

# **Klärtechnische Berechnung Kombibecken**

## **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
- Ringförmig um die Nachklärung angeordnete Belebung

## 2. Biologische Stufe

### 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

**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:

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

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

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

**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:  $VD/V_{BB} = 0,345$

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

**Ergebnis der Bemessung**

Überschussschlammproduktion aus Kohlenstoffelimination

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

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

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

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

inerter 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:

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

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

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

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

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

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

Sauerstoffbedarf für den Kohlenstoffabbau:

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

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

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

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

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:

$$x = \frac{OVC,D}{2,86 * S_{NO3,D}} = 1,00$$

Schlammmasse:

$$MTS = 5.383,53 \text{ kg}$$

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

**Gewählte Abmessungen des Belebungsbeckens**

Außendurchmesser:  $DBBa = 21,10 \text{ m}$

Innendurchmesser:  $DBBi = 11,80 \text{ m}$

Wassertiefe:  $WT = 6,01 \text{ m}$

Volumen:  $V_{BB} = 1.443,80 \text{ m}^3$

Volumen (pro Einwohnergleichwert):  $341,32 \text{ l/EW}$

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**

$$t_{Rmin} = \frac{V_{BB}}{Q_{td} \cdot (1+RV)} = 0,98 \text{ d} = 23,57 \text{ h}$$

**Nachweis**

$$BR,CSB = \frac{507,60 \text{ kgCSB/d}}{1443,80 \text{ m}^3} = 0,352 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

$$BR,BSB5 = \frac{253,80 \text{ kgBSB5/d}}{1443,80 \text{ m}^3} = 0,176 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

$$BTS,CSB = \frac{0,352 \text{ kgCSB}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})}{3,78 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,093 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

$$BTS,BSB5 = \frac{0,176 \text{ kgBSB5}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})}{3,78 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,047 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

**2.1.2 Säurekapazität**

Säurekapazität im Zulauf:  $K_{So} = 8,00 \text{ mmol/l}$

Ammonium-N im Zulauf (  $0,50 \cdot \text{TKN}$  ):  $NH_4\text{-No} = 31,66 \text{ mg/l}$

Ammonium-N im Ablauf:  $NH_4\text{-Ne} = 5,00 \text{ mg/l}$

Nitrat-N im Ablauf:  $NO_3\text{-Ne} = 10,00 \text{ mg/l}$

Eisenkonzentration:  $Fe_3 = 10,59 \text{ mg/l}$

Gefällter Phosphor:  $Po\text{-Pe} = 4,90 \text{ mg/l}$

$$K_{Se} = K_{So} - [0,07 \cdot (NH_4N_o - NH_4N_e + NO_3N_e) + 0,06 \cdot Fe_3 + 0,04 \cdot Fe_2 + 0,11 \cdot Al_3 - 0,03 \cdot (Po - Pe)]$$

Theoretische Säurekapazität im Ablauf:  $K_{Se} = 4,49 \text{ mmol/l}$

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 mg/l	SNO <sub>3</sub> ,ZB mg/l	SNH <sub>4</sub> -N,AN mg/l	XorgN,BM mg/l	XorgN,inert,BM mg/l
0	63,31	0,00	5,00	6,50	5,60
1	63,31	0,00	5,00	4,41	5,78
2	63,31	0,00	5,00	3,94	5,82
3	63,31	0,00	5,00	4,41	5,78
4	63,31	0,00	5,00	5,38	5,69
5	---	---	---	---	---

#### Parameter Biologie

Erforderliches aerobes Schlammalter:

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

Prozessfaktor:

PF

Reaktionstemperatur:

T [°C]

Denitrifikationsverhältnis

$$VD/V_{BBmax} = 1 - t_{TS,aerob} / t_{TS}$$

SNO<sub>3</sub>,D1 : Zu denitrifizierendes Nitrat, Ablaufanforderungen

SNO<sub>3</sub>,D2 : denitrifiziertes Nitrat, aufgrund der gewählten Denitrifikationskapazität

SNO<sub>3</sub>,D3 : denitrifiziertes Nitrat, tatsächlich

VD/V<sub>2</sub> : Denitrifikationsverhältnis, gewählt



$$\begin{aligned} \text{SNO3,D1} &= \text{CTKN,ZB} + \text{SNO3,ZB} - \text{SorgN,AN} - \text{SNH4-N,AN} - \text{SNO3,AN} - \text{XorgN,BM} && [\text{mg/l}] \\ \text{SNO3,D2} &= \text{Denitrifikationskapazität} * \text{CCSB,ZB} && [\text{mg/l}] \\ \text{SNO3,D3} &= \text{CTKN,ZB} + \text{SNO3,ZB} - \text{SorgN,AN} - \text{SNH4-N,AN} - \text{SNO3,AN,tatsächlich} - \text{XorgN,BM} && [\text{mg/l}] \end{aligned}$$

Nitratkonzentration im Ablauf SNO3,AN, gewähltes Denitrifikationsverhältnis

$$\text{SNO3,AN} = \text{CTKN,ZB} - \text{SorgN,AN} - \text{SNH4-N,AN} - \text{XorgN,BM} - \text{SNO3,D3}$$

Lastfall	Belastung	TW	TSBB	üsd	tTS	PF	tTS,aerob	tTS,aerob2
	%	°C	kg/m <sup>3</sup>	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	204,6	26,67	1,60	5,44	17,49
2	100,0	20,00	3,78	252,8	21,59	1,60	3,33	14,17
3	80,0	15,00	3,78	204,6	26,67	1,60	5,44	17,49
4	100,0	15,00	3,78	262,0	20,83	1,60	5,44	13,64
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	0,796	0,344	36,15	9,97	1,00
2	0,846	0,344	36,58	9,97	1,00
3	0,796	0,344	36,15	9,97	1,00
4	0,739	0,345	35,41	9,83	1,00
5	---	---	---	---	---

### Sauerstoffbedarf

#### Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination

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

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

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

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

#### 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 mg/l	XCSB,inert,BM mg/l	ÜSC kg/d	OVC,la mg/l	OVCD mg/l	OVC mg/l
0	92,79	51,22	244,66	0,00	97,47	376,71
1	63,05	57,17	185,02	0,00	103,38	400,51
2	56,31	58,52	228,23	0,00	104,62	405,90
3	63,05	57,17	185,02	0,00	103,38	400,51
4	76,83	54,41	237,47	0,00	100,86	389,48
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	235,50	116,61	60,79	12,14	1,00	1,00	1,52
2	298,34	147,13	76,90	20,57	1,12	1,67	1,52
3	235,50	116,61	60,79	15,30	1,10	1,50	1,52
3			OVhmin =	5,43			
4	286,27	142,98	74,43	18,65	1,10	1,50	1,53
5	---	---	---	---	---	---	---

Sauerstoffbedarf OVh, und notwendige Sauerstoffzufuhr SOTR

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

- $\beta_{St}$  Salzfaktor Sauerstoffsättigungswert in Reinwasser
- $\beta_{\alpha}$  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]
- $\Theta$  Temperaturfaktor, 1,024

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

Lastfall	tL	$\alpha$	$c_{S,T}$	$c_x$	SOTR
	h/d		mg/l	mg/l	kgO2/h
0	15,72	0,85	10,78	1,50	30,17
1	15,74	0,85	10,09	1,50	25,56
2	15,75	0,65	9,10	1,50	56,60
3	15,74	0,85	10,09	1,50	32,21
4	15,71	0,65	10,09	1,50	51,43
5	---	---	---	---	---

**Notwendige Luftmenge**

$$Q_{L,N} = \frac{1000 \cdot SOTR}{SSOTR \cdot hD} \quad [mN_3/h]$$

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

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

Ansaugvolumenstrom Q1

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

Q1	Ansaugvolumenstrom	m <sup>3</sup> /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	5,71	293,63
1	18,00	5,71	248,79
2	18,00	5,71	550,88
3	18,00	5,71	313,50
4	18,00	5,71	500,60
5	---	---	---

Luftmenge für die Bemessung der Belüftungseinrichtung, Lastfall 2

Kapazität der gewählten Gebläse :

QL,N (pro Becken):	591,60	m <sup>3</sup> /h
QL,N (Gesamt: 1 Becken):	591,60	m <sup>3</sup> /h
Q1 (pro Becken):	701,02	m <sup>3</sup> /h
Q1 (Gesamt: 1 Becken):	701,02	m <sup>3</sup> /h

Gegendruck für die Auslegung der Gebläse Gebläseauswahl 1: 800,00 mbar

**Berechnung für verschiedene Lastfälle gemäß DWA-A 131**

		T-bem	V1	V2
Temperatur	°C	12,00	15,00	
Trockensubstanzkonzentration	kg/m <sup>3</sup>	3,78	3,78	
TKN-Konzentration im Zulauf CTKN,ZB	mg/l	63,31	63,31	
Nitrat-N im Zulauf SNO <sub>3</sub> ,ZB	mg/l	0,00	0,00	
Ammonium-N im Ablauf SNH <sub>4</sub> - 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	5,38	
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO <sub>3</sub> ,D	mg/l	34,22	35,24	
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO <sub>3</sub> ,Dist	mg/l	34,22	35,41	
Nitrat-N im Ablauf SNO <sub>3</sub> ,AN	mg/l	10,00	9,83	
Gesamtschlammalter tTS	d	20,00	20,83	
Stoßfaktor fC		1,00	1,10	
Stoßfaktor fN		1,00	1,50	
VD/VBB max		0,345	0,739	
VD/VBB gewählt		0,345	0,345	
Belüftungszeit tL	h/d	15,72	15,71	
OVd,C	kgO <sub>2</sub> /d	276,88	286,27	
OVd,N	kgO <sub>2</sub> /d	139,75	142,98	
OVd,D	kgO <sub>2</sub> /d	71,93	74,43	
OVh	kgO <sub>2</sub> /h	14,36	18,65	
cx	mg/l	1,50	1,50	
α		0,85	0,65	
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO <sub>2</sub> /h	30,17	51,43	
QL	m <sup>3</sup> /h	293,63	500,60	

		aM	max	min
Temperatur	°C	15,00	20,00	15,00
Trockensubstanzkonzentration	kg/m <sup>3</sup>	3,78	3,78	3,78
TKN-Konzentration im Zulauf CTKN,ZB	mg/l	63,31	63,31	63,31
Nitrat-N im Zulauf) SNO <sub>3</sub> ,ZB	mg/l	0,00	0,00	0,00
Ammonium-N im Ablauf SNH <sub>4</sub> - 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	4,41	3,94	4,41
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,D	mg/l	36,12	36,55	36,12
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,Dist	mg/l	36,15	36,58	36,15
Nitrat-N im Ablauf SNO3,AN	mg/l	9,97	9,97	9,97
Gesamtschlammalter tTS	d	26,67	21,59	26,67
Stoßfaktor fC		1,00	1,12	1,10
Stoßfaktor fN		1,00	1,67	1,50
VD/VBB max		0,796	0,846	0,796
VD/VBB gewählt		0,344	0,344	0,344
Belüftungszeit tL	h/d	15,74	15,75	15,74
OVd,C	kgO2/d	235,50	298,34	235,50
OVd,N	kgO2/d	116,61	147,13	116,61
OVd,D	kgO2/d	60,79	76,90	60,79
OVh	kgO2/h	12,14	20,57	15,30
cx	mg/l	1,50	1,50	1,50
α		0,85	0,65	0,85
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO2/h	25,56	56,60	32,21
QL	m <sup>3</sup> /h	248,79	550,88	313,50

### 2.1.4 Technische Ausrüstung

#### Belebungsbecken

#### Belüftung

#### Verdichter: Drehkolbengebläse

#### Gebläse: Gebläseauswahl 1

#### Maschinendaten

Anzahl der Aggregate:	2 Stück
Fördermenge je Aggregat pro Becken:	295,80 m <sup>3</sup> /h
Fördermenge gesamt pro Becken:	591,60 m <sup>3</sup> /h
Fördermenge gesamt (1 Becken):	591,60 m <sup>3</sup> /h

Nennleistung:	11,00 kW
Leistungsaufnahme:	9,40 kW
Gegendruck:	800,0 mbar

Belüftung: Streifenbelüfter	
Maximale Belüfterbeaufschlagung:	45,00 Nm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *h)
Notwendige Gesamtoberfläche:	13,15 m <sup>2</sup>

Anzahl Belüftergitter:	24 Stück
Anzahl Belüfterkerzen je Gitter:	1 Stück
Gasungsfläche, je Belüfter:	2,00 m <sup>2</sup>
Effektive Gesamtfläche:	48,00 m <sup>2</sup>

### 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

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

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: FeCl<sub>3</sub>

Molverhältnis:	$\beta$	=	1,20 molFe/molP
Verhältnis der Molekulargewichte:	Fe/P	=	1,80
Notwendige Eisenmenge (Auslegung):	$PO_4-P * Fe/P * \beta$	=	7,78 kg/d
Tägliche Dosiermenge (40 % Eisenchloridlösung):			56,80 kg/d
Dichte der Lösung:	$\rho$	=	1,50 kg/l
Erforderliche Eisensalzmenge (Auslegung):			37,86 l/d





Maximale Flächenbeschickung:  $q_{Amax}$

$$q_A = \frac{q_{SV}}{TSBB * ISV}$$

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

$$q_{Amax} = 1,32 \text{ m/h}$$

Erforderliche Oberfläche:  $ANB_{theo} = 80,96 \text{ m}^2$

Erforderlicher Durchmesser Mittelbauwerk:  $d_{MB} = 1,69 \text{ m}$

Erforderliche Gesamtoberfläche:  $ANB_{min} = 2,25 \text{ m}^2$

Erforderlicher Durchmesser:  $DNB_{min} = 10,29 \text{ m}$

### Gewählte Abmessungen

Gewählter Durchmesser:  $DNB = 11,00 \text{ m}$

Gewählter Durchmesser Mittelbauwerk:  $d_{MB} = 2,70 \text{ m}$

Gewählte Gesamtoberfläche:  $ANB_{ges} = 95,03 \text{ m}^2$

Gewählte Oberfläche Nachklärbecken:  $ANB = 89,31 \text{ m}^2$

Einlauftiefe:  $h_e = 4,98 \text{ m}$

Das Nachklärbecken kann als teilweise vertikal durchströmt betrachtet werden.

Einlauftiefe / Fließstrecke:  $1,20$

Maximale Schlammvolumenbeschickung (teilweise vertikal durchstroemt):  $650,00 \text{ l}/(\text{m}^2 * \text{h})$

Tatsächliche Schlammvolumenbeschickung:  $q_{SV} = 453 \text{ l}/(\text{m}^2 * \text{h})$

Tatsächliche Flächenbeschickung:  $q_A = 1,20 \text{ m/h}$

### Berechnung der Wassertiefe

Klarwasserzone:

$$h_1 = \text{const.} = 0,50 \text{ m}$$

Übergangs- und Pufferzone:

$$h_{23} = q_A * (1 + RV) * [500 / (1000 - VSV) + VSV / 1100] = 2,41 \text{ m}$$

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:  $t_E = 2,00 \text{ h}$

Maximale TS-Konzentration im Belebungsbecken:  $TSBB_{max} = 3,78 \text{ kg/m}^3$

Eindickzone:

$$h_4 = \frac{TSBB_{max} \cdot q_A \cdot (1+RV) \cdot t_E}{TSBS} = 1,26 \quad m$$

Erforderliche Gesamthöhe: 4,17 m

Gewählte Gesamthöhe: 5,80 m

Tatsächliche Höhe der Klarwasserzone: 2,13 m

Neigung der Beckensohle: 3,8 °

Mindesttiefe am Beckenrand: HR = 5,71 m

Gesamthöhe am Mittelbauwerk: HM = 5,98 m

Volumen (ohne Einlaufdüker): VNB = 525,50 m<sup>3</sup>

Nachweis der Aufenthaltszeit: VNB/Qm = 4,91 h

### 2.2.2 Technische Ausrüstung

#### Nachklärbeckenlauf

Durchmesser des Mittelbauwerkes: 2,70 m

Einlauftiefe: he = 4,98 m

Fließgeschwindigkeit im Zulaufrohr: 1,00 m/s

Durchflussmenge im Zulaufrohr: Qe = Qm \* (1+RV) = 187,43 m<sup>3</sup>/h

Durchmesser Zulaufrohr: 257,46 mm

#### In das Einlaufbauwerk eingetragene Leistung PE

Dichte des Belebtschlammes: ρ0 = 1.001,00 kg/m<sup>3</sup>

PE = 26,06 Nm/s

#### Turbulente Scherbeanspruchung G

Volumen Einlaufbauwerk: VE = 28,53 m<sup>3</sup>

Dynamische Viskosität des belebten Schlammes: η = 0,0013 Ns/m<sup>2</sup>

G-Wert (40 - 80 1/s): (PE / μ / VE )<sup>0,5</sup> = 26,50 1/s

#### Eingeleitete Energie FD

Höhe Einlaufspalt: hES = 160,00 m

Umfang Mittelbauwerk: UMB = 8,48 m

Fläche Einlaufspalt: AES = 1,36 m<sup>2</sup>

Geschwindigkeit im Einlaufspalt: u = 3,84 m/s

Froudezahl (ca. 1): u / ( (ρ0 - ρ) / ρ \* g \* h )<sup>0,5</sup> = 0,97 1/s

#### Rücklaufschlammstrom

Differenz Einlauf zur Trichterspitze: hRS = 1,00 m

Rücklaufschlammstrom bei RV= 1: QRS = 107,10 m<sup>3</sup>/h

Rücklaufschlammstrom: QRS = 80,33 m<sup>3</sup>/h

Strömungsgeschwindigkeit unter dem MB: VRS = 0,26 cm/s

**Ablaufrinne mit einseitigem Überfall**

Rinnenlänge bei 0,50 Meter Abstand von der Wand: Länge = 31,42 m  
 Wehrbelastung (Trockenwetter):  $(Q_t / (1 * \text{Länge})) = 1,95 \text{ m}^3 / (\text{m} * \text{h})$   
 0,54 l/(m\*s)  
 Wehrbelastung (Regenwetter):  $(Q_m / (1 * L\text{-Rinne})) = 3,41 \text{ m}^3 / (\text{m} * \text{h})$   
 0,95 l/(m\*s)

**Ablaufrohr**

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

**2.3 Rücklaufschlammumpwerk**

Abwasserzufluss			
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /h	l/s
Schmutzwasser Q <sub>h</sub>	367,80	45,90	12,75
Fremdwasser Q <sub>f</sub>	367,20	15,30	4,25
Trockenwetter Q <sub>t</sub>	735,00	61,20	17,00
Regenwetter Q <sub>m</sub>		107,10	29,75

**Bemessungswerte**

Maximales Rücklaufverhältnis bei Regenwetter: 1,00  
 Maximaler Rücklaufschlammförderstrom bei Regenwetter: 107,10 m<sup>3</sup>/h  
 Maximales Rücklaufverhältnis bei Trockenwetter: 1,31  
 Maximaler Rücklaufschlammstrom bei Trockenwetter: 80,33 m<sup>3</sup>/h

**Förderaggregat: Kreiselpumpe**

**Maschinendaten**

Anzahl der Aggregate: 1 Stück  
 Fördermenge je Aggregat: 124,00 m<sup>3</sup>/h  
 Nennleistung: 2,00 kW  
 Leistungsaufnahme: 1,40 kW  
 Förderhöhe: 1,5 m

**2.4 Überschussschlamm**

Täglicher Überschussschlammfall (Biologie): 27,74 m<sup>3</sup>/d  
 Täglicher Überschussschlammfall (Phosphatfällung): 2,78 m<sup>3</sup>/d

Täglicher Überschussschlammanfall (gesamt):

30,52 m<sup>3</sup>/d

Feststoffkonzentration:

8,82 kg/m<sup>3</sup>