

Projekt 20190212 – NVW – 200



**Erneuerung der Belüftung
auf der KA Neunburg vorm Wald**

Genehmigungsplanung

Anlage 1



Mühlbachstraße 4 - 61273 Wehrheim
Telefon: 06081 9873100 - Fax: 06081 9873099
Mail: info@ib-leonhard.de

Kläranlage Neunburg vorm Wald



Projekt 20190212 – NVW – 200

Erneuerung der Belüftung

Genehmigungsplanung



Dezember 2021

Inhaltsverzeichnis

1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG	4
1.1	Veranlassung	4
1.2	Aufgabenstellung	4
2	ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE	5
2.1	Planungsgrundlagen	5
2.2	Örtliche Verhältnisse	6
2.2.1	Situation am Standort	6
2.3	Wasserrechtlichen Vorgaben	7
2.4	Beschreibung und Beurteilung des Bestands	7
2.4.1	Allgemeine Beschreibung der Kläranlage Neunburg vorm Wald	7
2.4.2	Biologische Reinigung	9
2.5	Ermittlung der Ist-Belastung der Kläranlage	10
2.5.1	Vorgehen	10
2.5.2	Einordnung der Kläranlage in die Größenklasse	10
2.5.3	Festlegung der Bemessungsgrößen	11
2.5.4	Zusammenfassung der Bemessungswerte	13
3	AUSBAUKONZEPT ABWASSERREINIGUNG	14
3.1	Umgestaltung des Belebungsbeckens	14
3.1.1	Umgestaltung des Belebungsbeckens	14
3.2	Neugestaltung der Gebläsestation	14
4	ABWASSERTECHNISCHE NACHWEISE	15
4.1	Ermittlung der Belastung zur biologischen Stufe	15
4.2	Nachweis der Säurekapazität	16
4.3	Bemessung der Biologie	16
4.3.1	Belastung Biologie	16
4.3.2	Gewähltes Verfahren	17
4.3.3	Bemessung des Rundbeckens	17
4.3.4	Säurekapazität	21
4.3.5	Sauerstoffbedarf / Simultane Denitrifikation	22
4.3.6	Notwendige Luftmenge	25
4.4	Auslegung Gebläsestation	28
4.4.1	Bemessung der Gebläse der Biologie	28
4.4.2	Bemessung der Luftleitungen	29
4.4.3	Bemessung der Kulissen	29
5	KOSTENBERECHNUNG	31
6	BAUZEITENPLAN	32
7	KOSTENPLAN	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan Kläranlage Neunburg vorm Wald IST-Zustand	6
Abbildung 2: Belebungsbecken	9
Abbildung 3: Schematische Darstellung der simultanen Denitrifikation.....	14
Abbildung 4: Bauzeitenplan.....	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ermittlung der Bemessungsfrachten	12
Tabelle 2: Zusammenfassung der Bemessungswerte für die Schmutzfrachten	13
Tabelle 3: Zusammenstellung der Bemessungswerte für die Abwassermengen	13
Tabelle 4: Zusammenfassung der Bemessungswerte für die Schmutzfrachten	15
Tabelle 5: Belastungsparameter Biologie	17
Tabelle 6: Stickstoffbilanz Biologie.....	18
Tabelle 7: Stickstoffbilanz der Lastfälle 1 bis 4 Biologie.....	22
Tabelle 8: Schlammalter in den Lastfällen Biologie.....	23
Tabelle 9: Nitratablauf in den Lastfälle Biologie.....	23
Tabelle 10: Belüftung Biologie.....	24
Tabelle 11: Sauerstoffbedarf Biologie	24
Tabelle 12: Salzfaktoren Biologie.....	25
Tabelle 13: SOTR Biologie.....	25
Tabelle 14: Luftbedarf Biologie.....	26
Tabelle 15: Bemessungsergebnisse Luftbedarfsberechnung Biologie.....	27
Tabelle 16: Bemessungsergebnisse Luftbedarfsberechnungen Biologie.....	27
Tabelle 17: Zusammenstellung der Kostenberechnung	31
Tabelle 18: Kostenplan.....	33

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

1.1 Veranlassung

Die Kläranlage Neunburg vorm Wald wurde 1982 in Betrieb genommen und war ausgelegt auf 37.750 EW. Im Jahr 1994 verringerten sich bedingt durch den Wegfall von Industrie die Einwohnerwerte auf 17.000 EW. Behandelt wird das Abwasser der der Stadt Neunburg vorm Wald.

Folgende Überwachungswerte sind gemäß der gehobenen Erlaubnis vom 27.12.2012 derzeit für die Kläranlage Neunburg vorm Wald gültig:

Täglicher Abfluss:	$Q_{d,konz}$	=	6.050 m ³ /d	
Trockenwetterabfluss:	Q_T	=	406 m ³ /h	= 112,8 l/s
Mischwasserabfluss:	Q_M	=	747 m ³ /h	= 207,5 l/s
CSB-Ablauf (CSB):			90 mg/l	
BSB5-Ablauf (BSB ₅):			20 mg/l	
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N):			10 mg/l	
Stickstoff, anorg. (N _{ges}):			18 mg/l	
Phosphor, gesamt (P _{ges}):			2 mg/l	
Abfiltrierbare Stoffe (AS):			20 mg/l	

Gemäß der wasserrechtlichen Genehmigung gemäß § 15 WHG vom 31.01.2018 wird die Regenwassermenge im Zulauf zur Kläranlage auf 100 l/s begrenzt. Die maximale hydraulische Leistung der Kläranlage Neuenburg vorm Wald beträgt 110 l/s.

1.2 Aufgabenstellung

Es wird nach Potentialstudie für die Kläranlage Neunburg vorm Wald vom 26.08.2020 die Erneuerung der Belüftung geplant und verwirklicht.

2 Örtliche Verhältnisse

2.1 Planungsgrundlagen

Als Planungsgrundlagen werden unter anderem die nachfolgend genannten Regelwerke und Richtlinien beachtet.

- DWA - Arbeitsblatt A 131 (Juni 2016)
Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen
Vertrieb: GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, 53758 Hennef
- DWA - Arbeitsblatt A 268 (August 2016)
Automatisierung von einstufigen Belebungsanlagen
Vertrieb: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 53773 Hennef
- ATV – DVWK - Arbeitsblatt A 110 (September 2001)
Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und Abwasserleitungen
Vertrieb: GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, 53758 Hennef
- ATV – DVWK - Arbeitsblatt M 275 (Mai 2001)
Rohrleitungen für den Bereich der technischen Ausrüstung von Kläranlagen
Vertrieb: GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, 53758 Hennef
- DWA - Merkblatt M 229-1 (Mai 2013)
Teil 1: Planung, Ausschreibung und Ausführung
Vertrieb: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 53773 Hennef
- DWA - Merkblatt M 229-2 (Juni 2016)
Teil 2: Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen
Vertrieb: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 53773 Hennef
- Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 8. Überarbeitete Auflage, Juli 2012
- DWA – Merkblatt M 210 (Juli 2009)
Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb
Vertrieb: GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, 53758 Hennef

Von Seiten der Stadtwerke Neunburg vorm Wald wurden folgende Plan- und Berichtsunterlagen übergeben:

- Masterarbeit zur Verfahrenstechnischen und energetischen Optimierung der Kläranlage Neunburg vorm Wald, Christina Schlögl von 2015
- Bewilligungsbescheid erstellt durch das Landratsamt Schwandorf vom 27.12.2012
- Grundlagenermittlung zur Ertüchtigung der Kläranlage Neunburg vorm Wald vom Juni 2020 durch Ingenieurbüro Enno Leonhard
- Machbarkeitsstudie zur Sanierung und Optimierung der Kläranlage Neunburg vorm Wald vom Juni 2019 durch Ingenieurbüro Enno Leonhard / Ingenieurbüro Weiss
- Bestandslagepläne aus 1978 / 1986
- Bewilligungsbescheid, Landratsamt Schwandorf vom 27. Dezember 2012
- Wasserrechtsbescheid, Landratsamt Schwandorf vom 07.01.1987
- Bescheid zur gehobenen Erlaubnis, Landratsamt Schwandorf von 2006 (Abgabenummer 196 376 147 048)
- Potential für die Kläranlage Neunburg vorm Wald vom August 2020 durch Ingenieurbüro Enno Leonhard

2.2 Örtliche Verhältnisse

2.2.1 Situation am Standort

In folgender Abbildung ist der Lageplan der Kläranlage Neunburg vorm Wald dargestellt.

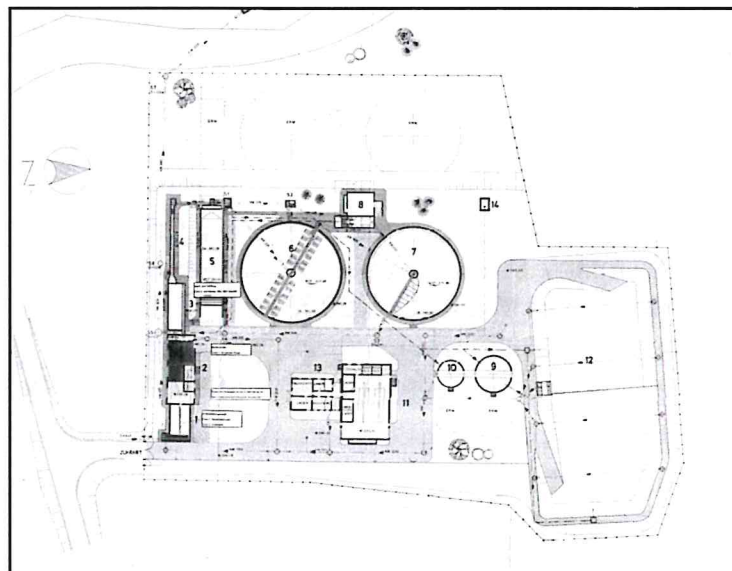


Abbildung 1: Lageplan Kläranlage Neunburg vorm Wald IST-Zustand

Die Kläranlage Neunburg vorm Wald befindet sich nordöstlich von der Ortschaft Neunburg vorm Wald, am Schwarzach gelegen im Flurstück 843 mit den GPS-Koordinaten Breite: 49.358.427, Länge: 1.2366.175 in der Gemarkung Mitteraschau und ist über die Neunburger Straße bzw. St2040 erreichbar.

Das Gelände der Kläranlage Neunburg vorm Wald liegt gemäß Hochwassergefahrenkarte des Landes Bayern außerhalb jeglicher Überflutungsflächen.

2.3 Wasserrechtlichen Vorgaben

Die Kläranlage Neunburg vorm Wald ist auf eine BSB5-Fracht (roh) von 1.020 kg/d (entspr. 17.000 EW60) ausgelegt.

Folgende Überwachungswerte sind gemäß der gehobenen Erlaubnis vom 27.12.2012 derzeit für die Kläranlage Neunburg vorm Wald gültig:

Täglicher Abfluss:	$Q_{d,konz}$	=	6.050 m ³ /d	
Trockenwetterabfluss:	Q_T	=	406 m ³ /h	= 112,8 l/s
Mischwasserabfluss:	Q_M	=	747 m ³ /h	= 207,5 l/s
CSB-Ablauf (CSB):			90 mg/l	
BSB5-Ablauf (BSB5):			20 mg/l	
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N):			10 mg/l	
Stickstoff, anorg. (N _{ges}):			18 mg/l	
Phosphor, gesamt (P _{ges}):			2 mg/l	
Abfiltrierbare Stoffe (AS):			20 mg/l	

Gemäß der wasserrechtlichen Genehmigung gemäß § 15 WHG vom 31.01.2018 wird die Regenwassermenge im Zulauf zur Kläranlage auf 100 l/s begrenzt. Die maximale hydraulische Leistung der Kläranlage Neunburg vorm Wald beträgt 110 l/s.

2.4 Beschreibung und Beurteilung des Bestands

2.4.1 Allgemeine Beschreibung der Kläranlage Neunburg vorm Wald

Die im Jahr 1982 in Betrieb genommene Kläranlage war ursprünglich zur Kohlenstoffelimination von 37.750 Einwohnerwerten ausgelegt. Im Jahr 1994 verringerten sich bedingt durch den Wegfall von Industrie die Einwohnerwerte auf 17.000 EW. Daher wurde die Kläranlage Neunburg vorm Wald mit dem Bestand zur gezielten Stickstoffelimination einschließlich Phosphatfällung umfunktioniert.

Die Betriebsweise/Prozessführung ist wie folgt:

Mechanische Stufe

- Einlaufpumpwerk vor dem Rechengebäude. Das Pumpwerk besteht aus drei Zulaufschnecken mit einer Förderleistung von je 55 l/s.
- Rechenanlage bestehend aus einem Siebtrommelrechen mit 3 mm Spaltweite mit Waschpresse.
- Sandfang belüftet mit Flotationsgerinne mit Notumlaufleitung DN 500.
- Zulaufmessung zur biologischen Stufe, Venturimessrinne
- Vorklärbecken mit $V = 312 \text{ m}^3$ (nur in Betrieb bei Betrieb der Sandwaschanlage)

Biologische Stufe

- Belebungsbecken rund mit 28 m Durchmesser ergibt derzeit ein Gesamtnutzvolumen von 2.214 m^3
- Rücklaufschlammumpwerk bestehend aus zwei Schneckenpumpen sowie nassaufgestellte Überschussschlammpumpe im Pumpenschacht.
- Vier Drehkolbengebläse mit je 30 kW (geregelt über FU)
- Ein Nachklärbecken als Rundbecken mit $d = 26 \text{ m}$, ergibt ein Volumen von 1.422 m^3

Schlammbehandlung

- Voreindicker mit einem Volumen von 315 m^3
- Reaktionseindicker mit einem Volumen von 155 m^3
- Zur Schlammentwässerung sind zwei Schneckenpresse angeordnet
- Schlammagerplatz bei der Sandwaschanlage

Sonstige Anlagenteile

- Betriebsgebäude zweistöckig als Mauerwerksbau mit Labor, Schaltwarte, Büro, Aufenthaltsraum, Sanitäranlagen, Hoch- und Niederspannungsraum sowie Werkstätten
- Kleines Gebäude (ehemals Phosphatfällstation)
- Brauchwasserbrunnen
- Außenanlagen mit einem Zufahrtstor

Die chemische Phosphatelimination erfolgte in den Rücklaufschlamm.

2.4.2 Biologische Reinigung

Aus der mechanischen Reinigung gelangt das Abwasser über einen Vorschacht in die Biologie. Der Ablaufschacht kann durch Schieberstellung den Zulauf über eine Leitung DN 500 an der Biologie vorbei direkt über den Ablaufschacht der Biologie in das Nachklärbecken fördern.

Die Biologie besteht aus einem runden Belebungsbecken mit einer Arbeitsbrücke, wo auch die Abgänge der Belüfterelemente angebracht sind.

Das Belebungsbecken wird als Gegenstrombecken betrieben, hat einen Durchmesser von 28,00 m und eine Wassertiefe von 3,65 m. Somit wird ein Belebungsvolumen von 2.250 m³ erreicht.

Der Zulauf zum Belebungsbecken erfolgt in die Beckenmitte über eine Leitung DN 500 bzw. zwei Zulaufleitungen DN 300.



Abbildung 2: Belebungsbecken

Die Belüftung erfolgt über vier Drehkolbengebläse (Baujahr 1979) mit jeweils 30 kW.

Als Belüftungselemente ist eine feinblasige Flächenbelüftung links und rechts entlang der Brücke eingebaut, die mit dem Brückenumlauf das gesamte Belebungsbecken belüftet. Durch die umlaufende Brücke wird das Abwasser in eine Horizontalströmung versetzt, die sich spiralförmig ausbildet und das Absetzen der Belebtschlammflocke verhindert. Der intermittierende Gebläsebetrieb wird durch eine kontinuierliche Trübungs- und Sauerstoffgehaltsmessung gesteuert.

Der Schlammrücklauf wird ebenfalls durch einen Düker DN 400 in die Beckenmitte geleitet. Dieser wird mittels zwei Schneckenpumpen konstant aus dem Nachklärbecken abgezogen.

Eine Phosphatmessung im Belebungsbecken dient zur gesteuerten Prozessführung der Simultanfällung.

Der biologische Überschussschlamm wird aus dem Rücklaufschlammschacht entnommen und direkt in den Voreindicker gegeben. Trübwasser aus dem Eindicker und Filtrat aus der Schlammentwässerung werden in den Zulauf der Kläranlage zurückgeführt.

Sämtliche Anlagenteile und Bauwerke sind aus dem Jahr 1979.

2.5 Ermittlung der Ist-Belastung der Kläranlage

2.5.1 Vorgehen

Für die Ermittlung der maßgeblichen Zuflussmengen und zur Beurteilung der derzeitigen Anlagenbelastungen wurden die Betriebstagebücher der Kläranlage Neunburg v. W. von 01/2016 bis 12/2019 ausgewertet.

Die Auswertungen werden gemäß

- ATV – DVWK - Arbeitsblatt A 198 (April 2003)
Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für
Abwasseranlagen
Vertrieb: GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, 53758
Hennef

vorgenommen. Hierbei wurden zur Belastungsermittlung alle Tage berücksichtigt.

2.5.2 Einordnung der Kläranlage in die Größenklasse

Der Bemessungswert der Abwasserbehandlungsanlage B_d, BSB, z in kg/d BSB_5 (roh) zur Einordnung in die Größenklasse nach Anhang 1 der Abwasserverordnung und zur Festlegung der Ausbaugröße im Wasserrechtsbescheid ergibt sich aus der an 85 % der Trockenwettertage im Zulauf zur Kläranlage unterschrittenen BSB_5 -Fracht.

B _d , BSB, 2016 =	710 kg/d	⇒	11.833 EW
B _d , BSB, 2017 =	719 kg/d	⇒	11.983 EW
B _d , BSB, 2018 =	612 kg/d	⇒	10.200 EW
B _d , BSB, 2019 =	504 kg/d	⇒	8.400 EW
B _d , BSB, 2016-2019 =	664 kg/d	⇒	11.067 EW

Geplante Neuanschlüsse an die Kläranlage:

Anschluss Diendorf	76 E
Anschluss Seebarn, Haslarn, Thann, Gutenberg, Meißenberg, Stetten	1.000 E
Anschluss Kleinwinklarn	325 E
Anschluss Penting	790 E
Anschluss Bärndorf	45 E
Gesamt:	2.236 E

Hierzu wird noch eine Kapazitätsreserve in Höhe von 3.697 EW für einen Betrachtungszeitraum von 20 – 30 Jahren.

Somit ermittelt sich folgende Einordnung in die Größenklasse nach Anhang 1 der Abwasserverordnung und zur Festlegung der Ausbaugröße im Wasserrechtsbescheid:

$$EW_{\text{Größenklasse}} = 11.067 + 2.236 + 3.697 = 17.000 \text{ EW}$$

Somit kann die Kläranlage Neunburg vorm Wald für folgende Ausbaugröße eingeordnet werden:

Ausbaugröße = 17.000 EW

Die Kläranlage ist gemäß AbwV Anhang 1 der Größenklasse 4 zuzuordnen.

2.5.3 Festlegung der Bemessungsgrößen

Bei der Auswertung der tatsächlichen Belastung wurden folgende Lastfälle berücksichtigt:

- Mittlere Belastung (50%-Perzentil)
- Auslastung (85%-Perzentil)

Da die berechnete 50%-Perzentil – Anschlussgrößen bei den Kohlenstoffverbindungen in etwa gleich den tatsächlichen Einwohnerwerten einschließlich der internen Prozessabwässer liegt, jedoch bei den Stickstoffverbindungen deutlich darüber, werden die Bemessungswerte anhand der festgestellten Belastungen ermittelt.

Zu der ermittelten mittleren Belastung muss noch die zukünftige Prognosewerte und die Kapazitätserweiterung gezählt werden.

$$CSB_{\text{Mittlere Belastung}} = \frac{9.508+11.133+9.208+8.616}{4} + 2.236 + 750^1 = 12.602 \text{ EW}$$

$$N_{\text{ges.,Mittlere Belastung}} = \frac{11.546+11.818+10.181+11.546}{4} + 2.236 + 750^2 = 14.259 \text{ EW}$$

$$P_{\text{ges.,Mittlere belastung}} = \frac{8.111+9.167+8.500+8778}{4} + 2.236 + 750^3 = 11.625 \text{ EW}$$

Auf Basis der mittleren Anschlussgrößen wird mit dem empirische Quantilverhältnis f die zukünftigen Bemessungswerte der Abwasserbehandlungsanlage einschließlich der internen Prozessabwässer bestimmt.

Bemessungsbelastung CSB:	12.602 × 1,65	= 20.793 EW
Bemessungsbelastung N _{ges.} :	14.259 × 1,55	= 22.101 EW
Bemessungsbelastung P _{ges.} :	11.625 × 1,56	= 18.135 EW

Der Bemessungswert der Kläranlage dient zur Bestimmung der Bemessungsfrachten im Zulauf der Vorklärung. Diese werden über die in der Tabelle 1 des DWA-Arbeitsblattes A 131 vorgegebenen spezifischen Frachten errechnet.

Hieraus resultieren folgende Bemessungsfrachten im Zulauf zur Kläranlage:

Bemessungsfrachten			
Parameter	Kurzzeichen	Spez. Fracht [kg/(E*d)]	Fracht [kg/d]
CSB	B _{d, CSB, ZK}	0,120	2.495
BSB ₅	B _{d, BSB, ZK}	0,060	1.248 ⁴
Abfiltrierbare Stoffe	B _{d, TS, ZK}	0,070	1.456 ⁵
Gesamtstickstoff	B _{d, N, ZK}	0,011	243
Gesamtphosphor	B _{d, P, ZK}	0,0018	33

Tabelle 1: Ermittlung der Bemessungsfrachten

¹ Zusätzliche Kapazitätserweiterung für Zuzüge etc.

² Zusätzliche Kapazitätserweiterung für Zuzüge etc.

³ Zusätzliche Kapazitätserweiterung für Zuzüge etc.

⁴ Ermittlung nach dem Verhältnis CSB/BSB im Zulauf

⁵ Ermittlung nach dem Verhältnis CSC/BSB im Zulauf

2.5.4 Zusammenfassung der Bemessungswerte

Ausbaugröße 17.000 EW						
Abwassermenge	$Q_{T, d, aM}$		[m ³ /d]		3.000 ⁶	
Maßgebende Abwassertemperaturen	$T_{2WM, min}$		[°C]		7,0	
	T_{Bem}		[°C]		12,0	
	$T_{2WM, max}$		[°C]		20,0	
			Bemessungsfrachten			
CSB	$B_{d, CSB, ZK}$	[kg/d]	2.495	$C_{CSB, ZK}$	[mg/l]	832
BSB ₅	$B_{d, BSB, ZK}$	[kg/d]	1.248	$B_{BSB, ZK}$	[mg/l]	416
Abfiltrierbare Stoffe	$B_{d, TS, KB}$	[kg/d]	1.456	$X_{TS, ZK}$	[mg/l]	485
Gesamtstickstoff	$B_{d, TN, ZK}$	[kg/d]	243	$C_{N, ZK}$	[mg/l]	80,7
Gesamtphosphor	$B_{d, P, ZK}$	[kg/d]	33	$C_{P, ZK}$	[mg/l]	11

Tabelle 2: Zusammenfassung der Bemessungswerte für die Schmutzfrachten

Kurzzeichen	Definition	Einheit	
Q_M	Mischwasserabfluss zur Kläranlage	[m ³ /h]	396
		[l/s]	110
$Q_{T, aM}$	Trockenwetterabfluss im Jahresmittel	[m ³ /h]	117
		[l/s]	32,5
$Q_{F, aM}$	Fremdwasserzufluss im Jahresmittel	[m ³ /h]	28,1
		[l/s]	7,8
$Q_{S, aM}$	Schmutzwasserabfluss im Jahresmittel	[m ³ /h]	89
		[l/s]	24,7
$Q_{T, 2h, max}$	Maximaler Trockenwetterzufluss	[m ³ /h]	166
		[l/s]	46,1

Tabelle 3: Zusammenstellung der Bemessungswerte für die Abwassermengen

⁶ Erhöhung aufgrund der Ertüchtigung von 2.500 auf 3.000 m³/d

3 Ausbaukonzept Abwasserreinigung

3.1 Umgestaltung des Belebungsbeckens

3.1.1 Umgestaltung des Belebungsbeckens

Im bestehenden Belebungsbecken wird die simultane Denitrifikation installiert. Die simultane Denitrifikation lässt sich sehr gut im Umlaufbecken realisieren und kann als eine Art vorgeschaltete Denitrifikation mit einem hohen internen Rückführverhältnis betrachtet werden.

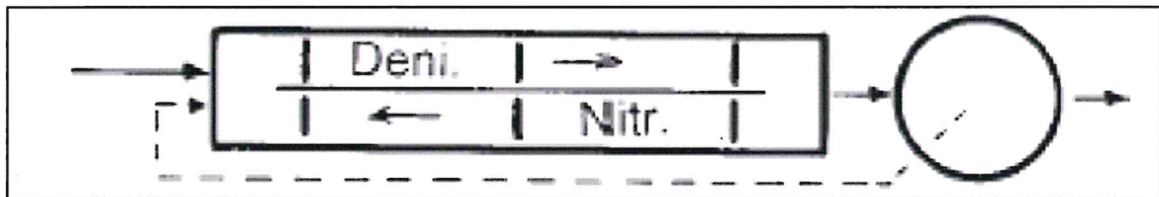


Abbildung 3: Schematische Darstellung der simultanen Denitrifikation

Hierzu wird der mit Belüftern ausgestattete Räume stillgelegt und eine Belüftungseinrichtung am Beckenboden fest installiert. Die Belüftungseinrichtungen werden so gestaltet, dass die Nitrifikations- bzw. auch die Denitrifikationszonen variabel je nach Belastung gefahren werden können.

Die Denitrifikationszonen ohne Belüfter werden mit Rührwerken versehen. Somit kann sehr flexibel auf unterschiedliche Belastung reagiert werden.

3.2 Neugestaltung der Gebläsestation

Die neue Gebläsestation wird im Erdgeschoss des Anbaus untergebracht. Es werden insgesamt drei Gebläse aufgestellt. Dies können Drehkolbengebläse oder alternativ vergleichbare Turbogebälse oder Schraubenverdichter sein.

Bei den Gebläsen handelt es sich um drei Gebläse (500 mbar) für die Biologie. Alle drei Gebläse werden mittels eines Verteilers angeschlossen. Somit kann ein Gebläse dann automatisch je nach Ausfall für den entsprechenden Bereich genutzt werden.

Im Zugang zur Gebläsehalle wird ein großes Tor (Roll- oder Sektionaltor) installiert, sodass die Wartung mittels Hebefahrzeug gewährleistet ist.

Im Erdschoss wird eine Unterverteilstation mit Aufstellung von Schaltschränken vorgesehen.

4 Abwassertechnische Nachweise

4.1 Ermittlung der Belastung zur biologischen Stufe

Für die Belastung der biologischen Stufe wird der Volumenstrom zum einen in den SBR (nicht Gegenstand dieser Planung) und zum anderen in die simultane Denitrifikation gefördert.

Der Volumenstrom wird wie folgt aufgeteilt:

Zulauf SBR: 30 % Zulauf + interne Prozessabwässer

Zulauf simultane Denitrifikation: 70 % Zulauf + Ablauf SBR

Gemäß der Grundlagenermittlung wurde folgende Belastung ermittelt:

Ausbaugröße 17.000 EW						
Abwassermenge	$Q_{T, d, aM}$		[m ³ /d]			3.000 ⁷
Maßgebende Abwassertemperaturen	$T_{2WMM, min}$		[°C]			7,0
	T_{Bem}		[°C]			12,0
	$T_{2WMM, max}$		[°C]			20,0
CSB	$B_{d,CSB,ZK}$	[kg/d]	2.495 ⁸	$C_{CSB,ZK}$	[mg/l]	832
BSB ₅	$B_{d,BSB,ZK}$	[kg/d]	1.248 ⁹	$B_{BSB,ZK}$	[mg/l]	416
Abfiltrierbare Stoffe	$B_{d,TS,KB}$	[kg/d]	1.456 ¹⁰	$X_{TS,ZK}$	[mg/l]	485
Gesamtstickstoff	$B_{d,TN,ZK}$	[kg/d]	243 ¹¹	$C_{N,ZK}$	[mg/l]	80,7
Gesamtphosphor	$B_{d,P,ZK}$	[kg/d]	33 ¹²	$C_{P,ZK}$	[mg/l]	11

Tabelle 4: Zusammenfassung der Bemessungswerte für die Schmutzfrachten

In der Belastungsparametern sind die internen Prozessabwässer enthalten. Diese wurden in der Grundlagenermittlung bewertet und wie folgt berücksichtigt:

$$B_{d,CSB,PS} = 2.886 \text{ EW}$$

$$B_{d,NH_4-N,PS} = 820 \text{ EW (der Wert wird verdoppelt)}$$

⁷ Erhöhung aufgrund der Ertüchtigung von 2.500 auf 3.000 m³/d

⁸ Bemessungswert Auswertung Betriebstagebuch

⁹ Ermittlung nach dem Verhältnis CSB/BSB im Zulauf

¹⁰ Ermittlung nach dem Verhältnis CSB/BSB im Zulauf

¹¹ Bemessungswert Auswertung Betriebstagebuch

¹² Bemessungswert Auswertung Betriebstagebuch

$$B_{d,Pges,PS} = 2.611 \text{ EW}$$

Somit ergeben sich folgende Zulaufbelastungen:

$$\begin{array}{lll} B_{d,CSB,ZK} & = 20.793 \text{ EW} - 2.886 \text{ EW} & = 17.907 \text{ EW} \\ B_{d,TN,ZK} & = 22.101 \text{ EW} - 1.640 \text{ EW} & = 20.461 \text{ EW} \\ B_{d,P,ZK} & = 18.135 \text{ EW} - 2.611 \text{ EW} & = 15.524 \text{ EW} \end{array}$$

Somit sind folgende Belastungen für die biologische Stufe gemäß Tabelle 2, DWA-A 131 für den Ablauf aus der Vorklärung anzusetzen:

$$B_{d,CSB,ZB} = B_{d,CSB,ZK} \times (100 - \eta_{VA}) = 2.149 \times (100 - 30\%) = \mathbf{1.505 \text{ kg/d}}$$

$$B_{d,BSB,ZB} = B_{d,BSB,ZK} \times (100 - \eta_{VA}) = 1.074 \times (100 - 30\%) = \mathbf{752 \text{ kg/d}}$$

$$B_{d,TS,ZB} = B_{d,TS,ZK} \times (100 - \eta_{VA}) = 1.254 \times (100 - 50\%) = \mathbf{627 \text{ kg/d}}$$

$$B_{d,N,ZB} = B_{d,N,ZK} \times (100 - \eta_{VA}) = 225 \times (100 - 10\%) = \mathbf{202,5 \text{ kg/d}}$$

$$B_{d,P,ZB} = B_{d,P,ZK} \times (100 - \eta_{VA}) = 27,9 \times (100 - 10\%) = \mathbf{25,2 \text{ kg/d}}$$

4.2 Nachweis der Säurekapazität

Die Säurekapazität wird anhand von drei analysierten Stichproben in 24h-Mischproben im Zulauf zur Kläranlage Neunburg vorm Wald nachgewiesen (Stichprobe am 15.07.2020: 6,57 mmol/l; Stichprobe am 17.07.2020: 3,29 mmol/l; Stichprobe am 21.07.2020: 32,3 mmol/l). Hierbei wird der ungünstigere Wert von 3,29 mmol/l herangezogen.

Abzüglich der durch die Nitrifikation und durch das Fällmittel verbrauchten Säurekapazität zuzüglich der in der Denitrifikation und durch den gefällten Phosphor zurückgewonnenen Säurekapazität ergibt sich eine Rest-Säurekapazität im Ablauf der Belebung von 1,61 mmol/l. Dies ist über der nach DWA A 131 geforderten Mindest-Säurekapazität von 1,5 mmol/l.

4.3 Bemessung der Biologie

4.3.1 Belastung Biologie

Die Biologie wird mit 70 % aus dem Zulauf belastet sowie mit dem Ablauf aus dem SBR. Somit ergibt sich folgende Belastung:

Abwassermenge:		= 3.000,0 m ³ /d
B _{d,CSB,ZB}	= 1.505 x 0,7	= 1.053,5 kg/d
B _{d,BSB,ZB}	= 752 x 0,7	= 526,4 kg/d
B _{d,TS,ZB}	= 627 x 0,7	= 439,0 kg/d
B _{d,TN,ZB}	= 202,5 x 0,7	= 141,8 kg/d
B _{d,P,ZB}	= 25,2 x 0,7	= 17,6 kg/d
B _{d,NO3-N,ZB}	= 9	= 9,0 kg/d

Abwasserverschmutzung			
	g/(E*d)	kg/d	mg/l
CSB-Kommunal	120,00	1.053,50	351,17
CSB-Gesamt		1.053,50	351,17
BSB5-Kommunal	59,96	526,40	175,47
BSB5-Gesamt		526,40	175,47
TSO-Kommunal	50,00	439,00	146,33
TSO-Gesamt		439,00	146,33
TKN-Kommunal	16,15	141,80	47,27
TKN-Gesamt		141,80	47,27
NO3-Kommunal	1,03	9,00	3,00
NO3-Gesamt		9,00	3,00
P-Kommunal	2,01	17,64	5,88
P-Gesamt		17,64	5,88

Tabelle 5: Belastungsparameter Biologie

4.3.2 Gewähltes Verfahren

Berechnungsverfahren

- Berechnung der Biologie nach DWA-A131 (2016)
- Bemessung auf der Basis des CSB

Reinigungsverfahren

- Belebungsverfahren
- Simultane Denitrifikation
- Umwälzung und Belüftung

Gewählte Bauform

- Separates Belebungsbecken - Rundbecken

4.3.3 Bemessung des Rundbeckens

Konstanten

Anteil anorganische Stoffe an den abfiltrierbaren Stoffen:	f_B	=	0,30
Inerter Anteil am partikulären CSB:	f_A	=	0,30
Anteil des leicht abbaubaren CSB (0,15 - 0,25):	f_{CSB}	=	0,20
Zerfallskoeffizient:	b	=	0,17
Ertragskoeffizient:	Y	=	0,67
Anteil des gelösten inerten CSB:	f_S	=	0,05
Zusätzliche ÜS-Produktion:	$Y_{CSB,dos}$	=	0,00

Konzentrationen der Fraktionen der Abwasserinhaltsstoffe im Zulauf zur Biologie

Partikulärer CSB:	$X_{CSB,ZB}$	=	163,89 mg/l
Gelöster CSB:	$S_{CSB,ZB}$	=	187,27 mg/l
Gelöster inerter CSB:	$S_{CSB, inert,ZB}$	=	17,56 mg/l
partikulärer inerter CSB:	$X_{CSB, inert,ZB}$	=	49,17 mg/l
abbaubarer CSB in der homogenisierten Probe:	$C_{CSB, abb,ZB}$	=	284,44 mg/l
leicht abbaubarer CSB in der homogen. Probe:	$C_{CSB, la,ZB}$	=	56,89 mg/l
abfiltrierbare anorganische Stoffe:	$X_{anorg, TS,ZB}$	=	43,90 mg/l
Aufstockung des CSB durch externen Kohlenstoff:	$C_{CSB,dos}$	=	0,00 mg/l

Dimensionierung der Belebung

Reaktionstemperatur:	T	=	12,00 °C
Prozessfaktor:	PF	=	1,60
Erforderliches aerobes Schlammalter:	$t_{TS,aerob,Bem}$	=	7,30 d

$$t_{TS,aerob,Bem.} = PF \times 3,4 \times 1,103^{(15-T)}$$

Temperaturfaktor FT: $FT = 1,072^{(T-15)} = 0,81$

Stickstoffbilanz		kg/d	mg/l
TKN (Zulauf)	$C_{TKN,ZB}$	141,80	47,27
Nitrat-N (Zulauf)	$S_{NO_3,ZB}$	9,00	3,00
N-Inkorporation (Biomasse)	$X_{orgN,BM}$	10,02	3,34
N-Einlagerung	$X_{orgN,inert}$	7,00	2,33
Ammonium-N (Ablauf)	$S_{NH_4-N,AN}$	0,00	0,00
organisch-N (Ablauf)	$C_{orgN,AN}$	6,00	2,00
Nitrat-N (Ablauf)	$S_{NO_3,AN}$	18,00	6,00
Zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO_3,D}$	109,80	36,60

Tabelle 6: Stickstoffbilanz Biologie

$$S_{NO_3,D} = C_{TKN,ZB} - S_{orgN,AN} - S_{NH_4-N,AN} - X_{orgN,BM} - X_{orgN,inert} - S_{NO_3,AN} \text{ [mg/l]}$$

$$t_{TS} = \frac{tTSa}{1-VD/VBB} = 21,71 \text{ d}$$

Gesamtschlammalter: $t_{TS} = 21,71 \text{ d}$
 Trockensubstanzkonzentration: $TS_{BB} = 4,00 \text{ kg/m}^3$

Geforderte Ablaufwerte

Nitrat-N im Ablauf: $= 6,00 \text{ mg/l}$
 Ammonium-N im Ablauf: $= 0,00 \text{ mg/l}$
 Organisch-N im Ablauf: $= 2,00 \text{ mg/l}$

erforderliches Denitrifikationsverhältnis: $V_D/V_{BB} = 0,664$
 Verhältnis Nitrifikationsvolumen zu Gesamtvolumen: $V_N/V = 0,34$

Ergebnis der Bemessung

Überschussschlammproduktion aus Kohlenstoffelimination

$$X_{CSB,\ddot{U}S} = X_{CSB,inert,ZB} + X_{CSB,BM} + X_{CSB,inert,BM} \quad [\text{mg/l}]$$

$$X_{CSB,BM} = C_{CSB,abb,ZB} * Y + C_{CSB,dos} * Y_{CSB,dos1} + b * t_{TS} * FT \quad [\text{mg/l}]$$

CSB der Biomasse: $X_{CSB,BM} = 47,69 \text{ mg/l}$

$$X_{CSB,inert,BM} = 0,2 * X_{CSB,BM} * t_{TS} * b * FT \quad [\text{mg/l}]$$

inertes Anteil des CSB in der Biomasse: $X_{CSB,inert,BM} = 28,58 \text{ mg/l}$

auf den Abwasserzufluss bezogene CSB-Konzentration des Überschussschlammes:

$$X_{CSB,\ddot{U}S} = 125,44 \text{ mg/l}$$

Tägliche Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination:

$$\ddot{U}_{Sd,C} = Q_{d,konz} * (X_{CSB,inert,ZB} / 1,33 + (X_{CSB,BM} + X_{CSB,inert,BM}) / (0,92 * 1,42) + f_B * X_{TS,ZB}) / 1000$$

$$\ddot{U}_{Sd,C} = 417,75 \text{ kg/d}$$

$$\ddot{U}_{Sd,P} = Q_{d,konz} * \frac{\left(3 * X_{PbioP} + \left(\frac{AM_{Fe}}{AM_P} \right) * \beta * 2,5 * X_{PFällFe} + \left(\frac{AM_{Al}}{AM_P} \right) * \beta * 4,0 * X_{PFällAl} \right)}{1000} \quad [\text{kg/d}]$$

β -Wert: 1,50
 Atommasse, Fe: $AM_{Fe} = 55,8 \text{ g/mol}$
 Atommasse, Al: $AM_{Al} = 27 \text{ g/mol}$
 Atommasse, P: $AM_P = 30,97 \text{ g/mol}$
 Spezifische Schlammproduktion, Fe: 2,5 gTS/gFe
 Spezifische Schlammproduktion, Al: 4,0 gTS/gAl

$$\dot{U}_{S_d,P} = 0,49 \text{ kg/d}$$

$$\dot{U}_{S_d} = \dot{U}_{S_d,C} + \dot{U}_{S_d,P} \quad [\text{kg/d}]$$

$$\dot{U}_{S_d} = 418,24 \text{ kg/d}$$

Sauerstoffbedarf für den Kohlenstoffabbau:

$$OVC = C_{CSB,abb,ZB} + C_{CSB,dos} - X_{CSB,BM} - X_{CSB,inert,BM} \quad [\text{mg/l}]$$

$$OVC = 208,17 \text{ mg/l}$$

Anteil des Sauerstoffbedarfs aus leicht abbaubarem CSB und extern dosiertem CSB für vorgeschaltet Denitrifikation:

$$OVC_{C,la,vorg} = f_{CSB} * C_{CSB,abb,ZB} * (1-Y) + C_{CSB,dos} * (1-Y_{CSB,dos})$$

$$OVC_{C,la,vorg} = 0,00 \text{ mg/l}$$

Gesamter Sauerstoffverbrauch in der Denitrifikationszone für vorgeschaltete Denitrifikation:

$$OVC_{C,D} = 0,75 * (OVC_{C,la,vorg} + (OVC - OVC_{C,la,vorg}) * V_D/V_{BB}^{0,68})$$

$$OVC_{C,D} = 103,63 \text{ mg/l}$$

Vergleich Sauerstoffzehrung zu Sauerstoffangebot:

$$x = \frac{OVC_{C,D}}{2,86 * S_{NO3,D}} = 0,99$$

Schlammmasse: $MTS = 9.080,02 \text{ kg}$

Erforderliches Gesamtvolumen: $V_{min} = 2.270,01 \text{ m}^3$

Gewählte Abmessungen des Belebungsbeckens

Außendurchmesser: $D_{BBa} = 28,10 \text{ m}$

Wassertiefe: $W_T = 3,68 \text{ m}$

Volumen: $V_{BB} = 2.282,18 \text{ m}^3$

Volumen (pro Einwohnergleichwert): $= 259,95 \text{ l/EW}$

Gesamtschlammalter:	t_{TS}	= 21,71 d
Rücklaufverhältnis bei Trockenwetter:	$R_{V(QT)}$	= 1
Trockenwetterzufluss:	Q_{td}	= 3.000 m ³ /d

Aufenthaltszeit:

$$t_{Rmin} = \frac{V_{BB}}{Q_{td} \times (1+RV)} = \frac{2.282,18}{3000 \times 2} = 0,38 \text{ d} = 9,13 \text{ h}$$

Nachweis:

$$B_{R,CSB} = \frac{1.053,5 \text{ kgCSB/d}}{2.282,18} = 0,462 \text{ kg/(m}^3\text{*d)}$$

$$B_{R,BSB5} = \frac{526,4 \text{ kgCSB/d}}{2.282,18} = 0,231 \text{ kg/(m}^3\text{*d)}$$

$$B_{R,CSB} = \frac{0,462}{4,00} = 0,115 \text{ kg/(kg*d)}$$

$$B_{R,BSB5} = \frac{0,231}{4,00} = 0,058 \text{ kg/(kg*d)}$$

4.3.4 Säurekapazität

Säurekapazität im Zulauf:	KSo = 8,00 mmol/l
Ammonium-N im Zulauf:	NH4-No = 23,63 mg/l
Ammonium-N im Ablauf:	NH4-Ne = 0,00 mg/l

Nitrat-N im Ablauf:	NO3-Ne = 6,00 mg/l
Eisenkonzentration:	Fe3 = 0,07 mg/l
Gefällter Phosphor:	Po-Pe = 0,02 mg/l

$$KE_e = KSo - [0,07 \times (NH4N_0 - NH4N_e + NO3N_e) + 0,06 \times Fe_3 + 0,11 \times Al_3 - 0,03 \times (P_0 - P_e)]$$

Theoretische Säurekapazität im Ablauf:	KSe = 2,54 mmol/l
--	-------------------

Der von der DWA vorgegebene Minimalwert der verbleibenden Säurekapazität im Ablauf der Belebungsanlage von 1,5 mmol/l wird nicht unterschritten.

4.3.5 Sauerstoffbedarf / Simultane Denitrifikation

Die Berechnung des Sauerstoffbedarfs erfolgt über eine Bilanzierung nach DWA-M 229-1.

Lastfall 0 = Bemessung

Lastfall 1 = Mittlerer Luftbedarf

Lastfall 2 = Luftbedarf für die Bemessung des Belüftungssystems

Lastfall 3 = Minimaler Luftbedarf

Lastfall 4 = Prognose

Stickstoffbilanz

Lastfall	C _{TKN,ZB}	S _{NO3,ZB}	S _{NH4-N,AN}	X _{orgN,BM}	X _{orgN,inert}
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
0	47,27	3,00	0,00	3,34	2,33
1	47,27	3,00	0,00	2,71	2,39
2	47,27	3,00	0,00	1,98	2,45
3	47,27	3,00	0,00	1,73	2,47
4	56,07	3,00	0,00	2,75	2,38

Tabelle 7: Stickstoffbilanz der Lastfälle 1 bis 4 Biologie

Erforderliches aerobes Schlammalter:

$$t_{TS,aerob,Bem.} = PF \times 3,4 \times 1,103^{(15-T)}$$

Prozessfaktor: PF

Reaktionstemperatur: T [°C]

Denitrifikationsverhältnis $\frac{V_D}{V_{BBmax}} = 1 - \frac{t_{TS,aerob}}{t_{TS}}$

S_{NO3,D1} : Zu denitrifizierendes Nitrat, Ablaufanforderungen

S_{NO3,D2} : denitrifiziertes Nitrat, aufgrund der gewählten Denitrifikationskapazität

S_{NO3,D3} : denitrifiziertes Nitrat, tatsächlich

V_D/V₂ : Denitrifikationsverhältnis, gewählt

S_{NO3,D1} = C_{TKN,ZB} + S_{NO3,ZB} - S_{orgN,AN} - S_{NH4-N,AN} - S_{NO3,AN} - X_{orgN,BM} [mg/l]

S_{NO3,D2} = Denitrifikationskapazität * C_{CSB,ZB} [mg/l]

S_{NO3,D3} = C_{TKN,ZB} + S_{NO3,ZB} - S_{orgN,AN} - S_{NH4-N,AN} - S_{NO3,AN,tatsächlich} - X_{orgN,BM} [mg/l]

Nitratkonzentration im Ablauf S_{NO3,AN}, gewähltes Denitrifikationsverhältnis

$$S_{NO3,AN} = C_{TKN,ZB} - S_{orgN,AN} - S_{NH4-N,AN} - X_{orgN,BM} - S_{NO3,D3}$$

Lastfall	Belastung	TW	TS _{BB}	ü _{s,d}	t _{TS}	PF	t _{TS,aerob}	t _{TS,aerob2}
	%	°C	kg/m ³	kg/d	d		d	d
0	100,0	12,00	4,00	418,2	21,71	1,60	7,30	
1	80,0	12,00	4,00	321,4	28,40	1,60	7,30	11,36
2	100,0	20,00	4,00	382,6	23,86	1,60	3,33	9,55
3	50,0	12,00	4,00	188,1	48,54	1,60	7,30	19,42
4	100,0	15,00	4,00	402,8	22,66	1,60	5,44	9,07

Tabelle 8: Schlammalter in den Lastfällen Biologie

Lastfall	V _D /V _{BBmax}	V _D /V ₂	S _{NO3,Dist}	S _{NO3,AN}	x
	-	-	mg/l	mg/l	
0	0,664	0,664	36,60	6,00	0,99
1	0,743	0,600	33,88	9,29	0,91
2	0,860	0,600	35,20	8,65	0,93
3	0,850	0,600	35,64	8,43	0,94
4	0,760	0,600	33,81	18,13	0,74

Tabelle 9: Nitratlauf in den Lastfälle Biologie

Sauerstoffbedarf

Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination

$$OVC = C_{CSB,abb,ZB} + C_{CSB,dos} - X_{CSB,BM} - X_{CSB,inert,BM} \quad [\text{mg/l}]$$

$$OV_{d,c} = \frac{Q_d \cdot \text{konz} \times OVC}{1000} \quad [\text{kgO}_2/\text{d}]$$

$$X_{CSB,BM} = \frac{(C_{CSB,abb,ZB} \times Y + C_{CSB,dos} \times Y_{CSB,inert,BM})}{1 + b \times t_{TS} \times FT} \quad [\text{mg/l}]$$

$$X_{CSB,inert,BM} = 0,5 \times X_{CSB,BM} \times t_{TS} \times b \times FT \quad [\text{mg/l}]$$

Sauerstoffverbrauch für die Nitrifikation

$$OV_{d,N} = \frac{Q_d \times 4,3 \times (S_{NO3,D} - S_{NO3,ZB} + S_{NO3,AN})}{1000} \quad [\text{kgO}_2/\text{d}]$$

S_{NO3} Konzentration des Nitratstickstoffs mg/l in der filtrierten Probe als N
Sauerstoffverbrauch für die Denitrifikation

$$OV_{d,D} = \frac{(Q_d \times 2,86 \times S_{NO3,D})}{1000} \quad [\text{kgO}_2/\text{d}]$$

Sauerstoffbedarf für die verschiedenen Lastfälle OV_h

$$OV_h = \frac{(OV_{d,c} - OV_{d,D}) \times f_c + OV_{d,N} \times f_N}{24} \quad [\text{kgO}_2/\text{h}]$$

Für die Lastfälle 2 und 3 gilt:

Lastfall 2: f_C , f_N aus Tabelle 8, A131

Lastfall 3, minimaler Sauerstoffverbrauch

$$OV_{hmin} = \frac{OV_{d,c}}{\left(\frac{3,92}{(t_{TS} \times 1,072^{(TW-15)}) + 1,66}\right) * 24} \quad [\text{kgO}_2/\text{h}]$$

Lastfall 3, alternativ bei signifikantem Nachtzufluss

$$OV_h = \frac{(OV_{d,c} - OV_{d,d}) \times f_{C,min} + OV_{d,N} \times f_{N,min}}{24} \quad [\text{kgO}_2/\text{h}]$$

Erhöhungsfaktor für intermittierende Belüftung:

$$f_{int} = \frac{1}{1 - \frac{V_D}{V_{BB}}}$$

Lastfall	X _{CSB,BM} mg/l	X _{CSB,inert,BM} mg/l	Ü _{Sc} kg/d	OV _{C,la} mg/l	OV _{CD} mg/l	OV _C mg/l
0	47,69	28,58	417,75	0,00	103,63	208,17
1	38,75	30,37	321,05	0,00	96,89	215,33
2	28,26	32,46	382,06	0,00	100,66	223,71
3	24,76	33,16	187,81	0,00	101,93	226,52
4	39,27	30,26	402,28	0,00	96,70	214,91

Tabelle 10: Belüftung Biologie

Lastfall	OV _{d,c} kgO ₂ /d	OV _{d,N} kgO ₂ /d	OV _{d,D} kgO ₂ /d	OV _h kgO ₂ /h	f _C	f _N	f _{int}
0	624,51	510,83	314,02	34,22	1,00	1,00	1,00
1	516,79	414,57	232,55	29,12	1,00	1,00	1,00
2	671,14	526,87	301,99	51,32	1,11	1,56	1,00
3	339,78	264,88	152,89	18,82	1,00	1,00	1,00
3			OV _{hmin} =	8,05			
4	644,72	631,30	290,11	41,08	1,00	1,00	1,00

Tabelle 11: Sauerstoffbedarf Biologie

Sauerstoffbedarf OV_h , und notwendige Sauerstoffzufuhr SOTR

$$SOTR = \frac{f_D \times \beta_{St} \times C_{S,20} f_{ST,ST}}{\alpha \times f_{S,\alpha} \times (f_D \times \beta_a \times C_{S,T} \times \left(\frac{P_{atm}}{1,013}\right) - C_x) \times \theta^{(T-20)}} \times OV_h \times f_{int} \times f_{SBR} \times 24 \quad [\text{kgO}_2/\text{h}]$$

$$f_{SBR} = \frac{1}{m_Z \times t_R}$$

$$f_D = 1 + \frac{h_D}{20,7} = 1,16$$

f_D	Tiefenfaktor
β_{St}	Salzfaktor Sauerstoffsättigungswert in Reinwasser
β_α	Salzfaktor Sauerstoffsättigungswert unter Betriebsbedingungen
$f_{St,ST}$	Salzfaktor Belüftungskoeffizient in Reinwasser
$f_{S,\alpha}$	Salzfaktor Belüftungskoeffizient unter Betriebsbedingungen
$c_{S,20}$	Sauerstoffsättigung bei 20°C [mg/l]
$c_{S,T}$	Sauerstoffsättigung bei Bemessungstemperatur [mg/l]
c_x	Betrieb Sauerstoffkonzentrationen [mg/l]
Θ	Temperaturfaktor, 1,024
h_D	Einblastiefe

Salzfaktor	β_{St}	β_α	$f_{St,ST}$	$f_{S,\alpha}$
	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabelle 12: Salzfaktoren Biologie

Lastfall	t_L	α	$c_{S,T}$	c_x	SOTR
	h/d		mg/l	mg/l	kgO ₂ /h
0	24,00	0,80	10,78	1,50	52,19
1	24,00	0,80	10,78	1,50	44,41
2	24,00	0,65	9,10	1,50	97,02
3	24,00	0,80	10,78	1,50	28,71
4	24,00	0,65	10,09	1,50	77,50

Tabelle 13: SOTR Biologie

4.3.6 Notwendige Luftmenge

$$Q_{L,N} = \frac{1.000 \times SOTR}{SSPTR \times h_D}$$

Umrechnung von Normbedingungen auf Ansaugbedingungen
 Atmosphärischer Druck

$$p_{atm} = \left(\frac{288 - 0,0065 \times h_{geo}}{288} \right)^{5,255 \times 1013,25} = 968,41 \text{ hPa}$$

Ansaugdruck

$$p_{1,abs} = p_{atm} - \Delta p_1$$

Sättigungsdampfdruck

$$p_s = 6,112 \times EXP\left(\frac{(17,62 \times T_{L1})}{24312 + T_{L1}}\right) \quad [\text{hPa}]$$

Ansaugvolumenstrom Q_1

$$Q_1 = \frac{T_N + T_{L1}}{T_N} \times \frac{p_N}{p_{1,abs} - \phi \times p_s} \times Q_{L,N} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Q_1	Ansaugvolumenstrom	m^3/h
T_N	Normtemperatur	273,15 k
$T_{L,1}$	Ansaugtemperatur, Standardwert	30°C
p_N	Normluftdruck	1.013,25 hPa (1hPa = 1 mbar)
ϕ	relative Luftfeuchte	0,3

Lastfall	SSOTR $\text{gO}_2/(\text{mN}^3 \cdot \text{m})$	h_D m	$Q_{L,N}$ mN^3/h
0	22,00	3,38	701,90
1	22,00	3,38	597,20
2	22,00	3,38	1.304,72
3	22,00	3,38	386,08
4	22,00	3,38	1.042,24

Tabelle 14: Luftbedarf Biologie

Luftmenge für die Bemessung der Belüftungseinrichtung, Lastfall 2
Kapazität der gewählten Gebläse:

$Q_{L,N}$ (pro Becken):	1.368,00 m^3/h
$Q_{L,N}$ (Gesamt: 1 Becken):	1.368,00 m^3/h
Q_1 (pro Becken):	1.666,69 m^3/h
Q_1 (Gesamt: 1 Becken):	1.666,69 m^3/h
Gegendruck für die Auslegung der Gebläse Gebläseauswahl 1:	900,00 mbar

Berechnung für verschiedene Lastfälle gemäß DWA-A 131

		T-bem	V_1
Temperatur	°C	12,00	15,00
Trockensubstanzkonzentration	kg/m^3	4,00	4,00
TKN-Konzentration im Zulauf $C_{TKN,ZB}$	mg/l	47,27	56,07
Nitrat-N im Zulauf $S_{NO_3,ZB}$	mg/l	3,00	3,00
Ammonium-N im Ablauf $S_{NH_4-N,AN}$	mg/l	0,00	0,00
Organisch-N im Ablauf $S_{orgN,AN}$	mg/l	2,00	2,00
N-Inkorporation in der Biomasse $X_{orgN,BM}$	mg/l	3,34	2,75
Zu denitrifizierendes Nitrat $S_{NO_3,D}$	mg/l	36,60	45,94
Zu denitrifizierendes Nitrat $S_{NO_3,Dist}$	mg/l	36,60	33,81
Nitrat-N im Ablauf $S_{NO_3,AN}$	mg/l	6,00	18,13

Gesamtschlammalter t_{TS}	d	21,71	22,66
Stoßfaktor f_c		1,00	1,00
Stoßfaktor f_N		1,00	1,00
$V_D/V_{BB \max}$		0,664	0,760
V_D/V_{BB} gewählt		0,664	0,600
Belüftungszeit t_L	h/d	24,00	24,00
$OV_{d,C}$	kgO ₂ /d	624,51	644,72
$OV_{d,N}$	kgO ₂ /d	510,83	631,30
$OV_{d,D}$	kgO ₂ /d	314,02	290,11
OV_h	kgO ₂ /h	34,22	41,08
c_x	mg/l	1,50	1,50
α		0,80	0,65
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO ₂ /h	52,19	77,50
Q_L	m ³ /h	701,90	1.042,24

Tabelle 15: Bemessungsergebnisse Luftbedarfsberechnung Biologie

		am	max	min
Temperatur	°C	12,00	20,00	12,00
Trockensubstanzkonzentration	kg/m ³	4,00	4,00	4,00
TKN-Konzentration im Zulauf $C_{TKN,ZB}$	mg/l	47,27	47,27	47,27
Nitrat-N im Zulauf) $S_{NO_3,ZB}$	mg/l	3,00	3,00	3,00
Ammonium-N im Ablauf $S_{NH_4-N,AN}$	mg/l	0,00	0,00	0,00
Organisch-N im Ablauf $S_{orgN,AN}$	mg/l	2,00	2,00	2,00
N-Inkorporation in der Biomasse $X_{orgN,BM}$	mg/l	2,71	1,98	1,73
Zu denitrifizierendes Nitrat $S_{NO_3,D}$	mg/l	37,17	37,84	38,07
Zu denitrifizierendes Nitrat $S_{NO_3,Dist}$	mg/l	33,88	35,20	35,64
Nitrat-N im Ablauf $S_{NO_3,AN}$	mg/l	9,29	8,65	8,43
Gesamtschlammalter t_{TS}	d	28,40	23,86	48,54
Stoßfaktor f_c		1,00	1,11	1,00
Stoßfaktor f_N		1,00	1,56	1,00
$V_D/V_{BB \max}$		0,743	0,860	0,850
V_D/V_{BB} gewählt		0,600	0,600	0,600
Belüftungszeit t_L	h/d	24,00	24,00	24,00
$OV_{d,C}$	kgO ₂ /d	516,79	671,14	339,78
$OV_{d,N}$	kgO ₂ /d	414,57	526,87	264,88
$OV_{d,D}$	kgO ₂ /d	232,55	301,99	152,89
OV_h	kgO ₂ /h	29,12	51,32	18,82
c_x	mg/l	1,50	1,50	1,50
α		0,80	0,65	0,80
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO ₂ /h	44,41	97,02	28,71
Q_L	m ³ /h	597,20	1.304,72	386,08

Tabelle 16: Bemessungsergebnisse Luftbedarfsberechnungen Biologie

4.4 Auslegung Gebläsestation

4.4.1 Bemessung der Gebläse der Biologie

Verdichter: Drehkolbengebläse

Maschinendaten

Anzahl der Aggregate:	1	Stück
Fördermenge je Aggregat pro Becken:	1.368,00	m ³ /h
Fördermenge gesamt pro Becken:	1.368,00	m ³ /h
Fördermenge gesamt (1 Becken):	1.368,00	m ³ /h

Nennleistung:	30,00	kW
Leistungsaufnahme:	24,60	kW
Gegendruck:	500,0	mbar

Anzahl der Aggregate:	2	Stück
Fördermenge je Aggregat pro Becken:	684,00	m ³ /h
Fördermenge gesamt pro Becken:	1.368,00	m ³ /h
Fördermenge gesamt (1 Becken):	1.368,00	m ³ /h

Nennleistung:	15,00	kW
Leistungsaufnahme:	12,70	kW
Gegendruck:	500,0	mbar

Belüftung:	Streifenbelüfter
Maximale Belüfterbeaufschlagung:	45,00 Nm ³ /(m ² *h)
Notwendige Gesamtoberfläche:	30,40 m ²
Anzahl Belüftergitter:	12 Stück
Anzahl Belüfterkerzen je Gitter:	2 Stück
Gasungsfläche, je Belüfter:	2,00 m ²
Effektive Gesamtfläche:	48,00 m ²

Umwälzaggregate	
Notwendiger spezifischer Energieeintrag:	3,00 W/m ³
Notwendiger Energieeintrag:	6.847,00 W

Maschinendaten	
Anzahl der Aggregate:	2 Stück
Nennleistung:	3,40 kW
Leistungsaufnahme:	3,42 kW
Rührwerksdurchmesser:	580,0 mm

4.4.2 Bemessung der Luftleitungen

Folgende Luftmengen wurden ermittelt:

$$Q_{L,N,Maximal\ Biologie} = 1.368 \frac{m^3}{h} = 22,8 \frac{m^3}{min}$$

$$Q_{L,N,Maximal\ SBR} = 792 \frac{m^3}{h} = 13,2 \frac{m^3}{min}$$

Damit werden folgende Luftleitungen ermittelt:

$$v_{DN\ 300,Verteiler} = \frac{0,38 \times 4}{0,318_i^2 \times \pi} = 4,8\ m/s$$

$$v_{DN\ 200,SBR} = \frac{0,22 \times 4}{0,214_i^2 \times \pi} = 6,1\ m/s$$

$$v_{DN\ 250,Biologie} = \frac{0,38 \times 4}{0,268_i^2 \times \pi} = 6,7\ m/s$$

Gewählt:	Verteilerleitung Rohrleitung:	V4A 323,9 x 3,0 (DN 300)
	Zulaufleitung Rohrleitung Biologie:	V4A 273,0 x 3,0 (DN 250)
	Zulaufleitung Rohrleitung SBR:	V4A 219,1 x 3,0 (DN 200)

Es werden pro Becken eine Verteilerleitung zu den Belüftungselementen angeordnet.

Gewählt:	Falleitung Rohrleitung Biologie	V4A 114,3 x 3,0 (DN 100)
	Falleitung Rohrleitung SBR:	V4A 219,1 x 3,0 (DN 200)

Die Rohrleitung im Erdreich muss mit Densobinde umwickelt werden.

4.4.3 Bemessung der Kulissen

Die maximale Luftmenge wird bei Betrieb von zwei großen Gebläsen für die Biologie und für den SBR erreicht.

$$\text{Ansaugvolumenstrom:} \quad = 1.368 + 798 \quad = 2.166\ m^3/h$$

Zur Zwangsentlüftung wird die erforderliche Ventilatorleistung berechnet. Die maximale Leistungsaufnahme beträgt bei zwei gleichzeitig betriebenen Verdichtern:

$$N_{Aufn.max.} = 2 \times 30 \text{ kW} = 60 \text{ kW}$$

Daraus ermittelt sich eine Abwärme von:

$$N_{Abwärme} = 60 \text{ kW} \times 15 \% = 9 \text{ kW}$$

$$Abwärme = 9,0 \text{ kW} \times 860 \frac{\text{kcal}}{\text{h,kW}} = 7.740 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Damit ermittelt sich die Ventilatorleistung für die Zuluft zu:

$$N_{VL} = \frac{Abwärme}{cp \cdot \delta T} = \frac{7.740 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{0,31 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (40-30)} = 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Die Ansaugkulissen werden ausgelegt für:

Lüftung: 3.000 m³/h

Verdichter: 2.500 m³/h

Für eine Schalldämpfung auf mindestens 45 dBA beträgt die Abmessung der Kulissenschalldämpfer ca. B x H x L = 1.200 mm x 1.500 mm x 2.500 mm (1 Element mit einem Kulissenabstand von 100 mm). Damit erhält man einen freien Querschnitt von:

$$A_{freierQuerschnitt} = 1 \times 0,100 \times 1,50 = 0,15 \text{ m}^2$$

$$v \frac{6.000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot 0,15 \text{ m}^2} \underset{max.}{=} 11,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Für die Abluft wird 1 Ventilatoren mit 3.000 m³/h gewählt. Die Steuerung erfolgt temperaturabhängig. Die Schalldämpfung erfolgt ebenfalls über Kulissenschalldämpfer mit den Maßen 600 mm x 1.500 mm x 2.500 mm.

$$A_{freierQuerschnitt} = 1 \times 0,100 \times 1,50 = 0,15 \text{ m}^2 \quad (1 \times D = 450 \text{ mm})$$

$$v \frac{3.000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot 0,15 \text{ m}^2} \underset{max.}{=} 5,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

5 Kostenberechnung

Die Kostenberechnung ist die Ermittlung der Kosten auf der Grundlage der Entwurfsplanung. Der Kostenberechnung liegen zugrunde:

- Durchgearbeitete Entwurfszeichnungen und Detailzeichnungen wiederkehrender Raumgruppen
- Mengenermittlung
- für die Berechnung und Beurteilung der Kosten relevante Erläuterungen.

Die Kostenberechnung wird nach HOAI § 4 Abs. 1 Satz 3 auf der Grundlage der DIN 276 erstellt.

Kostenberechnung nach DIN 276						
Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	DIN 276 Hinweis	Menge Dim.	EP	GP
					[€]	[€]
440			Technische Anlagen			152.500,00
	440		E+MSR-Technik	1 psch	152.500,00	152.500,00
470			Technische Anlagen			323.661,00
	470.1		Montage und Demontage Gebläse	1 psch	97.824,50	97.824,50
	470.2		Umbau Biologie	1 psch	158.336,50	158.336,50
	470.3		Neue Gebläse	3 Stk	22.500,00	67.500,00
700			Baunebenkosten			111.636,23
	730		Architekten- und Ingenieurleistungen	22,5 %	107.136,23	107.136,23
	740		Gutachten und Beratung	1 psch	1.000,00	1.000,00
	770		Allgemeine Baunebenkosten	1 psch	3.500,00	3.500,00
Gesamtkosten (netto)						587.797,23
Mehrwertsteuer (19%)						111.681,47
Gesamtkosten (brutto)						699.478,70

Tab. 17: Zusammenstellung der Kostenberechnung

7 Kostenplan

Der Kostenplan wird anhand der Kostenberechnung und dem Bauzeitenplan entwickelt. Im Kostenplan werden Bruttokosten aufgeführt. Damit stellen sich die Gesamtkosten wie folgt dar:

Datum	Baukosten [EUR]	Baunebenkosten [EUR]	Gesamtkosten [EUR]
2022	150.000,00	80.000,00	230.000,00
2023	416.631,59	52.847,11	699.478,70

Tabelle 18: Kostenplan

Gefertigt
Wehrheim, den 06.12.2021




Dipl.-Ing. (FH) E. Leonhard

