

**Klärtechnische Berechnung  
Sanierung best. BB  
und Neubau von 1 BB**

**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
- Neues separates Belebungsbecken
- Ein vorhandenes Belebungsbecken wird bei der Auslegung berücksichtigt

## 2. Biologische Stufe

Ein vorhandenes Belebungsbecken wird bei der Auslegung berücksichtigt

### 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: 118,6 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 <sub>H,15C</sub> =	0,17 1/d
Inerter Anteil:	f <sub>i</sub> =	0,00
Anteil anorganischer Stoffe in der filtr. Probe:	f <sub>B,Stab</sub> =	0,00

Gesamtschlammalter:	t <sub>TS</sub> =	20,00 d
Trockensubstanzkonzentration:	TSBB =	3,78 kg/m <sup>3</sup>

**Geforderte Ablaufwerte**

Nitrat-N im Ablauf:	10,00 mg/l
Ammonium-N im Ablauf:	5,00 mg/l
Organisch-N im Ablauf:	2,00 mg/l

Aerobes Schlammalter (maximal):	t <sub>TS,aerob,max</sub> =	13,10 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 <sub>CSB,BM</sub> =	92,79 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 Gesamtvolumen: Vmin = 332,77 m<sup>3</sup>

### Gewählte Abmessungen des Belebungsbeckens

Breite: b = 5,60 m

Länge: l = 12,00 m

Wassertiefe: WT = 5,12 m

Volumen: VBB = 344,06 m<sup>3</sup>

Volumen (pro Einwohnergleichwert): +unendlich l/EW

Gesamtschlammalter: tTS = 20,00 d

Rücklaufverhältnis bei Trockenwetter: RV(Qt) = 1

Trockenwetterzufluss: Qtd = 735,00 m<sup>3</sup>/d

### Aufenthaltszeit

$$tR_{min} = \frac{VBB}{Qtd * (1+RV)} = 0,23 \text{ d} = 5,62 \text{ h}$$

### Nachweis

$$BR,CSB = \frac{118,60 \text{ kgCSB/d}}{344,06 \text{ m}^3} = 0,345 \text{ kg}/(\text{m}^3 * \text{d})$$

$$BR,BSB5 = \frac{59,30 \text{ kgBSB5/d}}{344,06 \text{ m}^3} = 0,172 \text{ kg}/(\text{m}^3 * \text{d})$$

$$BTS,CSB = \frac{0,345 \text{ kgCSB}/(\text{m}^3 * \text{d})}{3,78 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,091 \text{ kg}/(\text{kg} * \text{d})$$

$$BTS,BSB5 = \frac{0,172 \text{ kgBSB5}/(\text{m}^3 * \text{d})}{3,78 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,046 \text{ kg}/(\text{kg} * \text{d})$$

### 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	=	4,50 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	SNO3,ZB mg/l	SNH4-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	4,44	5,77
2	63,31	0,00	5,00	3,96	5,81
3	63,31	0,00	5,00	4,44	5,77
4	63,31	0,00	5,00	5,41	5,69
5	---	---	---	---	---

#### Parameter Biologie

Erforderliches aerobes Schlammalter:

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

Prozessfaktor:

PF

Reaktionstemperatur:

T [°C]

Denitrifikationsverhältnis

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

SNO3,D1 : Zu denitrifizierendes Nitrat, Ablaufanforderungen



SNO3,D2 : denitrifiziertes Nitrat, aufgrund der gewählten Denitrifikationskapazität

SNO3,D3 : denitrifiziertes Nitrat, tatsächlich

VD/V2 : Denitrifikationsverhältnis, gewählt

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

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	204,8	26,49	1,60	5,44	17,37
2	100,0	20,00	3,78	252,9	21,45	1,60	3,33	14,07
3	80,0	15,00	3,78	204,8	26,49	1,60	5,44	17,37
4	100,0	15,00	3,78	262,2	20,69	1,60	5,44	13,54
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	0,795	0,344	36,13	9,97	1,00
2	0,845	0,344	36,57	9,96	1,00
3	0,795	0,344	36,13	9,97	1,00
4	0,737	0,345	35,39	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	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	63,40	57,10	185,14	0,00	103,34	400,23
2	56,62	58,45	228,38	0,00	104,59	405,65
3	63,40	57,10	185,14	0,00	103,34	400,23

4	77,24	54,33	237,66	0,00	100,81	389,15
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	235,33	116,56	60,76	12,13	1,00	1,00	1,53
2	298,15	147,07	76,87	20,62	1,12	1,68	1,52
3	235,33	116,56	60,76	15,29	1,10	1,50	1,53
3			OVhmin =	5,42			
4	286,03	142,89	74,39	18,63	1,10	1,50	1,53
5	---	---	---	---	---	---	---

Sauerstoffbedarf OVh, und notwendige Sauerstoffzufuhr SOTR

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

- $\beta_{St}$                    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	30,30
1	15,74	0,85	10,09	1,50	25,67
2	15,75	0,65	9,10	1,50	57,05
3	15,74	0,85	10,09	1,50	32,35
4	15,71	0,65	10,09	1,50	51,64
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

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

Ansaugvolumenstrom Q1

$$Q_1 = \frac{(TN + TL_1) * p_N * Q_{L,N}}{TN * (p_{1,abs} - \varphi * p_s)} \quad [m3/h]$$

Q1	Ansaugvolumenstrom	m3/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	4,82	349,26
1	18,00	4,82	295,87
2	18,00	4,82	657,52
3	18,00	4,82	372,83
4	18,00	4,82	595,26
5	---	---	---

Luftmenge für die Bemessung der Belüftungseinrichtung, Lastfall 2

Kapazität der gewählten Gebläse :

QL,N (pro Becken):	188,79	m3/h
QL,N (Gesamt: 1 Becken):	188,79	m3/h
Q1 (pro Becken):	223,71	m3/h

Q1 (Gesamt: 1 Becken):

223,71 m<sup>3</sup>/h

Gegendruck für die Auslegung der Gebläse Gebläseauswahl 1:

650,00 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	5,41	
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO <sub>3</sub> ,D	mg/l	34,22	35,21	
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO <sub>3</sub> ,Dist	mg/l	34,22	35,39	
Nitrat-N im Ablauf SNO <sub>3</sub> ,AN	mg/l	10,00	9,83	
Gesamtschlammalter tTS	d	20,00	20,69	
Stoßfaktor fC		1,00	1,10	
Stoßfaktor fN		1,00	1,50	
VD/VBB max		0,345	0,737	
VD/VBB gewählt		0,345	0,345	
Belüftungszeit tL	h/d	15,72	15,71	
OVd,C	kgO <sub>2</sub> /d	276,88	286,03	
OVd,N	kgO <sub>2</sub> /d	139,75	142,89	
OVd,D	kgO <sub>2</sub> /d	71,93	74,39	
OVh	kgO <sub>2</sub> /h	14,36	18,63	
cx	mg/l	1,50	1,50	
α		0,85	0,65	
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO <sub>2</sub> /h	30,30	51,64	
QL	m <sup>3</sup> /h	349,26	595,26	

		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) 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	4,44	3,96	4,44
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,D	mg/l	36,10	36,53	36,10
Zu denitrifizierendes Nitrat SNO3,Dist	mg/l	36,13	36,57	36,13
Nitrat-N im Ablauf SNO3,AN	mg/l	9,97	9,96	9,97
Gesamtschlammalter tTS	d	26,49	21,45	26,49
Stoßfaktor fC		1,00	1,12	1,10
Stoßfaktor fN		1,00	1,68	1,50
VD/VBB max		0,795	0,845	0,795
VD/VBB gewählt		0,344	0,344	0,344
Belüftungszeit tL	h/d	15,74	15,75	15,74
OVd,C	kgO2/d	235,33	298,15	235,33
OVd,N	kgO2/d	116,56	147,07	116,56
OVd,D	kgO2/d	60,76	76,87	60,76
OVh	kgO2/h	12,13	20,62	15,29
cx	mg/l	1,50	1,50	1,50
α		0,85	0,65	0,85
Sauerstoffzufuhr SOTR	kgO2/h	25,67	57,05	32,35
QL	m³/h	295,87	657,52	372,83

### 2.1.4 Technische Ausrüstung

#### Belebungsbecken

#### Belüftung

#### Verdichter: Drehkolbengebläse

#### Gebläse: Gebläseauswahl 1

#### Maschinendaten

Anzahl der Aggregate:	2 Stück
Fördermenge je Aggregat pro Becken:	404,00 m³/h
Fördermenge gesamt pro Becken:	188,79 m³/h
Fördermenge gesamt (1 Becken):	188,79 m³/h
Nennleistung:	11,00 kW
Leistungsaufnahme:	10,00 kW
Gegendruck:	650,0 mbar

Belüftung: Streifenbelüfter	
Stündl. Luftmenge für die Auslegung der Streifenbelüfter:	188,79 m <sup>3</sup> /h
Maximale Belüfterbeaufschlagung:	45,00 Nm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *h)
Notwendige Gesamtoberfläche:	4,20 m <sup>2</sup>
Anzahl Belüftergitter:	7 Stück
Anzahl Belüfterkerzen je Gitter:	1 Stück
Gasungsfläche, je Belüfter:	2,00 m <sup>2</sup>
Effektive Gesamtfläche:	14,00 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):  $PO_4\text{-P} * Fe/P * \beta = 7,78 \text{ kg/d}$

Tägliche Dosiermenge (40 % Eisenchloridlösung): 56,80 kg/d

Dichte der Lösung:  $\rho = 1,50 \text{ kg/l}$

Erforderliche Eisensalzmenge (Auslegung): 37,86 l/d

**Überschussschlammanfall aufgrund der Phosphatelimination**

Spezifischer Überschussschlammanfall:  $\ddot{u}sP = 0,048 \text{ kgTS/kgCSB}$

Täglicher Überschussschlammanfall: 24,52 kg/d

Anteil der TS am Belebtschlamm:  $TSp = 3,71 \text{ kg/m}^3$

Gesamte Überschussschlammproduktion:

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

**2.2 Horizontal durchströmtes Nachklärbecken**

**2.2.1 Baulicher Teil**

Die Berechnung erfolgt nach Arbeitsblatt A131.

Abwasserzufluss			
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /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:  $qSV_{max} = 500,0 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

Schlammvolumenindex:  $ISV = 100,0 \text{ ml/g}$

Rücklaufverhältnis:  $RV = 0,75$

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

Räumfaktor:  $fR = 0,70$

Vergleichsschlammvolumen:  $VSV = TSBB * ISV = 378,0 \text{ ml/l}$

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

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



TS-Konzentration an der Beckensohle:	TSBS	=	12,60 kg/m <sup>3</sup>
TS-Konzentration im Rücklaufschlamm:	TSRS	=	8,82 kg/m <sup>3</sup>

**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 <sup>2</sup>
Erforderlicher Durchmesser Mittelbauwerk:	dMB	=	1,69 m
Erforderliche Gesamtoberfläche:	ANBmin	=	2,25 m <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
Gewählte Oberfläche Nachklärbecken:	ANB	=	148,63 m <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup> *h)
Tatsächliche Schlammvolumenbeschickung:	qSV	=	272 l/(m <sup>2</sup> *h)
Tatsächliche Flächenbeschickung:	qA	=	0,72 m/h

**Berechnung der Wassertiefe**

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

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

Rücklaufverhältnis: RV = 0,75

TS-Konzentration im Rücklaufschlamm:	TSRS =	8,82 kg/m <sup>3</sup>
TS-Konzentration an der Beckensohle:	TSBS =	12,60 kg/m <sup>3</sup>
Eindickzeit:	tE =	2,00 h
Maximale TS-Konzentration im Belebungsbecken:	TSBBmax=	3,78 kg/m <sup>3</sup>

Eindickzone:

$$h_4 = \frac{TSBB_{max} \cdot q_A \cdot (1+RV) \cdot t_E}{TSBS} = 0,76 \quad m$$

Erforderliche Gesamthöhe:	2,70 m
Gewählte Gesamthöhe:	3,62 m
Tatsächliche Höhe der Klarwasserzone:	1,42 m
Neigung der Beckensohle:	3,8 °
Mindesttiefe am Beckenrand:	HR = 3,49 m
Gesamthöhe am Mittelbauwerk:	HM = 3,87 m

Volumen (ohne Einlaufdüker):	VNB = 546,44 m <sup>3</sup>
Nachweis der Aufenthaltszeit:	VNB/Qm = 5,10 h

### 2.2.2 Technische Ausrüstung

#### Nachklärbeckenlauf

Durchmesser des Mittelbauwerkes:	2,60 m
Einlauftiefe:	he = 2,87 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 = 15,25 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> = 36,25 1/s

#### Eingeleitete Energie FD

Höhe Einlaufspalt:	hES = 165,00 m
Umfang Mittelbauwerk:	UMB = 8,17 m
Fläche Einlaufspalt:	AES = 1,35 m <sup>2</sup>
Geschwindigkeit im Einlaufspalt:	u = 3,86 m/s
Froudezahl (ca. 1):	u / ((ρ0 - ρ)/ρ * g * h) <sup>0,5</sup> = 0,96 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 = 0,27 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 m<sup>3</sup>/(m\*h)  
 0,21 l/(m\*s)  
 Wehrbelastung (Regenwetter): (Qm/(2\*L-Rinne) = 1,31 m<sup>3</sup>/(m\*h)  
 0,36 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 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 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 Überschussschlammanfall (Biologie):	27,74 m <sup>3</sup> /d
Täglicher Überschussschlammanfall (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>