

# 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:

### Reinigungsziele:

- Belebungsbecken
- Nachklärung

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

Denitrifikationsverfahren: intermittierende Denitrifikation

Fällmittel: dreiwertiges Eisen

Nachklärung: Beckentyp Rundbecken, Strömung horizontal, Räumtyp 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
----------	---	---	---

### Zulaufmenge:

Abwassermenge	Q <sub>d,Konz.</sub>	1464	1464	1464 m <sup>3</sup> /d
	Q <sub>t</sub>	140	140	140 m <sup>3</sup> /h

### Zulaufkonzentrationen:

CSB	C <sub>CSB,ZB</sub>	656	656	656 mg/l
Gelöster CSB	S <sub>SCSB,ZB</sub>	227	227	227 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	X <sub>TS,ZB</sub>	383	383	383 mg/l
Kjeldahl-Stickstoff	C <sub>KN,ZB</sub>	54,6	54,6	54,6 mg/l
Ammoniumstickstoff	S <sub>NH4,ZB</sub>	0,0	0,0	0,0 mg/l
Nitratstickstoff	S <sub>NO3,ZB</sub>	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphor	C <sub>P,ZB</sub>	9,6	9,6	9,6 mg/l
Säurekapazität	S <sub>KS,ZB</sub>	50,00	50,00	50,00 mmol/l

### Zulauffrachten:

CSB	B <sub>d,CSB</sub>	960	960	960 kg/d
Gelöster CSB	B <sub>d,SCSB</sub>	333	333	333 kg/d
Abfiltrierbare Stoffe	B <sub>d,XTS</sub>	560	560	560 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff	B <sub>d,KN</sub>	80,0	80,0	80,0 kg/d
Ammoniumstickstoff	B <sub>d,NH4</sub>	0,0	0,0	0,0 kg/d
Nitratstickstoff	B <sub>d,NO3</sub>	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphor	B <sub>d,P</sub>	14,1	14,1	14,1 kg/d

### Belebungsbecken, Bemessungs-Lastfall:

Temperatur im Belebungsbecken T 12,0 Grad C

### Stickstoffbilanz:

Zulauf: C <sub>KN</sub> + S <sub>NO3</sub>	C <sub>N</sub>	54,6 mg/l
im Schlamm gebunden	X <sub>orgN,BM</sub>	5,7 mg/l
Ammonium im Ablauf	S <sub>NH4,AN</sub>	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S <sub>orgN,AN</sub>	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S <sub>NO3,N</sub>	43,2 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S <sub>NO3,AN</sub>	5,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S <sub>NO3,D</sub>	38,2 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V <sub>D/V<sub>BB</sub></sub>	0,40 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S <sub>NO3,D</sub>	38,1 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S <sub>NO3,D</sub>	38,1 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S <sub>NO3,AN</sub>	5,1 mg/l
Maximale Taktzeit	t <sub>T</sub>	2,07 h

### Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	C <sub>P,ZB</sub>	9,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X <sub>P,BM</sub>	3,3 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X <sub>P,BioP</sub>	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S <sub>P04,AN</sub>	2,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S <sub>P04,AN</sub>	2,0 mg/l
gefällter Phosphor	X <sub>P,Fäll</sub>	4,4 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	17,3 kg Me/d

### Schlammtrockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlammtrockensubstanz im Ablauf BB	TS <sub>AB</sub>	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlammtrockensubstanz im Ablauf BB	TS <sub>AB</sub>	4,50 kg/m <sup>3</sup>

### Schlammalter und Belastungskennwerte:

Erforderliches Schlammalter	erf.t <sub>TS</sub>	25,0 d
Erforderliches Volumen	V <sub>BB</sub>	2742 m <sup>3</sup>
Gewähltes Volumen	V <sub>BB</sub>	2470 m <sup>3</sup>
Vorhandenes Schlammalter	t <sub>TS</sub>	22,2 d

### Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	ÜS <sub>d,C</sub>	457 kg/d
Schlamm aus externer C-Dosierung	ÜS <sub>d,ext</sub>	0 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	ÜS <sub>d,BioP</sub>	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	ÜS <sub>d,F</sub>	43 kg/d
Schlammproduktion gesamt	ÜS <sub>d</sub>	500 kg/d

### Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV <sub>d,C</sub>	532 kg/d
aus Nitrifikation	OV <sub>d,N</sub>	272 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV <sub>d,D</sub>	-162 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV <sub>d</sub>	642 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f <sub>C</sub>	1,10 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f <sub>N</sub>	1,50 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV <sub>h</sub>	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 <sub>KN</sub> + S <sub>NO3</sub>	C <sub>N</sub>	54,6 mg/l
im Schlamm gebunden	X <sub>orgN,BM</sub>	3,5 mg/l
Ammonium im Ablauf	S <sub>NH4,AN</sub>	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S <sub>orgN,AN</sub>	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S <sub>NO3,N</sub>	45,0 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S <sub>NO3,AN</sub>	5,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S <sub>NO3,D</sub>	40,0 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V <sub>D/VBB</sub>	0,40 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S <sub>NO3,D</sub>	40,8 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S <sub>NO3,D</sub>	40,8 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S <sub>NO3,AN</sub>	4,2 mg/l
Maximale Taktzeit	t <sub>T</sub>	1,65 h

#### Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	C <sub>P,ZB</sub>	9,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X <sub>P,BM</sub>	3,3 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X <sub>P,BioP</sub>	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S <sub>P04,AN</sub>	2,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S <sub>P04,AN</sub>	2,0 mg/l
gefällter Phosphor	X <sub>P,Fäll</sub>	4,4 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	17,3 kg Me/d

#### Schlammtrockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlammtrockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlammtrockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	4,50 kg/m <sup>3</sup>

#### Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t <sub>TS</sub>	23,6 d
--------------------------	-----------------	--------

#### Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	ÜS <sub>d,C</sub>	430 kg/d
Schlamm aus externer C-Dosierung	ÜS <sub>d,ext</sub>	0 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	ÜS <sub>d,BioP</sub>	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	ÜS <sub>d,F</sub>	43 kg/d
Schlammproduktion gesamt	ÜS <sub>d</sub>	473 kg/d

#### Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV <sub>d,C</sub>	569 kg/d
aus Nitrifikation	OV <sub>d,N</sub>	283 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV <sub>d,D</sub>	-173 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV <sub>d</sub>	679 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f <sub>C</sub>	1,00 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f <sub>N</sub>	1,00 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV <sub>h</sub>	47,2 kg/h

#### Säurekapazität:

Säurekapazität im Ablauf	SKSAN	49,13 mmol/l
--------------------------	-------	--------------

### Belebungsbecken, Sonderlastfall Prozess:

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

### Stickstoffbilanz:

Zulauf: C <sub>KN</sub> + S <sub>NO3</sub>	C <sub>N</sub>	54,6 mg/l
im Schlamm gebunden	X <sub>orgN,BM</sub>	7,1 mg/l
Ammonium im Ablauf	S <sub>NH4,AN</sub>	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S <sub>orgN,AN</sub>	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S <sub>NO3,N</sub>	41,3 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S <sub>NO3,AN</sub>	5,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S <sub>NO3,D</sub>	36,3 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V <sub>D/VBB</sub>	0,40 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S <sub>NO3,D</sub>	36,3 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S <sub>NO3,D</sub>	36,3 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S <sub>NO3,AN</sub>	4,9 mg/l
Maximale Taktzeit	t <sub>T</sub>	2,10 h

### Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	C <sub>P,ZB</sub>	9,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X <sub>P,BM</sub>	3,3 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X <sub>P,BioP</sub>	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S <sub>P04,AN</sub>	2,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S <sub>P04,AN</sub>	2,0 mg/l
gefällter Phosphor	X <sub>P,Fäll</sub>	4,4 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	17,3 kg Me/d

### Schlammtrockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlammtrockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlammtrockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	4,50 kg/m <sup>3</sup>

### Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t <sub>TS</sub>	21,4 d
--------------------------	-----------------	--------

### Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	ÜS <sub>d,C</sub>	476 kg/d
Schlamm aus externer C-Dosierung	ÜS <sub>d,ext</sub>	0 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	ÜS <sub>d,BioP</sub>	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	ÜS <sub>d,F</sub>	43 kg/d
Schlammproduktion gesamt	ÜS <sub>d</sub>	519 kg/d

### Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV <sub>d,C</sub>	507 kg/d
aus Nitrifikation	OV <sub>d,N</sub>	260 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV <sub>d,D</sub>	-154 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV <sub>d</sub>	613 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f <sub>C</sub>	1,00 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f <sub>N</sub>	1,00 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV <sub>h</sub>	42,6 kg/h

### Säurekapazität:

Säurekapazität im Ablauf	SKSAN	49,08 mmol/l
--------------------------	-------	--------------

## Nachklärung

Beckentyp: Rundbecken

Art der Durchströmung: horizontal

Maßgebende Wassermenge

$Q_m$  195 m<sup>3</sup>/h

### Schlammindex, Eindickzeit, Rücklaufverhältnis:

Schlammindex, gewählt	ISV	90 l/kg
Eindickzeit des Schlammes, gewählt	tE	2,0 h
Schlammtrockensubstanz 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 -
Schlammtrockensubstanz im Rücklaufschlamm	TS <sub>RS</sub>	10,5 kg/m <sup>3</sup>
Rücklaufverhältnis bei RW, gewählt	RV	0,75 -
Zulässige Schlammtrockensubstanz im Zulauf	TS <sub>ZN</sub>	4,50 kg/m <sup>3</sup>
Gewählte Schlammtrockensubstanz im Zulauf	TS <sub>ZN</sub>	4,50 kg/m <sup>3</sup>

### Beckenoberfläche, Anzahl und Abmessungen:

Zulässige Schlammvolumenbeschickung	qSV	500 l/(m <sup>2</sup> *h)
Zulässige Flächenbeschickung	qA	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	qSV	316 l/(m <sup>2</sup> *h)
Vorhandene Flächenbeschickung	qA	0,78 m/h

### Beckentiefe:

Klarwasserzone	$h_1$	0,77 m
Übergangs- und Pufferzone	$h_{23}$	1,65 m
Eindick- und Räumzone	$h_4$	0,88 m
Maßgebende Beckentiefe	$h_{ges}$	3,30 m

### Einlaufbauwerk:

Tiefe des Einlaufs unter WSP	$h_e$	2,60 m
Volumen der Einlaufkammer	$V_E$	9,3 m <sup>3</sup>
Höhe des Einlaufschlitzes	$h_{SE}$	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 -