



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR

Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen im Zeichen europäischer Anforderungen - Anhang -

erstellt von

**Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
Stuttgart**

in Zusammenarbeit mit

**iat - Ingenieurberatung GmbH
Stuttgart**

Stand: Januar 2005

Anhänge 1 bis 3

Inhaltsverzeichnis

Seite

Anhang A 1 Erläuterungen und Ergänzungen

zu Kap. 1.	Einführung	1
zu Kap. 2.2	Abwassertemperatur	1
zu Kap. 2.3.1	Mittl. tägl. Trockenwetterabfluss $Q_{T,d,aM}$ und max. Trockenwetterabfluss $Q_{T,2h,max}$	1
zu Kap. 2.3.2	Mischwasserabfluss Q_M	2
zu Kap. 2.4.1	Probenahmeort / Probenahmeart	3
zu Kap. 2.4.2	Maßgebende tägliche Schmutzfrachten im Zulauf Belebungsbecken	3
zu Kap. 2.6	Säurekapazität	5
zu Kap. 3.1	Allgemeines	5
zu Kap. 3.2	Abwassertemperatur	5
zu Kap. 3.4	Schmutzkonzentrationen- und frachten / Ausbaugröße / Größenklasse	6
zu Kap. 3.5	Schlammindex	6
zu Kap. 4	Bemessung Nachklärbecken	7
zu Kap. 4.3	Trockensubstanzgehalt des Rücklaufschlammes	9
zu Kap. 4.4	Trockensubstanzgehalt und Rücklaufverhältnis in der Belebungsanlage	9
zu Kap. 4.5	Schlammvolumen- und Flächenbeschickung	10
zu Kap. 4.6	Beckenoberfläche	10
zu Kap. 4.7	Beckentiefe	11
zu Kap. 4.8	Überprüfung und Nachrechnung bestehender Nachklärbecken	12
zu Kap. 5.2	Reinigungsziel / Verfahrenswahl	12
zu Kap. 5.3	Bemessungsschlammalter	14
zu Kap. 5.3.1	Anlagen mit Nitrifikation	14
zu Kap. 5.3.2	Anlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation	15
zu Kap. 5.3.3	Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung	17
zu Kap. 5.4.1	Phosphorbilanz / Ermittlung des zu fällenden Phosphates	18
zu Kap. 5.4.2	Fällmittelbedarf	18
zu Kap. 5.5.1	Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination	18
zu Kap. 5.5.2	Schlammproduktion aus der Phosphorelimination	19
zu Kap. 5.6	Belebungsvolumen	19
zu Kap. 6.1	Rückführverhältnis bei vorgeschalteter Denitrifikation	21
zu Kap. 6.2	Taktdauer bei intermittierenden Denitrifikationsverfahren	21
zu Kap. 7	Nachweis Säurekapazität	22
zu Kap. 8	Rechn: Nachweis der 70 % N-Verminderung anhand von Betriebsdaten	22
zu Kap. 9	Einstufung der Größenklasse von Kläranlagen	23

Anhang A 2 Bemessung Sauerstoffversorgung

Kap. 1	Allgemeines	1
Kap. 2	Sauerstoffverbrauch Kohlenstoffelimination und endogenen Atmung	1
Kap. 3	Sauerstoffverbrauch für Nitrifikation	2
Kap. 4	Sauerstoffgewinn durch Denitrifikation	3
Kap. 5	Sauerstoffverbrauch Tagesspitze	3
Kap. 6	Erforderliche Sauerstoffzufuhr	4

Anhang A 3 Kurzbemessung und Anwendungsbeispiel

Kap. 1	Bemessungswerte (Betriebsdaten und Prognose)	1
Kap. 2	Anlagenbeschreibung.....	1
Kap. 3	Verfahrenswahl	1
Kap. 4	Bemessung Nachklärbecken	2
Kap. 5	Bemessung Belebungsbecken.....	4
Kap. 6	Bemessung Rückführung	8
Kap. 7	Nachweis Säurekapazität.....	9
Kap. 8	Bemessung Sauerstoffversorgung	10

Zu Kap. 1

- ☐ Die Besonderheiten kleinerer Kläranlagen sind zusätzlich gemäß den Arbeitsblättern A 122 (50 - 500 Einwohnerwerte) und A 126 (500 - 5.000 Einwohnerwerte) zu berücksichtigen.
- ☐ Die im A 131 (Anhang) aufgezeigte alternative Ermittlung der Schlammproduktion und des Sauerstoffverbrauches für die Kohlenstoffelimination auf der Basis des CSB (CSB-Ansatz nach Gujer) wird nicht empfohlen, da die hierfür zusätzlich erforderlichen Parameter ($S_{CSB,ZB}$, $X_{CSB,ZB}$, $X_{TS,ZB}$, $X_{anorgTS,ZB}$) in den Kläranlagen nicht erfaßt werden und der zur Bestimmung dieser zusätzlichen Parameter erforderliche Aufwand nicht vertretbar ist.
- ☐ Bei der Ermittlung von Bestandsdaten, Bemessungsdaten sowie bei der Bemessung selbst spielen folgende Faktoren eine Rolle:
 - ☐ Witterungsbedingungen (Trockenwetter / Regenwetter)
 - ☐ Abwassertemperatur
 - ☐ Probenahmeart
 - ☐ Abwasserabfluss
 - ☐ Konzentrationen verschiedener Abwasserinhaltsstoffe
 - ☐ Frachten verschiedener AbwasserinhaltsstoffeIn den einzelnen Kapiteln des Leitfadens wird das Zusammenspiel dieser Einflussfaktoren bei der Anwendung des Arbeitsblattes A 131 erläutert.

Zu Kap. 2.2

- ☐ Ermittlung der Ganglinie aus 3 zurückliegenden Jahren; z.B. Schwankungen der maßgebenden Temperaturen von > 20 % bei den zunächst ausgewerteten 2 letzten Jahren.
- ☐ Abwassertemperatur im Zu- oder Ablauf der Vorklärung, falls im Ablauf Belebungsbecken keine Temperaturwerte vorhanden sind.
- ☐ Empfehlung: Als Mindesttemperatur für die Bemessung einer Belebungsanlage sind 8 °C anzusehen. Bei kleineren Temperaturen als 8 °C ist die biologische Aktivität stark eingeschränkt und das Bemessungsergebnis unter Umständen unzuverlässig. Liegt der niedrigste Wert der Ganglinie unter 8 °C, werden für die maßgebende tiefste Abwassertemperatur $T_{2WM,min}$ 8 °C eingesetzt. Bestehen in einem solchen Fall besondere rechtliche Forderungen (z.B. ganzjährige Nitrifikation) sind Sonderlösungen anzustreben bzw. zusätzliche Maßnahmen erforderlich (z.B. Fremdwassersanierung).
- ☐ Bemessungswerte $T_{Bem} < 12$ °C können erforderlich werden, wenn z.B. die Temperatur über lange Zeiträume (ca. 6 Monate) unter 12 °C liegt.

Zu Kap. 2.3.1

Ermittlung der Ganglinien aus 3 zurückliegenden Jahren; z.B. viel Fremdwasser ($Q_{F,aM} > 50$ % von $Q_{T,aM}$) oder Schwankungen von $Q_{T,aM} > 20$ % bei den zunächst ausgewerteten 2 letzten Jahren.

Mittlerer täglicher Trockenwetterabfluss

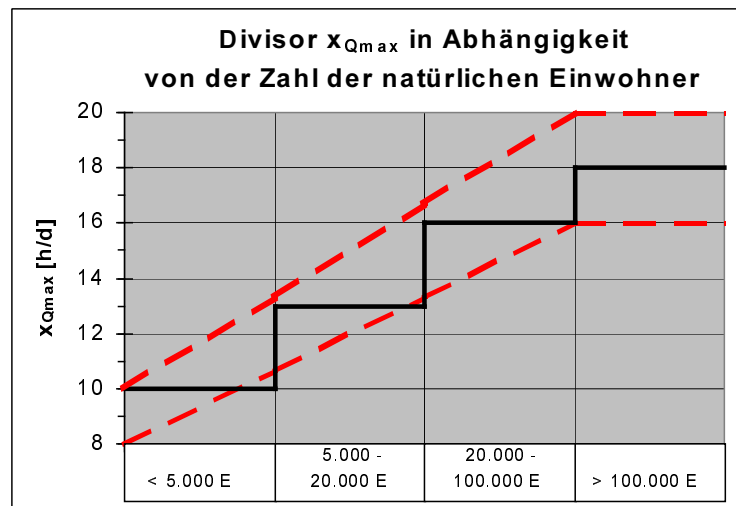
- Die Ermittlung des Polygons der gleitenden 21-Tage-Minima erfolgt gemäß ATV-DVWK Landesgruppe (21-Tage-Intervall nach dem betrachteten Tag) und nicht gemäß A 198 (Intervall 10 Tage vor und 10 Tage nach betrachtetem Tag). Die Auswirkungen auf das Ergebnis sind vernachlässigbar.

Maximaler Trockenwetterabfluss

- Liegen keine Aufzeichnungen vor (Datenträger oder Druckerstreifen), um die 2-h-Mittel zu berechnen, sind diese im Rahmen einer zusätzlichen Abwasseruntersuchung zu ermitteln (→ Kap. 2.4.2).
- Ist der Aufwand einer zusätzlichen Abwasseruntersuchung nicht gerechtfertigt (Größenklasse 1, 2, 3 → Kap. 2.4.2), kann $Q_{T,2h,max}$ mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$Q_{T,2h,max} = \frac{24 * Q_{S,aM}}{x_{Qmax}} + Q_{F,aM}.$$

Der Divisor x_{Qmax} wird in Abhängigkeit der Zahl der natürlichen Einwohner (→ Kap. 2.1) aus folgender Abbildung (A 198, Bild 2) abgelesen:



Der Divisor x_{Qmax} ist innerhalb der gestrichelten Grenzlinien zu wählen. Es wird empfohlen, die Werte der durchgezogenen Stufenlinie abzulesen (Lesebeispiel für 3.000 E: $x_{Qmax} = 10$ h/d).

- In reinen Trennsystemen entspricht $Q_{T,2h,max}$ dem höchsten plausiblen Messwert des Abwasserabflusses.

Zu Kap. 2.3.2

Jahresmittel Schmutzwasserabfluss $Q_{S,aM}$

- Liegen die erforderlichen Daten nicht vor bzw. ist dieser Aufwand zur Datenbeschaffung nicht gerechtfertigt (Größenklasse 1, 2, 3 → Kap. 2.4.2), kann $Q_{S,aM}$ aus Wasserverbrauchsdaten des Einzugsgebietes ermittelt werden:

$$Q_{S,aM} = Q_{H,aM} + Q_{G,aM} = \frac{EZ * W_{s,d,aM}}{86400} + A_{E,G} * q_G.$$

$$Q_{F,aM} = Q_{T,aM} - Q_{S,aM}.$$

Mischwasserabfluss Q_M

- ☐ Als ein Vorteil dieses Ansatzes wird gesehen, dass sowohl für die Auslegung von Mischwasserentlastungen als auch für den Mischwasserabfluss zur Kläranlage der mittlere jährliche Schmutzwasserabfluss $Q_{S,aM}$ die gleiche Ausgangsbasis darstellen kann. Begründete Abweichungen vom Faktor $f_{S,QM}$ sind möglich, solange ein ausreichender Gewässerschutz trotz der dadurch veränderten Kläranlagen- und Mischwasserabflüsse sichergestellt ist.

Zu Kap. 2.4.1

- ☐ Zeitproportionale oder manuelle Probenahme ist nur in begründeten Sonderfällen zulässig. Stichproben sind für die Frachtermittlung ungeeignet.
- ☐ Definition der Probenahmearten:
 - ☐ Volumenproportional (= Mengenproportional):
Probenvolumen konstant / Probenfrequenz variabel.
 - ☐ Durchflussproportional: Probenvolumen variabel / Probenfrequenz konstant.
 - ☐ Zeitproportional: Probenvolumen konstant / Probenfrequenz konstant.

Zu Kap. 2.4.2

Bestimmung Gesamtstickstoffkonzentration $C_{N,ZB}$

- ☐ Gesamtstickstoff $N = TN_b$
- ☐ Näherungsweise Bestimmung von $C_{N,ZB}$ als Summe von Kjeldahlstickstoff sowie Nitrat- und Nitritstickstoff alternativ möglich:
$$C_{N,ZB} = C_{TKN,ZB} + S_{NO3,ZB} + S_{NO2,ZB}$$

Datenbasis 2- bzw. 4-Wochen-Mittel

- ☐ Definition zeitgleich: Alle Parameter aus gemeinsamer Probenahme bestimmt
- ☐ Plausibilitätsprüfung: Offenkundige Analysenfehler oder Ausreißer sind nicht zu berücksichtigen. Für die Bildung der 2- bzw. 4-Wochen-Mittel sind mindestens 4 verwertbare Tagesfrachten je Kalenderwoche erforderlich.
- ☐ Treten während des Untersuchungszeitraumes bedeutende Veränderungen im Einzugsgebiet auf (z.B. Anschluß von Gebieten, Änderungen bei Indirekteinleitungen) sind die entsprechenden Zeiträume vor und nach den Veränderungen getrennt auszuwerten.
- ☐ Sind in den Frachten interne Rückbelastungen enthalten, sind diese zu ermitteln und in Abzug zu bringen.
- ☐ Zur Minimierung des Analysenaufwandes kann der CSB als Leitparameter verwendet werden. Dabei wird lediglich der CSB in der vorgeschriebenen Häufigkeit analysiert. Aus den 2- bzw. 4-Wochen-Mitteln $B_{d,CSB,2wM}$ bzw. $B_{d,CSB,4wM}$ werden die maßgebende Frachten der 3 Lastfälle bestimmt.

Die anderen Parameter werden seltener (Empfehlung: mindestens zweimal wöchentlich) analysiert. Aus diesen Analysen werden auf den CSB bezogene Verhältniswerte gebildet, mit denen die jeweilige maßgebende Fracht errechnet wird;

Beispiel: $B_{d,NO_3,2WM} = B_{d,CSB,2WM} * (S_{NO_3} / C_{CSB})$.

- ☐ Ist der Jahresgang der Tagesfrachten bekannt, können zur Minimierung des Analysenaufwandes die maßgebenden Perioden (z.B. kalte Jahreszeit, warme Jahreszeit, saisonale Schwach- oder Hochlastphase) gezielt beprobt werden. Je Periode sind jeweils mindestens 4 bis 10 Wochen zu beproben.
- ☐ Bei Abweichung zwischen maximalem und minimalem Monatsmittel um mehr als $\pm 20 \%$ liegt ein ausgeprägter Jahresgang vor. Dann sind die maßgebenden Tagesfrachten mit 2 verschiedenen maximalen 2- bzw. 4-Wochen-Mitteln zu bilden.
- ☐ Sonderlastfälle:
Wenn in Einzugsgebieten mit besonderen saisonalen Einflüssen [wie z.B. saisonal arbeitende Betriebe (z.B. Obstcampagne) oder Fremdenverkehrsgebiete (z.B. Campingplätze)] Frachtspitzen außerhalb der 3 Temperaturlastfälle auftreten, sind zusätzlich für die Periode dieser Sonderlastfälle die zugehörige Abwassertemperatur und das maximale 2- bzw. 4-Wochen-Mittel der zeitgleichen Frachten der obigen Parameter zu bestimmen.

Datenbasis 85 %-Werte

- ☐ Plausibilitätsprüfung: Offenkundige Analysenfehler oder Ausreißer sind nicht zu berücksichtigen.
- ☐ Alternativ bei mangelndem Datenbestand: Summenhäufigkeit aus zwei oder aus einem zurückliegenden Jahr.
- ☐ Sind während der zurückliegenden drei Jahre bedeutende Veränderungen im Einzugsgebiet aufgetreten (z.B. Anschluß von Gebieten, Änderungen bei Indirekteinleitungen) sind die entsprechenden Zeiträume vor und nach den Veränderungen getrennt auszuwerten.
- ☐ Bei Abweichung zwischen maximalem und minimalem Monatsmittel um mehr als $\pm 20 \%$ liegt ein ausgeprägter Jahresgang vor. Dann sind die maßgebenden Tagesfrachten folgendermaßen zu ermitteln:

Zweimal 40 Tagesfrachten zur Bildung der 85 %-Werte (2 Zeiträume definieren, z.B. bei Obstcampagne: September – November und Dezember - August).

Zusätzliche Abwasseruntersuchungen

- ☐ Für die Konzentration an organischem Stickstoff im Ablauf der Belebungsanlage $S_{orgN,AN}$ wird ein Wert von 2,0 mg/l empfohlen. Liegen Hinweise vor, dass andere Konzentrationen auftreten, sind die tatsächlichen Werte zu ermitteln.
- ☐ Ist eine dynamische Simulation vorgesehen, sind zusätzlich Tagesganglinien zumindest für den Abwasserabfluss Q und den Parameter CSB zu ermitteln.

Zu Kap. 2.6

- ☐ Liegen keine Daten für $S_{KS,ZB}$ vor, sind diese im Rahmen einer zusätzlichen Abwasseruntersuchung zu bestimmen (☞ Kap. 2.4.2) oder anhand der Karbonathärte KH_T des Trinkwassers aus der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Einzugsgebiet der Kläranlage und der Ammoniumstickstoffkonzentration im Zulauf Belebungsbecken mit folgender Gleichung abzuschätzen:

$$S_{KS,ZB} [\text{mmol/l}] = KH_T [\text{mmol/l}] + 1/14 * S_{NH4,ZB}.$$

Zu Kap. 3.1

Bei den Prognosedaten ist folgendes zu berücksichtigen:

- ☐ Bebauungspläne
- ☐ Planungshorizonte ggf. getrennt für die 3 Bereiche Bauwerke, maschinelle Einrichtungen sowie Mess- / Steuer- / Regeltechnik.
- ☐ Entwicklung des einwohnerspezifischen häuslichen Wasserverbrauches.
- ☐ Auch dem zurückgehenden Bevölkerungszuwachs ist Rechnung zu tragen.
- ☐ Realistische Prognose für abwasserrelevante Betriebe; Empfehlung: Erhebungsbögen für die Erfassung der zu erwartenden Produktionsumstellungen oder Erweiterungen bzw. Verlagerungen oder Reduzierungen mit Änderungen für Abwassermenge und -belastung sowie von geplanten oder möglichen Vorbehandlungsmaßnahmen oder Ausgleichsbecken.
- ☐ Empfehlung für maximale Prognose: + 10 %.

Desweiteren wird empfohlen, die Prognosedaten mit folgenden Planungsbereichen abzustimmen:

- ☐ Flächennutzungspläne
- ☐ Allgemeine Kanalisationspläne
- ☐ Planungen zur Regenwasserbehandlung

Zu Kap. 3.2

Für die maßgebende tiefste Abwassertemperatur $T_{2wM,min}$ sind Überlegungen anzustellen, ob $T_{2wM,min}$ durch Fremdwassersanierung angehoben werden kann (z.B. durch Wegfall kalter Quell- oder Grundwassereinleitungen). Dies kann zur Reduzierung des erforderlichen Belebungsbecken volumens führen (☞ Kap. 5).

Bei Fremdwasseranteilen $> 25\%$ ($Q_{F,aM} / Q_{T,aM} > 0,25$) wird eine Fremdwassersanierung grundsätzlich empfohlen. Auch bei Fremdwasseranteilen $< 25\%$ können Überlegungen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angestellt werden, ob durch weitere Maßnahmen zur Fremdwassersanierung höhere Mindesttemperaturen $T_{2wM,min}$ und somit geringere Belebungsbeckenvolumen erzielt werden können.

Die Notwendigkeit und Effektivität einer Fremdwassersanierung kann nicht nur an den Kosten der Kläranlage festgemacht werden. Hierfür ist das abwassertechnische Gesamtsystem Kanal - Regenbecken - Kläranlage, in welchem sich bei jeder dieser drei Komponenten ein hoher Fremdwasserabfluss negativ auswirkt, zu betrachten.

Zu Kap. 3.4

Zur Ermittlung der Bemessungswerte sind die Betriebsdaten unter folgenden Gesichtspunkten an die zukünftigen Anforderungen anzupassen:

- ☐ Erforderliche Erweiterungen oder Reduzierungen
- ☐ Reserven
- ☐ Gegebenenfalls Ergänzung für Fäkalien oder externe Schlämme, sofern nicht bereits in Bestandsdaten enthalten. Ggf. ist eine etwaige Zwischenspeicherung mit dosierter Zugabe zu berücksichtigen.
- ☐ Gegebenenfalls Ergänzung für interne Rückbelastungen (z.B. auf Grundlage einer zusätzlichen Abwasseruntersuchung  Kap. 2.4.2), sofern nicht bereits in Betriebsdaten enthalten.
- ☐ Geplante verfahrenstechnische Änderungen im Bereich der Schlammbehandlung (z.B. Zwischenspeicherung oder Behandlung von Filtrat) sind zu berücksichtigen.

Größenklasse

- ☐ In der Abwasserverordnung, Anhang 1 wird lediglich zwischen Rohabwasser und sedimentiertem Abwasser unterschieden. In Ergänzung dazu wird hier eine weitere Unterscheidung für das sedimentierte Abwasser in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit in der Vorklärung bei $Q_{T,2h,max}$ getroffen. Dies erfolgt auf Grundlage von A 131, Tabelle 1 ( Kap. 2.4.2).

Zu Kap. 3.5

Liegen keine verwertbaren Bestandsdaten des Schlammindex vor, wird die Auswahl des Schlammindex anhand der Richtwerte gemäß A 131, Tabelle 6 empfohlen:

Verfahrensweise der Schlammstabilisierung	ISV [ml/g]	
	Gewerbliche Einfluss günstig	Gewerbliche Einfluss ungünstig
Anaerob	100 – 150	120 – 180
Simultan Aerob	75 – 120	100 – 150

Die jeweils geringeren ISV-Werte dieser Tabelle können unter folgenden Bedingungen angesetzt werden:

- ☐ Keine Vorklärung
- ☐ Vorgeschalteter Selektor oder anaerobes Mischbecken
- ☐ Belebungsbecken als Kaskade (Pfropfenströmung)

Zu Kap. 4

Auslegung der Schlammräumung:

Nachweis der Feststoffbilanz

Das Räumsystem muss so ausgelegt werden, dass der dort zu berechnende Räumvolumenstrom Q_{SR} in der Feststoffbilanz folgenden Mindestwert erreicht:

$$Q_{SR,min} = \frac{Q_{RS,M} * TS_{RS} - Q_K * TS_{BB}}{TS_{BS}} \text{ [m}^3 \text{ / h]} .$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- ☐ Rücklaufschlammförderung bei Mischwasserabfluss $Q_{RS,M}$ (☞ Kap. 4.4)
- ☐ Trockensubstanzgehalt des Rücklaufschlammes TS_{RS} (☞ Kap. 4.3).
- ☐ Kurzschlusschlammstrom $Q_K = 0,4 \text{ bis } 0,8 * Q_{RS,M}$
- ☐ Trockensubstanzgehalt in der Belebungsanlage TS_{BB} (☞ Kap. 4.4)
- ☐ TS_{BS} ; Trockensubstanzgehalt im Bodenschlamm (☞ Kap. 4.3).

Berechnung der Räumenumlaufdauer und des Räumvolumenstromes in horizontal durchströmten Rundbecken

Die Dauer eines Räumenumlaufes t_{SR} wird mit folgender Gleichung errechnet:

$$t_{SR} = \frac{\pi * D_{NB}}{v_{SR}} \text{ [h]} .$$

Der Räumvolumenstrom Q_{SR} beträgt für **Schildräumer**:

$$Q_{SR} = \frac{h_{SR} * a * v_{SR} * D_{NB}}{4 * f_{SR}} \text{ [m}^3 \text{ / h]} \geq Q_{SR,min} \text{ (siehe oben).}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- ☐ Durchmesser Nachklärbecken: $D_{NB} = \sqrt{\frac{4}{\pi} * A_{NB}}$ (A_{NB} ☞ Kap. 4.6).
- ☐ Räumgeschwindigkeit (bezogen auf den Beckenrand):
 $v_{SR} = 72 - 144 \text{ m/h}$ bzw. $2 - 4 \text{ cm/s}$; Empfehlung: 3 cm/s (108 m/h).
- ☐ Räumschildhöhe: $h_{SR} = 0,4 - 0,6 \text{ m}$; Empfehlung: $0,4 \text{ m}$.
- ☐ a ; Zahl der Räumearme (Auswahl in Abhängigkeit vom Beckendurchmesser und dem Räumvolumenstrom); Empfehlung:
 - ☐ $D_{NB} < 25 \text{ m}$; Einzelräumer: $a = 1$
 - ☐ $D_{NB} \geq 25 \text{ m}$; Einzelräumer mit Auskrugung: $a = 1,5$
 - ☐ $D_{NB} \geq 30 \text{ m}$; Doppelräumer [Imhoff, Taschenbuch der Stadtentwässerg.]: $a = 2$
- ☐ Räumfaktor $f_{SR} = 1,5$ [-].

Für **Saugräumer** gilt folgendes:

- ☐ Die Strömungsgeschwindigkeit in den Saugrohren (Steigrohren) sollte $0,6 \text{ bis } 0,8 \text{ m/s}$ betragen und der Abstand der Saugrohre sollte $3 \text{ bis } 4 \text{ m}$ nicht überschreiten.
- ☐ Die Räumgeschwindigkeit v_{SR} ist gleich der von Schildräumern.
- ☐ Die Saugleistung sollte von der Beckenmitte nach außen einstellbar abgestuft werden.

Berechnung des Räumintervalles und des Räumvolumenstromes in horizontal durchströmten Rechteckbecken

- ☐ Empfohlene maximale Länge für Rechteckbecken: 60 m
- ☐ Bei Längen über 40 m sind für einen gleichmäßigen Schlammabzug zwei hintereinanderliegende Reihen von Schlammtrichtern zweckmäßig

Für **Schildräumer** wird die Dauer des Räumintervalles t_{SR} mit folgender Gleichung errechnet:

$$t_{SR} = \frac{l_W}{v_{SR}} + \frac{l_W}{v_{Rück}} + t_s \text{ [h]} .$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- ☐ Fahrstrecke des Räumwagens: $l_W \approx l_{NB}$ (Länge Nachklärbecken)
- ☐ Räumgeschwindigkeit (bezogen auf Beckenrand): $v_{SR} \leq 108 \text{ m/h}$.
- ☐ Rückfahrgeschwindigkeit: $v_{Rück} \leq 324 \text{ m/h}$.
- ☐ Zeit für Heben und Senken des Räumschildes t_s .

Der Räumvolumenstrom Q_{SR} beträgt für Schildräumer:

$$Q_{SR} = \frac{h_{SR} * b_{SR} * l_{SR}}{f_{SR} * t_{SR}} \text{ [m}^3 \text{ / h]} \geq Q_{SR,min} \text{ (siehe oben).}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- ☐ Räumschildhöhe: $h_{SR} = 0,4 - 0,9 \text{ m}$.
- ☐ Räumschildlänge: $b_{SR} \approx b_{NB}$ (Breite Nachklärbecken bei senkrechten Wänden).
- ☐ Abstand des Räumschildes von dem Schlammabzugspunkt beim Einsetzen des Schlammrückflusses: $l_{SR} \approx 15 * h_{SR}$ (h_{SR} siehe oben).
- ☐ Räumfaktor $f_{SR} \leq 1,0 \text{ [-]}$.
- ☐ Räumintervall t_{SR} (siehe oben).

Für **Bandräumer** wird die Dauer des Räumintervalles t_{SR} mit folgender Gleichung errechnet:

$$t_{SR} = \frac{l_B}{v_{SR}} \text{ [h]} .$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- ☐ Länge des Räumbandes: $l_B \approx l_{NB}$ (Länge Nachklärbecken)
- ☐ Räumgeschwindigkeit: $v_{SR} \leq 36 - 108 \text{ m/h}$.

Der Räumvolumenstrom Q_{SR} beträgt für Bandräumer:

$$Q_{SR} = \frac{v_{SR} * b_{SR} * h_{SR}}{f_{SR}} \text{ [m}^3 \text{ / h]} \geq Q_{SR,min} \text{ (siehe oben).}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- ☐ Räumgeschwindigkeit: $v_{SR} \leq 36 - 108 \text{ m/h}$.
- ☐ Räumschildlänge: $b_{SR} \approx b_{NB}$ (Breite Nachklärbecken bei senkrechten Wänden).
- ☐ Räumbalkenhöhe: $h_{SR} = 0,15 - 0,30 \text{ m}$.
- ☐ Räumfaktor $f_{SR} \leq 1,0 \text{ [-]}$.

Der Abstand der Räumbalken soll etwa dem 15-fachen der Räumbalkenhöhe h_{SR} entsprechen.

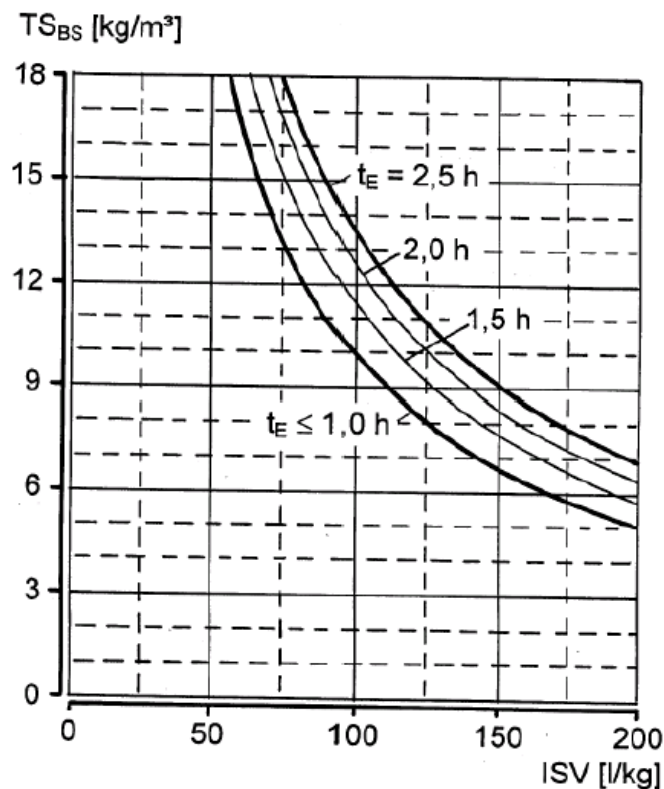
Für **Saugräumer** gilt folgendes:

- ☐ Die Strömungsgeschwindigkeit in den Saugrohren (Steigrohren) sollte 0,6 bis 0,8 m/s betragen und der Abstand der Saugrohre sollte 3 bis 4 m nicht überschreiten.
- ☐ Die Räumgeschwindigkeit v_{SR} sollte 36 bis 72 m/h betragen.
- ☐ Die Saugleistung sollte von der Beckenmitte nach außen einstellbar abgestuft werden.

Zu Kap. 4.3

TS_{BS} kann auch aus Bild 5, A 131 ermittelt werden:

Bild 5: Trockensubstanzgehalt im Bodenschlamm in Abhängigkeit vom Schlammindex und der Eindickzeit



Zu Kap. 4.4

- ☐ Bei Kaskadendenitrifikation ist anstelle TS_{BB} der Trockensubstanzgehalt TS_{AB} im Ablauf des Belebungsbeckens einzusetzen.
 - ☐ Die Auslegung der Rücklaufschlammförderung (einschließlich Reserve) erfolgt entgegen der Bemessung von TS_{BB} folgendermaßen:
 - NB horizontal durchströmt: $RV_M = 1,0$ ($Q_{RS,M} = Q_M$).
 - NB vertikal durchströmt: $RV_M = 1,5$ ($Q_{RS,M} = 1,5 \cdot Q_M$).
- Es wird empfohlen, durch Abstufung der Pumpenleistung die Einstellung verschiedener Rücklaufverhältnisse zu ermöglichen und dabei $RV_M < 0,5$ zu vermeiden.

- Für den Übergangsbereich zwischen horizontal und vertikal durchströmten Becken kann RV_M aus A 131, Tabelle 11 abgelesen werden:

Verhältnis	$\geq 0,33$	$\geq 0,36$	$\geq 0,39$	$\geq 0,42$	$\geq 0,47$	$\geq 0,50$
RV_M	$\leq 0,75$	$\leq 0,80$	$\leq 0,85$	$\leq 0,90$	$\leq 0,95$	$\leq 1,00$

- Bei Belebungsanlagen mit selbsttätigem Schlammrücklauf ist ein ausreichender Rücklaufschlammstrom konstruktiv sicherzustellen.

Zu Kap. 4.5

- Für die Schlammvolumenbeschickung können auch kleinere Werte als die oben angegebenen Höchstwerte gewählt werden, z.B. zum Nachweis vorhandener Nachklärbecken (☞ Kap. 4.8) oder bei besonderen örtlichen Verhältnissen (z.B. ungünstige Untergrundverhältnisse / Kostenbetrachtung für größeres flaches oder kleineres tiefes NB).
- Es wird empfohlen, eine Optimierung zwischen der Größe der Schlammvolumenbeschickung und der Beckentiefe vorzunehmen.
- Ist eine weitere Reinigungsstufe nachgeschaltet, können höhere Gehalte an absetzbaren bzw. an abfiltrierbaren Stoffen im Ablauf des Nachklärbeckens zugelassen werden. Hierfür sind höhere Flächen- und Schlammvolumenbeschickungen möglich.
- Für den Übergangsbereich zwischen horizontal und vertikal durchströmten Becken wird empfohlen q_{SV} und q_A aus A 131, Tabelle 11 abzulesen:

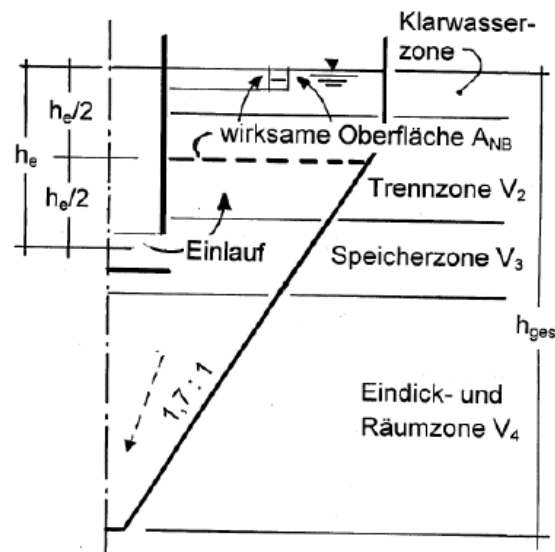
Verhältnis	$\geq 0,33$	$\geq 0,36$	$\geq 0,39$	$\geq 0,42$	$\geq 0,44$	$\geq 0,47$	$\geq 0,50$
$q_{SV} [l/(m^2 \cdot h)]$	≤ 500	≤ 525	≤ 550	≤ 575	≤ 600	≤ 625	≤ 650
$q_A [m/h]$	$\leq 1,60$	$\leq 1,65$	$\leq 1,75$	$\leq 1,80$	$\leq 1,85$	$\leq 1,90$	$\leq 2,00$

- Bei Kaskadendenitrifikation ist anstelle TS_{BB} der Trockensubstanzgehalt TS_{AB} im Ablauf des Belebungsbeckens einzusetzen.

Zu Kap. 4.6

- Bei horizontal durchströmten rechteckigen Nachklärbecken ist ein Zuschlag für die Störzone am Einlauf erforderlich. Die Länge dieser Störzone wird näherungsweise der Beckenrandtiefe gleichgesetzt.
- Bei vertikal durchströmten Nachklärbecken ist als maßgebende Beckenoberfläche A_{NB} die Wirkungsfläche in halber Höhe zwischen Einlaufebene und Wasserspiegel anzusetzen (A 131, Bild 8):

Bild 8: Funktionale Zonen und Tiefen von vertikal durchströmten Trichterbecken



Zu Kap. 4.7

- Zoneneinteilung gemäß A 131, Bilder 6 und 7:

Bild 6: Hauptströmungsrichtungen und funktionale Beckenzonen von horizontal durchströmten runden Nachklärbecken

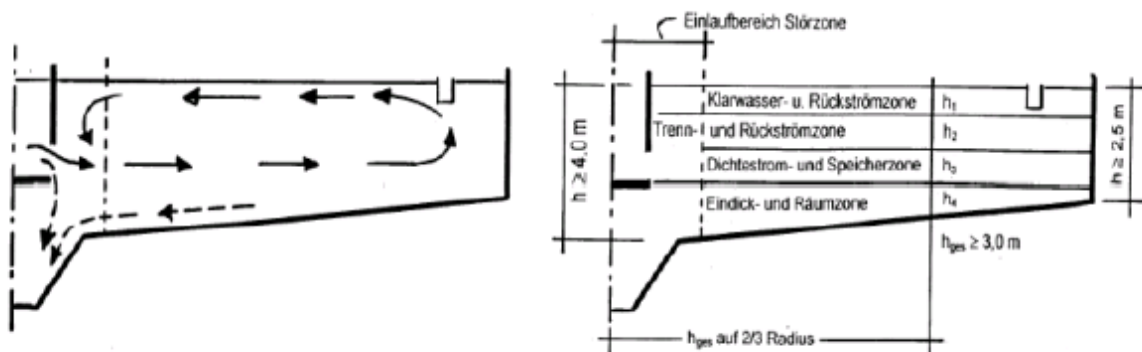
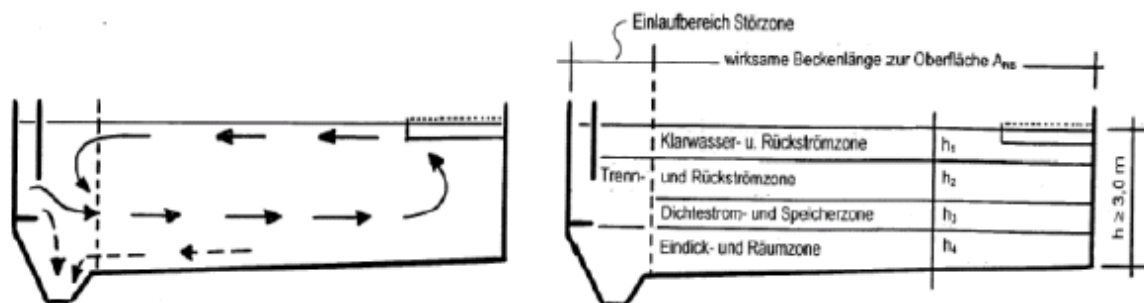


Bild 7: Hauptströmungsrichtungen und funktionale Beckenzonen von längsdurchströmten Rechteckbecken



- ☐ Bei vertikal durchströmten Trichterbecken können die Teilvolumina V_2 bis V_4 für die Speicherzone, die Eindickzone und evtl. die Trennzone durch Multiplikation der Oberfläche A_{NB} mit den entsprechenden Zonentiefen h_2 bis h_4 in den Bereich des Trichters gelegt werden (A 131, Bild 8; siehe oben).
- ☐ Bei getauchten Ablaufrohren ist ein Abstand von 0,30 m zwischen Oberkante Trennzone und den Eintrittsöffnungen der Rohre ausreichend. Um den Eintritt von Schwimmschlamm in die Abzugsrohre zu vermeiden, muss der Wasserspiegel mindestens 0,20 m über den Eintrittsöffnungen liegen.

Zu Kap. 4.8

- ☐ Durch großtechnische Belastungsversuche kann der Bemessungsfall nachgewiesen werden.
- ☐ Unterschreitet die vorhandene Beckentiefe die geforderten Mindestwerte (☞ Kap. 4.7), ist eine Abminderung des Nachklärbeckenzuflusses empfehlenswert.
- ☐ Eine Weiternutzung bestehender Nachklärbecken mit einer Gesamtwassertiefe unter 2,0 m ist im allgemeinen unwirtschaftlich und betrieblich nicht sinnvoll.

Zu Kap. 5.2

Verfahrenstechnik

Abhängig vom Reinigungsziel ergeben sich die folgenden Variationsmöglichkeiten bei der Auswahl der Verfahrenstechnik:

- ☐ **Stickstoffelimination (Nitrifikation und Denitrifikation)**

Zur Stickstoffelimination ist eines der folgenden Verfahren mit belüftetem (aerobem) und unbelüftetem (anoxischem) Belebungsbecken ($V_N + V_{DN}$) auszuwählen:

 - ☐ Vorgeschaltete Denitrifikation
 - ☐ Kaskadendenitrifikation
 - ☐ Simultane Denitrifikation
 - ☐ Alternierende Denitrifikation
 - ☐ Intermittierende Denitrifikation
 - ☐ Nachgeschaltete Denitrifikation
- ☐ **Phosphorelimination**

Zur Phosphorelimination ist eine Fällmitteldosierung zu errichten, wobei folgende Verfahren eingesetzt werden können:

 - ☐ Simultanfällung
 - ☐ Vorfällung (Empfehlung: nur in begründeten Sonderfällen, da Mindest-Versorgung der Belebungsanlage mit Phosphor beachtet werden muss)
 - ☐ Nachfällung (Empfehlung: nur in begründeten Sonderfällen, da zusätzliche Betriebs- und Baukosten für Bauwerk zur Einmischung und Sedimentation)

Anhang A 1: Erläuterungen und Ergänzungen

Zusätzlich kann ein weiteres sauerstofffreies (anaerobes) Belebungsbecken (V_{BioP}) zur biologischen Phosphorelimination (Bio-P) vorgesehen werden, das als Ergänzung zur P-Fällung betrieben wird (Einsparung Fällmittelbedarf).

☐ **Schlammstabilisierung**

Für die Schlammstabilisierung ist eines der folgenden Verfahren auszuwählen:

- ☐ Anaerobe Schlammstabilisierung; Betrieb mit Vorklärung und Faulung
- ☐ Aerobe Schlammstabilisierung; Betrieb ohne Vorklärung mit simultaner aerober Stabilisierung in belüfteten Belebungsbecken

Empfehlung zur Verfahrensauswahl in Abhängigkeit der Bemessungsschmutzfracht $B_{\text{d,CSB,ZB}}$ im Rohabwasser (☞ Kapitel 3.4):

- ☐ Über 12.000 kgCSB/d (100.000 EW) ist die aerobe Schlammstabilisierung nicht zu empfehlen.
- ☐ Ab 4.800 kgCSB/d (40.000 EW) kann die anaerobe Stabilisierung in Erwägung gezogen werden.

Darüberhinaus sind bei der Verfahrenswahl unabhängig vom Reinigungsziel folgende Kriterien zu beachten:

- ☐ Einbindung in Anlagenbestand
- ☐ Optimierungspotentiale des Anlagenbestandes nutzen
- ☐ Baugrund- und Grundwasserverhältnisse
- ☐ Wasserstände im Gewässer
- ☐ Bauleitplanungsunterlagen
- ☐ Flächenrestriktionen (Leitungen, Kabel, Bodenverunreinigungen)
- ☐ Erweiterungsflächen nach Größe und Geometrie

Gegebenenfalls sind bei der Verfahrenswahl außerdem die folgenden Punkte zu beachten:

- ☐ **Aerober Selektor (V_{Sel})** zur Verbesserung des Schlammindex und Vermeidung von Blähschlamm (fadenförmige Organismen). Die Ausführung eines aeroben Selektors wird nicht empfohlen (☞ Anhang A 1 zu Kap. 5.6)

☐ **Anaerobes Mischbecken (V_{BioP})**

Vorschaltung eines sauerstofffreien (anaeroben) Mischbeckens zur biologischen Phosphorelimination, das gleichzeitig als Selektor dient. V_{BioP} (☞ Kap. 5.4.3) darf nicht dem unbelüfteten Volumen V_{DN} zugerechnet werden. Ein anaerobes Mischbecken kann die Fällmitteldosierung nur ergänzen, nicht ersetzen. Ein anaerobes Mischbecken dient ebenfalls zur Verbesserung des Schlammindex und Vermeidung von Blähschlamm (fadenförmige Organismen).

☐ **Pilotanlagen für Vorversuche**

Dabei sind folgende Kriterien zu beachten:

- ☐ Mindestens halbtechnischer Maßstab
- ☐ Versuchsdauer mindestens ein halbes Jahr
- ☐ Ggf. Versuchsbetrieb auch in kalter Jahreszeit bei $T_{2\text{WM,min}}$.
- ☐ Ggf. Versuchsbetrieb auch im Zeitraum von Sonderlastfällen
- ☐ Praxisnahe Betriebsverhältnisse

- ☐ **Dynamische Simulationen** im Vorfeld der Bemessung.
- ☐ Aus Vorversuchen oder aus dynamischen Simulationen gewonnene Erkenntnisse sind in die Bemessung einzubeziehen, z.B.:
 - ☐ Unterteilung in anaerobe, anoxische und aerobe Zonen; ggf. variable Unterteilung der Zonen, z.B. in Abhängigkeit der Abwassertemperatur oder der Belastungsverhältnisse.
 - ☐ Erforderliches Schlammalter (☞ Kap. 5.3)
 - ☐ Schlammproduktion (☞ Kap. 5.5)
 - ☐ Sauerstoffverbrauch und Anforderungen an die MSR-Technik der Sauerstoffzufuhr (☞ Anhang A 2)
- ☐ Außer den oben aufgelisteten Verfahren zur Stickstoffelimination gibt es weitere zum Teil patentierte **Sonderverfahren**. Empfehlung: Vor Anwendung eines Sonderverfahrens sind zum Nachweis der Funktion Vorversuche durchzuführen.

Zu Kap. 5.3

Beruhet die Datenbasis auf 2- bzw. 4-Wochen-Mitteln (☞ Kap. 2.4.2, 3.4) und liegt die Bemessungsschmutzfracht $B_{d,CSB,ZB}$ im Lastfall 2 (Periode mit höchster maßgebender Temperatur) höher als im Lastfall 1 (Periode mit Bemessungstemperatur), ist außer dem Bemessungsschlammalter auch das Schlammalter bei höchster maßgebender Temperatur zu ermitteln.

Zu Kap. 5.3.1

- ☐ Abweichend von A 131 gilt $SF = 1,80$ nur für Anlagen bis zu 10.000 EW anstatt bis zu 20.000 EW. Für Anlagen zwischen 10.001 und 99.000 EW ergeben sich dadurch um bis zu ca. 0,05 kleinere Sicherheitsfaktoren SF .
- ☐ Wurde im Rahmen einer zusätzlichen Abwasseruntersuchung (☞ Kap. 2.4.2) f_N ermittelt und liegt der gemessene f_N -Wert unter 1,8, kann ggf. bei Anlagen mit $B_{d,CSB,ZB,roh} < 12.000$ bzw. $B_{d,CSB,ZB,sed} < 9.000$ kg/d (für $t_{A,VKB} = 0,5 - 1,0$ h bei $Q_{T,2h,max}$) SF auf den gemessenen f_N -Wert abgesenkt werden, jedoch nicht unter den Mindestwert von 1,45.
- ☐ Erfolgt ein Tagesausgleich gilt unabhängig von $B_{d,CSB,ZB}$ ein Sicherheitsfaktor SF von 1,45. Für Anlagen mit $B_{d,CSB,ZB,roh} \geq 12.000$ bzw. $B_{d,CSB,ZB,sed} \geq 9.000$ kg/d (für $t_{A,VKB} = 0,5 - 1,0$ h bei $Q_{T,2h,max}$) kann also keine Abminderung von SF erfolgen.
- ☐ Ist die Abwassertemperatur stets größer 12 °C kann zur Berechnung von t_{TS} das tiefste 2-Wochen-Mittel der Abwassertemperatur (niedrigster Wert der Ganglinie ☞ Kap. 3.2) eingesetzt werden.
- ☐ Empfehlung: Als Mindesttemperatur für die Bemessung einer Belebungsanlage sind 8 °C anzusehen. Bei kleineren Temperaturen als 8 °C ist die biologische Aktivität stark eingeschränkt und das Bemessungsergebnis unter Umständen unzuverlässig. Liegt der niedrigste Wert der Ganglinie unter 8 °C, werden für die maßgebende tiefste Abwassertemperatur 8 °C eingesetzt.

Zu Kap. 5.3.2

Stickstoffbilanz

Mit anlagenspezifischem Nachweis kann die Umrechnung

$$\frac{\text{Konzentration in der 24-h-Mischprobe}}{\text{Maximale Konzentration in der qualifizierten Stichprobe}}$$

auch in folgendem Bereich durchgeführt werden: $S_{\text{NO}_3, \text{AN}} = 0,8 \text{ bis } 0,6 * S_{\text{anorgN, ÜW}}$.

Hinweis: In Kapitel 8 erfolgt der rechnerische Nachweis der 70 %-N-Verminderung mit folgendem Verhältniswert:

$$\frac{\text{Konzentration in der 24-h-Mischprobe}}{\text{Maximale Konzentration in der qualifizierten Stichprobe}} = 1 / 1,2 = 0,84.$$

Die Berechnung von $S_{\text{NO}_3, \text{AN}}$ mit dem Verhältniswert von 0,6 – 0,8 (ohne Nachweis Empfehlung: 0,7) führt im weiteren Bemessungsverlauf zu größeren Belebungsbecken als mit dem Verhältniswert 0,84. Die Bemessung liegt somit auf der sicheren Seite.

Volumenanteil Denitrifikation V_D / V_{BB}

- ☐ Denitrifikationskapazität für $V_D / V_{\text{BB}} < 0,2$ (nicht empfohlen):

V_D / V_{BB}	Erforderliche Denitrifikationskapazität $S_{\text{NO}_3, \text{D}} / C_{\text{CSB, ZB}}$	
	Vorgeschaltete Denitrifikation und vergleichbare Verfahren	Simultane und intermittierende Denitrifikation
< 0,1	0	0
0,1	0,040	0,015

- ☐ Denitrifikationsvolumen kleiner $V_D / V_{\text{BB}} = 0,2$ und größer $V_D / V_{\text{BB}} = 0,5$ werden zur Bemessung nicht empfohlen.
- ☐ Bei alternierender Denitrifikation kann die erforderliche Denitrifikationskapazität als Mittelwert zwischen vorgeschalteter und intermittierender Denitrifikation angenommen werden.
- ☐ Für Temperaturen über 12 °C kann die Denitrifikationskapazität um 1 % pro °C erhöht werden.
 Empfehlung: Für Temperaturen unter 10 °C ist dementsprechend die Denitrifikationskapazität um 1 % pro °C zu verringern (Mindesttemperatur 8 °C).
- ☐ Ist $S_{\text{NO}_3, \text{D}} / C_{\text{CSB, ZB}} > 0,075$, so ist neben dem maximalen DN-Volumen ($V_D / V_{\text{BB}} = 0,5$) einer oder mehrere der folgenden verfahrenstechnischen Schritte in der Planung vorzusehen; für die Ausführung solcher Maßnahmen wird empfohlen, zunächst gesicherte betriebliche Erfahrungen abzuwarten und auf der Basis realer Betriebsdaten und ggf. durchgeführter Vorversuche angemessen nachzurüsten:
- ☐ Verkleinerung der Vorklärung
 - ☐ Zeitweise Umfahrung der Vorklärung
 - ☐ Vorbehandlung interner Rückflüsse (z.B. Pufferung / Tagesausgleich, Reinigungsstufe)

☐ Zugabe von externem Kohlenstoff

Der Bedarf an externem Kohlenstoff beträgt ca. 5 kg CSB pro kg zu denitrifizierendem Nitratstickstoff. Die mittlere erforderliche Aufstockung des CSB errechnet sich somit aus:

$$S_{\text{CSB,Dos}} = 5 \cdot S_{\text{NO}_3, \text{D,Ext}}$$

Die erforderliche Substratmenge errechnet sich daraus zu

$$B_{\text{d,CSB,Dos}} = S_{\text{CSB,Dos}} \cdot Q_{\text{T,d,aM}}$$

Der CSB handelsüblicher Kohlenstoffquellen kann A 131, Tab. 4 entnommen werden:

Parameter	Methanol	Ethanol	Essigsäure
Dichte in kg/m ³	790	780	1.060
CSB in kg/kg	1,50	2,09	1,07
CSB in g/l	1.185	1.630	1.135

Für andere Kohlenstoffquellen ist der CSB und ggf. die Denitrifikationskapazität vorher zu bestimmen.

Methanol kann nur im Dauereinsatz angewandt werden, weil sich spezielle Denitrifikanten entwickeln müssen (Adaption).

Beim Einsatz von Essigsäure ist auf die Einhaltung der Restsäurekapazität

$$S_{\text{KS,AB}} \geq 1,5 \text{ mmol/l zu achten (} \Rightarrow \text{ Kap. 7).}$$

Nachweis Nitrifikation bei $T_{2\text{wM,min}}$

- ☐ Liegen keine verwertbaren Messwerte für die maßgebende tiefste Abwassertemperatur $T_{2\text{wM,min}}$ vor, wird $T_{2\text{wM,min}}$ folgendermaßen ermittelt:

☐ $T_{2\text{wM,min}} = T_{\text{ÜW}} - 2$, wenn eine Abkühlung des Abwassers unter 10 °C im 2-Wochen-Mittel nicht zu erwarten ist.

☐ $T_{2\text{wM,min}} = T_{\text{ÜW}} - 4$, wenn in extremen Lagen mit stärkerer Abkühlung zu rechnen ist.

- ☐ Ist $B_{\text{d,CSB,ZB}}$ bei $T_{2\text{wM,min}}$ und T_{Bem} unterschiedlich ($\Rightarrow$ Kap. 2.4.2, 3.4), ist statt $t_{\text{TS,Bem}}$ das tatsächliche Schlammalter t_{TS} bei der Temperatur $T_{2\text{wM,min}}$ zu ermitteln und in obige Gleichung einzusetzen.

- ☐ Ergibt obige Gleichung für $V_{\text{D}} / V_{\text{BB}}$ einen negativen Wert, wird $V_{\text{D}} / V_{\text{BB}} = 0$ gesetzt und damit SF berechnet:

$$\text{SF} = \frac{t_{\text{TS,Bem}}}{3,4 \cdot 1,103^{(15 - T_{2\text{wM,min}})}}$$

Bei $\text{SF} \geq 1,2$ kann die Nitrifikation mit $V_{\text{D}} / V_{\text{BB}} = 0$ geplant werden (gesamtes DN-Volumen im Winter für Nitrifikation belüftbar).

Bei $\text{SF} < 1,2$ ist das belüftbare Beckenvolumen zu vergrößern.

- ☐ Die Restsäurekapazität im Ablauf der Belebungsanlage ist auch im Winterbetrieb bei reduziertem Rückgewinn durch die verkleinerte Denitrifikation nachzuweisen ($\Rightarrow$ Kap. 7).

Mindest-Denitrifikationsvolumen

- Gegenüber A 131, Kap. 5.2.1.3 ergibt sich folgende Änderung:
Führt der Nachweis der Nitrifikation bei $T_{2WM,min}$ (☞ Kap. 5.3.2) zu DN-Volumenanteilen $V_D / V_{BB} < 0,2$, muss zusätzliches unbelüftetes DN-Volumen vorgesehen werden, um den geforderten Mindest-DN-Volumenanteil von 20 % ganzjährig zu erhalten.
- Die Restsäurekapazität im Ablauf der Belebungsanlage ist auch im Winterbetrieb bei reduziertem Rückgewinn durch die Mindest-Denitrifikation nachzuweisen (☞ Kap. 7).
- Hinweis zum Betrieb: Wird im Winterbetrieb V_{BioP} als zusätzliches DN-Volumen genutzt, ist zu beachten, daß zur Wiederinbetriebnahme der Bio-P eine entsprechende Anfahrphase vorzusehen ist.

Zu Kap. 5.3.3

- Der Anteil des DN-Volumens darf im tatsächlichen Betrieb nur so weit erhöht werden, dass keine Beeinträchtigungen durch eine nicht vollständige Schlammstabilisierung auftreten (z.B. Geruchsprobleme);
Empfehlung: Maximal $V_D / V_{BB} = 0,4$.
- Hinweis zum Betrieb, um die aerobe Stabilisierung des Schlammes zu gewährleisten (Vermeidung von Geruchsproblemen und von verschlechterter Entwässerbarkeit; siehe auch Korrespondenz Abwasser Dezember 2003, Untersuchung von Belebungsanlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung unter besonderer Berücksichtigung der Blähschlamm- und des Stabilisierungsgrades; Herbert Bauer):

Das aerobe Schlammalter ist unter Betriebsbedingungen ganzjährig regelmäßig (Empfehlung: 1 x monatlich) folgendermaßen zu überprüfen:

$$t_{TS,aerob} = \frac{V_N * TS_{BB}}{\dot{U}_{S,d}} = \frac{V_N * TS_{BB}}{Q_{\dot{U}_{S,d}} * TS_{\dot{U}_{S,d}}}$$

Dabei sind folgende Mindestschlammalter einzuhalten: $t_{TS,aerob} \geq 20 \text{ d}$ bei $T < 12 \text{ °C}$
 $t_{TS,aerob} \geq 16 \text{ d}$ bei $T \geq 12 \text{ °C}$.

Bei intermittierender Denitrifikation ist $V_N = \frac{t_N}{t_T} * V_{BB}$ (☞ Kap. 6.2).

Wird $t_{TS,aerob} < 20 \text{ d}$ bzw. $< 16 \text{ d}$ ermittelt, ist der belüftete Volumenanteil V_N zu erhöhen bzw. V_D / V_{BB} zu verringern.

- Erfolgt in begründeten Sonderfällen keine gezielte Denitrifikation, ist das Bemessungsschlammalter folgendermaßen festzulegen:

$$t_{TS,Bem} \geq 20 \text{ d}.$$

- Für Bemessungstemperaturen $T_{Bem} > 12 \text{ °C}$, kann das Schlammalter mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$t_{TS,Bem} \geq 25 * 1,072^{(12-T)}.$$

Bei $T_{Bem} < 12 \text{ °C}$ wird das Bemessungsschlammalter $t_{TS,Bem} = 25 \text{ d}$ beibehalten.

- Sind Schlammteiche oder andere Becken mit mindestens einjähriger Lagerdauer des flüssigen Schlammes zur anaeroben Nachstabilisierung vorhanden, kann das Schlammalter, auch wenn gezielte Denitrifikation gefordert wird, auf $t_{TS,Bem} = 20 \text{ d}$ verringert werden.

Zu Kap. 5.4.1

- ☐ Für Überwachungswerte von $C_{P,\text{ÜW}} < 1,0 \text{ mg/l}$ in der qualifizierten Stichprobe bzw. $C_{P,\text{ÜW}} < 0,7 \text{ mg/l}$ in der 24-h-Mischprobe lassen sich einstufige Belebungsanlagen nicht dimensionieren.

Empfehlung: In diesen Fällen erfolgt die Bemessung mit $C_{P,\text{AN}} = 0,5 \text{ mg/l}$.

Zusätzlich zur Fällung und ggf. Bio-P in der Belebungsanlage sind weitere Verfahrensschritte zur P-Elimination erforderlich, um die geforderte Reinigungsleistung sicherzustellen.

- ☐ Steigt bei tieferen Temperaturen ($T < 12 \text{ °C}$) $S_{\text{NO}_3,\text{AN}} \geq 15 \text{ mg/l}$, kann bei Betrieb eines vorgeschalteten anaeroben Mischbeckens $X_{P,\text{BioP}}$ folgendermaßen berechnet werden:

$$X_{P,\text{BioP}} = 0,0025 \text{ bis } 0,005 * C_{\text{CSB,ZB}}$$

Empfehlung: $X_{P,\text{BioP}} = 0,002 * C_{\text{CSB,ZB}}$ (Begründung: Vereinheitlichung zu den beiden nachfolgenden Unterpunkten)

- ☐ In Anlagen mit vorgeschalteter Denitrifikation oder Kaskadendenitrifikation, aber ohne anaerobes Becken kann eine Bio-P von $X_{P,\text{BioP}} \leq 0,002 * C_{\text{CSB,ZB}}$ (Empfehlung: $X_{P,\text{BioP}} = 0,002 * C_{\text{CSB,ZB}}$) angenommen werden.
- ☐ Wird bei tiefer Temperatur die interne Rezirkulation in das anaerobe Becken geleitet (Winterbetrieb bei vorgeschalteter Denitrifikation; Zuordnung V_{BioP} zu V_{D} Kap. 5.3.2), kann mit $X_{P,\text{BioP}} \leq 0,002 * C_{\text{CSB,ZB}}$ (Empfehlung: $X_{P,\text{BioP}} = 0,002 * C_{\text{CSB,ZB}}$) gerechnet werden.

Zu Kap. 5.4.2

Zur Simultanfällung mit Kalk wird Kalkmilch in der Regel in den Zulauf Nachklärung dosiert, um den pH-Wert anzuheben und hierdurch die Fällung herbeizuführen. Der Kalkbedarf richtet sich in erster Linie nach der Säurekapazität (ATV-Arbeitsblatt A 202).

Empfehlung: Nur in begründeten Sonderfällen (Kap. 7) und mit Vorversuchen.

Zu Kap. 5.5.1

Wird zur Verbesserung der Denitrifikation regelmäßig externer Kohlenstoff dosiert, sind bei $S_{\text{CSB,Dos}} \geq 10 \text{ mg/l}$ (bezogen auf $Q_{T,d,\text{aM}}$) bzw. $S_{\text{NO}_3,\text{D,Ext}} \geq 2 \text{ mg/l}$ in den Gleichungen bzw. der Tabelle des Kap. 5.5.1 folgende Änderungen erforderlich:

- ☐ $B_{d,\text{CSB,ZB}}$ ist um den Wert $Q_{T,d,\text{aM}} * S_{\text{CSB,Dos}} / 1000$ zu erhöhen.
- ☐ $C_{\text{CSB,ZB}}$ ist um den Wert $S_{\text{CSB,Dos}}$ zu erhöhen.

Bei $S_{\text{CSB,Dos}} < 10 \text{ mg/l}$ wird die zusätzliche Schlammproduktion vernachlässigt.

Zu Kap. 5.5.2

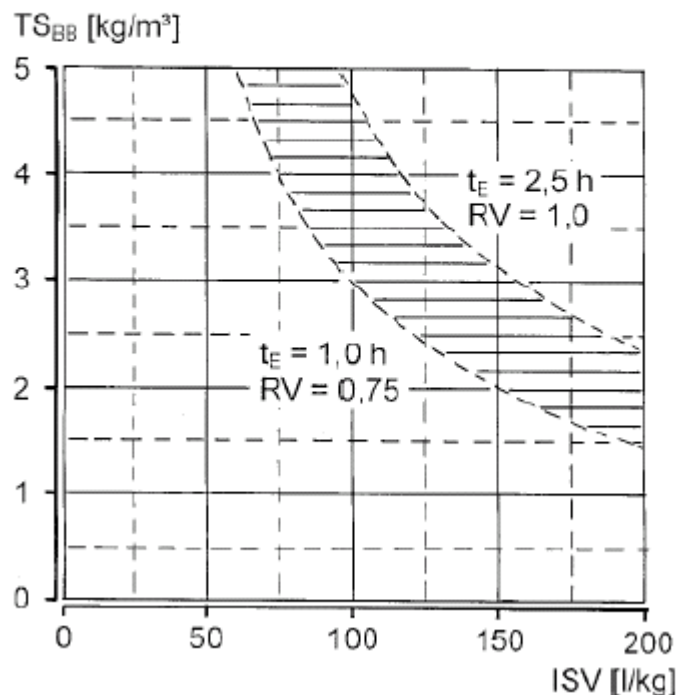
Wird zur Fällung Kalk eingesetzt, beträgt die zusätzlich zu berücksichtigende Schlammproduktion 1,35 kg TS / kg Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); siehe auch ATV-Arbeitsblatt A 202 (Anwendung nur in begründeten Sonderfällen → Kap. 5.4.2).

Zu Kap. 5.6

Bemessung Belebungsbecken ohne Bemessung Nachklärung

Für die Berechnung des Belebungsvolumens ist zunächst die Festlegung des Trockensubstanzgehaltes in der Belebungsanlage TS_{BB} erforderlich, die im Rahmen der Bemessung der Nachklärung erfolgt (→ Kap. 4.4). Für eine Vorbemessung des Belebungsvolumens ohne Bemessung der Nachklärung kann TS_{BB} aus Bild 4, A 131 abgeschätzt werden:

Bild 4: Richtwerte für den Schlamm Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken in Abhängigkeit vom Schlammindex für $\text{TS}_{\text{RS}} = 0,7 \times \text{TS}_{\text{BS}}$



Erläuterung der Eingangsparameter in Bild 4, A 131:

- ☐ ISV: Schlammindex (→ Kap. 3.5).
- ☐ t_E : Erforderliche Eindickzeit (→ Kap. 4.2).

Kaskadendenitrifikation

In den Gleichungen des Kap. 5.6 ist bei Becken mit Kaskadendenitrifikation $\text{TS}_{\text{BB, Kask}}$ an Stelle von TS_{BB} einzusetzen. Dabei ist $\text{TS}_{\text{BB, Kask}} > \text{TS}_{\text{AB}}$ bzw. TS_{BB} .

V_{BioP} bei T_{2wM,min} als DN-Volumen

Bei Belebungsanlagen mit Bio-P kann V_{BioP} (☞ Kap. 5.4.3) ggf. als wahlweise mit interner Rezirkulation beschickbare AN/DN-Zone gestaltet und bei T_{2wM,min} dem DN-Volumen zugerechnet werden.

Bemessung eines aeroben Selektors

Ein vorgeschalteter aerober Selektor kann in das Verfahrenskonzept aufgenommen werden, um die Gefahr von fadenförmigem Bakterienwachstum zu verringern (ähnliche Wirkung auf den Schlammindex wie ein anaerobes Mischbecken ☞ Kap. 5.4.3).

Das Volumen eines aeroben Selektors V_{Sel} wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$V_{\text{Sel}} = B_{d,\text{CSB,ZB}} / B_{R,\text{CSB}}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- ☐ B_{d,CSB,ZB}: CSB-Bemessungsschmutzfracht im Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.4).
- ☐ Empfohlene CSB-Raubelastung B_{R,CSB} = 20 kgCSB/(m³*d).

Ausführungsdetails:

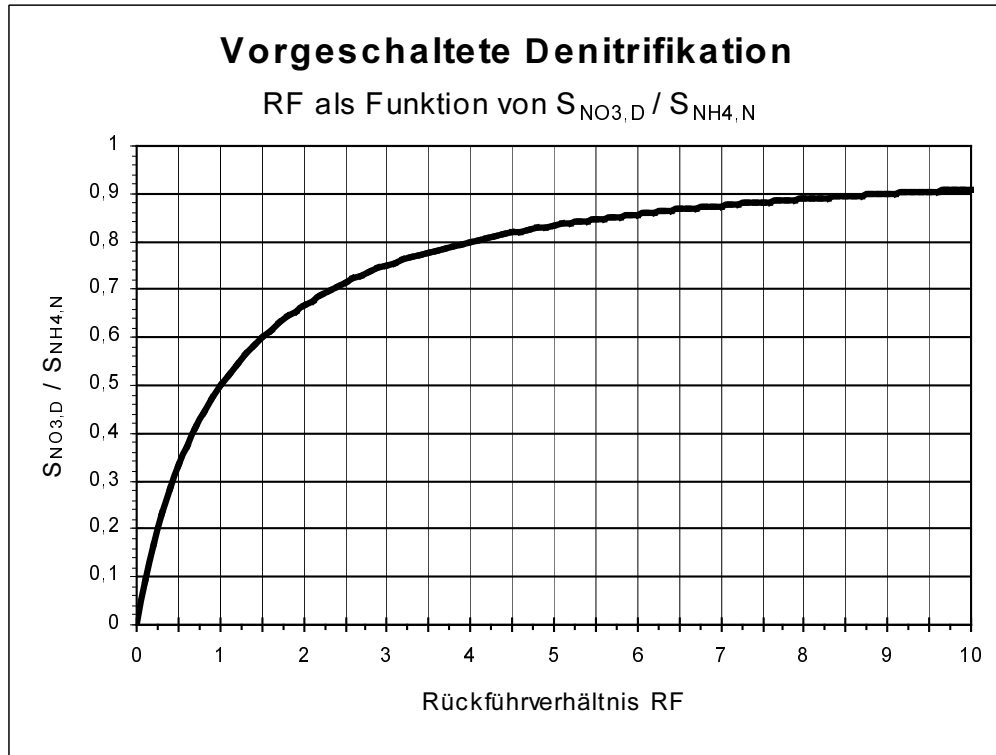
- ☐ Ein aerober Selektor sollte mindestens einmal (Zweierkaskade) unterteilt werden.
- ☐ Die Sauerstoffzufuhr wird für mindestens αOC = 4 kgO₂/(m³*d) ausgelegt (☞ Anhang A 2).

Empfehlung: Die CSB-Abnahme im vorgeschalteten belüfteten Selektor wirkt sich nachteilig auf die Denitrifikation aus. Besteht die Gefahr fadenförmigen Bakterienwachstums (z.B. bei Abwässern mit hohem Anteil leicht abbaubarer organischer Stoffe) ist daher ein anaerobes Mischbecken einem aeroben Selektor vorzuziehen. Zudem können sich im anaeroben Mischbecken durch Bio-P Einsparungen im Fällmittelbedarf ergeben. Darüberhinaus ist Ausrüstung und Betrieb eines unbelüfteten Beckens einfacher und kostengünstiger. Ein aerober Selektor ist somit nur in begründeten Sonderfällen vorzusehen.

Zu Kap. 6.1

Ablesung Rückführverhältnis RF

Das erforderliche Rückführverhältnis RF kann auch aus folgender Grafik abgelesen werden:



Erläuterung der Komponenten obiger Grafik:

- ☐ $S_{\text{NO}_3, \text{D}}$: Im Tagesmittel zu denitrifizierende Nitratstickstoffkonzentration (☞ Kap. 5.3.2).
- ☐ $S_{\text{NH}_4, \text{N}}$: Im Tagesmittel zu nitrifizierende Ammoniumstickstoffkonzentration (☞ Kap. 5.3.2).

Wirkungsgrad Denitrifikation bei Kaskadenanlagen

Bei der Kaskadendenitrifikation wird der Wirkungsgrad über den der letzten Stufe zugeführten Frachtanteil x bestimmt:

$$\eta_{\text{D}} \leq 1 - \frac{1}{x * (1 + \text{RV})} \cdot$$

Ggf. ist eine interne Rezirkulation zu berücksichtigen:

$$\eta_{\text{D}} \leq 1 - \frac{1}{x * (1 + \text{RF})} \cdot$$

Zu Kap. 6.2

Eine Taktdauer $t_{\text{T}} < 2 \text{ h}$ wird nicht empfohlen.

Zu Kap. 7

- ☐ Der freie Säure- und Laugenanteil bestimmter Fällmittel muss ggf. gesondert berücksichtigt werden.
- ☐ Der Nachweis ist ggf. für den ungünstigsten Lastfall, d. h. bei weitgehender Nitrifikation und eingeschränkter Denitrifikation (Winterbetrieb → Kap. 5.3.2) sowie höchster Fällmitteldosierung (keine Bio-P; $X_{P,Fäll}$ mit $X_{P,BioP} = 0$; → Kap. 5.4.1) zu führen.
- ☐ In tiefen Belebungsbecken ($T \geq 6$ m) mit hoher Sauerstoffausnutzung kann trotz ausreichender Säurekapazität wegen einer zu geringen Strippung der biogen gebildeten Kohlensäure (CO_2) der pH-Wert unter 6,6 absinken. Eine Abschätzung der pH-Werte im Belebungsbecken in Abhängigkeit der Sauerstoffausnutzung und der Restsäurekapazität $S_{KS,AB}$ ist A 131, Tabelle 9 zu entnehmen. Die Sauerstoffausnutzung ist für Betriebsbedingungen zu ermitteln (A 131; Literaturhinweis [4]).

Zu Kap. 8

- ☐ Durch Vorgabe eines Mindest-Denitrifikationsvolumens ergeben sich im Winterbetrieb im Vergleich zum Bemessungsbetrieb Phasen mit höheren N-Ablaufwerten. Durch den Nachweis des maximalen DN-Volumens im Sommerbetrieb wird dies durch Phasen mit niedrigeren N-Ablaufwerten ausgeglichen. Dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit deutlich, dass die 70 %-N-Verminderung erreicht wird.
- ☐ In Abhängigkeit der N-Konzentration im Rohabwasser ohne interne Rückbelastungen $C_{N,Z}$ können im Hinblick auf eine Einhaltung der 70 %-N-Verminderung für Verhältniswerte $N/CSB < 0,125$ aufgrund bestehender Erfahrungen folgende Aussagen getroffen werden:
 - ☐ Bei $C_{N,Z}$ über ca. 50 mg/l gelingt der Nachweis der 70 %-Verminderung in aller Regel und es können (insbesondere bei Anlagen der GK 5) wasserrechtlich höhere Ablaufwerte zugelassen werden (mit 70 %-Verminderung $N_{anorg,ÜW} > 13$ mg/l).
 - ☐ Bei $C_{N,Z}$ unter ca. 50 mg/l wird in der Regel die Dosierung einer externen C-Quelle und ggf. die Reduzierung bzw. Vergleichmäßigung der Rückbelastung erforderlich.
 - ☐ Bei $C_{N,Z}$ unter 20 mg/l ist die Verdünnung zu groß, um in der Kläranlage eine 70 %-N-Verminderung nachweisen zu können (Empfehlung: Fremdwassersanierung).
 - ☐ Bei $C_{N,Z}$ über ca. 83 mg/l (z.B. durch industrielle Einleitungen) wird der zulässige maximale Anforderungswert von 25 mg/l maßgebend. In einem solchen Fall sind Vorbehandlungsmaßnahmen zur Reduzierung hochbelasteter stickstoffhaltiger Indirekteinleitungen anzustreben. Zusätzlich kann die Dosierung einer externen C-Quelle und ggf. die Reduzierung bzw. Vergleichmäßigung der Rückbelastung erforderlich werden.
- ☐ In Kapitel 5.3.2 erfolgt die Berechnung der Ablaufkonzentration des Nitratstickstoffes $S_{NO_3,AN}$ in der 24-h-Mischprobe aus der Mindestanforderung S_{anorgN} in der qualifizierten Stichprobe mit dem Faktor 0,7. Mit dem hier angesetzten Wert f_{Probe} von 1,2 würde der Faktor (1/1,2) 0,83 betragen. In der Bemessung wird somit gegenüber dem rechnerischen Nachweis ein kleinerer Faktor eingesetzt, der zu einem geringeren $S_{NO_3,AN}$ führt, woraus sich im weiteren Bemessungsverlauf größere Belebungsvolumina ergeben. Gegenüber dem rechnerischen Nachweis anhand von Betriebsdaten liegt die Bemessung somit auf der sicheren Seite.

Zu Kap. 9

Die Einstufung einer bestehenden Abwasserbehandlungsanlage kann nur verändert werden, wenn ein Neubau erfolgt.

Beispiel 1: Eine bestehende Abwasserbehandlungsanlage hat einen bisherigen Bemessungswert $B_{d,CSB,Z}$ von 13.200 kg/d bzw. eine Ausbaugröße von $(13.200 / 0,12)$ 120.000 EW (Größenklasse 5). Die aktuelle Ermittlung des Bemessungswertes (Ist-Zustand + Prognose) ergibt ein $B_{d,CSB,Z}$ von 10.800 kg/d, was einer Ausbaugröße von $(10.800 / 0,12)$ 90.000 EW entsprechen würde.

In der Abwasserbehandlungsanlage wird lediglich die Rechenanlage erneuert und ein Teil der Belebungsbecken saniert.

Der Bestand für 120.000 EW wird somit beibehalten und eine Reduzierung auf 90.000 EW und somit eine neue Einstufung in Größenklasse 4 statt 5 ist nicht möglich.

Beispiel 2: Die Ausgangssituation ist wie in Beispiel 1. Allerdings wird die gesamte Anlage für eine Ausbaugröße von 90.000 EW neu gebaut. Die neue Anlage kann somit der Größenklasse 4 zugeordnet werden.

Leitfaden Bemessung einstufiger Belebungsanlagen
Anhang A 1: Erläuterungen und Ergänzungen

1. Allgemeines

Die Sauerstoffzufuhr ist für alle maßgebenden Temperaturen (T_{Bem} , $T_{2\text{WM,max}}$, ggf. $T_{2\text{WM,min}}$) zu ermitteln (→ Kap. 2.2).

Liegen keine Betriebswerte vor, wird folgende Festlegung empfohlen:

$T_{2\text{WM,min}} = 8\text{ °C}$; $T_{2\text{WM,max}} = 20\text{ °C}$ zu wählen.

2. Sauerstoffverbrauch Kohlenstoffelimination und endogene Atmung

Die Berechnung des Sauerstoffverbrauches der Kohlenstoffelimination und der endogenen Atmung $OV_{\text{C,CSB}}$ unterteilt sich in folgende Schritte:

- Berechnung des spezifischen Sauerstoffverbrauches $OV_{\text{C,CSB}}$ mit folgender Gleichung:

$$OV_{\text{C,CSB}} = 0,5 * (0,56 + \frac{0,15 * t_{\text{TS}} * F_{\text{T}}}{1 + 0,17 * t_{\text{TS}} * F_{\text{T}}}) \quad [\text{kg O}_2 / \text{kg CSB}]$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- t_{TS} : Schlammalter (→ Kap. 5.3).

Im Sommerbetrieb ($T_{2\text{WM,max}}$) ist es zulässig, mit einem niedrigeren Schlammalter und entsprechend geringerem Trockensubstanzgehalt TS_{BB} zu arbeiten und dies bei den Berechnungen zu berücksichtigen.

- F_{T} : Temperaturfaktor für endogene Veratmung; $F_{\text{T}} = 1,072^{(T-15)}$ mit maßgebender Temperatur T_{Bem} , $T_{2\text{WM,max}}$ oder $T_{2\text{WM,min}}$ (→ Kap. 3.2).

Alternativ kann $OV_{\text{C,CSB}}$ aus folgender Tabelle abgelesen werden (A 131, Tab. 7); Zwischenwerte sind abzuschätzen:

$OV_{\text{C,CSB}}$ in kg/kg		Schlammalter in d					
		4	8	10	15	20	25
T in °C	10	0,425	0,495	0,520	0,565	0,590	0,610
	12	0,435	0,510	0,535	0,575	0,605	0,620
	15	0,460	0,535	0,560	0,595	0,620	0,635
	18	0,480	0,555	0,580	0,615	0,635	0,650
	20	0,495	0,570	0,590	0,625	0,645	0,660

Leitfaden Bemessung einstufiger Belebungsanlagen

Anhang A 2: Bemessung Sauerstoffversorgung

- Berechnung des Sauerstoffverbrauches $OV_{d,C}$:

$$OV_{d,C} = B_{d,CSB,ZB} * OV_{C,CSB} \quad [\text{kg O}_2 / \text{d}]$$
 Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:
 - $B_{d,CSB,ZB}$: CSB-Bemessungsschmutzfracht im Zulauf Belebungsbecken (→ Kap. 3.4).
 - $OV_{C,CSB}$: Spezifischer Sauerstoffverbrauch gemäß vorhergehender Gleichung bzw. Tabelle.
- Dosierter externer Kohlenstoff ist nicht zu berücksichtigen, da davon ausgegangen werden kann, dass dieser bei der Denitrifikation mit Nitrat veratmet wird.

3. Sauerstoffverbrauch für Nitrifikation

Der Sauerstoffverbrauch für die Nitrifikation $OV_{d,N}$ kann folgendermaßen berechnet werden:

$$OV_{d,N} = Q_{T,d,aM} * 4,3 * (S_{NO3,D} - S_{NO3,ZB} + S_{NO3,AN}) / 1000 \quad [\text{kg O}_2 / \text{d}].$$

In dieser Gleichung wird der zu nitrifizierende Stickstoff $S_{NH4,N}$ indirekt aus Nitratstickstoffkonzentrationen ermittelt. Bei Verwendung dieser Gleichung ist zu beachten, dass bei Nachweisen mit anderen Temperaturen als der Bemessungstemperatur und damit verbundenen Änderungen des DN-Volumenanteiles (und somit von $S_{NO3,AN}$ bei unverändertem Reinigungsziel für die Nitrifikation) die bei Bemessungstemperatur geltenden Komponenten der Gleichung beibehalten werden müssen, um die indirekte Herleitung von $S_{NH4,N}$ nicht zu verfälschen.

Empfehlung: Wird gemäß Stickstoffbilanz (→ Kap. 5.3.2) für die Bemessung $S_{NH4,AN} = 0 \text{ mg/l}$ gesetzt, ist folgende alternative Gleichung zur Berechnung von $OV_{d,N}$ zu verwenden; diese Gleichung hat gegenüber obiger Gleichung den Vorteil, dass sie auch bei Nachweisen mit anderen Temperaturen als der Bemessungstemperatur und damit verbundenen Änderungen des DN-Volumenanteiles (und somit von $S_{NO3,AN}$ bei unverändertem Reinigungsziel für die Nitrifikation) nicht verfälscht werden kann:

$$OV_{d,N} = Q_{T,d,aM} * 4,3 * S_{NH4,N} / 1000 \quad [\text{kg O}_2 / \text{d}].$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- $Q_{T,d,aM}$: Täglicher Abwasserabfluss bei Trockenwetter (→ Kap. 3.3).
- $S_{NH4,N}$: Im Tagesmittel zu nitrifizierende Ammoniumstickstoffkonzentration (→ Kap. 5.3.2).
- $S_{NO3,D}$: Im Tagesmittel zu denitrifizierende Nitratstickstoffkonzentration (→ Kap. 5.3.2).
- $S_{NO3,ZB}$: Nitratkonzentration im Zulauf Belebungsbecken (→ Kap. 3.4).
- $S_{NO3,AN}$: Ablaufkonzentration des Nitratstickstoffes im Tagesdurchschnitt (→ Kap. 5.3.2).

4. Sauerstoffgewinn durch Denitrifikation

Der Sauerstoffgewinn durch die Denitrifikation $OV_{d,D}$ wird folgendermaßen berechnet:

$$OV_{d,D} = Q_{T,d,aM} * 2,9 * S_{NO3,D} / 1000 \quad [\text{kg O}_2 / \text{d}]$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- $Q_{T,d,aM}$: Täglicher Abwasserzufluss bei Trockenwetter (☞ Kap. 3.3).
- $S_{NO3,D}$: Im Tagesmittel zu denitrifizierende Nitratstickstoffkonzentration (☞ Kap. 5.3.2). Wird im Winterbetrieb ($T_{2WM,min}$) mit verringertem DN-Volumenanteil (☞ Kap. 5.3.2) und folglich niedrigerer denitrifizierbarer Stickstoffkonzentration $S_{NO3,D}$ gearbeitet, ist auch hierfür ein Nachweis zu führen.

5. Sauerstoffverbrauch Tagesspitze

Der Sauerstoffverbrauch für die Tagesspitze OV_h ergibt sich aus folgenden Gleichungen; die Gleichungen sind beide zu berechnen, wobei der sich dabei ergebende größere Wert für die weitere Bemessung maßgebend ist:

$$\text{Fall 1 (} f_C = 1 \text{): } OV_h = \frac{OV_{d,C} - OV_{d,D} + f_N * OV_{d,N}}{24} \quad [\text{kg O}_2 / \text{h}]$$

$$\text{Fall 2 (} f_N = 1 \text{): } OV_h = \frac{f_C * (OV_{d,C} - OV_{d,D}) + OV_{d,N}}{24} \quad [\text{kg O}_2 / \text{h}]$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- $OV_{d,C}$: Sauerstoffverbrauch Kohlenstoffelimination (☞ siehe oben Pkt. 2).
- $OV_{d,D}$: Sauerstoffgewinn Denitrifikation (☞ siehe oben Pkt. 3).
- $OV_{d,N}$: Sauerstoffverbrauch Nitrifikation (☞ siehe oben Pkt. 4).
- f_C und f_N : Die Stoßfaktoren f_C und f_N sind bei üblichen Zulaufverhältnissen untenstehender Tabelle (A 131, Tab. 8) zu entnehmen. Die Ablesung erfolgt unabhängig vom Temperaturlastfall stets in Abhängigkeit des Bemessungsschlammalters t_{TS} bei T_{Bem} :

	Bemessungsschlammalter in d (Zwischenwerte sind abzuschätzen)					
	4	6	8	10	15	25
f_C	1,3	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1
f_N für $B_{d,CSB,ZB} \leq 2.400 \text{ kg/d}$	---	---	---	2,5	2,0	1,5
f_N für $B_{d,CSB,ZB} 2.401-12.000 \text{ kg/d}$	---	---	2,4	2,15	1,75	1,4
f_N für $B_{d,CSB,ZB} > 12.000 \text{ kg/d}$	---	---	2,0	1,8	1,5	---

- Liegen für f_N Messwerte aus einer zusätzlichen Abwasseruntersuchung vor (☞ Kap. 2.4.2) und sind die Messwerte für den zukünftigen Anlagenbetrieb repräsentativ, sind diese den obigen Tabellenwerten vorzuziehen.

Leitfaden Bemessung einstufiger Belebungsanlagen

Anhang A 2: Bemessung Sauerstoffversorgung

- Ist die Belastung der Anlage bei Inbetriebnahme im Mittel der Werktage um mehr als 30 % geringer als die Bemessungsbelastung, ist auch hierfür die Sauerstoffzufuhr mit $f_N = 1$ und $f_C = 1$ als Anhaltswert für die Abstufung der Belüftungseinrichtung zu ermitteln.

Bei großen Unterschieden (Empfehlung: > 30 %) zwischen der Sauerstoffzufuhr bei Bemessungsbelastung (siehe folgenden Pkt. 6) und der Belastung bei Inbetriebnahme kann es zweckmäßig sein, die Belüftungsleistung zunächst geringer auszulegen und die Möglichkeit zur Nachrüstung einzuplanen.

6. Erforderliche Sauerstoffzufuhr

Die erforderliche Sauerstoffzufuhr in belebtem Schlamm erf.αOC beträgt für **durchgehend belüftete Becken**:

$$\text{erf.}\alpha\text{OC} = \frac{C_S}{C_S - C_x} * OV_h \quad [\text{kg O}_2 / \text{h}].$$

Für **intermittierend belüftete Becken** gilt:

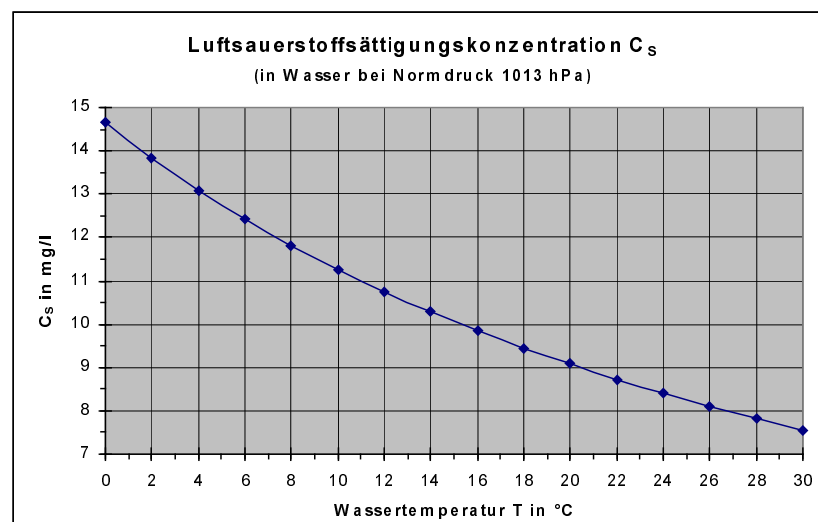
$$\text{erf.}\alpha\text{OC} = \frac{C_S}{C_S - C_x} * OV_h * \frac{1}{1 - V_D / V_{BB}} \quad [\text{kg O}_2 / \text{h}].$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- C_S : Luftsauerstoffsättigungskonzentrationen in Wasser in Abhängigkeit von der Wassertemperatur bei Normdruck 1013 hPa (nach DIN 38408 Teil 22, Entwurf):

T in °C	4	6	8	10	12	14	16
C_S [mg/l]	13,1	12,4	11,8	11,3	10,8	10,3	9,9
T in °C	18	20	22	24	26	28	30
C_S [mg/l]	9,5	9,1	8,7	8,4	8,1	7,8	7,6

Zwischenwerte können abgeschätzt oder aus folgender Grafik abgelesen werden:



- C_x : Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken; $C_x = 2,0 \text{ mg/l}$
 - Bei Umlaufbecken mit Oberflächenbelüftern kann für simultane Denitrifikation mit $C_x = 0,5 \text{ mg/l}$ gerechnet werden.
 - Hinweis: Im späteren tatsächlichen Betrieb der Belebungsbecken kann auch mit anderen als der Bemessung zugrunde gelegten Sauerstoffgehalten gearbeitet werden.
- OV_h : Sauerstoffverbrauch für die Tagesspitze (☞ siehe oben Pkt. 5)
- V_D / V_{BB} : Volumenanteil Denitrifikation (☞ Kap. 5.3.2).

Plausibilitätskontrolle Sauerstoffzufuhr: $1,0 - 2,0 \text{ kg O}_2 / \text{kg CSB}$
[erf. α OC in kg/h bezogen auf CSB-Bemessungsschmutzfracht
 $B_{d,CSB,ZB}$ in kg/d: erf. α OC x 24 / $B_{d,CSB,ZB}$]

Desweiteren sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Belüftungseinrichtung wird üblicherweise für die Sauerstoffzufuhr in Reinwasser ausgeschrieben. Der α -Wert für die Übertragung auf den Betrieb ist sowohl von der Art des Abwassers und den Eigenschaften des belebten Schlammes als auch vom Belüftungssystem selbst abhängig.
- Zur Optimierung der Schaltvorgänge und zur Vergleichmäßigung des O_2 -Gehaltes in der Belebungsanlage sowie für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes, ist die Belüftungsleistung hinreichend abzustufen; Empfehlung: Mindestabstufung im Verhältnis 7:1.

Leitfaden Bemessung einstufiger Belebungsanlagen
Anhang A 2: Bemessung Sauerstoffversorgung

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

4. Bemessung Nachklärbecken	
4.1 Eindickzeit (☞ Kap. 4.2)	$t_E = 2,5 \text{ h}$
4.2 Trockensubstanzgehalt Rücklaufschlamm (☞ Kap. 4.3)	$TS_{BS} = \frac{1000}{ISV} * \sqrt[3]{t_E} = \frac{1000}{100} * \sqrt[3]{2,5} = 13,6 \text{ kg / m}^3$ $TS_{RS} = 0,7 * TS_{BS} = 0,7 * 13,6 = 9,5 \text{ kg / m}^3$
4.3 Rücklaufverhältnis und Trockensubstanzgehalt Belebungsanlage (☞ Kap. 4.4)	$RV_M = 0,75$ $Q_{RS,M} = RV_M * Q_M = 0,75 * 2.520 = 1.890 \text{ m}^3/\text{h}$ $TS_{BB} = \frac{RV_M * TS_{RS}}{1 + RV_M} = \frac{0,75 * 9,5}{1 + 0,75} = 4,1 \text{ kg / m}^3$
4.4 Schlammvolumen- / Flächenbeschickung (☞ Kap. 4.5)	$q_{SV} = 500 \text{ l / (m}^2 * \text{h)}$ $VSV = TS_{BB} * ISV = 4,1 * 100 = 410 \text{ ml/l}$ $q_A = \frac{q_{SV}}{VSV} = \frac{500}{410} = 1,22 \text{ m/h}$
4.5 Beckenoberfläche (☞ Kap. 4.6)	$A_{NB} = \frac{Q_M}{q_A} = \frac{2.520}{1,22} = 2.066 \text{ m}^2$
4.6 Beckentiefe (☞ Kap. 4.7)	$h_1 = 0,50 \text{ m}$ $h_2 = \frac{0,5 * q_A * (1+RV_M)}{1 - VSV / 1.000} = \frac{0,5 * 1,22 * (1+0,75)}{1 - 410 / 1.000} = 1,81 \text{ m}$ $h_3 = \frac{0,45 * q_{SV} * (1+RV_M)}{500} = \frac{0,45 * 500 * (1+0,75)}{500} = 0,79 \text{ m}$ $h_4 = \frac{TS_{BB} * q_A * (1+RV_M) * t_E}{TS_{BS}} = \frac{4,1 * 1,22 * (1+0,75) * 2,5}{13,6} = 1,61 \text{ m}$ $h_{ges} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0,50 + 1,81 + 0,79 + 1,61 = 4,71 \text{ m}$
4.7 Nachweis Feststoffbi- lanz (☞ Anhang 1 / Kap. 4)	$Q_{SR} \geq \frac{Q_{RS,M} * TS_{RS} - Q_K * TS_{BB}}{TS_{BS}}$ $Q_{SR} \geq \frac{1.890 * 9,5 - 0,6 * 1.890 * 4,1}{13,6} = 978 \text{ m}^3/\text{h}$

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

4.8 Räumerumlaufdauer
und Räumvolumen-
strom
(☞ Anhang 1 / Kap. 4)

Anzahl NB gewählt: $n = 2$

Fläche je NB: $A_{NB} / n = 2.066 / 2 = 1.033 \text{ m}^2$

Je NB: $D_{NB} = \sqrt{\frac{4}{\pi} * A_{NB}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} * 1.033} = 37 \text{ m}$

Je NB: $t_{SR} = \frac{\pi * D_{NB}}{v_{SR}} = \frac{\pi * 37}{108} = 1,1 \text{ h}$

Je NB: $Q_{SR} = \frac{h_{SR} * a * v_{SR} * D_{NB}}{4 * f_{SR}}$
 $= \frac{0,4 * 2 * 108 * 37}{4 * 1,5} = 533 \text{ m}^3/\text{h}$

Alle NB: $n * Q_{SR} = 2 * 533 = 1.066 \text{ m}^3/\text{h} \geq 978 \text{ m}^3/\text{h}$

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

5. Bemessung Belebungsbecken	
5.1 Stickstoffbilanz (☞ Kap. 5.3.2)	Vorgaben: $S_{\text{orgN,AN}} = 2,0 \text{ mg/l}$; $S_{\text{NH}_4,\text{AN}} = 0,0 \text{ mg/l}$; $S_{\text{NO}_3,\text{AN}} = 0,7 * 18 \text{ mg/l} = 12,6 \text{ mg/l}$ $S_{\text{NH}_4,\text{N}} = C_{\text{Nges,ZB}} - S_{\text{orgN,AN}} - S_{\text{NH}_4,\text{AN}} - X_{\text{orgN,BM}}$ $= 49 - 2 - 0 - 0,022 * 394 = 38,3 \text{ mg/l}$ $S_{\text{NO}_3,\text{D}} = C_{\text{Nges,ZB}} - S_{\text{orgN,AN}} - S_{\text{NH}_4,\text{AN}} - S_{\text{NO}_3,\text{AN}} - X_{\text{orgN,BM}}$ $= 49 - 2 - 0 - 0,7 * 18 - 0,022 * 394 = 25,7 \text{ mg/l}$
5.2 Volumenanteil Denitrifikation (☞ Kap. 5.3.2)	$S_{\text{NO}_3,\text{D}} / C_{\text{CSB,ZB}} = 25,7 / 394 = 0,065$ $\Rightarrow V_{\text{D}} / V_{\text{BB}} = 0,30$
5.3 Bemessungsschlammalter (☞ Kap. 5.3.1 / 5.3.2)	$B_{\text{d,CSB,ZB}} - B_{\text{d,CSB,Rück}} = 6.700 - 580 = 6.120 \text{ kg/d}$ Aufenthaltszeit in der Vorklä rung bei $Q_{\text{T},2\text{h,max}}$: $t_{\text{A,VKB}} = 0,7 \text{ h}$ $\Rightarrow$ Ablesung SF: 1,56 $t_{\text{TS,Bem}} = \text{SF} * 3,4 * 1,103^{(15-T)} * \frac{1}{1 - (V_{\text{D}} / V_{\text{BB}})}$ $= 1,56 * 3,4 * 1,103^{(15-12)} * \frac{1}{1 - 0,30} = 10,2 \text{ d}$
5.4 Nitrifikation bei $T_{2\text{WM,min}}$ (☞ Kap. 5.3.2)	$\frac{V_{\text{D}}}{V_{\text{BB}}} = 1 - \frac{\text{SF} * 3,4 * 1,103^{(15-T_{2\text{WM,min}})}}{t_{\text{TS,Bem}}}$ $= 1 - \frac{1,56 * 3,4 * 1,103^{(15-8)}}{10,2} = -0,03$ Negatives Ergebnis: $V_{\text{D}} / V_{\text{BB}} = 0$ setzen und SF berechnen: $\text{SF} = \frac{t_{\text{TS,Bem}}}{3,4 * 1,103^{(15-T_{2\text{WM,min}})}} = \frac{10,2}{3,4 * 1,103^{(15-8)}} = 1,51$ $\text{SF} \geq 1,2$; Nitrifikation mit $V_{\text{D}} / V_{\text{BB}} = 0$ (gesamtes DN-Volumen im Winterbetrieb für Nitrifikation belüftbar).
5.5 Mindest-DN-Volumen (☞ Kap. 5.3.2)	Falls bei 5.4 $\frac{V_{\text{D}}}{V_{\text{BB}}} < 0,2$: $\min \frac{V_{\text{D}}}{V_{\text{BB}}} = 0,2$
5.6 Nachweis maximales DN-Volumen (☞ Kap. 5.3.2)	Vorgabe: $\max V_{\text{D}}/V_{\text{BB}} = 0,40$ $T_{\text{maxD}} = 23,474 * [1,17 + \log \text{SF} - \log t_{\text{TS,Bem}} - \log (1 - \max V_{\text{D}}/V_{\text{BB}})]$ $= 23,474 * [1,17 + \log 1,56 - \log 10,2 - \log (1 - 0,40)]$ $= 13,5 \text{ °C}$ Ab einer Abwassertemperatur von 13,5 °C kann das Belebungsbecken mit $V_{\text{D}}/V_{\text{BB}} = 0,40$ betrieben werden.

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

5.7 Phosphorbilanz (☞ Kap. 5.4.1)	$X_{P,Fäll} = C_{P,ZB} - C_{P,AN} - X_{P,BM} - X_{P,BioP}$ Mit Bio-P: $X_{P,Fäll} = 6,7 - 0,7 \cdot 2,0 - 0,005 \cdot 394 - 0,005 \cdot 394 = 1,36 \text{ mg/l}$ Falls Winterbetrieb ($T < 12 \text{ °C}$) ohne Bio-P: $X_{P,Fäll} = 6,7 - 0,7 \cdot 2,0 - 0,005 \cdot 394 - 0,002 \cdot 394 = 2,54 \text{ mg/l}$
5.8 Fällmittelbedarf (☞ Kap. 5.4.2)	$B_{d,Fe} = Q_{T,daM} \cdot 2,7 \cdot X_{P,Fäll} / 1.000$ Mit Bio-P: $B_{d,Fe} = 17.000 \cdot 2,7 \cdot 1,36 / 1.000 = 62 \text{ kg Fe / d}$ Ohne Bio-P: $B_{d,Fe} = 17.000 \cdot 2,7 \cdot 2,54 / 1.000 = 117 \text{ kg Fe / d}$
5.9 Mischbecken Bio-P (☞ Kap. 5.4.3)	$RV_T \text{ gewählt: } 1,0$ $Q_{RS,T} = RV_T \cdot Q_{T,2h,max} = 1,0 \cdot 972 = 972 \text{ m}^3/\text{h}$ $V_{BioP} = t_{K,min,T} \cdot (Q_{T,2h,max} + Q_{RS,T})$ $= 0,75 \cdot (972 + 972) = 1.458 \text{ m}^3$
5.10 Schlammproduktion Kohlenstoffelimination (☞ Kap. 5.5.1)	$t_{TS} = 10,2 \text{ d}$ $X_{TS,ZB} / C_{CSB,ZB} = 152 / 394 = 0,39 \Rightarrow \ddot{U}S_{C,CSB} \approx 0,88 \text{ kg/kg}$ $\ddot{U}S_{d,C} = 0,5 \cdot B_{d,CSB,ZB} \cdot \ddot{U}S_{C,CSB}$ $= 0,5 \cdot 6.700 \cdot 0,88 = 2.948 \text{ kg/d}$
5.11 Schlammproduktion Phosphorelimination (☞ Kap. 5.5.2)	$\ddot{U}S_{d,P} = Q_{T,d,aM} \cdot (3 \cdot X_{P,BioP} + 6,8 \cdot X_{P,Fäll,Fe} + 5,3 \cdot X_{P,Fäll,Al}) / 1.000$ $= 17.000 \cdot (3 \cdot 0,005 \cdot 394 + 6,8 \cdot 1,36) / 1.000$ $= 258 \text{ kg/d}$
5.12 Gesamte Schlammproduktion (☞ Kap. 5.5.3)	$\ddot{U}S_d = \ddot{U}S_{d,C} + \ddot{U}S_{d,P} = 2.948 + 258 = 3.206 \text{ kg/d}$
5.13 Belebungsvolumen (☞ Kap. 5.6)	$V_{BB} = \frac{t_{TS,Bem} \cdot \ddot{U}S_d}{TS_{BB}} = \frac{10,2 \cdot 3.206}{4,1} = 7.976 \text{ m}^3$ $B_{R,CSB} = \frac{B_{d,CSB,ZB}}{V_{BB}} = \frac{6.700}{7.976} = 0,84 \text{ kg CSB / (m}^3 \cdot \text{d)}$ $B_{TS,CSB} = \frac{B_{R,CSB}}{TS_{BB}} = \frac{0,84}{4,1} = 0,20 \text{ kg CSB / (kgTS} \cdot \text{d)}$

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

5.14 Aufteilung
Belebungsvolumen
(☞ Kap. 5.6)**Bemessungsbetrieb** ($T = 12\text{ °C}$); V_D/V_{BB} : 0,30 (☞ Zeile 5.2)

$$V_D = \frac{V_D}{V_{BB}} * V_{BB} = 0,30 * 7.976 = 2.393\text{ m}^3$$

$$V_N = V_{BB} - V_D = 7.976 - 2.393 = 5.583\text{ m}^3$$

$$V_{BioP} = 1.458\text{ m}^3.$$

Winterbetrieb ($T < 12\text{ °C}$); V_D/V_{BB} : 0 (☞ Zeile 5.4)

$$V_N = V_{BB} * \left(1 - \frac{V_D}{V_{BB}}\right) = 7.976 * (1-0) = 7.976\text{ m}^3$$

⇒ V_D muss als wahlweise zusätzlich belüftbares N-Volumen $V_{D/N,1}$ gestaltet und im Winterbetrieb vollständig belüftet werden.

Für den geforderte Mindest-DN-Volumenanteil von $\text{Min } V_D/V_{BB} = 0,20$ (☞ Zeile 5.5) muss zusätzliches Volumen von

$$V_{D,\min} = \frac{\min V_D/V_{BB}}{1 - \min V_D/V_{BB}} * V_{BB} = \frac{0,2}{1 - 0,2} * 7.976 = 1.994\text{ m}^3$$

bereitgestellt werden.

Empfehlung: V_{BioP} wird mit 1.994 m^3 ausgeführt und wahlweise als zusätzliches DN-Volumen (RZ wahlweise in V_{BioP}) betrieben.

Sommerbetrieb ($T \geq T_{\max D} = 13,5\text{ °C}$):

$$V_{D,\max} = \max \frac{V_D}{V_{BB}} * V_{BB} = 0,40 * 7.976 \approx 3.000\text{ m}^3$$

$$V_{N,\min} = V_{BB} - V_{D,\max} = 7.976 - 3.000 = 4.976\text{ m}^3$$

⇒ Ein Anteil des Volumens V_N wird als zusätzliches unbelüftbares DN-Volumen ausgeführt:

$$V_{D/N,2} = V_N - V_{N,\min} = 5.583 - 4.976 = 607\text{ m}^3.$$

$$V_{BioP} = 1.994\text{ m}^3$$

Anteil unbelüftetes Volumen:

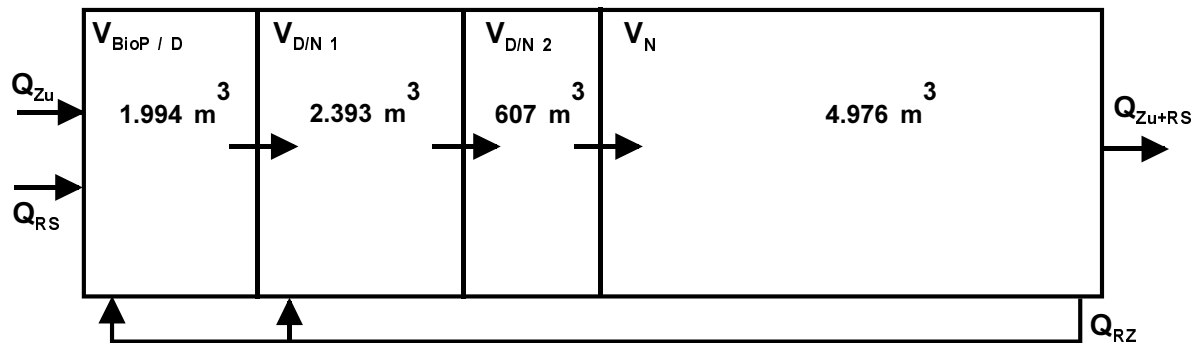
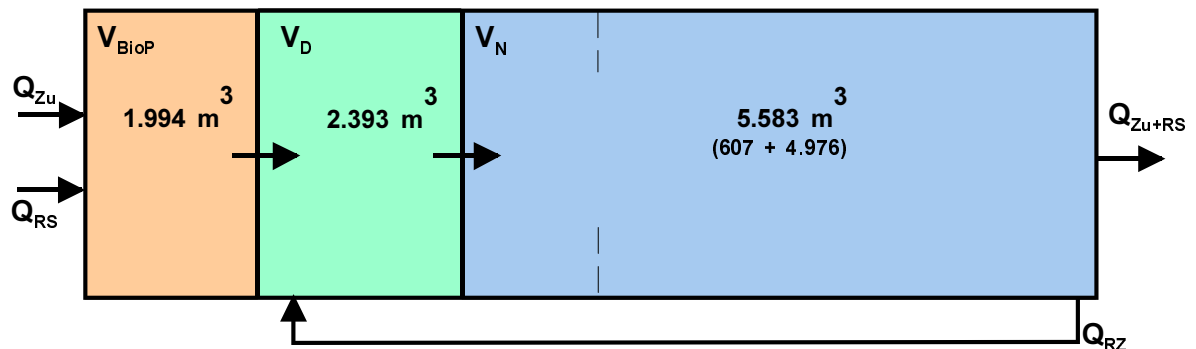
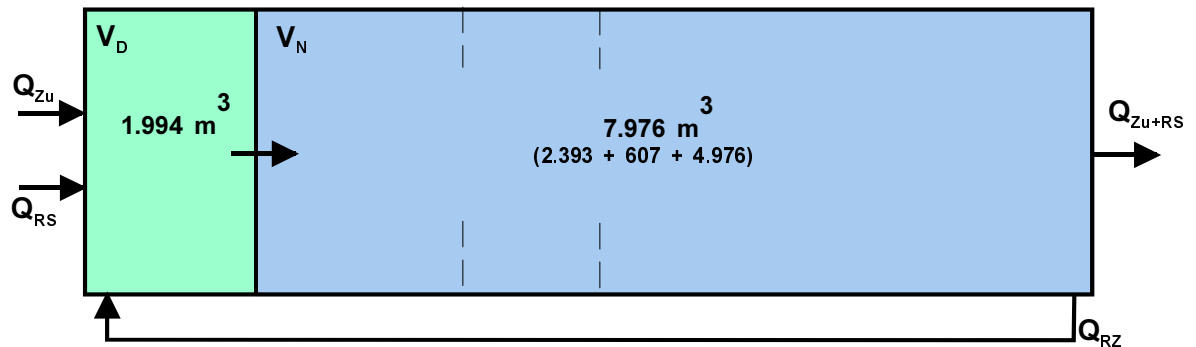
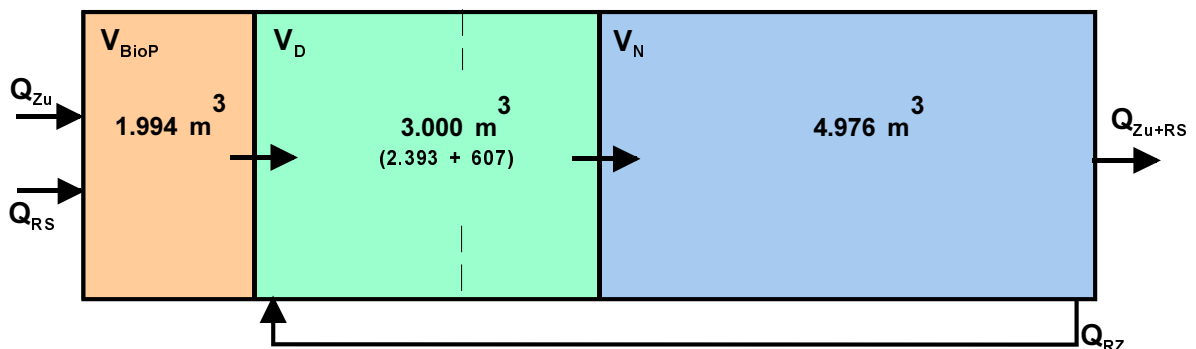
$$(V_{D,\max} + V_{BioP}) / (V_{BB} + V_{BioP}) =$$

$$(3.000 + 1.994) / (7.976 + 1.994) = 0,5$$

Der maximal zulässige Anteil des unbelüfteten Volumens von 50 % wird eingehalten.

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

Aufteilung Belegungsvolumen:

Bemessungsbetrieb ($12\text{ °C} \leq T \leq 13,5\text{ °C}$):Winterbetrieb ($8\text{ °C} \leq T < 12\text{ °C}$):Sommerbetrieb ($13,5\text{ °C} < T \leq 21\text{ °C}$):

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

6. Bemessung Rückführung

6.1 Interne Rezirkulation
Bemessungsbetrieb
(T = 12 °C)
(☞ Kap. 6.1)

$$RF = \frac{S_{NH_4,N}}{S_{NO_3,AN}} - 1 = \frac{38}{0,7 \cdot 18} - 1 = 2,02$$

$$Q_{RZ} = Q_{T,2h,max} \cdot RF - Q_{RS,T} = 972 \cdot 2,02 - 972 = 991 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Nachweis Kontaktzeit: } t_{K,T} = V_D / (Q_{T,2h,max} \cdot [1+RF])$$

$$= 2.393 / (972 \cdot [1+2,02]) = 0,8 \text{ h} > 0,5 \text{ h}$$

6.2 Interne Rezirkulation
Winterbetrieb
(T = 8 °C)
(☞ Kap. 6.1)

Mit dem einzuhaltenden Mindest-DN-Volumenanteil von 0,20 wird der denitrifizierbare Nitratstickstoff ermittelt (☞ Kap. 5.3.2):

$$\frac{S_{NO_3,D}}{C_{CSB,ZB}} = 0,055; \text{ abzüglich } (1\% \times [10^\circ\text{C}-8^\circ\text{C}]) \text{ } 2\%: 0,054$$

[☞ Anhang A 1 zu Kap. 5.3.2]

$$S_{NO_3,D} = \frac{S_{NO_3,D}}{C_{CSB,ZB}} \cdot C_{CSB,ZB} = 0,054 \cdot 394 = 21,3 \text{ mg/l anstatt } 25,7 \text{ mg/l; } S_{NO_3,AN} \text{ wird somit um } (25,7-21,3) \text{ } 4,4 \text{ mg/l erhöht.}$$

$$RF = \frac{S_{NH_4,N}}{S_{NO_3,AN}} - 1 = \frac{38}{0,7 \cdot 18 + 4,4} - 1 = 1,24$$

$$Q_{RZ} = Q_{T,2h,max} \cdot RF - Q_{RS,T} = 972 \cdot 1,24 - 972 = 233 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Nachweis Kontaktzeit: } t_{K,T} = V_{D,min} / (Q_{T,2h,max} \cdot [1+RF])$$

$$= 1.994 / (972 \cdot [1+1,24]) = 0,9 \text{ h} > 0,5 \text{ h}$$

6.3 Interne Rezirkulation
Sommerbetrieb
(T = 21 °C)
(☞ Kap. 6.1)

Mit dem maximalen DN-Volumenanteil von 0,40 wird der denitrifizierbare Nitratstickstoff ermittelt (☞ Kap. 5.3.2):

$$\frac{S_{NO_3,D}}{C_{CSB,ZB}} = 0,070 \text{ zuzüglich } (1\% \times [21^\circ\text{C}-12^\circ\text{C}]) \text{ } 9\%: 0,076$$

$$S_{NO_3,D} = \frac{S_{NO_3,D}}{C_{CSB,ZB}} \cdot C_{CSB,ZB} = 0,076 \cdot 394 = 29,9 \text{ mg/l anstatt } 25,7 \text{ mg/l; } S_{NO_3,AN} \text{ wird somit um } (29,9-25,7) \text{ } 4,2 \text{ mg/l verringert.}$$

$$RF = \frac{S_{NH_4,N}}{S_{NO_3,AN}} - 1 = \frac{38}{0,7 \cdot 18 - 4,2} - 1 = 3,52$$

$$Q_{RZ} = Q_{T,2h,max} \cdot RF - Q_{RS,T} = 972 \cdot 3,52 - 972 = 2.449 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Nachweis Kontaktzeit: } t_{K,T} = V_{D,max} / (Q_{T,2h,max} \cdot [1+RF])$$

$$= 3.405 / (972 \cdot [1+3,52]) = 0,8 \text{ h} > 0,5 \text{ h}$$

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

7. Nachweis Säurekapazität	
7.1 Restsäurekapazität Bemessungsbetrieb (T = 12 °C): (☞ Kap. 7)	$S_{KS,AB} = S_{KS,ZB} - [0,07 * (S_{NH4,ZB} - S_{NH4,AN} + S_{NO3,AN} - S_{NO3,ZB}) + 0,06 * S_{Fe3} + 0,04 * S_{Fe2} + 0,11 * S_{Al3} - 0,03 * X_{P,Fäll}]$ $S_{KS,AB} = 7,6 - [0,07 * (37 - 0 + [0,7*18] - 0) + 0,06 * (62 / 17.000) * 1.000 - 0,03 * 1,36]$ $= 3,95 \text{ mmol/l} \geq 1,5 \text{ mmol/l}$
7.2 Restsäurekapazität Winterbetrieb (T = 8 °C): (☞ Kap. 7)	$S_{NO3,AN} \text{ um } 4,4 \text{ mg/l erhöht (☞ Zeile 6.2); ohne BioP:}$ $S_{KS,AB} = 7,6 - [0,07 * (37 - 0 + [0,7*18+4,4] - 0) + 0,06 * (117 / 17.000) * 1.000 - 0,03 * 2,54]$ $= 3,48 \text{ mmol/l} \geq 1,5 \text{ mmol/l}$
7.3 Restsäurekapazität Sommerbetrieb (T = 21 °C): (☞ Kap. 7)	$S_{NO3,AN} \text{ um } 4,2 \text{ mg/l verringert (☞ Zeile 6.3):}$ $S_{KS,AB} = 7,6 - [0,07 * (37 - 0 + [0,7*18-4,2] - 0) + 0,06 * (62 / 17.000) * 1.000 - 0,03 * 1,36]$ $= 4,24 \text{ mmol/l} \geq 1,5 \text{ mmol/l}$

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

8. Bemessung Sauerstoffversorgung

8.1 Sauerstoffverbrauch
Kohlenstoffelimination
(☞ Anhang A 2)

$T = 8\text{ °C}$ ($t_{TS} = 10,2\text{ d}$) $\Rightarrow OV_{C,CSB} = 0,507\text{ kg O}_2 / \text{kg CSB}$
 $T = 12\text{ °C}$ ($t_{TS} = 10,2\text{ d}$) $\Rightarrow OV_{C,CSB} = 0,537\text{ kg O}_2 / \text{kg CSB}$
 $T = 21\text{ °C}$; $t_{TS} = SF * 3,4 * 1,103^{(15-T)} * \frac{1}{1 - (V_D / V_{BB})}$
 $= 1,56 * 3,4 * 1,103^{(15-21)} * \frac{1}{1 - 0,40} = 4,9\text{ d}$
 $\Rightarrow OV_{C,CSB} = 0,517\text{ kg O}_2 / \text{kg CSB}$
 [Ermittlung TS_{BB} bei 21 °C und $t_{TS} = 4,9\text{ d}$ (☞ Kap. 5.5 / 5.6):
 $\ddot{U}_{S_{d,C}} = 0,5 * B_{d,CSB,ZB} * (0,75 + 0,6 * \frac{X_{TS,ZB}}{0,5 * C_{CSB,ZB}} - \frac{(1-0,2) * 0,17 * 0,75 * t_{TS} * F_T}{1 + 0,17 * t_{TS} * F_T})$
 $= 0,5 * 6.700 * (0,75 + 0,6 * \frac{229}{0,5 * 394} - \frac{0,102 * 4,9 * 1,072^{(21-15)}}{1 + 0,17 * 4,9 * 1,072^{(21-15)}}) = 4.137\text{ kg/d}$
 $\ddot{U}_{S_d} = \ddot{U}_{S_{d,C}} + \ddot{U}_{S_{d,P}} = 4.137 + 258 = 4.395\text{ kg/d}$
 $TS_{BB} = t_{TS} * \ddot{U}_{S_d} / V_{BB} = 4,9 * 4.395 / 10.804 = 2,0\text{ g/l}$
 $OV_{d,C} = B_{d,CSB,ZB} * OV_{C,CSB}$
 $T = 8\text{ °C}$; $OV_{d,C} = 6.700 * 0,507 = 3.397\text{ kg O}_2 / \text{d}$
 $T = 12\text{ °C}$; $OV_{d,C} = 6.700 * 0,537 = 3.598\text{ kg O}_2 / \text{d}$
 $T = 21\text{ °C}$; $OV_{d,C} = 6.700 * 0,517 = 3.464\text{ kg O}_2 / \text{d}$

8.2 Sauerstoffverbrauch
Nitrifikation
(☞ Anhang A 2)

Alternative Gleichung:
 $OV_{d,N} = Q_{T,d,aM} * 4,3 * S_{NH_4,N} / 1.000$
 $= 17.000 * 4,3 * 38,3 / 1.000 = 2.800\text{ kgO}_2/\text{d}$
 [A 131:
 $OV_{d,N} = Q_{T,d,aM} * 4,3 * (S_{NO_3,D} - S_{NO_3,ZB} + S_{NO_3,AN}) / 1.000$
 $= 17.000 * 4,3 * (25,7 - 0 + 0,7 * 18) / 1.000 = 2.800\text{ kgO}_2/\text{d}$

8.3 Sauerstoffgewinn
Denitrifikation
(☞ Anhang A 2)

$OV_{d,D} = Q_{T,d,aM} * 2,9 * S_{NO_3,D} / 1.000$
 $T = 8\text{ °C}$; $S_{NO_3,D} = 21,3\text{ mg/l}$ (☞ Zeile 6.2):
 $OV_{d,D} = 17.000 * 2,9 * 21,3 / 1.000 = 1.050\text{ kgO}_2/\text{d}$
 $T = 12\text{ °C}$; $S_{NO_3,D} = 25,7\text{ mg/l}$ (☞ Zeile 5.1):
 $OV_{d,D} = 17.000 * 2,9 * 25,7 / 1.000 = 1.267\text{ kgO}_2/\text{d}$
 $T = 21\text{ °C}$; $S_{NO_3,D} = 29,9\text{ mg/l}$ (☞ Zeile 6.3):
 $OV_{d,D} = 17.000 * 2,9 * 29,9 / 1.000 = 1.474\text{ kgO}_2/\text{d}$

Anhang A 3: Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

8.4 Sauerstoffverbrauch Tagesspitze Fall 1: $f_C = 1$ (☞ Anhang A 2)	$OV_h = \frac{OV_{d,C} - OV_{d,D} + f_N * OV_{d,N}}{24}$ Bemessungsschlammalter $t_{TS} = 10,2 \text{ d} \Rightarrow f_N = 2,13$ $T = 8 \text{ °C}: OV_h = \frac{3.397 - 1.050 + 2,13 * 2.800}{24} = 346 \text{ kgO}_2/\text{h}$ $T = 12 \text{ °C}: OV_h = \frac{3.598 - 1.267 + 2,13 * 2.800}{24} = 346 \text{ kgO}_2/\text{h}$ $T = 21 \text{ °C}: OV_h = \frac{3.464 - 1.474 + 2,13 * 2.800}{24} = 331 \text{ kgO}_2/\text{h}$
8.5 Sauerstoffverbrauch Tagesspitze Fall 2: $f_N = 1$ (☞ Anhang A 2)	$OV_h = \frac{f_C * (OV_{d,C} - OV_{d,D}) + OV_{d,N}}{24}$ Bemessungsschlammalter $t_{TS} = 10,2 \text{ d} \Rightarrow f_C = 1,2$ $T = 8 \text{ °C}: OV_h = \frac{1,2 * (3.397 - 1.050) + 2.800}{24} = 234 \text{ kgO}_2/\text{h}$ $T = 12 \text{ °C}: OV_h = \frac{1,2 * (3.598 - 1.267) + 2.800}{24} = 233 \text{ kgO}_2/\text{h}$ $T = 21 \text{ °C}: OV_h = \frac{1,2 * (3.464 - 1.474) + 2.800}{24} = 216 \text{ kgO}_2/\text{h}$
8.6 Sauerstoffverbrauch Tagesspitze (☞ Anhang A 2)	Maßgebende maximale Werte im Fall 1.
8.7 Sauerstoffzufuhr (☞ Anhang A 2)	$\text{erf.}\alpha\text{OC} = \frac{C_s}{C_s - C_x} * OV_h$ $T = 8 \text{ °C}: \text{erf.}\alpha\text{OC} = \frac{11,8}{11,8 - 2,0} * 346 = 417 \text{ kg O}_2 / \text{h}$ $T = 12 \text{ °C}: \text{erf.}\alpha\text{OC} = \frac{10,8}{10,8 - 2,0} * 346 = 425 \text{ kg O}_2 / \text{h}$ $T = 21 \text{ °C}: \text{erf.}\alpha\text{OC} = \frac{8,9}{8,9 - 2,0} * 331 = 427 \text{ kg O}_2 / \text{h}$ Maßgebender maximaler Wert Fall 1 bei $T = 21 \text{ °C}$: $\text{erf.}\alpha\text{OC} = 427 \text{ kg O}_2 / \text{h}$