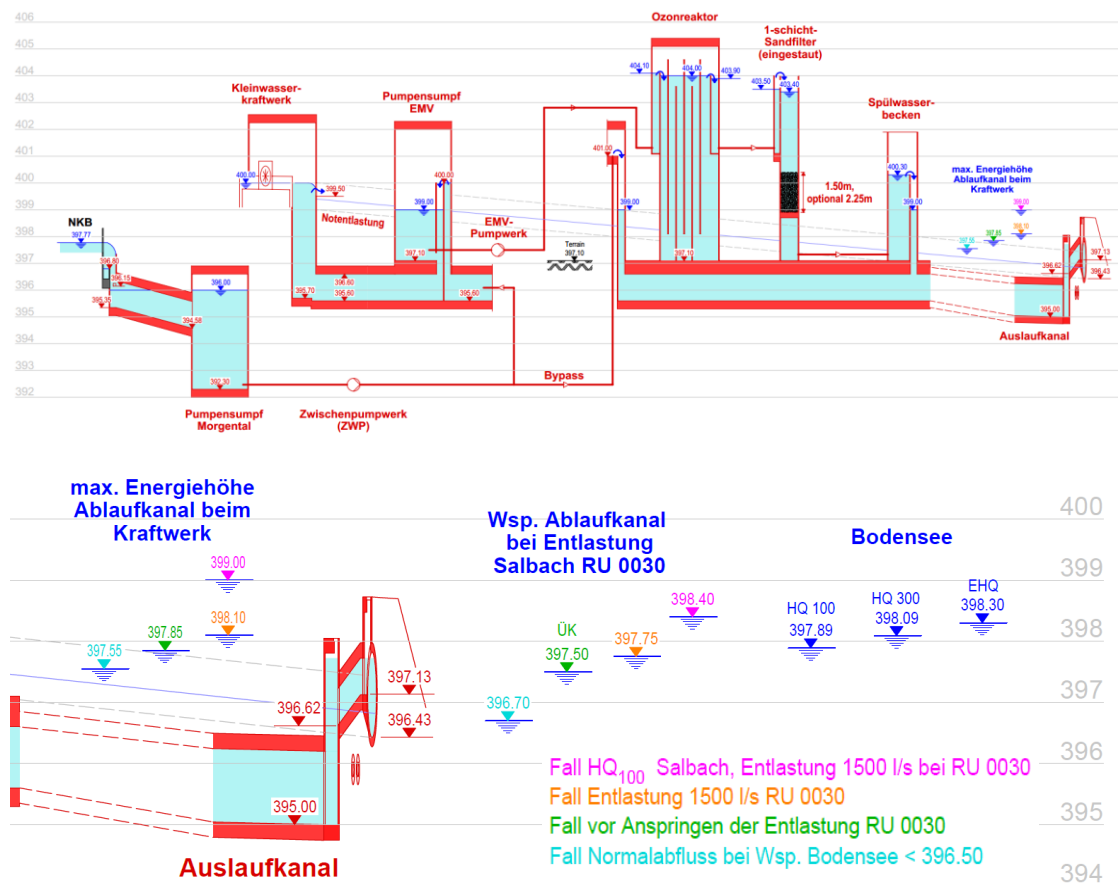


Abbildung 8: Hydraulisches Längenprofil (oben). Unten sind die relevanten Hochwasserkoten dargestellt.

4.4.1 Notentlastung beim Kraftwerk

Beim Bau des Kraftwerks wurde bereits berücksichtigt, dass später ein zweiter Ablauf Richtung EMV-Anlage gebaut werden muss. Die Turbine ist auf eine UW-Kote WSP von 400.00 m.ü.M. ausgerichtet.

Neu wird die zweite Auslaufkammer umgebaut. Schlitz in der Zwischenwand zwischen dem bestehenden Ablaufkanal und dem neuen Ablauf zur EMV-Anlage gewährleisten die Notentlastung vom Zu- und Ablauf EMV zur bestehenden Ablaufleitung.

Die Überfallhöhe der Notentlastung (mit Blech) liegt bei ca. 399.50 m.ü.M. 50 cm höher wird die Überfallkante ab dem Zwischenpumpwerk der ARA Morgental zum EMV-Pumpwerk eingestellt.

Die beiden Auslaufkammern können separat über Schütze abgesperrt werden.

Vom Kraftwerk führt eine Düker-Leitung zum Pumpensumpf des EMV-Pumpwerks. Diese Leitung kann in beiden Richtungen durchflossen werden (siehe hydraulisches Längenprofil).

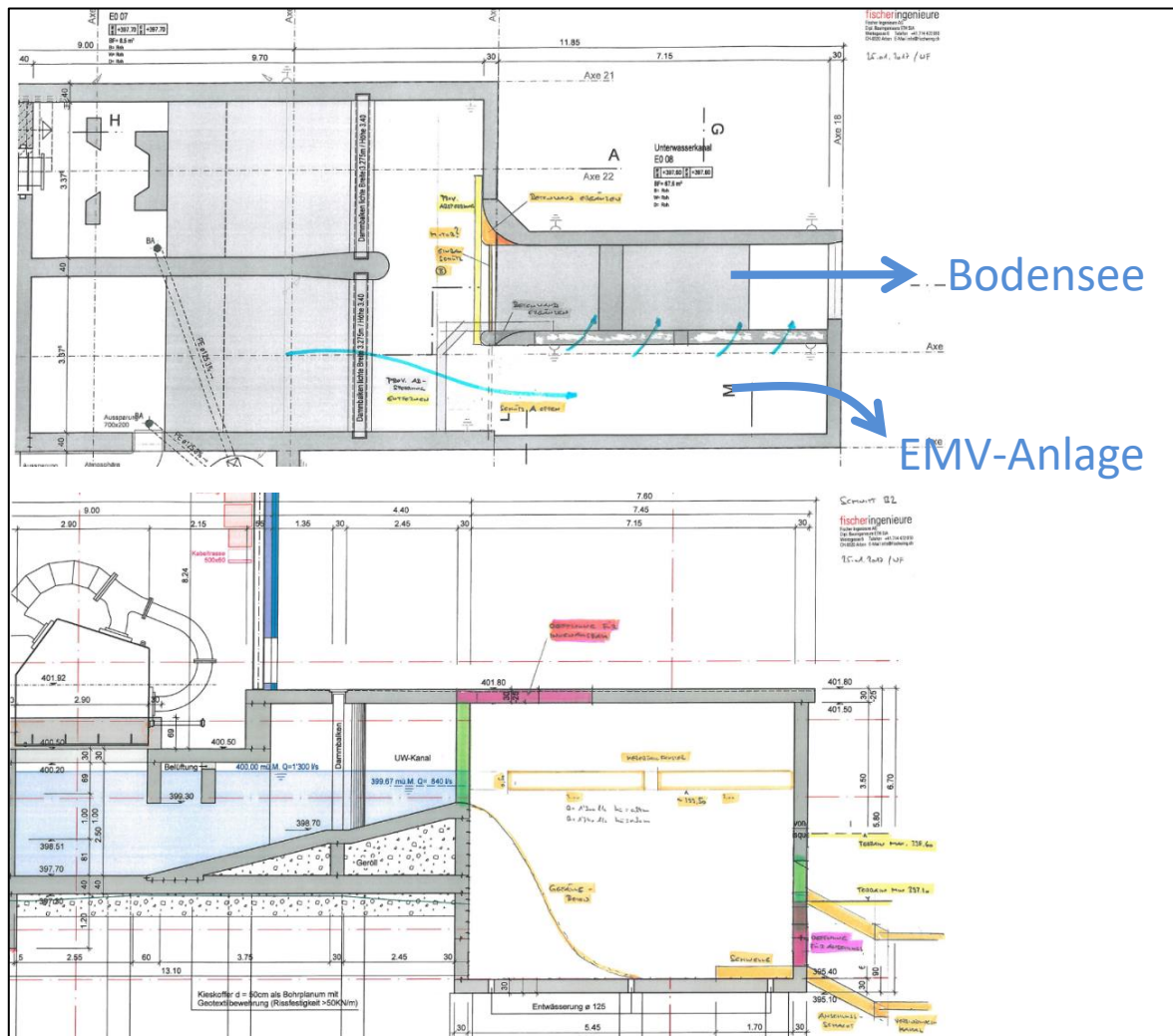


Abbildung 9: Skizzen zum Umbau des Auslaufbereichs des Kraftwerks mit einer Abzweigung zur EMV-Anlage und Schlitzen in der Wand zum bestehenden Ablauf als Notentlastung.

5 Projektumfang und -auslegung

5.1 Grundsätze

Die Resultate der Abwasseruntersuchungen in der Vorstudie und im Vorprojekt haben gezeigt, dass das gemeinsame Abwasser der ARA Hofen und der ARA Morgental für eine Ozonung geeignet ist.

Aufgrund der Verfahrensevaluation im Vorprojekt sowie der Beurteilung des BAFU wurde die Ozonung mit nachfolgender statischer Einschicht-Sandfiltration als geeignetes Verfahren festgelegt und der Grundsatzentscheid für eine Ozonung gefällt.

Die gesamte Anlage zur Elimination von Mikroverunreinigungen wird komplett neu erstellt. Damit kann durchgehend eine dem Stand der Technik entsprechende Anlage aufgebaut werden. Zudem können die Betriebsabläufe in Absprache mit dem Betreiber optimal eingeplant werden. Um diesen Spielraum optimal zu nutzen, wurden die Ausrüstung der Ozonanlage und der Filtration bereits parallel zum Bauprojekt auf Basis des Vorprojekts ausgeschrieben und vergeben. Dies ermöglichte die erwünschte Mitwirkung der Ausrüster bei der Planung der Bauwerke im Rahmen dieses Bauprojektes.

Redundanz

Folgende Grundsätze zur **Redundanz** wurden beschlossen:

- Alles Wasser muss jederzeit aus dem Ablauf der ARA Morgental herausbefördert werden können.
- Die EMV-Anlage ist grundsätzlich 2-strassig.
- Sicherheitseinrichtungen sind redundant ausgeführt.
- Eine temporäre Abschaltung der MV-Anlage ist vertretbar, da MV nicht akut toxisch sind.

Durch die zweistrassige EMV-Anlage kann im Revisionsfall immer noch die Hälfte der Abwassermenge behandelt werden, was dem einfachen Trockenwetteranfall entspricht. Die Zweistrassigkeit wird beim EMV-Pumpwerk, bei den Ozonreaktoren und bei der Sandfiltration angewendet. Bei der Filtration ist durch die 10 projektierten Filterzellen, welche unabhängig voneinander betrieben werden können, eine hohe Redundanz gewährleistet. Pumpen, Filter-Spülpumpen und -Gebläse sowie die Ozonerzeuger und Restozonvernichter sind nach dem Prinzip n-1 redundant.

Betrieb und Unterhalt

Die EMV-Anlage ist für den automatischen Dauerbetrieb ausgelegt. Es sollen abgesehen von den täglichen Kontrollgängen keine nennenswerten Arbeiten anfallen. Sämtliche Anlagenkomponenten sind für möglichst einfache Bedienung, Wartung und Unterhalt ausgelegt. Alle Behälter und Becken sind über grosszügig dimensionierte Mannlöcher, Drucktüren oder sonstige Zugänge begehbar für Revisions- und Unterhaltsarbeiten.

Ozonung

- Der Sauerstoff zur Ozonerzeugung wird als Flüssigsauerstoff (LOX) angeliefert, die Variante einer Herstellung des Sauerstoffs vor Ort mittels Druckwechseladsorption wird nicht weiter verfolgt.
 - Die Ozonerzeugung besteht aus 2 Ozongeneratoren, um den gesamten Bereich wirtschaftlich abfahren zu können. Ausserhalb von Spitzenbelastung durch Nitrit besteht so eine weitgehende Redundanz.
 - Das Abgas aus den Ozonreaktoren nach den Restozonvernichtern (fast reiner Sauerstoff) wird nicht zur Unterstützung der Belüftung in der biologischen Reinigungsstufe verwendet.
-

Filtration

Für die EMV-Anlage Morgental ist eine Filtration mit Sand oder granulierter Aktivkohle (GAK) das beste Verfahren zur Nachbehandlung im Anschluss an die Ozonung (Variantenstudie im Vorprojekt).

- Bei einem GAK-Filter als Nachbehandlung würden sich die Eliminationsmechanismen von Ozon (Oxidation) und GAK (Adsorption) ergänzen. Da die heutige Abwasserzusammensetzung keine Kombination von Ozon und GAK erfordert, wird eine Sandfiltration projektiert.
- Im Sinne der Flexibilität für zukünftige Veränderungen der Abwasserzusammensetzung soll eine spätere Nachrüstung zu einem GAK-Filter möglich bleiben. Dafür werden die Statik und das hydraulische Längenprofil auf eine Erhöhung des von 1.5 m Filterbettes auf 2.25 m und entsprechen der Erhöhung des Überstaus ausgelegt. Die baulichen und ausrüstungstechnischen Massnahmen werden eingeplant, aber nur so weit ausgeführt, als eine spätere Nachrüstung unverhältnismässig aufwändig wäre.
- Da es sich bei der Sandfiltration der EMV-Anlage Morgental um einen Bioreaktor handelt, ist nicht die Filtergeschwindigkeit, sondern die Kontaktzeit für die Leistung relevant. Daher wurde der Filter bewusst grösser ausgelegt als für eine konventionelle GUS-Elimination.

Schlammwasserbehandlung

Das **Schlammwasser der Filterspülung muss zwingend aufkonzentriert werden**, da die Rückläufe der Behandlung des Abwassers aus beiden ARAs nur in die ARA Morgental zurückgeleitet werden können. Der Vergleich mit der ATV-DVWK-A 131 hat ergeben, dass die überproportionalen Rückläufe aus der Filtration die Nachklärung der ARA Morgental deutlich überlasten würden (dokumentiert in der Beilage zur Stellungnahme BAFU). Mit einem Lamellenklärer kann das Schlammwasser aber platz- und kostensparend aufkonzentriert werden, so dass die Belastung der Nachklärung verantwortbar ist.

Die **Schlammwasserbehandlung ist nicht redundant**. Falls bei Ausfall des Lamellenklärers das Schlammwasser nicht in die ARA geleitet werden kann, kann es notfalls in den Auslauf geleitet werden. Der Grenzwert für GUS wird voraussichtlich nicht überschritten. Im schlimmsten Fall muss die EMV-Anlage vorübergehend abgeschaltet werden.

5.2 Verfahrensübersicht

Die geplante MV-Anlage behandelt das biologisch gereinigte Abwasser von der Kläranlage Hofen und Morgental und leitet das behandelte Abwasser in den Bodensee. Beiden Kläranlagen verfügen je über eine Bypassleitung für Regenspitzen. Abbildung 10 zeigt ein stark vereinfachtes Verfahrensschema der beiden Kläranlagen mit der gemeinsamen EMV-Stufe auf der ARA Morgental.

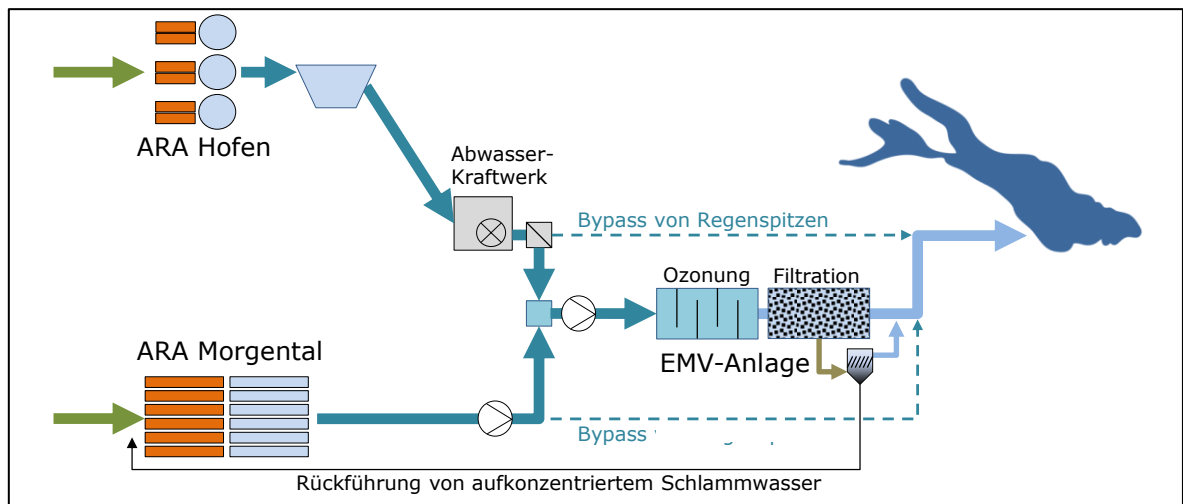


Abbildung 10: Vereinfachtes Verfahrensschema mit Zuleitung von zwei Kläranlagen

Die Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen besteht grundsätzlich aus zwei Pumpwerken, einer Sauerstoff-Versorgungsanlage, einer Ozonanlage und einer Sandfiltration:

- Zulaufkanäle Hofen (Kraftwerk Morgental) und ARA Morgental (Ablauf NKB)
- In einem **Zwischenpumpwerk** wird das Abwasser der ARA Morgental auf das Niveau des Zulaufs der ARA Hofen angehoben. Im "**Pumpwerk EMV-Anlage**" wird das Abwasser beider ARA vermischt und auf das Niveau der EMV-Stufe angehoben (siehe Kapitel 5.3).
- In der **Sauerstoff-Versorgungsanlage** wird Sauerstoff flüssig gelagert und bedarfsweise verdampft (siehe Kapitel 5.5).
- In den **Ozongeneratoren** wird aus dem aufbereiteten Einsatzgas Sauerstoff Ozon hergestellt. Dieses Ozon wird bedarfsgerecht in das Abwasser eingetragen, wo es mit den Mikroverunreinigungen reagiert und sich dabei wieder zu Sauerstoff umsetzt. Zur Ozonanlage gehören die folgenden Teilsysteme (siehe Kapitel 5.6):
 - Einsatzgasaufbereitung
 - Ozonerzeugung
 - Ozonung (Eintrag des Ozongases ins Abwassers, in Ozonkontaktbecken bzw. Ozonreaktoren)
 - Restozonvernichtung
 - Probenahme- und Analytiksystem (zur Steuerung / Regelung einer bedarfsgerechten Dosierung)
 - Raumüberwachungssystem für Sauerstoff und Ozon
- Die oxidierten Mikroverunreinigungen können in der anschließenden **Einschicht-Sandfiltration** biologisch abgebaut werden (siehe Kapitel 0).
- Das Schlammwasser aus der Filtration wird in einer Anlage zur **Rücklaufbehandlung** aufkonzentriert (siehe Kapitel 5.8).
- Ablaufkanal (siehe Kapitel 5.9)

5.3 Zulaufkanäle

5.3.1 Zulauf Hofen / Kraftwerk Morgental

Ausgangslage

Um die Steinach von Abwasser zu entlasten, fliesst das gereinigte Abwasser der Stadt St. Gallen von der ARA Hofen in Wittenbach seit 2014 durch eine Druckleitung zur ARA Morgental und von dort zusammen mit dem gereinigten Abwasser der ARA Morgental über eine Tiefeneinleitung in den Bodensee. Dadurch wird nicht nur die Steinach von der Belastung durch Abwasser befreit und in einem Kraftwerk Strom produziert, sondern es bietet sich die Möglichkeit, in einer gemeinsamen Anlage das Abwasser der ARA Hofen und der ARA Morgental von Mikroverunreinigungen zu befreien.

Weitere Details siehe auch Kapitel 4.4.1.

Auslegung

Der Zulaufkanal kann in beide Richtungen durchflossen werden. Er dient nicht nur dem Zulauf von der ARA Hofen, sondern auch dem Überlauf wenn von der ARA Morgental mehr Wasser zufliesst, als in die EMV-Anlage gepumpt wird. Aus diesem Grund muss der hydraulische Widerstand minimal sein.

Der Zulaufkanal vom Auslaufbauwerk beim Kraftwerk bis unter den Pumpensumpf des EMV-Pumpwerks wird als Betonkanal im Rechteckprofil (B x T: 1.5 x 1.0 m) gebaut. Da er den Hauptzugang zum EMV-Gebäude quert, verläuft er unter Terrain und unter der Bodenplatte der EMV-Anlage. Somit steht er unter Druck (siehe hydraulisches Längenprofil).

Massnahmen

- Zulaufkanal als Dükerleitung ab Kraftwerk Morgental zum EMV-Pumpwerk
- Schnittstelle zum Auslaufbauwerk beim Kraftwerk.

5.3.2 Zulauf ARA Morgental

Ausgangslage

Alles Abwasser, das in die ARA Morgental fliesst, muss herausgepumpt werden.

Heute fliesst das gereinigte Abwasser nach dem NKB der ARA Morgental in einem Kanal um die Biologie herum zum Auslaufpumpwerk im Bereich der Vorklärung. Neu wird der Ablauf im Zwischenpumpwerk (ZPW) Morgental im EMV-Gebäude soweit angehoben, dass er frei in den Pumpensumpf EMV oder in den Auslauf fliesen kann (entweder durch den Bypass oder durch die Notentlastung beim Kraftwerk; siehe Details im Kapitel 4. Im heutigen Ablaufkanal, der um die Biologiebecken herum führt, wird das Gefälle umgedreht, so dass er als Not-Umfahrung der Biologie dienen kann. Dies ist notwendig, da der Extremzufluss 960 l/s betragen kann, die Biologie aber nur auf 460 l/s ausgelegt ist.

Im Auslauf aus der Nachklärung wird ein Messüberfall zur Durchflussmessung installiert.

Auslegung

Der Zulauf von der ARA Morgental fließt vom Ablauf NKB im freien Gefälle in den Pumpensumpf des Zwischenpumpwerks (ZWP) Morgental. Der maximale Betriebs-Wasserspiegel liegt bei 396.00 m, so dass der Umgehungskanal um die Biologiebecken nicht eingestaut wird. Bei Ausfall des Zwischenpumpwerks kann der Zulaufkanal aber so weit eingestaut werden (398.10 m), dass das Wasser durch den Umgehungskanal zur Notentlastung bei der Vorklärung fließen kann. In diesem Fall steht der Pumpensumpf des Zwischenpumpwerks unter Druck.

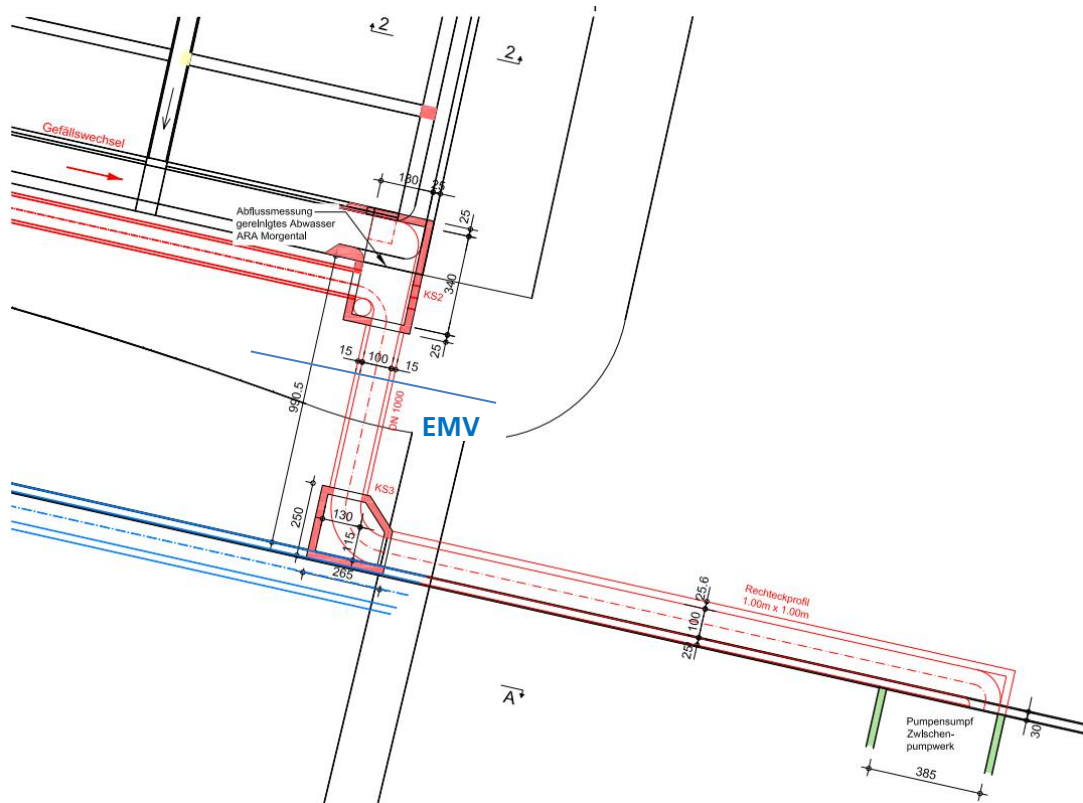


Abbildung 11: Situationsplan Anschlusskanal NKB Morgental zur EMV

Massnahmen

- Zulaufkanal ab neuem Umlaufkanal Süd zum Pumpensumpf Zwischenpumpwerk (ZWP)

5.4 Pumpwerke

5.4.1 Allgemein

Die Pumpen der Pumpwerke werden in Abhängigkeit des Pumpensumpf-Niveaus geregelt. Dazu werden die Pumpen für einen Regelbetrieb mit Frequenzumformer ausgelegt. Damit können folgende Ziele erreicht werden:

- Regelmässige Beschickung der Ozonung und Filtration (kein intermittierender Betrieb und keine Sprünge). Ein intermittierender Betrieb ist nur beim Zwischenpumpwerk bei extremen Nachtminima vorgesehen.
- Energieeffizienter Betrieb (minimale hydrostatische Höhe, idealer Betriebspunkt).

Die Pumpen schalten ein, sobald ein voreingestelltes Niveau überschritten wird und schalten bei unterschreiten eines unteren Niveaus wieder aus. So lange dieses Niveau nicht unterschritten wird, wird mittels Drehzahlregulierung das Soll-Niveau im Pumpensumpf gehalten. So wird erreicht, dass nur immer so viel Abwasser gepumpt wird, wie auch effektiv zufließt. Die Steuerung schaltet die einzelnen Pumpen so hinzu und ab, dass möglichst keine Sprünge im Durchfluss auftreten.

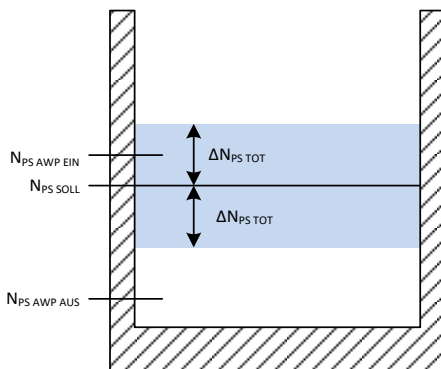


Abbildung 12: Beispiel Niveauregelung Pumpensumpf

Um ein dauerndes Regeln zu verhindern, wird eine "Regel-Totzone" berücksichtigt, in welcher die Drehzahl der Pumpen nicht verändert wird.

5.4.2 Zwischenpumpwerk Auslauf ARA Morgental

Ausgangslage, Konzept

Das ZWP erfüllt folgende Aufgaben:

- Sämtliches Abwasser, das in die ARA Morgental gefördert wird, muss mit dem ZWP aus der ARA herausgepumpt werden, da der Wasserspiegel im Ablaufkanal zum Bodensee höher liegt als der ARA-Auslauf. Das Wasser muss somit auch angehoben werden, wenn es nicht durch die EMV-Anlage geleitet wird.

Da bei einem Ausfall ein Überflutungsrisiko besteht, werden erhöhten Anforderungen an die Betriebszuverlässigkeit Rechnung getragen (Notstrom, Redundanz, Fail-Safe).

- Die vier Pumpen fördern in eine gemeinsame Kollektorleitung mit zwei Ausgängen. Beide Ausflüsse müssen bis zu einer Überfallkante angehoben werden:
 - Zum Pumpensumpf: 400.00 m
 - Zum Bypass: 401.00 m

- Der Betriebswasserspiegel liegt möglichst hoch für einen energieeffizienten Betrieb, darf aber die maximale Kote von 396.00 m nicht übersteigen, weil sonst der Umgehungskanal um die Biologie eingestaut würde. Der erwartete Betriebswasserspiegel liegt daher bei rund 395.00 m. Der minimale Wasserspiegel muss einen störungsfreien Betrieb der Pumpen erlauben und kann in der Steuerung eingestellt werden.

Das Zwischenpumpwerk und dessen Sumpf liegen unter der Bodenplatte und stellen den tiefsten Punkt der gesamten EMV-Anlage dar. Es sind trocken aufgestellte Zentrifugalpumpen vorgesehen. Diese können über eine Montageöffnung ins UG eingebracht werden. Über den Pumpen und über der Montageöffnung ist eine Krananlage vorgesehen um die Pumpen für Revisions- und Unterhaltsarbeiten auf das EG-Niveau hoch zu heben.

Bei einem Durchbruch eines Fettstosses der Industrie durch die Biologie, kann sich eine Schwimmschicht auf dem Pumpensumpf bilden. Daher ist ein guter Zugang zum Absaugen des Fettes vorgesehen (Wartungsdeckel).

Im Notfall kann sich der Zulauf bis zur Kote 398.10 m einstauen. Der Pumpensumpf steht dann unter Druck (UK Decke 396.60 m). Daher muss der Wartungsdeckel des Sumpfs ZPW als Druckdeckel ausgeführt werden.

Auslegung

Pumpen: Die Pumpen müssen alle Lastfälle von $Q_{\min} = 40 \text{ l/s}$ bis $Q_{\max} = 960 \text{ l/s}$ bewältigen können. Bei Ausfall einer beliebigen Pumpe müssen die restlichen Pumpen die maximale Zuflussmenge von 960 l/s fördern können.

Diese Anforderungen können mit den geplanten, frequenzgesteuerten Pumpen ab einer Zuflussmenge von rund 80 l/s von Seite Morgental erfüllt werden. Bei geringerem Zufluss während der Nacht wird die kleinste Pumpe intermittierend betrieben. Es sollen nicht mehr als 4-6 Schaltungen pro Tag oder 1 Schaltung pro Stunde erfolgen.

Die kleinen Pumpen sind auf der gegenüberliegenden Seite des Zuflusses angeordnet, damit der Pumpensumpf auch bei niedrigem Zufluss durchströmt wird. Damit trotz ausreichendem Zuströmbereich zu den Pumpen der Pumpensumpf klein gehalten werden kann, werden die beiden grossen Pumpen nahe beieinander platziert. Sie laufen nur gleichzeitig, bei seltenen Extremzufluss aus der ARA Morgental und gleichzeitigem Ausfall einer der beiden kleinen Pumpen. Ein "nicht-idealer Betrieb" wird dann in Kauf genommen.

Die Förderhöhe der Pumpen muss ausreichen, um 960 l/s bei einem mittleren Betriebswasserspiegel von 395.00 m über die Überlaufkante zum Bypass (Kote 401.00 m) zu fördern.

Tabelle 9: Angaben zum Zwischenpumpwerk Morgental

Parameter	Einheit	Dim.
Anzahl Pumpen	-	4 (3 + 1)
Q Pumpe 1	l/s	80-160
Q Pumpe 2	l/s	150-300
Q Pumpe 3	l/s	250-500
Q Pumpe 4	l/s	250-500
Q _{max} Druckleitung zum PW EMV	l/s	960
Q _{max} Druckleitung zum Bypass	l/s	960
Q _{max} total Zwischenpumpwerk	l/s	960
Nutzvolumen Sumpf ZWP	m ³	~145 m ³
Anzahl Druckleitungen	-	1 (DN 800)
Anzahl Bypassleitungen	-	1 (DN 800)
max. Geschwindigkeit saugseitig	m/s	1.8
max. Geschwindigkeit druckseitig	m/s	1.9
Förderhöhen:		
min. geodätische Förderhöhe zum EMV-PW	m WS	4.0
min geodätische Förderhöhe Bypass	m WS	5.0
mittlere geodätische Förderhöhe	m WS	~6.0

Kollektorleitung: Die Pumpen fördern in einen gemeinsamen Kollektor, der sich sowohl zum Pumpensumpf EMV als auch zur Bypassleitung hin öffnet (Druckleitung DN 800). Ein pneumatischer Schieber und ein Handschieber steuern die Fliessrichtung. Auf der Seite zum Bypass sind keine Schieber vorgesehen, damit dieser Ausgang in keinem Fall blockiert werden kann. Die Ausflussöffnung zum Bypass liegt ausreichend hoch (401.00 m), so dass bei geöffnetem Schieber alles Wasser zum EMV-Pumpwerk fließt. Bei geschlossenem Schieber fließt alles Wasser in die Bypassleitung.

Eine Redundanz der Kollektorleitung ist nicht vorgesehen, obwohl die Funktion des Zwischenpumpwerks für die Ableitung des Abwassers aus der ARA Morgental zwingend ist. Für den seltenen und planbaren Fall einer Revision sind Flansche bei einer der 500 l/s-Pumpe und eine Anschlussmöglichkeit am Bypasskanal nach dem Überfall für eine kurzzeitige Notverbindung vorgesehen. So ist bei guter Planung ein unterbrechungsfreier Betrieb möglich.

Armaturen: Im ZWP werden Plattenschieber vorgesehen.

Messtechnik: In der Leitung zum Pumpensumpf EMV ist eine Durchflussmessung (MID) vorgesehen. Alternativ kann der Durchfluss zum Bypass gemessen werden. Zusammen mit der Messung beim Ablauf NKB können so beide Fliesswege gemessen werden. Der Füllstand des Pumpensumpfs wird redundant überwacht (Vermeidung Einstau Zulaufkanal und Schaden an Pumpen).

Verlauf und Gestaltung Bypass: Für den Fall einer Ausserbetriebnahme oder eines Störfalls bei der EMV-Anlage ist eine Bypassleitung ab dem Pumpwerk direkt zum Auslaufkanal eingeplant (Kapazität 960 l/s). Die Leitung (DN 800) muss um oder durch den Pumpensumpf in den Ablaufkanal geführt werden. Vorgesehen ist die Leitungsführung über den Pumpensumpf mit einem freien Ausfluss auf 401.00 m und einem "Überfallkanal" zum Ablaufkanal unter der Bodenplatte.

Massnahmen

- Schnittstelle zum Zulaufkanal vom NKB.
- Bau Zwischenpumpwerk (Pumpensumpf und Pumpenraum)
- Pumpen Zwischenpumpwerk (4x) in verschiedenen Baugrössen
- Kollektorleitung
- Leitung und Kanal zum EMV-Pumpwerk
- Leitung, Kanal und Schacht für den Bypass zum Auslaufkanal
- Durchflussmessung DN800
- Redundante Füllstandüberwachung zur Pumpensteuerung

5.4.3 Pumpwerk EMV-Anlage

Ausgangslage, Konzept

Mit dem Hauptpumpwerk der EMV-Anlage wird das Abwasser beider Zuläufe gemischt und auf das Niveau der Ozonreaktoren und der Filterzellen angehoben. Anschliessend an dieses Pumpwerk durchfliesst das Abwasser sämtliche nachfolgenden Stufen im freien Gefälle bis zum Ablaufkanal.

Der Pumpensumpf (Raum EMV.EG.08) sowie die Pumpen (Raum EMV.EG.05) liegen auf dem Niveau der Bodenplatte. Damit ist eine optimale Zugänglichkeit zu den Pumpen gewährleistet. Es sind trocken aufgestellte Zentrifugalpumpen vorgesehen.

Über den Pumpen ist eine Krananlage vorgesehen um die Pumpen für Revisions- und Unterhaltsarbeiten hoch zu heben und auf ein Transportmittel zu laden.

Der Pumpensumpf kann nicht vollständig eingestaut werden (Verbindung zum Notüberlauf beim Kraftwerk). Daher kann der Wartungszugang vom OG ohne Druckdeckel erfolgen.

Um zu verhindern, dass Wasser beim Normalbetrieb in der Notentlastung beim Kraftwerk überläuft, beträgt der maximale Betriebswasserspiegel im Pumpensumpf 399.00 m. Das Niveau in der Beschickungskammer der Ozonreaktoren ist durch die Überfallkante auf 404.10 vorgegeben.

Auslegung

Pumpen: Der minimale Zufluss der Summe der beiden ARA beträgt rund 100 l/s. Wenn der Zufluss von der ARA Hofen ausfällt, fallen minimal rund 40 l/s an. Bei einem extrem tiefen Wasseranfall kann eine Ozonungs-Strasse abgeschaltet werden. Maximal werden die beiden Strassen mit $2 \cdot 450 = 900$ l/s beschickt. Wenn mehr Wasser anfällt überläuft es in der Notentlastung beim Kraftwerk.

Bei der Beschickung der Ozonung ist es besonders wichtig, keinen intermittierenden Betrieb und keine ausgeprägten Sprünge im Durchfluss zu haben. Daher sollten die Pumpen für eine Strasse den Bereich von 40 – 450 l/s kontinuierlich abfahren können.

Es sind insgesamt sechs frequenzgesteuerte Pumpen vorgesehen, je drei pro Strasse (siehe nachfolgende Tabelle).

Innerhalb des Pumpwerks ist keine Reservepumpe vorgesehen. Die Redundanz ist über die Zweistrassigkeit der Anlage ausreichend gewährleistet. Eine Strasse kann mit 450 l/s den maximalen Trockenwetteranfall aufnehmen. Da MV nicht akut toxisch sind, ist bei einem Störfall eine reduzierte Reinigungsleistung tolerierbar.

Tabelle 10: Angaben zu Pumpwerk EMV-Anlage und Pumpen für Pumpwerk EMV-Anlage

Parameter	Einheit	Dim.
Anzahl Pumpen	-	6 (2*3 + 0)
Q Pumpen 1	l/s	40-70
Q Pumpen 2	l/s	140
Q Pumpen 3	l/s	240
Q _{max} pro Strasse	l/s	450
Q _{max} total Pumpwerk EMV-Anlage	l/s	900
Nutzvolumen Sumpf EMV-Pumpwerk	m ³	~80 m ³
max. Geschwindigkeit saugseitig	m/s	1.2
max. Geschwindigkeit druckseitig	m/s	1.6 (Kollektor)
Förderhöhen:		
min. geodätische Förderhöhe	m WS	5.1

Kollektor- und Beschickungsleitung: Die Pumpen fördern in einen gemeinsamen Kollektor (DN 600), der mit einer pneumatischen Absperrklappe in die beiden Strassen aufgeteilt ist. Diese ist grundsätzlich geschlossen, sodass immer jeweils 3 Pumpen in einen Reaktor fördern. Die Beschickungsleitung zum Reaktor 2 (Süd) verlässt den Kollektor vor Absperrklappe durch den Sumpf EMV-Pumpwerk, während der Kollektor bis zum Reaktor 1 weitergeführt wird.

Die Beschickungsleitung endet in der Beschickungskammer der Reaktoren, wo das Wasser in die Ozonbehandlung überläuft. Die Überfallkante zum Ozonreaktor muss verstellbar sein, da eine gleichmässige Verteilung des Zuflusses über die Reaktorbreite für eine effiziente Reinigung äusserst wichtig ist.

Armaturen: Beim EMV-Pumpwerk werden Absperrklappen vorgesehen.

Messtechnik: Die Druckleitung jeder Pumpe ist mit einer Durchflussmessung (MID) versehen.

Befüllungsleitung Ozonreaktoren: Damit die Ozoneintragselemente (Diffusoren) beim Befüllen der Reaktoren durch das herabfallende Wasser der Beschickungskammern nicht beschädigt werden, sind Befüllungsleitungen vorgesehen. Durch diese wird das Wasser unten in die Reaktoren eingebracht, bis der Füllstand ausreichend hoch ist. Die Umstellung erfolgt manuell über Schieber, welche durch einen Schacht in den beiden Dispo-Räumen im OG zugänglich sind. Die Beschickungsleitungen führen in die erste Kammer der Ozonreaktoren. Die Vor-Befüllung der anderen erfolgt durch die sogenannten «Katzentürchen/Klapptüren» in den Verbindungstüren zwischen den Kammern.

Massnahmen

- Bau Pumpwerk und Pumpensumpf EMV-Anlage
- Pumpen Pumpwerk EMV-Anlage (6x)
- Kollektorleitung
- Druckleitungen zu den Beschickungskammern der Reaktoren
- Befüllungsleitungen zum Schutz der Diffusoren

5.5 Sauerstoff-Versorgungsanlage

Ausgangslage, Konzept

Da Ozon ein instabiles Gas ist, muss es vor Ort aus Sauerstoff erzeugt werden. Dafür wird eine Sauerstoff-Versorgungsanlage neben dem neuen Gebäude für die Ozonung errichtet.

Für ARA Morgental wird der Sauerstoff in flüssigem Aggregatzustand (Liquid Oxygen, LOX) per Tanklastwagen angeliefert und in einem stehenden Tank gespeichert.

Die komplette Sauerstoff-Versorgungsanlage steht im Freien und besteht aus einem Lager-tank für Flüssigsauerstoff, einer Verdampfer-anlage mit zwei Verdampfern, sowie einer Druckreduzierstation mit Gaserwärmer. Verdampfer wandeln den Sauerstoff vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand um. Die Druckreduzierstation dient zur ersten Druckregelung des zufließenden Sauerstoffes zu den Ozongeneratoren, so dass an der Schnittstelle zur Ozonerzeugung ein Überdruck von 3 bis 8 bar vorliegt. Zudem muss die Gastemperatur des Sauerstoffs permanent kontrolliert werden. Falls notwendig wird der Sauerstoff in einem Gaserwärmer auf die vom Ausrüster der Ozonanlage geforderte Temperatur erhitzt.

Die Anforderungen bezüglich LOX werden vom Ausrüster der Ozonanlage vorgegeben.



Abbildung 13: Beispiel einer Sauerstoff-Versorgungsanlage mit Tank (rechts) und Verdampfern (links) [ARA Neugut]

Auslegung

Mietanlage: Die komplette Sauerstoff-Versorgungsanlage wird vom Sauerstofflieferanten nur gemietet. Die Tankanlage ist mit einer automatischen Fernüberwachung ausgerüstet. Sobald der Druck im Tank unter einen gewissen Wert sinkt, erhält der Lieferant automatisch eine Meldung und er sorgt selbständig und unabhängig vom Betrieb für die Wiederbefüllung.

Tankgrösse: Der mittlere tägliche Sauerstoffbedarf wird zu rund 1'500 kg O₂/d abgeschätzt (mittlerer Ozonbedarf von 159 kg O₃/d gemäss Kapitel 3.2.2 bei der Nominalkonzentration von 10.5 Gew.% gemäss Kapitel 5.6.2). Es wird ein Tank mit einer Lagerkapazität von rund 50 t projektiert, was für ca. 33 d reicht. Je Fahrt werden max. ca. 20 t angeliefert, da ein 40 t-Lieferfahrzeug leer ca. 20 t wiegt. Die nächstkleinere Tankgrösse hätte eine Lagerkapazität von ca. 30 t. Dabei müsste vor einer Lieferung der

Tank auf den minimalen Füllstand gefahren werden, damit eine ganze Ladung abgetankt werden könnte. Dies würde die Disposition und Planung der Lieferungen erschweren.

Verdampfer: Der maximale Sauerstoffbedarf ist ohne Berücksichtigung der Stickstoffzugabe 288.6 kg O₂/h (maximale Ozonproduktionsrate von 30.3 kg O₃/h bei der Nominalkonzentration von 10.5 Gew.%). Die Verdampfer werden auf eine Leistung von je 290 kg O₂/h dimensioniert. Sporadisch muss der im Betrieb stehende Verdampfer enteist werden, dazu kann der Sauerstoff auf den zweiten Verdampfer umgeleitet werden. Die beiden Verdampfer werden im Wechsel betrieben.

Massnahmen

- Bauliche Massnahmen für Aufstellung der Sauerstoff-Versorgungsanlage und die Anlieferung LOX
- Installation der kompletten Sauerstoff-Versorgungsanlage (Mietanlage)

5.6 Ozonanlage

Zur Ozonanlage gehören die in den folgenden Unterkapiteln beschriebenen Teilsysteme.

5.6.1 Einsatzgasaufbereitung

Ausgangslage, Konzept

Ozon gewinnt man aus dem Einsatzgas bzw. Trägergas Sauerstoff. Die Einsatzgasaufbereitung stellt sicher, dass der ab der Sauerstoff-Versorgungsanlage bezogene Sauerstoff den Anforderungen zur Ozonerzeugung genügt. Das Einsatzgas muss eine konstante Zusammensetzung haben und frei von Wasser und Verunreinigungen wie Staub, Öl oder organischen Verbindungen (Kohlenwasserstoffen) sein. Zudem muss das Einsatzgas für die Ozonerzeugung mit optimalen Druck- und Temperaturbedingungen zur Verfügung stehen. Die Installationen zur Einsatzgasaufbereitung werden im Raum der Ozongeneratoren montiert.

Auslegung

Sauerstofffilter: Ein Sauerstofffilter mit Drucküberwachung sorgt dafür, dass keine Partikel aus der Sauerstoffaufbereitung in die Ozongeneratoren gelangen können. Bei einer Revision am Sauerstofffilter kann das Gas kurzzeitig über einen Bypass zu den Ozongeneratoren geleitet werden.

Druckregulierung: Mit dem nachfolgenden Druckreduzierventil wird der Druck des Sauerstoffs auf den idealen Betriebsdruck eingangs der Ozongeneratoren reduziert bzw. eingestellt (ca. 1.7 bar ü). Zur Überprüfung des Druckes ist vor und nach dem Druckreduzierventil eine Druckanzeige projektiert.

Druckluft: Als Steuerluft und zur Zugabe von Stickstoff zum Einsatzgas für die Ozonung ist öl- und fettfreie Druckluft notwendig (6...8 bar). Empfohlen wird die Qualitätsklasse 3 nach ISO 8573.

Stickstoffzugabe: Um eine stabile und effiziente Ozonproduktion zu gewährleisten (durch Initiieren von Sekundärreaktionen) muss technologiebedingt dem Sauerstoff eine geringe Menge an Stickstoff beigemischt werden. Ist der Anteil an Stickstoff zu gering, nimmt die Performance des Ozongenerators stetig ab und bricht mittelfristig ein. Die Entladungen werden inhomogen. Mit zunehmendem Stickstoffgehalt steigt aber auch die Bildung von Distickstoff-Pentoxid (N₂O₅), welches mit Wasser zu Salpetersäure reagiert (HNO₃). Diese wiederum setzt sich im Ozonerzeuger ab, was zu einem erhöhten Wartungsaufwand führt, insbesondere für die Reinigung. Deshalb muss so viel Stickstoff wie nötig für einen stabilen Betrieb, aber so wenig wie möglich zudosiert werden. Die optimale Stickstoffkonzentration liegt bei rund 1 Gew.% der Sauerstoffmenge, muss aber je nach Ozonkonzentration optimiert werden.

Zur Stickstoffzugabe wird Druckluft über einen kaltregenerierten **Adsorptionstrockner** getrocknet und proportional zum Massenfluss dem Einsatzgas beigemischt. Mittels Durchflussmessung und Regelventil wird der berechnete Sollwert gemäss Anforderung des Anbieters automatisch geregelt.

Taupunktüberwachung: Das Einsatzgas darf nur einen sehr geringen Gehalt an Wasserdampf beinhalten (atmosphärischer Taupunkt $<-65^{\circ}\text{C}$). So wird die Bildung von Salpetersäure durch Wasser im Ozonerzeuger gering gehalten. Eine Taupunktmessung in der Einsatzgasleitung überwacht deshalb den Taupunkt. Ist dieser zu hoch, wird die Ozonerzeugung gestoppt. Manuell kann das Einsatzgas durch Spülleitungen abgelassen werden, bis das System trocken bzw. Taupunkt erreicht ist.

Massnahmen

- Komplette Einsatzgasaufbereitung (1x) mit Sauerstofffilter, Druckregulierung und Zubehör
- Geregelte Stickstoffzugabe aus Druckluft inkl. Drucklufttrockner (Adsorptionstrockner, 1x)
- Taupunktüberwachung (1x) mit Spülleitungen

5.6.2 Ozonerzeugung

Ausgangslage, Konzept

Das Ozon wird aus dem Einsatzgas Sauerstoff in zwei baugleichen Ozongeneratoren hergestellt. Hauptbestandteile eines Ozongenerators sind der Reaktionskessel und die Energieversorgung (Power Supply Unit, PSU). Durch stille elektrische Entladungen wird aus einem Teil des zugeführten Sauerstoffs Ozon erzeugt. Mit den projektierten Ozongeneratoren können Ozonkonzentration von bis zu 16 Gewichtsprozenten (Gew.%) im Trägergas Sauerstoff erreicht werden. Die Ozongeneratoren werden im Erdgeschoss in einem separaten Raum untergebracht.

Ein Reserveplatz für die allfällige Installation eines dritten Ozongenerators wird vorgesehen, dafür würde der Raum Ozonung in den vorgesehen Lagerraum verlängert und die heutige Montagetur / Zwischenwand entfernt (Wand wird nicht tragend erstellt und kann bei zukünftiger Nachrüstung rückgebaut werden um einen grossen Raum zu erhalten).

Anzahl und Kapazität der Ozongeneratoren wurden vom Ausrüster so definiert, dass eine möglichst effiziente Ozonproduktion über alle Lastfälle und ein Optimum der Betriebskosten resultiert. In den meisten Lastfällen liefert ein Ozongenerator die benötigte Menge Ozon und der zweite ist im Standby-Modus. Erst bei hohem Ozonbedarf, wird der zweite Ozongenerator zugeschaltet.

Nach der Ozonerzeugung wird das Produktgas (Ozon in Sauerstoff) über eine Kollektorleitung zu den Ozonreaktoren geleitet. Die Ozonkonzentration im Produktgas wird mit einem Ozonkonzentrationsmessgerät in der Kollektorleitung permanent gemessen und im Normalfall konstant gehalten. Die notwendige Ozonproduktion bei Bedarfsschwankungen wird über einen variablen Gasfluss bedarfsgerecht geregelt. Die Leistung der Ozongeneratoren wird danach so geregelt, dass eine konstante Ozonkonzentration in der Kollektorleitung resultiert. Bei Erreichen des minimal notwendigen Gasflusses kann die Ozonkonzentration so abgesenkt werden, dass dieser Gasfluss nicht unterschritten wird.

Beim Prozess der Ozonerzeugung entsteht Abwärme. Die Reaktionsenergie, die nicht bei der Erzeugung von Ozon verwendet wird, wird vom Kühlwasser abgeführt. Die Wärmeabgabe des Ozongenerators ist abhängig von der Ozonproduktion und somit der eingesetzten elektrischen Energie. Ca. 80 bis 90% der Energie werden als Wärme an das Kühlwasser abgegeben. Die installierten Elektronikbauteile geben während dem Betrieb Wärme an die Umgebung ab, die über die Raumlüftung abgeführt wird.



Abbildung 14: Visualisierung des Ozongenerators, Typ "Ozonite M20" [Degremont Technologies]

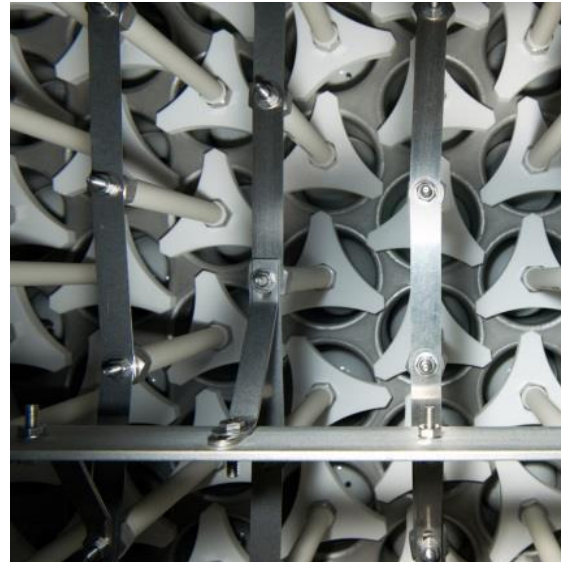


Abbildung 15: Innenansicht des Reaktionskessels: Sicherungen & Dielektrika [Degremont Technologies]

Auslegung

Ozonproduktion: Der Ozonbedarf hängt von der DOC- und Nitrit-Fracht ab und unterliegt starken Schwankungen. Der Bereich der benötigten Ozonproduktion leitet sich aus dem Ozonbedarf von 2.0 bis 30.0 kg O₃/h (Kapitel 3.2.2) und dem Eintragswirkungsgrad ab. Bei einem Eintragswirkungsgrad von 99% ergibt sich ein Sollbereich der **Ozonproduktion von 2.0 bis 30.3 kg O₃/h**.

Ozonkonzentration im Normalbetrieb: Die geforderte Ozonproduktion soll über den gesamten Bereich mit einer möglichst hohen Energieeffizienz und möglichst geringem Sauerstoffbedarf (das heisst hohen Ozonkonzentrationen) abgedeckt werden. Da der spezifische Energiebedarf für die Ozonezeugung (kWh/kg O₃) bei hohen Ozonkonzentrationen abnimmt, wird die Ozonkonzentration so ausgelegt, dass für Sauerstoffbezug und Energiebedarf insgesamt möglichst geringe Betriebskosten resultieren. Gemäss Ausrüster ergeben sich für die eingesetzten Ozongeneratoren die optimierten Betriebskosten bei einer **Ozonkonzentration von 10.5 Gew. %**.

Redundanz: Selbst bei Normalbetrieb können sogar die Tagesspitzen an rund 80% der Tage mit nur einem Ozongenerator abgedeckt werden. Das Produktgas (Ozon im Trägergas Sauerstoff) wird aus den beiden Ozongeneratoren auf eine Sammelleitung geführt, bevor es auf die einzelnen Eintragsstellen aufgeteilt wird. Darum kann das Produktgas unabhängig davon, aus welchem Ozongenerator es kommt, auf die beiden Strassen und die einzelnen Eintragsstellen aufgeteilt werden. Erst bei hohem Ozonbedarf (>15 kg O₃/h) werden beide Ozongeneratoren gleichzeitig betrieben.

Bei Ausfall eines Ozongenerators kann der übrige Generator **20 kg O₃/h** herstellen. In diesem nur temporär auftretenden Fall sind Einbussen in der Energieeffizienz oder geringere Ozonkonzentrationen (das heisst erhöhter Sauerstoffbedarf) zulässig. Die Ozonkonzentration wird in diesen Fällen abgesenkt.

Kühlung: Die Leistung der Ozongeneratoren hängt von der Kühlwassertemperatur ab, welche eingangs Ozongeneratoren zwischen 5 und 30°C liegen soll. Höhere Kühlwassertemperaturen schränken die Ozonproduktion ein. Der Kühlwasserbedarf wird so bestimmt, dass bei maximaler Leistung der Ozongeneratoren eine Temperaturerhöhung von 5°C. resultiert. Dieser Kühlwasserfluss bleibt konstant, womit bei Teillasten eine geringere Temperaturerhöhung resultiert.

Tabelle 11: Auslegung Ozongeneratoren

Ozonerzeugung	Einheit	Normalbetrieb		Ausfall 1 Generator	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Ozonproduktion pro Ozongenerator ...bei Ozonkonzentration in Gas	kg O ₃ /h Gew. %	0.6 4	15.1 10.5	0.6 4	20.1 7.8
Ozonproduktion total ...bei Ozonkonzentration in Gas	kg O ₃ /h Gew. %	0.6 4	30.3 10.5	0.6 4	20.1 7.8
Kühlwasserbedarf pro Ozongenerator	m ³ /h	21	21	21	21
Kühlwasserbedarf total	m ³ /h	21	42	21	21
Max. Abwärmeleistung an Kühlwasser	kW	~5	~244	~5	~122

Massnahmen

- Ozongeneratoren mit Umrichtern (2x)
- Messung Ozon in Gas (1x)
- Kühlsystem für Ozongeneratoren (Wasser und Luft)
- Rohrleitungen für Gas und Kühlwasser mit notwendiger Ausrüstung

5.6.3 Ozonung

Ausgangslage, Konzept

Die Ozonung wird zweistrassig ausgeführt, das heisst in zwei Ozonreaktoren wird das vor Ort erzeugte Ozon als Gasgemisch Ozon/Sauerstoff in den zu behandelnden Abwasserstrom eingetragen. Dort zerstört das stark reaktive Ozon chemische Verbindungen zum Ziel der Elimination von MV.

Das Ozongas mit dem Trägergas Sauerstoff wird feinblasig mittels Keramik-Diffusoren (Dombegaser) im Gegenstrom eingetragen. Einen optimalen Stoffübergang vom gasförmigen Zustand in die flüssige Phase wird durch eine genügend hohe Wassertiefe sowie die Anzahl, Anordnung und Wahl der geeigneten Begaser gewährleistet.

Um eine gleichmässige Verteilung und Aufenthaltszeit zu erreichen, werden die Reaktoren mit Zwischenwänden in je sechs Kammern (Kompartimente) unterteilt. Die Zwischenwände werden abwechselnd unter- und überströmt. Für Installationen und Wartungsarbeiten sind Drucktüren von aussen sowie Türen durch die Zwischenwände vorgesehen.

Das Gemisch von Ozongas im Trägergas Sauerstoff wird über je zwei Eintragsrampen in die erste und / oder dritte Kammer im Gegenstromverfahren ins Abwasser eingetragen. Dazu wird das Gas auf Teilströme aufgeteilt. Die Eintragskammern 1 und 3 stellen zusammen mit den Reaktionskammern 2, 4, 5 und 6 das Volumen, welches die zur Oxidation der MV notwendige Reaktionszeit gewährleistet.

Der Gasfluss wird pro Eintragskammer auf zwei separate Eintragsstränge aufgeteilt, um so einen weiten Gasfluss-Bereich abdecken zu können. Diese Eintragsstränge können einzeln oder zusammen betrieben werden. Je bei einem der beiden Eintragsstränge sind die Begaser in 2 Reihen angeordnet (zusammen 34 Begaser), beim anderen nur in einer Reihe (17 Begaser) (siehe Abbildung 16).

Alle insgesamt acht Eintragsstränge sind je einzeln mit einer Flussmessung und einer automatischen Flussregelung auszustatten. Diese Auslegung ermöglicht es, den spezifischen Gasfluss pro Diffusor für jeden Lastfall im optimalen Bereich zu halten, was sich positiv auf den Eintragswirkungsgrad auswirkt.

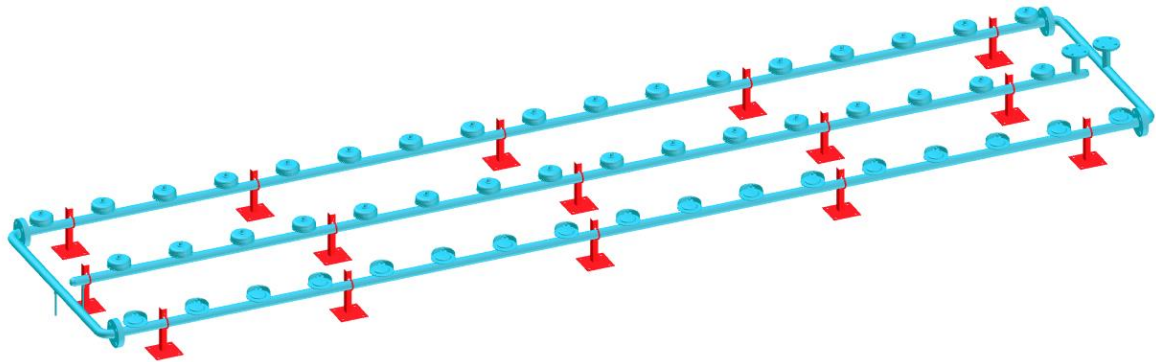


Abbildung 16: Visualisierung des projektierten Begasungssystems pro Eintragskammer [Degrémont Technologies]

Die Ozonreaktoren werden gasdicht abgeschlossen ausgeführt und stehen ständig unter Unterdruck, um bei Störungen Ozonaustritt zu verhindern. Zur Vermeidung von Schäden am Bauwerk durch Über- oder Unterdruck, vor allem aufgrund Niveauschwankungen des Wassers, sind die beiden Reaktoren je mit einem mechanischen Sicherheitsventil abgesichert.

Bei der Ozonung von Abwasser besteht ein gewisses Risiko, dass sich im Ozonreaktor Schaum bildet. Darum ist vorgesehen, eine Sprinkleranlage zur Schaumbekämpfung in den Ozonungsreaktoren zu installieren.

Auslegung

Ozonreaktoren: Die beiden Ozonreaktoren werden mit einem Nutzvolumen von je 454 m³ geplant. Die Wassertiefe beträgt 7 m. So wird eine gute Ausnutzung des eingetragenen Gases gewährleistet und trotzdem der schwache Baugrund nicht übermässig belastet.

Für eine möglichst gleichmässige Aufenthaltszeitverteilung sind die Reaktoren in je 6 Kammern, die hintereinander durchflossen werden, unterteilt.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Dimensionierung der Ozonreaktoren, Abbildung 17 die Masse einer Kammer:

Tabelle 12: Dimensionierung Ozonreaktoren

Ozonreaktoren	Einheit	Dimensionierung
Anzahl Strassen	-	2
Anzahl Kammern pro Strasse	-	6
Anzahl Kammern mit Ozoneintrag (Eintragskammern)	-	4 (Je 1. und 3. Kammer)
Länge pro Kammer	m	6
Breite pro Kammer	m	1.8
Tiefe Ruhewasserspiegel	m	7
Nutzvolumen pro Ozonreaktor	m ³	454
Nutzvolumen gesamt (beide Strassen)	m ³	907

Aufenthaltszeit: Die Ozonreaktoren müssen eine ausreichende Aufenthaltszeit aufweisen; einerseits, damit das Abwasser ausreichend Kontaktzeit mit dem Ozon hat, andererseits damit alles Ozon innerhalb der Ozonreaktoren abgebaut wird und nicht in den Auslauf gelangen kann.

Auch bei Ozoneintrag in die 3. Kammer muss die verbleibende Aufenthaltszeit ausreichend sein. Die Ozonreaktoren dürfen nicht zu knapp dimensioniert werden, da Ozon im Auslauf eine Sicherheitsproblem darstellt und da die Ozon-Zehrungsversuche gezeigt haben, dass der Ozonabbau während Phasen mit besonderer Abwasserzusammensetzung verlangsamt ist.

Tabelle 13 zeigt die resultierenden hydraulischen Aufenthaltszeiten bei verschiedenen Belastungen:

Tabelle 13: Auslegung der Ozonreaktoren nach der Aufenthaltszeit.

Ozonreaktoren	Einheit	2-strassiger Betrieb			1-strassig
		Q _{mittel}	Q _{TW,max}	Q _{max}	Q _{max} /2
Abwassermenge (Zulauf Ozonung)	l/s	505	533	900	450
Volumen total	m ³	907	907	907	453.5
Wassertiefe	m	7	7	7	7
Aufenthaltszeit total	min	30	28	17	17
Aufenthaltszeit ab 2. Eintragsrampe	min	20	19	11	11
Empfehlung Aufenthaltszeit Literatur	min	20	10-30	5-15	5-15

Ozoneintrag: Der Betriebsbereich des Ozoneintrags geht **total von 2.0 bis 30.3 kg O₃/h**. Pro Strasse sind es 1.0 bis 15.2 kg O₃/h, wobei diese Menge auch nur in eine der beiden Eintragskammern eingetragen werden kann. Die Ozoneinträge und Gaseinträge für diesen Fall zeigt Tabelle 14.

Gasfluss: Der Gasfluss je Eintragskammer errechnet sich aus der zu behandelnden Abwassermenge pro Strasse, der gewählten Ozondosis, der Ozonkonzentration sowie dem gewünschten Anteil dieser Eintragskammer am Gesamteintrag. Die beiden Eintragsstränge pro aktiver Eintragskammer werden abhängig vom Gasfluss zu- oder abgeschaltet.

Begaser: Die Gasbeaufschlagung pro Begaser liegt ideal in einem Bereich von ca. 0.2 bis 2 Nm³/h. Um eine bessere Abdeckung der Beaufschlagung pro Begaser über den gesamten Betriebsbereich zu ermöglichen, werden die einzeln regulierbaren Eintragsstränge unterschiedlich ausgeführt:

- je 1 Eintragsstrang pro Eintragskammer à 2 Reihen (34 Begaser) → bis 10 kg O₃/h bei 10.5 Gew. %
- je 1 Eintragsstrang pro Eintragskammer à 1 Reihe (16 Begaser) → bis 5 kg O₃/h bei 10.5 Gew. %

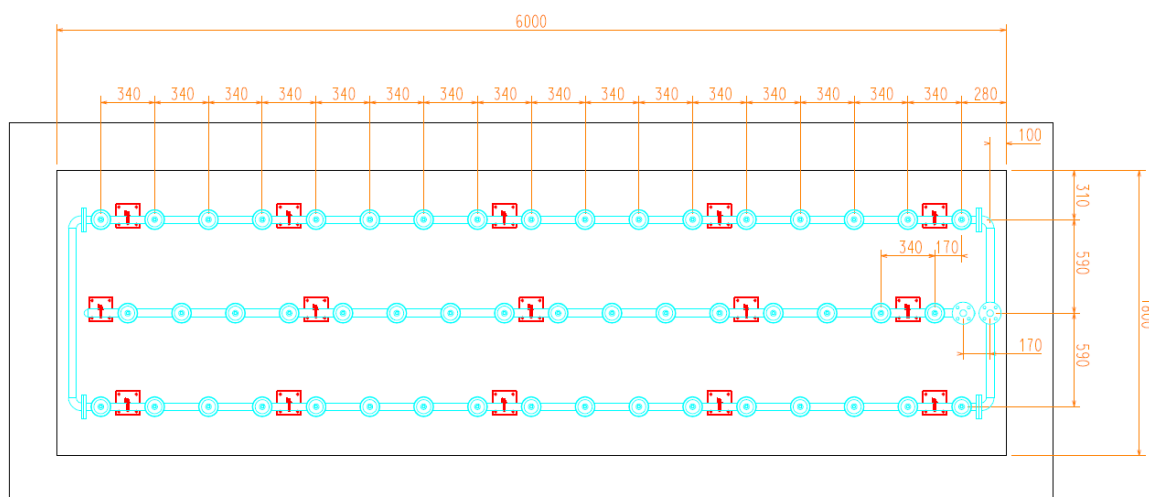


Abbildung 17: Dimensionierung der Eintragskammern sowie Anordnung der Eintragsstränge und Begaser

Insgesamt ergeben sich 50 Begaser pro Eintragskammer, also **total 200 Begaser**. Die Anordnung und Wahl der Begaser soll eine gleichmässige feinblasige Einmischung des Ozons ins Abwasser gewährleisten. Die Gasbläschen sollen optimal über den ganzen Strömungsquerschnitt verteilt werden. Das Ozongas soll möglichst effizient eingetragen werden. Durch hohe Eintragswirkungsgrade sollen die Ozonverluste minimiert werden. Das vom Ausrüster geplante Layout garantiert einen Eintragswirkungsgrad von 99% und ist in Abbildung 17 dargestellt:

Tabelle 14: Verteilung des Ozoneintrags für die extremen Betriebsfälle (gesamte Gasmenge in Eintragskammer 1)

Ozonung	Einheit	2-strassiger Betrieb		1-strassiger Betrieb	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Ozoneintrag	kg O ₃ /h	2.0	30.3	1.0	15.2
Ozonkonzentration in Gas	Gew. %	10.5	10.5	10.5	10.5
Gaseintrag Massenstrom	kg/h	19.2	288.6	9.6	144.3
Gaseintrag Volumenstrom	Nm ³ /h	13.5	202.2	6.7	101.1
Aktive Eintragsstränge in Kammer 1	-	Je Strang 1	Je beide	Strang 1	beide
Aktive Eintragsstränge in Kammer 3	-	keiner	keiner	keiner	keiner
Anzahl Begaser in Betrieb	-	32	100	16	50
Gasbeaufschlagung pro Begaser	Nm ³ /h	0.42	2.0	0.42	2.0

Unter- und Überdruckabsicherung der Ozonreaktoren: Die Sicherheitsventile müssen je auf die maximale Fördermenge an Abwasser (450 l/s = 1'620 m³/h pro Strasse) ausgelegt werden. Die Kapazität der eingeplanten mechanischen Sicherheitsventile beträgt 1'692 Nm³/h, der Ansprechdruck ist +/- 35 mbar. Somit kann die entsprechende Gasmenge abgeführt werden, wenn z. B. die Ozonreaktoren

wasserseitig mit maximaler Fördermenge gefüllt oder entleert werden, ohne dass das Gas entweichen kann. Der gesamte Gasraum über dem Wasserspiegel ist pro Ozonreaktor miteinander verbunden, damit das austretende Gas gesammelt über die Restozonvernichter abgezogen werden kann. Da das Dach der Ozonreaktoren begehrbar ist, müssen die Abgänge der Sicherheitsventile so ausgeführt werden, dass selbst dann keine Gefährdung von Personen auftreten kann, wenn sich Personen auf dem Dach aufhalten.

Entschäumungssystem: Die Ozonreaktoren werden mit einem System zur Bekämpfung von allfälligem Schaum ausgerüstet. Dazu gehören pro Ozonreaktor eine Schaumsonde zur Detektion und ein Verteilsystem mit je 14 Düsen. Ein Verteilsystem besprüht bei Schaumdetektion über Düsen den Schaum mit Brauchwasser und schlägt ihn so nieder.

Die Fördermenge beträgt **50 l/min pro Strasse**. Mit dieser Sprinkleranlage kann bei einer Beckenentleerung auch das verbleibende Ozon aus dem Reaktor ausgewaschen werden, so dass der Reaktor bereits wenige Stunden nach der Entleerung betreten werden kann.

Beschickungskammern der Reaktoren: Die Beschickung der Ozonreaktoren mit Wasser erfolgt jeweils über eine "Beschickungskammer", wo das Wasser in die Ozonbehandlung überläuft. Dadurch kann eine gleichmässige Durchströmung der Reaktoren erreicht werden.

Bei einer Entleerung der Reaktoren kann das verbleibende Wasser in den Kammern entweder über die Befüllungsleitungen oder über die Beschickungsleitung (Spülstutzen beim EMV-Pumpwerk) abgelassen werden.

Verbindungs-türen und Klapptüren: Damit durch die Drucktüren von aussen alle Reaktorkammern erreicht werden können, sind Türen zwischen den einzelnen Kammern vorgesehen. Zum Befüllen und Entleeren sind die Türen im unteren Bereich jeweils mit einer kleinen Klappentür ausgerüstet, welche bei vollem Reaktor die Strömung weiterleitet, bei tiefem Füllstand jedoch auf die Seiten beweglich ist ("Katzentürchen").

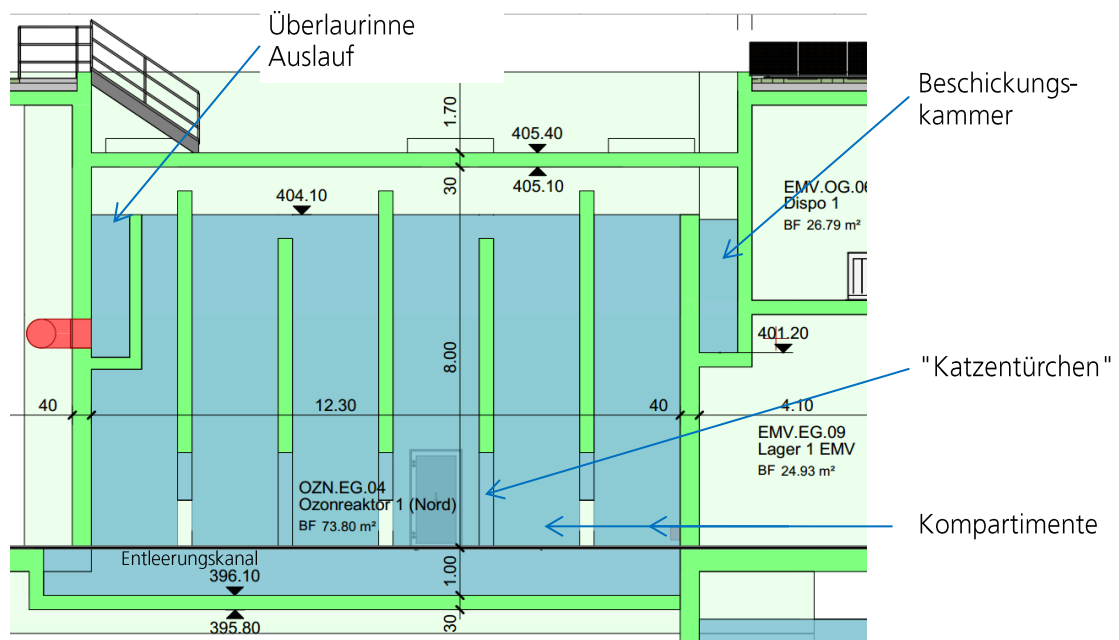


Abbildung 18: Längsschnitt Ozonreaktor

Überlaufrinne Ablauf /Ablaufleitungen: Das behandelte Wasser wird in der Überlaufrinne Auslauf gesammelt und anschliessen über Ablaufleitungen (DN 600) in den Beschickungskanal der Filterbecken geführt. Aufgrund der Lage und Dimension werden die Klappen der Ablaufleitungen pneumatisch angetrieben (manueller Betrieb).

Entleerung: Die Entleerung der Reaktoren erfolgt über eine Sammelrinne/-Kanal im Reaktor. Die Entleerung erfolgt jeweils über einen Anschlussstutzen in der Maschinenhalle, wo eine mobile Pumpe angeschlossen werden kann. Auch im Bereich der Entleerungsrinnen (siehe nachfolgend) sind solche Klappen vorgesehen.

Druck-/Wartungstüren (nach aussen): Die beiden Reaktoren können jeweils über eine Wartungs-Drucktüre von aussen begangen bzw. gewartet werden. Die Zugänglichkeit zu den einzelnen Kammern innerhalb Ozonreaktoren ist über Türen in den Zwischenwänden gewährleistet

Öffnungen im Dach: Jeweils im bei den Begasungssystemen und beim Ablauf werden im Dach der Reaktoren Wartungsöffnungen vorgesehen. Diese werden in Edelstahl ausgeführt. Die Dichtungen sind entsprechend ozonbeständig auszuführen.

Massnahmen

- Bau von Ozonungsreaktoren (2x) mit je 6 Kammern
- Systeme zum Ozoneintrag je in Kammer 1 und 3 mit automatischer Flussregelung (8x), bestehend aus Ozonleitungen mit Flussregelventilen ab Ozonerzeugung in die Ozonreaktoren inkl. Begasungssystem (200 Dombegaser)
- Unter- und Überdruckabsicherung der Ozonreaktoren, sichere Ableitung auf Reaktordach (2x)
- Entschäumungssystem mit Schaumsonde (2x)
- Drucktüren, Verbindungstüren/Klapptüren in den Zwischenwänden
- Bypass-Leitung, Befüll- und Entleerungssystem, Einlauf- und Auslaufrinnen

5.6.4 Restozon-Vernichtung

Ausgangslage, Konzept

Restozonvernichtung im Gas: Ein Austreten von Ozon in die Umgebungsluft muss verhindert werden. Deshalb werden die Ozonungsreaktoren gasdicht ausgeführt und das Gas über zwei Restozonvernichter geführt. Dazu saugt der zum Restozonvernichter gehörende Ventilator das Gas aus dem durchgehenden Gasraum der Ozonreaktoren und durch den Restozonvernichter. So wird sichergestellt, dass vom Begasungssystem bis zum Restozonvernichter ein kleiner Unterdruck entsteht. Gleichzeitig wird vermieden, dass im Fall von Leckagen ozonhaltiges Gas an die Umgebung abgegeben wird.

Die Zersetzung des Ozons erfolgt in Kontakt mit feinkörnigem Katalysator-Granulat, das sich in der Reaktionskammer befindet. Da der Katalysator empfindlich auf Feuchtigkeit reagiert, wird das eintretende und wassergesättigte Sauerstoff-Ozongas-Gemisch am Eintritt des Restozonvernichters auf ca. 45°C Betriebstemperatur erwärmt. Das Ozon im Gas wird zu Sauerstoff umgewandelt, so dass das Abgas (vorwiegend Sauerstoff) an die Umgebung abgegeben werden kann.

Die beiden Restozonvernichter werden in einem separaten Raum gemeinsam mit der Ozonanalytik im Erdgeschoss installiert.

Restozonvernichtung im Abwasser (Natriumbisulfit-Dosierung): Falls ozonhaltiges Wasser in den Auslauf der Ozonreaktoren gelangt (wenn die Dosierung für die Abbaugeschwindigkeit und die Aufenthaltszeit des Wassers zu hoch gewählt wurde), könnte Ozon ausgasen und Menschen gefährden sowie nicht ozonbeständige Materialien beschädigen. Zur raschen Neutralisation von Ozon in einem solchen Störfall wird Natriumbisulfit (NaHSO_3/l , CAS-Nummer 7631-90-5) verwendet. Dieses wird so in die Ablaufrinne des Reaktors dosiert, dass in der turbulenten Zone des Überfalls in die Ablaufrinne eine gute Einmischung erfolgt. Dazu ist eine Dosierstation vorgesehen. Die Dosierstation für Natriumbisulfit besteht aus einem Tank und einer automatischen Dosieranlage inkl. Dosierpumpe, Auffangwanne, Dosierleitungen sowie Eintragssystem in beide Ozonreaktoren. Die Dosierstation wird in einem eigens dafür vorgesehenen Raum im Erdgeschoss installiert.

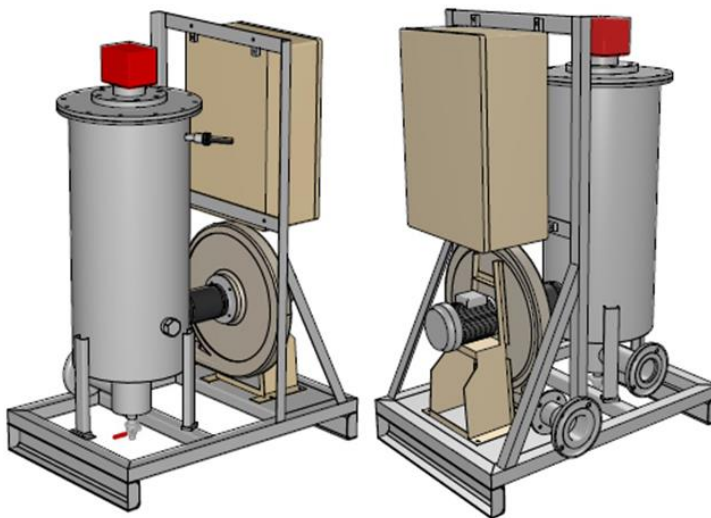


Abbildung 19: Visualisierung des projektierten Restozonvernichters, Typ "DCTV-200" [Degrémont Technologies]



Abbildung 20: Projektierte Natriumbisulfit-Dosierstation [Prominent]

Auslegung

Restozonvernichtung im Gas: Es ist ein Restozonvernichter pro Strasse vorgesehen. Durch Verbinden der Leitungen können diese aber auch über Kreuz angefahren oder beide Strassen auf einen Restozonvernichter geführt werden. Pro Restozonvernichter kann die Hälfte der maximal möglichen Gasmenge behandelt werden. So können auch bei Ausfall eines Restozonvernichters noch an rund 80% der Tage die Tagesspitzen abgedeckt werden.

Messung Restozon in Gas: Zur Überwachung des Restozons im Offgas und im Abgas wird vor und nach den Restozonvernichtern je ein Ozonkonzentrationsmessgerät installiert. Dafür werden folgende Bezeichnungen definiert:

- **Offgas:** Gas ab den Ozonreaktoren bis zu den Restozonvernichtern
- **Abgas:** Gas nach den Restozonvernichtern, wie es an die Umgebung abgegeben wird

Kondensation von Feuchtigkeit im Katalysatorbett des Restozonvernichters muss vermieden werden. Angesammeltes Kondensat in den Leitungen zu den Restozonvernichtern wird darum je durch eine Kondensatfalle abgetrennt. Auf dem Dach des Reaktorbehälters, ist anfangs der Rohrleitungen zu den Restozonvernichtern je eine Schaumfalle mit integriertem Tröpfchenabscheider installiert. Durch Eindü-

sen von Brauchwasser (Anschluss 1'') kann auch hier Schaum niedergeschlagen werden, um den Restozonvernichter vor Schaum zu schützen.

Tabelle 15: Auslegung Restozonvernichter

Restozonvernichtung	Einheit	2-strassiger Betrieb		1-strassiger Betrieb	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Massenstrom pro Restozonvernichter	kg/h	0	144.3	0	144.3
Volumenstrom pro Restozonvernichter	Nm ³ /h	0	202.2	0	202.2
Massenstrom gesamt	kg/h	0	288.6	0	144.3
Volumenstrom gesamt	Nm ³ /h	0	404.4	0	202.2
Ozonkonzentration in Offgas (Eingang)	Gew. %	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
Ozonkonzentration in Abgas (Ausgang)	ppmV.	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Natriumbisulfit-Dosierung: Das Natriumbisulfit wird mit Brauchwasser verdünnt, bzw. werden die Leitungen damit gespült. Bei einer typischen Restozonkonzentration für die Neutralisation von 0.2 mg O₃/l sind bei stöchiometrischer Dosierung 0.44 mg NaHSO₃/l erforderlich.

Die Dosierung wird auf eine Zugabeleistung von rund 0.1 bis 1 l/min ausgelegt werden. Es ist ein 60l-Tank vorgesehen. Während einem Spülvorgang werden max. 2m³/h Brauchwasser benötigt.

Massnahmen

- Systeme zur katalytischen Restozonvernichtung (2x) für das Offgas der Ozonreaktoren inkl. Kondensatrückhaltesystem
- Notwendiger Instrumentierung, inkl. Messungen Restozon im Offgas (vor Restozonvernichter, 2x) und im Abgas (nach Restozonvernichter, 2x)
- Schaumfalle in Leitung zu Restozonvernichter (2x)
- Natriumbisulfit-Dosiersystem (1x) mit Lagerung und Vorhaltung in Tank inkl. Eintragssystem und Spülvorrichtung mit gleichmässiger Verteilung/Einmischung in die Ozonreaktoren

5.6.5 Probenahme- und Analytik-System zur Messung von Ozon und UV-Absorbanz

Ausgangslage, Konzept

Das Ozon soll möglichst bedarfsgerecht dosiert werden. Eine optimale Dosierung bedeutet genug Ozon, um die gewünschte Reinigungsleistung zu erreichen, aber so wenig wie möglich, um nicht unnötig Energie zu verbrauchen. Das schlussendlich gewählte Konzept soll sicher, praxistauglich und einfach sein, muss aber anlagenspezifisch basierend auf Mess- und Erfahrungswerten definiert werden.

Die Steuer- und Regelstrategien werden auf dem übergeordneten Prozessleitsystem umgesetzt. Die lokale Steuerung der Ozongeneratoren sowie die Instrumentierung müssen aber auf diese Bedingungen ausgelegt werden. Es sollen folgende Steuer- und Regelstrategien möglich sein:

- Dosierung nach der Zulaufgrösse Durchfluss
- Dosierung nach dem Tagesgang
- Dosierung nach der Zulaufgrösse UV-Absorbanz (SAK₂₅₄)

- Dosierung nach der Abnahme der UV-Absorbanz (ΔSAK_{254})
- Dosierung bzw. Dosierkorrektur nach der Restozonkonzentration im Abwasser an verschiedenen Stellen des Ozonreaktors als sich während dem Prozess verändernde Ablaufgrösse

Um diese Steuer- und Regelstrategien umsetzen zu können, muss nebst dem Durchfluss auch das Restozon im Abwasser und die UV-Absorbanz (SAK_{254}) je im Zulauf und Ablauf der Ozonung gemessen werden. Das Analytiksystem für Ozon und UV-Absorbanz wird auf einem Panel an der Wand im Raum der Restozonvernichter installiert. Der Ablauf der ozonhaltigen Wasserproben wird katalytisch so behandelt, dass kein Ozon austreten kann.

Auslegung

Restozon im Abwasser: Pro Ozonreaktor können an sechs verschiedenen Messstellen mit in die Betonkonstruktion eingelegten Edelstahlrohren Wasserproben abgezogen werden. Die Probenahmeleitungen aller Probenahmestellen eines Reaktors werden auf dasselbe Messgerät geführt. Somit kann zur Messung auf die gewünschte Probenahmestelle umgeschaltet werden. Diese Messung dient vor allem der Überwachung gegen eine Überdosierung. Bei entsprechender Alarmierung würde zur Neutralisation die Dosierung von Natriumbisulfit aktiviert und die Ozondosis reduziert.

UV-Absorbanz (SAK_{254}): Die Messstellen für die UV-Absorbanz befinden sich je in den Zufluss- und Abflussleitungen der Ozonung.

Massnahmen

- Probenahme- und Analytik-Systeme zur Messung von Restozon im Abwasser (2x, je einmal pro Strasse, mit mehreren Messstellen)
- Probenahme- und Analytik-Systeme zur Messung von (SAK_{254}) (4x, je einmal im Zulauf und Ablauf Ozonung pro Strasse)
- Erforderliches Zubehör wie Pumpen, Durchflussmessungen, Armaturen etc. nach Anforderungen der zu liefernden Messgeräte, sowie katalytische Restozonvernichtung im Ablauf der Messgeräte.

5.6.6 Raumlufüberwachung für Sauerstoff und Ozon

Ausgangslage, Konzept

Die Räume, wo sich eine hohe Ozon- oder Sauerstoffkonzentration einstellen kann, werden bezüglich Ozon und Sauerstoff auf Leckagen überwacht. Diese Räume müssen mit einem Ventilationssystem ausgerüstet sein. Bei Ansprechen eines Sensors werden die Alarme ausgelöst, damit Personen, die sich im betreffenden Raum aufhalten, gewarnt werden.

Beim Auftreten eines Ozonalarms haben sich alle Personen in sichere, ozonfreie Räume zurückzuziehen. Solange die Raumozoneüberwachung erhöhte Ozonkonzentration anzeigt, darf der Raum ohne Atemschutzausrüstung nicht mehr betreten werden. Beim Ansprechen oder Ausfall der Raumüberwachung muss die Einsatzgaszufuhr sofort und automatisch unterbrochen werden.

Auslegung

Die Raumlufsensoren für Sauerstoff und Ozon werden direkt in den zu überwachenden Räumen installiert. Wenn die Alarmschwelle für Sauerstoff oder Ozon erreicht wird, wird die Ozonproduktion gestoppt. Ein ausserhalb der Gebäude bzw. beim Sauerstofftank installiertes pneumatisches Schnellschlussventil verschliesst im Fall der Detektion einer Leckage sofort die Sauerstoffzufuhr. Der Restozonvernichter läuft weiter, damit Restozon aus dem Ozonreaktor weiter abgebaut werden kann.

Weiter wird ein Alarm herausgegeben und die Sturmlüftung angefahren. Zusätzlich wird ein optisches und akustisches Alarmsignal vor Ort ausgelöst. Ein weiteres optisches Alarmsignal ist vor der Zugangstür zu den überwachten Räumen installiert. Auch dieses Signal muss ausgelöst werden. Auf der Gaswarnzentrale beim Eingang zu den überwachten Räumen sind die gemessenen Werte sowie die Alar-me sichtbar.

Die Ozonanlage muss auch von einem ungefährdeten Standort aus manuell abgeschaltet werden können. Dies ist über einen Not-Halt-Taster beim Zugang zu den überwachten Räumen möglich (im Gang Ozonierung). Die beiden überwachten Zugänge befinden sich auf der Längsseite der Räume der Ozongeneratoren und Restozonvernichter.

Der stirnseitige zweite Zugang zum Raum der Ozongeneratoren (vom Lagerraum her) dient nur der Einbringung der Installationen. Dieser Zugang wird im Betrieb gesperrt und nicht überwacht.

Massnahmen

- Komplette Ausrüstung zur Überwachung auf Sauerstoff und Ozon von zwei Räumen mit je einem überwachten Zugang (Räume OZN.EG.01 und OZN.EG.02).
- System zur Alarmierung (akustisch und optisch)

5.7 Statische Raumfiltration

Ausgangslage, Konzept

Die Ozonung von biologisch gereinigtem Abwasser produziert reaktive bzw. biologisch abbaubare Transformationsprodukte, welche negative ökotoxikologische Effekte auf Lebewesen im Gewässer haben können. Diese Transformationsprodukte sollen vor Einleitung in ein Gewässer in einer Nachbehandlungsstufe biologisch eliminiert werden.

Für die ARA Morgental ist ein biologisch aktiver statischer Raumfilter vorgesehen. Da keine Flockungsfiltration zur weitergehenden Phosphorelimination vorgesehen ist, werden keine, mittels Fällungs- oder Flockungsmittelzugabe erzeugten, zusätzliche abfiltrierbare Stoffe erzeugt. Darum reicht es, den Raumfilter einschichtig auszuführen. Als Filtermedium wird für eine optimale biologische Aktivität ein spezieller mittelkörniger Anthrazit eingesetzt.

Die zehn Filterzellen sind überdeckt und im Gebäude integriert. Damit wird verhindert dass die Zellen dem Sonnenlicht ausgesetzt sind und sich Algenwachstum einstellt. Die zweireihige Anordnung der Filterzellen und Spülwasserbecken ermöglichen eine mittige Anordnung der Leitungsinstallationen für alle Filterzellen in der Leitungsgalerie Filtration. Die Filterzellen sind über die Filtergalerie Nord, die Filtergalerie Mitte und die Filtergalerie Süd von oben einsehbar.

Das Abwasser durchströmt die Filter von oben nach unten wobei ein konstantes Überstauniveau gehalten wird. Die Überstauhöhe der Filter dient zum Ausgleich der betriebsbedingten Erhöhung des Filterwiderstandes. Die Gleichverteilung auf die Filter erfolgt über eine kontrollierte Abflussregelung. Nach Durchfließen des Filtermediums wird das Abwasser durch die Filterdüsen in den darunterliegenden Polsterraum abgeleitet. Anschliessend fliesst dieses Filtrat aus dem Kombi-Einstieg über je eine Kollektorleitungen pro Strasse in den Verbindungskanal der Spülwasserbecken bzw. wird in die Spülwasserbecken eingeleitet.

Die Filterzellen werden diskontinuierlich automatisch rückgespült, typischerweise alle 48 h bei mittlerer Belastung. Die Rückspülung der einzelnen Filterzellen erfolgt mit gefiltertem Abwasser aus dem Spülwasserbecken sowie mit Spülluft. Die Spülauslösung erfolgt in Funktion des spezifischen Druckverlustes. Während der Rückspülung wird die jeweilige Filterzelle ausser Betrieb genommen und mit Luft und Wasser von unten nach oben gespült.

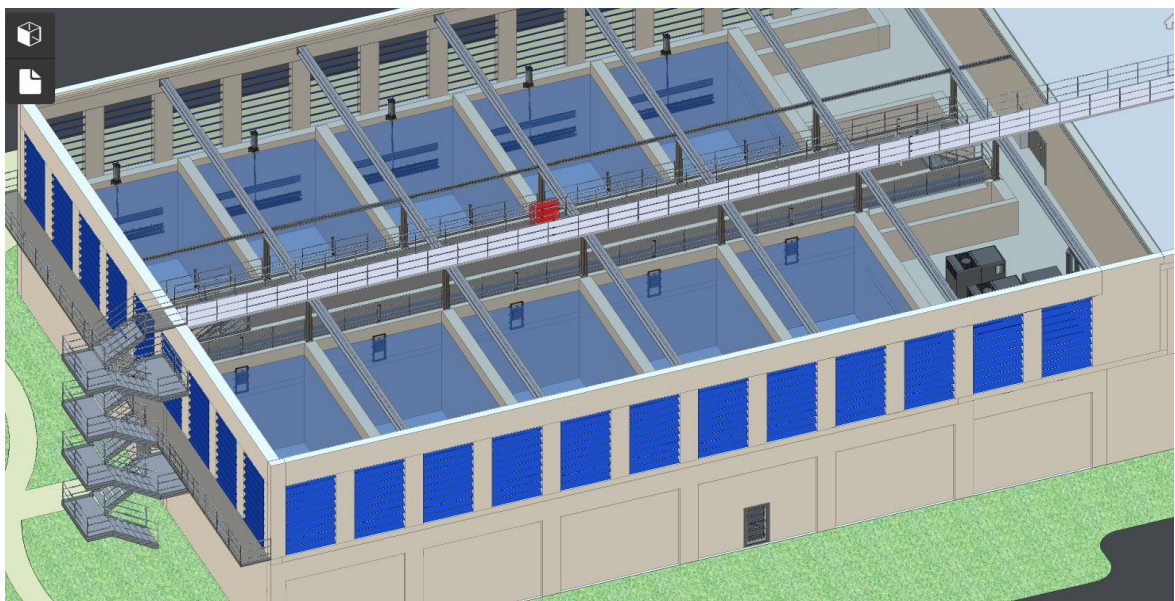


Abbildung 21: Visualisierung der projektierten statischen Raumfiltration

Auslegung

Zulauf: Das Abwasser aus der Ozonung fliesst in freiem Gefälle durch zwei Rohrleitungen (DN 600) in die beiden Zulaufkanäle der Filteranlage. Zulaufkanäle selbst sind in Beton ausgeführt. Von dort fliesst das Wasser durch die Zulaufschütze in die einzelnen Filter.

Für die beiden Rohrleitungen ist eine Verbindungsleitung (Bypassleitung) vorhanden, welche mittels pneumatischen Handklappen abgeschiebert werden kann.

Filterzellen: Der Sandfilter dient nicht in erster Linie dem Rückhalt von ungelösten Stoffen (GUS), sondern der biologischen Nachbehandlung im Anschluss an die Ozonung. Für diese Funktion soll die Leerbettkontaktzeit bei der maximalen Belastung (Q_{\max} und n-1 Filterzellen) mindestens 10 min betragen. Es sind 10 Filterzellen mit je 40 m² Oberfläche und 1.5 m Filterbetttiefe projektiert.

Eine allfällige GAK-Filtration würde auf eine minimale Leerbettkontaktzeit von 15 min ausgelegt, was mit einer Erhöhung der Filterbetthöhe von 1.5 m auf 2.25 m möglich wäre. Bei tieferen Abwassermengen kann die Anzahl Filterzellen in Betrieb automatisch angepasst werden, für einen energetisch optimierten Teillastbetrieb. Die Auslegung der Filtration ist in Tabelle 16 dargestellt:

Tabelle 16: Auslegung der biologisch aktiven Filtration nach der Aufenthaltszeit (Leerbettkontaktzeit)

Filtration als biologischer Reaktor	Einheit	Betriebsfall			GAK-Filter
		Q_{mittel}	$Q_{\text{TW,max}}$	Q_{max}	Q_{max}
Abwassermenge (Zulauf Filtration)	l/s	505	533	900	900
Dicke Filterbett total	m	1.5	1.5	1.5	2.25
Anzahl Zellen	-	10	10	10	10
Fläche pro Zelle (l x b = 8 m x 5 m)	m ²	40	40	40	40
Gesamtfilterfläche 10 Zellen (n)	m ²	400	400	400	400
Gesamtfiltervolumen 10 Zellen (n)	m ³	600	600	600	600
Filtergeschwindigkeit 10 Zellen (n)	m/h	4.5	4.8	8.1	8.1
Filtergeschwindigkeit 9 Zellen (n-1)	m/h	5.1	5.3	9.0	9.0
Leerbettkontaktzeit 9 Zellen (n-1)	min	18	17	10	15

Die einzelnen Filterzellen der Filtrationsanlage können für einen Teillastbetrieb in Abhängigkeit der Abwassermenge einzeln ab- bzw. zugeschaltet werden. Ein solcher Betrieb ist sowohl energietechnisch als auch verfahrenstechnisch sinnvoll.

Spülwasserbecken: Es sind zwei Spülwasserbecken projektiert. Diese sind neben den Filterzellen angeordnet und haben die gleiche Grundfläche wie eine Filterzelle. Die beiden Spülwasserbecken sind über einen Verbindungskanal miteinander verbunden. Dieser dient zusätzlich als Pumpensumpf für das Spülwasserpumpwerk.

Das ablaufseitige Spülwasserbecken ist eingestaut und sichert ein für eine Spülung genügend grosses Spülwasservolumen. Beim Spülwasserbecken 1 (Nordseite) überfällt das gefilterte Wasser in den Ablaufkanal.

Der Spülwasserbedarf beträgt 240 m³ pro Spülung. Die beiden Spülwasserbecken werden mit einem Nutzvolumen von insgesamt rund 300 m³ projektiert. Somit kann eine komplette Spülung durchgeführt werden, auch wenn während einer Spülung kein neues Filtratwasser anfällt. Es besteht auch eine genügend grosse Reserve zusätzliche Brauchwasserentnahme.

Spülwasserpumpwerk: Die Rückspülung erfolgt über zwei Spülwasserpumpen im Parallelbetrieb. Bei den Spülwasserpumpen wurde eine volle Redundanz berücksichtigt (3x50%). Die Spülwasserpumpen sind drehzahlgesteuert, also mit Frequenzumformern ausgerüstet.

Das Spülwasser wird via Kombi-Einstieg in der Filterfrontwand in den Polsterraum der jeweils zur Spülung freigegebenen Filterzelle gepumpt. Damit die nötige Überdeckung der Saugleitungen gewährleistet ist und das zur Verfügung stehende Volumen des Spülwasserbeckens komplett ausgenutzt werden kann, ist ein Pumpensumpf vorgesehen (Verlängerung des Verbindungskanals der beiden Spülwasserbecken). Die Spülwasserpumpen werden im Maschinenraum vor dem Spülwasserbecken 2 trocken aufgestellt.

Tabelle 17: Angaben zu Spülwasserbecken und Spülwasserpumpen

Parameter	Einheit	Dimensionierung
Anzahl Spülwasserbecken (verbunden)	-	2
Gesamt-Nutzvolumen Spülwasserbecken	m ³	~300
Spülwasserbedarf pro Spülung	m ³	~240
Minimale Reserve für Brauchwasserentnahme	m ³	~60
Spülwassergeschwindigkeit	m/h	40
Anzahl Spülwasserpumpen	-	3 (2 + 1)
Q _{min} pro Spülwasserpumpe	l/s	50
Q _{max} pro Spülwasserpumpe	l/s	280
Q _{max} total Spülwasser	l/s	560
Manometrische Förderhöhe Spülwasserpumpen	m WS	15

Spülluftgebläse: Es werden zwei Spülluftgebläse mit einer Leistung von je 50% der optimalen Spülluftmenge projektiert. Bei Ausfall eines Aggregates können die Filter problemlos mit der resultierenden, reduzierten Spülluftgeschwindigkeit über mehrere Wochen betrieben werden. Dabei nimmt die Laufzeit der Filter zwischen den einzelnen Spülungen etwas ab.

Die Spülluftgebläse sind mit Schallschutzhauben ausgerüstet und die Luft wird aus dem Raum angesaugt. Die Spülluft wird ebenfalls über den Kombi-Einstieg in den Polsterraum der Filterzelle gefördert. Die gleichmässige Verteilung der Spülluft über die gesamte Filterfläche wird durch den Düsenboden gewährleistet. Die Spülluftgebläse werden im OG auf der Decke des Spülwasserbeckens 2 (Süd) aufgestellt.

Tabelle 18: Angaben zu Spülluftgebläse

Parameter	Einheit	Dimensionierung
Anzahl Spülluftgebläse	-	2 (2 +0)
Spülluftgeschwindigkeit	m/h	60
Spülluftmenge pro Spülluftgebläse	Nm ³ /h	1'440
Spülluftmenge total	Nm ³ /h	2'880

Schlammwasserbecken: Jede Filterzelle ist mit einem Wandschlitz zum Schlammwasserbecken und einer Schlammwasserklappe ausgerüstet. Darüber wird der bei Filterrückspülung anfallende Schlamm ins Schlammwasserbecken geleitet. Es sind zwei Schlammwasserbecken projektiert, welche rückseitig an die Filterzellen angeordnet sind.

Weil das Volumen eines Schlammwasserbeckens nicht für eine komplette Spülung ausreicht, werden die beiden Schlammwasserbecken mit einer Rohrleitung verbunden. Somit kann für den Schlammwasseraustrag bei den Filterrückspülungen jeweils das gesamte Volumen genutzt werden. Der Schlammwasseranfall beträgt 240 m^3 pro Spülung. Die beiden Schlammwasserbecken werden mit einem Nutzvolumen von insgesamt rund 280 m^3 projektiert.

Schlammwasserpumpwerk: Es werden zwei Schlammwasserpumpen mit einer Leistung von je 100% der maximalen Beschickung des Lamellenklärs ausgelegt (Fördermenge pro Pumpe: $120 \text{ m}^3/\text{h}$). Die Schlammwasserpumpen sind drehzahlgesteuert, also mit Frequenzumformern ausgerüstet. Die Schlammwasserpumpen fördern das Schlammwasser vom Schlammwasserbecken dosiert zur Anlage für die Rücklaufbehandlung. Die Rückführung erfolgt dabei möglichst gleichmässig, um die hydraulische Belastung des Lamellenklärs gering zu halten. Die Schlammwasserpumpen werden zwischen dem Lamellenklärer und dem Spülwasserbecken 1 trocken aufgestellt.

Tabelle 19: Angaben zu Schlammwasserbecken und Schlammwasserpumpen

Parameter	Einheit	Dimensionierung
Anzahl Schlammwasserbecken (verbunden)	-	2
Gesamt-Nutzvolumen Schlammwasserbecken	m^3	~280
Schlammwasseranfall pro Spülung	m^3	~240
Anzahl Schlammwasserpumpen	-	2 (1 + 1)
Q_{\min} pro Schlammwasserpumpe	m^3/h	30
Q_{\max} pro Schlammwasserpumpe	m^3/h	120
Q_{\max} total Schlammwasser	m^3/h	120
Manometrische Förderhöhe Schlammwasserpumpen	m WS	9

Messtechnik: Für eine optimale Verteilung und Bilanzierung ist im Ablauf jeder einzelnen Filterzelle eine separate Durchflussmessung vorgesehen.

Armaturen: Bei der Filtration werden Absperrklappen, keine Plattenschieber vorgesehen.

Möglichkeit der nachträglichen Umrüstung zu einem GAK-Filter: Die Filtration wird so projektiert, dass ein späterer Verfahrenswechsel zu einer GAK-Filtration möglich bleibt, ohne dass zusätzliche Filterzellen angebaut werden müssten. In diesem Falle würde in der Filtration der Sand durch GAK (Granulierte Aktivkohle) ersetzt. Heute werden nur die Vorbereitungsarbeiten für eine allfällige spätere Verschiebung der Schlammwasserklappen einkalkuliert. Die Filterrückwände werden zusätzlich je mit einem höher angeordneten Wandschlitz ausgeführt. Diese Öffnungen werden heute mit Abdeckblechen verschlossen. Sie ermöglichen eine spätere Verschiebung der Schlammwasserklappen um 0.75 m und somit eine Erhöhung der Filterbetthöhe von 1.5 m auf 2.25 m.

Notüberlauf: Falls sämtliche Schütze geschlossen oder die Filter hydraulisch überlastet sind, kommt es bei der Strasse 1 (Nord) zu einer Notentlastung aus dem Verteilkanal direkt in den Ablaufkanal.

Bei der Strasse 2 (Süd) erfolgt die Notentlastung ins Spülbecken 2 bei einer möglichst hohen Kote. Eine Verbindung direkt zum Auslaufkanal ist nicht vorgesehen.

Rest-Entleerungen: Die Filterzellen und Becken werden mit einem Gefällsbetonüberzug versehen. Jeweils am tiefsten Punkt des Kombi-Einstiegs ist ein Anschluss mit Handarmatur vorgesehen zur Rest-Entleerung der Becken. Die Entleerung erfolgt in eine Kollektorleitung, welche in den offenen Verbindungskanal der Kellerentwässerung bzw. den Leitungskanal des Schlammwassers einleitet.

Kellerentwässerung: Die Kellerentwässerung dient nebst der Aufnahme der Restentleerungen auch zur Aufnahme von Reinigungswasser in der Maschinenhalle und der Leitungsgalerie und Filtergalerien.

Das bei Reinigungsarbeiten anfallende Wasser in der Maschinehalle fließt über Gefälle in einen Kanal, welcher von zwei Seiten in die Kellerentwässerung (Schacht) anschliesst. Der Schacht der Kellerentwässerung ist über eine Ablaufleitung mit der Gebäudeentwässerung im Zwischenpumpwerk verbunden.

Nebst der Entwässerungsfunktion dient der Kanal als Leitungskanal für Schlammleitung zur Entnahme und Verbindung der beiden Schlammwasserbecken.

Zugänglichkeit Becken / Stege / Kran: Der obere Bereich (OG) der Filter ist über die Filtergalerien Nord, Mitte und Süd erschlossen (Gitterroste). Von dort können Die Antriebe der Zulaufschützen Ablaufklappen gewartet werden. Bei einem Austausch müssen diese über die Galerie und deren Treppen mittels bauseitigem Rollwagen und Hebegurten bis zum Kopfteil gebracht werden (Wartungstor).

Ein Laufkran über den Filterbecken ist vorerst nicht vorgesehen, kann aber nachgerüstet werden (in der Statik des Stahlbaus berücksichtigt).

Der Zugang zum Polsterraum der Filter sowie in die beiden Spülwasserbecken erfolgt über einen Kombi-Einstieg (Mannloch, DN 1000) in der Leitungsgalerie Filtration (UG)

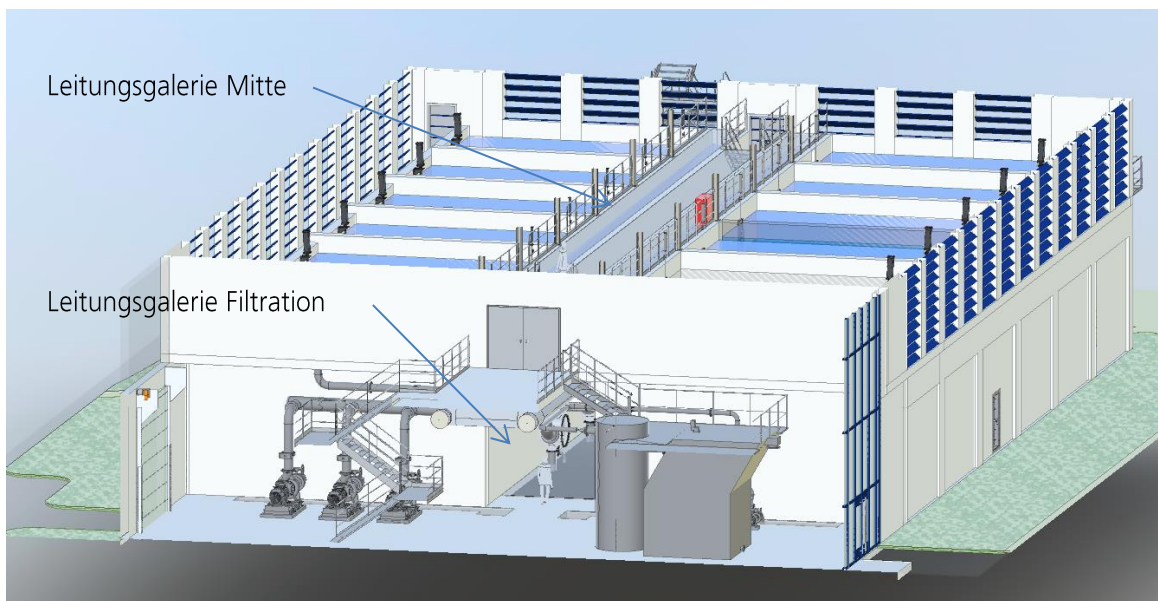


Abbildung 22: Visualisierung Zugang Filtration (Leitungsgalerie Mitte und Leitungskanal Filtration)

Massnahmen

- Zulaufleitungen (2x) und Bau der Beton-Zulaufkanäle (2x)
- Bau der kompletten statische Raumfiltration (10 Filterzellen), inkl. Betonbau der Filterdüsenböden
- Ausrüstung der Filterzellen, inkl. Filtratwasserleitungen sowie aller zugehörigen Installationen
- Bau der Spülwasserbecken (2x)
- Spülwasserpumpen (3x), Spülwasserleitungen sowie alle zugehörigen Installationen
- Spülluftanlage mit Spülluftgebläse (2x), Spülluftleitungen sowie aller zugehörigen Installationen
- Bau der Schlammwasserbecken (2x)
- Schlammwasserpumpen (2x), Schlammwasserleitungen sowie alle zugehörigen Installationen
- Not-Überlauf
- Zusätzliche höher angeordnete Wandschlitze in Filterrückwand inkl. Abdeckbleche (GAK-Filtration)
- System zur (Rest-)Entleerung der Filterzellen, Spülwasserbecken und Schlammwasserbecken
- Kellerentwässerung inklusive aller notwendigen Leitungen und Installationen

5.8 Rücklaufbehandlung

Ausgangslage, Konzept

Das bei der Filterspülung anfallende Schlammwasser muss aufkonzentriert werden, bevor es zurück in die ARA Morgental geleitet werden kann. Eine Rückführung des gesamten Schlammwassers in die Biologie der ARA Morgental würde deren Nachklärung überlasten, da die Filtration und damit der Schlammwasseranfall auf zwei ARA ausgelegt ist.

Für diese Rücklaufbehandlung ist ein Lamellenklärer mit integriertem Krähwerk und Schlammräumer im Schlammtrichter projektiert. Dem Lamellenklärer vorgeschaltet wird ein Flockungsreaktor mit zugehöriger Flockmittelstation. Die Installationen werden im Maschinenraum EG zwischen Ozonreaktor 1 und Filtration platziert.

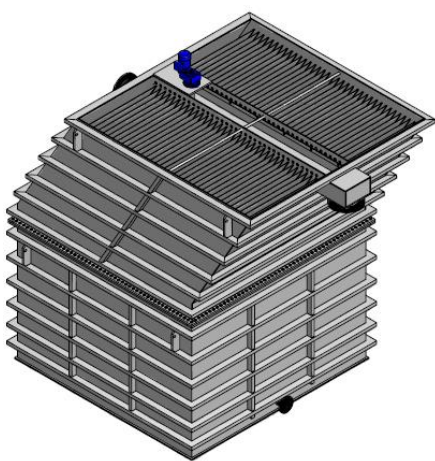


Abbildung 23: Lamellenklärer (links); Visualisierung Projekt Flockungsreaktor mit Lamellenklärer (rechts) [Wabag]

Auslegung

Flockmittelstation: Es wird eine Inline-Polymer-Ansetzstation zur Verarbeitung von flüssigen Polymeren projektiert. Das Flüssigpolymer wird mit einer Schlauchpumpe in die Mehrzonen-Mischeinrichtung zum Verdünnungswasser hinzu dosiert und in einer sehr kurzen Kontaktzeit zu einer homogenen und effektiven Polymerlösung aufbereitet. Als Verdünnungswasser kann Trinkwasser oder Brauchwasser (aus dem Spülwasserbecken der Filtration) verwendet werden.

Die Mischeinrichtung steht unter Druck und für die Förderung zum Flockungsreaktor ist keine Dosierpumpe erforderlich. Der Polymer-Verbrauch ist abhängig von der Anzahl der notwendigen Spülungen und wird bei ca. 10 bis 25 l/Tag liegen.

Der Bedarf an Verdünnungswasser beträgt ca. 0.2 bis 0.3 m³/h (1-5 l/min), Anschluss R³/₄"-20

Flockungsreaktor: Das Schlammwasser gelangt zunächst in den Flockungsreaktor. Dort wird es mit der aufbereiteten Polymerlösung vermischt. Der Reaktor hat ein Volumen von ca. 10 m³, die Aufenthaltszeit beträgt bei maximaler Schlammwassermenge (120 m³/h) ca. 5 min., was für eine gute Flockenbildung ausreichend ist. Die Mischung erfolgt mit einem langsam laufenden Vertikalrührwerk.

Lamellenklärer: Das geflockte Schlammwasser wird in den Einlaufbereich des Lamellenklärers geleitet und turbulenzfrei durch die Lamellen nach oben geführt. Die Lamellen sind als glatte PP-Platten ausgeführt. Die Neigung der Lamellen beträgt 60° und der Abstand zueinander 60 mm. Dadurch ist das Verstopfungsrisiko sehr gering. Durch die hohe Anzahl der Lamellen (84 Stück) entsteht eine hohe Absetzfläche mit entsprechend niedriger Oberflächenbeschickung für eine gute Schwerkraftabscheidung. Der Ablauf des Klarwassers erfolgt gleichmässig über die gesamte Länge durch einen höhenverstellbaren Zackenüberlauf. Der in den Lamellen sedimentierte Anteil rutscht ab und wird im Schlammtrichter (Neigung 60°) gesammelt. Durch ein Krählwerk wird die Eindickung verbessert und durch einen Schlammräumer wird sichergestellt, dass der Schlamm zum Entnahmestutzen gelangt. Im Lamellenklärer wird das zugeführte Schlammwasser mindestens wie folgt aufkonzentriert:

- Ablauf Klarwasser: 90% des Wassers, 20% der GUS-Fracht
- Ablauf Rückführschlamm: 10% des Wassers, 80% der GUS-Fracht

Die Lamellen sind über einen beidseitig angeordneten Bediensteg zugänglich. Der Bediensteg kann über eine Abstiegstreppe ab der Verbindungsbrücke im OG erreicht werden.

Eine Belüftung des Lamellenklärers zur Reinigung der Lamellen ist nicht vorgesehen. Sollte sich herausstellen, dass der Schlamm besonders klebrig ist und ein manuelles Reinigen zu aufwändig wird, könnte eine Luftspülung nachgerüstet werden. Die Luft würde dann nicht von der Steuerluftversorgung, sondern separat von einem kleinen Seitenkanalverdichter kommen.

Rückführschlammpumpe: Vom Entnahmestutzen des Lamellenklärers wird das der Rückführschlamm mit einer Schlammpumpe zum Sandfang der ARA Morgental geleitet. Die Rückführung erfolgt möglichst gleichmässig, wobei eine Rückführmenge von 10 l/s nicht überschritten werden soll.

Für die Ansteuerung der Rückführschlammpumpe wird eine **Trübungs- oder TS-Messung** empfohlen. Der Abzug sollte in Intervallen erfolgen. Bei einer maximalen Rückführmenge von 10 l/s beträgt die Einschaltdauer der Rückführschlammpumpe je nach Schlammwasseranfall und GUS-Gehalt zwischen 10 und 80%.

Klarwasserablauf: Das Klarwasser wird in den Ablauf der ARA geleitet. Der GUS-Grenzwert wird bei weitem nicht erreicht und im Vergleich zur Situation ohne Filtration werden 80% GUS entfernt. Die Schlammwasserbehandlung wird nicht redundant ausgeführt. Falls bei Ausfall des Lamellenklärers das Schlammwasser nicht in die ARA geleitet werden kann, kann es notfalls in den Auslauf geleitet werden. Der Grenzwert für GUS wird voraussichtlich nicht überschritten.

Rückführung Klarwasser in Filtration: Eine Möglichkeit zur Rückführung des Klarwassers wird nicht vorgesehen. Eine direkte Rückführung des Klarwassers (ca. 35 l/h) in den Zulauf der Filtration wäre aber hydraulisch möglich und technisch mit relativ wenig Aufwand realisierbar. Dies könnte bei Bedarf auch später nachgerüstet werden.

Massnahmen

- Flockmittelstation (1x) mit Anschlüssen für Brauchwasser und Polymerkonzentrat sowie aller zugehörigen Installationen
- Flockungsreaktor mit Vertikalrührwerk (1x)
- Lamellenklärer mit Krähwerk und Schlammräumer (1x) für die Aufkonzentrierung des Schlammwassers
- Klarwasserleitung zum Ablauf sowie alle zugehörigen Installationen
- Rückführschlammpumpe (1x), Rückführschlammleitung zum Sandfang sowie alle zugehörigen Installationen

5.9 Ablaufkanal

Ausgangslage, Konzept

Beim Spülwasserbecken 1 (Nord) überläuft das Wasser in den Ablaufkanal, welcher unter dem Schlammwasserbecken entlang des EMV-Gebäudes läuft.

Der Ablaufkanal (Rechteckprofil) wird unter Terrain mit der Ablaufkanal ab dem Pumpwerk Morgental vereint und zur heutigen Ablaufleitung geleitet. Dabei müssen die Fernwärmeleitungen der EMB überquert werden.

Auslegung

Anschlusskanal: Der Ablaufkanal unter der EMV wird im Rechteckprofil bis zum Anschlusspunkt weitergeführt.

Unterquerung Fernwärmeleitungen: Die Wärmeleitungen werden idealerweise mittels „Brücke“ überquert, um keinen Druck auf die Leitungen zu verursachen.

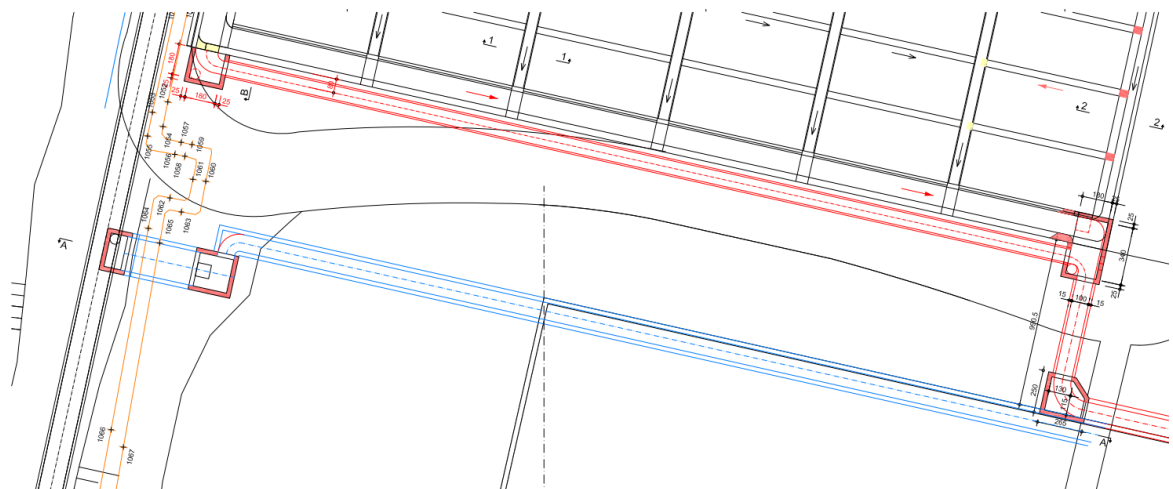


Abbildung 24: Situationsplan Anschluss EMV an Ablaufkanal

Massnahmen

- Verbindungskanal zwischen bestehendem Ablaufkanal Kraftwerk Morgental und EMV
- Überquerung der Fernwärmeleitungen der EMB (Energiezentrale) mittels Brücke
- Anschlussbauwerk zum bestehenden Ablaufkanal

5.10 Mess- und Überwachungskonzept

Die gemeinsame Behandlung zwischen AVM und ESG zur Elimination der Spurenstoffe geht einher mit einer gemeinsamen Einleitung des gereinigten Abwassers in den Bodensee. Dies bedingt einerseits eine regelmässige Überprüfung der zwei verschiedenen ARA-Abläufe hinsichtlich der individuellen Reinigungsleistung bzw. der Kontrolle der unterschiedlichen Frachten im Zulauf der EMV-Anlage (Ableitungsbedingungen). Andererseits gelten neu für beide ARA die gleichen Einleitungsbedingungen, die ebenfalls mittels Laboranalysen kontrolliert werden müssen.

Neben möglichst betriebsfreundlichen Abläufen wird eine optimierte Synergienutzung zwischen den zwei Partnern ESG und AVM angestrebt.

Laboranalysen Spurenstoffe (MV)

Das Abwasser muss zur Überprüfung des Reinigungseffekts auf organische Spurenstoffe untersucht werden. Der Reinigungseffekt, bezogen auf Rohwasser und gemessen anhand von ausgewählten Leitsubstanzen, muss über 80% sein. Die Anforderungen werden in Kapitel 2.3 erläutert.

Die Probenahmegefässen müssen aus Glas sein und die Proben nicht über 4°C gelagert werden. Es besteht die Möglichkeit die Probe einzufrieren, falls zum Beispiel mehrere Proben gleichzeitig analysiert werden sollten.

Die Analyse wird möglichst kurz nach den Probenahmen in einem zertifizierten Labor durchgeführt. Das Amt für Umwelt St.Gallen (AFU) bietet ebenfalls Möglichkeiten zur Analyse. Ein grosser Vorteil bei der Zusammenarbeit mit dem Kanton wäre die kurze Distanz zum Labor.

Nachfolgende Abbildung zeigt die möglichen Standorte für die Probenahmen auf.

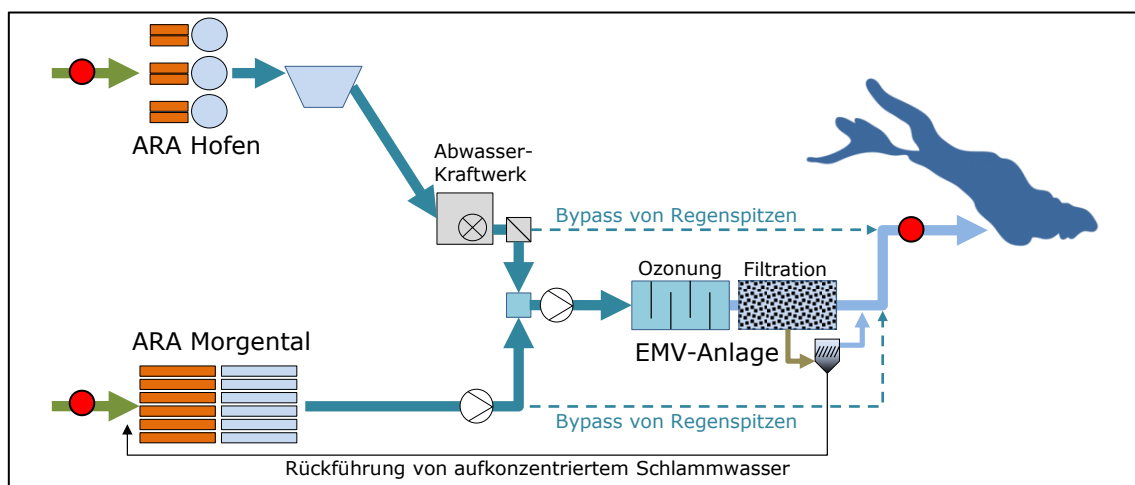


Abbildung 25: Probenahmestellen Spurenstoffe

Laboranalysen Nährstoffe (MV)

Momentan werden die Laboranalysen jeweils von ESG und AVM separat durchgeführt. Durch die vertiefte Zusammenarbeit in Zusammenhang mit dem Bau der EMV-Anlage ergeben sich neue Möglichkeiten.

Im "Messkonzepts der AVM/ESG" wurden sieben Szenarien ausgearbeitet und geprüft. Dabei wurden zwei Varianten als prüfenswert beurteilt:

- **Status Quo:** AVM beprobt ARA Morgental, ESG die ARA Hofen und zusätzlich den Ablauf der gemeinsamen EMV-Anlage
- **Status Quo / Rohwasser ESG:** im Unterschied zu Status Quo wird zusätzlich das Rohwasser bei der Anlagen von ESG untersucht

Welche Variante umgesetzt werden soll, wird in Zusammenarbeit mit dem Amt für Umwelt St.Gallen (AFU) festgelegt.

6 Baugrundverhältnisse / Bautechnik

6.1 Ausgangslage

Die Grundbauberatung Geoconsulting AG, St. Gallen hat auf dem Gelände der ARA Morgental in Steinach schon diverse Untersuchungen erstellt. Der Geotechnische Bericht G 5440 vom 28.7.2016 befasst sich mit dem Bereich der EMV.

6.2 Baugrund

Das ganze Gelände der ARA Morgental befindet sich im Bereich von Verlandungssedimenten und Seeablagerungen welche bis in grosse Tiefen reichen. In 1 bis 2 m unter Terrain ist stellenweise **schwarzer Torf** anzutreffen. Der Baugrund ist sehr **feinkörnig und fliessfähig** (tonig-siltig/sandig, mit organischem Material durchsetzt) und dadurch grundbruchgefährdet. Elektrische Drucksondierungen der Geoprofile GmbH, Luzern im Jahr 2012 haben ergeben, dass sich eine standfeste Schicht (Grundmoräne) erst in ca. 40 m Tiefe findet.

Massnahmen

Bei den bislang errichteten Bauten im Gebiet Morgental wurde als Foundation eine schwimmende Pfahlgründung ausgeführt. Aus diesen Erfahrungen lassen sich folgende bauliche Massnahmen für das aktuelle Projekt herleiten:

- Ein Aushub mit offener Wasserhaltung und filterbetongestützten Böschungen ist möglich für Kanäle und Vertiefungen bis in Tiefen von ca. 2.0 m ab OK Terrain.
- Im Bereich des Zwischenpumpwerks reicht das Gebäude rund 6.0 m in den Untergrund. Hier sind eine Baugrubensicherung mit einer gespriessten Spundwand sowie eine Grundwasserabsenkung mit innenliegenden Filterbrunnen vorzusehen.
- Als Pfahlsystem steht die beim Kraftwerk sowie bei der Holzwärmezentrale angewendete Jetting-Pfählung im Vordergrund, da diese eine Planumstärke von nur 30 cm erfordert und gute Erfahrungswerte bezüglich Setzungsverhalten aufweist.

Bei den bisherigen Bauten wurden jeweils rund 30 m lange schwimmende Pfähle verwendet. Aufgrund der grossen Gebäudefläche und der hohen Lasteinwirkung ist es sinnvoll, mit vorgängig erstellten Versuchspfählen auf die standfeste Schicht zu gründen. Anhand der so gewonnenen Prüfwerten kann entschieden werden, ob eine Foundation mit Standpfählen allenfalls wirtschaftlicher ist, als die bisher eingesetzte schwimmende Pfahlgründung.

6.3 Grundwasser

Das Areal der ARA Morgental liegt im Randgebiet des Grundwasserbeckens «Steinachdelta». In der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg wurde dieses mit einer grossflächigen Melioration versehen. Im Bereich der ARA Morgental ist diese infolge diverser Neubauten über weite Flächen nicht mehr in Funktion.

Es ist daher, je nach Bodenseespiegel und Niederschlagsmengen, von einem **Grundwasserspiegel** auszugehen, welcher zwischen Terrainoberfläche bis ca. **1 m unter Terrain** liegt. Aufgrund des generell sehr schlecht durchlässigen Untergrunds können tiefgründige Wasseradern auch ein Druckniveau aufweisen, welches leicht über OK Terrain liegt (artesisches Wasser). Weiter ist ein versickern von Meteorwasser nicht möglich.

Gewässerschutz / Kantonale Vorgaben

Gemäss kantonaler Gewässerschutzkarte kommt der Neubau der EMV zu je etwa gleichen Teilen in den Gewässerschutzbereichen A₀ sowie A₀/A₀ (überlagert) zu liegen.

Im Gewässerschutzbereich A₀/A₀ ist gemäss GSchV Anhang 4, Ziffer 211/2 ein Umströmungsnachweis erforderlich. Dies ist vor allem beim Zwischenpumpwerk zu beachten, wobei durch den schlecht durchlässigen Untergrund die Durchflusskapazität kaum vermindert wird. Im Bereich A₀ dürfen zudem keine Anlagen erstellt werden, die eine besondere Gefahr für die Gewässer darstellen.

Bauen im Grundwasser / Wasserhaltung

Die Grösste Herausforderung bei der Ausführung stellt das hydraulische Grundbruchrisiko beim Ausgrabung für das Zwischenpumpwerk dar. Mittels in der Baugrube angeordnete Filterbrunnen sollen wasserführende Schichten entspannt werden und so der Grundwasserspiegel entsprechend abgesenkt werden.

Eine tiefreichende Spundwand stellt sicher, dass der Grundwasserspiegel ausserhalb der Baugrube unverändert bleibt, und schützt so umliegende Bauwerke.

Weiter gilt es die Unterkellerungen einwandfrei gegen hydrostatischen Auftrieb zu sichern und fachgerecht abzudichten.

Nachweis der Durchflusskapazität des Grundwasserleiters

Es wird so wenig wie möglich und nur beim Zwischenpumpwerk unterkellert. Relevant für die Durchflusskapazität des Grundwassers sind somit insbesondere das Zwischenpumpwerk und die Pfahlfundation. Die gesamte ARA Morgental steht in schlecht bis nahezu undurchlässigen Seeablagerungen, wo von Natur aus keine nennenswerte Grundwasserströmung vorhanden ist. Damit wird durch das Vorhaben die Durchflusskapazität nicht entscheidend tangiert.

Beim Bau der Energiezentrale im Jahr 2011 wurde ein Bericht "Umströmungsnachweis Neubau Energiezentrale, 09. März 2011" durch den Geologen vorgelegt. Darin wurde folgendes Fazit genannt:

"Die geplante Energiezentrale wird nur teilweise und höchstens geringfügig unterkellert. Hingegen reichen die zur Fundation des Neubaus erforderlichen Pfähle mindesten ≥ 20 m in den Untergrund und damit auch unter den mittleren Grundwasserspiegel. Diese Pfähle stehen jedoch - wie übrigens die gesamte ARA Morgental - vollständig in den schlecht bis nahezu undurchlässigen Seeablagerungen, wo von Natur aus keine nennenswerte Grundwasserströmung vorhanden ist. Damit wird aber auch die sogenannte Durchflusskapazität durch den geplanten Neubau nicht substantiell tangiert. Unter Wahrung des Prinzips der Verhältnismässigkeit steht damit einer Erteilung einer Baubewilligung in grundwasserrechtlicher Hinsicht nichts entgegen."

[Grundbauberatung-Geoconsulting AG), 09. März 2011 sowie 30. Sept. 2015]

Die Aussage kann auf das gesamte Gebiet der ARA Morgental bezogen werden. Ein Umströmungsnachweis für das geplante Projekt ist deshalb nicht erforderlich.

6.4 Hochwasserschutz

Die ARA Morgental liegt gemäss Gefahrenkarte in einem Gebiet mit mittlerer Hochwassergefährdung. Bei HQ₁₀₀ steht das Wasser gemäss Berechnungen des Projektverfassers Generelles Projekt AachPlus auf maximal 398.50 m.ü.M. Die ARA Morgental wird rundherum durch einen Hochwasserdamm von mindestens 398.60 m.ü.M. geschützt.

Bei Versagen liegt die maximale Hochwasserkote bei 398.50 m.ü.M. Wichtige elektrische Einrichtungen müssen darüber angeordnet werden (v.a. Notstrom, Trafo, NSVH, Unterverteilungen).

Da der Wasserspiegel des Bodensees bei Hochwasser nur langsam ansteigt, können mobile Hochwasserschutzmassnahmen eingesetzt werden.

6.5 Abdichtungskonzept

Abdichtungsrelevante Bauteile sind zum einen die im Grundwasser liegenden Unterkellerungen, welche vor eintretendem Wasser zu schützen sind. Zum andern gilt es sämtliche wassergefüllten Becken und Kanäle gegen aussen abzudichten.

Grundsätzlich kann mit konventionellen Methoden wie Fugenbändern oder Quellprofilen gearbeitet werden. Eine Ausnahme stellen die Becken der Ozonreaktoren dar: hier dürfen keine Kunststoffe eingesetzt werden.

Die geforderte Dichtigkeit gilt es mit einer Reihe von Massnahmen zu erreichen, wie erhöhte Schwindbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung, Zemdrein-Schalungseinlage zur Versiegelung der Oberfläche, schwindkompensierter Beton und fachgerechte Nachbehandlungsarbeiten. Sinnvollerweise wird vom Unternehmer eine Systemgarantie eingefordert.

6.6 Statisches Konzept Gebäude

Die Tragstruktur des Gebäudes orientiert sich nach dem funktionalen Aufbau. So werden die längs unter der Bodenplatte verlaufenden Kanalwände als Riegel genutzt, um die Pfahllasten zu verteilen und gleichmässig abzutragen.

Die orthogonal angeordneten Beckenwände wirken als massive Scheiben, welche die Gesamtstabilität gewährleisten und zur Lastverteilung beitragen.

Stahlbau Filterhalle

Im westlichen Gebäudeteil befinden sich die Becken der Filtration. Um unnötiges Eigengewicht zu verringern wird das Dach über der Filtration als Stahlbau ausgeführt welcher durch einen Massivbetonrahmen eingefasst und gehalten wird. Dieser dient zugleich für die Befestigung der Fassade. Östlich wird der Stahlbau an den Betonbau angeschlossen und so zusätzlich stabilisiert. Diese Bauweise ermöglicht grosse Öffnungen in den Längsfassaden, über die eine optimale Querlüftung der Filterbecken gewährleistet wird.

Die gesamte Dachfläche wird auf die spätere Nutzung durch eine PV-Anlage ausgelegt und bemessen. Durch die Dachwasserretention wird zudem von einem Einstau von 10 cm ausgegangen.

Zudem ist die Bemessung so, dass jeweils eine Laufkrananlage (x-y-Wartungskran) mit 5 t Traglast über den Becken (Nord und Süd) nachgerüstet werden kann.

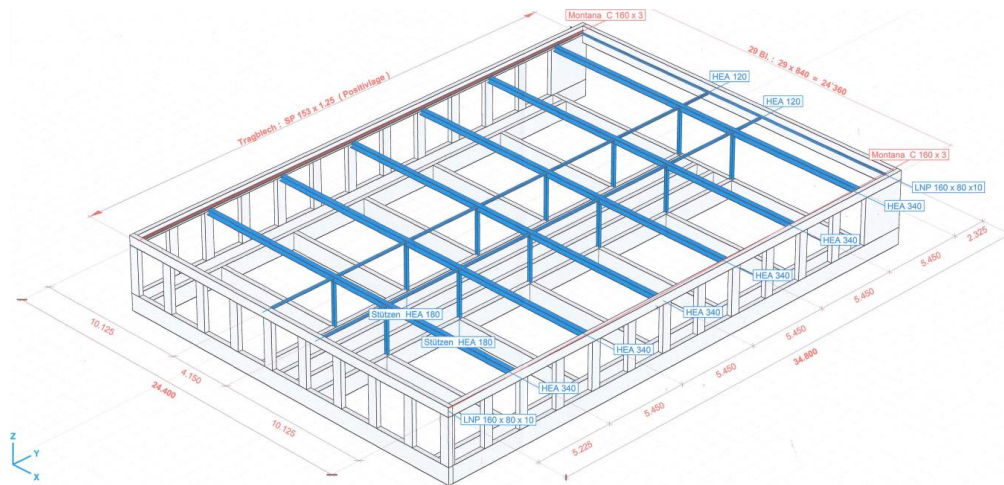


Abbildung 26: Vorgesehener Stahlbau der Filterhalle

6.7 Filterzellen

Im Gegensatz zu den Ozonbecken können die Filterbecken nicht hydrostatisch bemessen werden. Durch die regelmässige Rückspülung der Filter treten in den Polsterräumen Belastungen auf, welche rund das Zweifache des hydrostatischen Druckniveaus betragen.

Die Bemessung der Wände, sowie des Düsenbodens erfolgt grundsätzlich nach den Vorgaben und Richtlinien der WABAG. Für eine allfällige Umrüstung des Filters auf GAK, werden entsprechend die in den Seitenwänden erforderliche Längsschlitze bereits erstellt.

6.8 Sauerstofftank

Das Fundament des LOX-Tanks wird mit grosszügiger Reserve dimensioniert. Steigt der Verbrauch stark über die angenommenen Werte, kann so der Lagertank einfach durch einen grösseren ausgetauscht werden.

7 Architektur

Das Gebäude soll sich ästhetisch gut in das bereits bestehende Bild/Architekturkonzept der ARA Morgental einfügen und tritt durch seine Dimensionen zugleich auffallend und doch durch die einfache, monolithische Fassade zurückhaltend in Erscheinung.

Das markante Treppenhaus, welches den Baukörper teilt, bildet gleichzeitig den Haupteingang, welcher von der Zufahrtsstrasse gut erkennbar ist. Das Treppenhaus erschliesst alle drei Geschoss sowie das Dach.

Das Gebäude ist zweiteilig aufgebaut, Kopfbau mit Treppenhaus für die allgemeinen Dienste, sowie den Technikbereich mit Filterbecken. Mit einer differenzierten Materialisierung und Aussengestaltung der Fassadenflächen in Metall, Sichtbeton und Glas, wird die innere Organisation lesbar und der Baukörper entsprechend strukturiert.

Grosse Fensterflächen nordseitig machen Teile der Technik zusätzlich sichtbar und unterstützen die Lesbarkeit des Gebäudes. Die Fassadengestaltung im Filterbeckenbereich wird massgeblich durch die gewählte Rasterung und lüftungsbedingten Öffnungen der Becken bestimmt. Für die Beschattung werden die Öffnungen mit Metalljalousien ausgestattet.



Abbildung 27: Visualisierung des Neubaus

Materialien/Farbkonzept

Die Materialien sind nach den betrieblichen Anforderungen ausgewählt worden. Die Kriterien für die Wahl der anzuwendenden Baustoffe sind Zweckmässigkeit, Robustheit und Langlebigkeit. Die Farbwahl begrenzt sich auf die Farben des EMV-Logos, somit wird das bestehende Farbkonzept weitergeführt.

7.1 Raumkonzept

Das Gebäude besteht aus zwei Gebäudeteilen, aus dem Kopfbau mit den Diensträumen und dem technischen Filtrationsbereich.

Das Gebäude ist so konzipiert, dass in Zukunft die Möglichkeit besteht, die Filterbecken im Westen zu erweitern. Auf drei Seiten gibt es befestigte Zugangsmöglichkeiten.

Der Dienstbereich sowie der technische Bereich sind mit einem klaren Prinzip aufgebaut worden und orientieren sich am zentralen Erschliessungsgang. Ziel ist es eine einfache übersichtliche Raumstruktur zu schaffen. Dies widerspiegelt sich in den Grundrissen.



Abbildung 28: Grundriss Erdgeschoss und Obergeschoss

Abbil-

Dachränder & Spenglerarbeiten

Die Dachrandabdeckungen und das Sockelblech werden in CrNi ausgeführt. Die Blitzschutzanlage wird gemäss den behördlichen Bestimmungen VKF erstellt.

Vorgesehen sind folgende Dachränder:

- Dachrandabdeckung CNS mit 5° Gefälle nach innen
- Entlang des Dachrandes 30 cm vegetationsfrei

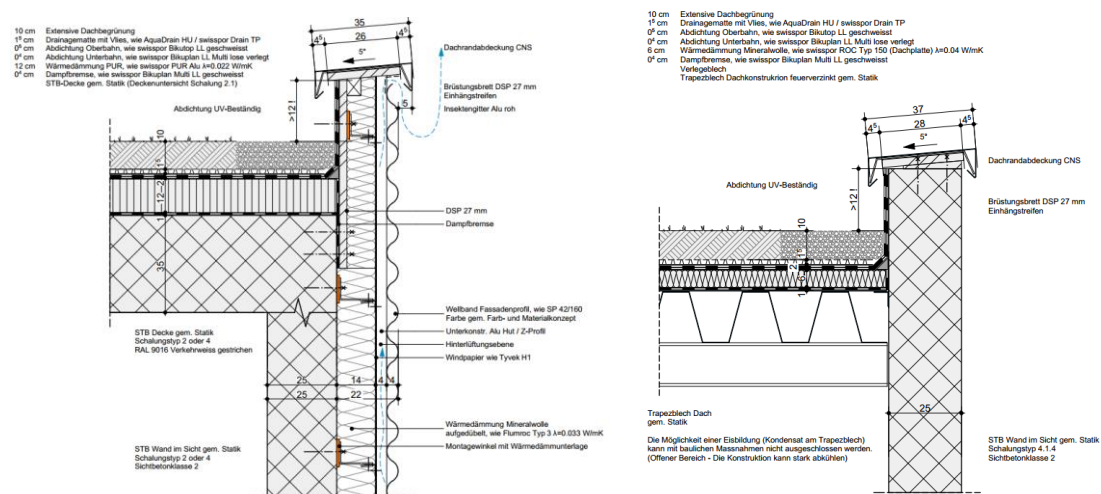


Abbildung 30: Dachranddetail Kopfbau (l.), Filtration (r.)

Absturzsicherung:

- Industriegeländer feuerverzinkt und CNS Einzelanschlagpunkte gem. SIA und SUVA

Gehwege:

- Zementplatten 40x40 cm im Splitt verlegt

Im Dachbereich der Ozonreaktoren (Vertiefungen) sind flächendeckend Zementplatten vorgesehen.

7.3 Fassade

Der „Kopfteil“ mit den Büro-, Sozial- und Haustechnikräumen muss energetisch gedämmt werden, weshalb im Fassadenbereich eine hinterlüftete und wärmegedämmte Sinus-Wellblechfassade verwendet wird.

Der restliche Gebäudeteil (Reaktoren, Filtergebäude) inkl. des angesetzten Treppenhauses, besteht aus einer einschaligen Sichtbetonfassade (Schalungsbild 4.1.4), die aufgrund der Anforderungen nicht gedämmt werden muss.

Im Fassadenbereich der Filtration wird in Anlehnung an die dahinterliegende Bearbeitung des Wassers, die Fassade mit vertieften, quadratischen, blau lackierten Sinus-Wellblechfeldern gezeichnet.

- | | |
|--|--|
| Dienstbereich: | <ul style="list-style-type: none"> • Hinterlüftete Fassade mit Wellbandprofilverkleidung SP27 • Alu roh eloxiert |
| Technischer Bereich:
(Ozonung+ Filtration): | <ul style="list-style-type: none"> • Sichtbetonwände (einschalig) hydrophobiert • Schalung 4.1.4 (50x250 cm horizontal), mind. Sichtbetonklasse 2 |
| Treppenhaus: | <ul style="list-style-type: none"> • Sichtbetonwände (einschalig) hydrophobiert • Schalung 4.1.4 (50x250 cm horizontal), mind. Sichtbetonklasse 2 |
| Lüftungsgitter bei Filtration OG: | <ul style="list-style-type: none"> • Offene Wetterschutzlamellen mit linsen- oder C-förmigem Querschnitt (z.B. Rotex Duco Sun) und Insektengitter an der Innenseite • Alu roh eloxiert |
| Fassade bei den Filterbecken EG: | <ul style="list-style-type: none"> • Wellbandprofilfassade SP27 in den Wandnischen eingelassen • Farbe der Blechprofile : Enzianblau RAL 5010 |

Der Fassadenaufbau ist in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.

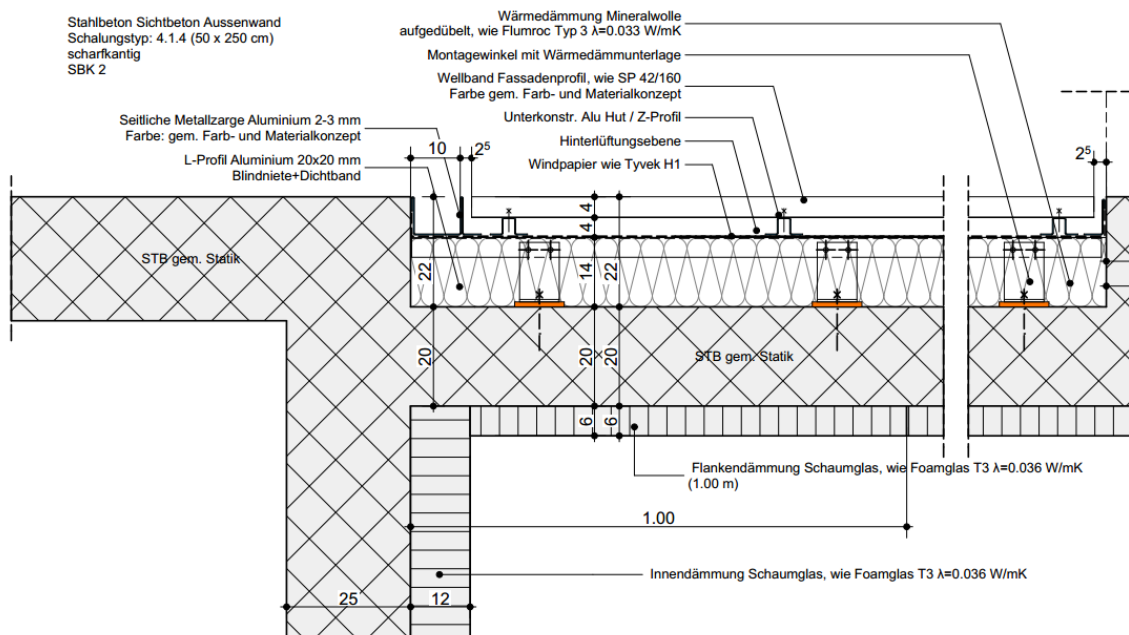


Abbildung 31: Vorgesehener Fassadenaufbau "Kopfbau" (Vorabzug)

7.4 Innenausbau

- | | |
|-------------------|--|
| Wände: | <ul style="list-style-type: none">• Stahlbeton Sicht (Sichtbetonklasse 2), Schalung 4.1.4 oder KN in Industriesicht• Fugenlose PUR-Beschichtung. in den Räumen Bisulfitdosierung und im Bereich des Lamellenklärsers.• Mediumbeständige Versiegelung im Tankraum und in den Lagerbereichen von gefährlichen Stoffen. |
| Deckenuntersicht: | <ul style="list-style-type: none">• Stahlbeton Sicht im Dienstbereich / Treppenhaus und Bereich Ozonung• Trapezblech feuerverzinkt im Bereich Filtration.• Abgehängte Metalldecke im WC.• Dispersionsanstrich |
| Boden: | <ul style="list-style-type: none">• Hartbetonbelag imprägniert• Fugenlose PUR-Beschichtung. in dem Raum Bisulfitdosierung und im Bereich des Lamellenklärsers.• 2K-Versiegelung in den Technikräumen (Trafo, NSHV, Notstrom, HLKS allgemein, HLK Ozonung, Ozonerzeugung, Analytik, Lager, etc.)• Mediumbeständige Versiegelung im Tankraum und in den Lagerbereichen von gefährlichen Stoffen.• Feinsteinzeug im Treppenhaus und im WC |
| Treppe | <ul style="list-style-type: none">• Treppenläufe aus Ortbeton.• Trittstufen mit rutschfester Epoxidharzbeschichtung, CNS Kantenprofile |

7.5 Fenster & Türen

Fenster, Türen und Tore sind in Metall geplant und erhalten die Oberflächenfarbe NCS 8502 Y an der Aussenhülle und RAL 7016 im Gebäudeinneren.

Zu jedem Brandabschnitt sind Brandschutztüren (mit Türschliesser) gem. Brandschutzkonzept vorgesehen.

- | | |
|----------|---|
| Fenster: | <ul style="list-style-type: none">• Metallfenster mit 3-fach Isolierverglasung.• U-Wert nach Angabe Bauphysiker. . 0.70 W/m²K• öffnbare Flügel zum Putzen.• Farbe einbrennlackiert NCS 8502 Y |
| Türen: | <ul style="list-style-type: none">• Metalltüren (Profilrahmentüren) teilweise mit verglasten (ESG oder VSG) Türblätter. Drücker CNS rund mit Langschild.• Farbe Türblatt und Zarge: RAL 7016 |
| Tore: | <ul style="list-style-type: none">• Sektionaltore mit verglasten Paneelen.• Schlupftür als Notausgang aus dem Bereich Filtration.• U-Wert nach Angabe Bauphysiker 1.00 W/m²K• Farbe Rahmen und Sandwichpaneelen: NCS 8502 Y |

7.6 Fluchtwege / Treppenturm

Fluchtsteg entlang der Westfassade:

- Konsole aus T-Profilen feuerverzinkt
- Gitterrost mit Maschenweite 30-11 feuerverzinkt
- Industriegeländer mit feuerverzinkten Stahlpfosten und Handlauf CNS

Aussentreppe / Fluchttreppe

- Stahltreppe (Wagentreppe) feuerverzinkt
- Gitterrost mit Maschenweite 30-11 feuerverzinkt
- Stahlstütze gem. Statik feuerverzinkt
- Handlauf CNS
- Aussenverkleidung (Beplankung) Streckmetallpaneelen R43x13x2.5x1.



Abbildung 32: Ansicht Süd-West mit Fluchttreppe (I.)

7.7 Geländer

Es sind feuerverzinkte Industriegeländer mit CNS Handlauf bei den Treppen vorgesehen.

7.8 Schliessanlage (Tor- und Zutrittsanlage)

Aussenhaut gesichert mit elektromechanischen Schlössern (SN EN 179 bei den Notausgängen)

8 Energieversorgung

8.1 Generell

Die von der IBG geplanten Gewerke und Komponenten wurden grösstenteils in die übergeordneten Planunterlagen der Hunziker Betatech AG übernommen.

Weitere Details siehe auch Energieversorgungsschema in der Beilage.

Bedingungen

Das vorliegende Konzept mit Kostenschätzung erfüllt die aktuell gültigen Richtlinien. Die aktuellen Richtlinien sind insbesondere:

- EN 60204-1
- Eidgenössisches Starkstrominspektorat: Weisungen für elektrische Installationen in Abwasserreinigungsanlagen.
- SIA Norm 118 Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten
- SIA Norm 137: Elektrische Anlagen
- NIN, Normen des SEV
- Regionale Werkvorschriften
- Vorschriften des zuständigen EVU
- Vorschriften der Swisscom AG
- Vorschriften über EMV-Schutz (Empfehlung)
- Vorschriften SUVA über Personenschutz
- Vorschriften SUVA über Explosionsschutz
- Vorschriften SUVA über Arbeitssicherheit
- Vorschriften SUVA über Sichere Biogasanlagen
- Vorschriften der Feuerpolizei
- Leitsätze des SEV über Blitzschutzanlagen

Grundsätzlich wird die Energieversorgung gemäss der Studie der generellen Energieversorgung (GEV) vom AVM umgesetzt.

EMSRL-Konzepte ARA Morgental

Grundsätzlich wird die Energieversorgung gemäss der Studie der generellen Energieversorgung vom AVM umgesetzt.

Das vorliegende EMSRL-Bauprojekt mit dem Kostenvoranschlag erfüllt die aktuell gültigen Richtlinien und Konzepte auf der ARA Morgental. Diese bilden einen integrierten Bestandteil dieses Kostenvoranschlags. Punkte, welche in diesen Richtlinien geregelt/definiert sind werden an dieser Stelle nicht nochmals wiedergegeben.

8.2 Mittelspannungsversorgung / Trafostation

Im geplanten Neubau für die Elimination von Mikroverunreinigung ist genügend Platz für die neue **Trafostation Süd** eingeplant.

Geplant sind sechs Mittelspannungsfelder und zwei Transformatoren zur Versorgung der kompletten Anlage. Mit einem Einspeisefeld und der Messung erhält die Trafostation Süd eine eigene Einspeisung ab dem Verteilnetz der Elektrizitätsversorgung Steinach.

Ebenfalls erhält die TS Süd zwei Mittelspannungsfelder um vorerst eine Verbindungsleitung zur TS Nord zu realisieren. Die Anschlussgebühren sind hierfür im Kostenvoranschlag enthalten.

Die Gebäudeanforderungen für die Trafostation sind verhältnismässig klein. Für die Mittelspannungsanlage sind Kabeldurchführungen für Mittel- und Niederspannungskabel zu erstellen. Die neuen Transformatoren werden auf Trafolaufschienen gestellt, welche auf Bodenhöhe in die Bodenplatte eingelassen sind. Die Raumgrösse lässt eine allenfalls spätere Vergrösserung auf 1000 kVA Transformatoren ohne bauliche Anpassungen zu. Die Öl-Auffangwannen befinden sich direkt unterhalb der Transformatoren im Kabelkeller.

Die Mittelspannungsanlage wird als geschottete und luftisolierte Anlage ausgeführt. Eine wartungsarme und wartungseinfache Mittelspannungsanlage in dieser Grösse ist versorgungstechnisch sehr von Vorteil. Der Sekundärkastenaufbau beinhaltet sämtliche Steuerungskontakte betreffend Synchronisation der Notstromgeneratoren, Sekundärschutzrelais, Überwachung, Ein- und Ausschaltbefehle. Die Druckentlastung kann bei solchen Anlagen unterschiedlich und nach Kundenwunsch ausgeführt werden.

Das für die ARA Morgental vorgesehene Verfahren ist sehr leistungs- und energieintensiv. Mit der Energieversorgung sind Aggregate, Armaturen und Einrichtungen mit folgenden Leistungen zu versorgen.

- Pumpwerke ca. 250 kW
- Ozonanlage ca. 470 kW
- Filteranlage ca. 220 kW
- Hilfsbetriebe ca. 125 kW
- Biologie 2025 ca. 390 kW
- Infrastruktur (Annahme) ca. 200 kW

Die maximale Leistungsaufnahme der beiden Ozongeneratoren beträgt je rund 150 kW.

Die obige Zusammenstellung zeigt, dass der Betrieb eine Trafoleistung von ca. 2 x 630 kVA nötig ist. Die Leistungsangaben entsprechen den installierten Leistungen.

Im Zusammenhang mit der Ausführungsplanung muss die gesamte Energieversorgung auf der ARA Morgental mit dem Netzberechnungsprogramm NEPLAN neu berechnet und die Schutzeinrichtungen überprüft werden.

8.3 Energieversorgung Niederspannung (NSHV)

Die Niederspannungsversorgung ab den beiden Trafos wird auf die NSHV eingespeist. Diese ist in zwei Sektionen aufgeteilt, wobei jeder Trafo eine Sektion einspeist. Beim Ausfall eines Trafos oder bei Revisionsarbeiten können die beiden Sektionen zusammengekuppelt werden und ab einem Trafo versorgt werden.

Die Erschliessung der Notstromversorgung ist so konzipiert, dass beide Sektionen individuell mit Notstrom versorgt werden kann.

Ab der neuen NSHV EMV werden die entsprechenden Schaltgerätekombinationen mit Niederspannung versorgt. Zu einem späteren Zeitpunkt soll zudem die Niederspannungsverbindung der Biologie ab der NSHV EMV erfolgen.

8.4 PV-Anlage

Auf dem Flachdach der MV Stufe wird durch den Solarverein SASO eine PV-Anlage installiert. Mit der vorgesehenen Dachfläche kann eine Anlage von ca. 150 kWp realisiert werden.

Die Energiegestehungskosten belaufen sich auf ca. 0.31 Fr./kWh (während 25 Jahren).

Die Anlage wird im Falle einer Realisierung dem KEV angemeldet und analog den übrigen PV-Anlagen auf der ARA Morgental gemessen.

Für die Swissgrid besteht neu die Möglichkeit, auf der gleichen Parzelle mit zwei Einspeisepunkten zwei PV-Anlagen zu betreiben.

Die Platzierung der **Wechselrichter** ist im EMV-Gebäude, direkt bei der NSHV geplant. Alternativ kommt auch eine Platzierung OG des Filtergebäudes in Frage.

In der NSHV sind entsprechende Leistungsabgänge inkl. Zählerplatz und Messung vorgesehen.

Entsprechend dieser Betreibersituation sind lediglich die Kosten für die Infrastruktur (Einspeiseschalter etc.) und nicht die PV-Anlage in dem Kostenvoranschlag enthalten. Die Schnittstelle bildet dabei der Einspeiseschalter in der NSHV.

8.5 Energiemessungen (400 VAC)

Um den Energieverbrauch der einzelnen Anlagenteile zu erfassen werden diese mit Privatmessungen erfasst und auf das Protokollierungssystem aufgeschaltet. Folgende Teilmessungen sind vorgesehen:

- Messung MV Trafo 1
- Messung MV Trafo 2
- Ozonreaktoren
- Filteranlage
- Pumpwerke (Zwischenpumpwerk und EMV-Pumpwerk)
- Hilfsbetriebe und HLK Anlagen
- Produktion PV-Anlage
- Produktion Notstromdiesel (NEA)

Die detaillierten Energiemessungen sind im Bereich MSRL angesiedelt. Zwischenpumpwerk und EMV-Pumpwerk werden getrennt gemessen.

Die Energieerfassung erfolgt nach den Richtlinien des BAFU/VSA.

8.6 Notstromkonzept

Die verfahrenstechnischen Anlagen sind grundsätzlich nicht mit Notstrom versorgt. Die heutigen Einrichtungen sind selbst für eine punktuelle Notstromversorgung zu klein und müssen mit einem entsprechenden Notstromaggregat ergänzt werden.

Vorgesehen ist ein **Notstromdieselaggregat** (Notstromgenerator) mit einer Leistung von 550 kVA (kW). Die **Autonomiezeit** der Notstromanlage ist mit ca. 400 kVA auf 1 ½ Tage ausgelegt. Entsprechend ist der Tankraum für den Diesel dimensioniert.

Die NSHV EMV wird ab der Notstromschiene mit Notstrom versorgt. Damit ist die Nachladung der USV und der Betrieb einiger wichtiger Aggregate und Messungen bei Netzausfall gewährleistet.

Das Notstromkonzept ist so konzipiert, dass mittels der zentralen Notstromsteuerung das bestehende BHKW sowie der Notstromgenerator parallel betrieben werden kann. Dabei übernimmt der Notstromdiesel die Masterfunktion und das BHKW synchronisiert sich auf den Notstromdiesel. Die dafür erforderlichen Kosten sind vollumfänglich im Kostenvoranschlag enthalten.

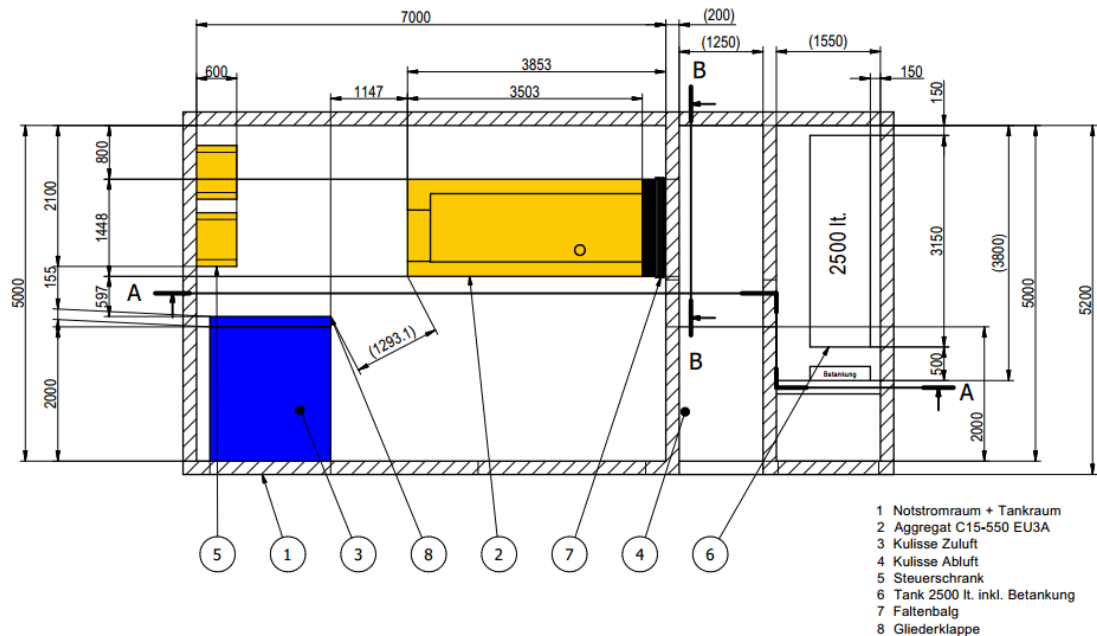


Abbildung 33: Grundriss Notstromdieselaggregat mit Dieseltank [Avesco]

8.7 Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung (USV)

Für die Versorgung der wichtigsten Anlagenteile und vor allem der Automatisierung ist eine separate USV vorgesehen. Es wird eine 10 kVA Anlage mit einer Autonomiezeit von 1h erstellt. Die Anlage wird sowohl mit einem internen und einem externen Bypass Schalter ausgerüstet.

Die Einspeisung ab einer bestehenden USV ist auf Grund der langen Distanzen und damit verbundenen Probleme bei den Kurzschlussströmen nicht möglich.

8.8 Elektroinstallationen

Allgemeine Gebäudeinstallationen

a) Befestigungen, Kabelkanäle

Es werden wenn möglich feuerverzinkte Metall-Kanäle und -Leitern installiert.

In allen Bereichen sind den Umgebungsbedingungen entsprechende Metallkanaltrasse feuerverzinkt ohne Deckel vorgesehen. Bei Ausseninstallationen und in korrosionsgefährdeten Räumen sind Installationen in V2A vorgesehen. In Steigzonen sind Kabelleitern vorgesehen.

Eine saubere Ordnungstrennung der verschiedenen Medien (Starkstrom, Schwachstrom) ist Bedingung.

Der grobe Trasseverlauf wurde gemäss den aktuellen Anlagengegebenheiten und den Vorgaben vom AVM ausgelegt. Der Trasseverlauf ist in den Planunterlagen ersichtlich.

b) Starkstrom

In den verfahrenstechnischen Räumen wird Aufputz (AP) installiert. In den nicht verfahrenstechnischen Räumen sowie im Kommandoraum werden die Installationen Unterputz (UP) ausgeführt. Es werden ausschliesslich halogenfreie Materialien eingesetzt.

c) BUS-Installationen

Für das PLS-System sowie die Verbindung unter den einzelnen dezentralen Peripherien wird ein leistungsfähiges Netzwerk in Bustechnik realisiert. Ebenfalls werden die Frequenzumrichter mittels Bus-System erschlossen. Dies entspricht dem Kommunikationskonzept der AVM.

Die Topologie wird entsprechend dem bestehenden Automatisierungskonzept und gemäss dem Kommunikationskonzept realisiert.

d) Steckdosenkästen

Auf der ganzen Anlage werden Hartgummiverteiler mit integriertem FI-Schutz eingesetzt. Die Disposition ist in den Planunterlagen definiert.

e) Beschriftungen

Auf der ARA Morgental ist ein einheitliches Beschilderungs- und Beschriftungskonzept realisiert. Die Beschriftung erfolgt gemäss gültigem Konzept.

Der grobe Trasseverlauf wurde gemäss den aktuellen Anlagengegebenheiten und den Vorgaben vom AVM ausgelegt. Der Trasseverlauf ist in den Planunterlagen ersichtlich.

Sicherheitsschalter (SUVA-Schalter)

Die gemäss SUVA Richtlinien vorgeschriebenen Sicherheitsschalter werden bei den jeweiligen Aggregaten platziert. Es wird die indirekte Abschaltung eingesetzt.

Der Sicherheitsschalter dient zugleich als Bedienelement im Notbetrieb, sollte die Automatisierung nicht zur Verfügung stehen.

Doppelboden

Beim NSHV-Raum sowie im Schaltschrankraum ist über die gesamte Raumfläche die Installation eines Doppelbodens (Höhe: 70 cm) zur optimalen Elektroinstallationserschliessung vorgesehen.

Verfahrensinstallationen

Die Installation der Aggregate erfolgt generell direkt ab der UW06.

Der Haupttrasse-Verlauf sowie die Steigzonen sind den Gegebenheiten entsprechend zu erstellen. Die Stark- und Schwachstrominstallation werden ordnungsgemäss und nach Vorschriften separat verlegt.

Pneumatik / Druckluft

Für die Ansteuerung der Pneumatikschieber mit Druckluft sind Pilotventilkästen (PVKs) vorgesehen. Die Kästen sind nach lokaler Zusammenfassung der Pneumatikschieber dezentral angeordnet.

Die Pneumatikverschlauchung erfolgt, so weit wie möglich, über das Kabeltragsystem. Die Feinverteilung zwischen dem Kabeltragsystem und den Schiebern wird identisch behandelt wie bei den elektrischen Installationen.

Die Anschlüsse der Kunststoffschläuche an den Schiebern werden mit Winkelkupplungen ausgeführt. An den Pilotventilkästen sind dafür Steckkupplungen eingebaut.

Die elektrische Verkabelung der Magnetventile und die Endlagenrückmeldungen der Pneumatikschieber erfolgen aus den Pilotventilkästen.

8.9 Beleuchtungskonzept

Die Beleuchtung wird grundsätzlich nach dem generell auf der Anlage geltenden Beleuchtungskonzept erstellt, dieses definiert je Raum-/Anforderungstyp die entsprechenden Leuchtmittel und die dazugehörige Beleuchtungssteuerung.

Aussen- und Arealbeleuchtung

Die Arealbeleuchtung erfordert eine Anpassung an die neuen Gegebenheiten. Die Ausführung erfolgt gemäss aktuellem Beleuchtungskonzept.

Innenbeleuchtung

Die Auswahl der Leuchten erfolgt in enger Zusammenarbeit mit der Bauherrschaft. Grundsätzlich werden Leuchtmittel mit der Schutzart IP54 verwendet.

Die Ausführung erfolgt nach dem Beleuchtungskonzept der AVM. Das Konzept definiert ARA-übergreifend Raumtypen mit entsprechend Leuchttypen, Ansteuerung und besondere Spezifikation wie IP-Schutzklasse, EX-Zone, Montageart etc. Jeder Raum/Bereich ist einem Raumtyp zugeordnet. Nebst der Funktionalität wurde Energieeffizienz in der Beleuchtungsevaluation grosse Aufmerksamkeit geschenkt.

Notbeleuchtung

Das Beleuchtungskonzept sieht für den Netzausfall in den wesentlichen Räumen ein Notbeleuchtungssystem vor. Die Anlage wird zentral überwacht. Das auf der AVM geltende Notlicht-Konzept (z.B. Handleuchten im Treppenhaus) wird folglich erweitert respektive beibehalten.

Zur Signalisation der Ausgänge werden Fluchtweg Leuchten an den entsprechenden Orten montiert.

8.10 Kommunikation

8.10.1 LWL-Ring

Der über die gesamte ARA erschlossene „kleine“ LWL-Ring wird gemäss Kommunikationskonzept AVM durch die Einbindung der EMV auf den „grossen“ LWL-Ring erweitert respektive fertiggestellt.

Der LWL-Ring bildet den zentralen Kommunikationsweg sämtlicher auf der ARA auflaufenden Daten seitens der Prozess- und Bürowelt. Entsprechend der zentralen Wichtigkeit dieses Kommunikationswegs erfolgt die LWL-Erschliessung redundant als Ring-Topologie.

8.10.2 W-LAN / LAN

Die Anlage wird mit einem WLAN-Netz ausgerüstet. So kann die Anlage über ein Notebook oder ein Tablet bedient werden. Dennoch kann auf die Realisierung einer PLS-Bedienstation nicht verzichtet werden.

Das Büro LAN ist vollständig vom Automatisierungsnetzwerk getrennt. Das Netzwerk wird ebenfalls in den entsprechenden EMSRL Raum gezogen und dort aufgeschaltet. Eine Realisierung von Arbeitsplätzen im Bereich Büro LAN ist entsprechend vorgesehen, die UKV-Verkabelung wird entsprechend realisiert.

Sämtliche Datenleitungen (PLS, Büro LAN, Telefonie, etc.) werden grundsätzlich über einen UKV Verkabelung an die EMSRL Zentrale angeschlossen.

8.10.3 Telefonanlage / Personenschutz

Die bestehende Telefonanlage wird auf die neuen Räumlichkeiten ausgedehnt. In der Telefonanlage ist auch der Personenschutz („Allein arbeitende Personen“) integriert.

8.10.4 Videoanlage

Es ist eine Videoüberwachungsanlage bei der Abladestelle des Sauerstofftanks vorgesehen. Das System wird in die bestehende Anlage eingebunden.

8.11 Warnanlagen (Brand, Gas, Ozon)

Brandmeldeanlage

Das bestehende Brandmeldekonzept wird nach den geltenden Vorschriften ergänzt und auf die neuen Räumlichkeiten ausgedehnt. Die Kosten der BMA-Installation sind im Kostenvoranschlag der IBG enthalten. Zur Installation der BM-Anlage ist ein Vollschutz angedacht. Die Komponenten der BMA (Zentrale, Melder etc.) sind im Teil BGG enthalten.

Gaswarnanlage

Es sind keine Gaswarnanlagen vorgesehen.

Ozon

Die kritischen Räume werden mittels Ozonmeldern überwacht, welche einen Voralarm und Hauptalarm auslösen. Die entsprechenden Alarmstufen lösen verschiedene Massnahmen automatisch aus.

Sauerstoff- und Ozonmessungen inkl. deren Auswerteinheiten und Alarmierung ist vorgehen und Bestandteil des Lieferanten der Ozonanlage.

8.12 Erdung, Potentialausgleich, Korrosionsschutz

Die Installation der Erdung und des Potentialausgleichs werden gemäss dem auf der ARA Morgental geltenden Erdungs- und Blitzschutzkonzept ausgeführt. Für die elektrischen Schaltschränke sieht das Erdungskonzept einen sternförmigen Aufbau des Erdungssystems mit den verschiedenen Erdsystemen, wie Schutzerdung, Schirmerdung, Speise und Regeln-Null-Erdung vor.

Seitens der Verfahrenstechnik liegen keine speziellen Anforderungen im Bereich des Korrosionsschutzes vor, folglich sind keine Abgrenzeinheiten vorgesehen.

8.13 Blitzschutz

Die inneren und äusseren Blitzschutzmassnahmen erfolgen mittels Erschliessung von exponierten und ausgedehnten metallischen Konstruktionen, sowie mit Blitzstrom- und Überspannungsableiter in den elektrischen Verteilanlagen und Installationen gemäss dem auf der ARA Morgental geltenden Erdungs- und Blitzschutzkonzept (siehe Beilage).

Für externe Geräte, insbesondere diejenigen, welche aussen aufgestellt werden, sind entsprechende Überspannungsschutzeinrichtungen vorgesehen.

Der komplette äussere Blitzschutz wird gemäss den aktuellen Blitzschutznormen durch den Spengler erstellt.

8.14 Tor- und Zutrittsanlage

Das bestehende Schliesskonzept wird beibehalten. Entsprechend sind keine online Türen vorgesehen.

9 MSRL-Konzept

9.1 Grundsätzliches zum MSRL-Konzept

Als Basis dient das MSRL-Konzept, welches auf der ARA Morgental seit Jahren angewendet wird. Dieses hat sich bewährt und soll deshalb auch für künftige Erweiterungen beibehalten werden.

In der Kostenschätzung wurde der bis anhin für Ozon- und Filteranlagen bekannte Umfang von Mess-, Steuer-, Regelungs- und Leittechnik-Einrichtungen (MSRL) für Anlagen der Grössenordnung der ARA Morgental berücksichtigt. Grundlage dazu bilden die Vorgaben der Lieferanten der künftigen verfahrenstechnischen Einrichtungen, die technischen Angaben des Verfahrensingenieurs und die im Zeitpunkt der Bauprojekterstellung gültigen R+I-Schemata des Gesamtplaners.

9.1.1 Anlagekennzeichnung

Die Anlagekennzeichnung soll weiterhin wie bis anhin angewendet werden. Alle Änderungen an Anlagen, Aggregaten und Installationen sind dem bestehenden Anlagekennzeichnungssystem des AVM entsprechend zu beschriften.

9.1.2 MSRL-Dokumentation

Im Zusammenhang mit den Erweiterungen der MSRL-Einrichtungen ist die bestehende Anlagedokumentation nachzuführen und zu erweitern. Zu berücksichtigen sind dabei folgende Unterlagen:

- R+I-Schema inkl. Anlagekennzeichnung
- Funktionsbeschriebe im Klartext
- Eventuelle Anpassungen der bestehenden MSRL-Richtlinien des AVM
- Elektroausführungsschemata
- Komponentendokumentation

9.2 Steuerungskonzept

Das Steuerungskonzept basiert auf dem Einsatz von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). Für die Sicherheit von Personen und Aggregaten werden sicherheitsrelevante Signale zusätzlich zur SPS direkt in den Steuerstromkreisen der Aggregate verknüpft, damit diese auch unabhängig von der SPS abgeschaltet werden können.

Es ist vorgesehen, dass sämtliche Aggregate unabhängig von der SPS bedient werden können. Dazu werden vor Ort bei den Aggregaten Bedienelemente montiert, welche gleichzeitig die von der SUVA geforderten Sicherheitsfunktionen beinhalten. Sicherheitsrelevante Abschaltungen sind auch im Handbetrieb aktiv.

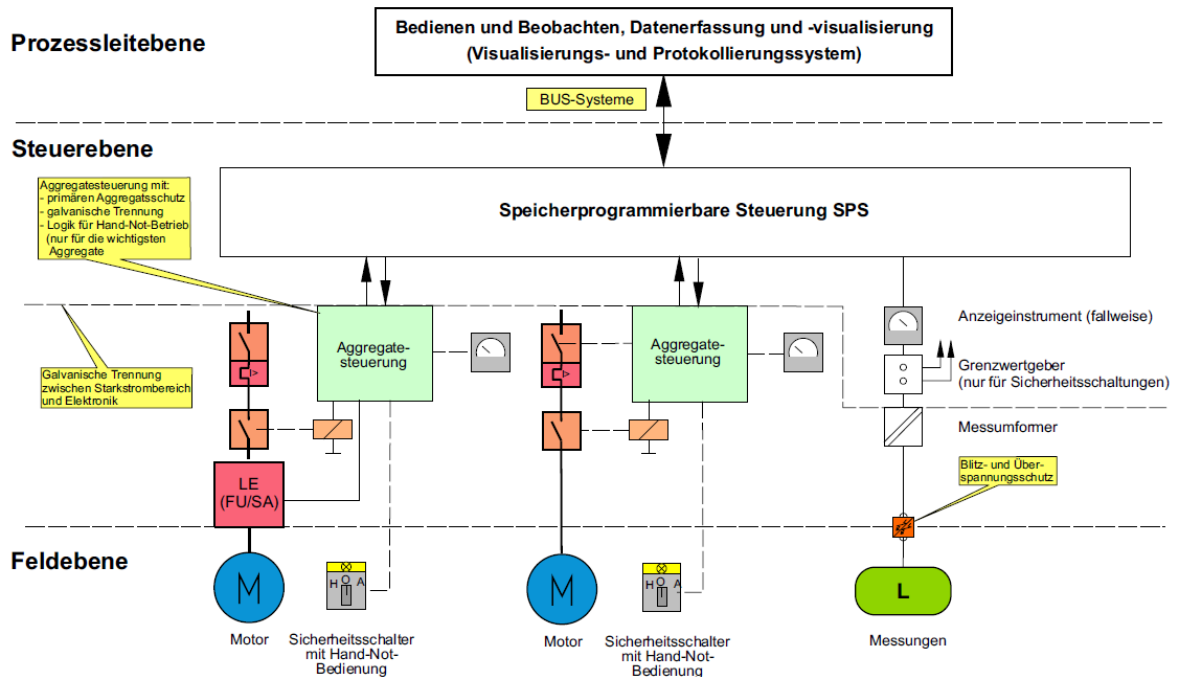


Abbildung 34: Steuerungskonzept der ARA Morgental

9.3 Automatisierungs- und Prozessleitsystem (SPS & PLS)

Für das Bedienen und Beobachten der Anlagen verfügt die ARA Morgental über ein modernes Prozessleitsystem (PLS). Das PLS wurde in den letzten Jahren auf den neuesten Stand gebracht. Dieser Stand ist auch zum heutigen Zeitpunkt noch aktuell. Das System lässt sich nahezu beliebig modular erweitern und ermöglicht auch künftige Anforderungen vollumfänglich zu erfüllen. Die bestehende Software kann übernommen und erweitert werden. Eventuell ist zum Zeitpunkt der Anlageerweiterung auch ein Austausch der PC- respektive Server-Hardware notwendig. Entsprechende Kosten sind im Kostenvoranschlag berücksichtigt.

Aufgrund der Komplexität der künftigen Ozon- und Filteranlage und den räumlichen Distanzen innerhalb der ARA soll für diese Anlage ein zusätzlicher PLS-Client vor Ort installiert werden. Dazu ist es notwendig, das PLS der ARA Morgental entsprechend zu erweitern.

An den dezentralen PLS-Clients kann jeweils die gesamte ARA Morgental bedient und beobachtet werden.

Für Serviceleistungen sind tragbare Terminals wie z.B. iPad vorgesehen. Diese Geräte werden über ein AVM-spezifisches Wireless-Netzwerk (WLAN) mit dem Prozessleitsystem respektive mit dem IT-Netz der ARA Morgental vernetzt. Die Kosten für das WLAN sind im KV des E-Teils berücksichtigt.

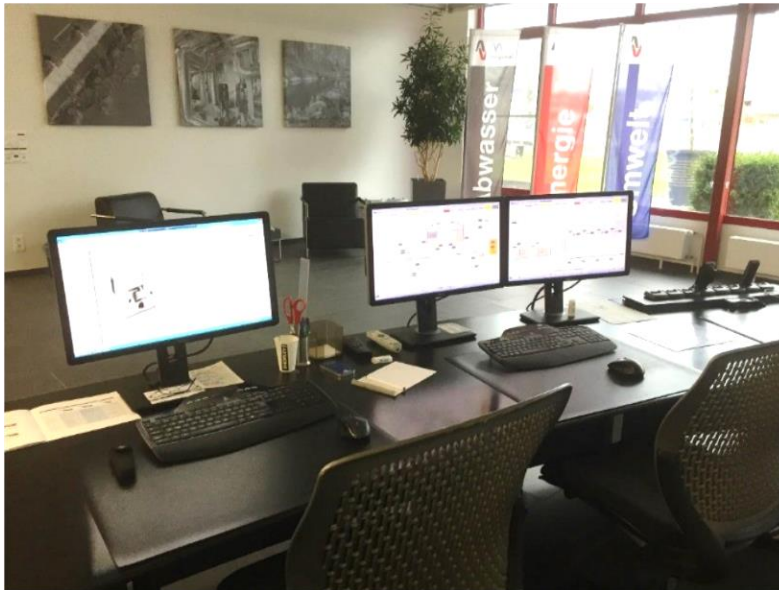


Abbildung 35: Foto der zentralen PLS der ARA Morgental

9.3.1 Einbindung ins Automatisierungs- und Prozessleitsystem der ARA

Für die künftigen Anlagen wurde der identische automatisierungstechnische Aufbau gewählt wie für die Einrichtungen der ARA Morgental. Dieser Standard hat sich in den vergangenen Jahren bestens bewährt.

Damit kann auch die neue Ozon- und Filteranlage über bewährte Automatisierungs-Grundfunktionen verfügen wie die bestehenden Automatisierungs- und Prozessleitsysteme (AS&PLS) der ARA.

Die Einbindung ins Automatisierungs- und Prozessleitsystem der ARA Morgental erfolgt durch die Erweiterung der bereits vorhandenen BUS-Systeme. Die dazu vorzusehenden Kabelverbindungen sind mit Lichtwellenleitern vorgesehen (LWL) und im Kostenvoranschlag des E-Teils berücksichtigt.

9.3.2 Alarmierungseinrichtung

Die Alarmierungseinrichtungen der ARA Morgental sind auf dem neuesten Stand. Für die künftigen Anlageerweiterungen lassen sich die Systeme entsprechend erweitern und anpassen.

Mit der Einbindung der EMSRL-Einrichtungen in das ARA-Automatisierungssystem werden gleichzeitig alle neuen Anlageteile auf das Alarmierungssystem aufgeschaltet. Es sind deshalb keine zusätzlichen Massnahmen notwendig.

9.3.3 ARA-Betriebsdatenerfassung

Das ARA-Betriebsdatenerfassungssystem (BDE) ist Bestandteil des ARA-Prozessleitsystems. Alle künftig innerhalb der künftigen Ozon- und Filteranlage anfallenden Daten wie z.B. Prozesswerte, Schaltzustände von Aggregaten, Energiewerte usw. werden in das BDE eingebunden. Auf Grund der räumlichen Distanzen soll nebst der Visualisierung in der ARA Zentrale künftig auch eine Visualisierung vor Ort ermöglicht werden.

9.4 Fremdsteuerungen

Verschiedene verfahrenstechnische Teilanlagen, wie z.B. die Ozongeneratoren und die Restozonvernichtungsanlagen, werden als fertige, installierte und in sich abgeschlossene Einheiten angeliefert. Diese Anlagen werden jedoch vollumfänglich in das übergeordnete Automatisierungs- und Prozessleitsystem der ARA Morgental eingebunden. Der Signalaustausch erfolgt je nach Anforderung mit BUS-System und mit digitalen und analogen Signalen. Die Details dazu werden im Ausführungsprojekt festgelegt.



Abbildung 36: Beispiel eines Ozongenerators mit autonomer Steuerung

9.5 Schalt- und Steuerschränke

Die Schalt- und Steuerschränke werden so geplant, dass die Laststromkreise und Leistungselektronik (z.B. Frequenzumformer) von den Messtechnik- und den Automatisierungseinrichtungen möglichst getrennt aufgebaut werden. Nebst den Schaltschrankfeldern für Einspeisung und Messtechnik sind weitere Felder für Grobabgänge, Laststromkreise, Leistungselektronik, Prozessmesstechnik und Automation vorgesehen.

Der Einsatz von Frequenzumformern führt zu erheblichen Wärmeverlusten im Elektroraum. Dies erfordert die Installation von entsprechenden Lüftungs- oder Klimatisierungseinrichtungen. Diese sind in der Planung der Lüftungseinrichtungen respektive im HLKS-Konzept entsprechend berücksichtigt.

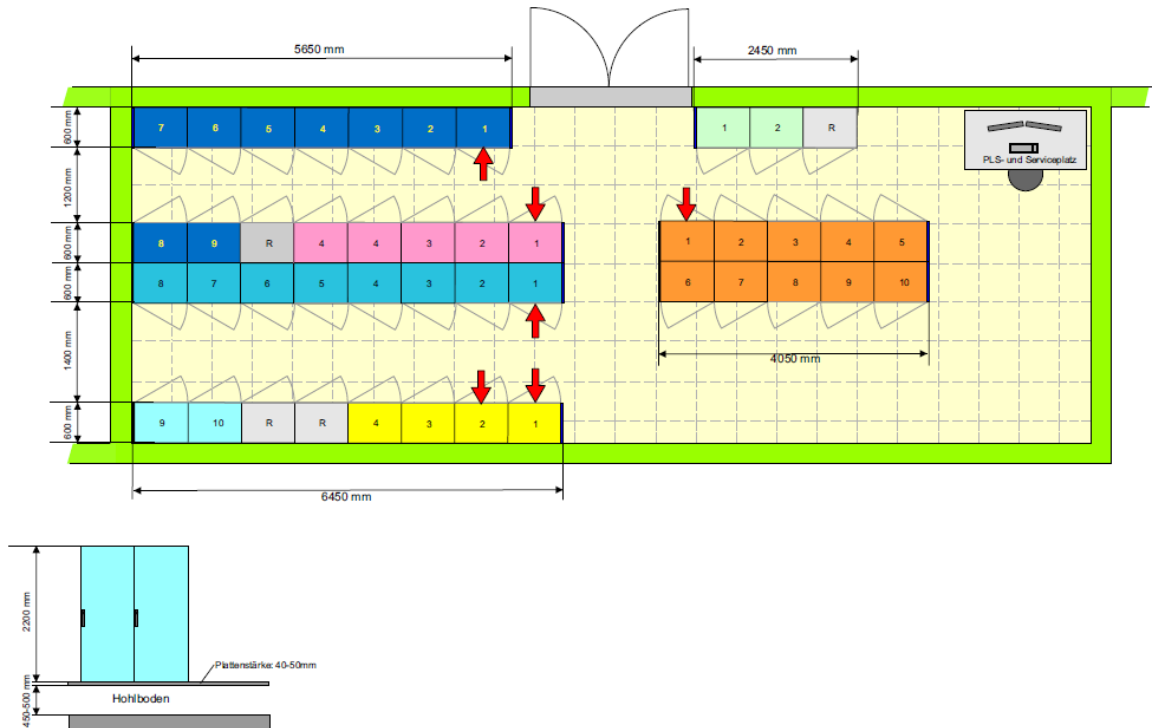


Abbildung 37: Layout der künftigen Unterverteilung und Unterwarte UW05

Fabrikate der Frequenzumformer, Sanftanlasser und Motorschutzschaltungen usw. werden im Bauprojekt keine definiert. In den Ausschreibungen werden die Produkte vorgegeben, wobei ein alternatives gleichwertiges Produkt nicht ausgeschlossen wird zur Vermeidung des Vorwurfs einer Wettbewerbsverzerrung.

Alle diese Komponenten sind in den Ausführungsrichtlinien des AVM definiert.

9.6 Prozessmesstechnik

Nebst den Messgeräten, welche zur Prozesssteuerung benötigt werden (Niveau-, Druck- und Durchflussmessungen), sind auch Messgeräte zur Anlageüberwachung (Maximum-Niveauschaltbirnen, Druckschalter, Thermostaten, Temperaturfühler usw.) vorgesehen.

Die vorgesehene Prozessmesstechnik geht aus dem R+I-Schema der verfahrenstechnischen Einrichtungen hervor.

Zusätzlich in den Kostenvoranschlag aufgenommen wurden zwei Sonden zur Messung des spektralen Absorptionskoeffizienten im Zu- und Ablauf der Stufe zur Spurenstoffelimination. Die Auswahl der Fabrikate und die anzuwendenden Messprinzipien erfolgen unter Berücksichtigung der beim AVM angewendeten Produkte und messtechnischen Standards.

Im Bereich HLK werden die Messungen üblicherweise vom HLK-Lieferanten geliefert und montiert. Diese Messungen sind deshalb im Kostenvoranschlag des HLK-Planers berücksichtigt.

Der Abfluss wird über die vorhanden Messung der ARA Morgental erfasst.

9.7 Sicherung der elektromagnetischen Verträglichkeit

Der Einsatz von Leistungselektronik für drehzahlveränderlichen Antriebe erfordert spezielle Massnahmen zur Erfüllung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).

Es ist erwiesen, dass sich infolge der eingesetzten Leistungselektronik Oberwellen ergeben und diese zu kurzzeitigen Spannungsanstiegen führen können. Solche sporadisch auftretenden Überspannungen können Defekte an den elektronischen und elektromechanischen Einrichtungen verursachen.

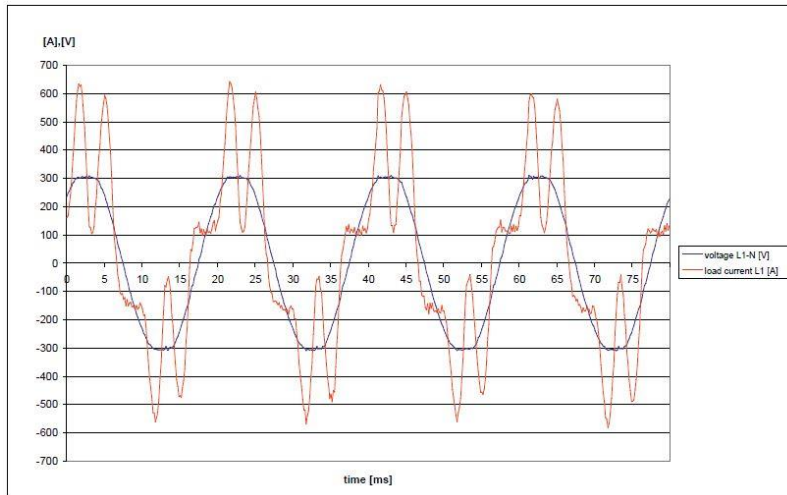


Abbildung 38: Beispiel erzeugter Oberschwingungen durch elektronische Betriebsmittel ohne Filter (Grafik: Schaffner EMV AG)

Zur Reduzierung von Oberwellen auf dem elektrischen Netz (auch Strom-Oberschwingungen genannt) werden passive oder aktive Filtermethoden angewendet. Auf Grund der künftigen Situation eignen sich zur Reduzierung von Oberwellen ausschliesslich aktive Oberwellenfilter (AHF). Passive Filter können nur auf einen bestimmten Lastbereich ausgelegt werden. Damit können Oberwellen infolge dynamischer Lastwechsel nicht oder nur teilweise kompensiert werden.

Im Bauprojekt und Kostenvoranschlag ist deshalb der Einsatz von AHF vorgesehen.

Der Einsatz von aktiven Filtern bringt weitere Vorteile mit sich, wie z.B.:

- Die Kompensation der Blindleistung und Verbesserung des $\cos \varphi$, dadurch kann auf den Einsatz von konventionellen Kompensationsanlagen verzichtet werden;
- Eine Reduzierung des elektrischen Stromflusses in den Netzzuleitungen;
- In verschiedenen Fällen auch eine Reduzierung der benötigten elektrischen Energie, weil die mit den Oberwellen verbundenen Leistungen reduziert werden;
- Eine generelle Verbesserung der Netzqualität durch Reduzierung des Strom-Klirrfaktors.

9.8 Brandmeldeanlage

In den neuen Elektroräumen und in den Schalt- und Steuerschränken sind Brandmelder vorgesehen. Das bestehende Brandschutzkonzept des AVM wird dazu entsprechend erweitert. Ziel ist eine Vollüberwachung mit Aufschaltung auf die kantonale Notrufzentrale (KNZ SG).

Die bestehende zentrale Brandmeldeanlage wird mit einer Unterzentrale in der EMV-Anlage entsprechend erweitert. Im Bauprojekt und Kostenvoranschlag MSRL sind dazu die Massnahmen zur Montage der Brandmeldefühler in den Schalt- und Steuerschränken sowie die Brandmelde-Unterzentrale berücksichtigt. Die Kosten für die Elektroinstallationen sind im KV der Energieversorgung berücksichtigt.

Die Gebäudeversicherung des Kantons St. Gallen subventioniert die Kosten für die Erstellung und Beschaffung von automatischen Brand- und Gasmeldeanlagen mit 30%, wenn sie als Vollschutz oder Vollüberwachung ausgeführt sind. Im Ausführungsprojekt ist deshalb ein entsprechendes Gesuch einzureichen.

10 HLKS-Konzept

Details zu den Konzepten sind dem jeweiligen Prinzipschema in der Beilage zu entnehmen.

10.1 Messkonzept

Folgende Messungen sind vorgesehen:

- Wärme: Messung der Abwärme- und Verbrauchergruppen
- Trinkwasser: Hauptmessung
- Brauchwasser: Hauptmessung und Messung der Verbrauchergruppen

10.2 Heizungsanlagen

Abwärme /Wärmenutzung

Bei der Ozon-Erzeugung fallen bis zu 244 kW Abwärme an, wobei von einer **mittleren Abwärme-Leistung von ca. 66 kW** ausgegangen werden kann. Diese soll primär für einen autarken Wärmehaushalt des EMV Gebäudes genutzt werden. Die anfallende Abwärme liegt auf einem tiefen Niveau von rund 25°C.

Die Wärmeabgabe in den Räumlichkeiten erfolgt über TABS (Thermoaktives Bauteilsystem) sowie über die Nacherwärmung der Zuluft. Folgende Räume werden mit TABS beheizt:

- WC im EG
- Hauptgang EG und OG EMV
- Gang EMV Pumpwerk
- Dispo 1 & 2 im OG

Da die Wärme nicht vollumfänglich über die Raumheizung genutzt werden kann, ist eine Rückkühlanlage im FreeCooling Betrieb auf dem Vordach vorgesehen. Insbesondere in den Sommermonaten ist die Kühlleistung des Rückkühlers aufgrund der hohen Aussentemperaturen begrenzt.

Zur Notkühlung im Sommer ist zusätzlich ein Kühlregister vorgesehen, welches mit Brauchwasser (gefiltertes Abwasser der EMV-Anlage) betrieben wird. Das Brauchwasser hat in den Sommermonaten Temperaturen von max. ~23°C. Das erwärmte Brauchwasser wird zur Hauptsache in die Vorlage bzw. das Spülwasserbecken rückgeführt. Die damit verbundene Erwärmung des Brauchwassers in den Spülbecken liegt bei ca. 0.7°C (Bedingungen Spülbecken: min. 100l/s Durchlauf, min. 60 m³ Füllvolumen). Als zusätzliche Sicherheit kann das Kühlregister auch mit Frischwasser betrieben werden.

Anfallende Abwärme:	Ca. 244 kW (von Ozongeneratoren, mittel PWW gekühlt)
Genutzte Abwärme:	66 kW <ul style="list-style-type: none">• Ca. 55 kW mittels TABS für die Beheizung der aufgeführten Räume• Ca. 11 kW mittels Nacherwärmung der Zuluft der belüfteten Räume
Wärmeabfuhr:	Ca. 244 kW <ul style="list-style-type: none">• bei tiefer Aussentemperatur mittels Rückkühler

- bei steigender Aussentemperatur mittels Brauchwasserkühlung
- mittels Frischwassernotkühlung bei einem Defekt der Brauchwasserkühlung

Aufgrund des hohen Modulationsbereichs der Ozonerzeuger werden für die Abführung der Abwärme je 2 Umwälzpumpen eingesetzt. Somit können die Umwälzpumpen den gesamten Modulationsbereich (Leistungsbereich) des jeweiligen Ozonerzeugers abdecken (Aufteilung Förderleistung: ca. 1/3, 2/3)

Isolation der Leitungen

Die Leitungen werden mit Steinwolle-Schalen isoliert und mit halogenfreiem Ekaplast ummantelt.

10.3 Lüftung

Die Lüftungs- bzw. Brandabschnitte (gemäss dem Brandschutzkonzept vom 01.12.2017 der Firma GLSEL+PARTNER AG) werden mittels Brandschutzklappen lüftungstechnisch abgetrennt.

Es sind keine EX-geschützten Lüftungskomponenten vorgesehen.

Lüftungsanlage Ozon-Erzeugung

Die Räume mit den Ozongeneratoren (inkl. Lagerraum; Reserveplatz für 3. Generator) und Restozonvernichter/Analytik werden über eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung belüftet. Die Lüftungsanlage wird im Raum Lüftung/WRG im Obergeschoss platziert und kann zweistufig betrieben werden.

Im Normalbetrieb erfolgt die Lüftung mit einem **5-fachen Luftwechsel**. Sie dient insbesondere zur Aufrechterhaltung des Raumklimas und zur Abfuhr der Wärmestrahlung der Ozongeneratoren und Restozonvernichter:

- Wärmeabstrahlung (Verlustleistung an Umgebung): max. 12 kW pro Ozongenerator, total 24 kW
- Wärmeabstrahlung (Verlustleistung an Umgebung): max. 0.7 kW pro Restozonvernichter, total 1.4kW

Im Havariefall kann die Luftmenge auf einen **10-fachen Raumlüftwechsel** (Sturmlüftung) gesteigert werden. Diese Umstellung erfolgt über Überwachung und Alarmierung der Ozonanlage, sobald ein bestimmter Ozongehalt in den jeweiligen Räumen überschritten wird.

Siehe auch Kapitel 5.6.6.

Lüftungsanlage Nebenräume

Die Nebenräume, wie WC, Pumpenräume, Maschinenraum, Lager, usw., werden ebenfalls mit einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung belüftet (Monobloc). Auch dieses Lüftungsgerät wird im Raum Lüftung/WRG im Obergeschoss platziert.

Die Berechnung der Luftmengen basiert auf einem **0.5-fachen Luftwechsel** in allen Räumen.

Gemäss vorliegenden Angaben handelt es sich beim Lamellenabscheider um ein geschlossenes Gefäss, aus welchem keine Feuchte austritt. Aus diesem Grund werden keine speziellen Vorkehrungen betreffend Entfeuchtung getroffen.

Lüftung Trafo

Der Traforaum wird natürlich belüftet. Es werden zwei Wetterschutzgitter an der Aussenwand vorgesehen.

Lüftung Notstrom

Die Belüftung des Notrom-Diesels inkl. Tank-Notstrom-Diesel erfolgt bauseits gemäss Firma IBG B. Graf AG Engineering.

Die Frischluftzufuhr (Verbrennungsluft und Raumlüftererneuerung) z muss gewährleistet sein und während der gesamten Betriebszeit dauernd störungsfrei und in ausreichender Menge erfolgen (z.B. Frischluftzufuhr aus dem Freien).

Zur Abfuhr der anfallenden Motorenabwärme wird idealweise eine künstliche Lüftung vorgesehen. Zwingende Auflagen bestehen jedoch nicht. Während des Betriebs, wird die gesamte Abwärme mittels Abluftventilator am Aggregat abgeführt.

Lüftung NSHV, Unterwarte, Wechselrichter

Die Räume werden über die Lüftungsanlage Nebenräume bzw. über die Lüftungsanlage Ozonerzeugung mechanisch be- und entlüftet.

Filtergebäude

Die Leitungsgalerie der Filtration wird ebenfalls künstlich über die Lüftungsanlage be- und entlüftet.

Das OG des Filtergebäudes (Becken der Schichtsandfilter) werden über Lamellengitter, natürlich belüftet.

10.4 Klima / Kälte

Die Räume NSHV, Unterwarte, Wechselrichter und Ozongeneratoren werden je über ein Kälte-Splitgerät gekühlt.

10.5 Sanitäranlagen

Frisch-/Warmwasser

Der Anschluss ans Frischwassernetz erfolgt östlich der Anlage auf der anderen Seite des Hochwasserdamms und wird östlich beim HLKS-Raum ins Gebäude geführt und an eine Verteilbatterie angeschlossen.

Die Leitung des Hochwasserdamms ist gemäss der Wasserversorgungsgenossenschaft Steinach besser unterhalten als der Anschlusspunkt beim Kraftwerk Morgental und ist zudem einfacher zu realisieren (bereits Leerrohr zur Strassenüberquerung vorhanden)

Von der Verteilbatterie abgenommen wird Strang 1 mit Netzdruck für die Notkühlung der Ozongeneratoren sowie für die einzelnen Schlauchhaspeln und Entnahmestellen. Der druckreduzierte Strang 2 führt auf die Apparate welche mit Kaltwasser versorgt werden müssen.

Das Warmwasser wird dezentral bei den Apparaten über Kleinspeicher bereitgestellt.

Alle Kalt- und Warmwasserleitungen werden in CNS 1.4401 erstellt. Die Frischwasserleitungen werden vorerst nicht isoliert.

Sanitärapparate

Es sind Sanitärapparate für die WC-Anlage EG, die Technikzentrale EG sowie in einem disponiblen Raum im OG vorgesehen. Die Anzahl und Ausstattung der Apparate erfolgte durch eine Vorauswahl des Sanitär Fachplaners. Es sind drei Handfeuerlöscher vorgesehen

Das Warmwasser für die WC Anlagen und den Putzraum wird über Elektro-Wassererwärmer sichergestellt.

Beim Lamellenklärer ist eine Augendusche vorgesehen. In der Anlage sind fünf Schlauchhaspel für die Reinigung einkalkuliert.

Für die Apparate der WC-Anlage im Erdgeschoss sind Installationselemente inklusive Beplankung eingerechnet.

Für das Dachwasser- und Bauwasserprovisorien wurden Budgetbeträge eingerechnet.

Brauchwasseranlage

Das nutzbare Brauchwasser aus den Spülwasserbecken wird über eine Druckerhöhungsanlage und einen automatischen Rückspülfilter auf den geforderten Druck und die vorgegebene Reinheit aufbereitet. Anschliessend wird das Brauchwasser zu dem Tauscher Kälte, den Sprinkleranlagen der Ozongeneratoren, dem Ozongenerator, dem Restozonvernichter, der Schaumfalle, der NaBi-Sulfit Anlage, der Flockmittelaufbereitung und den diversen Reinigungsstellen geführt.

Das Brauchwasser, welches für die Kühlung verwendet wird, soll anschliessend wieder in die Spülwasserbecken zurückgeführt werden. Die Leitungen werden in Kunststoff PE PN16 ausgeführt.

Kanalisation

Im Bauprojekt sind diverse Bodenabläufe eingeplant. Die Bodenabläufe, die bauseitigen Rinnen sowie die fäkalfreien Schmutzwasserstellen, werden einer Grundleitung zugeführt, welche in einen Pumpschacht UG führt. Von dort wird das Schmutzwasser über zwei redundante Tauchmotorpumpen zu der Freispiegelleitung hochgepumpt. Diese führt das Schmutzwasser anschliessend in die östliche äussere Kanalisationsleitung.

Das anfallende fäkalhaltige Schmutzwasser des WC wird an der Decke des UG ZWP-Raum gesammelt und direkt an diese Freispiegelleitung angeschlossen und in die öffentliche Kanalisation entwässert.

Regen- und Dachwasser

Das Regenwasser wird im OG über Einläufe gesammelt und primär direkt in den nördlichen Ablaufkanal eingeleitet.

Das Regenwasser wird im Geberit Pluvia-Unterdrucksystem erstellt. Mit diesem System können die Leitungen ohne Gefälle und in kleineren Dimensionen ausgeführt werden.

Im Erdgeschoss wird aufgrund der PV-Anlage auf dem Dach ein System erstellt, welches ermöglicht, das Regenwasser anhand einer Umschaltmöglichkeit in das Schmutzwasser zu führen. Alle Schmutz- und Regenwasserleitungen werden in PE-Geberit erstellt.

Isolation der Leitungen

Die Kalt-, Warm- und Regenwasserleitungen werden mit PIR-Schalen isoliert und mit halogenfreiem Ekoplast-Mantel umhüllt. Die Brauchwasserleitung wird mit Armaflex isoliert.

Wo nötig, werden die Wasserleitungen mit einem Frostschutzband ausgestattet.

10.5.1 Druckluft

Es sind zwei Kolbenkompressoren sowie ein Adsorptionstrockner vorgesehen um die vorgegebenen Druckluftanschlüsse mit öl- und fettfreier Druckluft zu versorgen.

Die angesaugte Luft strömt durch den Ansaugfilter und die beiden parallel angeordneten Zylinder. Nach dem Rückschlagventil wird die Druckluft bis zum Verbrauch im Behälter gespeichert.

Der Behälter des Kompressors hat einen Inhalt von 270 L. Der Volumenstrom beträgt 7.6 l/s. Der Ansaugdruck liegt bei 1bar, der Betriebsdruck bei 7bar und der maximale Arbeitsdruck bei 10bar.

Die Anforderungen an die Druckluft werden vom Ausrüster der Ozonanlage spezifiziert. Empfohlen wird die Qualitätsklasse 3 nach ISO 8573.1. Diese Qualität wird mit diesem System eingehalten.

Es werden diverse Steuerluftanschlüsse und Pneumatikventilschränke (PVK) für Prozessventile und Prozesspumpen angeschlossen. Bei den Steuerluftanschlüssen sind Abstellungen eingeplant.

Für allfällig höhere Anforderungen als die Qualitätsklasse 3, müssen vor den jeweiligen Komponenten bauseitig Filter geliefert und eingebaut werden.

Zusätzlich zu der Steuerluft sind Entnahmestellen mit Schnellkupplungen für andere Arbeiten vorgesehen. Bei allen Anschlüssen sind Abstellungen vorgesehen.

Der Bedarf an Druckluft für die Ozonanlage (ohne Filtration) beträgt gemäss Ausrüster:

- Luftverbrauch für die Ventile ca. 2.0 Nm³/h
- Luftverbrauch für Stickstoffzugabe max. 12.0 Nm³/h

Der Bedarf der Filtration beträgt gemäss Ausrüster:

- Luftverbrauch für die Ventile ca. 25.0 Nm³/h bei 10 bar

Hinzu kommen nochmals ca. 2-3 Nm³/h für die Pumpentechnik (Zwischenpumpwerk, EMV-Pumpwerk)

Alle Hauptleitungen werden in CNS 1.4401 ausgeführt.

11 Tiefbau- und Umgebungsplanung

Befestigte Flächen (Asphaltbelag), Grünflächen, chaussierte Flächen sowie deren Entwässerung und die Erschliessungsleitungen sind in beiliegendem Situationsplan der Wälli Ingenieure AG ersichtlich.

Stellriemen und Bundstein-Abschlüsse sind im Situationsplan ersichtlich. Die Grünflächen sollen möglichst maschinell geschnitten werden können (Abschluss Bundsteine).

11.1 Entwässerungskonzept

Rund um das Gebäude der EMV ist ein 50 cm breiter Abtropfstreifen aus Geröll für die Wasserableitung der Fassade/Betonwand vorgesehen.

Die nördliche, neue asphaltierte Zufahrt wird über die Schulter entwässert, während das Meteorwasser des Rangierbereich der Sauerstoffanlieferung gesammelt und in die angrenzende Meteorwasserleitung eingeleitet wird.

Entwässerung Fundament Sauerstofftank

Das Betonfundament wird idealerweise mit Gefälle in die Asphaltierte Zufahrt entwässert. Dadurch sind keine Öffnungen im Umkreis von 5 m vorhanden. Theoretisch könnte das Wasser auch versickern.

In einem anderen Projekt wurde das Fundament mit Gefälle in eine Rinne und in genügend Abstand zum Sauerstofftank mit der restlichen Platzentwässerung zusammen entwässert. Dies wurde als nicht optimal angeschaut, aber bewilligt.

Bei Tankanlagen mit tiefkalten flüssigen Gasen dürfen im Umkreis von 5 m um betriebsbedingte Austrittsstellen keine offenen Kanäle, keine Kanaleinläufe ohne Flüssigkeitsverschluss keine Öffnungen zu tieferliegenden Räumen und keine Luftansaugöffnungen vorhanden sein.

Gemäss den Regel der Technik Gase RG 450 der SVS ASS (Anlagen mit ortsfesten vakuumisolierten Kryobehältern für nicht brennbare Gase) dürfen sich innerhalb eines Abstandes von 5 m der Anlage und des Tankfahrzeuges keine unsiphonierten Kanalisationsabläufe, Kelleröffnungen, Vertiefungen etc. befinden.

11.2 Verkehrskonzept

Die Anlieferung des Sauerstoffs erfolgt ca. jeden Monat durch einen LKW (40 t). Das Konzept sieht vor, dass dieser rückwärts an den Sauerstofftank heran fährt und nach dem Abladen vorwärts über den Rangierbereich der Energiezentrale und Strasse wenden und das Gelände wieder verlassen kann.

11.3 Landschaftsplanung (PR Landschaftsarchitektur)

Die Umgebungsgestaltung um die EMV wird integrierend in die bestehende Gesamtanlage eingefügt. Die grossen Vegetationsflächen (Wiesen) werden mit Ökowiesentypen mit einer grossen Artenvielfalt angelegt.

Für die Bepflanzung der Bäume und Sträucher werden einheimische, standortgerechte Pflanzen gewählt. Es wird darauf geachtet, dass ökologisch wertvolle Flächen entstehen.

Der Treppenturm an der Westseite (Fluchtweg) wird allenfalls mit einer Ranke begrünt.

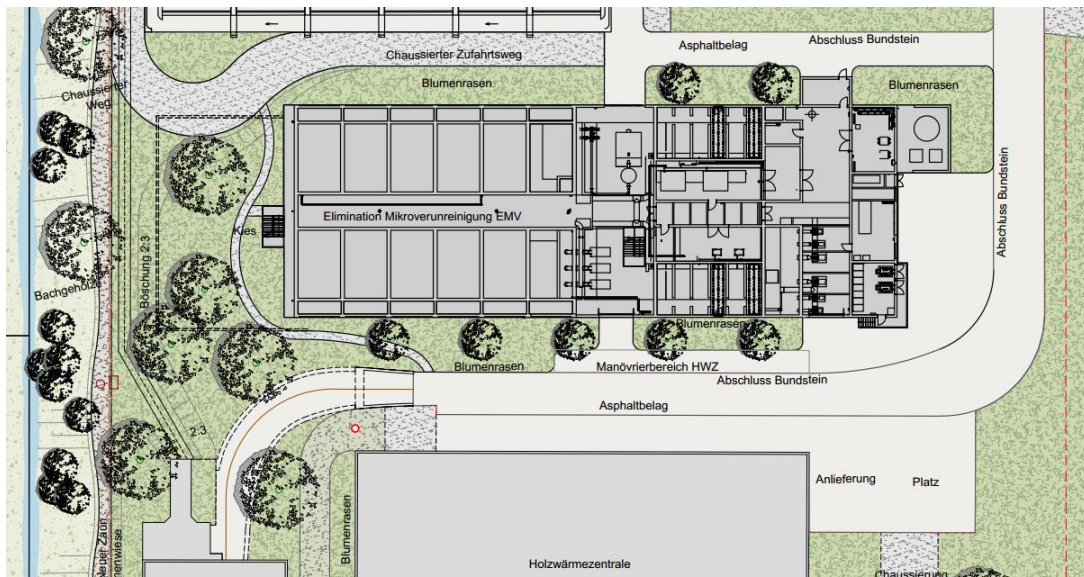


Abbildung 39: Ausschnitt Umgebungsplan

12 Weitere Konzepte

12.1 Sicherheitskonzept

Die Anforderungen an die Arbeitssicherheit und die Normen der SUVA wurden bei der Erarbeitung des Bauprojekts beachtet.

Im Rahmen der Ausführungsplanung wird das Projekt zusätzlich mit dem Sicherheitsbeauftragten der ARA Morgental besprochen. Dabei werden die Projektpläne, die Risikoanalyse und die Brandschutzpläne im Detail besprochen.

12.2 Brandschutzkonzept

Fluchtwege und Brandabschnitte

Die Fluchtwege und Brandabschnitte wurden gemäss der Brandschutznorm VKF bestimmt und sind in den Brandschutzplänen von Gisel und Partner AG dargestellt.

Vorabklärungen

Betreffend Brandschutz wurden im Dezember 2017 Vorabklärungen beim Amt für Feuerschutz (AFS) gemacht. Folgende Punkte wurden diskutiert:

- Die Pumpen und der Lamellenklärer können in den Räumlichkeiten und Durchgängen ohne zusätzliche brandschutztechnische Anforderungen – entsprechend dem aktuellen Planstand - aufgestellt werden.
- Die Brandmeldeanlage ist im „Treppenhaus“ zu installieren.
- Der Raum „Gang Ozonierung“ muss zum Raum „Haupteingang EG / EMV Pumpwerk“ offen sein. Die querenden ozonführenden Leitungen müssen mit EI30 Baumaterialien oder Systemen mit VKF-Zertifizierung gekapselt sein.

Ein Rohr ist somit möglich, wenn dies mind. EI30 und VKF-zertifiziert (geprüft und zugelassen) ist. Ggf. muss dieses Rohr mit VKF zugelassenen Systemen EI30 eingepackt werden.

- Alle Räume, in denen Ozon vorhanden sein kann (Ozonung und HLK Ozonung) sind künstlich zu lüften (5-fache Luftwechsel)

12.3 Ex-Schutzkonzept

Auf der EMV-Anlage sind keine relevanten Ex-Zonen vorhanden. Eine explosionsgefährdete Atmosphäre liegt nicht vor, da sowohl Sauerstoff und auch Ozon nicht brennbar sind (brandfördernd).

Zu erwähnen ist einzig der Diesel-Lagertank, welcher im Innern als Zone 1 deklariert ist.

Für das Einsatzgas Sauerstoff müssen Sicherheitsbestimmungen wegen erhöhter Sauerstoffkonzentration beachtet werden, vorwiegend wegen Explosions-/Entzündungsgefahr. Der Umgang mit Sauerstoff und Ozon wird im nachfolgenden Kapitel abgehandelt.

Lagertank für Heizöl/Diesel

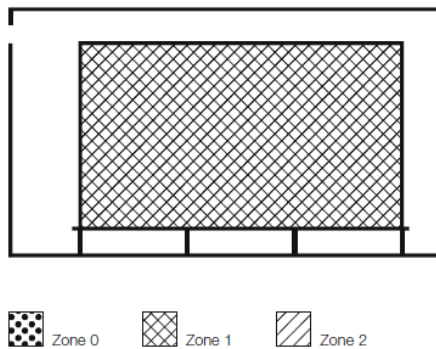


Abbildung 40: Ausschnitt Ex-Zone Dieseltank [Explosionsschutz – Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen (SUVA, 2153.d, 2008)]

12.4 Umgang mit Sauerstoff und Ozon

Beim Umgang mit Sauerstoff und Ozon sind folgende Punkte zu beachten:

Sauerstoff (O₂) ist ein oxidierendes (brandförderndes) Gas das die Entzündung brennbarer Stoffe begünstigt (selber jedoch nicht brennbar ist). Sauerstoff kann somit die Entstehung von Bränden auslösen oder verstärken. Bereits eine minimale Erhöhung der Sauerstoffgehalte in der Luft (oberhalb von 23 bis 25 Vol.-%) führt zu einem erheblich grösseren Brandrisiko.

Eine Anlage zur Lagerung von **Flüssigsauerstoff (LOX)** muss gemäss den technischen Vorschriften und geltenden Standards konzipiert sein.

Im direkten Umkreis des Tanks darf kein brennbares Material sein (keine Vegetation, kein Asphaltbelag). Der Umfüllplatz für das Versorgungsfahrzeug muss aus nicht brennbarem, praktisch undurchlässigem Material z.B. Beton bestehen und so bemessen sein, dass sich der gesamte Apparateteil darüber befindet. Beim Umfüllplatz ist darauf zu achten, dass sich durch Auslaufen des Gases keine gefährliche Gasansammlung bilden kann. In unmittelbarer Nähe des Umschlags- und Lagerorts von Flüssigsauerstoff (in einem Umkreis von 5 m) dürfen sich keinerlei Eintrittsöffnungen zur Kanalisation ohne Siphon und keinerlei offenen Zugänge/Fenster befinden, die mit Räumen oder Kanalsystemen tieferer Ebenen verbunden sind. Bei Leckagen würden sowohl flüssiger als auch gasförmiger Sauerstoff - beide schwe-

rer als Luft - zur Ansammlung neigen, was zu einem hohen Brandrisiko führt. In der Umgebung der Anlage gilt ein Rauchverbot.

Ozon (O₃) ist ein sehr stark oxidierendes und reizendes Gas, welches schwerer als Luft ist und sich deshalb im Innern von Gebäuden in Bodennähe anreichert. Ozon ist giftig und greift hauptsächlich die Schleimhäute von Augen, Nase, Rachenraum und Atemwegen an. Es ist bereits ab geringen Konzentrationen ($> 0.2 \text{ mg/m}^3 \sim 0.1 \text{ ppm}$) gesundheitsschädlich.

Die VSA-Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen" hat Faktenblätter für den Umgang mit diesen Gefahrenstoffen erstellt. Diese Sicherheitsaspekte werden berücksichtigt. An dieser Stelle wird auf die entsprechenden Kapitel verwiesen, wo die wichtigsten Massnahmen beschrieben sind:

- Für die Medien Sauerstoff und Ozon geeignete Materialisierung, siehe Kapitel 12.5
- Überwachungssystem von Räumen, wo Leckagen von Ozon / Sauerstoff auftreten könnten, siehe Kapitel 5.6.6.
- Lüftungssystem von Räumen, wo es zu Leckagen von Ozon und Sauerstoff kommen könnte, siehe Kapitel 0
- Restozonvernichtung vor der Abgabe von Gas / Abwasser an die Umgebung, siehe Kapitel 5.6.4

12.5 Materialisierungs- und Korrosionsschutzkonzept

Materialisierung an Gebäuden (z.B. Fassade) und Verfahren (z.B. Rohrleitungen).

Die Materialisierung der verfahrenstechnischer Ausrüstung ist nachfolgend ersichtlich. Für die Materialisierung der Gebäude (Ausbau 1 & 2) siehe Kapitel 7 sowie "**Farb- und Materialisierungskonzept des Architekten**" in der Beilage.

Weitere Details sind zudem in den **Raumdatenblättern** definiert.

Rohrleitungsbau / Verfahren

Rohrleitungen Abwasser	<ul style="list-style-type: none">• Chromstahl, Werkstoff min. 1.4404 oder höher• insbesondere Rohrleitungen mit Ozonkontakt, Vollbad-Beizung, O₂/O₃-führende Rohrleitungen durchgehend geschweisst
Rohrleitungen erdverlegt	<ul style="list-style-type: none">• HD-PE, PN10 für gereinigtes Abwasser ohne Ozonanteil
Montage Rohrleitung	<ul style="list-style-type: none">• Montageschienen für alle Gewerke, System Hilti M oder gleichwertig, rostfrei V2A• Befestigt an Stahlträger, bei Bedarf lackiert
Montagematerial	<ul style="list-style-type: none">• Rostfrei, V2A
Isolierstücke	<ul style="list-style-type: none">• Übergang Chromstahl (z.B. Rohrleitungen) und Normalstahl (z.B. Pumpen) mit beidseitig isolierten Rohrstücken aus Chromstahl
Schieber	<ul style="list-style-type: none">• Sistag, Typ VN im Gebäude, Typ MF im Freien
Gitterroste	<ul style="list-style-type: none">• Stahl, feuerverzinkt, begehbar: 400 kg/m²
Pumpen und Armaturen	<ul style="list-style-type: none">• Guss beschichtet

HLKS

Rohrleitungen Trinkwasser (TW)	• Chromstahl, Werkstoff min. 1.4401 oder höher, mit Pressfittings
Rohrleitungen Brauchwasser (BW)	• HD-PE, PN16 (oder Stahl 1.4521 (CrNiMo) mit Pressfittings (< DN 65))
Lüftungskanäle	• Stahl, feuerverzinkt
Luftdruckleitungen	• Chromstahl, Werkstoff min. 1.4401
Isolation (TW, BW, Heizung)	• Steinwolle-Schalen isoliert, mit halogenfreiem Eka-plast
Kanalisation	• HD-PE, PN10

Bautechnik

Rohbauten	• Beton (Becken und Kanäle wasserdicht)
Rohbau Ozonungsreaktoren	• hochqualitativer Beton, gasdicht, Wasserabführende Schalungsbahn: Cemdrain oder gleichwertig flächendeckend
	• möglichst porenfreie Oberfläche auf der Reaktorinnenseite
	• Hochwertige Ankerstangen für die Befestigung von Reaktoreinbauten oder Rohrleitungen im Reaktor
	• Gleichmässige Überdeckung der Armierungseisen durch den Beton (mind. ca. 50 mm).
	• Verwendung ozonbeständiger Injektionsmörtel für die Reparatur von Rissen im Beton (periodische Kontrolle)
Fundament Sauerstoff-Versorgungsanlage	• Stahlbeton (nicht brennbarer Boden erforderlich)

Einlagen: alle Einlagen wie Drucktüren, Einstiegsöffnungen und Rohrleitungs-Durchführungen der Ozonreaktoren sind in die Schalung einzulegen und müssen ozonbeständig sein. Kernbohrungen mit Pressring-Rohrleitungsdurchführungen sind nicht geeignet. Bei nachträglich erforderlichen Einlagen sind Aussparungen mit nachträglichem Vergiessen der Einlagen geeignet.

Ozonung

Aufgrund des in der Ozonanlage eingesetzten Sauerstoffs müssen Sicherheitsbestimmungen wegen erhöhter Sauerstoffkonzentration beachtet werden, vorwiegend wegen Explosions-/Entzündungsgefahr.

Sämtliche Materialien und Leitungen in Kontakt mit Ozon müssen **ozonbeständig** sein. Da es sich bei Ozon um ein stark korrosives Gas handelt, werden sämtliche mit ozonhaltigem Gas und Wasser in Berührung kommenden Rohrleitungen in molybdänhaltigem Edelstahl ausgeführt. Dichtungen sind in ozonbeständigen Materialien (nach Möglichkeit PTFE) zu realisieren. Es sind ausschliesslich Apparate, Instrumente und Armaturen zu verwenden, die für den Einsatz von Ozon geeignet sind.

Dichtungen	• Ozonbeständig, Teflon PTFE
Einlagen	• Ozonbeständig, Edelstahl 1.4404, 14571 oder gleichwertig
Rohrleitungen mit Ozonkontakt	• Ozonbeständig, Edelstahl 1.4404, 14571 oder gleichwertig
Anlagen mit Sauerstoffkontakt:	• nur Sauerstoff-verträgliche und zugelassene Schmierstoffe, Reinigung zwingend öl- und fettfrei

12.6 Risikoanalyse / CE-Konformität

Projektbezogene Risikoanalyse

Mit einer vertieften Risikoanalyse wurde am 30. September 2016 beim Start Vorprojekt durch Hunziker Betatech AG eine erste Einschätzung durchgeführt. Im Rahmen des Bauprojekts wurde die Risikoanalyse im Planungsteam diskutiert und verfeinert. Bei der Überarbeitung zusammen mit der Bauherrschaft wurde auch die Risikobewertung vorgenommen. Das aktuelle Dokument mit Datum vom 20. November 2017 ist im Anhang beiliegend.

Diese Risikoanalyse bewertet die im Bauprojekt vertieft behandelten Themen wie z. B. die Randbedingungen (Baugrund, Grundwasser, Hochwasser), Unfallrisiken, Verfahrensentscheide, die Kosten und die Bildung und Organisation des Planerteams. Damit bildet sie die Grundlage für die im Rahmen der Ausführung zu erstellenden Dokumente für die Konformitätserklärung.

Die erkannten Risiken beurteilen wir als bekannt, beschreibbar und mit geeigneten Massnahmen als beherrschbar. Diese vertiefte Projekt-Risikoanalyse EMV ist in der Beilage enthalten.

CE-Konformität Maschinenrichtlinie

Über die EMV-Anlage soll eine Konformitätserklärung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG erstellt werden. Dies wird gesetzlich gefordert.

Jeder Lieferant von Anlagenausrüstung ist verpflichtet, dem Betriebspersonal die vollständige technische Dokumentation zum Lieferumfang spätestens zum Zeitpunkt der Inbetriebsetzung abzugeben. Die technische Dokumentation muss eine Konformitäts- bzw. Einbauerklärung nach Maschinenrichtlinie enthalten.

Der Generalplaner stellt die Konformitäts- bzw. Einbauerklärungen der Lieferanten zusammen und führt eine Risikoanalyse über die Schnittstellen zwischen den Anlageteilen durch.

Die Risikoanalyse wurde im Bauprojekt begonnen (siehe Beilage) und während des weiteren Projektes mitgeführt. Sie wird gemäss VSA-Leitfaden "EG-Konformitätserklärung für komplexe Anlagen wie z.B. Kläranlagen" erstellt.

Mit Abschluss des Projektes wird eine CE-Konformitätserklärung über die neue EMV-Anlage erstellt, die vom Abwasserverband Morgental als Hersteller im Sinne der Maschinenrichtlinie unterzeichnet wird.

13 Weitere projektrelevante Aspekte

13.1 Nachbarschaft

Die Parzelle der ARA Morgental ist zu grossen Teilen von Gewerbe- und Industriezonen, sowie von Landwirtschafts- und Grünzonen der Gemeinde Steinach und der Stadt Arbon umgeben. Im Osten grenzt die Sportanlage Bleiche (Steinacherwiesen) an die ARA.

Die Nachbarschaft darf generell als wenig heikel bezeichnet werden. Ein erhöhtes Risiko für Einsprachen und Projektablaufstörungen durch die Nachbarschaft ist aus heutiger Sicht und aus Erfahrung von laufenden Projekten in der ARA Morgental nicht abzusehen.

13.2 Umweltaspekte /UVP

Im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens wird das UVP-Verfahren zur Anwendung gelangen. Der Umweltverträglichkeitsbericht wird nach Vorliegen des Bauprojekts fertiggestellt.

Während der Bauphase der EMV (nicht zu verwechseln mit der ganzen ARA Morgental) sehen wir am ehesten Klärungsbedarf zu den Umwelteinflüssen beim Wasserhaltungskonzept zum Schutz des Grundwassers sowie den Erschütterungen während dem Bau.

In der Betriebsphase erkennen wir als herausstechendes Merkmal die Elimination von Mikroverunreinigungen, welche für sich die gewollte und gewünschte Umweltmassnahme darstellt. Im Bauprojekt wurde auf eine optimale Energieeffizienz der Hauptverbraucher (Ozongeneratoren, Pumpen, Gebläse) sowie eine möglichst weitgehende Abwärmenutzung bzw. Wärmerückgewinnung geachtet.

13.2.1 Geruch, Lärm & Erschütterung

Die geplante Ozonung mit Nachbehandlung stellt einen zusätzlichen Verfahrensteil dar, der die heutige Hintergrundbelastung der ARA Morgental nicht erhöhen darf. Dies gilt generell für Geruch, Lärm und Erschütterungen.

Bei der Gestaltung des Baukörpers wurde darauf geachtet, dass dieser mit der heutigen ARA kompatibel ist.

Die Gebläse für die Spülung der Filter verursachen im Betrieb Lärm. Um diese Lärmemissionen zu verringern, werden die neuen Gebläse mit verstärkten Schallschutzhauben versehen.

Am kritischsten beurteilen wir die Erschütterungen während der Bauphase im Zusammenhang mit dem Baugrund und Spezialtiefbau sowie insbesondere der Pfahlfundation. Ansonsten erachten wir insbesondere das Verkehrsaufkommen und die Belästigung durch weitere Einflüsse als gering.

13.2.1 Energie

Bei der Auswahl von Anlagen, Aggregate und Maschinen wird darauf geachtet, dass energieeffiziente Produkte verwendet werden. Alle Motoren, sofern Verfügbar, werden mindestens die Anforderungen der Energieklasse IE3 erfüllen.

Die anfallende Abwärme der Ozonaufbereitung wird möglichst genutzt für die Raumheizung.

13.2.2 Verkehr

Der zusätzliche Verkehr ist während dem Betrieb nicht relevant. Erwähnenswert ist einzig die Anlieferung des Sauerstoffs, welche ca. monatlich durch einen 40-t-LKW erfolgt.

13.3 Zusammenarbeit mit anderen ARA

Mit der gemeinsam erstellten Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen können die beiden Betriebe Abwasserverband Morgental und Entsorgung St. Gallen Synergien nutzen. So kann z.B. die Laboranalytik betreffend Leitsubstanzen zur Ermittlung der Eliminationsrate in der MV-Stufe sinnvollerweise gemeinsam getätigt wird.

Weitere Synergien sind denkbar und noch nicht abschliessend geklärt. Generell ist der gemeinsame Betrieb der EMV-Stufe noch zu regeln.

14 Kosten

14.1 Grundlagen

Die Kosten für die Anlage bzw. das Gesamtprojekt wurden unter nachfolgenden Bedingungen bzw. Grundlagen ermittelt.

Ausrüstung Verfahrenstechnik (Hunziker Betatech AG)

Verbindliche Offerten:

- Ozonreaktoren: Ozongeneratoren inkl. Einblasssystem und Verrohrung, sowie die zugehörigen Hilfsbetriebe
- Ausrüstung Filtration inkl. Gebläse, Pumpen und Filterboden für die Rückspülung, Schlammwasserbehandlung (Lamellenklärer), Zu- und Ablaufleitungen, Schützen und Klappen etc.

Richtofferten:

- Pumpen Zwischenpumpwerk und EMV-Pumpwerk

Die übrigen Positionen basieren auf Erfahrungszahlen der Hunziker Betatech AG aufgrund von vergleichbaren Projekten.

HLKS-Technik (Amstein & Walthert AG)

Richtpreisofferten: Lüftungsgeräte

Restliche Positionen basierend auf Grundlagen und Erfahrungen aus anderen, vergleichbaren Projekten.

Statik/Rohbau/Baugrube (Furrer und Partner AG)

Richtpreisofferten/Preisfragen Unternehmer:

- Baumeisterarbeiten inkl. Zu- und Ablaufkanal
- Pfählungsarbeiten, Baugrubenaushub (Spundwände)

Die übrigen Positionen basieren auf Erfahrungszahlen der Hunziker Betatech AG aufgrund von vergleichbaren Projekten.

Architektur (Gisel und Partner AG)

Richtpreisofferten:

- Metallfassade und Wetterschutzgitter
- Metallbau, allg. Schlosserarbeiten

Die übrigen Positionen basieren auf Erfahrungszahlen der Hunziker Betatech AG aufgrund von vergleichbaren Projekten.

Energieversorgung (IBG B. Graf AG)

Richtpreisofferten:

- Trafostation Süd inkl. MS-Verbindung zur Trafostation Nord
- Energieverteilungen/NSHV
- Einbindung PV-Anlage (PV-Anlage nicht im Kostenvoranschlag enthalten)
- Aussen- und Innenbeleuchtung

- Notlichtanlage
- Notstromgenerator inkl. Notstromsteuerung
- USV-Anlage (unterbruchfreie Stromversorgung)
- Stromverteiler

Elektroinstallationen nach NPK mit Referenzpreisen des VSEI und Quervergleiche zu ähnlichen Projekten

Leistungsschalterfeld in TS 23 AV Steinach sind im Kostenvoranschlag enthalten.

MSRL-Technik (BGG Engineering AG)

Die Ermittlung der Kosten erfolgte an Hand von Offerten und Kosten vergleichbarer Anlagen mit Preisstand 2016-2017.

Ergänzende Projekte (Fischer Ingenieure AG)

Basierend auf Grundlagen und Erfahrungen aus anderen, vergleichbaren Projekten der Firma Fischer Ingenieure AG und Abklärungen mit Unternehmern.

Abgrenzung

Folgende Kosten wurden nicht berücksichtigt:

- Baufinanzierung und bis und nach Baubeginn (Kapitalzinsen / Kreditfinanzierung)
 - Versicherungen bis Baubeginn
 - Baustrom, Bauwasser, Energie
 - Flüssigsauerstoff-Tank: wird gemietet
 - Ersatzteile, Betriebsmittel, Verschleissteile
-

14.2 Kostenvoranschlag

In der nachfolgenden Tabelle sind die Hauptpositionen des Kostenvoranschlags Bauprojekt zusammengefasst.

Die Kostengenauigkeit beträgt $\pm 10\%$. Details sind dem Anhang "Kostenvoranschlag BP EMV" zu entnehmen.

Tabelle 20: Zusammenfassung Kostenvoranschlag ($\pm 10\%$)

BKP	Arbeitsgattung	Kostenvoranschlag (+/-10 %)
0	Grundstück / Vorstudien	Fr. 215'000.-
1	Vorbereitungsarbeiten inkl. Foundation	Fr. 2'100'000.-
2	Gebäude inkl.:	Fr. 8'997'000.-
20-22	Bau / Gebäude (Rohbau 1 & 2)	Fr. 6'949'000.-
27-29	Innenausbau Gebäude (exkl. HLKS, EMSRL)	Fr. 1'192'000.-
24/25	HLKS-Technik	Fr. 856'000.-
23	EMSRL-Technik / Stromversorgung	Fr. 3'282'000.-
4	Umgebungsarbeiten / Tiefbau	Fr. 320'000.-
5	Technische Arbeiten, Honorare, Nebenkosten	Fr. 3'120'200.-
6	Verfahrenstechnik / Ausrüstung	Fr. 4'015'000.-
9	Unvorhergesehenes / Rundung (ca. 5 %)	Fr. 1'150'800.-
	Total	Fr. 23'200'000.-
	MwSt. 7.7 %	Fr. 1'786'400.-
	Total Kostenvoranschlag inkl. MwSt.	Fr. 24'986'400.-
	Nicht anrechenbare Kosten BAFU (exkl. MwSt.)	Fr. 1'224'900.-
	Anteil ergänzende Projekte	Fr. 485'000.-

14.3 Anrechenbare Kosten BAFU / Fördermittel

Gemäss revidiertem Gewässerschutzgesetz sind die Erstinvestitionen für Anlagen, welche eine Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen erstellen müssen, zu 75% durch Bundesbeiträge finanziert. Dabei sind nur die Anteile der Anlage beitragsberechtigt, welche für die Elimination von Mikroverunreinigungen benötigt werden. Die entsprechende Vollzugshilfe des BAFU regelt die Details.

Filtration als Nachbehandlung

Wie bereits im Kapitel 5.1 erwähnt soll im Sinne der Flexibilität für zukünftige Veränderungen der Abwasserzusammensetzung eine spätere Nachrüstung zu einem GAK-Filter möglich bleiben. Dafür werden die Filter grösser gebaut, was die Baukosten für die Foundation und den Rohbau erhöht. Weitere Details siehe Kapitel 2.5.

Die Kosten, welche nicht abgeltungsberechtigt sind, wurden wie folgt kalkuliert

- Nicht anrechenbar sind 33.5 % des Filtervolumens bzw. der Breite (1.675 m, total 10 m) und betrifft sämtliche Arbeitsgattungen, welche auf dieser Breite vorgesehen sind Foundation, Betonarbeiten inkl. Kanäle, Rohrleitung, Roste, Dachaufbau etc.)

Der Abzug erfolgte bei der Foundation und beim Rohbau anhand eines Querschnitts und dessen Meterpreis.

- Bei der Filtration wurde ein Minderpreis der vorliegenden Offerte für die Düsenbodenelemente und Filtermedien sowie die Minderaufwendungen betreffend Montage und Transport berücksichtigt (bei einer Reduktion der Fläche von ca. 34 %).

Der Vorschlag wurde an einer Besprechung mit dem BAFU am 05.12.2017 gutgeheissen.

Unter Berücksichtigung aller relevanten Arbeitsgattungen wurden **Fr. 557'000.- als nicht anrechenbar** berechnet. Die relevanten Arbeitsgattungen sind folgende:

- Baugrube/ Erdarbeiten
 - Pfahlfoundation
 - Baumeisterarbeiten
 - Baumeisterarbeiten Filterdüsenboden
 - Montagebau in Stahl
 - Flachdacharbeiten
 - Metallbauarbeiten: Geländer etc.
 - Rohrleitungen
 - Filtermaterial / Filtersand
-

14.4 Ergänzende/begleitende Projekte ARA Morgental

Mit dem Bau der EMV-Anlage auf der Parzelle der ARA Morgental stehen diverse weitere Tätigkeiten und Projekte mit unterschiedlichem Bezug zur EMV-Anlage an. Nachfolgend sind diese ergänzenden Projekte aufgelistet.

Die detaillierte Zusammenstellung ist aus dem Bericht „Begleitende Projekte“ der Fischer Ingenieure AG ersichtlich (nicht beiliegend).

A) Ergänzende Projekte EMV

Diese Projektteile haben einen unmittelbaren Zusammenhang mit der EMV und gehören inhaltlich zum Projekt EMV und werden mit den **gesamten Investitionskosten** eingerechnet.

B) Ergänzende Projekte Typ 1

Dies sind Projekte des AVM, welche inhaltlich einen Bezug zur EMV haben, aber **nicht in den Investitionskosten** der EMV enthalten sind.

Tabelle 21: Zusammenfassung Kosten ergänzende Projekte

Ergänzendes Projekt	kalkuliert in	Kostenvoranschlag (+/-10 %)
EMV (im KV enthalten)		485'000.00
Umlaufkanäle Biologie AVM, inkl. Zulauf zu EMV	BKP 2	230'000.00
Anpassungen KW Morgental	BKP 2	135'000.00
Anwaltskosten	BKP 5	50'000.00
Anteil Nachführen Doku ARA Morgental	BKP 5	50'000.00
Anteil Umweltverträglichkeitsbericht	BKP 0	20'000.00
Typ 1 (nicht im KV enthalten)		1'193'000.00
Einkauf Einfriedung	-	7'000.00
Einkauf in die Erschliessungsstrasse	-	166'000.00
Einkauf in die best. ARA Morgental	-	500'000.00
Einkauf Land	-	520'000.00
Total (exkl. MwSt.)		1'678'000.00

C) Ergänzende Projekte Typ 2

Dies sind Projekte des Abwasserverbandes Morgental, welche inhaltlich **keinen direkten Bezug** zur EMV-Anlage haben und deren Investitionskosten darum nicht der EMV zugeschlagen werden.

Der Kredit für die vollständigen Projekte muss jedoch durch den Abwasserverband Morgental mit dem Kredit des Projektes EMV eingeholt werden. Diese Kosten sind in der Kostenschätzung VP nicht eingerechnet und werden hier auch nicht erwähnt.

14.5 Betriebskosten

Es ist von jährlichen Betriebskosten zwischen **Fr. 700'000 bis 1'000'000.-** auszugehen. Diese liegen somit bei rund Fr. 8-11.- pro Einwohner und Jahr (+/- 20%) und damit im Bereich der heutigen Beiträge für die Finanzierung der MV-Stufen ans BAFU (Fr. 9.-/ E a).

Die detaillierte Berechnung der Betriebskostenschätzung befindet sich in der Beilage.

Tabelle 22: Übersicht Betriebskosten MV-Anlage (Schätzung +/- 20 %)

Betriebskostenübersicht		AVM (MV)	ESG (MV)	Summe MV
Stromkosten	Fr./a	103'500	127'500	231'000
Stromverbrauch	kWh/a	690'000	850'000	
Kostentarif	Fr./kWh	0.15	0.15	
Ozonherstellung	Fr./a	50'400	78'400	128'800
Diverses	Fr./a	26'950	50'050	77'000
Behandlung Filter-Spülwasser	Fr./a	7'000	13'000	20'000
Schlamm Entsorgung Filtration	Fr./a	9'450	17'550	27'000
Analytik	Fr./a	10'500	19'500	30'000
Wartung & Unterhalt, Versicherung	Fr./a	94'150	174'850	269'000
Personal, Admin	Fr./a	49'000	91'000	140'000
		AVM (MV)	ESG (MV)	Summe MV
Summe Betriebskosten	Fr./a	324'000	521'800	845'800
gerundet	Fr./a	320'000	520'000	850'000

14.6 Kostenverteilung

Für die Kostenverteilung wird mit Nachdruck empfohlen, diese basierend auf den gelieferten Wassermengen der beiden ARA zu berechnen. Diese prägt massgeblich die Investitions- und Betriebskosten und wird als einzige der Einflussgrössen gemessen. Zum Vergleich: In der Vorstudie 2016 wurde die Aufteilung noch auf Basis der Zulaufkraft (Mittelwert von E und EW) berechnet und ein vorläufiger Kostenschlüssel von AVM 40% zu ESG 60% ermittelt.

Begründet wird der Kostenschlüssel mit Wassermengen wie folgt:

- Die Zusammensetzung an DOC und Nitrit ist in den biologisch gereinigten Abwässern der ARA Hofen und der ARA Morgental absolut vergleichbar (Tabelle 4, Kapitel 2.2.1). Somit kann die Kostenverteilung des Strombedarfs in der Ozonung mit den Wassermengen ermittelt werden.
- Auf ein aufwändiges und teures Messkonzept zur Ermittlung von tiefen Restfrachten an DOC und Nitrit kann und soll verzichtet werden.
- Da biologisch gereinigtes Abwasser zur Ozonung geführt wird, ist die Basis mit E und EW nicht die beste Lösung. E und EW basieren auf Schmutzfrachten im Rohabwasser, nicht auf biologisch gereinigtem Abwasser.

Der Kostenschlüssel mit Wassermengen wurde folgendermassen hergeleitet:

- Ausgewertet wurden die Tagesmittelwerte des ARA-Abflusses von 2011-2015.
- Das Bevölkerungswachstum wurde vernachlässigt, da bei beiden ARA ein Wachstum von 15% erwartet wird.
- Ausgewertet wurde die gesamte Zuflussmenge, da die Aufteilung auf die beiden Bypässe von der Betriebsweise abhängt und die Kosten nicht beeinflussen soll.

Die Verteilung der beiden Zuflüsse ist robust (Abbildung 41). Sowohl der Mittelwert als auch der Median ergeben folgende Aufteilung:

- AVM, ARA Morgental: 35%
- ESG, ARA Hofen: 65%

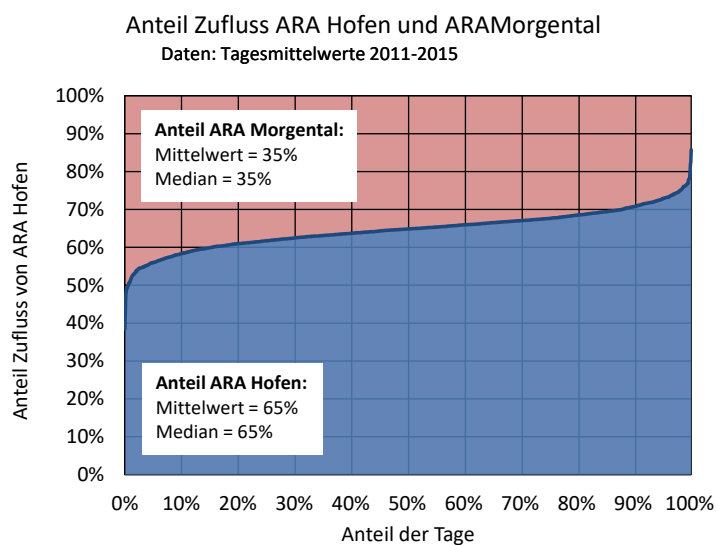


Abbildung 41: Vergleich der Zuflüsse aus der ARA Morgental und ARA Hofen. Ausgewertet wurden Tagesmittelwerte von 2011 bis 2015 ohne Berücksichtigung eines Bypasses um die EMV-Anlage.

Mehrere Kostenpositionen sind von dieser Aufteilung ausgenommen (siehe KV im Anhang), da sie teilweise zur ARA Morgental ausserhalb des EMV-Projekts gehören, z.B.:

- Zwischenpumpwerk inkl. Bauarbeiten, Pumpen, Rohrleitungsbau, EMSRL-Technik
- Trafostation
- NSHV
- Notstromdiesel

14.7 Finanzplanung Investitionen

Verbindliche Zusicherung betreffs Teilrückzahlung EMV:

Der Kanton mach bezüglich Höhe und Zusicherung von Teilzahlungen derzeit keine verbindlichen Aussagen (schriftliche Auskunft von Marion Kaufmann, Amt für Wasser und Energie, Abteilung Abwasser). Das BAFU beurteilt EMV-Projekte als Einzelprojekte. Eine definitive Aussage über die Höhe der Abgeltungen / Teilzahlungen kann erst nach Erhalt der definitiven Zusicherung des BAFU gemacht werden.

Die Kreditanträge der Gemeinden beim finanzkompetenten Organ (z.B. Bürgerversammlung, Stadtparlament) werden in der Regel als Bruttokredite gestellt, da die Bauherren das Projekt vorfinanzieren. Dies ist insbesondere bei der Budgetierung der Gemeinden mit zu berücksichtigen. [E-Mail Roli Boller, 11.09.2017]

15 Bauablauf

Der detaillierte Bauablauf ist aus dem Terminplan im Anhang ersichtlich.

Für die Erstellung der Baugrube muss vorgängig die Meliorationsleitung, welche im Bereich der neuen EMV-Anlage verläuft, provisorisch verlegt werden. Weitere Werkleitungen sind im Bereich der neuen EMV-Anlage keine vorhanden. Allenfalls müssen einige Werkleitungen im Bereich der Baugruben-Böschungen gesichert werden.

In einer ersten Bauphase wird das Planum für die Einbringung der Fundationspfähle erstellt. Anschliessend werden die örtlichen Vertiefungen für die Bauteile unter Terrain erstellt. Für einen einfachen Bauablauf und aufgrund des unstabilen Baugrunds wurde darauf geachtet möglichst wenig Bausubstanz unter Terrain zu erstellen. Das Gebäude wurde so geplant, dass eine möglichst durchgängige Bodenplatte erstellt werden kann.

Der Rohbau, sowie der Anschliessende Ausbau des Gebäudes kann ohne Provisorien erstellt werden, da das Gebäude auf einem unbebauten Landstück erstellt wird. Nach Fertigstellung der Gebäudehülle werden die verfahrenstechnischen Einrichtungen, sowie die Lüftungsanlagen eingebracht. Ziel ist, dass bis Ende 2020 die Elektroinstallationen abgeschlossen sind, so dass ab Anfang 2021 mit den Funktionstests und der anschliessenden Inbetriebnahme begonnen werden kann.

Provisorien werden benötigt für den Anschluss der Zulaufkanäle zur EMV-Stufe bei den Nachklärbecken der ARA Morgental.

In der nachfolgenden Abbildung sind die wichtigsten Termine ersichtlich.

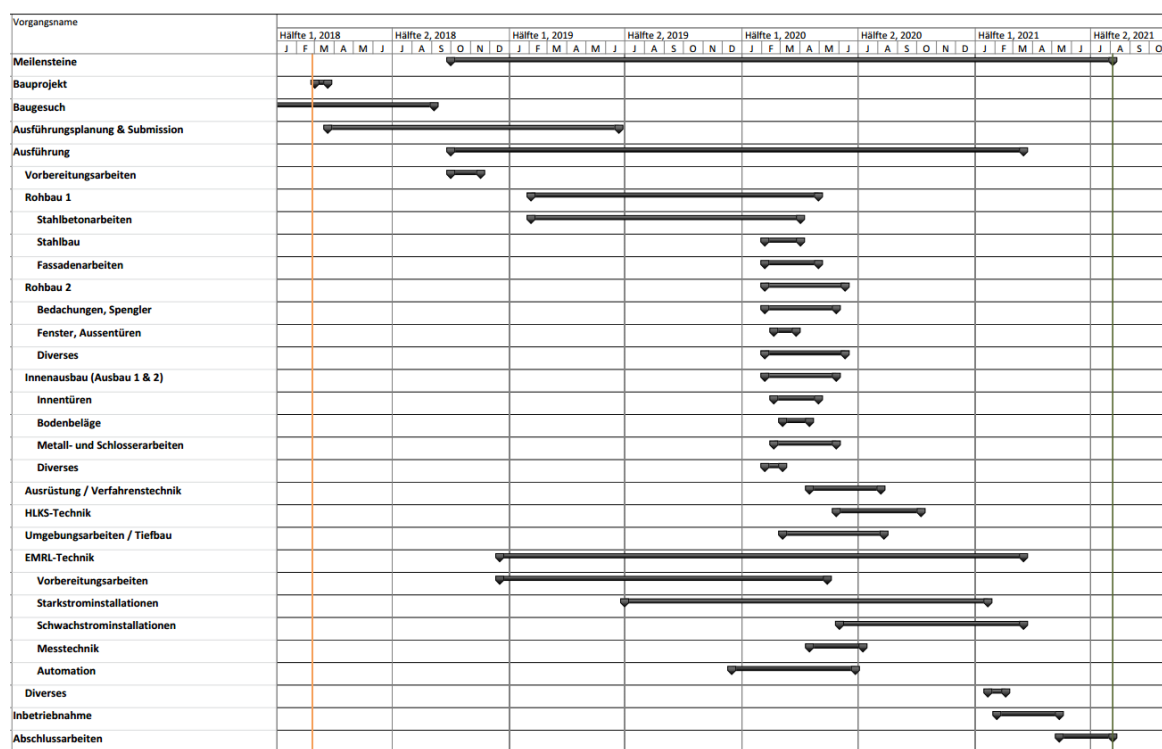


Abbildung 42: Grobterminplan mit Bauetappen

16 Termine

Folgende Meilensteine für das Ausführungsprojekt wurden definiert:

- | | |
|---|-----------------------|
| • Projekt- und Kreditgenehmigung | März 2018 |
| • Ausführungsplanung/Detailprojekt | April bis Herbst 2018 |
| • Baugesuch Eingabe | April 2018 |
| • Vorliegen Baubewilligung | September 2018 |
| • Baubeginn (Planum/Pfählung) | November 2018 |
| • Beginn Rohbau 1 | Februar 2019 (1 Jahr) |
| • Beginn Rohbau 2 (Bedachungen, Fenster etc.) | Februar 2020 |
| • Ausrüstung, E-Installationen | 2020 |
| • Inbetriebnahme | Anfang 2021 |
| • Schlussabrechnung abgeschlossen | 30.09.2021 |

Schlussrechnung

Die Schlussabrechnung muss bis 30.09.21 vorliegen, so dass die beiden Abwasserverbände ab dem 01.01.22 von der Abwasserabgabe zur Finanzierung EMV-Stufen befreit werden.

17 Schlusswort

Mit der Vorstudie 2016 und dem Vorprojekt 2017 konnten die relevanten Grundlagen und Grundsatzfragen zur Erstellung des Bauprojektes geklärt werden. Im vorliegenden Bauprojekt wurden das Layout und die Betriebskonzepte abschliessend definiert und das Projekt in einer genügenden Planungstiefe ausgearbeitet, so dass in einem nächsten Schritt die Baueingabe und die Submission der wichtigsten Arbeiten in Angriff genommen werden kann.

Wir empfehlen dem Abwasserverband Morgental und Entsorgung St. Gallen vom Bauprojekt Kenntnis zu nehmen und ohne Zeitverzug mit der Ausführungsplanung und der anschliessenden Bauphase zu beginnen. Wir sind überzeugt mit dem gewählten Konzept der Ozonung und Nachbehandlung die Projektziele ausreichend beachtet und im Rahmen des Bauprojekts in die Planung integriert zu haben.

Die Planung der EMV-Stufe erfolgt in einem 3D-Modell. Damit erfolgt die Projektierung nicht mehr aufgrund von Plänen, welche von einem Zeichner abgeglichen werden. Vielmehr sollen sämtliche beteiligten Planer und Lieferanten der Ausrüstung ihre Modell-Bauteile liefern, welche zu einem digitalen Gesamtmodell zusammengefügt werden. Bei der Zusammenführung können Unstimmigkeiten und Kollisionen festgestellt werden. In der Ausführungsplanung gilt es die einzelnen Gewerke und Leitungen zu koordinieren (Fachkoordination), wobei die Vorteile der Digitalen Planung genutzt werden sollen.

Wir bedanken uns bei allen Beteiligten für die stets angenehme und konstruktive Zusammenarbeit und der Bereitschaft, einen grossen Schritt für eine gemeinsame Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen im Sinne des Gewässerschutzes zu tätigen. Wir sehen der Ausführungsplanung und der Umsetzung des Bauvorhabens mit starker Vorfreude und grossem Interesse entgegen.

18 Anhang

- Kostenvoranschlag nach BKP
- Grobterminplan Ausführung

19 Beilagen

Allgemein

- Projekt-Risikoanalyse Bauprojekt
- Raumdatenblätter
- Protokoll Koordinationssitzung BAFU und AfU St. Gallen, 5.12.2017
- Risikoanalyse CE-Konformität (Personenschutz)
- Betriebskostenrechnung

Planbeilagen Gebäude / Verfahren (HBT)

- Situationsplan, MS 1:500
- Grundriss & Schnitte A1: MS 1:100
- Impressionen 3D (Printscreens)
- Hydraulisches Längenprofil

R&I-Schemata

- R&I-Schemata Verfahren (Übersicht)
- R&I-Schema Ozonung
- R&I-Schema Filtration

Statik (Furrer +Partner AG)

- Entwurf Nutzungs- und Sicherheitsvereinbarung (NuSiV)

Architekt / Brandschutz (Gisel + Partner AG)

- Brandschutzkonzept/-Pläne, 01.12.2017
- Farb- und Materialisierungskonzept
- Ansicht Nord, Ansicht Osten

Energieversorgung (IBG B. Graf AG)

- Energieversorgungsschema - 1702159-01-5001
- Netzwerkübersicht - 14036-01-5003
- Erdungs- und Blitzschutzkonzept AVM - 1503651-01-5009
- Erdungs- und Installationspläne (UG, EG, OG, Dach, Schnitte)

MSRL-Technik (BGG Engineering AG)

- Layout UW05 Elimination MV

Umgebungsplanung (Wälli, PR Landschaftsarchitektur)

- Situationsplan Umgebung und Erschliessung, 3100-0417-04_303
- Umgebungsplan PR Landschaftsarchitektur, Umgebung EMV 20.12.2017

HLKS-Technik (Amstein + Walther AG)

- Prinzip-Schemata HLKS
- Grundrisse UG, EG, OG HLKS
- Grundriss Dachentwässerung

Winterthur, 26. Februar 2018
erb/tw/abu/hug

HUNZIKER **BETATECH**

Hunziker Betatech AG
Pflanzschulstrasse 17
8400 Winterthur



BKP-Nr.	Arbeitsgattung	KV Bauprojekt (exkl. MwSt.)	Anwendung BAFU	Abgeltungs- berechtigt BAFU (%)	Nicht abgeltungs- berechtigt BAUFU (Fr.)	Anteil BAUFU (%)	Abgeltung BAUFU (Fr.)	Anteil ESG/AVM (Fr.)	Anteil ESG (%)	Anteil ESG (Fr.)	Anteil AVM (%)	Anteil AVM (Fr.)	Max. Anteil ESG (Fr.)	Max. Anteil AVM (Fr.)
	Total	23'200'000.00												
0	Grundstück / Vorstudien	215'000.00			15'000.00		150'000.00	65'000.00	65.0%	42'250.00	35.0%	22'750.00	139'750.00	75'250.00
00	Vorstudien	200'000.00												
000	Vorstudie EMV	135'000.00	2	100%	0.00	75%	101'250.00	33'750.00	65.0%	21'937.50	35.0%	11'812.50	87'750.00	47'250.00
000	Test Verfahren Ozonung	15'000.00	2	100%	0.00	75%	11'250.00	3'750.00	65.0%	2'437.50	35.0%	1'312.50	9'750.00	5'250.00
002	Vermessung, Vermarchung	20'000.00	3	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
005	Baugespanne	10'000.00	3	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
006	Anteil Umweltverträglichkeitsbericht / UVP	20'000.00	1	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
02	Nebenkosten zu Grundstück/Baurecht	15'000.00												
022	Notariatskosten	10'000.00	3	0%	10'000.00	75%	0.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	6'500.00	3'500.00
023	Grundbuchgebühren	5'000.00	3	0%	5'000.00	75%	0.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	3'250.00	1'750.00
04	Finanzierung vor Baubeginn	0.00												
040	Baufinanzierung	0.00	11	0%	0.00	75%	0.00	0.00	65.0%	0.00	35.0%	0.00	0.00	0.00
048	Versicherungen bis Baubeginn	0.00	11	0%	0.00	75%	0.00	0.00	65.0%	0.00	35.0%	0.00	0.00	0.00
1	Vorbereitungsarbeiten	2'100'000.00			200'000.00		1'425'000.00	675'000.00	59.8%	403'650.00	40.2%	271'350.00	1'224'600.00	875'400.00
10	Aufnahmen, Baugrunduntersuchungen	40'000.00												
101	Bestandesaufnahmen	10'000.00	1	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
102	Baugrunduntersuchungen, Sondagen	30'000.00	1	100%	0.00	75%	22'500.00	7'500.00	65.0%	4'875.00	35.0%	2'625.00	19'500.00	10'500.00
11	Demontagen, Abbrüche	45'000.00												
111	Rodungen	5'000.00	14	100%	0.00	75%	3'750.00	1'250.00	65.0%	812.50	35.0%	437.50	3'250.00	1'750.00
112	Abbrucharbeiten	30'000.00	18	0%	30'000.00	75%	0.00	30'000.00	65.0%	19'500.00	35.0%	10'500.00	19'500.00	10'500.00
113	Demontagen / Entsorgungen	10'000.00	18	0%	10'000.00	75%	0.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	6'500.00	3'500.00
12	Sicherungen, Provisorien	70'000.00												
122	Provisorien Pumpwerke & Leitungen	50'000.00	23	0%	50'000.00	75%	0.00	50'000.00	65.0%	32'500.00	35.0%	17'500.00	32'500.00	17'500.00
123	Provisorien baulich, Unterfangung	10'000.00	23	0%	10'000.00	75%	0.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	6'500.00	3'500.00
124	Verstärken von best. Bauten	10'000.00	23	0%	10'000.00	75%	0.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	6'500.00	3'500.00
13	Baustelleneinrichtung	80'000.00												
133	Baracken	20'000.00	3	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
136	Energie und Wasser	20'000.00	3	0%	20'000.00	75%	0.00	20'000.00	65.0%	13'000.00	35.0%	7'000.00	13'000.00	7'000.00
138	Bauabfälle, Abfallmuldenkonzept	20'000.00	3	0%	20'000.00	75%	0.00	20'000.00	65.0%	13'000.00	35.0%	7'000.00	13'000.00	7'000.00
139	Pneukran, Hebeeinrichtungen allg.	20'000.00	3	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
15	Erschliessung HLKS	25'000.00												
154	Heizungsleitungen	5'000.00	17	100%	0.00	75%	3'750.00	1'250.00	65.0%	812.50	35.0%	437.50	3'250.00	1'750.00
155	Sanitärleitungen	10'000.00	17	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
156	Gräben für HLKS und Sanitär	10'000.00	17	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
17	Fundation, Sicherung, Abdichtung	1'840'000.00												
171	Pfählungsarbeiten	1'446'000.00	14	97%	50'000.00	75%	1'047'000.00	399'000.00	65.0%	259'350.00	35.0%	139'650.00	939'900.00	506'100.00
172	Baugrunbenabschlüsse, Baugrubensicherung	216'000.00	14	100%	0.00	75%	162'000.00	54'000.00	0.0%	0.00	100.0%	54'000.00	0.00	216'000.00
176	Wasserhaltung	70'000.00	14	100%	0.00	75%	52'500.00	17'500.00	65.0%	11'375.00	35.0%	6'125.00	45'500.00	24'500.00
178	Vorarbeiten Bohrplanum (Aushub, Vlies, Kieskoffer)	108'000.00	14	100%	0.00	75%	81'000.00	27'000.00	65.0%	17'550.00	35.0%	9'450.00	70'200.00	37'800.00
2	Bau / Gebäude (Rohbau)	6'949'000.00			314'000.00		4'976'250.00	1'972'750.00	61.8%	1'218'825.28	38.2%	753'924.72	4'310'150.00	2'638'850.00
20	Baugrube / Erdarbeiten	542'000.00												



BKP-Nr.	Arbeitsgattung	KV Bauprojekt (exkl. MwSt.)	Anwendung BAFU	Abgeltungs- berechtigt BAFU (%)	Nicht abgeltungs- berechtigt BAFU (Fr.)	Anteil BAFU (%)	Abgeltung BAFU (Fr.)	Anteil ESG/AVM (Fr.)	Anteil ESG (%)	Anteil ESG (Fr.)	Anteil AVM (%)	Anteil AVM (Fr.)	Max. Anteil ESG (Fr.)	Max. Anteil AVM (Fr.)
201	Baugrubenaushub, Hinterfüllung	542'000.00	14	91%	50'000.00	75%	369'000.00	173'000.00	42.5%	73'445.20	57.5%	99'554.80	230'100.00	311'900.00
21	Rohbau 1	5'762'000.00												
211	Baumeisterarbeiten	4'298'000.00	14	95%	226'000.00	75%	3'054'000.00	1'244'000.00	63.0%	784'142.58	37.0%	459'857.42	2'709'200.00	1'588'800.00
211	Anpassungen KW Morgental	135'000.00	14	100%	0.00	75%	101'250.00	33'750.00	65.0%	21'937.50	35.0%	11'812.50	87'750.00	47'250.00
211	Umlaufkanäle Biologie AVM, inkl. Zulauf ab NKB zu EMV	230'000.00	14	100%	0.00	75%	172'500.00	57'500.00	65.0%	37'375.00	35.0%	20'125.00	149'500.00	80'500.00
211.1	Gerüstbau allgemein (Innen und Aussen)	255'000.00	14	100%	0.00	75%	191'250.00	63'750.00	65.0%	41'437.50	35.0%	22'312.50	165'750.00	89'250.00
213	Montagebau in Stahl	229'000.00	14	91%	20'000.00	75%	156'750.00	72'250.00	65.0%	46'962.50	35.0%	25'287.50	148'850.00	80'150.00
215	Metallfassaden Hauptgebäude inkl. Dämmung	180'000.00	14	100%	0.00	75%	135'000.00	45'000.00	65.0%	29'250.00	35.0%	15'750.00	117'000.00	63'000.00
215	Wetterschutzgitter Filtergebäude (OG)	200'000.00	14	100%	0.00	75%	150'000.00	50'000.00	65.0%	32'500.00	35.0%	17'500.00	130'000.00	70'000.00
219	Beschichtung Filter	135'000.00	14	100%	0.00	75%	101'250.00	33'750.00	65.0%	21'937.50	35.0%	11'812.50	87'750.00	47'250.00
219	Überzüge Beton (Becken, Filter, Reaktor)	100'000.00	14	100%	0.00	75%	75'000.00	25'000.00	65.0%	16'250.00	35.0%	8'750.00	65'000.00	35'000.00
22	Rohbau 2	645'000.00												
221	Fenster, Aussentüren	135'000.00	14	100%	0.00	75%	101'250.00	33'750.00	65.0%	21'937.50	35.0%	11'812.50	87'750.00	47'250.00
221.6	Tore, Industrietore	40'000.00	14	100%	0.00	75%	30'000.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	26'000.00	14'000.00
223	Blitzschutzarbeiten	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
224	Bedachungs- und Spenglerarbeiten	320'000.00	14	94%	18'000.00	75%	226'500.00	93'500.00	65.0%	60'775.00	35.0%	32'725.00	208'000.00	112'000.00
225.1	Dichtungen, Dämmungen, Fugen	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
225.4	Brandabschottungen	40'000.00	14	100%	0.00	75%	30'000.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	26'000.00	14'000.00
227	Hydrophobierung Betoausenflächen	50'000.00	14	100%	0.00	75%	37'500.00	12'500.00	65.0%	8'125.00	35.0%	4'375.00	32'500.00	17'500.00
228	Sonnenschutz	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
2	Innenausbau Gebäude (exkl. HLKS, EMSRL)	1'192'000.00			-		894'000.00	298'000.00	65.0%	193'700.00	35.0%	104'300.00	774'800.00	417'200.00
27	Ausbau 1	637'000.00												
271	Innere Verputzarbeiten, Gipser	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
272	Innentüren	25'000.00	14	100%	0.00	75%	18'750.00	6'250.00	65.0%	4'062.50	35.0%	2'187.50	16'250.00	8'750.00
272	Allgemeine Metallbauarbeiten	500'000.00	14	100%	0.00	75%	375'000.00	125'000.00	65.0%	81'250.00	35.0%	43'750.00	325'000.00	175'000.00
273	Schreinerarbeiten, Möbel	75'000.00	14	100%	0.00	75%	56'250.00	18'750.00	65.0%	12'187.50	35.0%	6'562.50	48'750.00	26'250.00
275	Schliessanlage	12'000.00	14	100%	0.00	75%	9'000.00	3'000.00	65.0%	1'950.00	35.0%	1'050.00	7'800.00	4'200.00
277	Elementwände (WC-Trennwand)	5'000.00	14	100%	0.00	75%	3'750.00	1'250.00	65.0%	812.50	35.0%	437.50	3'250.00	1'750.00
28	Ausbau 2	255'000.00												
281	Bodenbeläge	155'000.00	14	100%	0.00	75%	116'250.00	38'750.00	65.0%	25'187.50	35.0%	13'562.50	100'750.00	54'250.00
283	Herunterhängende Decken	10'000.00	14	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
285	Innere Malerarbeiten	35'000.00	14	100%	0.00	75%	26'250.00	8'750.00	65.0%	5'687.50	35.0%	3'062.50	22'750.00	12'250.00
286	Bauaustrocknung	15'000.00	14	100%	0.00	75%	11'250.00	3'750.00	65.0%	2'437.50	35.0%	1'312.50	9'750.00	5'250.00
287	Baureinigung	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
288	Laboreinrichtung, Ausstattung Werksatt etc.	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
29	Diverses Innenausbau	300'000.00												
291	Prüfungen (Dichtigkeitsprüfung, Material, Beläge, Koffer, Muster, Kanalfernsehen)	30'000.00	14	100%	0.00	75%	22'500.00	7'500.00	65.0%	4'875.00	35.0%	2'625.00	19'500.00	10'500.00
293	Hochwasserschutz	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
294	Wintermassnahmen, Notdächer	50'000.00	14	100%	0.00	75%	37'500.00	12'500.00	65.0%	8'125.00	35.0%	4'375.00	32'500.00	17'500.00
295	Betonbohrungen (Kernbohrungen)	200'000.00	14	100%	0.00	75%	150'000.00	50'000.00	65.0%	32'500.00	35.0%	17'500.00	130'000.00	70'000.00
4	Umgebungsarbeiten / Tiefbau	320'000.00			53'000.00		200'250.00	119'750.00	65.0%	77'837.50	35.0%	41'912.50	208'000.00	112'000.00
40	Terraingestaltung	232'000.00												
409	Werkleitungs- und Umgebungsarbeiten	232'000.00	19	100%	0.00	75%	174'000.00	58'000.00	65.0%	37'700.00	35.0%	20'300.00	150'800.00	81'200.00
42	Gartenanlagen	53'000.00												
421	Gärtnerarbeiten / Landschaft	53'000.00	19	0%	53'000.00	75%	0.00	53'000.00	65.0%	34'450.00	35.0%	18'550.00	34'450.00	18'550.00
45	Erschliessung durch Werke	35'000.00												
451	Kanalisation ARA	20'000.00	14	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00



BKP-Nr.	Arbeitsgattung	KV Bauprojekt (exkl. MwSt.)	Anwendung BAFU	Abgeltungs- berechtigt BAFU (%)	Nicht abgeltungs- berechtigt BAUFU (Fr.)	Anteil BAUFU (%)	Abgeltung BAUFU (Fr.)	Anteil ESG/AVM (Fr.)	Anteil ESG (%)	Anteil ESG (Fr.)	Anteil AVM (%)	Anteil AVM (Fr.)	Max. Anteil ESG (Fr.)	Max. Anteil AVM (Fr.)
454	Diverse Werke	15'000.00	14	100%	0.00	75%	11'250.00	3'750.00	65.0%	2'437.50	35.0%	1'312.50	9'750.00	5'250.00
5	Technische Arbeiten, Honorare, Nebenkosten	3'120'200.00			260'000.00		2'145'150.00	975'050.00	65.0%	633'782.50	35.0%	341'267.50	2'028'130.00	1'092'070.00
51	Bewilligung / Gebühren	90'000.00												
511	Baubewilligung, Gebühren	30'000.00	3	0%	30'000.00	75%	0.00	30'000.00	65.0%	19'500.00	35.0%	10'500.00	19'500.00	10'500.00
512	Anschlussgebühren	60'000.00	3	0%	60'000.00	75%	0.00	60'000.00	65.0%	39'000.00	35.0%	21'000.00	39'000.00	21'000.00
52	Muster, Kopien, Doku	90'000.00												
524	Vervielfältigungen, Kopien usw.	70'000.00	3	100%	0.00	75%	52'500.00	17'500.00	65.0%	11'375.00	35.0%	6'125.00	45'500.00	24'500.00
525	Dokumentation, Prospekte	20'000.00	3	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
53	Versicherung	30'000.00												
531	Bauversicherungen	20'000.00	3	0%	20'000.00	75%	0.00	20'000.00	65.0%	13'000.00	35.0%	7'000.00	13'000.00	7'000.00
532	Gebäudeversicherung	10'000.00	3	0%	10'000.00	75%	0.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	6'500.00	3'500.00
54	Finanzierung ab Baubeginn	0.00												
541	Bauzinsen, Baufinanzierung	0.00	11	0%	0.00	75%	0.00	0.00	65.0%	0.00	35.0%	0.00	0.00	0.00
56	Übrige Baunebenkosten	140'000.00												
562	Nachbarentschädigungen, Miete fremder Grund	5'000.00	3	0%	5'000.00	75%	0.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	3'250.00	1'750.00
565	Inserate, div. Baunebenkosten	5'000.00	3	0%	5'000.00	75%	0.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	3'250.00	1'750.00
566	Spatenstich, Aufrichte, Einweih., Öffentlichkeitsarbeit	70'000.00	3	0%	70'000.00	75%	0.00	70'000.00	65.0%	45'500.00	35.0%	24'500.00	45'500.00	24'500.00
567	Anwaltskosten	50'000.00	3	0%	50'000.00	75%	0.00	50'000.00	65.0%	32'500.00	35.0%	17'500.00	32'500.00	17'500.00
569	Infotafel, Baureklame	10'000.00	3	0%	10'000.00	75%	0.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	6'500.00	3'500.00
59	Ingenieurhonorar	2'770'200.00												
	Vor- und Bauprojekt, Baugesuch	573'900.00												
598	Gesamtplaner	298'000.00	1	100%	0.00	75%	223'500.00	74'500.00	65.0%	48'425.00	35.0%	26'075.00	193'700.00	104'300.00
591	Architekt	79'200.00	1	100%	0.00	75%	59'400.00	19'800.00	65.0%	12'870.00	35.0%	6'930.00	51'480.00	27'720.00
592	Statik	30'900.00	1	100%	0.00	75%	23'175.00	7'725.00	65.0%	5'021.25	35.0%	2'703.75	20'085.00	10'815.00
593.2	MSRL-Planung	36'000.00	1	100%	0.00	75%	27'000.00	9'000.00	65.0%	5'850.00	35.0%	3'150.00	23'400.00	12'600.00
593.1	Energieversorgung	51'800.00	1	100%	0.00	75%	38'850.00	12'950.00	65.0%	8'417.50	35.0%	4'532.50	33'670.00	18'130.00
594	HLKS-Planung	71'500.00	1	100%	0.00	75%	53'625.00	17'875.00	65.0%	11'618.75	35.0%	6'256.25	46'475.00	25'025.00
592.2	Ingenieur Tiefbau	3'000.00	1	100%	0.00	75%	2'250.00	750.00	65.0%	487.50	35.0%	262.50	1'950.00	1'050.00
596.5	Umgebungs- und Landschaftsplaner	3'500.00	1	100%	0.00	75%	2'625.00	875.00	65.0%	568.75	35.0%	306.25	2'275.00	1'225.00
	Ausführung, Submission	1'791'300.00												
598	Gesamtplaner	740'000.00	1	100%	0.00	75%	555'000.00	185'000.00	65.0%	120'250.00	35.0%	64'750.00	481'000.00	259'000.00
591	Architekt	204'000.00	1	100%	0.00	75%	153'000.00	51'000.00	65.0%	33'150.00	35.0%	17'850.00	132'600.00	71'400.00
592	Statik Planung	132'300.00	1	100%	0.00	75%	99'225.00	33'075.00	65.0%	21'498.75	35.0%	11'576.25	85'995.00	46'305.00
593.2	MSRL-Planung	145'000.00	1	100%	0.00	75%	108'750.00	36'250.00	65.0%	23'562.50	35.0%	12'687.50	94'250.00	50'750.00
593.1	Energieversorgung Planung	285'000.00	1	100%	0.00	75%	213'750.00	71'250.00	65.0%	46'312.50	35.0%	24'937.50	185'250.00	99'750.00
594	HLKS-Planung	150'000.00	1	100%	0.00	75%	112'500.00	37'500.00	65.0%	24'375.00	35.0%	13'125.00	97'500.00	52'500.00
592.2	Ingenieur Tiefbau	25'000.00	1	100%	0.00	75%	18'750.00	6'250.00	65.0%	4'062.50	35.0%	2'187.50	16'250.00	8'750.00
596.5	Umgebungs- und Landschaftsplaner	30'000.00	1	100%	0.00	75%	22'500.00	7'500.00	65.0%	4'875.00	35.0%	2'625.00	19'500.00	10'500.00
596.6	Ingenieur Probebetrieb	80'000.00	1	100%	0.00	75%	60'000.00	20'000.00	65.0%	13'000.00	35.0%	7'000.00	52'000.00	28'000.00
596	Spezialisten	335'000.00												
552	Bauherrenberater	200'000.00	1	100%	0.00	75%	150'000.00	50'000.00	65.0%	32'500.00	35.0%	17'500.00	130'000.00	70'000.00
596	Geologische Baubegleitung	15'000.00	1	100%	0.00	75%	11'250.00	3'750.00	65.0%	2'437.50	35.0%	1'312.50	9'750.00	5'250.00
599	Sicherheitsbeauftragter	10'000.00	1	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
599	Zustandsaufnahmen, Schadstoffe	10'000.00	1	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
599	Brandschutzplaner	10'000.00	1	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00



BKP-Nr.	Arbeitsgattung	KV Bauprojekt (exkl. MwSt.)	Anwendung BAFU	Abgeltungs- berechtigt BAFU (%)	Nicht abgeltungs- berechtigt BAUFU (Fr.)	Anteil BAUFU (%)	Abgeltung BAUFU (Fr.)	Anteil ESG/AVM (Fr.)	Anteil ESG (%)	Anteil ESG (Fr.)	Anteil AVM (%)	Anteil AVM (Fr.)	Max. Anteil ESG (Fr.)	Max. Anteil AVM (Fr.)
596.3	Bauphysiker	10'000.00	1	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
599	Hydraulische Simulationen	15'000.00	1	100%	0.00	75%	11'250.00	3'750.00	65.0%	2'437.50	35.0%	1'312.50	9'750.00	5'250.00
599	Korrosionsschutz	15'000.00	1	100%	0.00	75%	11'250.00	3'750.00	65.0%	2'437.50	35.0%	1'312.50	9'750.00	5'250.00
	Diverse Fachspezialisten	50'000.00	1	100%	0.00	75%	37'500.00	12'500.00	65.0%	8'125.00	35.0%	4'375.00	32'500.00	17'500.00
599	Diverses	70'000.00												
599	Nachführung Doku EMV ARA Morgental	50'000.00	3	100%	0.00	75%	37'500.00	12'500.00	65.0%	8'125.00	35.0%	4'375.00	32'500.00	17'500.00
	Erweiterung Betriebsprotokollierung	20'000.00	16	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
6	Verfahrenstechnik / Ausrüstung	4'015'000.00			175'000.00		2'880'000.00	1'135'000.00	60.9%	690'950.00	39.1%	444'050.00	2'422'550.00	1'592'450.00
61	Pumpen ZWP & EMV-Pumpwerk	228'000.00												
611.1	Zwischenpumpen 1 bis 4	138'000.00	15	100%	0.00	75%	103'500.00	34'500.00	0.0%	0.00	100.0%	34'500.00	0.00	138'000.00
611.2	Pumpen EMV-Pumpwerk	90'000.00	15	100%	0.00	75%	67'500.00	22'500.00	65.0%	14'625.00	35.0%	7'875.00	58'500.00	31'500.00
62	Rohrleitungsbau	675'000.00												
622	Rohrleitungsbau Zwischenpumperk, EMV-Pumperk, Beschickung & Ablaufleitung Ozonreaktoren	395'000.00	15	100%	0.00	75%	296'250.00	98'750.00	55.1%	54'437.50	44.9%	44'312.50	217'750.00	177'250.00
623	Armaturen/Schieber und Klappen	280'000.00	15	100%	0.00	75%	210'000.00	70'000.00	44.1%	30'875.00	55.9%	39'125.00	123'500.00	156'500.00
63	Ozonerzeugung	880'000.00												
631	Ozongenaratoren, Restozonvernichter, Ozoneintrag, Analytik, Bysulfitdosierung, Raumüberw. etc.	813'000.00	15	100%	0.00	75%	609'750.00	203'250.00	65.0%	132'112.50	35.0%	71'137.50	528'450.00	284'550.00
632	Sauerstoff-Versorgungsanlage (Mietanlage)	5'000.00	15	100%	0.00	75%	3'750.00	1'250.00	65.0%	812.50	35.0%	437.50	3'250.00	1'750.00
	Diverses Ozonerzeugung	62'000.00	15	100%	0.00	75%	46'500.00	15'500.00	65.0%	10'075.00	35.0%	5'425.00	40'300.00	21'700.00
64	Ausrüstung Ozonreaktoren	250'000.00												
641	Montageöffnungen/Deckentore Ozonreaktoren	90'000.00	15	100%	0.00	75%	67'500.00	22'500.00	65.0%	14'625.00	35.0%	7'875.00	58'500.00	31'500.00
642	Drucktüren Reaktoren m. Schauglas, 4 St.	60'000.00	15	100%	0.00	75%	45'000.00	15'000.00	65.0%	9'750.00	35.0%	5'250.00	39'000.00	21'000.00
643	Einbauten, ozonbeständig	100'000.00	15	100%	0.00	75%	75'000.00	25'000.00	65.0%	16'250.00	35.0%	8'750.00	65'000.00	35'000.00
65	Filtration	1'682'000.00												
651	Ausrüstung Filtration inkl. Pumpen, Spülluft, Rohrleitungsbau, Filtratleitung, Gitterroste etc.	1'682'000.00	15	90%	175'000.00	75%	1'130'250.00	551'750.00	65.0%	358'637.50	35.0%	193'112.50	1'093'300.00	588'700.00
66	Lamellenklärer	150'000.00												
	Lamellenklärer inkl. Zubehör	110'000.00	15	100%	0.00	75%	82'500.00	27'500.00	65.0%	17'875.00	35.0%	9'625.00	71'500.00	38'500.00
	Rohrleitungen Lamellenklärer	40'000.00	15	100%	0.00	75%	30'000.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	26'000.00	14'000.00
69	Allg. Verfahrenstechnik	150'000.00												
691	Drucktüren, Mannlöcher Pumpensupfe, Becken	30'000.00	15	100%	0.00	75%	22'500.00	7'500.00	65.0%	4'875.00	35.0%	2'625.00	19'500.00	10'500.00
692	Beschriftung & Beschilderung, Tafeln	10'000.00	15	100%	0.00	75%	7'500.00	2'500.00	65.0%	1'625.00	35.0%	875.00	6'500.00	3'500.00
693	Allgemeine Verfahrenstechnik	60'000.00	15	100%	0.00	75%	45'000.00	15'000.00	65.0%	9'750.00	35.0%	5'250.00	39'000.00	21'000.00
694	Wartungskrananlagen Pumpen	30'000.00	15	100%	0.00	75%	22'500.00	7'500.00	65.0%	4'875.00	35.0%	2'625.00	19'500.00	10'500.00
695	Bodentor Zwischenpumpwerk	20'000.00	15	100%	0.00	75%	15'000.00	5'000.00	65.0%	3'250.00	35.0%	1'750.00	13'000.00	7'000.00
24/25	HLKS-Technik	856'000.00			-		642'000.00	214'000.00	65.0%	139'100.00	35.0%	74'900.00	556'400.00	299'600.00
24	Heizungs- / Lüftungs-, Klimaanlage	515'000.00												
240	Heizungsanlagen gesamt, Klimaanlage	320'000.00	17	100%	0.00	75%	240'000.00	80'000.00	65.0%	52'000.00	35.0%	28'000.00	208'000.00	112'000.00
244	Lüftungsanlagen gesamt	195'000.00	17	100%	0.00	75%	146'250.00	48'750.00	65.0%	31'687.50	35.0%	17'062.50	126'750.00	68'250.00
25	Sanitär	341'000.00												
250	Sanitäranlagen gesamt	341'000.00	17	100%	0.00	75%	255'750.00	85'250.00	65.0%	55'412.50	35.0%	29'837.50	221'650.00	119'350.00
23	EMSRL-Technik / Stromversorgung	3'282'000.00			207'900.00		2'305'575.00	976'425.00	50.3%	491'416.25	49.7%	485'008.75	1'965'665.00	1'316'335.00
231	Apparate Starkstrom (Schaltanlagen)	1'533'000.00												



BKP-Nr.	Arbeitsgattung	KV Bauprojekt (exkl. MwSt.)	Anwendung BAFU	Abgeltungs- berechtigt BAFU (%)	Nicht abgeltungs- berechtigt BAFU (Fr.)	Anteil BAFU (%)	Abgeltung BAFU (Fr.)	Anteil ESG/AVM (Fr.)	Anteil ESG (%)	Anteil ESG (Fr.)	Anteil AVM (%)	Anteil AVM (Fr.)	Max. Anteil ESG (Fr.)	Max. Anteil AVM (Fr.)
231	Schalt und Steuerschränke MSRL-Technik	515'000.00	16	100%	0.00	75%	386'250.00	128'750.00	61.8%	79'625.00	38.2%	49'125.00	318'500.00	196'500.00
231	Apparate Energieversorgung	1'018'000.00	16	80%	207'900.00	75%	607'575.00	410'425.00	32.1%	131'641.25	67.9%	278'783.75	526'565.00	491'435.00
232	Starkstrominstallationen	806'000.00												
232	Starkstrom-/Elektroinstallationen allg.	806'000.00	16	100%	0.00	75%	604'500.00	201'500.00	63.8%	128'537.50	36.2%	72'962.50	514'150.00	291'850.00
233	Leuchten und Lampen	58'000.00												
233	Innen- und Aussenleuchten, Notleuchten	58'000.00	16	100%	0.00	75%	43'500.00	14'500.00	65.0%	9'425.00	35.0%	5'075.00	37'700.00	20'300.00
234	Messtechnik	275'000.00												
	Messtechnik, gesamt	275'000.00	16	100%	0.00	75%	206'250.00	68'750.00	62.6%	43'062.50	37.4%	25'687.50	172'250.00	102'750.00
235	Apparate Schwachstrom	70'000.00												
236.0	Apparate Schwachstrom, gesamt	40'000.00	16	100%	0.00	75%	30'000.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	26'000.00	14'000.00
235.2	Brandmeldeanlage, Komponenten	30'000.00	16	100%	0.00	75%	22'500.00	7'500.00	65.0%	4'875.00	35.0%	2'625.00	19'500.00	10'500.00
236	Schwachstrominstallationen	190'000.00												
236.0	Schwachstrominst., gesamt	190'000.00	16	100%	0.00	75%	142'500.00	47'500.00	65.0%	30'875.00	35.0%	16'625.00	123'500.00	66'500.00
237	Automation	280'000.00												
237	Automation und PLS (Hard- und Software)	280'000.00	16	100%	0.00	75%	210'000.00	70'000.00	65.0%	45'500.00	35.0%	24'500.00	182'000.00	98'000.00
239	El. Bauprovisorien / Inspektionen	70'000.00												
239	Bauprovisorien (Beleuchtung, Strom, Kom.)	40'000.00	16	100%	0.00	75%	30'000.00	10'000.00	65.0%	6'500.00	35.0%	3'500.00	26'000.00	14'000.00
239	Demontage, Entsorgung, Kontrollen/Inspektion	30'000.00	16	100%	0.00	75%	22'500.00	7'500.00	65.0%	4'875.00	35.0%	2'625.00	19'500.00	10'500.00
9	Diverses, Unvorhergesehenes	1'150'800.00			0.00		863'100.00	287'700.00	65.0%	187'005.00	35.0%	100'695.00	748'020.00	402'780.00
901	Reservekonto (ca. 5%)	1'150'800.00		100%	0.00	75%	863'100.00	287'700.00	65.0%	187'005.00	35.0%	100'695.00	748'020.00	402'780.00
	Total (Kostengenauigkeit +/- 10 %)	23'200'000.00			1'224'900.00		16'481'325.00	6'718'675.00	60.7%	4'078'516.53	39.3%	2'640'158.47	14'378'065.00	8'821'935.00
	MwSt. 7.7 %	1'786'400.00	10	100%	94'317.30	75%	1'269'062.03	517'337.98		314'045.77		203'292.20	1'107'111.01	679'289.00
	Total Kosten inkl. MwSt.	24'986'400.00			1'319'217.30		17'750'387.03	7'236'012.98		4'392'562.30		2'843'450.67	15'485'176.01	9'501'224.00

Positionen Anrechenbarkeit nach Vollzugshilfe BAFU

Legende Anwendungen		Anrechenbarkeit
1	Honorare für Vor- und Bauprojekte und Bauleitung	ja
2	Honorare für Studien	ja
3	Baunebenkosten	teilweise
4	Betriebseinfahrphase	nein
5	Öffentlichkeitsarbeit	nein
6	Landerwerb	nein
7	Durchleitungsrechte	nein
8	Einkaufsgebühren	nein
9	Teuerung	ja
10	Mehrwertsteuer	ja
11	Zinskosten	nein
12	Restwert	nein
13	Eigenleistung	nein
14	Bauliche Anlageteile	ja
15	Elektromechanische Ausrüstung	ja
16	EMSRL	ja
17	HLKS	ja
18	Abbrüche und Wiederinstandstellungskosten	nein
19	Zufahrtsstrasse und Umgebungsarbeiten	nein
20	Mobilien	nein
21	Infrastrukturräume	nein
22	direkt für die Elimination organischer Spurenstoffe	nein
23	Provisorien zur Aufrechterhaltung des Betriebes	nein

Filtration als Nachbehandlung, nicht anrechenbare Kosten BAFU

Arbeitsgattung	Kosten
Baugrube/ Erdarbeiten	50'000.00
Pfahlfundation	50'000.00
Baumeisterarbeiten	210'000.00
Baumeisterarbeiten Filterdüsenboden	16'000.00
Montagebau in Stahl	20'000.00
Flachdacharbeiten	18'000.00
Metallbauarbeiten: Geländer etc.	18'000.00
Rohrleitungen	65'000.00
Filtermaterial / Filtersand	110'000.00
Total (exkl. MwSt.)	557'000.00

Mehrfachnutzung, nicht anrechenbare Kosten BAFU

Arbeitsgattung	Kosten
Trafostation	30'900.00
NSHV	90'000.00
Nostromdiesel	87'000.00
Total (exkl. MwSt.)	207'900.00

