

# DWA-Regelwerk

Belebungs-Expert  
Berechnung von einstufigen Belebungsanlagen  
nach dem DWA-Arbeitsblatt A131(2016)

## Projekt: Kläranlage Wegscheid Wasserrecht 8.000 EW

bearbeitet von: Wolfgang Neumayer

berechnet am: 10.07.2024

### Anlagenkonfiguration:

- ☐ Belebungsbecken
- ☐ Nachklärung

### Reinigungsziele:

- ☐ Abbau des org. Kohlenstoffs
- ☐ Nitrifikation
- ☐ Denitrifikation
- ☐ Simultane aerobe Schlammstabilisierung
- ☐ Phosphor-Simultanfällung

Denitrifikationsverfahren: intermittierende Denitrifikation

Fällmittel: dreiwertiges Eisen

Nachklärung: Beckentyp Rundbecken, Strömung horizontal, Räumertyp Schildräumer

### Lastannahmen:

Größenklasse: 960 kg CSB/d

### Berechnete Lastfälle:

- ☐ Lastfall 1: Bemessung
- ☐ Lastfall 3: Ermittlung des Sauerstoffbedarfs bei höchster Temperatur
- ☐ Lastfall 4: Sonderlastfall

	Lastfall	1	2	3
<b>Zulaufmenge:</b>				
Abwassermenge	$Q_{d,Konz.}$	1464	1464	1464 m <sup>3</sup> /d
	$Q_t$	140	140	140 m <sup>3</sup> /h
<b>Zulaufkonzentrationen:</b>				
CSB	$C_{CSB,ZB}$	656	656	656 mg/l
Gelöster CSB	$S_{SCSB,ZB}$	227	227	227 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	$X_{TS,ZB}$	383	383	383 mg/l
Kjeldahl-Stickstoff	$C_{KN,ZB}$	54,6	54,6	54,6 mg/l
Ammoniumstickstoff	$S_{NH4,ZB}$	0,0	0,0	0,0 mg/l
Nitratstickstoff	$S_{NO3,ZB}$	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphor	$C_{P,ZB}$	9,6	9,6	9,6 mg/l
Säurekapazität	$S_{KS,ZB}$	50,00	50,00	50,00 mmol/l
<b>Zulauffrachten:</b>				
CSB	$B_{d,CSB}$	960	960	960 kg/d
Gelöster CSB	$B_{d,SCSB}$	333	333	333 kg/d
Abfiltrierbare Stoffe	$B_{d,XTS}$	560	560	560 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff	$B_{d,KN}$	80,0	80,0	80,0 kg/d
Ammoniumstickstoff	$B_{d,NH4}$	0,0	0,0	0,0 kg/d
Nitratstickstoff	$B_{d,NO3}$	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphor	$B_{d,P}$	14,1	14,1	14,1 kg/d

### Belebungsbecken, Bemessungs-Lastfall:

Temperatur im Belebungsbecken	T	12,0 Grad C
-------------------------------	---	-------------

### Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	$C_N$	54,6 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	5,7 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	43,2 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	5,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	38,2 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	$V_D/V_{BB}$	0,40 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	38,1 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	38,1 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	5,1 mg/l
Maximale Taktzeit	$t_T$	2,07 h

### Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	9,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	3,3 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	2,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	2,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	4,4 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	17,3 kg Me/d

### Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	$TS_{AB}$	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	$TS_{AB}$	4,50 kg/m <sup>3</sup>

### Schlammalter und Belastungskennwerte:

Erforderliches Schlammalter	erf.tTS	25,0 d
Erforderliches Volumen	$V_{BB}$	2742 m <sup>3</sup>
Gewähltes Volumen	$V_{BB}$	2470 m <sup>3</sup>
Vorhandenes Schlammalter	$t_{TS}$	22,2 d

### Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\dot{U}_{Sd,C}$	457 kg/d
Schlamm aus externer C-Dosierung	$\dot{U}_{Sd,ext}$	0 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\dot{U}_{Sd,BioP}$	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\dot{U}_{Sd,F}$	43 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\dot{U}_{Sd}$	500 kg/d

### Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	532 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	272 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-162 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	$OV_d$	642 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	$f_C$	1,10 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	$f_N$	1,50 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	$OV_h$	54,0 kg/h

**Säurekapazität:**

Säurekapazität im Ablauf

SKS<sub>AN</sub>

49,07 mmol/l

### Belebungsbecken, Lastfall maximaler Sauerstoffbedarf:

Temperatur im Belebungsbecken	T	20,0 Grad C
-------------------------------	---	-------------

### Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	$C_N$	54,6 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	3,5 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	45,0 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	5,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	40,0 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	$V_D/V_{BB}$	0,40 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	40,8 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	40,8 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	4,2 mg/l
Maximale Taktzeit	$t_T$	1,65 h

### Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	9,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	3,3 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	2,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	2,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	4,4 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	17,3 kg Me/d

### Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	$TS_{AB}$	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	$TS_{AB}$	4,50 kg/m <sup>3</sup>

### Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	$t_{TS}$	23,6 d
--------------------------	----------	--------

### Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\dot{U}_{Sd,C}$	430 kg/d
Schlamm aus externer C-Dosierung	$\dot{U}_{Sd,ext}$	0 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\dot{U}_{Sd,BioP}$	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\dot{U}_{Sd,F}$	43 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\dot{U}_{Sd}$	473 kg/d

### Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	569 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	283 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-173 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	$OV_d$	679 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	$f_C$	1,00 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	$f_N$	1,00 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	$OV_h$	47,2 kg/h

### Säurekapazität:

Säurekapazität im Ablauf	$SKS_{AN}$	49,13 mmol/l
--------------------------	------------	--------------

### Belebungsbecken, Sonderlastfall Prozess:

Temperatur im Belebungsbecken	T	8,0 Grad C
-------------------------------	---	------------

### Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	$C_N$	54,6 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	7,1 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	41,3 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	5,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	36,3 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	$V_D/V_{BB}$	0,40 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	36,3 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	36,3 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	4,9 mg/l
Maximale Taktzeit	$t_T$	2,10 h

### Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	9,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	3,3 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	2,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	2,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	4,4 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	17,3 kg Me/d

### Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	$TS_{AB}$	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	$TS_{AB}$	4,50 kg/m <sup>3</sup>

### Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	$t_{TS}$	21,4 d
--------------------------	----------	--------

### Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\dot{U}_{Sd,C}$	476 kg/d
Schlamm aus externer C-Dosierung	$\dot{U}_{Sd,ext}$	0 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\dot{U}_{Sd,BioP}$	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\dot{U}_{Sd,F}$	43 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\dot{U}_{Sd}$	519 kg/d

### Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	507 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	260 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-154 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	$OV_d$	613 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	$f_C$	1,00 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	$f_N$	1,00 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	$OV_h$	42,6 kg/h

### Säurekapazität:

Säurekapazität im Ablauf	$SKS_{AN}$	49,08 mmol/l
--------------------------	------------	--------------

## Nachklärung

Beckentyp: Rundbecken

Art der Durchströmung: horizontal

Maßgebende Wassermenge	Q <sub>m</sub>	195 m <sup>3</sup> /h
------------------------	----------------	-----------------------

### Schlammindex, Eindickzeit, Rücklaufverhältnis:

Schlammindex, gewählt	ISV	90 l/kg
Eindickzeit des Schlammes, gewählt	t <sub>E</sub>	2,0 h
Schlammrockensubstanz an der Beckensohle	TS <sub>BS</sub>	14,0 kg/m <sup>3</sup>
Gewähltes Verhältnis TS <sub>RS</sub> /TS <sub>BS</sub>		0,75 -
Schlammrockensubstanz im Rücklaufschlamm	TS <sub>RS</sub>	10,5 kg/m <sup>3</sup>
Rücklaufverhältnis bei RW, gewählt	RV	0,75 -
Zulässige Schlammrockensubstanz im Zulauf	TS <sub>ZN</sub>	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlammrockensubstanz im Zulauf	TS <sub>ZN</sub>	4,50 kg/m <sup>3</sup>

### Beckenoberfläche, Anzahl und Abmessungen:

Zulässige Schlammvolumenbeschickung	q <sub>SV</sub>	500 l/(m <sup>2</sup> *h)
Zulässige Flächenbeschickung	q <sub>A</sub>	1,60 m/h
Erf. Gesamt-Beckenoberfläche	A <sub>NB</sub>	158 m <sup>2</sup>
Anzahl der Becken	a	1
Erforderlicher Durchmesser	D <sub>NB</sub>	14,40 m
Gewählter Durchmesser	D <sub>NB</sub>	18,00 m
Durchmesser des Mittelbauwerks	D <sub>MB</sub>	2,50 m
Vorhandene Beckenoberfläche	A <sub>NB</sub>	250 m <sup>2</sup>
Vorhandene Schlammvolumenbeschickung	q <sub>SV</sub>	316 l/(m <sup>2</sup> *h)
Vorhandene Flächenbeschickung	q <sub>A</sub>	0,78 m/h

### Beckentiefe:

Klarwasserzone	h <sub>1</sub>	0,77 m
Übergangs- und Pufferzone	h <sub>23</sub>	1,65 m
Eindick- und Räumzone	h <sub>4</sub>	0,88 m
Maßgebende Beckentiefe	h <sub>ges</sub>	3,30 m

### Einlaufbauwerk:

Tiefe des Einlaufs unter WSP	h <sub>e</sub>	2,60 m
Volumen der Einlaufkammer	V <sub>E</sub>	9,3 m <sup>3</sup>
Höhe des Einlaufschlitzes	h <sub>SE</sub>	0,60 m
Querschnittsfläche des Zulauf(düker)s	A <sub>ZD</sub>	0,02 m <sup>2</sup>
Eintrittsgeschwindigkeit in die Zulaufkammer	v <sub>ZD</sub>	5,27 m/s
Aufenthaltszeit in der Zulaufkammer	t <sub>EB</sub>	98 s
In die Zulaufkammer eingetragene Leistung	P <sub>E</sub>	1314 Nm/s
Turbulente Scherbeanspruchung	G	377,4 1/s
Densimetrische Froude-Zahl	Fr <sub>D</sub>	0,238 -