

Abwasserverband Region Frauenfeld
Kanton Thurgau

ARA Frauenfeld: Neubau MV-Stufe und Erneuerung EMSRL-Biologie



Vorprojekt Technischer Bericht

erstellt: 09.09.2021
Visum PL: _____

nachgeführt: 16.11.2021

ABKÜRZUNGEN UND KURZZEICHEN

AfU	Amt für Umweltschutz
ARA	Abwasserreinigungsanlage
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BSB ₅	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DWA A131	Arbeitsblatt 131 der Abwassertechnischen Vereinigung - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (jetzt: DWA) zur Dimensionierung von Belebungsanlagen
E	Einwohner
EWG	Einwohnergleichwerte (Belastungen aus Gewerbe und Industrie)
EW	Einwohnerwerte (EW = E + EWG)
EMSRL	Elektro-, Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik
FU	Frequenzumrichter
HLKS	Heizung-Lüftung-Klima-Sanitär
IBS	Inbetriebsetzung
ISV	Schlammvolumenindex
MV	Mikroverunreinigungen
MV-Stufe	Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen
NSHV	Niederspannungshauptverteilung
NH ₄ -N	Ammonium
NKB	Nachklärbecken
P	Phosphor
Q _{RW}	Regenwetterzufluss
Q _{TW}	Trockenwetterzufluss
R+I-Schema	Rohrleitungs- und Instrumentenschema
RLS	Rücklaufschlamm
TKN	Totaler Kjeldahl - Stickstoff
TS	Trockensubstanz
ÜSS	Überschussschlamm
UV	Unterverteilung
VKB	Vorklärbecken
ZFF	Zuckerfabrik Frauenfeld

INHALTSVERZEICHNIS**Seite**

1	Ausgangslage	4
1.1	Mikroverunreinigungen	4
1.2	Gesetzliche Grundlage	4
1.3	Kennzahlen der ARA	5
2	Grundlagen / Randbedingungen	6
2.1	Dokumente	6
2.2	Dimensionierung MV-Stufe	6
2.3	Einleitbedingungen gemäss Amt für Umwelt TG	12
2.4	Qualität Ablauf bestehende ARA	13
3	Verfahrenswahl	14
4	Randbedingungen Layout	16
4.1	Anzahl Reaktoren	16
4.2	Redundanzen	16
4.3	Betriebsgebäude	17
4.4	Erweiterbarkeit	18
4.5	Höhenlage MV-Stufe	19
5	Anlagenbeschrieb MV	20
5.1	Ausbaukonzept	20
5.2	Feinsieb	22
5.3	GAK-Schwebebettanlagen	22
5.4	Schlammwasserbecken	26
5.5	Brauchwasseranlage	26
6	Anlagenbeschrieb EMSRL-Biologie	27
7	Bauwerksbeschrieb	27
7.1	Geologische und hydrogeologische Situation	27
7.2	Architektur und Umgebungsgestaltung	27
7.3	Raumdatenblätter	28
7.4	Heizungs- und Lüftungsanlagen	31
7.5	Sanitäre Anlagen	31
7.6	Elektrotechnik	31
8	Kosten	32
8.1	Investitionskosten	32
8.2	Betriebskosten MV	36
8.3	Jahreskosten MV	37
9	Terminplan	38
10	Empfehlungen und weiteres Vorgehen	39
	Anhang	40
I.	Bericht der Fa. Stereau	40
II.	Bericht Vorprojekt EMSRL von BGG Engineering	40
III.	Geotechnischer Bericht, CSD Ingenieure Frauenfeld	40
IV.	Detaillierte Kostenschätzung mit Aufteilung in MV und EMSRL-Biologie	40

1 AUSGANGSLAGE

1.1 Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen (auch Spurenstoffe genannt) sind Chemikalien anthropogener oder natürlicher Herkunft, welche in sehr tiefen Konzentrationen im Nano- (ng/l) bis Mikrobereich (µg/l) in den Gewässern vorkommen. Allerdings können manche dieser Stoffe bereits in diesen niedrigen Konzentrationen negative Einwirkungen auf die Wasserlebewesen oder auf die Trinkwasserqualität von Seen und flussnahe Grundwasser haben. Zudem sind gewisse Mikroverunreinigungen in der Umwelt langlebig - oft absichtlich, wie z.B. bei Pestiziden - und werden deshalb in Abwasserreinigungsanlagen (ARA) nicht oder nur zum Teil abgebaut. Da solche Stoffe aber reichlich Anwendung im alltäglichen Gebrauch finden, z.B. in Arzneimitteln, Körperpflegeprodukten, Reinigungsmitteln, Pestiziden oder Materialschutzmitteln, stellen sie ein Problem für die Gewässer dar, darunter auch die Vorfluter von ARA.

Die genauen Auswirkungen dieser Mikroverunreinigungen auf die Gewässer sind meist noch ungewiss, bedingt durch die Vielfalt der Stoffe und die Komplexität ihrer Wirkungsweise auf die Umwelt. Verschiedene nationale Projekte versuchen Mikroverunreinigungen und ihre Einwirkungen auf die Umwelt genauer zu beleuchten (z.B. das Projekt „Fischnetz“, das Nationale Forschungsprogramm NFP 50 „Hormonaktive Stoffe: Bedeutung für Menschen, Tiere und Ökosysteme“ oder das BAFU-Projekt „Strategie Micropoll“). Die Kenntnisse über Mikroverunreinigungen sind also in ständiger Entwicklung.

Obwohl der Grossteil der Mikroverunreinigungen über ARA in die Gewässer gelangt, bestehen auch andere Eintragswege, z.B. durch Mischwasserüberläufe oder durch Auswaschung von Feldern, Strassen oder Bauten bei Regenwetter (diffuser Eintrag). Die Einführung von Massnahmen in ARA ist also notwendig, sollte jedoch auch in Zusammenhang mit anderen Massnahmen durchgeführt werden, wie z.B. der Minderung des Gebrauches dieser Stoffe oder Anwendungsrichtlinien zur Vermeidung ihrer Auswaschung.

Es gibt verschiedene Verfahren zur Elimination der nicht biologisch abbaubaren Mikroverunreinigungen in ARA. Damit ein Verfahren auf einer ARA anwendbar ist, muss es die Elimination einer Vielfalt dieser Stoffe ermöglichen (Breitbandwirkung) und auch wirtschaftlich zu betreiben sein (bezüglich Kosten und Energieverbrauch).

1.2 Gesetzliche Grundlage

In der Schweiz sollen Mikroverunreinigungen künftig gezielt aus dem Abwasser entfernt werden. Der Bund hat deshalb das eidgenössische Gewässerschutzgesetz, GSchG (SR 814.20) und die Gewässerschutzverordnung, GSchV (SR 814.201) dahingehend revidiert, dass die Inhaber von zentralen Kläranlagen verpflichtet werden, organische Spurenstoffe aus dem Abwasser zu eliminieren. Die revidierten Bestimmungen des Gesetzes sowie der Verordnung wurden am 1. Januar 2016 in Kraft gesetzt. Gemäss Anhang 3.1 der GSchV gilt für organische Spurenstoffe folgendes:

Der Reinigungseffekt, bezogen auf Rohabwasser und gemessen anhand von ausgewählten Substanzen, muss 80 % betragen für Abwasser aus:

Anlagen ab 80'000 angeschlossenen Einwohnern;

Anlagen ab 24'000 angeschlossenen Einwohnern im Einzugsgebiet von Seen; der Kanton kann Ausnahmen bewilligen, wenn der Nutzen einer Reinigung für die Umwelt und für die Trinkwasserversorgung klein ist;

Anlagen ab 8'000 angeschlossenen Einwohnern, die in ein Fliessgewässer mit einem Anteil von mehr als 10 % bezüglich organische Spurenstoffe ungereinigtem Abwasser einleiten; der Kanton bezeichnet die Anlagen, die Massnahmen treffen müssen, im Rahmen einer Planung im Einzugsgebiet;

anderen Anlagen ab 8'000 angeschlossenen Einwohnern, wenn eine Reinigung aufgrund besonderer, hydrogeologischer Verhältnisse erforderlich ist;

Das Amt für Umwelt Thurgau legt fest, anhand welcher Substanzen der Reinigungseffekt gemessen und wie er berechnet wird.

Die ARA Frauenfeld leitet das gereinigte Abwasser in die Murg ein. Während einer Messkampagne im Jahre 2010 wurde in der Murg, flussabwärts der Einleitung der ARA Frauenfeld, bei Niederwasser (Q_{347}) ein Abwasseranteil von 70% ermittelt. Damit liegt der Anteil des gereinigten Abwassers am Gesamtabfluss des Vorfluters Murg deutlich über 10%.

Kriterium 3:

Anlagen ab 8'000 Einwohnern, die in ein Fliessgewässer mit einem Abwasseranteil von mehr als 10% bezüglich organischen Spurenstoffen ungereinigtes Abwasser einleiten.

Es zeigt sich somit, dass die ARA Frauenfeld zu denjenigen Anlagen zählt, welche eine Stufe zur weitergehenden Elimination von Mikroverunreinigungen (MV-Stufe) betreiben muss.

1.3 Kennzahlen der ARA

Grösse der ARA: 80'000 EW

Q_{ARA} : 600 L/s

2 GRUNDLAGEN / RANDBEDINGUNGEN

2.1 Dokumente

Folgende Dokumente stehen für die Ausarbeitung dieses Vorprojekts zur Verfügung:

- Zustandsberichte Fremdwasser / Fremdwasserreduktion:
 - o INGE Wälli AG / Moggi Ingenieure / Fischer Ingenieure vom 04.12.2003
 - o Kuster+Hager AG vom 18.05.2018
- Geologische Berichte:
 - o Bereich Neubau Faulung von 1991, Büchi und Müller AG
 - o Bereich Neubau Rechengebäude von 2015, CSD Ingenieure AG
 - o Projektperimeter MV von 2021, CSD Ingenieure AG
- Betriebsdaten ARA Frauenfeld
 - o 2020
- Berichte zur Vorstudie MV
 - o Dimensionierungsgrundlagen MV, Kuster+Hager AG vom 14. Juni 2019
 - o Bericht: ARA Frauenfeld – Vorstudie MV und Empfehlung Bestvariante vom 18.05.2020

2.2 Dimensionierung MV-Stufe

2.2.1 Grundsatz

Gemäss der VSA-Empfehlung «Zu behandelnde Abwassermenge und Redundanz von Reinigungsstufen zur Entfernung von Mikroverunreinigungen» vom 27. Oktober 2015 sind MV-Stufen grundsätzlich hydraulisch auf die Kapazität der biologischen Stufe auszulegen. Das heisst für die ARA Frauenfeld:

- $Q_{MV} = Q_{Biologie} = 600 \text{ L/s.}$

2.2.2 Fremdwasseranteil

Resultate Messungen 2002

Für die Erhebung des Fremdwassers im Zulauf der ARA Frauenfeld wurden an 27 Messstellen das Fremdwasser gemessen (V-Wehre) und zwar während der Nacht von Sonntag auf Montag 02. auf 03.06.2002. Davor war es 3 Tage lang trocken. Noch weiter zurück liegt eine unbeständige feuchte Wetterperiode. Für die Messungen wurden diverse Pumpwerke geleert und abgestellt. Aus dem Zustandsbericht Fremdwasser / Fremdwasserreduktion von 2003 geht ein Fremdwasseranteil von 25% hervor. Dem Bericht ist weiter zu entnehmen: «Das konsequente Weiterführen der Sanierung von schadhaften Kanalisationen (Unterhalt und Werterhaltung), wie es die Stadt Frauenfeld seit Jahren praktiziert, wird langfristig die Fremdwassersituation positiv beeinflussen.»

Resultate Messungen 2017

Nach 15 Jahren wurde der Fremdwasseranteil für den Abwasserverband Region Frauenfeld nochmals gemessen und sehr ähnlich wie bei den Messungen in 2002 ausgeführt. Die Messungen fanden im März 2017 statt. Aus dem Zustandsbericht Fremdwasser / Fremdwasserreduktion von 2018 ist zu entnehmen, dass der Fremdwasseranteil auf die ARA Frauenfeld **ca. 30%** beträgt mit einer Ungenauigkeit von $\pm 5\text{-}10\%$.

Fazit:

Die Messkampagnen aus 2002 und 2017 lassen darauf schliessen, dass im Zulauf der ARA Frauenfeld der **Fremdwasseranteil 30%** beträgt, mit einer Ungenauigkeit von $\pm 5\text{-}10\%$. Die Ausführlichkeit der Messkampagnen und Einhaltung derselben Standards erhöhen die Verlässlichkeit dieser Zahlen.

2.2.3 Industrie- und Gewerbeabwasseranteil

Der Zulauf der ARA ist geprägt durch die Zuckerfabrik Frauenfeld (ZFF) der Schweizer Zucker AG. Während der Kampagne (rund 95 Tage im Jahr) fällt von der ZFF wesentlich mehr Abwasser an als ausserhalb der Kampagne.

Das Amt für Umwelt Thurgau (AfU) Thurgau hat die Industriezuläufe für 2017 und 2019 ausgewertet. Die folgende Tabelle fasst die Resultate zusammen

Tabelle 1: Industrie- und Gewerbeabwasseranteil

Anteile in Prozent (100% = $Q_{ARA} = 600 \text{ L/s}$)	2017	2019
Über den Zeitraum der ZFF Kampagne	9.9%	11.9%
Über das ganze Jahr (gewichtetes Jahresmittel)	5.1%	6.0%

Fazit:

Im Zulauf der ARA Frauenfeld beträgt der **Industriewasseranteil deutlich unter 10%**.

2.2.4 Resultat Vorstudie

In Absprache mit dem AfU TG soll für die hydraulische Dimensionierung der MV-Stufe der 85%-Wert des Trockenwetterzuflusses Q_{TW} der ARA Frauenfeld herangezogen werden.

Um Aufschluss über den Q_{TW} zu erhalten, wurden die Betriebsdaten der Jahre 2016 und 2017 mit der Methode der Polygonbildung über die gleitenden Minima gemäss ATV A198 ausgewertet.

Nachstehend sind die Werte zusammengestellt:

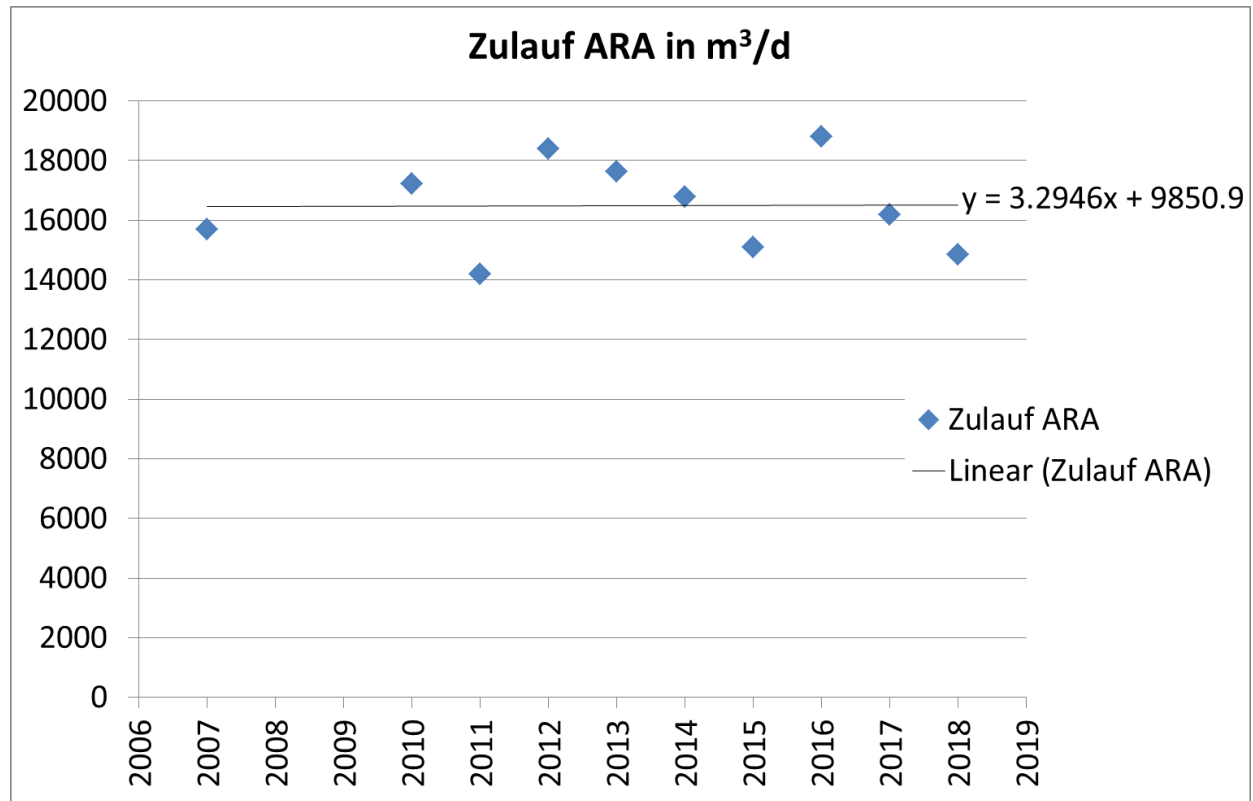
– Q_{TW} Minimum = 7'700 m³/d

- Q_{TW} Mittel = 12'929 m³/d
- Q_{TW} Maximum = 21'330 m³/d
- Q_{TW} 85 % = 16'896 m³/d

Rechnet man mit $n = 16$ h für den Zulauf zur Anlage, entspricht dies für den Mittelwert von 12'929 m³/d einem Zufluss von 808 m³/h resp. 224 L/s.

Für den 85%-Wert von 16'896 m³/d ergibt das einen Zufluss von 1'055 m³/h resp. 293 L/s.

Die Zulaufmenge zur ARA Frauenfeld ist über die vergangenen Jahre in etwa gleichgeblieben.



Zuflussmittelwerte ARA Frauenfeld 2007-2018

Seit Mitte der Achtzigerjahre hat der Wasserverbrauch mit Ausnahme von 1994, 2003, 2006 und 2015 (Hitze- und Trockenperioden) trotz steigender Wohnbevölkerung stetig abgenommen. Der Wasserverbrauch pro Einwohner ging in Frauenfeld 2016 gegenüber 2000 von 380 auf 270 Liter pro Tag zurück (Reduktion um 30%). Dies entspricht einer jährlichen Reduktion des Wasserverbrauchs um **2%**.

Entwicklung der ständigen Wohnbevölkerung im Szenario "Mittlere Zuwanderung"						
Kanton Thurgau und Bezirke, 1990 bis 2035, Bestand am 31.12. in Personen						
Jahr	Kanton Thurgau	Bezirke	Arbon	Frauenfeld	Kreuzlingen	Münchwil
						Weinfelden
Beobachtung						
1990	205'946	43'645	50'585	33'980	34'472	43'264
1995	223'372	47'348	54'919	36'948	36'931	47'226
2000	227'306	47'950	56'941	36'715	38'277	47'423
2005	234'332	48'864	58'727	38'835	39'799	48'107
2010	247'781	51'724	61'600	42'460	41'899	50'098
2011	251'973	52'633	62'415	43'258	42'815	50'852
2012	256'213	53'327	63'296	44'220	43'614	51'756
2013	260'278	54'011	64'084	45'175	44'453	52'555
2014	263'733	54'281	64'770	46'001	45'112	53'569
2015	267'429	54'931	65'673	46'591	45'978	54'256
Szenario "Mittlere Zuwanderung"						
2016	269'731	55'467	66'496	47'041	46'294	54'433
...
2020	282'981	57'889	69'401	50'098	48'753	56'839
2021	286'307	58'505	70'128	50'847	49'359	57'466
2022	289'648	59'129	70'856	51'596	49'965	58'102
2023	292'986	59'754	71'581	52'343	50'565	58'743
2024	296'329	60'385	72'305	53'088	51'162	59'390
2025	299'635	61'011	73'020	53'823	51'749	60'032
2026	302'922	61'632	73'732	54'557	52'327	60'674
2027	306'170	62'252	74'442	55'269	52'894	61'313
2028	309'391	62'874	75'151	55'972	53'447	61'947
2029	312'549	63'487	75'844	56'665	53'985	62'569
2030	315'647	64'089	76'521	57'350	54'508	63'178
2031	318'667	64'677	77'182	58'020	55'017	63'770
2032	321'551	65'236	77'815	58'661	55'503	64'336
2033	324'280	65'768	78'385	59'266	55'992	64'869
2034	326'816	66'267	78'922	59'821	56'458	65'348
2035	329'171	66'731	79'423	60'329	56'895	65'793

Datenquellen: Bundesamt für Statistik: bis 2009: ESPOP, ab 2010: STATPOP; 2016-2035: Dienststelle für Statistik Thurgau, Kleinräumige Bevölkerungsszenarien

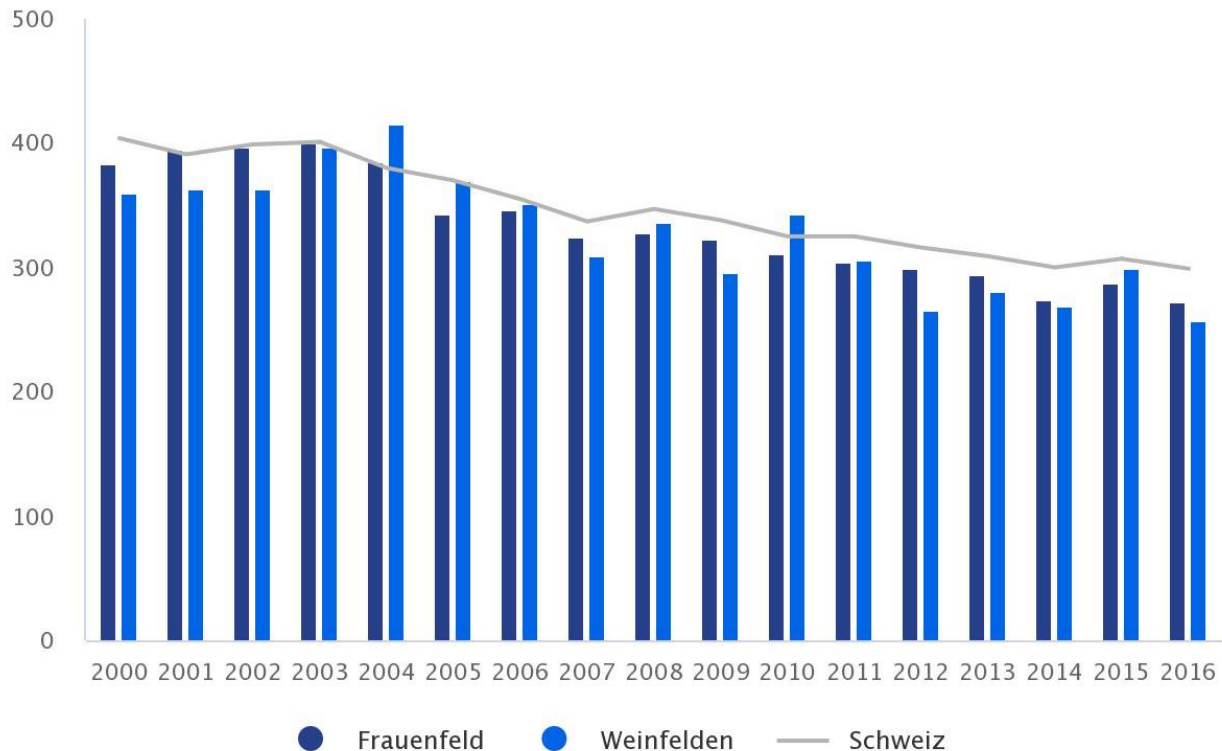
1990-2016	131%	127%	131%	138%	134%	126%
jährlich	1.2%	1.1%	1.3%	1.5%	1.4%	1.0%
2016-2035	122%	120%	119.4%	128%	123%	121%
jährlich	1.1%	1.0%	1.0%	1.4%	1.1%	1.0%

Die Bevölkerungszunahme in Frauenfeld wird gemäss dem Bundesamt für Statistik für die nächsten 15 Jahre auf 1.0% pro Jahr prognostiziert.

Demgegenüber stehen die Wasserverbrauchsreduktion über die letzten Jahrzehnte von 2% pro Jahr sowie allfällige geplante Fremdwasserreduktionen im Einzugsgebiet.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass selbst bei einer Wasserverbrauchsreduktion um künftig nur noch 1% pro Jahr trotzdem Einsparungen (z.B. Elimination von Fremdwasser im Netz und Einsatz neuer, wassersparender Technologien) die zukünftige Entwicklung im Einzugsgebiet kompensieren, so dass in den nächsten 20 Jahren von den gleichen kommunalen Abwassermengen wie heute ausgegangen werden kann.

Durchschnittlicher Trinkwasserverbrauch, Schweiz sowie Gemeinden Frauenfeld und Weinfelden, 2000–2016, in Liter pro Einwohner und Tag



Dienststelle für Statistik Kanton Thurgau

Datenquellen: Amt für Umwelt Kanton Thurgau, Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfachs

Für die MV-Stufe wird deshalb vorgeschlagen, für die hydraulische Auslegung der MV-Stufe den zweifachen Trockenwetteranfall (85%-Wert) aus den Jahren 2016 und 2017 zu verwenden zuzüglich von Rückläufen von ca. 20 L/s.

Somit soll die MV-Stufe auf $2 \times 293 \text{ L/s} + 20 \text{ L/s} = 606 \text{ L/s}$ ausgelegt werden.

Dies entspricht in etwa der Dimensionierungswassermenge der ARA Frauenfeld von 600 L/s.

Somit ist die MV-Stufe auf eine Vollstrombehandlung ausgelegt.

2.2.5 Schlussfolgerung

Die Herleitung aus Kapitel 2.2.4 bestätigt die grundsätzliche Auslegung der MV-Stufe auf 600 L/s. Die geringen Fremd- und Industrielwasseranteile sind keine Gründe von dieser Auslegung abzuweichen.

Fazit:

Die MV-Stufe wird auf 600 L/s dimensioniert.

2.2.6 Rückläufe

Die Durchflussmenge von 600 L/s muss in der MV-Stufe behandelt werden. Das bedeutet, dass für die hydraulische Bemessung die Rückläufe aus der MV-Stufe hinzugerechnet werden müssen. Diese werden auf 85 L/s geschätzt. Die nachfolgende Tabelle beschreibt die einzelnen Rückläufe.

Tabelle 2: Rückläufe aus MV-Stufe

Rückläufe	Durchfluss
Schlammwasserrückführung aus dem Schlammwasserkanal MV: <ul style="list-style-type: none"> - Das Schlammwasserbecken ist bzgl. Gebäudevolumen optimiert worden. Das spart Volumen und damit Investitionskosten. Eine Spülung produziert 443 m³ Schlammwasser. Der Nutzinhalt des Schlammwasserkanals ist 255 m³. Während der Spülung ist also eine Leerung notwendig. Der gewählte Kompromiss liegt bei <u>durchschnittlich</u> 36 L/s, das entspricht einer Entleerungszeit von <u>2 Stunden</u>. 	36 L/s
Brauchwasserbedarf für MV: <ul style="list-style-type: none"> - Aufbereitung und Injektion der frischen GAK für Dosierung - Befüllung und Drainage Bunker bei Entleerung Reaktor - Injektion und Drainage LKW bei Entleerung Bunker - Gleichzeitigkeitsfaktor < 1 ist berücksichtigt. 	25 L/s
Betriebswasser für ARA allgemein:	10 L/s
Entwässerung Umschlagplatz:	6 L/s
Diverses: <ul style="list-style-type: none"> - Ablauf aus Online-Analytik - Gebäudeentwässerung - Schmutzwasser Lavabos - Schlammwasser Brauchwasserfilter - Unterhalt - Etc. 	8 L/s
Total Rückläufe	85 L/s

2.2.7 Auswirkungen auf ARA Hydraulik

Die Rückflüsse werden zum grossen Teil an den Beginn der Biologie zurückgeführt. Die um die Rückflüsse erhöhte Zulaufmenge der Biologie hat zur Folge, dass auch die Wasserspiegel in der Biologie und Nachklärung leicht ansteigen. Eine genaue Berechnung der Hydraulik wird im Bauprojekt zeigen, ob die Überfallkante am Ende der Biologie (Notüberfall, wenn Schütz geschlossen) erhöhte werden muss. Bei Bedarf kann das Blech kostengünstig erhöht werden. Im Bauprojekt ist ebenfalls zu prüfen, ob die Rücklaufschlammumpen noch ausreichend sein werden.

Die Auswirkungen auf die Nachklärung sind auch klein, weil die ARA sehr gute Schlammeigenschaften hat.

2.3 Einleitbedingungen gemäss Amt für Umwelt TG

Nachfolgend sind die Einleitbedingungen aufgeführt, die die ARA Frauenfeld einzuhalten hat. Gemäss dem AfU gelten diese Einleitbedingungen voraussichtlich auch nach dem hier projektierten Ausbau der ARA Frauenfeld.

Tabelle 3: Einleitbedingungen ARA Frauenfeld

Einleitbedingungen gemäss GSchV (SR 814.201) ¹⁾		
Parameter	Konzentration (mg/L)	Reinigungseffekt (%)
CSB (24-h-Sammelprobe)	45	85%
Phosphor total (24-h-Sammelprobe)	0.8	80%
GUS (24-h-Sammelprobe, Filter 0.45 µm)	15	-
Ammonium-N ²⁾ (24-h-Sammelprobe)	2.0	90%
Nitrit-N (Richtwert)	0.3	-
Organische Spurenstoffe (48-h-Sammelprobe) ³⁾	-	80%
Durchsichtigkeit (nach Snellen)	30 cm	
Übrige Parameter	Gemäss Anhang 3.1 GSchV	

- 1) Die Anforderungen (Konzentration und Reinigungseffekt) gelten am Ort der Einleitung in die Murg bei Normalbetrieb der ARA bzw. bei der Abwassermenge, auf die die Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen 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.
- 2) Eine gute Nitrifikation wird auch zur Gewährleistung eines möglichst weitgehenden und stabilen Abbaus organischer Verbindungen verlangt. Die Nitrifikation ist für Abwassertemperaturen von mehr als 10°C durchzuführen.
- 3) Reinigungseffekt, bezogen auf Rohabwasser und den Gesamt-Ablauf und gemessen anhand von ausgewählten Substanzen. Gemäss Anhang 3.1 Ziffer 2 Nr. 8 der GSchV hat das Departement (UVEK) in der Verordnung vom 03.11.2016 festgelegt, anhand welcher Substanzen der Reinigungseffekt gemessen und wie er berechnet wird.

2.4 Qualität Ablauf bestehende ARA

Die ARA Frauenfeld wird mit dem konventionellen Belebtschlammverfahren betrieben.

Während der Zuckerkampagne der Schweizer Zucker AG werden zusätzlich die beiden Tropfkörper in Betrieb genommen, um die zusätzliche Belastung bewältigen zu können.

Nachfolgend ist aufgeführt, wie oft pro Jahr die Einleitbedingungen bei den einzelnen Parametern überschritten wurden.

Tabelle 4: Überschreitungshäufigkeiten der Einleitbedingungen der ARA Frauenfeld

Überschreitungshäufigkeit der Einleitbedingungen						
Parameter		2016	2017	2018	2019	2020
CSB	Konzentration	0	7	1	1	3
	Reinigungseffekt	3	2	1	2	3
Phosphor total	Konzentration	11	21	7	6	1
	Reinigungseffekt	14	10	2	5	4
GUS	Konzentration	0	4	0	0	2
Ammonium-N	Konzentration	14	33	4	1	2
	Reinigungseffekt	18	25	4	4	4
Nitrit-N	Konzentration	51	48	38	36	7
Durchsichtigkeit	Konzentration	0	4	0	0	3

Rosa: Überschreitung der gemäss GSchV zulässigen Anzahl an nicht eingehaltenen Werten

In den vergangenen Jahren hatte die ARA Frauenfeld mit Problemen bei der Nitrifikation zu kämpfen. Durch Optimierungsmaßnahmen konnte aber die Nitrifikationsleistung der ARA ab dem Jahr 2020 massiv verbessert werden, so dass nun die Einleitbedingungen im Jahr 2020 vollumfänglich eingehalten werden konnten.

Die für den sicheren Betrieb der MV-Stufe massgebende GUS-Konzentration im Ablauf der Nachklärung liegt im Mittel bei 4.9 mg/l (2016-2020) und ist als sehr gute Voraussetzung für die Implementierung des geplanten Verfahrens «Granulierte Aktivkohle im Schwebebett» zu werten.

3 VERFAHRENSWAHL

In einem ersten Vorauswahlverfahren wurde entschieden, nur Verfahren näher zu betrachten, die Stand der Technik sind.

Grundsätzlich eignen sich Ozon und Aktivkohle zur Elimination der MV.

Somit wurde entschieden, in einer ersten Evaluierungsstufe folgende Verfahrensvarianten näher zu untersuchen:

- Ulmer Verfahren (PAK-Dosierung mit Sedimentation und nachgeschaltetem Sandfilter)
- PAK-Dosierung direkt vor einem Sandfilter
- GAK-Filter
- GAK im Schwebebett
- Ozondosierung vor einem Sandfilter
- Ozondosierung vor einem GAK-Filter

In einem zweiten Auswahlverfahren wurden diese sechs Verfahrensvarianten untersucht, um drei Bestvarianten zur Weiterverfolgung zu evaluieren.

Die beiden Varianten PAK-Dosierung vor Sandfilter und Ozondosierung vor Sandfilter sind als weitgehend gleichwertig einzustufen.

Hier wurde in gemeinsamer Absprache mit dem AfU TG entschieden, die Ozondosierung vor einem Sandfilter weiterzuverfolgen.

Als sehr interessant erwiesen sich die Varianten mit granulierter Aktivkohle (GAK im Schwebebett und GAK-Filter).

Beide Varianten zeichnen sich durch einen geringen Platzbedarf und niedrige Kosten aus.

Deshalb wurde entschieden, auf alle Fälle auch diese beiden Varianten weiterzuverfolgen.

Somit ergab die erste Stufe des Auswahlverfahrens den Entscheid, folgende Verfahren in einer zweiten Evaluierungsstufe weiterzuverfolgen:

- GAK im Schwebebett
- GAK-Filter
- Ozondosierung vor einem Sandfilter

Für alle Varianten wurden Richtofferten für die verfahrensrelevante Maschinentechnik eingeholt. Die Angaben der Lieferanten wurden in der Disposition entsprechend berücksichtigt. Beim AV Region Frauenfeld sind noch diverse weitere Projekte in Planung (Notstromaggregat, Traforaum und Unterwarte Biologie, Maschinenhaus 2). Bei der Disposition der drei Varianten wurden diese Projekte berücksichtigt und integriert.

Untersuchungen zur Ozonierbarkeit des Abwassers der ARA Frauenfeld (Bericht Envilab vom Dezember 2019) führten zu einer ablehnenden Haltung des Subventionsgebers BAFU gegenüber einer Ozonbehandlung auf der ARA Frauenfeld. Die Bromatbildung bei der Ozonung wird durch das BAFU als kritisch eingestuft. Eine allfällige Ozonung wäre mit Auflagen verbunden (Identifizierung und Beseitigung industrieller Bromidquellen).

Das BAFU empfahl daher in seiner Beurteilung, das Verfahren Ozonung mit anschliessendem Sandfilter zu verwerfen. Es sei ein Aktivkohleverfahren – namentlich GAK im Schwebebett – weiterzuverfolgen.

Sowohl vom Platzbedarf als auch von der Höhenlage des MV-Gebäudes ist das Verfahren GAK im Schwebebett gegenüber dem GAK-Filter zu favorisieren. Die Eliminationsleistungen sind sehr gut. Zudem vermag das Verfahren durch dessen Einfachheit (Betreiberfreundlichkeit) und Betriebssicherheit zu überzeugen.

Im Kostenvergleich schneidet das Verfahren GAK im Schwebebett gegenüber dem GAK-Filter ebenfalls besser ab.

Der AVRf hat am 11.12.2020 in der Betriebskommission entschieden ein Vorprojekt auf Basis des Verfahrens GAK im Schwebebett Vorprojekt ausarbeiten zu lassen.

Die Erläuterung des Verfahrens und die Auslegung der MV-Stufe ist der Beilage «Verfahrensbeschreibung und Auslegung Carboplus®-Verfahren» zu entnehmen.

4 RANDBEDINGUNGEN LAYOUT

4.1 Anzahl Reaktoren

4.1.1 Variantenvergleich

Beim GAK-Schwebebett Verfahren ist es empfehlenswert mehrere Reaktoren zu bauen. Im Zuge des Vorprojekts wurden unterschiedliche Anzahlen an Reaktoren geprüft. Je mehr Reaktoren, umso besser sind Flexibilität, Anlagenverfügbarkeit und Schlammwasservolumen, dafür steigen die Investitionskosten. Je weniger Reaktoren, umso kleiner ist die Anzahl Aggregate, dafür fehlen die eben erwähnten Vorteile, wenn mehr Reaktoren gebaut werden.

Der Variantenvergleich hat ergeben, dass 6 Reaktoren die optimale Anzahl für die ARA Frauenfeld ist.

4.1.2 Reaktoranzahl (n=6, ohne Reserve)

Die maximale Zulaufmenge wird auf sämtliche 6 Reaktoren gleichmässig verteilt. Wenn alle 6 Reaktoren in Betrieb sind, kann die maximale Zulaufmenge behandelt werden und die maximale Beschickung von 15 m³/h eingehalten werden.

Die Ablaufwerte der Biologie sind seit 2020 gut (siehe Kap. 2.4) und vor der MV-Stufe ist ein Feinsieb geplant. Aus diesen Gründen müssen die Reaktoren voraussichtlich nur einmal im Monat gespült werden. Das entspricht einer Reaktor-Spülung alle 5 Tage. Darum ist kein zusätzlicher 7. Reaktor eingerechnet und n=6 bei maximalem Zulauf.

4.2 Redundanzen

4.2.1 Allgemein

Die Frage der Redundanzen hat bei diesem Verfahren einen grossen Einfluss auf das Gebäudelayout. Entsprechend wird diese Frage in diesem Kapitel abgehandelt.

Es wurden folgende Varianten geprüft:

- Variante 1: MV-Stufe 2-strassig à 3 Reaktoren pro Strasse
- Variante 2: MV-Stufe 1-strassig à 6 Reaktoren

4.2.2 Variantenvergleich

Kuster+Hager hat die beiden Varianten aufgezeigt und die Vor- und Nachteile der jeweiligen Varianten abgeschätzt.

- Die 2-strassige Variante ist rund CHF 560'000 teurer, bringt aber den Vorteil, dass bei Wartungs- und Sanierungsarbeiten immer mind. 50% der MV-Stufe in Betrieb bleiben kann.
- Der VSA empfiehlt die Mehrstrassigkeit für MV-Stufen auf ARA mit über 80'000 angeschlossenen Einwohnern. Ob die 2-Strassigkeit für die ARA Frauenfeld mit 36'127 E (2020) vollumfänglich vom Bund abgegolten würde ist unklar.

- Gemäss derselben VSA-Empfehlung werden wo sinnvoll bauliche und verfahrenstechnische Redundanzen vorgesehen.
- Durch die Mehrzahl der Reaktoren ist eine gewisse Redundanz vorhanden. Bei Arbeiten an den 1-strassigen Teilen – Zulaufkanal, Spülwasservorlage, Schlammwasserbecken und Ablaufkanal – muss die gesamte MV-Stufe ausser Betrieb genommen werden. Das ist sehr selten der Fall und wird vom AVRf in Kauf genommen.
- Die 2-strassige Variante hat einen grösseren Abstand vom Gebäude zur Parzellengrenze.

4.2.3 Beschluss

An der Projektteam-Sitzung PT-03 vom 11. März wurde beschlossen, auf der Basis 1-strassige MV-Stufe weiter zu planen.

Die Beckengeometrie wird optimiert, um den Abstand vom Gebäude zur Parzellengrenze zu maximieren.

4.3 Betriebsgebäude

4.3.1 Allgemein

Das bestehende Betriebsgebäude ist Teil des Maschinenhauses 2, wo auch das Schneckenhebewerk Biologie, die Werkstatt und das Labor untergebracht sind. Es befindet sich zwischen den Belüftungsbecken und Zwischenklärbecken. Aus den folgenden Gründen ist ein Neubau des Betriebsgebäudes an einem anderen Standort mittelfristig angedacht:

- Das Maschinenhaus 2 stammt vom Erstausbau im Jahr 1969 und ist sanierungsbedürftig. Das Ausmass einer Sanierung wird zurzeit durch den AVRf abgeklärt.
- Das Maschinenhaus 2 befindet sich auf einer Fläche, welche im Bedarfsfall ideal für eine Kapazitätssteigerung der Biologie verwendet werden könnte.
- Ein Neubau des Betriebsgebäudes bringt Chancen mit sich: mögliche Synergien mit anderen Bauvorhaben, Verringerung des Wärmeverlusts über die Gebäudehülle, bessere Einbindung des Betriebsgebäudes in das ARA-Areal.

Aus den obengenannten Gründen wurde in diesem Vorprojekt ein neues Maschinenhaus 2, u.a. mit Betriebsgebäude, Labor und Werkstatt in der Disposition untersucht.

Es wurden zwei Varianten angeschaut:

- Variante 1: MV-Stufe ohne Betriebsgebäude
- Variante 2: MV-Stufe mit Betriebsgebäude integriert

4.3.2 Beschluss

Am 9. April 2021 hat das Projektteam in der PT-04 beschlossen, die Variante 1 aus den folgenden Gründen zu favorisieren:

- Das Betriebsgebäude am Standort der bestehenden Erdfilter begünstigt langfristig eine Verbindung der bestehenden, separierten Leitungsgänge der Biologie und der Schlammbehandlung über den Ventilatoren-Raum der Abluftbehandlung.

- Bei der Variante 1 bleibt neben der MV-Stufe Platz für eine allfällige Kapazitätssteigerung oder für eine noch weitergehende Reinigungsstufe.
- Die Zugänglichkeiten sind besser, wenn das Betriebsgebäude nicht in die MV-Stufe integriert ist.

4.4 Erweiterbarkeit

Die Becken der MV-Stufe werden so angeordnet, dass der Aufwand für eine allfällige, zukünftige Kapazitätssteigerung möglichst gering ist. Innerhalb des ARA-Geländes hat es noch Platzreserven für mindestens 2 zusätzliche, baugleiche Reaktoren.

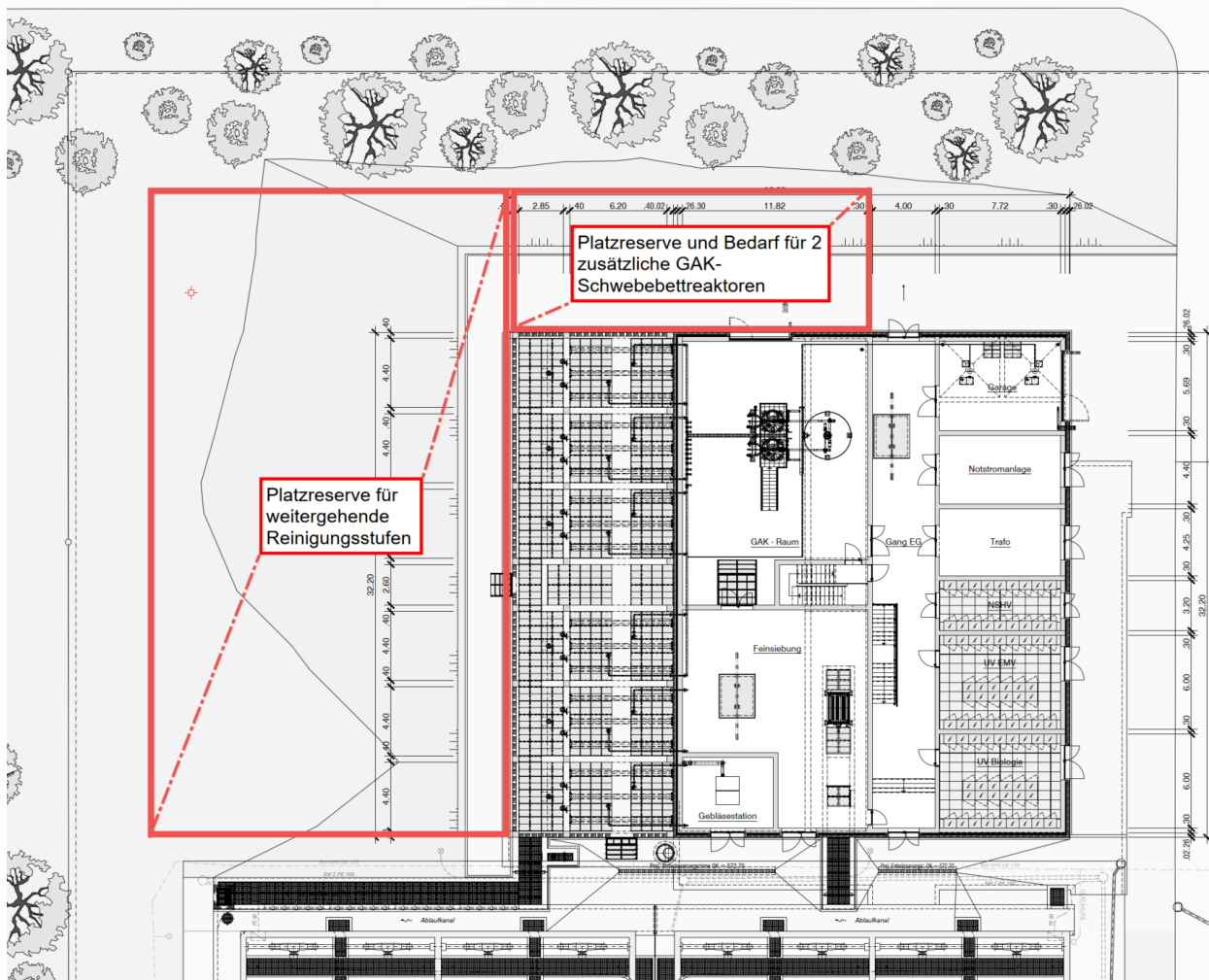


Abbildung 1: Erweiterbarkeit MV-Layout

4.5 Höhenlage MV-Stufe

Massgebend für die Hydraulik und damit die Höhenlage der neuen MV-Stufe sind die Kotten im Ablauf der Nachklärung und im Ablaufkanal in die Murg. Die Höhenlage der Vorlagebehälter und Reaktoren und damit des neuen MV-Gebäudes wurde so gewählt, dass die Pumpenhöhe möglichst gering ist (siehe Hydraulisches Längsprofil, Ausschnitt siehe unten). Damit wird der Stromverbrauch der Pumpen minimiert und einer Energievernichtung im Ablauf der MV-Stufe vorgebeugt. Dem gegenüber stehen die höheren Kosten für einen tieferen Aushub, welcher teilweise unter dem mittleren Grundwasser zu liegen kommt. Der Variantenvergleich hat gezeigt, dass die Mehraufwendungen für den Aushub nach rund 14 Jahren refinanziert sind. Da die neue MV-Stufe mit sehr hoher Sicherheit 30 Jahre wenn nicht sogar wesentlich länger in Betrieb sein wird, sind die höheren Baukosten zur Einsparung von Strom- und damit Betriebskosten gerechtfertigt.

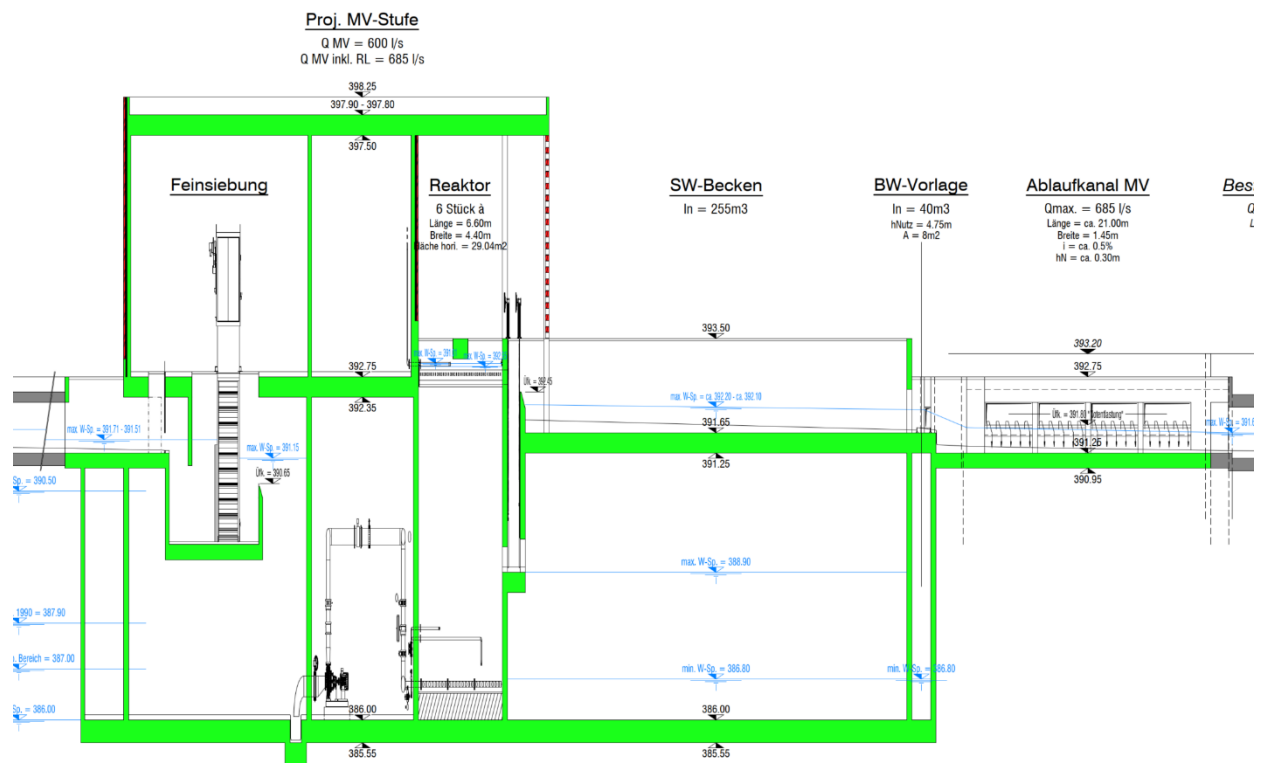


Abbildung 2: Auszug PDF-Plan hydraulisches Längsprofil

5 ANLAGENBESCHRIEB MV

5.1 Ausbaukonzept

5.1.1 Verfahrensstufen

Für die Elimination der Mikroverunreinigungen sind folgende hydraulische Bauwerke ab Ablauf Nachklärbecken geplant:

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| • 1 Zulaufkanal MV | | |
| • 1 Feinsieb | Entfernung von Feststoffen | Kapitel 5.2 |
| • 1 Pump- und Spülwasservorlage | | |
| • 6 GAK-Schwebebettreaktoren | Elimination von Mikroverunreinigungen | Kapitel 5.3 |
| • 1 Ablaufkanal MV | | |

5.1.2 Hydraulische Dimensionierung

Die MV-Stufe wird auf $Q_{MV} = 600 \text{ L/s}$ ausgelegt. Damit der volle Zulauf behandelt werden kann, müssen die Rückflüsse, welche aufgrund der MV-Stufe entstehen, hydraulisch hinzugerechnet werden. Die Rückflüsse werden auf 85 L/s geschätzt. Entsprechend werden die GAK-Schwebebettreaktoren hydraulisch auf 685 L/s bzw. $2'466 \text{ m}^3/\text{h}$ dimensioniert (siehe Kapitel 2.2).

5.1.3 Umgehungen

5.1.3.1 Bypass Feinsieb

Vor dem Feinsieb hat es an der Seite einen Steckschutz und einen Absturzschaft, welcher gleichzeitig als Entlüftung der Pumpenvorlage dient. Im Revisionsfall kann dieser Steckschutz herausgehoben und vor dem Feinsieb wieder eingesteckt werden.

5.1.3.2 Bypass MV

Bei einem Stromausfall muss die MV-Stufe passiv umfahren werden können. Dazu wird in den bestehenden Ablaufkanal eine Überfallkante eingebaut. Die Überfallkante springt an, wenn kein Wasser durch die MV-Stufe fließt, und es infolgedessen zurückstaut. Die Überfallkante darf nicht zu hoch gesetzt werden, damit die Nachklärung nicht eingestaut wird.

Eine grobe Berechnung der Hydraulik ergibt folgende Zahlen:

- Kote: 391.80 m ü.M.
- Länge: 4 x 3.75 m = 15 m (effektive Länge 14.91 m)

Im Bauprojekt muss die Hydraulik der bestehenden, gedückten Abläufe der Nachklärbecken überprüft werden und die Überfallkante mit der Hydraulik des Neubaus festgelegt werden.

Im Bauprojekt ist zu prüfen, ob es nicht auch sinnvoll wäre die Unterbrechung des bestehenden Ablaufkanals ebenfalls mit Steckschützen auszuführen. Für längere Revisionsarbeiten könnte der Steckschutz herausgenommen werden. Dann fließt der Ablauf der Nachklärung wie

bisher. Allfällige Rückstauproblematiken wären gelöst und der Steckschutz kann im Ablaufkanal der MV-Stufe wieder eingesteckt werden, um dort Rückstauprobleme zu verhindern.

Im Revisionsfall der MV-Stufe erhält die Brauchwasservorlage keinen Zulauf mehr. Im Bauprojekt sind folgende Varianten zu prüfen:

1. Einbau Schwelle in Ablaufkanal, damit Rückstau bis zur Brauchwasservorlage zurückfließt.
2. Trinkwasserzuleitung mit freiem Einlauf in die Brauchwasservorlage.
3. Rohrleitung vom Ablaufkanal Nachklärung zur Brauchwasservorlage.

5.1.4 Mess- und Probenahmekonzept

Die Online-Analytik überprüft einerseits den Zulauf zur MV-Stufe und andererseits den Ablauf der MV-Stufe bzw. des Ablaufs ARA. Hier eingeplant ist jeweils eine Trübungs- und eine SAK 254nm Messung. Die dazu notwendigen Installationen werden im Raum mit dem Feinsieb untergebracht. Hier befindet sich auch das Probenahmegerät für die Sammelproben des Ablaufs ARA.

Die Überwachung des Aktivkohleschlupfs wird im nachfolgenden Absatz beschrieben. Weitere Details zum Mess- und Probenahmekonzept können dem Bericht der Fa. Stereau entnommen werden.

5.1.5 Aktivkohleschlupf

Auf der STEP de Penthaz läuft das Verfahren seit Herbst 2018. Gemäss Erfahrungsbericht im Aqua&Gas 2021/1 wurden im ARA-Ablauf Werte von 0 bis 3 % (im Durchschnitt <0.5%, 100% = Gesamte trockene GAK-Dosierung) erreicht, womit ein Aktivkohlerückhalt von mind. 95% eingehalten wurde.

Zur Minimierung des Aktivkohleschlupfs in den Vorfluter sind hier folgende Massnahmen vorgesehen:

- Der Lieferant wird angehalten einen maximalen Aktivkohleschlupf von 3% zu garantieren ().
- Qualitätskontrolle der Fluidisierung bei jeder Anlieferung (Stichprobe durch ARA-Betrieb)
- Lange Aufbereitungszeit der frischen Aktivkohle vor Dosierung in die Reaktoren
- Klarwasserzone zwischen Aktivkohlebett und Überlauf an der Wasseroberfläche
- Beschränkung der maximalen Beschickung auf 15 m/h bzw. 17 m/h in Ausnahmefällen (siehe Kapitel 5.3.3)

Zur Überwachung des Aktivkohleschlupfs sind folgende Massnahmen vorgesehen:

- Schlammpegelsonden 1 Stk. pro Reaktor
- Online-Messung der Trübung des gesamten Ablaufs
- Bestimmung des Aktivkohleanteils im Ablauf mindestens vier Mal pro Jahr gemäss Empfehlung (Aktueller Stand Beurteilung Aktivkohle-Rückhalt VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen Juni 2019).

5.2 Feinsieb

Die Nachklärbecken der ARA Frauenfeld sind nicht überdacht. Es können je nach Windrichtung Laubblätter, Plastikteile oder sonstige Feststoffe auf die Wasseroberfläche und anschliessend in den Ablaufkanal gelangen. Diese groben Partikel verstopfen langfristig das Verteilsystem am Boden der GAK-Schwebebettreaktoren. Deshalb empfiehlt die Fa. Stereau, im Zulaufkanal zur MV-Stufe ein Feinsieb mit Lochgrösse 1 mm zu installieren.

Im Vorprojekt ist ein entsprechendes Aggregat vorgesehen. Das Siebgut fliesst über eine Freispiegelleitung in den Schlammwasserkanal.

Sobald das Aggregat ausgeschrieben und bestimmt ist, können die hydraulischen Details rund um das Feinsieb und der Anschluss an die Vorlage fixiert werden.

5.3 GAK-Schwebebettanlagen

Die Auslegung der GAK-Schwebebettanlagen kann im Detail dem Bericht der Fa. Stereau entnommen werden, welcher mit der Richtofferte mitgeliefert wurde. Hier sind die wesentlichsten Informationen zusammengefasst.

5.3.1 Pump- und Spülwasservorlage

Das Carboplus®-Verfahren benötigt eine Pump- bzw. Spülwasservorlage. Dieses Becken befindet sich im Untergeschoss und verfügt über ein Gesamtspeichervolumen von ca. 294 m³. Es dient einerseits dem Ausgleich von Durchflussschwankungen und zur Speicherung von Wasser für die Spülungen, andererseits der Entnahme des Abwassers zur Beschickung der GAK-Schwebebettreaktoren.

Im Bauprojekt ist mit dem Lieferanten des Feinsiebs die Hydraulik zu überprüfen. Je höher der Betriebswasserspiegel der Pumpenvorlage gewählt werden kann, je geringer sind die Energiekosten.

5.3.2 Beschickung Schwebebettreaktoren

Das vorgesehene Verfahren der GAK-Schwebebettanlage wird durch die Fa. Stereau geliefert, welche auch Patentinhaberin ist. Die Anlage besteht aus 6 Reaktoren. Jeder Reaktor wird ab der Vorlage mit einer Pumpe beschickt.

Die Beschickung erfolgt so, dass im Betrieb die Reaktoren mit mind. 7 m/h durchflossen werden. Das entspricht 57 L/s pro Reaktor. Bei niedrigen Zuflüssen werden einzelne Reaktoren abgestellt.

Die Zu- und Abschaltung der Reaktoren erfolgt über das Reaktorenmanagement.

Tabelle 5: Technische Daten Beschickung GAK-Reaktoren

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Anzahl Pumpen	Stk.	6+0
Typ		trockenaufgestellt mit FU

5.3.3 Schwebebettreaktoren

Die 6 Schwebebettreaktoren sind vis à vis der Pumpen- und Spülwasservorlage in einer Reihe angeordnet. Mit einer Oberfläche von je 29.04 m² pro Zelle stehen total 174.24 m² Reaktorfläche zur Verfügung. Das Wasser wird über ein Netz an Verteilungen am Boden der Zelle eingetragen, welches mit je einer Kies- und Sandschicht abgedeckt ist. Mit einer Aufwärtsströmung durchfließt das Wasser das Aktivkohlebett und wird in Auslaufrinnen an der Oberfläche in den Reaktorablauf geführt. Der Reaktorablauf befindet sich im oberen Bereich des Schlammwasserkanals. Der Reaktorablauf hat 2 Öffnungen zum jeweiligen Reaktor und eine Öffnung zum Schlammwasserkanal. Diese Öffnungen sind im Normalbetrieb mit 3 pneumatisch angetriebenen Schützen verschlossen. Diese werden für die Spülung der Reaktoren benötigt. Bei unzureichender Qualität des gereinigten Wassers wird der Schütz im Reaktorablauf geöffnet und das Wasser gelangt in den Verwurf, von wo aus es in den Schlammwasserkanal geleitet wird. Im Normalfall gibt es einen Einstau im Reaktorablauf und das Wasser fließt bei Erreichung des Niveaus über eine Überfallkante in den Auslaufkanal.

Tabelle 6: Technische Daten Geometrie Schwebebettreaktoren

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Anzahl Zellen	Stk.	6
Abmessungen (L x B)	m	6.60 x 4.40
Schwebebettfläche	m ²	29.04
Nutzwasserhöhe (über Sandbett)	m	5.95
Höhe Kiesbett	m	0.25
Höhe Sandbett	m	0.10
Höhe abgesetzte Aktivkohle (in Ruhe)	m	ca. 1.50

Für die Filterzellen ist eine Betriebsgeschwindigkeit im Bereich von 7-15 m/h vorgesehen. Die maximale Aufwärtsgeschwindigkeit von 15 m/h kann für die maximale Beschickungsmenge von 2'466 m³/h (inkl. Rückläufe) mit 6 Reaktoren eingehalten werden.

In Ausnahmefällen und wenn es die gewählte GAK die entsprechenden Eigenschaften hat, kann für eine Ausserbetriebnahme eines Reaktors die Fliessgeschwindigkeit für eine befristete Zeit auf 17 m/h erhöht werden. So kann für eine befristete Zeit der maximale Zufluss in n-1 Reaktoren behandelt werden. Weil die Bemessungsgrösse von 15 m/h überschritten wird, steigt bei einer Beschickung von 17 m/h das Risiko für erhöhte Trübung im Ablauf und Aktivkohleschlupf.

Die minimale Betriebsgeschwindigkeit beträgt 7 m/h, damit die Fluidisierung der Aktivkohle gewährleistet ist. Die Anzahl Reaktoren, welche in Betrieb sind, werden der Zulaufmenge Abwasser angepasst, damit der zulässige Geschwindigkeitsbereich eingehalten werden kann. Bei Durchflussmengen unter ca. 200 m³/h (Nachtminimum) ist eine Rezirkulation zur Erreichung der Mindestgeschwindigkeit notwendig.

Tabelle 7: Technische Daten Betrieb Schwebebettreaktoren

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Beschickungsrichtung		Aufwärts
Geschwindigkeitsbereich	m/h	7-15
Maximaler Zulauf (inkl. Rückläufe)	m ³ /h	2'466
Maximale Beschickung Normalbetrieb	m/h	15
Maximale Beschickung Ausnahmefall	m/h	17.00

5.3.4 Rezirkulation

Wie im oberen Abschnitt bereits beschrieben, kann es notwendig sein, dass bei sehr tiefen Zulaufmengen zur MV-Stufe der Ablauf gefasst und wieder in den Zulauf gegeben wird.

Hier ist die Rezirkulation mit einer steuerbaren Freispiegelleitung vom Ablaufkanal MV zur Pumpen- bzw. Spülwasservorlage gelöst. Nach der Optimierung der Hydraulik im Bauprojekt kann es sein, dass die Rezirkulation eine kleine Pumpe erfordert.

5.3.5 Spülanlagen

Die GAK-Schwebebettreaktoren werden mit dem MV-Zulaufwasser gespült. Entsprechend ist die Pumpenvorlage auch (und vor allem) die Vorlage für die Spülungen. Zur Platz- und Kosteneinsparung ist die Reinigung im Batchbetrieb vorgesehen. Dadurch verlängert sich die Reinigungszeit, jedoch ist das erforderliche Speichervolumen kleiner.

Einen eigentlichen Rückspülprozess wie bei einer Raumfiltration gibt es nicht. Es muss somit auch keine Wasserreserve vorgehalten werden. Sollen aus einer Zelle die Schwebestoffe ausgespült werden, wird der Prozess gestartet und die Beschickung der zu reinigenden Zelle erhöht.

Falls die Reaktoren mit Wasser nicht ausreichend gereinigt werden können, ist der Einsatz von Spülluft möglich. In diesem Fall werden für die Reinigung Wasserspülung und Druckluftzugabe kombiniert. Dazu ist ein Spülluftgebläse eingeplant.

Tabelle 8: Technische Daten Spülwasserpumpen

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Anzahl Spülwasserpumpen	Stk.	1+1
Typ		trockenaufgestellt mit FU

Tabelle 9: Technische Daten Spülluftgebläse

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Anzahl Spülluftgebläse	Stk.	1+0
Aufstellung		EG Gebläseraum

5.3.6 Dosierung frische GAK

Die Aktivkohle-Dosierung erfolgt in Batches ca. einmal pro Tag. Vor der Dosierung muss die GAK zuerst aufbereitet werden (siehe Kapitel 5.3.8). Die Dosiermenge ist proportional zur Zulaufmenge. Erfahrungsgemäss ist die Dosiermenge ähnlich wie bei PAK-Anlagen, typischerweise zwischen 10 und 16 mg/l.

Tabelle 10: Technische Daten GAK Dosierung

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Typ Aktivkohle		Mikrogranulierte Aktivkohle z.B. CHEMVIRON Cyclecarb 305 oder gleichwertig
Korngrösse	mm	zwischen 0.1 – 1 mm

5.3.7 Entnahme beladene GAK

Pro Reaktor sind 4 Abzugsleitungen an unterschiedlichen Stellen für die gebrauchte Aktivkohle vorgesehen. Die beladene Kohle wird mit 2 Pumpen in die beiden Entwässerungsbunker geleitet.

Tabelle 11: Technische Daten Aktivkohleabzug

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Anzahl Abzugspumpen	Stk.	2
Typ		Schlauchquetschpumpe trockenaufgestellt mit FU

5.3.8 Aufbereitung frische GAK

Die frische Aktivkohle wird über Dosierschnecken den Silos entnommen und in den Aktivkohleaufbereitungsanlagen mit Brauchwasser vermischt. Der Batch wird dann von unten mit Brauchwasser durchströmt, ähnlich wie später in den Reaktoren. Nur bei der Aufbereitung ist die Geschwindigkeit höher, um einen Aktivkohle-Schlupf des Feinanteils zu bewirken. So wird der AK-Schlupf in den Reaktoren minimiert. Die aufbereitete Aktivkohle wird dann durch Injektoren in die Reaktoren gefördert.

Die Aufbereitungsbehälter befinden sich im GAK-Raum unmittelbar neben dem Konus des Silos.

Die Anzahl der Aufbereitungsanlagen ist so gewählt, dass alle Reaktoren einmal pro Tag eine Dosierung bekommen können.

Tabelle 12: Technische Daten Aufbereitung frische GAK

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Anzahl Förderschnecken	Stk.	2
Anzahl Aktivkohleaufbereitungsanlagen	Stk.	2

Für eine allfällige Kapazitätssteigerung der ARA Frauenfeld ist im GAK-Raum genügend Platz vorhanden, um einen dritten Aufbereitungsbehälter installieren zu können.

5.3.9 Lagerung frische GAK

Die frische Aktivkohle wird in einem Silo mit einem Volumen von 50 m³ gelagert. Dies entspricht einer Lagerkapazität von durchschnittlich 125 Tagen.

5.3.10 Lagerung beladene GAK

Die beladene Aktivkohle wird in 2 Entwässerungsbunkern mit einer Lagerkapazität von je 25 m³ gelagert. Das entspricht der Menge, welche ein Lastwagen abführen kann.

5.3.11 Logistik GAK

Nachdem der Lastwagen die frische GAK in das Silo eingebracht hat, wird er mit der beladenen GAK befüllt. Damit wird gewährleistet, dass der Lastwagen keine Leerfahrten durchführen muss. Das Silo für die frische GAK und die beiden Entwässerungsbunker für die beladene GAK sind auf diese optimierte Logistik abgestimmt. Daraus ergeben sich ca. 3 LKW-Fahrten hin- und zurück pro Jahr.

Die beladene GAK wird vom LKW zum Recycling gebracht. Nach der Reaktivierung wird neue GAK zur Wiederherstellung der vollen Leistungsfähigkeit beigemischt. Danach wird das Recycling-Produkt als frische GAK wiederverwendet.

5.4 Schlammwasserbecken

Neben den Schwebebettreaktoren und unter dem Ablaufkanal ist das Schlammwasserbecken im Untergeschoss angeordnet. Es hat ein Nutzvolumen von 255 m³. Das Becken sammelt das Schlammwasser aus den Reaktoren, das Überstandwasser aus der Aktivkohleaufbereitung und das Entwässerungswasser aus dem Bunker für die beladene Aktivkohle.

Das im Schlammwasserbecken gespeicherte Wasser wird mit Hilfe von Schlammwasserpumpen zurück zum Zulauf der Biologie gefördert (nach dem Hebewerk).

Tabelle 13: Technische Daten Schlammwasserpumpen

Parameter	Einheit	Technische Spezifikation
Anzahl Schlammwasserpumpen	Stk.	1+1
Typ		trockenaufgestellt
Fördermenge	L/s	36

5.5 Brauchwasseranlage

Die bestehende Brauchwasseranlage wird ersetzt. Die neue Brauchwasseranlage bezieht das Brauchwasser vom Ablauf der MV-Stufe. Dazu wird eine Brauchwasservorlage mit 40 m³ Nutzvolumen erstellt. Die Beschickung der Vorlage erfolgt vom Ablaufkanal der MV-Stufe aus. Die Brauchwasseranlage ist trocken im Leitungsgang im UG der MV-Stufe aufgestellt. Diese versorgt neu die ganze ARA inkl. MV-Stufe mit Brauchwasser.

Die Demontage und Entsorgung der bestehenden Brauchwasseranlage ist mitsamt Abbruch des Gebäudes und Wiederinstandsetzung des Terrains und des angrenzenden Belags in der Kostenschätzung eingerechnet.

6 ANLAGENBESCHRIEB EMSRL-BIOLOGIE

In das Bauwerk der neuen MV-Stufe werden ein Traforaum, ein Notstromaggregat, eine Niederspannungshauptverteilung und die Unterwarte der Biologie untergebracht. Diese Elektro-räume sind alle im EG angeordnet.

Der Elektroplaner BGG Engineering St.Gallen hat diese Arbeiten in einem Bericht beschrieben, welcher in der Beilage eingesehen werden kann.

Diese Räume und Installationen sind nicht zwingend für die Erstellung der neuen MV-Stufe. Deshalb werden sie auch nicht vom Bund subventioniert bzw. abgegolten. Im Kapitel 8 Kosten werden die Kosten MV und Kosten für die EMSRL-Biologie getrennt aufgeführt.

7 BAUWERKSBSCHRIEB

7.1 Geologische und hydrogeologische Situation

Auf dem ARA-Areal befindet sich eine Grundwassermessstelle in der Nähe des Vorfluters. Das Bauvorhaben befindet sich bzgl. Grundwasserströmung stromaufwärts. Die Messungen sind zurzeit online abrufbar (Hydrodaten Kanton Thurgau).

Im Zuge der Planung des Vorprojektes wurde im Perimeter des Bauvorhabens der MV-Stufe eine geotechnische Untersuchung des Baugrunds veranlasst. Die Fa. CSD Ingenieure AG Frauenfeld hat 2 Sondierbohrungen durchgeführt und ausgewertet. Die Resultate sind in einem geotechnischen Bericht zusammengefasst, welcher beiliegt.

Das neue Gebäude kommt in die Thurschotterschicht zu liegen. Diese Schicht reicht von den Bodenschichten (ca. 35 cm) bis zur Aushubsohle und weiter herunter. Der Thurschotter ist ein sehr guter Grundwasserleiter. Der mittlere Grundwasserspiegel befindet sich bei ca. 387.0 m ü.M. Der maximale Grundwasserspiegel liegt bei ca. 388.3 m ü.M. Die Unsicherheiten betragen weniger als 0.5 m.

Durch eine erste Optimierung der Hydraulik der MV-Stufe ergibt sich eine Aushubsohle im Bereich der MV-Becken von 385.45 m ü.M. (siehe Kapitel 4.5), welche sich unter dem mittleren Grundwasserspiegel befindet. Dieser Bereich ist während des Baus z.B. mittels Spundwand zu sichern und das anfallende Wasser zu fassen und abzuleiten. Die übrigen Bereiche des Gebäudes können mit einer offenen Wasserhaltung erstellt werden, sofern nicht bei sehr hohem Grundwasser gebaut wird.

7.2 Architektur und Umgebungsgestaltung

7.2.1 Architektur

Bei der Architektur und dem Layout der Anlage wurde das Hauptaugenmerk auf das funktionale Bauen gelegt. Das Untergeschoss der Neuanlage kann über einen Verbindungsgang vom Biologiegebäude erreicht werden. Der Verbindungsgang dient auch als Werkleitungsgang.

Die Fassaden werden analog dem bestehenden Gebäude geplant: Sichtmauerwerk, Hinterlüftung, Isolation und Betonmauer. In den bestehenden Fassaden befindet sich mindestens eine

Fledermauskolonie. Es ist denkbar, dass auch die Fassaden des Neubaus von Fledermäusen genutzt werden. Entsprechend ist ein umweltverträgliches Isolationsmaterial zu wählen. Hier wurde mit Steinwolle gerechnet.

Das Dach wird analog den bestehenden Gebäuden als Flachdach ausgeführt. Das Dach überspannt auch die Reaktoren, um eine möglichst grosse Fläche für eine Photovoltaikanlage zu erhalten. Das Silo sticht aus dem Dach hervor und macht nur einen kleinen Schattenwurf auf die PV-Anlage. Eine auf die PV-Anlage abgestimmte Begrünung kann die Leistung der PV-Anlage verbessern und fördert zusätzlich die Biodiversität. Die PV-Anlage ist in diesem Vorprojekt eingerechnet.

Wir empfehlen, die Betonpfeiler für die Überdachung der Reaktoren auszufachen. Die Ausfächung sollte vor direktem Lichteinfall schützen (Algen) aber dennoch luftdurchlässig sein. Geplant ist ein Durchsichtmauerwerk, um das Sichtmauerwerk passend weiterzuführen.

7.2.2 Umgebung

Das bestehende Gelände fällt vom Belag bei der Nachklärung (ca. 392.75 m ü.M.) und von der Strasse (ca. 392.05 m ü.M.) gegen Norden ab. Entsprechend wurden die Zugänglichkeiten mit Fahrzeugen zu den EG-Räumen folgendermassen gewählt:

Der Zugang mit Fahrzeugen zum Gebläseraum und zum Feinsieb ist auf ca. 392.75 m ü.M. und ist durch das bestehende Niveau des Belags gegeben.

Der Zugang zu den Elektroräumen und zum GAK-Raum ist auf ca. 392.05 m ü.M., um einerseits an die bestehende Strasse anzuschliessen und andererseits, um die Auffüllungsmengen gering zu halten. Dieser Bereich ist gleichzeitig auch der Umschlagplatz für die Entladung der Aktivkohlelieferung und Wiederbeladung des Lastwagens. Alle anderen Neubau-Flächen sind nicht Umschlagplatz und werden über die Schulter entwässert. Die Kosten für eine Versickerungsanlage sind in der Kostenschätzung enthalten.

Ein schmaler befestigter Streifen führt rund um den Neubau für Wartungsarbeiten am Gebäude.

Die abgetragenen Humusschichten werden wieder auf die Hinterfüllungen fachmännisch aufgebracht. Weitere landschaftliche Massnahmen zur Förderung der Biodiversität sind nicht eingeplant und können im Bauprojekt geprüft werden.

Teile der Beläge des ARA-Areals und möglicherweise auch einen Teil der Einfriedung werden während des Baus beschädigt werden. Hierfür ist im Projekt ein Betrag für die Wiederinstandsetzung enthalten (BKP 43).

7.3 Raumdatenblätter

Im Bauprojekt werden Raumdatenblätter erstellt, um für jeden Raum genau festlegen zu können, welche baulichen und technischen Einrichtungen gebaut und später unterhalten werden müssen.

Die Raumaufteilung ist so, dass sämtliche Elektroräume im EG angeordnet sind und so vor einer Havarie im UG geschützt sind. Mit Ausnahme der Entwässerungsbunker im UG sind sämtliche «nassen» Bereiche für die MV-Stufe auf der einen Seite der Gänge UG und EG angeordnet. Die übrigen «trockenen» Bereiche befinden jeweils auf der anderen Seite dieser Gänge.

Die nachfolgende Tabelle fasst den Zweck der wichtigsten Räumlichkeiten zusammen.

Tabelle 14: Zweck und Installationen Betriebsräume

Raum	Zweck, Installationen
UG	
Installationsraum	<p>In diesem Raum ist die Mehrheit der Installationen für die GAK-Schwebebettreaktoren untergebracht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6 Stk. Beschickungspumpen GAK-Schwebebettreaktoren • 2 Stk. Spülwasserpumpen • 2 Stk. Schlammwasserpumpen • 2 Stk. Schlauchquetschpumpen • Kellerentwässerung <p>Der Raum ist direkt an das Treppenhaus angeschlossen. Eine Montageöffnung dient als technischer Zugang und führt ins EG zum darüber liegenden Raum für die Feinsiebung.</p>
Treppenhaus	Das Treppenhaus befindet sich ungefähr in der Mitte des Gebäudes und dient als vertikaler Fluchtweg für den Installationsraum und den Gang UG sowie den am Gang UG angrenzenden Räumen.
Gang UG	<ul style="list-style-type: none"> • Wettersichere Verbindung heutige Anlage – MV-Anlage für Betriebspersonen über den Leitungsgang UG. • Versorgungsleitungen von Technik Heizung, Lüftung und Unterwarte MV. • Versorgungsleitungen von heutiger Anlage zu MV-Anlage (Brauchwasser, Trinkwasser, Druckluft, Elektro) • Versorgungsleitungen von Trafostation, Notstromaggregat, Niederspannungshauptverteilung und Unterwarte Biologie zur heutigen Anlage.
Leitungsgang	<ul style="list-style-type: none"> • Leitungsführung der Versorgungsleitungen (Gang UG) in den bestehenden Leitungsgang zwischen den Nachklärungsbecken 2 und 3. • Neuer Standort Brauchwasserpumpen • Anschluss für eine spätere Erweiterung des Leitungsgangs zum neuen Betriebsgebäude.
Öltankraum	<ul style="list-style-type: none"> • Lager des Öltanks für das Notstromaggregat
Lagerraum	<ul style="list-style-type: none"> • Kabelführung der Stromzufuhr zum Traforaum im EG • Bsp. Raum für Wechselrichter einer PV-Anlage
Archiv	<ul style="list-style-type: none"> • Kabelführung von der Niederspannungshauptverteilung zu den Unterwarten Biologie und MV • Möglichkeiten für Erweiterung des Archivs
Technik-Heizung	<ul style="list-style-type: none"> • Technik für die Heizungs- und Klimaanlage
Technik-Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> • Technik für die Lüftungsanlagen
EG	
GAK-Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Unterer Teil des Silos für die Lagerung der frischen GAK • Aufbereitungsbehälter und Dosieranlagen der frischen GAK • 1 ebenerdiger Zugang gegen aussen mit Falttor • 1 ebenerdiger Zugang zum Gang EG • 1 Treppenpodest für den Zugang zum Raum mit der Feinsiebung • 1 direkter Anschluss an das Treppenhaus
Feinsiebung	<ul style="list-style-type: none"> • Zulaufkanal • Feinsieb • Bypass Feinsieb inkl. Einstieg

Raum	Zweck, Installationen
	<ul style="list-style-type: none"> • Verbindung Feinsieb zur Pumpenvorlage • Online-Analytik und Probenahme • Montageöffnung zum Installationsraum im UG (Niveau ca. 386.00 m ü.M.).
Gang EG	<ul style="list-style-type: none"> • Verbindungsgang zwischen fast allen Räumen für die Leitungsführungen und den innerbetrieblichen Personenverkehr • Montageöffnung zum Gang UG (Niveau ca. 388.30 m ü.M.)
Garage	<ul style="list-style-type: none"> • Die darunterliegenden Entwässerungsbunker sind tief ausgelegt, damit der Platz darüber möglichst frei bleibt. • Zugänglichkeit zu den Entwässerungsbunkern • Möglichkeiten für eine Garage • Zugang von der Strasse her • Am Rande des Raumes sind die Entleerungsleitungen für den Lastwagen platziert.
Notstromanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Notstromaggregat. • Zugang direkt zur Strasse und zum Gang EG.
Trafo	<ul style="list-style-type: none"> • Transformator • Zugang direkt zur Strasse und zum Gang EG.
NSHV	<ul style="list-style-type: none"> • Niederspannungshauptverteilung, sie verteilt den Strom vom Trafo bzw. von der Notstromanlage zu den Unterwarten MV und Biologie. • Zugang direkt zur Strasse und zum Gang EG. • Doppelboden für Leitungsführung
UV MV	<ul style="list-style-type: none"> • Unterverteilung der MV-Stufe • Hier befinden sich die Schalt- und Steuerschränke für die MV-Stufe. • Zugang direkt zur Strasse und zum Gang EG. • Doppelboden für Leitungsführung
UV-Biologie	<ul style="list-style-type: none"> • Unterverteilung der Biologie • Hier befinden sich die Schalt- und Steuerschränke für die Biologie • Zugang direkt zur Strasse und zum Gang EG. • Doppelboden für Leitungsführung

7.4 Heizungs- und Lüftungsanlagen

Das neue MV-Gebäude ist unbeheizt, da in diesem keine Sozialräume untergebracht sind.

Durch die grosse Betonmasse (mit Abwassertemperatur) bleibt die Temperatur im Pumpenraum UG wesentlich konstanter als die Aussentemperatur. Dieser Effekt wird genutzt, um die Halle im Erdgeschoss und den Elektroraum im Sommer mit UG-Abluft zu kühlen und im Winter mit UG-Abluft zu wärmen.

Die Betriebsräume müssen hingegen lüftungstechnisch versorgt werden.

7.5 Sanitäre Anlagen

Das Trinkwasser- und Druckluftnetz wird von der bestehenden Anlage zum Neubau erweitert. Mit dem Durchsichtmauerwerk sind die 18 Pneumaten im Aussenbereich vor direktem Wetter geschützt. Grosse Kälte führt zu Kondenswasser bzw. Eisbildung in der Pneumatik. Darum empfehlen wir hier den Einsatz eines Lufttrockners (-20°C), um Störungen im Winter vorzubeugen. Alternativ können im Bauprojekt Begleitheizungen und Isolationsschalen um die Pneumaten geprüft werden.

Seit 2015 gelten verschärfte Vorschriften für die Verwendung von Trinkwasser. Beispielsweise reichen Systemtrenner für die Verwendung von Trinkwasser bei den Flockungshilfsmittelanlagen nicht mehr. Je nach Korrekturmassnahme, muss die neue Brauchwasseranlage grösser ausgelegt werden. Darum empfehlen wir im Bauprojekt die Trinkwasserverwendung auf der ARA zu prüfen.

Die alte Brauchwasseranlage und Leitungen wird mitsamt dem Gebäude der alten Brauchwasseranlage zurückgebaut.

7.6 Elektrotechnik

Der Elektroplaner BGG Engineering, St.Gallen, hat ein Vorprojekt EMSRL für dieses Bauvorhaben erstellt. Der Bericht inkl. Kostenschätzung liegt bei. Die Kostenschätzung des EMSRL-Teils wurden in die Gesamtkostenschätzung übernommen (siehe Kapitel 8). Der Bericht liegt bei.

8 KOSTEN

8.1 Investitionskosten

8.1.1 Gesamtprojekt

Die Investitionskosten für die Erstellung des neuen Anlageteils sind in folgender Tabelle 15 zusammengefasst. Die Kosten beinhalten die Kosten über das Gesamtprojekt, inkl. Vorstudie und Vorprojekt bis und mit der Inbetriebnahme und Übergabe des Bauwerks. Der detaillierte KV ist im Anhang angefügt. Die Kosten wurden anhand von Richtofferten für dieses Projekt und Offerten aus anderen, ähnlichen Projekten zusammengetragen.

Die Kostengenauigkeit beträgt $\pm 20\%$.

Die Firma BGG Engineering St.Gallen hat für den EMSRL-Teil ein Vorprojekt erstellt. Die EMSRL-Kosten sind ebenfalls in der Kostenschätzung enthalten. Der Bericht kann im Anhang eingesehen werden.

Im Verlaufe des Jahres 2021 ist es zu starken Preiserhöhungen bei diversen Baumaterialien gekommen. Aus unterschiedlichen Gründen erlebt die Baubranche zurzeit grosse Knappheiten von Ausgangs- und Baumaterialien, insbesondere Mikrochips, Holz, Stahl, Chromstahl, Schiffscontainer und diverse Kunststoffe. Solche kurzfristigen Entwicklungen sind auf einen Projektzeitraum von 5-7 Jahren nicht absehbar.

Im Bauprojekt empfehlen wir zu prüfen, ob eine Position für eine allfällige markante Teuerung integriert werden soll.

Für die Kostenschätzung gilt Preisstand März 2021.

Tabelle 15: Investitionskosten Gesamtprojekt

Bezeichnung	Kosten [CHF exkl. MwSt.]
Bau (BKP: 0+1+20+21+22+26+27+28+4+9)	7.18 Mio.
Elektro-, Mess-, Steuer-, Regelungs- und Leittechnik (EMSRL BKP 23+BKP 3)	3.70 Mio.
Heizungs-, Lüftungs-, Klima-, Sanitäranlagen (HLKS BKP 24+25)	0.80 Mio.
Baunebenkosten, Honorare und Reserve für Unvorhergesehenes (BKP 5 ohne BKP 583)	3.40 Mio.
Reserve für Diverses (BKP 583)	1.88 Mio.
Elektromechanische Ausrüstung, Verfahrenstechnik (EMT BKP 7)	4.19 Mio.
Total	21.15 Mio.

8.1.2 Teilprojekt MV

8.1.2.1 Bundesabgeltungen

Die Investitionskosten für die MV werden zu 75 % durch den Bund subventioniert. Nicht alle anfallenden Kosten werden jedoch subventioniert (z.B. architektonische Beratung, Abbrucharbeiten und dgl.). Die Trafostation, NSHV, Unterwarte Biologie und das Notstromaggregat werden auch nicht subventioniert.

Die Bestimmungen zur Finanzierung von MV-Stufen können dem Umwelt-Vollzugs-Dokument vom Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2016) „Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasseranlagen, Finanzierung von Massnahmen“ entnommen werden.

Seit dem 1. Januar 2016 zahlt die ARA Frauenfeld eine Abgabe an den Bund zur Finanzierung von MV-Stufen von CHF 9.- pro angeschlossenen Einwohner und Jahr. Nach Erstellung der MV-Stufe fällt dieser Betrag weg. Massgebend ist die Einreichung der Schlussabrechnung beim Kanton per 30. September. Wenn beispielsweise die MV-Stufe bis 2027 erstellt wird und die Schlussabrechnung per spätestens 30. September 2027 vorliegt, wird die ARA ab 2028 von den Beiträgen befreit.

Geht man von 36'000 angeschlossenen Einwohnern aus, fallen entsprechend nach Erstellung der MV-Stufe Bundesbeiträge von rund CHF 324'000.- weg. Hingegen fallen in der Folge die Kosten für den Betrieb und Unterhalt sowie allfällige Finanzierungskosten an.

Das Verfahren zur Gewährung der Subventionen durch das BAFU ist nachfolgend dargestellt. Aktuell befindet sich das Projekt in der Phase A) Anhörung, Anordnung, und zwar im 1. Feld Erarbeitung Vorprojekt.

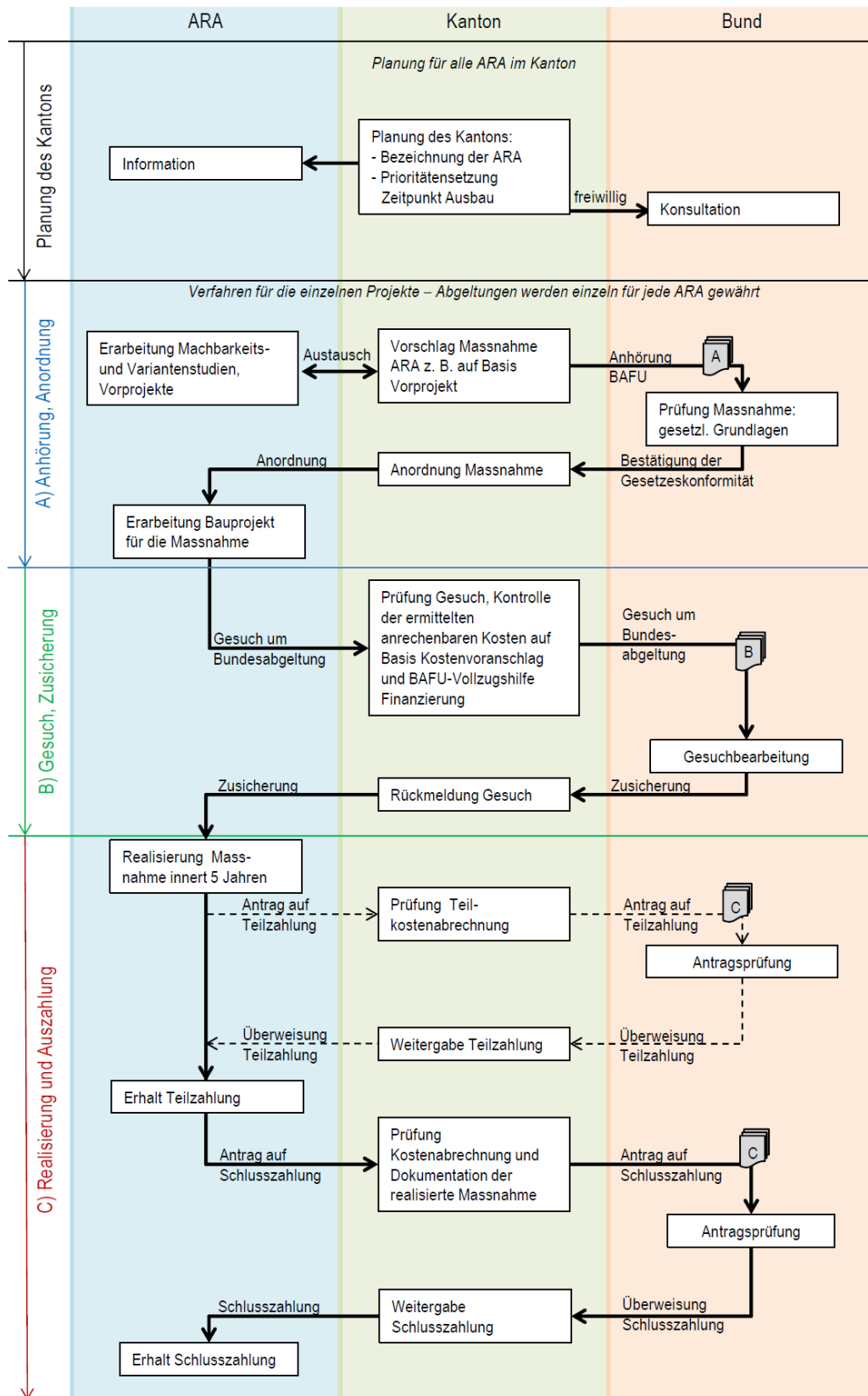


Abbildung 3: Verfahren zur Gewährung der Abteilungen

8.1.2.2 Investitionskosten MV

Gemäss den Bestimmungen zur Finanzierung von MV-Stufen werden die Investitionskosten separiert in MV-abgeltungsberechtigte Kosten und nicht abgeltungsberechtigte Kosten. Die nachfolgende Tabelle weist die Zahlen aus.

Tabelle 16: Investitionskosten MV

Bezeichnung	Kosten [CHF exkl. MwSt.]
Bau (BKP: 0+1+20+21+22+26+27+28+4+9)	5.37 Mio.
Elektro-, Mess-, Steuer-, Regelungs- und Leittechnik (EMSRL BKP 23+3)	1.45 Mio.
Heizungs-, Lüftungs-, Klima-, Sanitäranlagen (HLKS BKP 24+25)	0.59 Mio.
Baunebenkosten und Honorare inkl. Reserve (BKP 5)	3.61 Mio.
Elektromechanische Ausrüstung, Verfahrenstechnik (EMT BKP 7)	4.19 Mio.
Total	15.21 Mio.

In der Beilage befindet sich die detaillierte Aufteilung der Kosten mit vorgeschlagenem Kostenteiler. Nach Erstellung des Kostenvoranschlags im Bauprojekt ist die Überarbeitung dieser Liste angezeigt. Dann können sich der AVRF, der Kanton und das BAFU auf die Wahl der Kostenteiler und damit auf den Ablauf der Gewährung auf Teilzahlungen (Phase C) einigen. Die (Zwischen-) Abrechnungen erfolgen dann auf Basis der Gewährung der Bundesabgeltungen bzw. auf die definitive Rückmeldung des BAFU.

8.2 Betriebskosten MV

Die Betriebskosten werden für den mittleren Abwasseranfall von 16'500 m³/d abgeschätzt.

Tabelle 17: Betriebskosten

[illegible]

* Kosten für Lieferung regenerierte Aktivkohle und Abtransport beladene Aktivkohle ARA Penthaz variiert je nach GAK-Sorte (Norit, Chemviron) und Tag der Bestellung zwischen 1.60 – 2.20 CHF/kg.

8.3 Jahreskosten MV

Die Kapitalkosten wurden auf Grund der Investitionskosten (siehe Kapitel 8.1) mit den in Tabelle 18 zugrunde gelegten Annahmen ermittelt.

Tabelle 18: Annahmen für Berechnung der Jahreskosten

Parameter	Details	Wert
Zins		3 %
Abschreibungsdauer	Bau	40 a
	EMT + HLKS + EMSLR	20 a
	Honorare und Nebenkosten	30 a
Annuität	Bau	4.33 %/a
	EMT + HLKS + EMSLR	6.72 %/a
	Honorare und Nebenkosten	5.10 %/a

Daraus resultieren folgende Jahreskosten:

Tabelle 19: Jahreskosten

Kostenart		Kosten [CHF/a exkl. MwSt.]
Betriebskosten		271'000
Kapitalkosten	Bau: 4.33 %/a von CHF 5.37 Mio.	233'000
	EMT + HLKS + EMSRL: 6.72 %/a von CHF 6.23 Mio.	419'000
	Honorare und Nebenkosten: 5.10 %/a von CHF 3.61 Mio.	<u>184'000</u>
	Total	836'000
Total		1'107'000

9 TERMINPLAN

Im nachfolgenden Diagramm ist ein möglicher Terminplan für das Gesamtprojekt ersichtlich. Das Verfahren zur Finanzierung der MV-Massnahmen erfolgt in mehreren Phasen zwischen ARA und dem Kanton Thurgau und zwischen dem Kanton Thurgau und dem Bund (siehe Kapitel 8.1.2.1). Besonders zu erwähnen ist insbesondere, dass für das Einreichen des Gesuchs um Bundesabgeltungen (Phase B) die Genehmigung des Baukredites vorliegen muss.

Jahr	2021				2022				2023				2024				2025				2026				2027				2028			
Quartal	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Vorprojekt																																
Ausschreibung Generalplaner																																
Anhörung BAFU (Phase A)																																
Bauprojekt und Submission masch. Ausrüstung																																
Erstellung Baueingabeprojekt																																
Bearbeitungszeit Gemeinde und Kanton																																
Baukredit: Abstimmungen																																
Bearbeitungszeit BAFU (Phase B)																																
Ausschreibungen und Ausführungsprojekt																																
Realisierung																																
IBS, Optimierung, Abrechnung																																
Schlussrechnung EMV auf 30.09.2027 => Befreiung der EMV Abgabe ab 2028																																

Der Baustart ist im Frühling 2025 mit dem Voraushub geplant. Der Start des tiefen Aushubs bedingt, dass die Schneeschmelze bereits erfolgt ist und dass sich der Grundwasserspiegel wieder auf einem durchschnittlichen Niveau befindet. Im regnerischen Herbst kann es zu einem Baustopp kommen, wenn bis dahin die Aussenwände des UG noch nicht erstellt werden konnten und die Baustelle mit Grundwasser geflutet ist.

10 EMPFEHLUNGEN UND WEITERES VORGEHEN

Wir empfehlen der Bauherrschaft, das Vorprojekt (Bericht, Pläne) zu genehmigen und die weiteren Schritte für die Planung des Gesamtprojekts einzuleiten:

- Genehmigung des Vorprojekts durch die Bauherrschaft

Die nachfolgenden Schritte können nach der Genehmigung des Vorprojekts parallel zueinander erfolgen:

- Der AVRf beginnt den Start der Phase A des Verfahrens zur Finanzierung von MV-Massnahmen, indem die dazu notwendigen Unterlagen beim Kanton eingereicht werden. Dieses Vorprojekt wurde so erstellt, dass möglichst alle Fragen von Kanton und später vom Bund in der Phase A bereits beantwortet werden. Der Kanton und das BAFU prüfen sowohl die Verfahrenswahl als auch die Dimensionierung der MV-Stufe. Die Anordnung der Massnahme beendet die Phase A und erhöht die Planungssicherheit für die Ausarbeitung des Bauprojekts.
- Die Zeit während der Phase A kann genutzt werden, um den Generalplaner und weitere Ingenieure auszuschreiben und diese Arbeiten zu vergeben. Diese Version des Vorprojekts enthält sensible Informationen, insbesondere die Benchmark-Analyse. Für die Ausschreibungsunterlagen empfehlen wir das Kapitel 8.4 zu streichen und bei der Fa. Stereau die Bewilligung für die Weiterverteilung Ihres Berichts/Planungsunterlagen einzuholen.
- Für das Bauprojekt empfehlen wir neben dem Verfahreningenieur als Generalplaner, dem Bauingenieur und dem EMSRL-Ingenieur, auch den HLK- und S-Ingenieur zu fixieren. Es ist zunehmend sinnvoll, auch weitere Spezialisten beizuziehen, z.B. Brandschutzexperte etc.

Nach den Arbeitsvergaben des Generalplaners und der Ingenieure für die Realisierung wird die Terminplanung durch den Generalplaner weitergeführt. Wir empfehlen zu Beginn des Bauprojekts die Arbeiten für den Ausrüster der GAK-Schwebebettreaktoren zu vergeben. Damit kann die Installationsplanung im Bauprojekt sehr effizient weitergeführt werden, weil späteren kostspieligen Korrekturen vorgebeugt werden kann.

St. Gallen, 9. September 2021

KUSTER + HAGER
Ingenieurbüro AG
9014 St. Gallen

P. Osterwalder /
St. Zuleeg

ANHANG

- I. Bericht der Fa. Stereau
- II. Bericht Vorprojekt EMSRL von BGG Engineering
- III. Geotechnischer Bericht, CSD Ingenieure Frauenfeld
- IV. Detaillierte Kostenschätzung mit Aufteilung in MV und EMSRL-Biologie