



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR

Bemessung von einstufigen Beleuchtungsanlagen im Zeichen europäischer Anforderungen

erstellt von

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
Stuttgart

in Zusammenarbeit mit

iat - Ingenieurberatung GmbH
Stuttgart

Stand: Januar 2005

Ministerium für Umwelt und Verkehr
-- Leitfaden Bemessung einstufiger Belebungsanlagen --

Vorbemerkung

Die richtige Bemessung von Kläranlagen war nicht nur in der Vergangenheit vor dem Hintergrund der Erstellung kostengünstiger Anlagen wichtig, sondern ist auch aktuell im Zusammenhang mit der 5. Novelle der Abwasserverordnung von Bedeutung. Die Vorgaben der EU-Kommunalabwasserrichtlinie bzw. RokA und die Gestaltungsmöglichkeiten für die Anwendung der qualitätsgesicherten Eigenkontrolle im Rahmen der amtlichen Überwachung sind bei der Bemessung zu berücksichtigen.

Wasserrechtsbehörden werden aus unterschiedlichen Gründen mit Anträgen konfrontiert, Kläranlagen in andere Größenklassen einzustufen. Wie ist damit zu verfahren, ohne gegen EU-rechtliche oder andere Vorschriften zu verstoßen?

Ein anderes Fachproblem ist die komplexe Verknüpfung des ATV-DVWK-Arbeitsblattes A 198 „Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen“ mit dem Arbeitsblatt A 131. Die fachlichen Zusammenhänge sind zum großen Teil wissenschaftlich anspruchsvoll und nicht immer leicht nachvollziehbar.

Auch der Wirtschaftlichkeitsnachweis bei Förderanträgen erfordert optimierte Planungsansätze.

Um die vielen Fragestellungen, die bei der täglichen Arbeit in den Fachbehörden auftreten, von den Experten bis zu den weniger Geübten bearbeiten zu können, wurde der Leitfaden verständlich und einfach aufgebaut und mit wichtigen Anmerkungen für die Praxis versehen.

Stuttgart, im Januar 2005
Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einführung	1
2.	Auswertung der Betriebsdaten.....	4
2.1	Allgemeines.....	4
2.2	Abwassertemperatur.....	5
2.3	Abwasserabfluss	6
2.3.1	Mittlerer täglicher Trockenwetterabfluss $Q_{T,d,aM}$ und maximaler Trockenwetterabfluss $Q_{T,2h,max}$	6
2.3.2	Mischwasserabfluss Q_M	7
2.4	Schmutzkonzentrationen und -frachten	8
2.4.1	Probenahmeort / Probenahmeart	8
2.4.2	Maßgebende tägliche Schmutzfrachten im Zulauf Belebungsbecken.....	8
2.5	Schlammindex.....	13
2.6	Säurekapazität	13
3.	Ermittlung der Bemessungswerte.....	14
3.1	Allgemeines.....	14
3.2	Abwassertemperatur	14
3.3	Abwasserabfluss	14
3.4	Schmutzkonzentrationen- und frachten / Ausbaugröße / Größenklasse	15
3.5	Schlammindex.....	16
3.6	Säurekapazität	16
4.	Bemessung Nachklärbecken	17
4.1	Allgemeines.....	17
4.2	Eindickzeit	17
4.3	Trockensubstanzgehalt des Rücklaufschlammes.....	18
4.4	Trockensubstanzgehalt und Rücklaufverhältnis in der Belebungsanlage	18
4.5	Schlammvolumen- und Flächenbeschickung	19
4.6	Beckenoberfläche	19
4.7	Beckentiefe	20
4.8	Überprüfung und Nachrechnung bestehender Nachklärbecken	20
5.	Bemessung Belebungsbecken	21
5.1	Allgemeines.....	21
5.2	Reinigungsziel / Verfahrenswahl.....	21
5.3	Bemessungsschlammalter.....	21
5.3.1	Anlagen mit Nitrifikation	21
5.3.2	Anlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation	23
5.3.3	Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung.....	27
5.4	Phosphorelimination.....	27
5.4.1	Phosphorbilanz / Ermittlung des zu fällenden Phosphates.....	27
5.4.2	Fällmittelbedarf.....	28
5.4.3	Bemessung eines anaeroben Mischbeckens zur biologischen Phosphorelimination V_{BioP}	29
5.5	Schlammproduktion	29
5.5.1	Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination.....	29

5.5.2	Schlammproduktion aus der Phosphorelimination	30
5.5.3	Gesamte Schlammproduktion.....	30
5.6	Belebungsvolumen.....	31
6.	Bemessung Rückführverhältnis und Taktdauer	33
6.1	Rückführverhältnis bei vorgeschalteter Denitrifikation	33
6.2	Taktdauer bei intermittierenden Denitrifikationsverfahren	34
7.	Nachweis Säurekapazität	35
8.	Rechnerischer Nachweis der 70 % N-Verminderung anhand von Betriebsdaten.....	36
9.	Einstufung der Größenklasse von Kläranlagen.....	38
10.	Checkliste mit Orientierungswerten zur Plausibilitätskontrolle der Bemessung.....	39

Anhang

A 1	Ergänzungen und Erläuterungen
A 2	Bemessung Sauerstoffversorgung
A 3	Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel

1. Einführung (☞ A 1)

Die vorliegende Anleitung zur Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen im Zeichen europäischer Anforderungen hat die Aufgabe, sowohl die Anwender des technischen Regelwerkes wie auch die Verwaltung bei der Prüfung von Genehmigungsunterlagen zu unterstützen.

Ein solches Papier ist für die Praxis erforderlich, da die Durchführung der im technischen Regelwerk vorgegebenen Bemessungsschritte nicht immer ganz einfach und logisch nachvollziehbar ist.

So wird im ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 131 die eigentliche Bemessung des Belebungsbeckens durch die erforderliche Bemessung der Nachklärung unterbrochen und bei vielen Punkten ist keine eindeutige Angabe über die konkret zu wählenden Größen vorhanden. Das betrifft z.B. die Umrechnungsfaktoren für die Ablaufwerte in der 24 h-Mischprobe bzw. in der qualifizierten Stichprobe.

Da eine Belebungsanlage keine fest einstellbare Maschine sondern ein dynamisches biologisches System ist, können natürlich auch für die Bemessung keine starren Vorgaben gemacht werden.

Wie bei jeder anderen Bemessungsaufgabe kommt es auch hier auf die Ausgangsdaten an. Das sind in diesem Fall einerseits die Konzentrationen und Frachten der abzubauenen Abwasserinhaltsstoffe und andererseits die Anforderungen an die Reinigungsleistung der Anlage.

Zur Vereinheitlichung der Ermittlung von Konzentrationen und Frachten der Abwasserinhaltsstoffe bei bestehenden Kläranlagen dient mittlerweile das ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 198. Auch in diesem Arbeitsblatt sind keine verbindlichen Vorgaben zu finden und der Anwender muss z.B. selbst festlegen, welche Zeiträume für die Datenauswertung herangezogen werden.

In diesem Leitfaden sind daher Hinweise und konkrete Vorschläge für die Wahl von Zeiträumen und einzelner Bemessungsparameter genannt, um die Anwendung des A 198 und des A 131 zu vereinfachen.

Aufgrund der relativ großen Anzahl von Berechnungsschritten, die bei einer Bemessung erforderlich sind, unterliegen die Anwender nicht selten dem Glauben, dass die Ergebnisse richtig sein müssen. Zudem führt die heute übliche Anwendung von entsprechender Software dazu, dass die Zwischenwerte keiner kritischen Prüfung unterzogen bzw. keine Plausibilitätsbetrachtungen durchgeführt werden oder mangels Vergleichswerten gar nicht durchgeführt werden können.

Um diese Plausibilitätskontrollen zu erleichtern, sind am Ende betreffender Berechnungsschritte die möglichen Wertebereiche angegeben.

Den Anwendern wird vor allen Dingen die Vergleichsberechnung der sich am Ende ergebenden CSB-Schlammbelastung empfohlen, weil dadurch eine sehr schnelle und einfache Überprüfung des erforderlichen Volumens des Belebungsbeckens möglich ist.

Neben den ATV-DVWK-Arbeitsblättern A 198 "Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen" (April 2003) und A 131 „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“ (Mai 2000) berücksichtigt der Leitfaden folgende Richtlinien:

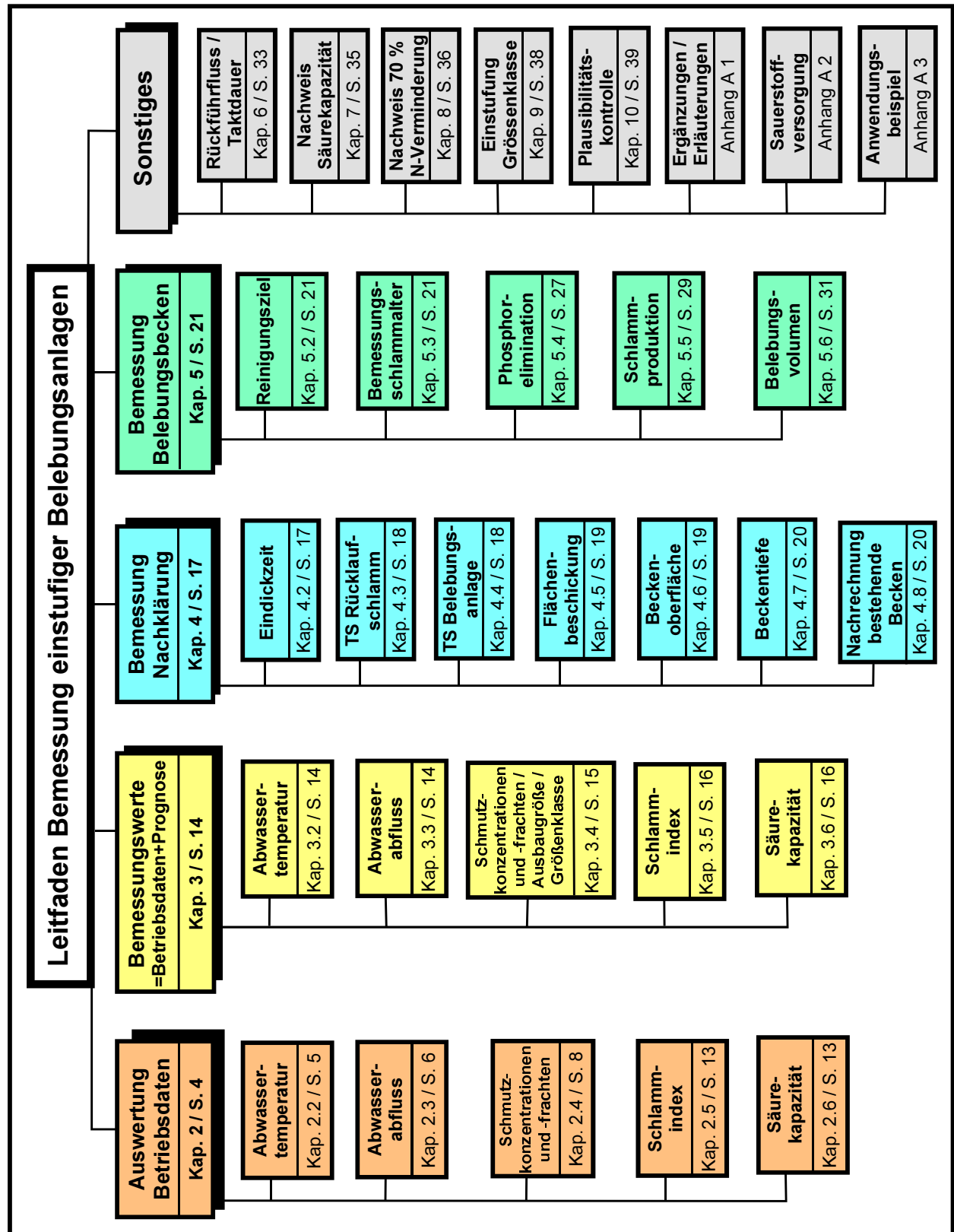
- 5. Novelle der Abwasserverordnung (AbwV); 01.08.2002
- EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG) vom 21.05.1991 mit Änderung vom 27.02.1998 bzw. in der nationalen Umsetzung als Reinhaltetechnik kommunales Abwasser Baden-Württemberg (ROkA) vom 10.12.1993
- Eigenkontrollverordnung (EKVO) Baden-Württemberg vom 20.02.2001
- Richtlinien für die Reinhaltung des Bodensees; 23.05.2001

Im Rahmen des Leitfadens werden ausschließlich Grundlagen für die Bemessung aufbereitet. Diese dürfen nicht mit Grundlagen für die wasserrechtliche Genehmigung gleichgesetzt werden. So ergeben sich die von einer Kläranlage einzuhaltenden Anforderungen aus Anhang 1 der AbwV (Mindestanforderungen) oder im Einzelfall aus gewässerbezogenen Anforderungen, die von der zuständigen Abwasserbehörde vor Beginn der Bemessung zu definieren sind.

Zur Optimierung der Übersichtlichkeit und des Umganges ist das Layout des Leitfadens folgendermaßen gestaltet:

- Querverweise innerhalb des Leitfadens sind mit dem Symbol  versehen.
- Die Inhalte der Unterkapitel des Leitfadens sind soweit als möglich als Auflistung gestaltet. Dies dient dazu, dass die für den jeweiligen konkreten Anwendungsfall zutreffenden Inhalte aus einer Art Checkliste ausgewählt werden können.
- Mögliche Erläuterungen und Ergänzungen sowie Alternativen, Einschränkungen oder Abweichungen zum grundlegenden Bemessungsweg sind im Anhang A 1 Erläuterungen und Ergänzungen für die jeweiligen Kapitel aufgelistet. Kapitel für die solche Erläuterungen vorliegen, sind in der Überschrift mit dem Hinweis ( A 1) versehen.

Die folgende Übersicht zeigt die Grundstruktur des Leitfadens (Details siehe Inhaltsverzeichnis):



2. Auswertung der Betriebsdaten

2.1 Allgemeines

Die Auswertung der Betriebsdaten erfolgt gemäß ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 198. Im gesamten Leitfaden werden die Kurzzeichen gemäß A 198 verwendet. Folgende Tabelle zeigt die Zuordnung von Abkürzungen, die sich in A 198 und A 131 unterscheiden:

Kurzzeichen		Einheit	Definition
Leitfaden (A 198)	A 131		
Q_M	Q_m	m^3 / h	Mischwasserabfluss zur Kläranlage
$Q_{T,d,aM}$	Q_d	m^3 / d	Mittlerer täglicher Trockenwetterabfluss
Q_d	---	m^3 / d	Täglicher Abwasserabfluss
$Q_{T,2h,max}$	Q_t	m^3 / h	Maximaler Trockenwetterabfluss als 2- Stunden-Mittel
Q_F	---	m^3 / h	Fremdwasserabfluss
$T_{2wM,min}$	T_w	$^{\circ}C$	Minimale Temperatur als 2-Wochen-Mittel
$T_{2wM,max}$	---	$^{\circ}C$	Maximale Temperatur als 2-Wochen-Mittel

Die Kenngrößen sind aus folgenden Betriebsdaten zu ermitteln:

- Abwassertemperatur im Ablauf Belebungsbecken
 - Ganglinie 2-Wochenmittel
- Abwasserabfluss im Zulauf der Kläranlage
 - Jahresganglinie täglicher Abwasserabfluss Q_d
 - Trockenwetterabfluss: Polygon der gleitenden 21-Tage-Minima aus Q_d (ggf. Anpassung des 21-Tage-Intervalles an die Randbedingungen erforderlich)
 - 2-h-Mittel $Q_{T,2h}$ der Trockenwettertage
 - Jahresmittelwerte, Monatsmittelwerte Fremdwasserabfluss: Polygon der gleitenden 21-Tage-Minima aus Q_F
- Schmutzfrachten im Zulauf Belebungsbecken
 - 2- bzw. 4-Wochenmittel oder Summenhäufigkeit (85 %-Wert) der maßgebenden Frachten
- Schlammindex in der Belebungsanlage
 - Jahresganglinie, Summenhäufigkeit (85 %-Wert)
- Säurekapazität im Zulauf Belebungsbecken
 - Jahresganglinie, Summenhäufigkeit (25 %-Wert)

Die Eigenkontrollverordnung (EKVO) legt den Mindestumfang der Beprobung einer Kläranlage fest. Damit wird der geordnete Betrieb und die ausreichende Reinigungsleistung dokumentiert. Die EKVO bietet aber keine ausreichende Datenbasis für die Bemessung und die Betriebsoptimierung einer Belebungsanlage.

Ist bekannt, dass für eine Kläranlage Umbau- oder Erweiterungsbedarf besteht, ist die Anlage nach Bedarf bezüglich der Abflussdaten (→ Kap. 2.3) und der Schmutzfrachten

(☞ Kap. 2.4) nach Parametern und Häufigkeit verstärkt zu beproben (bedarfsorientierte Beprobung, um die zur Bemessung nach A 131 erforderlichen Bestandsdaten zu gewinnen).

Die **Anzahl der natürlichen Einwohner** im Einzugsgebiet der Kläranlage ist aus Unterlagen der örtlichen Verwaltungen zu ermitteln.

2.2 Abwassertemperatur (☞ A 1)

Zur Festlegung der maßgebenden Abwassertemperaturen im Ablauf Belebungsbecken ist die Ganglinie des 2-Wochen-Mittels der zurückliegenden 2 Jahre zu ermitteln.

Bei der Festlegung der maßgebenden Abwassertemperaturen wird zwischen folgenden Fällen unterschieden:

- Fall A: Abwassertemperatur ganzjährig $\geq 12\text{ °C}$
- Fall B: Abwassertemperatur periodisch $< 12\text{ °C}$

Fall A: Abwassertemperatur ganzjährig $\geq 12\text{ °C}$

Aus der Ganglinie des 2-Wochen-Mittels sind die folgenden zwei maßgebenden Abwassertemperaturen im Ablauf Belebungsbecken zu ermitteln:

- **Bemessungstemperatur T_{Bem} zur Ermittlung des erforderlichen Schlammalters:**
Niedrigster Wert der Ganglinie.
- **Maßgebende höchste Abwassertemperatur $T_{2\text{WM},\text{max}}$ zur Ermittlung der erforderlichen Sauerstoffzufuhr:**
Höchster Wert der Ganglinie.

Fall B: Abwassertemperatur periodisch $< 12\text{ °C}$

Aus der Ganglinie des 2-Wochen-Mittels bzw. gemäß AbwV sind die folgenden drei maßgebenden Abwassertemperaturen im Ablauf Belebungsbecken zu ermitteln:

- **Bemessungstemperatur T_{Bem} zur Ermittlung des erforderlichen Schlammalters:**
Die Bemessungstemperatur wird im Regelfall gemäß AbwV mit $T_{\text{Bem}} = 12\text{ °C}$ festgelegt.
- **Maßgebende höchste Abwassertemperatur $T_{2\text{WM},\text{max}}$ zur Ermittlung der erforderlichen Sauerstoffzufuhr:**
Höchster Wert der Ganglinie.
- **Maßgebende tiefste Abwassertemperatur $T_{2\text{WM},\text{min}}$ zur Ermittlung des erforderlichen Nitrifikationsvolumens:**
Niedrigster Wert der Ganglinie

2.3 Abwasserabfluss

2.3.1 Mittlerer täglicher Trockenwetterabfluss $Q_{T,d,aM}$ und maximaler Trockenwetterabfluss $Q_{T,2h,max}$ (☞ A 1)

Die Auswertung des Abflusses im Zulauf der Kläranlage erfolgt aus zwei zurückliegenden Jahren.

Mittlerer täglicher Trockenwetterabfluss

Der mittlere tägliche Trockenwetterabfluss zur Kläranlage $Q_{T,d,aM}$ geht bei der Bemessung bei folgenden Punkten in die Berechnung ein:

- Ermittlung des Fällmittelbedarfes sowie der damit verbundenen Schlammproduktion.
- Ermittlung des Sauerstoffverbrauches zur Nitrifikation sowie des Sauerstoffgewinnes aus der Denitrifikation.

Die Ermittlung des mittleren täglichen Trockenwetterabflusses $Q_{T,d,aM}$ untergliedert sich in die folgenden Teilschritte:

- Erstellung der Jahresganglinie des täglichen Abwasserabflusses Q_d für alle Tage als Tabelle und grafische Darstellung.
- Ermittlung des Polygons der gleitenden 21-Tage-Minima aus Q_d (21-Tage-Intervall nach dem betrachteten Tag). Alle bis zu 20 % über diesem Polygon vorhandenen täglichen Abflüsse werden als Trockenwettertage $Q_{T,d}$ festgelegt.
- Errechnen des mittleren täglichen Trockenwetterabflusses $Q_{T,d,aM}$ [m^3/d] als arithmetisches Mittel des Abflusses aller Trockenwettertage:

$$Q_{T,d,aM} = \sum_{n=1}^y Q_{T,d} / y \quad [y = \text{Anzahl der Trockenwettertage}]$$

Maximaler Trockenwetterabfluss

Der maximale Trockenwetterabfluss als 2-Stunden-Mittel $Q_{T,2h,max}$ ist bei der Bemessung für die Auslegung anaerober Mischbecken und für die Dimensionierung der internen Rezirkulation (vorgeschaltete Denitrifikation) erforderlich.

Bei Anlagen ohne anaerobes Mischbecken und ohne vorgeschaltete Denitrifikation muss dieser Wert nicht bestimmt werden.

Die Ermittlung von $Q_{T,2h,max}$ untergliedert sich in folgende Teilschritte:

- Berechnung der 2-h-Mittel der Trockenwettertage $Q_{T,2h}$
- Ermittlung der maximalen 2-h-Mittel aller Trockenwettertage $Q_{T,2h,max,d}$
- Berechnung des arithmetischen Mittels der maximalen 2-h-Mittel aller Trockenwettertage:

$$Q_{T,2h,max} = \sum_{n=1}^y Q_{T,2h,max,d} / y \quad [y = \text{Anzahl der Trockenwettertage}]$$

2.3.2 Mischwasserabfluss Q_M

Der Mischwasserabfluss zur Kläranlage Q_M geht bei der Bemessung in die Dimensionierung der Nachklärung ein.

In reinen Trennsystemen entfällt die Festlegung von Q_M . Hier erfolgt die Bemessung der Nachklärung mit dem maximalen Trockenwetterabfluss als 2-Stunden-Mittel $Q_{T,2h,max}$ (vgl. Kap. 2.3.1).

Die Ermittlung des Mischwasserabflusses Q_M untergliedert sich in die folgenden Teilschritte:

- Errechnen des Trockenwetterabflusses im Jahresmittel $Q_{T,aM}$:

$$Q_{T,aM} [l/s] = Q_{T,d,aM} [m^3/d] / 86,4$$

- Ermittlung des Fremdwasserabflusses im Jahresmittel $Q_{F,aM}$; hierfür sind die in Baden-Württemberg für die Erhebungen des Leistungsvergleiches und die Abwasserabgabe eingeführten Methoden gleitendes Minimum bzw. Ableitung auf Basis der CSB-Trockenwetterkonzentration anzuwenden (Polygon der gleitenden 21-Tage-Minima aus Q_F mit 21-Tage-Intervall nach dem betrachteten Tag).

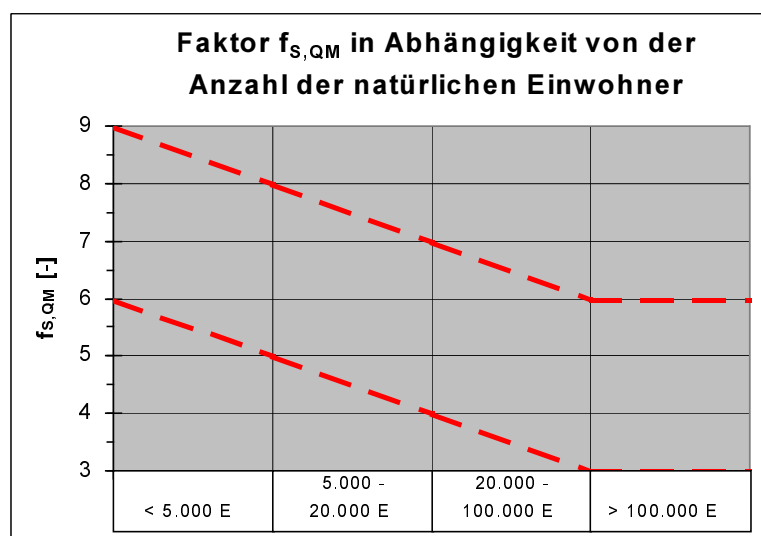
Bei ausgeprägtem Jahresgang des Fremdwasserabflusses (ab $Q_{F,mM,max} \geq 2 * Q_{F,aM}$) ist bei der Berechnung von Q_M anstelle $Q_{F,aM}$ das maximale Monatsmittel $Q_{F,mM,max}$ anzusetzen. Das Ziel ist dabei, dass bei der Tagesspitze des Trockenwetterabflusses noch eine Entleerung der Regenbecken sichergestellt ist.

- Errechnung des Schmutzwasserabflusses im Jahresmittel $Q_{S,aM}$:

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

- Um einen Spielraum zur Optimierung der hydraulischen Belastung der Kläranlage und der Mischwasserbehandlung zu erhalten, wird mit dem A 198, Kap. 4.2.2.6 ein neuer Berechnungsansatz eingeführt. Dabei wird vom mittleren jährlichen Schmutzwasserabfluss $Q_{S,aM}$ und einem Faktor $f_{S,QM}$ ausgegangen.

Der Faktor $f_{S,QM}$ zur Berechnung des Schmutzwasserabflusses bei Q_M wird in Abhängigkeit der Zahl der natürlichen Einwohner (vgl. Kap. 2.1) aus folgender Abbildung (A 198, Bild 1) abgelesen, die den Bereich dieses Faktors zur Ermittlung des optimalen Mischwasserabflusses aufzeigt; der Faktor $f_{S,QM}$ ist innerhalb der gestrichelten Grenzen zu wählen. Werte außerhalb dieser Grenzen führen bei der Mischwasserbehandlung im Netz bzw. bei der Abwasserreinigung zu unwirtschaftlichen Anlagen.



- Berechnung des Mischwasserabflusses Q_M zur Kläranlage:
 $Q_M = f_{S,QM} * Q_{S,aM} + Q_{F,aM}$ (bzw. $Q_M = f_{S,QM} * Q_{S,aM} + Q_{F,mM,max}$).

2.4 Schmutzkonzentrationen und -frachten

2.4.1 Probenahmeort / Probenahmeart (☞ A 1)

Für die Bemessung sind drei Probenahmestellen wichtig:

- Rohabwasserzulauf (entspricht Zulauf Belebungsbecken bei Anlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung).
- Ablauf Vorklärung (Zulauf Belebungsbecken bei Anlagen mit anaerober Schlammstabilisierung (Faulung)).
- Ablauf Nachklärung.

Zur Sicherstellung von repräsentativen Ergebnissen sind bei der Probenahme folgende Punkte zu beachten:

- Die Rohabwasserbeprobung wird im Ablauf Rechen empfohlen.
- An der Probenahmestelle ist auf ausreichende Turbulenz und gleichmäßiges Fließverhalten über den Querschnitt zu achten.
- Erfolgt eine getrennte Beprobung unterschiedlicher Abflusssammler, muss jeder Sammler über eine getrennte Mengenummessung verfügen.
- Die Zulaufbeprobung sollte lediglich den Abwasserabfluss aus dem Einzugsgebiet erfassen. Ist dies nicht möglich, ist exakt zu dokumentieren, welche Stoffströme außer dem Abwasserabfluss des Einzugsgebietes an der Probenahmestelle erfasst werden (z.B. Fäkalienanlieferungen, Zugabe externer Schlämme, interne Rückflüsse wie Überschussschlamm, Filtrate / Zentrats, Trübwasser, Spülwässer).
- Auswahl der Probenahmestelle im Hinblick auf zukünftiges Verfahren (Ist die Probenahmestelle auch für den geplanten zukünftigen Betrieb repräsentativ?). Z.B. sind bei Wegfall oder Verkleinerung einer Vorklärung die Ablaufwerte der bestehenden Vorklärung nur indirekt mit Umrechnungen nutzbar; unter Umständen liefert dann die Rohabwasserbeprobung repräsentativere Werte.
- Zur Berechnung der für die Bemessung erforderlichen Schmutzfrachten (☞ Kap. 2.4.2) sind volumenproportionale (mengenproportionale) oder durchflussproportionale 24-h-Mischproben zu entnehmen.

2.4.2 Maßgebende tägliche Schmutzfrachten im Zulauf Belebungsbecken (☞ A 1)

Im A 131 werden neben den CSB-Werten auch BSB₅-Werte verwendet. Im Rahmen der Eigenkontrollmessungen werden in Baden-Württemberg jedoch ausschließlich CSB-Werte bestimmt. Deshalb erfolgt die Umrechnung der im Arbeitsblatt A 131 verwendeten BSB₅-Werte im vorliegenden Leitfaden mit:

$$\text{CSB-Wert} = 2,0 * \text{BSB}_5\text{-Wert}.$$

Betreffende Formeln, Tabellen oder Grafiken sind im Leitfaden für die ausschließliche Verwendung von CSB-Werten umgestellt.

Die Berechnung der jeweiligen Tagesfrachten B_d erfolgt durch die Multiplikation der in der 24-h-Mischprobe bestimmten Konzentrationswerte C (Konzentration in der homogenisierten Probe) bzw. S (Konzentration in der filtrierten Probe [0,45 μm Membranfilter]) bzw. X (Konzentration des Filtrerrückstandes) mit dem jeweils zugehörigen täglichen Abfluss Q_d :

$$B_d [\text{kg/d}] = C \text{ (bzw. } S, X) [\text{mg/l}] * Q_d [\text{m}^3/\text{d}] / 1000$$

Im Zulauf Belebungsbecken sind die Konzentrationen und Frachten folgender Parameter zu erfassen:

Parameter	Konzentration in mg/l	Fracht in kg/d
CSB	$C_{\text{CSB,ZB}}$	$B_{d,\text{CSB,ZB}}$
Abfiltrierbare Stoffe (nach DIN EN 872)	$X_{\text{TS,ZB}}$	$B_{d,\text{TS,ZB}}$
Ammoniumstickstoff	$S_{\text{NH}_4,\text{ZB}}$	$B_{d,\text{NH}_4,\text{ZB}}$
Ggf. Nitratstickstoff	$S_{\text{NO}_3,\text{ZB}}$	$B_{d,\text{NO}_3,\text{ZB}}$
Ggf. Nitritstickstoff	$S_{\text{NO}_2,\text{ZB}}$	$B_{d,\text{NO}_2,\text{ZB}}$
Gesamtstickstoff	$C_{\text{N,ZB}}$	$B_{d,\text{N,ZB}}$
Gesamtphosphor	$C_{\text{P,ZB}}$	$B_{d,\text{P,ZB}}$

Im Rahmen der EKVO werden nicht alle diese Parameter bestimmt. Außerdem erfolgt die Bestimmung gemäß EKVO lediglich wöchentlich (> 10.000 EW) bzw. monatlich (≤ 10.000 EW). Damit ist die erforderliche Dichte für die in A 198 beschriebene Ermittlung von 2- bzw. 4-Wochen-Mitteln der Schmutzfrachten für verschiedene Temperaturlastfälle (maßgebende Temperaturen → Kap. 2.2) nicht gegeben.

Deshalb wird im Vorfeld einer Kläranlagenerweiterung eine Verdichtung der Probenahme empfohlen.

In Sonderfällen können anstelle von 2- bzw. 4-Wochen-Mitteln für die maßgebenden Parameter auch die 85 %-Werte aller Schmutzfrachten ermittelt werden. In diesem Fall gilt der 85 %-Wert für alle Temperaturlastfälle und ist nicht für jeden Temperaturlastfall einzeln zu bestimmen, sofern die Schmutzfrachten keinem Jahresgang unterliegen.

Um der jeweiligen spezifischen Situation gerecht zu werden und ein ausgewogenes Maß zwischen Anlagengröße und erforderlichem Aufwand für eine verdichtete Beprobung sicherzustellen, werden für Baden-Württemberg grundsätzlich die folgenden vier Vorgehensweisen zur Beschaffung der Datenbasis für die Ermittlung der maßgebenden Frachten definiert. Hierbei ist die Größenklasse zunächst abzuschätzen, da die exakte Bestimmung der Größenklasse (→ Kap. 3.4) erst auf Grundlage der zu ermittelnden Datenbasis erfolgt. Die Rangfolge stellt auch die Priorität der Vorgehensweise dar.

Vorgehensweise 1: Datenbasis 2- bzw. 4-Wochen-Mittel **(Idealfall für alle Größenklassen)**

Ist eine anstehende Bemessung rechtzeitig bekannt, erfolgt 2 Jahre im Voraus eine verdichtete Beprobung der Anlage bezüglich der erforderlichen Parameter und Häufigkeit, um getrennte 2- bzw. 4-Wochen-Mittel für die erforderlichen Temperaturlastfälle ermitteln zu können.

Als maßgebende Frachten sind für die zur Bemessung erforderlichen Parameter zeitgleich 2- bzw. 4-Wochen-Mittel zu bilden:

- Belebungsanlagen mit Nitrifikation / Denitrifikation und Faulung: 2-Wochen-Mittel
- Belebungsanlagen mit aerober Schlammstabilisierung: 4-Wochen-Mittel

Zur Ermittlung der 2- bzw. 4-Wochen-Mittel sind während 2 Jahren mindestens 5 oder 6 Tage (Empfehlung: mindestens 6 Tage) je Kalenderwoche zu beprobieren. Anhand von Erfahrungen bezüglich der Temperaturganglinie aus zurückliegenden Jahren können für die verdichtete Beprobung auch Zeiträume mit Bemessungstemperatur sowie maßgebender höchster und ggf. maßgebender tiefster Temperatur festgelegt werden.

Die maßgebenden Frachten $B_{d,xxx}$ sind getrennt für die folgenden Lastfälle (maßgebende Abwassertemperaturen $\Rightarrow$ Kap. 2.2) zu bestimmen:

– Lastfall 1: Zeiträume mit Bemessungstemperatur T_{Bem}

Die Ermittlung der maßgebenden Frachten bei T_{Bem} erfolgt in folgenden Schritten:

- In der Temperaturganglinie ($\Rightarrow$ Kap. 2.2) werden die Zeiträume mit Bemessungstemperatur T_{Bem} (2-Wochen-Mittel) ausgewählt.
- Aus den Schmutzfrachten $B_{d,xxx}$ in diesen Zeiträumen mit T_{Bem} werden die Wochenmittel $B_{d,xxx,2wM}$ bzw. $B_{d,xxx,4wM}$ gebildet.
- Die maßgebenden Frachten $B_{d,xxx}$ bei T_{Bem} entsprechen dem jeweiligen Maximalwert der Wochenmittel $B_{d,xxx,2wM}$ bzw. $B_{d,xxx,4wM}$.

– Lastfall 2: Zeiträume mit maßgebender höchster Temperatur $T_{2wM,max}$

Die Ermittlung der maßgebenden Frachten bei $T_{2wM,max}$ erfolgt in folgenden Schritten:

- In der Temperaturganglinie ($\Rightarrow$ Kap. 2.2) werden die Zeiträume mit der maßgebenden höchsten Temperatur $T_{2wM,max}$ (2-Wochen-Mittel) ausgewählt.
- Aus den Schmutzfrachten $B_{d,xxx}$ in diesen Zeiträumen mit $T_{2wM,max}$ werden die Wochenmittel $B_{d,xxx,2wM}$ bzw. $B_{d,xxx,4wM}$ gebildet.
- Die maßgebenden Frachten $B_{d,xxx}$ bei $T_{2wM,max}$ entsprechen dem jeweiligen Maximalwert der Wochenmittel $B_{d,xxx,2wM}$ bzw. $B_{d,xxx,4wM}$.

– Lastfall 3: Zeiträume mit maßgebender niedrigster Temperatur $T_{2wM,min}$ (entfällt, wenn T ganzjährig $\geq 12\text{ °C}$)

Die Ermittlung der maßgebenden Frachten bei $T_{2wM,min}$ erfolgt in folgenden Schritten:

- In der Temperaturganglinie ($\Rightarrow$ Kap. 2.2) werden die Zeiträume mit der maßgebenden niedrigsten Temperatur $T_{2wM,min}$ (2-Wochen-Mittel) ausgewählt.
- Aus den Schmutzfrachten $B_{d,xxx}$ in diesen Zeiträumen mit $T_{2wM,min}$ werden die Wochenmittel $B_{d,xxx,2wM}$ bzw. $B_{d,xxx,4wM}$ gebildet.
- Die maßgebenden Frachten $B_{d,xxx}$ bei $T_{2wM,min}$ entsprechen dem jeweiligen Maximalwert der Wochenmittel $B_{d,xxx,2wM}$ bzw. $B_{d,xxx,4wM}$.

Ist die maßgebende Fracht $B_{d,CSB,2(4)WM,max}$ bei $T_{2WM,min}$ um mehr als 10 % höher als im Lastfall 1 bei T_{Bem} , muss der Nachweis der Nitrifikation (§ Kap. 5.3.2) mit den maßgebenden Frachten $B_{d,xxx,2WM,max}$ bei $T_{2WM,min}$ erfolgen.

Vorgehensweise 2: Datenbasis 85 %-Werte + Tab. 1, A 131

(Sonderfall Größenklasse 1, 2, 3)

Für die im Rahmen der Eigenkontrollverordnung erfaßten Frachten sind die Summenhäufigkeiten zu bilden.

Aus den Summenhäufigkeiten werden die jeweiligen 85 %-Werte $B_{d,xxx,85}$ ermittelt. Der 85 %-Wert (auch: 85-Perzentilwert) ist der an 85 % der Tage erreichte oder unterschrittene Wert.

Das Datenkollektiv muss insgesamt mindestens 40 gleichmäßig über zwei Jahre verteilte Tagesfrachten (Trocken- und Regenwettertage) umfassen.

Die ermittelten 85 %-Werte gelten für alle Temperaturlastfälle (§ Kap. 2.2).

Für fehlende Parameter werden die 85 %-Werte aus untenstehender Tabelle (Tab. 1, A 131) übernommen (Zwischenwerte sind abzuschätzen).

Die Tabelle zeigt einwohnerspezifische Frachten in g/(E*d). Die maßgebende Einwohnerzahl E errechnet sich folgendermaßen:

$E = (\text{Anzahl der natürlichen Einwohner} + \text{mittlere Belastung aus Industrie in EW} + \text{Mittelwert sonstiger Frachten}) * \text{Schwankungsfaktor } f$; für f ist der Wert 1,3 einzusetzen.

Parameter	Rohabwasser	Durchflusszeit in der Vorklärung bei $Q_{t,2h,max}$	
		0,5 – 1,0 h	1,5 – 2,0 h
CSB	120 g/(E*d)	90 g/(E*d)	80 g/(E*d)
TS	70 g/(E*d)	35 g/(E*d)	25 g/(E*d)
N	11 g/(E*d)	10 g/(E*d)	10 g/(E*d)
P	1,8 g/(E*d)	1,6 g/(E*d)	1,6 g/(E*d)

Sind für $S_{NH_4,ZB}$, $S_{NO_3,ZB}$ und $S_{NO_2,ZB}$ keine Messwerte im Zulauf Belebungsbecken vorhanden, können diese, sofern keine abweichenden Erfahrungswerte vorliegen, abgeschätzt werden:

- $S_{NH_4,ZB} = 0,60 * C_{N,ZB}$ im Rohabwasser bzw. $0,80 * C_{N,ZB}$ im sedimentierten Abwasser ($t_{A,VKB} > 0,5 \text{ h}$ bei $Q_{T,2h,max}$).
- $S_{NO_3,ZB} = 0 - 5 \text{ mg/l}$; hohe Nitratwerte sind bei hohen grundwasserbedingten Fremdwasseranteilen und landwirtschaftlich genutzten Flächen zu erwarten.
- $S_{NO_2,ZB} = 0 \text{ mg/l}$.

Vorgehensweise 3: Datenbasis 85 %-Werte + Zusätzliche Abwasseruntersuchungen (Sonderfall Größenklasse 4, 5)

Aus den im Rahmen der Eigenkontrollverordnung bestimmten Frachten werden, wie unter Vorgehensweise 2 beschrieben, 85 %-Werte ermittelt.

Zur Vervollständigung der Datenbasis für die Bemessung sind über 2 bis 4 Wochen zusätzliche Abwasseruntersuchungen durchzuführen (mindestens 14 Trockenwettertage).

Dabei sind je nach Bedarf zumindest folgende Untersuchungen auszuführen:

- Täglicher Abwasserabfluss
- $C_{N,ZB}$ -Tages-Ganglinie zur Ermittlung von f_N
- Tagesfrachten abfiltrierbare Stoffe ($X_{TS,ZB}$)
- Tagesfrachten Gesamtstickstoff ($C_{N,ZB}$)
- Tagesfrachten Ammoniumstickstoff ($S_{NH_4,ZB}$)
- Tagesfrachten Nitratstickstoff ($S_{NO_3,ZB}$)
- Tagesfrachten Nitritstickstoff ($S_{NO_2,ZB}$)
- Säurekapazität ($S_{KS,ZB}$)
- Erfassung interner Rückbelastungen (Abfluss, Konzentrationen, Schmutzfrachten)

Aufgrund des begrenzten Beobachtungszeitraumes können die Ergebnisse jedoch nicht direkt zur Bemessung herangezogen werden und als Ersatz für die 2- bzw. 4-Wochenmittel oder die 85 %-Werte dienen. Aus diesen zusätzlichen Untersuchungen können die Verhältnisse der Parameter zueinander gebildet werden und mit diesen Verhältniswerten können die fehlenden Daten abgeschätzt werden.

Vorgehensweise 4: Datenbasis Tab. 1, A 131

Nur in besonders begründeten Einzelfällen (z.B. keine Messdaten) können die 85 %-Werte aller maßgebenden Frachten aus Erfahrungswerten gemäß Tabelle 1 A 131 (siehe Vorgehensweise 2) abgeschätzt werden.

$S_{NH_4,ZB}$, $S_{NO_3,ZB}$ und $S_{NO_2,ZB}$, können, wie unter Vorgehensweise 2 dargestellt, abgeschätzt werden.

2.5 Schlammindex

Der Schlammindex geht bei der Bemessung über die Festlegung des Feststoffgehaltes in die Dimensionierung von Nachklärbecken und Belebungsbecken ein.

Zur Bestimmung des maßgebenden Schlammindex sind Ganglinien der letzten 3 Jahre zu erstellen.

Ist in den Ganglinien ein Jahresgang zu erkennen (z.B. Herbst als kritische Jahreszeit mit erhöhten Schlammindices, z.B. durch Obstkampagne), sind die Phasen mit erhöhtem Schlammindex maßgebend.

Ist kein Jahresgang ersichtlich, ist die Summenhäufigkeit der Schlammindices zu bilden und der 85 %-Wert als maßgebender Wert zu bestimmen.

2.6 Säurekapazität (☞ A 1)

Zur Festlegung der maßgebenden Säurekapazität im Zulauf Belebungsbecken $S_{KS,ZB}$ sind Ganglinien der letzten 2 Jahre zu erstellen.

Empfehlung zur Auswahl der maßgebenden Säurekapazität:

- Ist in den Ganglinien ein Jahresgang zu erkennen, sind die Phasen mit niedriger Säurekapazität maßgebend.
- Ist kein Jahresgang ersichtlich, ist der Mittelwert als maßgebender Wert zu bestimmen.

3. Ermittlung der Bemessungswerte

3.1 Allgemeines (☞ A 1)

Grundlage für die Festlegung der Bemessungswerte sind die gemäß Kapitel 2 ermittelten Betriebsdaten. Die darüberhinaus zu erwartende Zu- oder Abnahme der Abwasserabflüsse und -belastungen ist gemeinsam mit dem Betreiber zu prognostizieren. Dabei sind die Planungszeiträume für Kläranlage und Regenwasserbehandlungsanlagen aufeinander abzustimmen.

Der Planungszeitraum beträgt maximal 25 Jahre.

Als minimaler Planungszeitraum werden 15 Jahre empfohlen. Durch Festlegung von Bauabschnitten können die Bemessungsdaten und somit die erforderlichen Baumaßnahmen zeitlich gestaffelt werden.

Zusätzlich ist die ingenieurtechnische Bearbeitung der hydraulischen Verhältnisse im Gesamtsystem Kanal - Regenbecken - Kläranlage erforderlich.

3.2 Abwassertemperatur (☞ A 1)

Grundlage für die Bemessungsabwassertemperaturen sind die ermittelten Betriebsdaten (☞ Kap.2.2):

- Bemessungstemperatur T_{Bem}
- Maßgebende höchste Abwassertemperatur $T_{2\text{WM},\text{max}}$
- Maßgebende tiefste Abwassertemperatur $T_{2\text{WM},\text{min}}$

Die Bemessungstemperatur T_{Bem} und die maßgebende höchste Abwassertemperatur $T_{2\text{WM},\text{max}}$ können gemäß Kap. 2.2 übernommen werden.

3.3 Abwasserabfluss

Grundlage für die Bemessungsabflüsse sind die Betriebsdaten (☞ Kap. 2.3):

- Mischwasserabfluss Q_M : Auslegung Nachklärung
- Maximaler Trockenwetterabfluss als 2-h-Mittel $Q_{T,2h,\text{max}}$: Auslegung anaerobes Mischbecken, interne Rezirkulation
- Mittlerer täglicher Trockenwetterabfluss $Q_{T,d,\text{aM}}$: Ermittlung des Fällmittelbedarfes und der Schlammproduktion sowie des Sauerstoffverbrauches durch Nitrifikation und des Sauerstoffgewinnes durch Denitrifikation.

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

- Fremdwasserentwicklung; bei Fremdwasseranteil $> 25 \%$ ($Q_{F,aM} / Q_{T,aM} > 0,25$) Fremdwassersanierung grundsätzlich erforderlich
- Erforderliche Erweiterungen oder Reduzierungen
- Reserven.

Unabhängig davon ist eine Abstimmung des Mischwasserabflusses mit dem Allgemeinen Kanalisationsplan erforderlich (Stichwort: Abstimmung Kanal – Kläranlage).

3.4 Schmutzkonzentrationen und -frachten / Ausbaugröße / Größenklasse (☞ A1)

Grundlage für die Bemessungsschmutzfrachten sowie die maßgebenden Konzentrationen im Zulauf Belebungsbecken sind die gemäß Kap. 2.4 ermittelten maßgebenden Betriebsdaten einschließlich interner Rückbelastungen; ggf. sind jeweils unterschiedliche Werte für alle Temperaturlastfälle zu berücksichtigen (☞ Kap. 2.4.2):

- $B_{d,CSB,ZB}$ bzw. $C_{CSB,ZB}$: Ermittlung Schlammanfall, Berechnung Volumen Belebungsbecken, Auslegung Belüftungseinrichtungen
- $B_{d,TS,ZB}$ bzw. $X_{TS,ZB}$, $B_{d,P,ZB}$: Ermittlung Schlammanfall, Berechnung Volumen Belebungsbecken
- $B_{d,N,ZB}$: Auslegung Belüftungseinrichtungen
- $C_{CSB,ZB}$, $S_{NH4,ZB}$, $S_{NO3,ZB}$, $S_{NO2,ZB}$, $C_{N,ZB}$, ggf. $S_{orgN,AN}$: Ermittlung des zu denitrifizierenden Nitrates
- $C_{P,ZB}$: Ermittlung des zu eliminierenden Phosphors
- $S_{KS,ZB}$: Ermittlung der Restsäurekapazität im Ablauf (☞ Kap. 7):

Ausbaugröße

Die Ausbaugröße der Abwasserbehandlungsanlage in EW wird gemäß Tab. 1, A 131 (☞ Kap. 2.4.2, Vorgehensweise 2) aus der ermittelten CSB-Bemessungsfracht $B_{d,CSB,ZB}$ abzüglich der prognostizierten internen Rückbelastungen durch Division mit folgenden Umrechnungsfaktoren ermittelt:

- Rohabwasser: 0,12 kg CSB / EW
- Sedimentiertes Abwasser bei

$t_{A,VKB} = 0,5-1,0 \text{ h bei } Q_{T,2h,max}:$	0,09 kg CSB / EW
$t_{A,VKB} = 1,5-2,0 \text{ h bei } Q_{T,2h,max}:$	0,08 kg CSB / EW

Zwischenwerte sind abzuschätzen.

Größenklasse

Die Größenklasse einer Abwasserbehandlungsanlage geht durch die Vorgabe des Reinigungszieles in die Bemessung der Belebungsanlage ein.

Die im A 131 und A 198 festgelegte Ermittlung der Größenklasse ist nicht konform zur AbwV und zur EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser. Die in den Arbeitsblättern aufgezeigte Ermittlung des 85 %-Wertes von $B_{d,CSB,Z}$ ausschließlich an Trockenwettertagen ist nicht erforderlich.

Die Festlegung der Größenklasse erfolgt mit der ermittelten CSB-Bemessungsfracht $B_{d,CSB,ZB}$ abzüglich der prognostizierten internen Rückbelastungen entsprechend folgender Tabelle (Grundlage AbwV, Anhang 1):

Größen- klasse	in EW	$B_{d,CSB,ZB}$		
		Rohabwasser	Sedimentiertes Abwasser ¹⁾	
			$t_{A,VKB} = 0,5-1,0 \text{ h}$ bei $Q_{T,2h,max}$	$t_{A,VKB} = 1,5-2,0 \text{ h}$ bei $Q_{T,2h,max}$
1	< 1.000 EW	< 120 kg/d	< 90 kg/d	< 80 kg/d
2	1.000 -5.000 EW	120 - 600 kg/d	90 - 450 kg/d	80 - 400 kg/d
3	5.001 - 10.000 EW	601 - 1.200 kg/d	451 - 900 kg/d	401 - 800 kg/d
4	10.001 - 100.000 EW	1.201 - 12.000 kg/d	901 - 9.000 kg/d	801 - 8.000 kg/d
5	> 100.000 EW	> 12.000 kg/d	> 9.000 kg/d	> 8.000 kg/d
1): Zwischenwerte sind abzuschätzen				

3.5 Schlammindex (☞ A 1)

Der Schlammindex wird zur Bemessung der Nachklärung bzw. bei der Festlegung des Trockensubstanzgehaltes der Belebungsanlage benötigt.

Grundlage für die Festlegung des Schlammindex sind die ermittelten Betriebsdaten (☞ Kap. 2.5).

Zur Ermittlung des für die Bemessung maßgebenden Schlammindex sind die Betriebsdaten ggf. unter folgenden Gesichtspunkten an die zukünftigen Anforderungen anzupassen:

- Industrieentwicklung bzw. Änderungen des gewerblichen Einflusses
- Änderung der Verfahrensweise der Belebungsanlage

3.6 Säurekapazität

Die Säurekapazität im Zulauf Belebungsbecken $S_{KS,ZB}$ wird für den Nachweis der Restsäurekapazität benötigt.

Auf Grundlage der ermittelten Betriebsdaten (☞ Kap. 2.6) ist $S_{KS,ZB}$ ggf. unter folgenden Gesichtspunkten an die zukünftigen Erfordernisse anzupassen:

- Durch Fremdwasserentwicklung bedingte Konzentrationsänderungen.
- Änderungen in der Karbonathärte des Trinkwassers aus der öffentlichen Trinkwasserversorgung.
- Veränderte industrielle Einleitungen.

4. Bemessung Nachklärbecken (☞ A 1)

4.1 Allgemeines

Bezüglich der Verfahrenstechnik und Beckengeometrie des Nachklärbeckens (NB) ist folgende Auswahl zu treffen:

- Horizontal durchströmte Rund- oder Rechteckbecken mit Zwangsräumung durch Schildräumer, Bandräumer oder Saugräumer.
- Vertikal durchströmte Becken.

Die Definition der Durchströmungsachse (horizontal / vertikal) wird aus dem Verhältnis der Höhendifferenz zwischen Einlauf NB und Wasseroberfläche (Vertikalkomponente) zur lichten Weite vom Einlauf NB bis Beckenrand in Höhe des Wasserspiegels (Horizontalkomponente; z.B. bei Rundbecken Radius r) abgeleitet:

- Verhältnis $< 1 : 3$ $\Rightarrow$ Horizontal durchströmt
- Verhältnis $> 1 : 2$ $\Rightarrow$ Vertikal durchströmt
- $1 : 3 < \text{Verhältnis} < 1 : 2$ $\Rightarrow$ Übergangsbereich.

Die in den folgenden Unterkapiteln erläuterten Bemessungsregeln gelten für:

- Nachklärbecken mit Längen bzw. Durchmessern bis etwa 60 m
- Schlammindex $50 \text{ l/kg} \leq \text{ISV} \leq 200 \text{ l/kg}$
- Vergleichsschlammvolumen $\text{VSV} \leq 600 \text{ l/m}^3$
- Rücklaufschlammstrom bei Mischwasserabfluss;
 horizontal durchströmt $Q_{\text{RS,M}} \leq 0,75 * Q_{\text{M}}$ bzw.
 vertikal durchströmt $Q_{\text{RS,M}} \leq 1,0 * Q_{\text{M}}$
- Trockensubstanzgehalt im Zulauf Nachklärbecken TS_{BB} bzw. bei Kaskadendenitrifikation $\text{TS}_{\text{AB}} > 1,0 \text{ kg/m}^3$

4.2 Eindickzeit

Die Eindickzeit t_{E} kann aus der Tabelle 10, A 131 gewählt werden.

Da aus rechtlichen oder betrieblichen Gründen stets von Belebungsanlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation auszugehen ist und durch das Mindest-DN-Volumen von 20 % ganzjährig mit weitgehender Denitrifikation zu rechnen ist, kann die Eindickzeit t_{E} im Bereich von 2,0 - 2,5 h gewählt werden (Empfehlung: 2,5 h).

4.3 Trockensubstanzgehalt des Rücklaufschlammes (☞ A 1)

Der Trockensubstanzgehalt im Bodenschlamm TS_{BS} wird mit folgender Gleichung errechnet:

$$TS_{BS} = \frac{1000}{ISV} * \sqrt[3]{t_E} \text{ [kg/m}^3 \text{] .}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- ISV: Schlammindeks (☞ Kap. 3.5).
- t_E : Erforderliche Eindickzeit des Schlammes in der Nachklärung (☞ Kap. 4.2).

Der Trockensubstanzgehalt des Rücklaufschlammes TS_{RS} wird in Abhängigkeit des Räumverfahrens folgendermaßen abgeschätzt:

- Schildräumer: $TS_{RS} \approx 0,7 TS_{BS}$
- Saugräumer: $TS_{RS} \approx 0,5 - 0,7 TS_{BS}$
- Ohne Räumer (NB vertikal durchströmt): $TS_{RS} \approx TS_{BS}$

4.4 Trockensubstanzgehalt und Rücklaufverhältnis in der Belebungsanlage (☞ A 1)

Der Trockensubstanzgehalt in der Belebungsanlage TS_{BB} wird wie folgt berechnet:

$$TS_{BB} = \frac{RV_M * TS_{RS}}{1 + RV_M} \text{ [kg/m}^3 \text{]}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- Rücklaufverhältnis bei Mischwasserabfluss RV_M :
NB horizontal durchströmt: $RV_M = 0,75$ ($Q_{RS,M} = 0,75 * Q_M$)
NB vertikal durchströmt: $RV_M = 1,00$ ($Q_{RS,M} = 1,00 * Q_M$)
- TS_{RS} : Trockensubstanzgehalt des Rücklaufschlammes (☞ Kap. 4.3).

Plausibilitätskontrolle TS_{BB}

- ☐ Bei ISV ca. 80 ml/g: 4,7 – 5,0 kg/m³
- ☐ Bei ISV ca. 100 ml/g: 3,8 – 4,1 kg/m³
- ☐ Bei ISV ca. 150 ml/g: 2,5 – 2,7 kg/m³

4.5 Schlammvolumen- und Flächenbeschickung (☞ A 1)

Die Flächenbeschickung q_A wird folgendermaßen errechnet:

$$q_A = \frac{q_{SV}}{VSV} = \frac{q_{SV}}{TS_{BB} * ISV} \quad [m/h]$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- q_{SV} ; um die Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf der Nachklärung $X_{TS,AN} \leq 20 \text{ mg/l}$ zu halten, sind folgende Höchstwerte der Schlammvolumenbeschickung einzuhalten:
 - NB horizontal durchströmt: $q_{SV} \leq 500 \text{ l/(m}^2 \cdot \text{h)}$
 - NB vertikal durchströmt und Ausbildung eines geschlossenen Flockenfilters oder bei gut flockbarem belebtem Schlamm: $q_{SV} \leq 650 \text{ l/(m}^2 \cdot \text{h)}$
- TS_{BB} ; Trockensubstanzgehalt der Belebungsanlage (☞ Kap. 4.4).
- ISV ; Schlammindeks (☞ Kap. 3.5).
- VSV ; Vergleichsschlammvolumen ($VSV = TS_{BB} * ISV$).

Die Flächenbeschickung q_A darf folgende Werte nicht überschreiten:

- NB horizontal durchströmt: $q_A \leq 1,6 \text{ m/h}$
- NB vertikal durchströmt: $q_A \leq 2,0 \text{ m/h}$.

Plausibilitätskontrolle q_{SV} : 350 – 500 l/(m²*h)

4.6 Beckenoberfläche (☞ A 1)

Die erforderliche Oberfläche der Nachklärung wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$A_{NB} = \frac{Q_M}{q_A} \quad [m^2] .$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- Mischwasserabfluss Q_M (☞ Kap. 3.3)
- Flächenbeschickung q_A (☞ Kap. 4.5).

4.7 Beckentiefe (☞ A 1)

Die Ermittlung der Beckentiefe h_{ges} wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- Klarwasserzone $h_1 = 0,50 \text{ m}$

- Trennzone / Rückströmzone $h_2 = \frac{0,5 * q_A * (1+RV_M)}{1 - VSV / 1.000} \text{ [m]}$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- q_A ; Flächenbeschickung (☞ Kap. 4.5)
- RV_M ; Rücklaufverhältnis bei Mischwasserabfluss (☞ Kap. 4.4)
- VSV ; Vergleichsschlammvolumen (☞ Kap. 4.5)

- Dichtestrom- und Speicherzone $h_3 = \frac{1,5 * 0,3 * q_{SV} * (1+RV_M)}{500} \text{ [m]}$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- q_{SV} ; Schlammvolumenbeschickung (☞ Kap. 4.5)
- RV_M ; Rücklaufverhältnis bei Mischwasserabfluss (☞ Kap. 4.4)

- Eindick- und Räumzone $h_4 = \frac{TS_{BB} * q_A * (1+RV_M) * t_E}{TS_{BS}} \text{ [m]}$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- TS_{BB} ; Trockensubstanzgehalt in der Belebungsanlage (☞ Kap. 4.4)
- q_A ; Flächenbeschickung (☞ Kap. 4.5)
- RV_M ; Rücklaufverhältnis bei Mischwasserabfluss (☞ Kap. 4.4)
- t_E ; Eindickzeit (☞ Kap. 4.2)
- TS_{BS} ; Trockensubstanzgehalt im Bodenschlamm (☞ Kap. 4.3)

- Beckentiefe $h_{\text{ges}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$.

Bei der Festlegung der Beckengeometrie sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Beckentiefe h_{ges} ist für horizontal durchströmte Nachklärbecken mit geneigter Beckensohle auf zwei Drittel des Fließweges bzw. Radius einzuhalten. Sie soll dort mindestens 3 m betragen.
- Bei runden Nachklärbecken beträgt die Mindest-Randwassertiefe 2,5 m.

4.8 Überprüfung und Nachrechnung bestehender Nachklärbecken (☞ A 1)

Bei der Überprüfung von bestehenden Nachklärbecken ist folgendermaßen vorzugehen:

- Mit vorgegebenem Feststoffgehalt in der Belebungsanlage TS_{BB} und Schlammindex ISV ist die Schlammvolumenbeschickung q_{SV} so zu wählen, dass die sich daraus ergebende rechnerische Beckentiefe (☞ Kap. 4.7) mit der tatsächlichen Beckentiefe übereinstimmt.
- Mit der so ermittelten Schlammvolumenbeschickung q_{SV} (☞ Kap. 4.5) ist die Beckenoberfläche (☞ Kap. 4.6) nachzuweisen.

5. Bemessung Belebungsbecken

5.1 Allgemeines

Beruht die Datenbasis auf 2- bzw. 4-Wochen-Mitteln, sind bei der Bemessung ggf. verschiedene Lastfälle mit unterschiedlichen Schmutzfrachten zu beachten (☞ Kap. 2.4.2. und 3.4).

5.2 Reinigungsziel / Verfahrenswahl (☞ A 1)

Aufgrund der rechtlichen Anforderungen (AbwV und ROKA) sowie betrieblicher Kriterien ergeben sich in Abhängigkeit der ermittelten Größenklasse (☞ Kapitel 3.4) folgende Reinigungsziele und erforderliche Reinigungsverfahren:

Ausbau- größe in EW	Reinigungsziel gefordert: X Aus betrieblichen Gründen zu ergänzen: (X)			
	Kohlenstoff- Elimination	Nitrifikation	Denitrifikation	Phosphor- Elimination
Bis 999	X	(X) ²⁾	(X) ^{2),3)}	X ¹⁾
1.000 – 5.000	X	(X) ²⁾	(X) ^{2),3)}	X ¹⁾
5.001 – 10.000	X	X	(X) ³⁾	X ¹⁾
10.001 – 100.000	X	X	X	X
Ab 100.001	X	X	X	X
1): Bei Einleitung in Einzugsgebiete Bodensee oder Obere Donau 2): Anlagen mit aerober Stabilisierung und Stickstoffelimination 3): Mindest-Denitrifikation (Rückgewinn Säurekapazität)				

Obige Tabelle stellt die Mindestanforderungen an die Reinigungsziele aus gesetzlichen und betrieblichen Gründen dar. Die Anforderungen müssen im Einzelfall von der zuständigen Wasserbehörde festgelegt werden und können über die Mindestanforderungen der AbwV hinausgehen.

5.3 Bemessungsschlammalter (☞ A 1)

5.3.1 Anlagen mit Nitrifikation ohne gezielte Denitrifikation (☞ A 1)

Das für die Nitrifikation einzuhaltende aerobe Schlammalter wird mit folgender Gleichung berechnet:

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

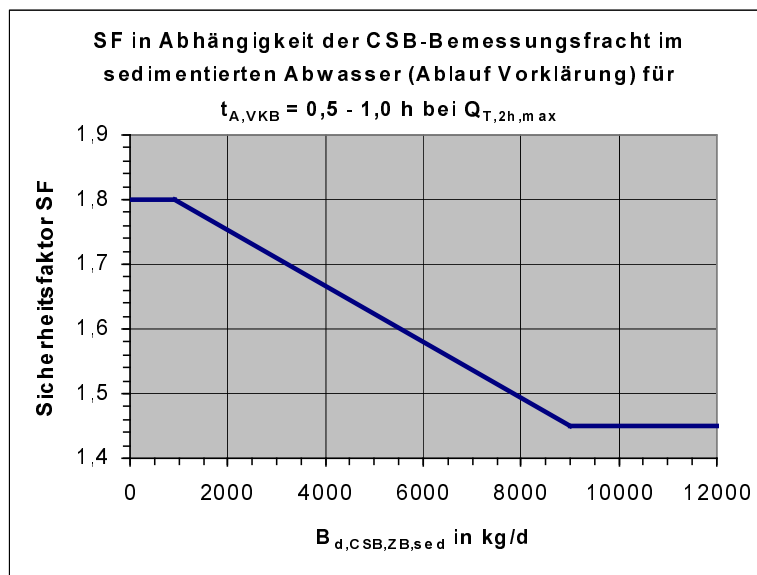
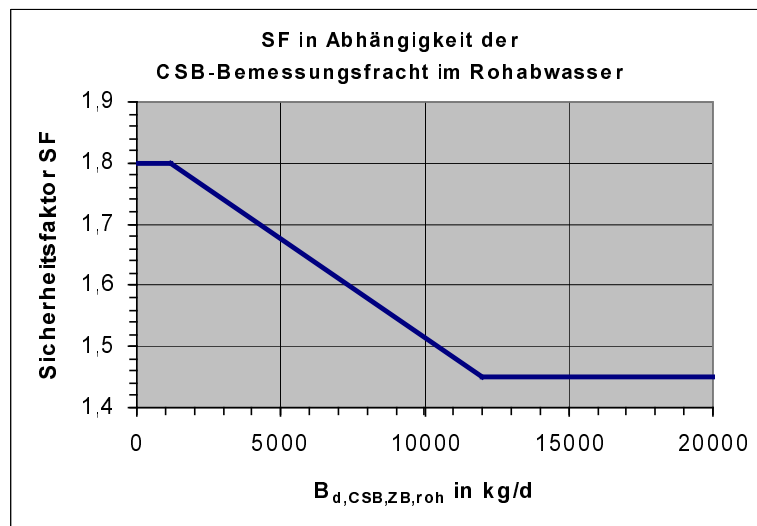
Für T ist in obiger Gleichung $T = T_{ÜW} - 2^{\circ}C$ einzusetzen. Die Temperatur $T_{ÜW}$ beträgt gemäß Abwasserverordnung 12 °C.

Der Sicherheitsfaktor SF ist von der Größe der Anlage abhängig ($B_{d,CSB,ZB}$ ☞ Kap. 3.4):

Einwohnerwerte in EW	$B_{d,CSB,ZB}$		Sicherheitsfaktor SF
	Rohabwasser	Sedimentiertes Abwasser ¹⁾	
≤ 10.000 EW	≤ 1.200 kg/d	≤ 900 kg/d	1,80
≥ 100.000 EW	≥ 12.000 kg/d	≥ 9.000 kg/d	1,45

1): Ablauf Vorklärung für $t_{A,VKB} = 0,5 - 1,0$ h bei $Q_{T,2h,max}$. Für andere Aufenthaltszeiten $t_{A,VKB}$ bei $Q_{T,2h,max}$ in der Vorklärung sind die Werte gemäß Tab. 1, A 131 (Kap. 2.4.2) umzurechnen. Zwischenwerte sind abzuschätzen.

Mit den folgenden Grafiken können Zwischenwerte für $B_{d,CSB,ZB}$ im Bereich von 1.201 bis 11.999 kg/d im Rohabwasser bzw. von 901 bis 8.999 kg/d im sedimentierten Abwasser für $t_{A,VKB} = 0,5 - 1,0$ h bei $Q_{T,2h,max}$ abgeschätzt werden:



Aufgrund des hohen Verbrauchs der Säurekapazität ist auch bei Anlagen mit dem Reinigungsziel Nitrifikation zur Verbesserung der Betriebsstabilität ganzjährig eine teilweise Denitrifikation durch einen Mindest-Volumenanteil von 20 % (min $V_D/V_{BB} = 0,20$) des Belebungsvolumens (räumlich oder zeitlich getrennt) zu ermöglichen.

5.3.2 Anlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation (☞ A 1)

Stickstoffbilanz

Die Ermittlung des Volumenanteiles für die Denitrifikation erfolgt in folgenden Schritten:

Die im Tagesmittel zu nitrifizierende Ammoniumstickstoffkonzentration $S_{\text{NH}_4, \text{N}}$ wird bei der Ermittlung des Rückführverhältnisses benötigt (☞ Kap. 6.1) und beträgt:

$$S_{\text{NH}_4, \text{N}} = C_{\text{N, ZB}} - S_{\text{orgN, AN}} - S_{\text{NH}_4, \text{AN}} - X_{\text{orgN, BM}}$$

Die Berechnung der im Tagesmittel zu denitrifizierenden Nitratstickstoffkonzentration $S_{\text{NO}_3, \text{D}}$, die zur Ermittlung des DN-Volumenanteiles benötigt wird, erfolgt mit der Gleichung:

$$S_{\text{NO}_3, \text{D}} = C_{\text{N, ZB}} - S_{\text{orgN, AN}} - S_{\text{NH}_4, \text{AN}} - S_{\text{NO}_3, \text{AN}} - X_{\text{orgN, BM}}$$

Erläuterung der Parameter obiger Gleichungen:

- $C_{\text{N, ZB}}$; Bemessungskonzentration des Gesamtstickstoffes im Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.4)
- $S_{\text{orgN, AN}}$; Konzentration an organischem Stickstoff im Ablauf; empfohlener Ansatz: $S_{\text{orgN, AN}} = 2,0 \text{ mg/l}$; liegen bekanntermaßen abweichende Werte vor (☞ Kap. 3.4), sind diese zu verwenden.
- $S_{\text{NH}_4, \text{AN}}$; Ammoniumstickstoff im Ablauf.
Da aus gewässerspezifischen Gründen mit Anforderungswerten $< 5 \text{ mg/l}$ zu rechnen ist, wird für die Bemessung angesetzt: $S_{\text{NH}_4, \text{AN}} = 0 \text{ mg/l}$.
- $X_{\text{orgN, BM}}$; in Biomasse eingebaute Stickstofffracht; vereinfachte Abschätzung:
 $X_{\text{orgN, BM}} = 0,02 \text{ bis } 0,025 * C_{\text{CSB, ZB}}$ (Empfehlung: $0,022 * C_{\text{CSB, ZB}}$).
- $S_{\text{NO}_3, \text{AN}}$; Ablaufkonzentration des Nitratstickstoffes im Tagesdurchschnitt; Berechnung aus Anforderungswert S_{anorgN} (Umrechnung von qualifizierter Stichprobe in Tagesdurchschnitt unter der Annahmen $S_{\text{NH}_4, \text{AN}} = S_{\text{NO}_2, \text{AN}} = 0 \text{ mg/l}$):

$$S_{\text{NO}_3, \text{AN}} = 0,7 * S_{\text{anorgN}}$$

Untenstehende Tabelle zeigt die Mindestanforderung für S_{anorgN} in Abhängigkeit der Größenklasse (☞ Kap. 3.4) auf der Grundlage der AbwV (im Einzelfall können auch höhere Anforderungen gestellt werden):

Größenklasse	Anforderungswert S_{anorgN} ¹⁾
1, 2, 3	--- ²⁾
4	18 mg/l
5	13 mg/l ³⁾
1): Gemäß AbwV in der qualifizierten Stichprobe. Die niedrigeren Anforderungswerte gemäß RokA (15 bzw. 10 mg/l) gelten in der 24-h-Mischprobe und werden als gleichwertig betrachtet. 2): Mindest-Denitrifikationsvolumen $V_{\text{D}} / V_{\text{BB}} = 0,2$ 3): Auf die 70 %-N-Verminderung wird gesondert eingegangen (☞ S. 25: Mindest-Denitrifikationsvolumen).	

Volumenanteil Denitrifikation V_D / V_{BB} bei Bemessungstemperatur

Die Ermittlung des Volumenanteiles für die Denitrifikation bei Bemessungstemperatur T_{Bem} erfolgt in folgenden Schritten:

- Berechnung des Verhältnswertes von zu denitrifizierender Stickstoffkonzentration $S_{NO_3,D}$ zur CSB-Bemessungskonzentration $C_{CSB,ZB}$ (Kap. 3.4): Erforderliche Denitrifikationskapazität $S_{NO_3,D} / C_{CSB,ZB}$.
- Mit untenstehender Tabelle (A 131, Tab. 3) wird V_D / V_{BB} in Abhängigkeit der erforderlichen Denitrifikationskapazität ermittelt (T : 10 - 12 °C; O_2 -Gehalte im Zulauf DN < 2 mg/l); Zwischenwerte sind abzuschätzen:

V_D / V_{BB}	Erforderliche Denitrifikationskapazität $S_{NO_3,D} / C_{CSB,ZB}$	
	Vorgeschaltete Denitrifikation und vergleichbare Verfahren	Simultane und intermittierende Denitrifikation
0,2	0,055	0,030
0,3	0,065	0,045
0,4	0,070	0,060
0,5	$\geq 0,075$	$\geq 0,075$

Plausibilitätskontrolle V_D / V_{BB} : 0,30 – 0,40

Bemessungsschlammalter

Das Bemessungsschlammalter für Anlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation errechnet sich aus folgender Gleichung:

$$t_{TS,Bem} = SF * 3,4 * 1,103^{(15-T)} * \frac{1}{1 - (V_D / V_{BB})} \quad [d]$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- SF: Sicherheitsfaktor (Kap. 5.3.1)
- Für T ist in obiger Gleichung $T = T_{ÜW}$ einzusetzen. Die Temperatur $T_{ÜW}$ beträgt gemäß Abwasserverordnung 12 °C. Ist eine Temperatur $T_{ÜW}$ unter 12 °C gefordert, ist diese maßgebend.
- V_D / V_{BB} : DN-Volumenanteil.

Plausibilitätskontrolle $t_{TS,Bem}$: 10 – 14 d

Nachweis der Nitrifikation bei maßgebender tiefster Abwassertemperatur

Dieser Nachweis bei $T_{2wM,min}$ ist nur bei Anlagen mit Abwassertemperaturen T periodisch < 12 °C zu führen und entfällt bei Anlagen mit T ganzjährig ≥ 12 °C (Kap. 2.2, 3.2).

Als Nachweis der Nitrifikation bei $T_{2wM,min}$ wird der DN-Volumenanteil V_D / V_{BB} in diesem Lastfall mit folgender Gleichung nachgewiesen:

$$\frac{V_D}{V_{BB}} = 1 - \frac{SF * 3,4 * 1,103^{(15-T_{2WM,min})}}{t_{TS,Bem}} \quad [-]$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- SF: Sicherheitsfaktor (☞ Kap. 5.3.1)
- $T_{2WM,min}$: Maßgebende tiefste Abwassertemperatur (☞ Kap. 3.2)
- $t_{TS,Bem}$: Bemessungsschlammalter

Entsprechend dem Ergebnis in obiger Gleichung sind Anteile der Denitrifikationszone als wahlweise belüftbares Nitrifikationsvolumen zu gestalten.

Mindest-Denitrifikationsvolumen / Bemessung im Hinblick auf eine 70 %-N-Verminderung im Jahresmittel

Die Bemessung nach A 131 erfüllt nicht alle europäischen Anforderungen: In den europäischen Regelungen werden zu den geforderten Ablaufkonzentrationen entsprechende Abbaugrade (Wirkungsgrade) festgelegt. So wird beispielsweise für Stickstoff eine Frachtverminderung um mindestens 70 % im Jahresmittel gefordert (ab 10.000 EW). Diese Anforderung ist temperaturunabhängig und gilt daher im Gegensatz zu den Vorgaben im A 131 ganzjährig auch für Temperaturen unter 12 °C.

In der AbwV ist jedoch die Einhaltung von Ablaufkonzentrationen in der qualifizierten Stichprobe gefordert. Dies ist gerechtfertigt, da bei mittleren Verhältnissen bei Einhaltung der Konzentrationswerte auch die Mindestabbaugrade erreicht werden und auch die amtliche Überwachung der Anlagen vereinfacht wird. Diese Hilfskonstruktion mit einzuhaltenden Ablaufwerten wird im A 131 als Basis für die Bemessung herangezogen und die Einhaltung der Stickstoffwerte lediglich entsprechend der AbwV bei Temperaturen größer/gleich 12 °C sichergestellt.

Bei Unterschreitung der Bemessungstemperatur (in der Regel $T_{Bem} = 12$ °C) stellt A 131 den Erhalt der Nitrifikation auf Kosten des Denitrifikationsvolumens in den Vordergrund, so dass unter 12 °C mit Einschränkungen der Stickstoffelimination gerechnet werden muss. Dieser Ansatz widerspricht dem Ziel einer Frachtverminderung von 70 % im Jahresmittel.

Da jedoch bereits heute bei der Bemessung die 70 %-N-Verminderung berücksichtigt werden muss und die Anforderungen an die Ablaufkonzentration (☞ Tabelle S. 23) als gleichwertig anzusehen sind, wird für die bemessungstechnische Berücksichtigung folgende Fallunterscheidung getroffen:

Fall 1: Temperatur in Belebungsanlage ganzjährig ≥ 12 °C

Bei diesen Anlagen erfolgt die Bemessung nach A 131. Da aufgrund der Abwassertemperatur ≥ 12 °C ganzjährig keine Verkleinerung des DN-Volumens zum Erhalt der Nitrifikation erfolgt, kann bei N/CSB-Verhältnissen $< 0,125$ (☞ Kap. 8) durch die Bemessung in Bezug auf Ablaufkonzentrationen in der Regel die 70 %-Frachtverminderung für Stickstoff erfüllt werden.

Fall 2: Temperatur in Belebungsanlage periodisch < 12 °C

Um die baulichen Grundlagen zur 70 %-N-Verminderung sicherzustellen, wird über A 131 hinaus folgende Zusatzanforderung an die Bemessung gestellt: Neben der ganzjährigen Nitrifikation muss auch eine ganzjährige Denitrifikation mit einem Mindest-DN-Volumenanteil von 20 % ($\min V_D / V_{BB} = 0,2$) betrieben werden können.

Bei der Bemessung nach A 131 wird bei $T_{2WM,min} < 12\text{ °C}$ eine Verkleinerung des DN-Volumens zum Erhalt der Nitrifikation erforderlich. Für den dadurch reduzierten DN-Volumenanteil gilt folgendes:

- Bleibt unter Nachweis der Nitrifikation bei $T_{2WM,min}$ der DN-Volumenanteil $V_D / V_{BB} \geq 0,2$, ist kein zusätzliches DN-Volumen erforderlich.
- Sinkt jedoch der DN-Volumenanteil bei $T_{2WM,min}$ auf $V_D / V_{BB} < 0,2$ ab, ist zusätzliches DN-Volumen erforderlich, um $\min V_D / V_{BB} = 0,2$ abzudecken.
Ein anaerobes Mischbecken V_{BioP} (☞ Kap. 5.4.3) kann bei entsprechender Gestaltung der internen Rezirkulation (Einleitung RZ wahlweise in V_{BioP}) während der kalten Jahreszeit dem Denitrifikationsvolumen V_D zugeordnet werden.

Um Vorhersagen im Hinblick auf das Erreichen der 70 %-N-Verminderung zu verbessern, wird die Durchführung einer dynamischen Simulation der Belebungsanlage empfohlen.

Nachweis maximales DN-Volumen

Nach A 131 ist lediglich nachzuweisen, wie bei $T_{2WM,min}$ das Nitrifikationsvolumen durch Verringerung des DN-Volumenanteiles zu vergrößern ist.

Zur Optimierung der Reinigungsleistung ist desweiteren der Nachweis zu führen, dass der DN-Volumenanteil bei Temperaturen über der Bemessungstemperatur durch Verkleinerung des Nitrifikationsvolumens gesteigert werden kann. Aufgrund des größeren DN-Volumens sind dann niedrigere Ablaufwerte für $S_{NO3,AN}$ möglich.

Die Berechnung der Temperatur T_{maxD} , bei deren Überschreitung der maximale DN-Volumenanteil $\max V_D/V_{BB}$ betrieben werden kann, erfolgt mit folgender Gleichung:

$$T_{maxD} = 23,474 \cdot [1,17 + \log SF - \log t_{TS,Bem} - \log (1 - \max V_D/V_{BB})]$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- SF: Sicherheitsfaktor (☞ Kap. 5.3.1)
- $t_{TS,Bem}$: Bemessungsschlammalter
- $\max V_D/V_{BB}$: maximal zulässiger DN-Volumenanteil; Empfehlung: 0,40; der Anteil des gesamten unbelüfteten Volumens einschließlich V_{BioP} darf maximal 50 % betragen.

Für den Betrieb der Belebungsanlagen wird empfohlen, $\max V_D/V_{BB}$ erst dann einzustellen, wenn T_{maxD} mindestens 10 Tage ohne Unterbrechung erreicht oder überschritten wurde.

Bauliche Umsetzung der unterschiedlichen DN-Volumenanteile

Die Bemessungsschritte in diesem Kapitel führen zu bis zu drei verschiedenen Betriebsweisen mit unterschiedlichen DN-Volumenanteilen:

- Bemessungsbetrieb: V_D/V_{BB} bei Bemessungstemperatur T_{Bem}
- Winterbetrieb: $\min V_D/V_{BB}$ bei $T < T_{Bem}$
- Sommerbetrieb: $\max V_D/V_{BB}$ bei $T > T_{maxD}$

Bei Belebungsbecken mit intermittierender Denitrifikation erfolgt die Umsetzung dieser Betriebsweisen durch Variation der belüfteten Zeit t_N und der unbelüfteten Zeit t_D

(☞ Kap. 6.2).

Bei Belebungsbecken mit vorgeschalteter Denitrifikation sind die verschiedenen DN-Volumenanteile durch variable Beckenzonen zu realisieren (☞ Kap. 5.6).

5.3.3 Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung (☞ A 1)

Für Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung ist unabhängig von der geforderten Reinigungsleistung aus betrieblichen Gründen auch die gezielte Denitrifikation erforderlich.

Das Bemessungsschlammalter ist für die Bemessungstemperatur von $T_{Bem} = 12\text{ °C}$ folgendermaßen festzulegen:

$$t_{TS,Bem} = 25\text{ d.}$$

Folgende Bemessungsvorgänge erfolgen wie im vorhergehenden Kapitel 5.3.2:

- Stickstoffbilanz
- Nachweis der Nitrifikation bei $T_{2WM,min}$
- Festlegung des Mindest-DN-Volumenanteiles

5.4 Phosphorelimination

5.4.1 Phosphorbilanz / Ermittlung des zu fällenden Phosphates (☞ A 1)

Das zu fällende Phosphat $X_{P,Fäll}$ wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$X_{P,Fäll} = C_{P,ZB} - C_{P,AN} - X_{P,BM} - X_{P,BioP}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- $C_{P,ZB}$: Konzentration Gesamtphosphor im Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.4)
- Gilt der Anforderungswert C_P in der **qualifizierten Stichprobe**, ist die Konzentration für Gesamtphosphor im Ablauf Nachklärung im Tagesdurchschnitt (gleichwertig 24-h-Mischprobe) $C_{P,AN}$ folgendermaßen zu berechnen:
 $C_{P,AN} = 0,6 \text{ bis } 0,7 * C_P$ (Empfehlung: $0,7 * C_P$).
- Gilt der Anforderungswert C_P in der **24-h-Mischprobe** ist $C_{P,AN} = C_P$.

Untenstehende Tabelle zeigt die Mindestanforderung in Abhängigkeit der Ausbaugröße (☞ Kap. 3.4) auf Grundlage von AbwV, RokA und Bodensee-Richtlinien (maßgebend ist der jeweils niedrigste Wert); im Einzelfall können auch weitergehende Anforderungen gestellt werden:

Ausbaugröße in EW	Anforderungswert C _P in mg/l ⁵⁾ (nicht maßgebende Werte stehen in Klammern)		
	AbwV Qual. Stichpr.	RokA 24-h-Mischprobe	Bodensee-Richtlinien 24-h-Mischprobe
< 600	---	---	---
600 – 999	---	1,5 mg/l ^{2),4)}	---
1.000 - 2.999	---	1,5 mg/l ²⁾	1,0 mg/l
3.000 - 9.999	---	1,0 mg/l ²⁾	1,0 mg/l
10.000 - 29.999	2,0 mg/l ^{1), 3)}	1,0 mg/l ²⁾ / (2,0 mg/l ³⁾)	1,0 mg/l
30.000 - 39.999	2,0 mg/l ^{1), 3)}	1,0 mg/l ²⁾ / (2,0 mg/l ³⁾) / 0,3 mg/l ⁴⁾	(1,0 mg/l)
40.000 - 100.000	2,0 mg/l ^{1), 3)}	1,0 mg/l ²⁾ / (2,0 mg/l ³⁾) / 0,3 mg/l ⁴⁾	0,3 mg/l
> 100.000	1,0 mg/l ^{1),2),3)}	(1,0 mg/l ^{2), 3)}) / 0,3 mg/l ⁴⁾	0,3 mg/l
1): Maßgebend für gemäß RokA nicht empfindliche Gebiete 2): Einzugsgebiet Obere Donau 3): Rheineinzugsgebiet 4): Bodensee-Einzugsgebiet 5): Die nach RokA und Bodensee-Richtlinien zusätzlich geltende prozentuale Frachtverminderung im Jahresmittel kann als gleichwertig zu dem ganzjährig geltenden Anforderungswert C _P angenommen werden und ist daher bei der Bemessung nicht gesondert zu berücksichtigen.			

- $X_{P,BM}$: zum Zellaufbau der heterotrophen Biomasse benötigter Phosphor:

$$X_{P,BM} = 0,005 * C_{CSB,ZB}$$
- Wird ein anaerobes vorgeschaltetes Mischbecken zur Bio-P betrieben, kann der bei der biologischen P-Elimination gebundene Phosphor $X_{P,BioP}$ für übliches kommunales Abwasser folgendermaßen berechnet werden:

$$X_{P,BioP} = 0,005 \text{ bis } 0,007 * C_{CSB,ZB} ; \text{ Empfehlung: } X_{P,BioP} = 0,005 * C_{CSB,ZB} .$$

5.4.2 Ermittlung des Fällmittelbedarfes (☞ A 1)

Der Fällmittelbedarf geht in die Ermittlung der Schlammproduktion und den Nachweis der Säurekapazität ein (☞ Kap. 7).

Mit 1,5 mol Me³⁺ pro mol $X_{P,Fäll}$ wird der mittlere Fällmittelbedarf $B_{d,Me}$ folgendermaßen berechnet:

- Fällung mit Eisen:
$$B_{d,Fe} = Q_{T,daM} * 2,7 * X_{P,Fäll} / 1000 \text{ [kg/d]}$$
- Fällung mit Aluminium:
$$B_{d,Al} = Q_{T,daM} * 1,3 * X_{P,Fäll} / 1000 \text{ [kg/d]}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- $Q_{T,d,AM}$ [m^3/d]: Mittlerer täglicher Trockenwetterabfluss (☞ Kap. 3.3).
- $X_{P,Fäll}$ [mg/l]: Zu fällendes Phosphat (☞ Kap. 5.4.1).

5.4.3 Bemessung eines anaeroben Mischbeckens zur biologischen Phosphorelimination V_{BioP}

Da der Erfolg der Bio-P im voraus nicht sicher abgeschätzt werden kann, muss unabhängig vom Betrieb eines anaeroben Mischbeckens aus Gründen der Betriebssicherheit die Installation einer Fällmittellager- und -dosierstation vorgesehen werden (☞ Kap. 5.4.2).

Neben der Bio-P kann die Aufgabe eines anaeroben Mischbeckens auch darin bestehen, die Gefahr fadenförmigen Bakterienwachstums zu verringern.

Das Volumen des anaeroben Mischbeckens wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$V_{BioP} = t_{K,min,T} * (Q_{T,2h,max} + Q_{RS,T})$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- Die erforderliche Mindestkontaktzeit bei Trockenwetter $t_{K,min,T}$ beträgt 0,5 bis 0,75 h (Empfehlung: $t_{K,min,T} = 0,75$ h).
- $Q_{T,2h,max}$ [m^3/h]: Maximaler Trockenwetterabfluss (☞ Kap. 3.3).
- $Q_{RS,T}$ [m^3/h]: Rücklaufschlammstrom bei Trockenwetterabfluss
Empfehlung: $Q_{RS,T} = RV_T * Q_{T,2h,max}$ mit $RV_T = 1,0$.

Je höher das Verhältnis leicht abbaubarer organischer Stoffe zu Phosphor im Zulauf des anaeroben Mischbeckens ist, mit umso höherem Wirkungsgrad der Bio-P kann gerechnet werden.

5.5 Schlammproduktion

5.5.1 Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination (☞ A 1)

Die Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination $\ddot{U}_{d,C}$ [kg/d] wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\ddot{U}_{d,C} = 0,5 * B_{d,CSB,ZB} * (0,75 + 0,6 * \frac{X_{TS,ZB}}{0,5 * C_{CSB,ZB}} - \frac{(1-0,2) * 0,17 * 0,75 * t_{TS} * F_T}{1 + 0,17 * t_{TS} * F_T})$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- $B_{d,CSB,ZB}$: CSB-Bemessungsschmutzfracht Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.4).
- $X_{TS,ZB} / C_{CSB,ZB}$: Konzentrationsverhältnis abfiltrierbare Stoffe zu CSB im Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.4).
- t_{TS} : Schlammalter (☞ Kap. 5.3).
- F_T : Temperaturfaktor für endogene Veratmung; $F_T = 1,072^{(T-15)}$ mit Bemessungstemperatur T_{Bem} (☞ Kap. 3.2).

Zur Vereinfachung kann $\ddot{U}S_{d,C}$ folgendermaßen berechnet werden:

$$\ddot{U}S_{d,C} = 0,5 * B_{d,CSB,ZB} * \ddot{U}S_{C,CSB}$$

$\ddot{U}S_{C,CSB}$ [kg TS / kg CSB] kann für $T = 10$ bis 12 °C näherungsweise in Abhängigkeit des Schlammalters t_{TS} und des Verhältniswertes $X_{TS,ZB} / C_{CSB,ZB}$ aus folgender Tabelle (A 131, Tab. 5) abgelesen werden; Zwischenwerte sind abzuschätzen:

$\ddot{U}S_{C,CSB}$ in kg/kg		Schlammalter t_{TS} in Tagen					
		4	8	10	15	20	25
$\frac{X_{TS,ZB}}{C_{CSB,ZB}}$	0,2	0,79	0,69	0,65	0,59	0,56	0,53
	0,3	0,91	0,81	0,77	0,71	0,68	0,65
	0,4	1,03	0,93	0,89	0,83	0,80	0,77
	0,5	1,15	1,05	1,01	0,95	0,92	0,89
	0,6	1,27	1,17	1,13	1,07	1,04	1,01

Plausibilitätskontrolle $\ddot{U}S_{d,C} / B_{d,CSB,ZB}$

- ☐ Bei anaerober Stabilisierung: $\approx 0,35 - 0,45$ kgTS / kgCSB
- ☐ Bei aerober Stabilisierung: $\approx 0,40 - 0,50$ kgTS / kgCSB

5.5.2 Schlammproduktion aus der Phosphorelimination (☞ A 1)

Die Schlammproduktion aus der Phosphorelimination $\ddot{U}S_{d,P}$ [kg/d] wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\ddot{U}S_{d,P} = Q_{T,d,aM} * (3 * X_{P,BioP} + 6,8 * X_{P,Fäll,Fe} + 5,3 * X_{P,Fäll,Al}) / 1000$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- $Q_{T,d,aM}$ [m³/d]: Täglicher Trockenwetterabfluss (☞ Kap. 3.3).
- $X_{P,BioP}$ [mg/l]: Durch Bio-P gebundener Phosphor (☞ Kap. 5.4.1).
- $X_{P,Fäll}$ [mg/l]: Zu fällender Phosphor (☞ Kap. 5.4.1).

Plausibilitätskontrolle $\ddot{U}S_{d,P}$: 5 – 10 % von $\ddot{U}S_{d,C}$

5.5.3 Gesamte Schlammproduktion

Die gesamte Schlammproduktion wird aus der Summe der beim Abbau organischer Stoffe entstehenden und eingelagerten Feststoffe sowie dem aus der P-Elimination resultierenden Schlamm errechnet:

$$\ddot{U}S_d = \ddot{U}S_{d,C} + \ddot{U}S_{d,P}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- $\ddot{U}S_{d,C}$: Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination (☞ Kap. 5.5.1).
- $\ddot{U}S_{d,P}$: Schlammproduktion aus der P-Elimination (☞ Kap. 5.5.2).

5.6 Belebungsvolumen (☞ A 1)

Das erforderliche Volumen der Belebungsbecken wird wie folgt berechnet:

$$V_{BB} = \frac{t_{TS,Bem} * \dot{U}S_d}{TS_{BB}}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- $t_{TS,Bem}$: Schlammalter (☞ Kap. 5.3).
- $\dot{U}S_d$: Schlammproduktion (☞ Kap. 5.5.3).
- TS_{BB} : Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken (☞ Kap. 4.4).

Plausibilitätskontrolle V_{BB}

Bei anaerober Stabilisierung (bei ISV ca. 100 ml/g): 100 – 150 l / EW

Bei aerober Stabilisierung (bei ISV ca. 100 ml/g): 300 – 400 l / EW

[Bezogen auf Ausbaugröße in EW]

Folgende Vergleichsgrößen können berechnet werden:

- CSB-Raumbelastung $B_{R,CSB} = \frac{B_{d,CSB,ZB}}{V_{BB}}$ [kg CSB/(m³*d)]
- CSB-Schlammbelastung $B_{TS,CSB} = \frac{B_{R,CSB}}{TS_{BB}}$ [kg CSB/(kgTS*d)]

Plausibilitätskontrolle $B_{TS,CSB}$

☐ Bei anaerober Stabilisierung: 0,14 – 0,20 kg/(kg * d)

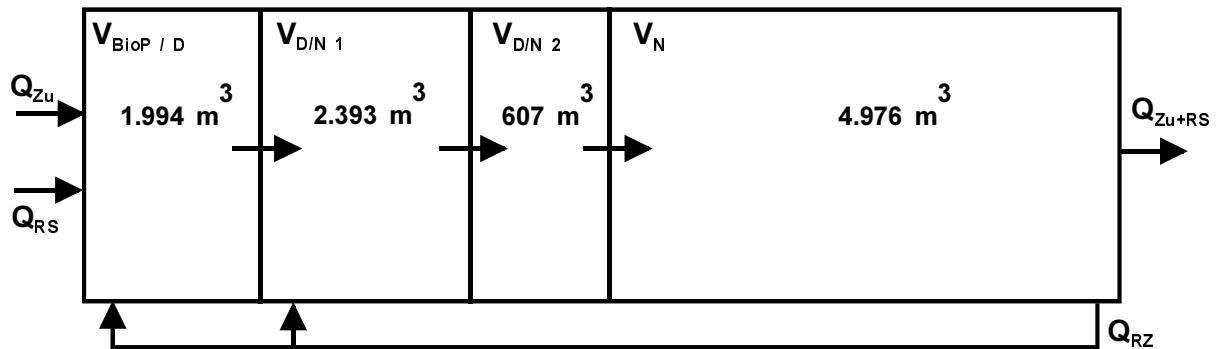
☐ Bei aerober Stabilisierung: 0,08 – 0,10 kg/(kg * d)

Bei der Aufteilung des Belebungsvolumens in belüftete N-Zonen (V_N) und unbelüftete DN-Zonen (V_D) sind folgende Fälle zu berücksichtigen, bei denen wahlweise belüftbare DN/N-Zonen oder wahlweise mit interner Rezirkulation beschickbare AN/DN-Zonen erforderlich werden können (☞ Kap. 5.3.2):

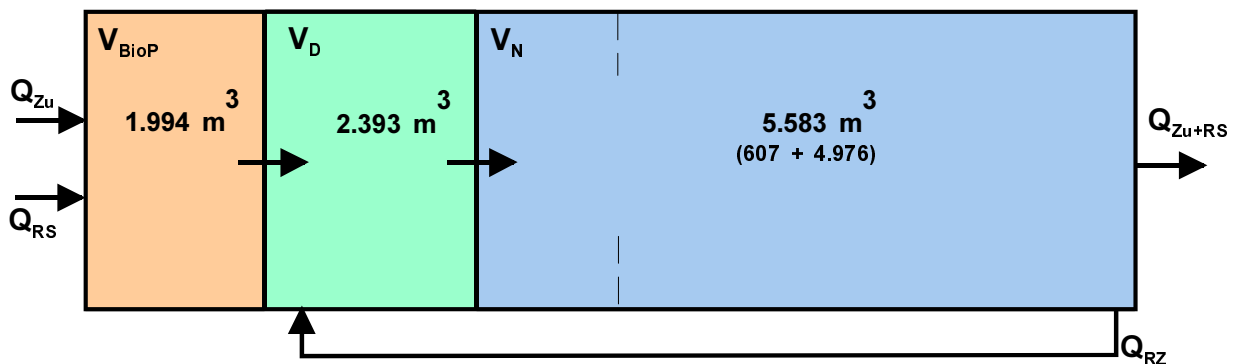
- Berechnung des erforderlichen DN-Volumens V_D bei Bemessungstemperatur T_{Bem} .
- Ggf. Berechnung des erforderlichen N-Volumens V_N bei maßgebender tiefster Abwassertemperatur $T_{2wM,min}$.
- Ggf. Berechnung des erforderlichen DN-Volumens V_D bei maßgebender tiefster Abwassertemperatur $T_{2wM,min}$.
- Ggf. Berechnung des maximal möglichen DN-Volumens V_D bei T_{maxD} .

Die untenstehende Abbildung (☞ Anhang A 3 Kurzbemessung mit Anwendungsbeispiel) zeigt eine Möglichkeit zur Umsetzung der Beckeneinteilung:

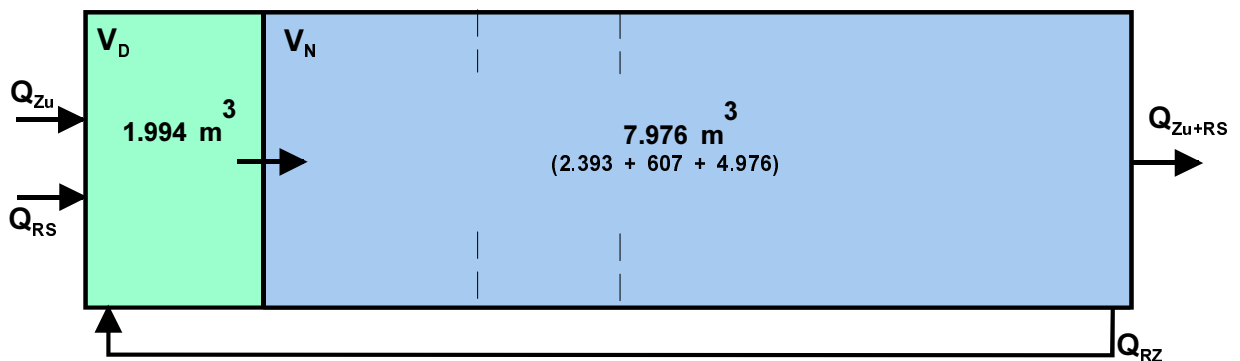
Aufteilung Belebungsvolumen:



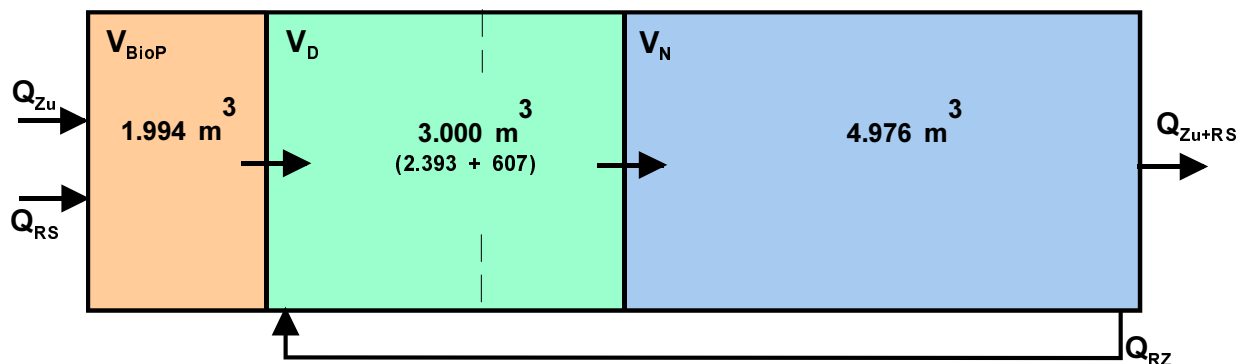
Bemessungsbetrieb ($12^\circ\text{C} \leq T \leq 13,5^\circ\text{C}$):



Winterbetrieb ($8^\circ\text{C} \leq T < 12^\circ\text{C}$):



Sommerbetrieb ($13,5^\circ\text{C} < T \leq 21^\circ\text{C}$):



6. Bemessung Rückführverhältnis und Taktdauer

6.1 Rückführverhältnis bei vorgeschalteter Denitrifikation (☞ A 1)

Das erforderliche Rückführverhältnis RF aus Rücklaufschlammstrom Q_{RS} und interner Rezirkulation Q_{RZ} bezogen auf den maximalen Trockenwetterabfluss $Q_{T,2h,max}$ wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$RF = \frac{S_{NH_4,N}}{S_{NO_3,AN}} - 1.$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- $S_{NH_4,N}$: Im Tagesmittel zu nitrifizierende Ammoniumstickstoffkonzentration (☞ Kap. 5.3.2)
- $S_{NO_3,AN}$: Ablaufkonzentration des Nitratstickstoffes im Tagesdurchschnitt (☞ Kap. 5.3.2).

Empfehlungen:

- Aus betrieblichen Gründen wird RF auf maximal ca. 5 begrenzt.
- Im Denitrifikationsbecken V_{DN} ist eine Mindestkontaktzeit bei Trockenwetter von 0,5 h einzuhalten.

Der Rückführfluss Q_{RF} beträgt:

$$Q_{RF} = Q_{T,2h,max} \cdot RF$$

Die interne Rezirkulation Q_{RZ} wird folgendermaßen berechnet:

$$Q_{RZ} = Q_{RF} - Q_{RS,T}$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- $Q_{T,2h,max}$: Maximaler Trockenwetterabfluss (☞ Kap. 3.3).
- RF; Rückführverhältnis
- $Q_{RS,T}$: Rücklaufschlammstrom bei Trockenwetterabfluss
Empfehlung: $Q_{RS,T} = RV_T \cdot Q_{T,2h,max}$ mit $RV_T = 1,0$.

Der maximal mögliche Wirkungsgrad der Denitrifikation η_D beträgt:

$$\eta_D \leq 1 - \frac{1}{1 + RF}$$

Plausibilitätskontrolle RF: 1,00 – 4,00

6.2 Taktdauer bei intermittierenden Denitrifikationsverfahren (☞ A 1)

Die Taktdauer t_T und die Durchflusszeit t_R bei intermittierenden Verfahren werden wie folgt berechnet:

$$t_T = t_R * \frac{S_{NO3,AN}}{S_{NH4,N}} \quad [\text{d oder h}] \quad \text{mit} \quad t_R = \frac{V_{BB}}{Q_{T, 2h, max}} \quad [\text{d oder h}].$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- V_{BB} : Belebungsvolumen (☞ Kap. 5.6).
- $Q_{T, 2h, max}$: Maximaler Trockenwetterabfluss (☞ Kap. 3.3).
- $S_{NO3,AN}$: Ablaufkonzentration des Nitratstickstoffes im Tagesdurchschnitt (☞ Kap. 5.3.2).
- $S_{NH4,N}$: Im Tagesmittel zu nitrifizierende Ammoniumstickstoffkonzentration (☞ Kap. 5.3.2).

Die Taktdauer t_T unterteilt sich in die belüftete Zeit zur Nitrifikation (t_N) und die unbelüftete Zeit zur Denitrifikation (t_D): $t_T = t_N + t_D$.

Die Phasenzeiten werden in Abhängigkeit von V_D / V_{BB} (☞ Kap. 5.3.2) von folgendermaßen ermittelt:

- Denitrifikationszeit $t_D = t_T * V_D / V_{BB}$
- Nitrifikationszeit $t_N = t_T * (1 - V_D / V_{BB})$.

7. Nachweis Säurekapazität (☞ A 1)

Sinkt der pH-Wert in der Belebungsanlage unter 6,6 ab, ist mit einer Schädigung der Biomasse zu rechnen. Um dies auszuschliessen, ist im Ablauf der Belebungsanlage eine Restsäurekapazität $S_{KS,AB} \geq 1,5$ mmol/l einzuhalten.

Die Restsäurekapazität $S_{KS,AB}$ wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$S_{KS,AB} = S_{KS,ZB} - [0,07 * (S_{NH4,ZB} - S_{NH4,AN} + S_{NO3,AN} - S_{NO3,ZB}) + 0,06 * S_{Fe3} + 0,04 * S_{Fe2} + 0,11 * S_{Al3} - 0,03 * X_{P,Fäll}] .$$

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichung:

- $S_{KS,ZB}$ [mmol/l]: Säurekapazität im Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.6)
- $S_{NH4,ZB}$ [mg/l]: Ammoniumstickstoffkonzentration im Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.4)
- $S_{NH4,AN}$ [mg/l]: Ammoniumstickstoffkonzentration im Ablauf Nachklärung; Ansatz aus Sicherheitsgründen: $S_{NH4,AN} = 0$ mg/l (☞ Kap. 5.3.2)
- $S_{NO3,AN}$ [mg/l]: Nitratstickstoffkonzentration im Ablauf Nachklärung (☞ Kap. 5.3.2)
- $S_{NO3,ZB}$ [mg/l]: Nitratstickstoffkonzentration im Zulauf Belebungsbecken (☞ Kap. 3.4)
- S_{Fe3} , S_{Fe2} , S_{Al3} [mg/l]: Konzentration Fällmittelwirkstoff bezogen auf $Q_{T,d,aM}$:
 $S_{Me} = B_{d,Me} / Q_{T,d,aM}$ [mg/l]; ($B_{d,Me}$ [kg/d] ☞ Kap. 5.4.2; $Q_{T,d,aM}$ [m³/d] ☞ 3.3)
- $X_{P,Fäll}$: Zu fällendes Phosphat (☞ Kap. 5.4.1).

Ergibt die Berechnung obiger Gleichung Werte für $S_{KS,AB}$ kleiner als 1,5, sind folgende Schritte erforderlich:

- Verwendung eines basischen Fällmittels anstatt eines sauren Fällmittels.
- Ergeben sich trotz Verwendung eines basischen Fällmittels Werte für $S_{KS,AB} < 1,5$, ist zusätzlich ein basisches Neutralisationsmittel (z.B. Kalkmilch) in die Belebungsanlage zu dosieren.

8. Rechnerischer Nachweis der 70 %-N-Verminderung anhand von Betriebsdaten (☞ A 1)

Ein rechnerischer Nachweis der 70 %-N-Verminderung ist im Rahmen der Bemessung einer Belebungsanlage nach A 131 nicht möglich, sondern kann erst anhand von Betriebsdaten aus dem laufenden Betrieb einer Abwasserbehandlungsanlage erfolgen.

Der Abbaugrad bezieht sich auf die gesamte Kläranlage vom Zulauf (Rohabwasser ohne interne Rückbelastungen) bis zum letzten Anlagenteil (Nachklärung, Filter, Teich), von dem aus die Ableitung des gereinigten Abwassers in das Gewässer erfolgt. Dieser Gesamt-Abbaugrad einer Kläranlage kann somit nur näherungsweise bei der Bemessung einer Belebungsanlage, bei der die Zulauffrachten einschließlich interner Rückbelastungen heranzuziehen sind und bei der in ggf. nachgeschalteten Anlagenteilen wie Filter oder Teiche auch eine Entnahme von Stoffen stattfindet, in Betracht gezogen werden.

Durch die Vorgabe eines Mindest-Denitrifikationsvolumens und den Nachweis des maximalen DN-Volumens (☞ Kap. 5.3.2) wird bei entsprechender Realisierung der Belebungsanlage sichergestellt, dass die 70 %-N-Verminderung mit größtmöglicher Wahrscheinlichkeit erreicht wird. Allerdings ist die statistische Verteilung der temperaturabhängigen Stickstoffelimination nicht vorhersagbar und in die Bemessung integrierbar.

Bei ungünstigen Randbedingungen (niedrige Zulaufkonzentrationen, niedrige Abwassertemperatur) wird die Durchführung einer dynamischen Simulation der Belebungsanlage empfohlen, um Vorhersagen im Hinblick auf den 70 %-Nachweis zu verbessern.

Der rechnerische Nachweis einer 70 %-N-Verminderung ($\eta_N \geq 70 \%$) in einer bestehenden Abwasserbehandlungsanlage erfolgt mit folgender Gleichung [siehe auch Facherklass des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg vom 18.07.2002]:

$$\eta_N = \frac{C_{N,Z,aM} - C_{N,AN,aM}}{C_{N,Z,aM}}$$

Für $\eta_N \geq 70 \%$ wird der die neue Mindestanforderung S_{anorgN} folgendermaßen berechnet:

$$S_{anorgN} = (C_{N,Z,aM} * 0,3 - C_{orgN,AN,aM}) * f_{Probe}$$

Dabei sind $C_{N,Z,aM}$ und $C_{orgN,AN,aM}$ aus Werte in der 24-h-Mischprobe gewonnen. S_{anorgN} gilt in der qualifizierten Stichprobe.

Ergibt diese Berechnung von S_{anorgN} Werte $> 25 \text{ mg/l}$ gilt $S_{anorgN} = 25 \text{ mg/l}$.

Erläuterung der Komponenten obiger Gleichungen:

- $C_{N,Z,aM}$ [mg/l]; abflussgewichteter Jahresmittelwert der N-Konzentration $C_{N,Z}$ im Zulauf der Kläranlage ohne interne Rückbelastungen:

$$C_{N,Z,aM} = \frac{\sum_{n=1}^y (C_{N,Z} * Q_d)}{\sum_{n=1}^y Q_d} \quad [y = \text{Anzahl der Messwerte}]$$

- $C_{N,AN,aM}$ [mg/l]; abflussgewichteter Jahresmittelwert der N-Konzentration $C_{N,AN}$ im Ablauf der Nachklärung:

$$C_{N,AN,aM} = \sum_{n=1}^y (C_{N,AN} * Q_d) / \sum_{n=1}^y Q_d \quad [y = \text{Anzahl der Messwerte}]$$

Bei Kläranlagen mit nachgeschaltetem Filter oder Teich ist der Jahresmittelwert im Ablauf des Filters bzw. Teiches analog zu berechnen.

Zur Berechnung der Jahresmittelwerte sind die verwertbaren wöchentlichen Messungen (Mindestumfang EKVO) eines repräsentativen Kalenderjahres zu verwenden. Auf eine repräsentative Verteilung der erfassten Tage (Trockenwetter / Regenwetter) ist zu achten. Beinhalten die Messwerte interne Rückbelastungen, sind diese in Abzug zu bringen (ggf. zusätzliche Abwasseruntersuchung). Die Berechnungen sind unabhängig von der Abwassertemperatur.

Liegen nur Analysenwerte $S_{anorgN,AN}$ zur Ermittlung des Jahresmittelwertes der N_{anorg} -Konzentration $S_{anorgN,AN,aM}$ vor, ist dieser um $C_{orgN,AN,aM}$ zu erhöhen. $C_{orgN,AN,aM}$ kann mit 2,0 mg/l angesetzt werden. Liegen anlagenspezifische Hinweise auf abweichende Werte für $C_{orgN,AN}$ vor, sind die tatsächlichen Werte zu bestimmen und anzusetzen.

- $C_{orgN,AN,aM}$ [mg/l]: abflussgewichteter Jahresmittelwert der N_{org} -Konzentration $C_{orgN,AN}$ im Ablauf der Nachklärung:

$$C_{orgN,AN,aM} = \sum_{n=1}^y (C_{orgN,AN} * Q_d) / \sum_{n=1}^y Q_d \quad [y = \text{Anzahl der Messwerte}]$$

Liegen keine Messwerte vor, kann $C_{orgN,AN,aM}$ mit 2,0 mg/l abgeschätzt werden.

Bei Kläranlagen mit nachgeschaltetem Filter oder Teich ist der Jahresmittelwert aus der 24-h-Mischprobe im Ablauf des Filters bzw. Teiches analog zu berechnen.

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

Für den Schwankungsfaktor f_{Probe} kann in der Regel mit 1,2 gerechnet werden. Erfolgt ein anlagenspezifischer Nachweis des Faktors f_{Probe} kann dieser eingesetzt werden (z.B. durch ein entsprechendes repräsentatives Messprogramm über zwei Wochen, im Idealfall eine Woche Sommer, eine Woche Herbst / Winter).

Beispiel:

$$C_{N,Z,aM} = 52,9 \text{ mg/l}$$

$$S_{anorgN,AN,aM} = 12,3 \text{ mg/l}$$

$$C_{orgN,AN,aM} = 2,0 \text{ mg/l}$$

$$f_{Probe} = 1,2$$

$$\Delta N = \frac{C_{N,Z,aM} - C_{N,AN,aM}}{C_{N,Z,aM}} = \frac{52,9 - (12,3 + 2,0)}{52,9} = 73 \% > 70 \%$$

$$\begin{aligned} S_{anorgN,\ddot{U}W} &= (C_{N,Z,aM} * 0,3 - C_{orgN,AN,aM}) * f_{Probe} \\ &= (52,9 * 0,3 - 2,0) * 1,2 = 16,6 \text{ mg/l.} \end{aligned}$$

9. Einstufung der Größenklasse von Kläranlagen (☞ A 1)

Für die Einstufung der Größenklasse von Kläranlagen ist Anhang 1 der Abwasserverordnung maßgebend.

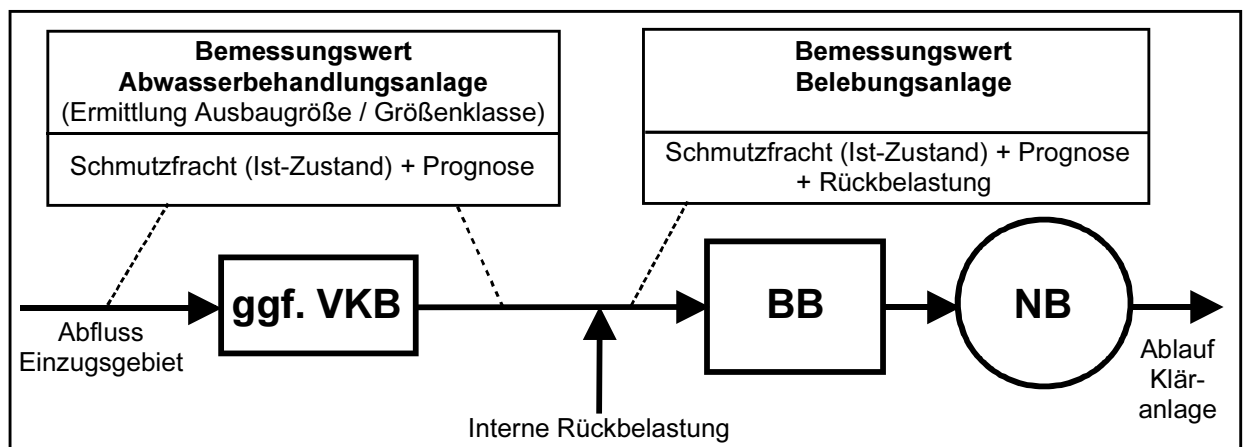
Die Größenklasse richtet sich nach dem Bemessungswert der Abwasserbehandlungsanlage. Hierzu ist der 85 %-Wert der CSB-Schmutzfracht aller erfassten Tage (Regen- und Trockenwettertage) im Zulauf der Abwasserbehandlungsanlage (Rohabwasser ohne interne Rückbelastung) zu berechnen. Der Bemessungswert der Abwasserbehandlungsanlage ergibt sich aus der Summe des tatsächlichen 85 %-Wertes zuzüglich der Prognosedaten.

Hinweis: Der gemäß Kapitel 3.4 festgelegte Bemessungswert der Belebungsanlage $B_{d,CSB,ZB}$ **einschließlich interner Rückbelastungen** ist nicht identisch mit dem ohne interne Rückbelastung zu ermittelnden Bemessungswert $B_{d,CSB,Z}$ der Abwasserbehandlungsanlage.

Definition der Begriffe:

- **Mittlere Anschlussgröße der Abwasserbehandlungsanlage:**
50 %-Wert der CSB-Schmutzfracht im Zulauf der Abwasserbehandlungsanlage (Rohabwasser ohne interne Rückbelastung) bzw. die entsprechend umgerechneten Einwohnerwerte.
- **Bemessungswert der Abwasserbehandlungsanlage:**
85 %-Wert der CSB-Schmutzfracht aller erfassten Tage im Zulauf der Abwasserbehandlungsanlage (Rohabwasser ohne interne Rückbelastung) zuzüglich Prognose * Sicherheitsfaktor f.
Alternativ: Sicherheitsfaktor f * (Mittlere Anschlussgröße + Prognose)
- Sicherheitsfaktor f: Zulaufschwankungen z.B. aus Mischwasserbehandlung; Erfahrungswert für f: 1,3
- **Bemessungswert der Belebungsanlage:** Maximales 2- bzw. 4-Wochenmittel oder 85 %-Wert der CSB-Schmutzfracht im Zulauf der Belebungsanlage einschließlich Prognosewert und interner Rückbelastung.

Die untenstehende Abbildung zeigt die Zuordnung der verschiedenen Begriffe:



10. Checkliste mit Orientierungswerten zur Plausibilitätskontrolle der Bemessung

- Feststoffgehalt Belebungsanlage TS_{BB} (☞ Kap. 4.4)
 - Bei ISV ca. 80 ml/g: 4,7 – 5,0 kg/m³
 - Bei ISV ca. 100 ml/g: 3,8 – 4,1 kgm³
 - Bei ISV ca. 150 ml/g: 2,5 – 2,7 kg/m³
- Schlammvolumenbeschickung q_{SV} (☞ Kap. 4.5) 350 – 500 l/(m²*h)
- Volumenanteil V_D / V_{BB} (☞ Kap. 5.3.2)
 - Bei Bemessungstemperatur: 0,30 – 0,40
 - Bei $T_{2wM,min}$: 0,20
 - Bei $T_{2wM,max}$: Maximal 0,40
- Bemessungsschlamhalter $t_{TS,Bem}$
 - Bei anaerober Stabilisierung (☞ Kap. 5.3.2): 10 – 14 d
 - Bei aerober Stabilisierung (☞ Kap. 5.3.3): 25 d
- Schlammproduktion aus Kohlenstoffelimination $\ddot{U}_{d,C}$ bezogen auf CSB-Bemessungsschmutzfracht $B_{d,CSB,ZB}$ in kg/d: $\ddot{U}_{d,C} / B_{d,CSB,ZB}$ (☞ Kap. 5.5.1)
 - Bei anaerober Stabilisierung: $\approx 0,35 - 0,45$ kg TS / kg CSB
 - Bei aerober Stabilisierung: $\approx 0,40 - 0,50$ kg TS / kg CSB
- Schlammproduktion aus Phosphorelimination $\ddot{U}_{d,P}$ bezogen auf CSB-Bemessungsschmutzfracht $B_{d,CSB,ZB}$ in kg/d (☞ Kap. 5.5.2): $\approx 5 - 10$ % von $\ddot{U}_{d,C}$
- Belebungsvolumen V_{BB} bezogen auf Ausbaugröße in EW (☞ Kap. 5.6)
 - Bei anaerober Stabilisierung (bei ISV ca. 100 ml/g): $\approx 100 - 150$ l / EW
 - Bei aerober Stabilisierung (bei ISV ca. 100 ml/g): $\approx 300 - 400$ l / EW
- CSB-Schlammbelastung $B_{TS,CSB}$ (☞ Kap. 5.6)
 - Bei anaerober Stabilisierung: 0,14 – 0,20 kg CSB / (kg TS * d)
 - Bei aerober Stabilisierung: 0,08 – 0,10 kg CSB / (kg TS * d)
- Rückführverhältnis RF bei vorgeschalteter Denitrifikation (☞ Kap. 6.1): 1,00 – 4,00
- Sauerstoffzufuhr erf. αOC [kg O₂ / h] bezogen auf CSB-Bemessungsschmutzfracht $B_{d,CSB,ZB}$ in kg/d; erf. $\alpha OC \times 24 / B_{d,CSB,ZB}$ (☞ Anhang 2): 1,0 – 2,0 kg O₂ / kg CSB