

Klärtechnische Berechnung 2 BB als Durchlaufanlage

Kläranlage

KA Eistal-West

4.230 E

1. Grunddaten

Anschlusswert:

4.230 Einwohner

1.1 Abwasserzufluss

Kommunales Abwasser

Spezifischer Schmutzwasseranfall:

$w_{S,d} = 86,95 \text{ l/(E*d)}$

$$Q_{S,aM} = \frac{EZ * w_{S,d}}{86400}$$

Schmutzwasserabfluss im Jahresmittel:

4,26 l/s
15,33 m3/h

Spezifischer Fremdwasseranfall:

$q_f = 99,84 \%$

Stundenmittel für Fremdwasser:

24,00 h/d

Fremdwasseranfall:

$Q_{F,aM} = 4,25 \text{ l/s}$
 $= 15,30 \text{ m3/h}$

Trockenwetterabfluss im Jahresmittel:

$Q_{T,aM} = 8,51 \text{ l/s}$
30,63 m3/h
735,00 m3/d

Divisor für die Tagesspitze:

$x_{Qmax} = 8,01 \text{ h/d}$

$$Q_{T,h,max} = Q_{F,aM} + \frac{24 * Q_{S,aM}}{x_{Qmax}}$$

Tagesspitze bei Trockenwetter im Jahresmittel:

$Q_{T,h,max} = 17,00 \text{ l/s}$
61,20 m3/h

Entwässerung im Mischsystem

Faktor für Mischwasserzufluss:

$f_{S,QM} = 5,99$

$$Q_M = f_{S,QM} * Q_{S,aM} + Q_{F,aM} \text{ l/s}$$

Mischwasserabfluss:

$Q_M = 29,75 \text{ l/s}$
107,10 m3/h

1.2 Abwasserverschmutzung

Die stündlichen Mengen sind mit den Stundenmitteln für Schmutzwasser und Fremdwasser berechnet.

Abwasserverschmutzung			
	g/(E*d)	kg/d	mg/l
CSB-Kommunal	120,00	507,60	690,61
TSo-Kommunal	70,00	296,10	402,86
TKN-Kommunal	11,00	46,53	63,31
P-Kommunal	1,80	7,61	10,36

1.3 Gewähltes Verfahren

Berechnungsverfahren

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

Reinigungsverfahren

- Belebungsverfahren
- Simultane aerobe Schlammstabilisierung
- Intermittierende Denitrifikation
- Umwälzung und Belüftung

Gewählte Bauform

- Horizontal durchströmtes Nachklärbecken
- 2 separate Belebungsbecken

2. Biologische Stufe

Anzahl der Belebungsbecken:

2 Stück

2.1 Belebungsbecken

Belebungsanlage mit intermittierender Denitrifikation

Die Belebungsbecken werden mit simultaner Schlammstabilisierung bemessen.
Die Belüftung wird intermittierend betrieben.

Abwasserverschmutzung			
	g/(E*d)	kg/d	mg/l
CSB-Kommunal	120,00	507,60	690,61
CSB-Gesamt		507,60	690,61
BSB5-Kommunal	60,00	253,80	345,31
BSB5-Gesamt		253,80	345,31

TSo-Kommunal	70,00	296,10	402,86
TSo-Gesamt		296,10	402,86
TKN-Kommunal	11,00	46,53	63,31
TKN-Gesamt		46,53	63,31
P-Kommunal	1,80	7,61	10,36
P-Gesamt		7,61	10,36

Qd,konz: 735,00 m3/d

CSB-Fracht gesamt: 507,6 kg/d

CSB-Fracht für die Auslegung eines Belebungsbeckens: 253,8 kg/d

Konstanten

Anteil anorganische Stoffe an den abfiltrierbaren Stoffen:

fb = 0,30

Inerter Anteil am partikulären CSB:

fA = 0,30

Anteil des leicht abbaubaren CSB am abbaubaren CSB (0,15 - 0,25):

fCSB = 0,20

Zerfallskoeffizient:

b = 0,17

Ertragskoeffizient:

Y = 0,67

Anteil des gelösten inerten CSB:

fS = 0,05

Zusätzliche ÜS-Produktion:

YCSB,dos = 0,00

Konzentrationen der Fraktionen der Abwasserinhaltsstoffe im Zulauf zur Biologie

Partikulärer CSB: XCSB,ZB = 451,20 mg/l

Gelöster CSB: SCSB,ZB = 239,41 mg/l

Gelöster inerter CSB: SCSB,inert,ZB = 34,53 mg/l

partikulärer inerter CSB: XCSB,inert,ZB = 135,36 mg/l

abbaubarer CSB in der homogenisierten Probe: CCSB,abb,ZB = 520,72 mg/l

leicht abbaubarer CSB in der homogen. Probe: CCSB,la,ZB = 104,14 mg/l

abfiltrierbare anorganische Stoffe: Xanorg,TS,ZB = 120,86 mg/l

Aufstockung des CSB durch externen Kohlenstoff: CCSB,dos = 0,00 mg/l

Dimensionierung der Belebung

Reaktionstemperatur: T = 12,00 °C

Prozessfaktor: PF = 1,60

Erforderliches aerobes Schlammalter:

$$t_{TS,aerob,Bem} = PF * 3,4 * 1,103^{(15-T)} = 7,30 \text{ d}$$

Temperaturfaktor FT:

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

Stickstoffbilanz		kg/d	mg/l
TKN (Zulauf)	CTKN,ZB	46,53	63,31
Nitrat-N (Zulauf)	SNO3,ZB	0,00	0,00
N-Inkorporation (Biomasse)	XorgN,BM	4,77	6,50
N-Einlagerung	XorgN,inert	4,11	5,60
Ammonium-N (Ablauf)	SNH4-N,AN	3,68	5,00
organisch-N (Ablauf)	CorgN,AN	1,47	2,00
Nitrat-N (Ablauf)	SNO3,AN	7,35	10,00
Zu denitrifizierendes Nitrat	SNO3,D	25,15	34,22

$$SNO3,D = CTKN,ZB - SorgN,AN - SNH4-N,AN - XorgN,BM - XorgN,inert - SNO3,AN \text{ [mg/l]}$$

Erforderliches Schlammalter - Simultane aerobe Schlammstabilisierung:

$$tTS = \frac{f_{B,Stab}}{b_{H,15C} * 1,072^{(T - 15)} * (1 - f_{B,Stab} - f_i)}$$

Zerfallskoeffizient 15°C: $b_{H,15C} = 0,17 \text{ 1/d}$

Inerter Anteil: $f_i = 0,00$

Anteil anorganischer Stoffe in der filtr. Probe: $f_{B,Stab} = 0,00$

Gesamtschlammalter: $tTS = 20,00 \text{ d}$

Trockensubstanzkonzentration: $TSBB = 3,78 \text{ kg/m}^3$

Geforderte Ablaufwerte

Nitrat-N im Ablauf: $10,00 \text{ mg/l}$

Ammonium-N im Ablauf: $5,00 \text{ mg/l}$

Organisch-N im Ablauf: $2,00 \text{ mg/l}$

Aerobes Schlammalter (maximal): $t_{TS,aerob,max} = 13,10 \text{ d}$

erforderliches Denitrifikationsverhältnis: $VD/VBB = 0,345$

Verhältnis Nitrifikationsvolumen zu Gesamtvolumen: $VN/V = 0,66$

Ergebnis der Bemessung

Überschussschlammproduktion aus Kohlenstoffelimination

$$X_{CSB,ÜS} = X_{CSB,inert,ZB} + X_{CSB,BM} + X_{CSB,inert,BM} \text{ [mg/l]}$$

$$X_{CSB,BM} = \frac{CCSB,abb,ZB * Y + CCSB,dos * Y_{CSB,dos}}{1 + b * tTS * FT} \text{ [mg/l]}$$

CSB der Biomasse: $X_{CSB,BM} = 92,79 \text{ mg/l}$

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

inertes Anteil des CSB in der Biomasse: $X_{CSB,inert,BM} = 51,22 \text{ mg/l}$

auf den Abwasserzufluss bezogene CSB-Konzentration des Überschussschlammes:
 $X_{CSB,ÜS} = 279,37 \text{ mg/l}$

Tägliche Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination:

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

$$\dot{U}_{Sd,C} = 244,66 \text{ kg/d}$$

$$\dot{U}_{Sd,P} = \frac{Q_{d,konz} * (3 * X_{PbioP} + 6,8 * X_{PFaellFe} + 5,3 * X_{PFaellAl})}{1000} \quad [kg/d]$$

$$\dot{U}_{Sd,P} = 24,52 \text{ kg/d}$$

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

$$\dot{U}_{Sd} = 269,18 \text{ kg/d}$$

Sauerstoffbedarf für den Kohlenstoffabbau:

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

$$OVC = 376,71 \text{ mg/l}$$

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

$$OVC_{,la,int} = CCSB_{,dos} * (1 - Y_{CSB,dos}) = 0,00 \quad mg/l$$

Gesamter Sauerstoffverbrauch in der Denitrifikationszone für intermittierende Denitrifikation:

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

$$OVC_{,D} = 97,47 \text{ mg/l}$$

Vergleich Sauerstoffzehrung zu Sauerstoffangebot:

$$x = \frac{OV_{c,D}}{2,86 * SNO_{3,D}} = 1,00$$

Schlammmasse: MTS = 5.383,53 kg

Erforderliches Volumen pro Becken: $V_{min} = 712,11 \text{ m}^3$

Erforderliches Gesamtvolumen: $V_{min} = 1.424,22 \text{ m}^3$

Gewählte Abmessungen des Belebungsbeckens

Erforderliches Volumen (pro Becken): $712,11 \text{ m}^3$

Breite: $b = 5,60 \text{ m}$

Länge: $l = 29,00 \text{ m}$

Wassertiefe: $WT = 4,50 \text{ m}$

Volumen (pro Becken): $V_{BB} = 730,80 \text{ m}^3$

Volumen (2 Becken): $1.461,60 \text{ m}^3$

Volumen (pro Einwohnergleichwert): $345,53 \text{ l/EW}$

Gesamtschlammalter: $t_{TS} = 20,00 \text{ d}$

Rücklaufverhältnis bei Trockenwetter: $RV(Q_t) = 1$

Trockenwetterzufluss: $Q_{td} = 735,00 \text{ m}^3/\text{d}$

Aufenthaltszeit

$$t_{Rmin} = \frac{V_{BB}}{Q_{td} * (1+RV)} = 0,99 \text{ d} = 23,86 \text{ h}$$

Nachweis

$$BR,CSB = \frac{253,80 \text{ kgCSB/d}}{730,80 \text{ m}^3} = 0,347 \text{ kg}/(\text{m}^3 * \text{d})$$

$$BR,BSB5 = \frac{126,90 \text{ kgBSB5/d}}{730,80 \text{ m}^3} = 0,174 \text{ kg}/(\text{m}^3 * \text{d})$$

$$BTS,CSB = \frac{0,347 \text{ kgCSB}/(\text{m}^3 * \text{d})}{3,78 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,092 \text{ kg}/(\text{kg} * \text{d})$$

$$BTS,BSB5 = \frac{0,174 \text{ kgBSB5}/(\text{m}^3 * \text{d})}{3,78 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,046 \text{ kg}/(\text{kg} * \text{d})$$

2.1.2 Säurekapazität

Säurekapazität im Zulauf:	KSo	=	8,00 mmol/l
Ammonium-N im Zulauf (0,50 * TKN):	NH4-No	=	31,66 mg/l
Ammonium-N im Ablauf:	NH4-Ne	=	5,00 mg/l
Nitrat-N im Ablauf:	NO3-Ne	=	10,00 mg/l
Eisenkonzentration:	Fe3	=	10,59 mg/l
Gefällter Phosphor:	Po-Pe	=	4,90 mg/l

$$KSe = KSo - [0,07*(NH4No - NH4Ne + NO3Ne) + 0,06*Fe3 + 0,04*Fe2 + 0,11*Al3 - 0,03*(Po-Pe)]$$

Theoretische Säurekapazität im Ablauf:	KSe	=	4,49 mmol/l
--	-----	---	-------------

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

2.1.3 Sauerstoffbedarf / Intermittierende 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
- Lastfall 5 = -----

Stickstoffbilanz

Lastfall	CTKN,ZB	SNO3,ZB	SNH4-N,AN	XorgN,BM	XorgN,inert,BM
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
0	63,31	0,00	5,00	6,50	5,60
1	63,31	0,00	5,00	4,36	5,78
2	63,31	0,00	5,00	3,90	5,82
3	63,31	0,00	5,00	4,36	5,78
4	63,31	0,00	5,00	5,32	5,70
5	---	---	---	---	---

Parameter Biologie

Erforderliches aerobes Schlammalter:

$$t_{TS,aerob} = PF * 3,4 * 1,103^{(15-T)} \quad [d]$$

Prozessfaktor:	PF
Reaktionstemperatur:	T [°C]

Denitrifikationsverhältnis

$$VD/VBB_{max} = 1 - t_{TS,aerob} / t_{TS}$$

SNO3,D1 : Zu denitrifizierendes Nitrat, Ablaufanforderungen

SNO3,D2 : denitrifiziertes Nitrat, aufgrund der gewählten Denitrifikationskapazität

SNO3,D3 : denitrifiziertes Nitrat, tatsächlich

VD/V2 : Denitrifikationsverhältnis, gewählt

$$SNO3,D1 = CTKN,ZB + SNO3,ZB - SorgN,AN - SNH4-N,AN - SNO3,AN - XorgN,BM \quad [mg/l]$$

$$SNO3,D2 = \text{Denitrifikationskapazität} * CCSB,ZB \quad [mg/l]$$

$$SNO3,D3 = CTKN,ZB + SNO3,ZB - SorgN,AN - SNH4-N,AN - SNO3,AN,tatsächlich - XorgN,BM \quad [mg/l]$$

Nitratkonzentration im Ablauf SNO3,AN, gewähltes Denitrifikationsverhältnis

$$SNO3,AN = CTKN,ZB - SorgN,AN - SNH4-N,AN - XorgN,BM - SNO3,D3$$

Lastfall	Belastung	TW	TSBB	üsd	tTS	PF	tTS,aerob	tTS,aerob2
	%	°C	kg/m ³	kg/dCSB	d		d	d
0	100,0	12,00	3,78	269,2	20,00	1,60	7,30	
1	80,0	15,00	3,78	204,4	27,03	1,60	5,44	17,73
2	100,0	20,00	3,78	252,5	21,88	1,60	3,33	14,36
3	80,0	15,00	3,78	204,4	27,03	1,60	5,44	17,73
4	100,0	15,00	3,78	261,6	21,12	1,60	5,44	13,82
5	---	---	---	---	---	---	---	---

Lastfall	VD/VBBmax	VD/V2	SNO3,Dist	SNO3,AN	x
	-	-	mg/l	mg/l	
0	0,345	0,345	34,22	10,00	1,00
1	0,799	0,344	36,20	9,97	1,00
2	0,848	0,344	36,63	9,97	1,00
3	0,799	0,344	36,20	9,97	1,00
4	0,742	0,345	35,47	9,83	1,00
5	---	---	---	---	---

Sauerstoffbedarf

Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination

$$OVC = CCSB,abb,ZB + CCSB,dos - XCSB,BM - XCSB,inert,BM \quad [mg/l]$$

$$Ovd,C = \frac{Qd,konz * OVC}{1000} \quad [kgO2/d]$$

$$XCSB,BM = \frac{(CCSB,abb,ZB * Y + CCSB,dos * YCSB,Dos)}{1 + b * t_{TS} * FT} \quad [mg/l]$$

$$XCSB,inert,BM = 0,2 * XCSB,BM * tTS * b * FT \quad [mg/l]$$

Sauerstoffverbrauch für die Nitrifikation

$$OVd,N = \frac{Qd * 4,3 * (SNO3,D - SNO3,ZB + SNO3,AN)}{1000} \quad [kgO2/d]$$

SNO3 Konzentration des Nitratstickstoffs mg/l
in der filtrierten Probe als N

Sauerstoffverbrauch für die Denitrifikation

$$OVd,D = \frac{Qd * 2,86 * SNO3,D}{1000} \quad [kgO2/d]$$

Sauerstoffbedarf für die verschiedenen Lastfälle OVh

$$OVh = \frac{(OVd,C - OVd,D) * fC + OVd,N * fN}{24} \quad [kgO2/h]$$

Für die Lastfälle 2 und 3 gilt:

Lastfall 2: fC, fN aus Tabelle 8, A131

Lastfall 3, minimaler Sauerstoffverbrauch

$$OVhmin = \frac{OVd,C}{(3,92 / (tTS * 1,072^{(TW-15)}) + 1,66) * 24} \quad [kgO2/h]$$

Lastfall 3, alternativ bei signifikantem Nachtzufluss

$$OVh = \frac{(OVd,C - OVd,D) * fC,min + OVd,N * fN,min}{24} \quad [kgO2/h]$$

Erhöhungsfaktor für intermittierende Belüftung:

$$f,int = \frac{1}{1 - VD/VBB}$$

Lastfall	XCSB,BM	XCSB,inert,BM	ÜSC	OVC,la	OVCD	OVC
	mg/l	mg/l	kg/d	mg/l	mg/l	mg/l
0	92,79	51,22	244,66	0,00	97,47	376,71

1	62,36	57,31	184,77	0,00	103,52	401,06
2	55,68	58,64	227,95	0,00	104,75	406,40
3	62,36	57,31	184,77	0,00	103,52	401,06
4	76,02	54,57	237,11	0,00	101,03	390,13
5	---	---	---	---	---	---

Lastfall	OVd,C	OVd,N	OVd,D	OVh	fC	fN	fint
	kgO2/d	kgO2/d	kgO2/d	kgO2/h			
0	276,88	139,75	71,93	14,36	1,00	1,00	1,53
1	235,82	116,72	60,87	12,15	1,00	1,00	1,52
2	298,71	147,26	76,99	20,53	1,12	1,66	1,52
3	235,82	116,72	60,87	15,31	1,10	1,50	1,52
3			OVhmin =	5,44			
4	286,75	143,14	74,55	18,67	1,10	1,50	1,53
5	---	---	---	---	---	---	---

Sauerstoffbedarf OVh, und notwendige Sauerstoffzufuhr SOTR

$$SOTR = \frac{f_d \cdot \beta_{St} \cdot c_{S,20} \cdot f_{St,ST}}{\alpha \cdot f_{S,\alpha} \cdot (f_d \cdot \beta_{\alpha} \cdot c_{S,T} \cdot (P_{atm}/1.013) - c_x) \cdot \Theta^{(TW-20)}} \cdot OVh \cdot f_{int} \quad [kgO_2/h]$$

- 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

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

Lastfall	tL	α	$c_{S,T}$	c_x	SOTR
	h/d		mg/l	mg/l	kgO2/h
0	15,72	0,85	10,78	1,50	30,40
1	15,74	0,85	10,09	1,50	25,80
2	15,75	0,65	9,10	1,50	57,01
3	15,74	0,85	10,09	1,50	32,51
4	15,71	0,65	10,09	1,50	51,93
5	---	---	---	---	---

Notwendige Luftmenge

$$Q_{L,N} = \frac{1000 * SOTR}{SSOTR * hD} \quad [mN3/h]$$

Umrechnung von Normbedingungen auf Ansaugbedingungen
 Atmosphärischer Druck

$$p_{atm} = \left(\frac{288 - 0,0065 * h_{geo}}{288} \right)^{5,255} * 1013,25 = 994,41 \text{ [hPa]}$$

Ansaugdruck

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

Sättigungsdampfdruck

$$p_s = 6,112 * \text{EXP}((17,62 * TL_1)/(243,12 + TL_1)) \quad [\text{hPa}]$$

Ansaugvolumenstrom Q1

$$Q_1 = \frac{(TN + TL_1) * p_N * Q_{L,N}}{TN * (p_{1,abs} - \varphi * p_s)} \quad [m^3/h]$$

Q1	Ansaugvolumenstrom	m ³ /h
TN	Normtemperatur	273,15 k
TL,1	Ansaugtemperatur, Standardwert	30°C
pN	Normluftdruck	1.013,25 hPa (1hPa = 1 mbar)
φ	relative Luftfeuchte	0,3

Lastfall	SSOTR	hD	QL,N
	gO2/(mN3*m)	m	mN3/h
0	18,00	4,20	402,11
1	18,00	4,20	341,32
2	18,00	4,20	754,17
3	18,00	4,20	430,09
4	18,00	4,20	686,92
5	---	---	---

Luftmenge für die Bemessung der Belüftungseinrichtung, Lastfall 2

Kapazität der gewählten Gebläse :

QL,N (pro Becken):	402,00	m3/h
QL,N (Gesamt: 2 Becken):	804,00	m3/h
Q1 (pro Becken):	476,36	m3/h
Q1 (Gesamt: 2 Becken):	952,71	m3/h

Gegendruck für die Auslegung der Gebläse Gebläseauswahl 1: 600,00 mbar

Berechnung für verschiedene Lastfälle gemäß DWA-A 131

		T-bem	V1	V2
Temperatur	°C	12,00	15,00	
Trockensubstanzkonzentration	kg/m ³	3,78	3,78	
TKN-Konzentration im Zulauf CTKN,ZB	mg/l	63,31	63,31	
Nitrat-N im Zulauf SNO3,ZB	mg/l	0,00	0,00	
Ammonium-N im Ablauf SNH4- N,AN	mg/l	5,00	5,00	
Organisch-N im Ablauf SorgN,AN	mg/l	2,00	2,00	
N-Inkorporation in der Biomasse XorgN,BM	mg/l	6,50	5,32	
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,D	mg/l	34,22	35,29	
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,Dist	mg/l	34,22	35,47	
Nitrat-N im Ablauf SNO3,AN	mg/l	10,00	9,83	
Gesamtschlammalter tTS	d	20,00	21,12	
Stoßfaktor fC		1,00	1,10	
Stoßfaktor fN		1,00	1,50	
VD/VBB max		0,345	0,742	
VD/VBB gewählt		0,345	0,345	
Belüftungszeit tL	h/d	15,72	15,71	
OVd,C	kgO2/d	276,88	286,75	
OVd,N	kgO2/d	139,75	143,14	
OVd,D	kgO2/d	71,93	74,55	
OVh	kgO2/h	14,36	18,67	
cx	mg/l	1,50	1,50	
α		0,85	0,65	
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO2/h	30,40	51,93	
QL	m ³ /h	402,11	686,92	

		aM	max	min
--	--	----	-----	-----

Temperatur	°C	15,00	20,00	15,00
Trockensubstanzkonzentration	kg/m ³	3,78	3,78	3,78
TKN-Konzentration im Zulauf CTKN,ZB	mg/l	63,31	63,31	63,31
Nitrat-N im Zulauf) SNO3,ZB	mg/l	0,00	0,00	0,00
Ammonium-N im Ablauf SNH4- N,AN	mg/l	5,00	5,00	5,00
Organisch-N im Ablauf SorgN,AN	mg/l	2,00	2,00	2,00
N-Inkorporation in der Biomasse XorgN,BM	mg/l	4,36	3,90	4,36
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,D	mg/l	36,17	36,59	36,17
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,Dist	mg/l	36,20	36,63	36,20
Nitrat-N im Ablauf SNO3,AN	mg/l	9,97	9,97	9,97
Gesamtschlammalter tTS	d	27,03	21,88	27,03
Stoßfaktor fC		1,00	1,12	1,10
Stoßfaktor fN		1,00	1,66	1,50
VD/VBB max		0,799	0,848	0,799
VD/VBB gewählt		0,344	0,344	0,344
Belüftungszeit tL	h/d	15,74	15,75	15,74
OVd,C	kgO2/d	235,82	298,71	235,82
OVd,N	kgO2/d	116,72	147,26	116,72
OVd,D	kgO2/d	60,87	76,99	60,87
OVh	kgO2/h	12,15	20,53	15,31
cx	mg/l	1,50	1,50	1,50
α		0,85	0,65	0,85
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO2/h	25,80	57,01	32,51
QL	m ³ /h	341,32	754,17	430,09

2.1.4 Technische Ausrüstung

Belebungsbecken

Belüftung

Verdichter: Drehkolbengebläse

Gebläse: Gebläseauswahl 1

Maschinendaten

Anzahl der Aggregate (pro Becken): 1,0 Stück

Anzahl der Aggregate (2 Becken): 2 Stück

Fördermenge je Aggregat pro Becken: 402,00 m³/h

Fördermenge gesamt pro Becken:	402,00 m ³ /h
Fördermenge gesamt (2 Becken):	804,00 m ³ /h
Nennleistung:	11,00 kW
Leistungsaufnahme:	9,50 kW
Gegendruck:	600,0 mbar
Belüftung: Streifenbelüfter	
Stündl. Luftmenge für die Auslegung der Streifenbelüfter:	402,00 m ³ /h
Maximale Belüfterbeaufschlagung:	45,00 Nm ³ /(m ² *h)
Notwendige Gesamtoberfläche:	8,93 m ²
Notwendige Gesamtoberfläche (2 Becken):	17,87 m ²
Anzahl Belüftergitter:	20 Stück
Anzahl Belüftergitter (2 Becken):	40 Stück
Anzahl Belüfterkerzen je Gitter:	1 Stück
Gasungsfläche, je Belüfter:	2,00 m ²
Effektive Gesamtfläche:	40,00 m ²
Effektive Gesamtfläche (2 Becken):	80,00 m ²

2.1.6 Phosphatelimination

Ermittlung der zu fällenden Phosphatfracht

		mg/l	kg/d
P-Konzentration Zulauf	CP,Z	10,36	7,61
P-Konzentration Zulauf Belebung	CP,ZB	10,36	7,61
Biologisch gebundener Phosphor	XP,BM	3,45	2,54
Biologische P-Elimination	XP,BioP	0,00	0,00
P-Konzentration (Ablauf)	CP,AN	2,00	1,47

Zu fällender Phosphor

$$XP, \text{Fäll} = CP, \text{ZB} - CP, \text{AN} - XP, \text{BM} - XP, \text{BioP} \quad [\text{mg/l}]$$

Zulaufende Fracht: 7,61 kg/d

In die Biomasse eingebauter Phosphor XP,BM:	0,005 kg/kg
Ablaufende P-Fracht (2,0 mg/l):	1,47 kg/d
Zu fällende P-Fracht (Auslegung):	3,60 kg/d

Erforderliche tägliche Fällmittelmenge

Fällmittel: FeCl3

Molverhältnis:	β	=	1,20 molFe/molP
Verhältnis der Molekulargewichte:	Fe/P	=	1,80
Notwendige Eisenmenge (Auslegung):	$PO_4\text{-P} * Fe/P * \beta$	=	7,78 kg/d

Tägliche Dosiermenge (40 % Eisenchloridlösung):		=	56,80 kg/d
Dichte der Lösung:	ρ	=	1,50 kg/l
Erforderliche Eisensalzmenge (Auslegung):		=	37,86 l/d

Überschussschlammanfall aufgrund der Phosphatelimination

Spezifischer Überschussschlammanfall:	$\ddot{u}s_P$	=	0,048 kgTS/kgCSB
Täglicher Überschussschlammanfall:		=	24,52 kg/d
Anteil der TS am Belebtschlamm:	TSp	=	3,71 kg/m ³

Gesamte Überschussschlammproduktion:

$$\ddot{U}S_d = \ddot{U}S_{d,C} + \ddot{U}S_{d,P} = 269,18 \text{ kg/d}$$

2.2 Horizontal durchströmtes Nachklärbecken

2.2.1 Baulicher Teil

Die Berechnung erfolgt nach Arbeitsblatt A131.

Abwasserzufluss	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Schmutzwasser Qh	367,80	45,90	12,75
Fremdwasser Qf	367,20	15,30	4,25
Trockenwetter Qt	735,00	61,20	17,00
Regenwetter Qm		107,10	29,75

Maximale Schlammvolumenbeschickung:	q_{SVmax}	=	500,0 l/(m ² *h)
Schlammvolumenindex:	ISV	=	100,0 ml/g

Rücklaufverhältnis:	RV	=	0,75
Eindickzeit:	tE	=	2,00 h
Räumfaktor:	fR	=	0,70
Vergleichsschlammvolumen:	VSV = TSBB * ISV	=	378,0 ml/l

$$TSBB = \frac{RV * TSRS}{1 + RV}$$

Trockensubstanzkonzentration:	TSBB	=	3,78 kg/m ³
TS-Konzentration an der Beckensohle:	TSBS	=	12,60 kg/m ³
TS-Konzentration im Rücklaufschlamm:	TSRS	=	8,82 kg/m ³

Berechnung der Oberfläche

Maximale Flächenbeschickung: qAmax

$$qA = \frac{qSV}{TSBB * ISV}$$

$$qA = \frac{500}{3,78 * 100}$$

qAmax = 1,32 m/h

Erforderliche Oberfläche:	ANB,theo	=	80,96 m ²
Erforderlicher Durchmesser Mittelbauwerk:	dMB	=	1,69 m
Erforderliche Gesamtoberfläche:	ANBmin	=	2,25 m ²
Erforderlicher Durchmesser:	DNBmin	=	10,29 m

Gewählte Abmessungen

Gewählter Durchmesser:	DNB	=	14,00 m
Gewählter Durchmesser Mittelbauwerk:	dMB	=	2,60 m
Gewählte Gesamtoberfläche:	ANBges	=	153,94 m ²
Gewählte Oberfläche Nachklärbecken:	ANB	=	148,63 m ²
Einlauftiefe:	he	=	2,87 m

Das Nachklärbecken kann als teilweise vertikal durchströmt betrachtet werden.

Einlauftiefe / Fließstrecke:		=	0,50
Maximale Schlammvolumenbeschickung (teilweise vertikal durchstroemt):		=	650,00 l/(m ² *h)
Tatsächliche Schlammvolumenbeschickung:	qSV	=	272 l/(m ² *h)
Tatsächliche Flächenbeschickung:	qA	=	0,72 m/h

Berechnung der Wassertiefe

Klarwasserzone:

$$h1 = \text{const.} = 0,50 \text{ m}$$

Übergangs- und Pufferzone:

$$h23 = qA \cdot (1+RV) \cdot [500/(1000-VSV) + VSV/1100] = 1,45 \text{ m}$$

Rücklaufverhältnis:

$$RV = 0,75$$

TS-Konzentration im Rücklaufschlamm:

$$TSRS = 8,82 \text{ kg/m}^3$$

TS-Konzentration an der Beckensohle:

$$TSBS = 12,60 \text{ kg/m}^3$$

Eindickzeit:

$$tE = 2,00 \text{ h}$$

Maximale TS-Konzentration im Belebungsbecken:

$$TSBB_{\text{max}} = 3,78 \text{ kg/m}^3$$

Eindickzone:

$$h4 = \frac{TSBB_{\text{max}} \cdot qA \cdot (1+RV) \cdot tE}{TSBS} = 0,76 \text{ m}$$

Erforderliche Gesamthöhe:

$$2,70 \text{ m}$$

Gewählte Gesamthöhe:

$$3,62 \text{ m}$$

Tatsächliche Höhe der Klarwasserzone:

$$1,42 \text{ m}$$

Neigung der Beckensohle:

$$3,8^\circ$$

Mindesttiefe am Beckenrand:

$$HR = 3,49 \text{ m}$$

Gesamthöhe am Mittelbauwerk:

$$HM = 3,87 \text{ m}$$

Volumen (ohne Einlaufdüker):

$$VNB = 546,44 \text{ m}^3$$

Nachweis der Aufenthaltszeit:

$$VNB/Q_m = 5,10 \text{ h}$$

2.2.2 Technische Ausrüstung

Nachklärbeckenzulauf

Durchmesser des Mittelbauwerkes:

$$2,60 \text{ m}$$

Einlauftiefe:

$$h_e = 2,87 \text{ m}$$

Fließgeschwindigkeit im Zulaufrohr:

$$1,00 \text{ m/s}$$

Durchflussmenge im Zulaufrohr:

$$Q_e = Q_m \cdot (1+RV) = 187,43 \text{ m}^3/\text{h}$$

Durchmesser Zulaufrohr:

$$257,46 \text{ mm}$$

In das Einlaufbauwerk eingetragene Leistung PE

Dichte des Belebtschlammes:

$$\rho_0 = 1.001,00 \text{ kg/m}^3$$

$$PE = 26,06 \text{ Nm/s}$$

Turbulente Scherbeanspruchung G

Volumen Einlaufbauwerk: VE = 15,25 m³
 Dynamische Viskosität des belebten Schlammes: η = 0,0013 Ns/m²
 G-Wert (40 - 80 1/s): $(PE / \mu / VE)^{0,5} = 36,25$ 1/s

Eingeleitete Energie FD

Höhe Einlaufspalt: hES = 165,00 m
 Umfang Mittelbauwerk: UMB = 8,17 m
 Fläche Einlaufspalt: AES = 1,35 m²
 Geschwindigkeit im Einlaufspalt: u = 3,86 m/s
 Froudezahl (ca. 1): $u / ((\rho_0 - \rho) / \rho * g * h)^{0,5} = 0,96$ 1/s

Rücklaufschlammstrom

Differenz Einlauf zur Trichterspitze: hRS = 1,00 m
 Rücklaufschlammstrom bei RV= 1: QRS = 107,10 m³/h
 Rücklaufschlammstrom: QRS = 80,33 m³/h
 Strömungsgeschwindigkeit unter dem MB: VRS = 0,27 cm/s

Ablaufrinne mit beidseitigem Überfall

Rinnenlänge bei 0,50 Meter Abstand von der Wand: Länge = 40,84 m
 Wehrbelastung (Trockenwetter): $(Qt / (2 * Länge)) = 0,75$ m³/(m*s)
 0,21 l/(m*s)
 Wehrbelastung (Regenwetter): $(Qm / (2 * L-Rinne)) = 1,31$ m³/(m*s)
 0,36 l/(m*s)

Ablaufrohr

Fließgeschwindigkeit: 1,0 m/s
 Durchmesser des Ablaufrohres: 195 mm

2.3 Rücklaufschlammumpwerk

Abwasserzufluss	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Schmutzwasser Qh	367,80	45,90	12,75
Fremdwasser Qf	367,20	15,30	4,25
Trockenwetter Qt	735,00	61,20	17,00
Regenwetter Qm		107,10	29,75

Bemessungswerte

Maximales Rücklaufverhältnis bei Regenwetter: 1,00
 Maximaler Rücklaufschlammförderstrom bei Regenwetter: 107,10 m³/h

Maximales Rücklaufverhältnis bei Trockenwetter:	1,31
Maximaler Rücklaufschlammstrom bei Trockenwetter:	80,33 m ³ /h

Förderaggregat: Kreiselpumpe

Maschinendaten

Anzahl der Aggregate:	2 Stück
Fördermenge je Aggregat:	124,00 m ³ /h
Fördermenge (gesamt):	248,00 m ³ /h
Nennleistung:	2,00 kW
Leistungsaufnahme:	1,40 kW
Förderhöhe:	1,5 m

2.4 Überschussschlamm

Täglicher Überschussschlammfall (Biologie):	27,74 m ³ /d
Täglicher Überschussschlammfall (Phosphatfällung):	2,78 m ³ /d
Täglicher Überschussschlammfall (gesamt):	30,52 m ³ /d
Feststoffkonzentration:	8,82 kg/m ³