

Hinweise für die Bemessung von Belebungsanlagen im Ausland auf Basis des Arbeitsblatts DWA-A 131

Marc Wichern, Daniel Herzer, Manfred Lübken (Bochum), Peter Wulf, Holger Scheer (Essen), Karl-Heinz Rosenwinkel und Maike Beier (Hannover)

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Exportorientierte Forschung und Entwicklung im Abwassersektor; Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen – EXPOVAL“, gefördert im Rahmen des FONA-Programms vom Bundesministerium für Bildung und Forschung wurden anhand von Daten großtechnischer Kläranlagen, Laborversuchen und mathematischer Simulation Hinweise erarbeitet, wie Belebungsanlagen für andere Klimazonen auf Basis des Arbeitsblatts DWA-A 131 (2016) bemessen werden können. Davon wird in Auszügen berichtet und auf die Bemessung des aeroben Schlammalters und die Höhe des nötigen Prozessfaktors eingegangen. Es werden Empfehlungen gegeben, wie für das Ausland damit umzugehen ist, wenn der Bemessung nicht wie in Deutschland die qualifizierte Stichprobe zugrunde liegt. Darüber hinaus werden Hinweise zur Dimensionierung der simultanen aeroben Schlammstabilisierung, der zu erwartenden Überschussschlammproduktion und zur Denitrifikation gegeben. Die Ergebnisse des gesamten Verbundprojekts EXPOVAL, das neben Belebungsanlagen auch zahlreiche andere Verfahren der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung beleuchtet hat, sind im DWA-Themenband T4/2016 veröffentlicht worden.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunal, Belebungsanlage, Bemessung, DWA-A 131, Ausland, Klimazone, warm, kalt, Schlammbehandlung, Überschussschlamm, Denitrifikation

DOI: 10.3242/kae2017.08.002

Abstract

Information for the Dimensioning of Activated Sludge Plants Abroad on the Basis of DWA Standard DWA-A 131

Within the framework of the project “Export oriented research and development in the wastewater sector; validation of dimensioning and operating information for activated sludge plants – EXPOVAL”, sponsored within the scope of the FONA programme initiative of the German Federal Ministry for Education and Research, information has been compiled on how activated sludge plants for other climate zones can be dimensioned on the basis of the DWA Standard DWA-A 131 (2016). Data for this was acquired from industrial scale wastewater treatment plants, laboratory tests and mathematical simulation. From this, it is reported in excerpts, and the dimensioning of the aerobic sludge age and the amount of the necessary process factors is dealt with. Recommendations are given on how foreign countries cope with this if the dimensioning is not, as in Germany, based on the qualified random sample. In addition, information is given on the dimensioning of the simultaneous aerobic sludge stabilisation, the excess sludge production to be anticipated and on denitrification. The results of the complete EXPOVAL joint project, which along with activated sludge plants, has also illuminated numerous other processes of wastewater treatment and sludge treatment, are published in the DWA Topic Issue T4/2016.

Key words: wastewater treatment, municipal, activated sludge plant, dimensioning, DWA-A 131, abroad, climate zone, hot, cold, sludge treatment, excess sludge, denitrification

1 Einleitung

Die Bemessung kommunaler Belebungsanlagen erfolgt in Deutschland in der Regel anhand des Arbeitsblatts DWA-A 131 [1]. Dieses Arbeitsblatt genießt auch im Ausland eine hohe Akzeptanz. Mithilfe dieses stationären Bemessungsansatzes für Belebungsanlagen können unter anderem Belebungsbeckenvolumina und das Nachklärbecken dimensio-

niert werden. Zudem werden detailliert viele betriebsrelevante Größen errechnet, unter anderem auch die Überschussschlammproduktion und der Sauerstoffbedarf. Es wird empfohlen, den Bemessungsansatz bei Temperaturen, die in gemäßigten Klimazonen vorliegen (8–20 °C), anzuwenden. Mit den nachfolgenden Hinweisen wird die Anwen-



Abb. 1: Nachklärbecken der Kläranlage Fujairah/Vereinigte Arabische Emirate (Foto: EW)

dung für einen erweiterten Temperaturbereich von 5–30 °C ermöglicht [2].

Das zugrunde liegende Sicherheitskonzept des DWA-A 131 [1] beruht auf der Überwachung der Ablaufkonzentrationen anhand der qualifizierten Stichprobe, wie dies für Deutschland typisch ist. Im Ausland wird jedoch häufig nur die Einhaltung von Mittelwerten (Tag, Monat) gefordert bzw. eine jährlich maximal einzuleitende Fracht oder die jährliche Eliminationsleistung festgelegt. Soll das DWA-A 131 [1] auch für die Bemessung von Belebungsanlagen im Ausland eingesetzt werden, stellt sich in der praxisnahen Anwendung unter anderem die Frage, wie konkret auf andere Ablaufanforderungen im Ausland bei der Bemessung zu reagieren bzw. inwieweit beispielsweise Bemessungsvolumina reduziert werden können, wenn auf Tagesmittelwerte auszugehen ist.

2 Bemessungshinweise

Um die Anwendbarkeit nachfolgender Bemessungshinweise für hohe und niedrige Temperaturen zu erleichtern, orientieren sich alle Empfehlungen am neu erschienenen DWA-A 131 [1]. Entsprechend ändert sich der zugrunde liegende Rechengang (Abbildung 2) gegenüber dem DWA-A 131 nicht. Die nachfolgenden Bemessungshinweise beziehen sich vorrangig auf die Anpassung einzelner Parameter oder Gleichungen.

2.1 Eingangsdaten

Analog zum neuen DWA-A 131 ersetzt der chemische Sauerstoffbedarf den biochemischen Sauerstoffbedarf. Bei Planungen für andere Klimazonen ist ein besonderes Augenmerk auf die Zulaufcharakteristik bzw. die Eingangsdaten des Anlagenzufusses zu legen. Diese können sich sowohl hinsichtlich der Dynamik als auch bezüglich der vorliegenden Inhaltsstoffe (Konzentrationen, Verhältnisse etc.) von Einzugsgebiet zu Einzugsgebiet und somit von Anlage zu Anlage unterscheiden. Da Länder anderer Klimazonen häufig auch im Vergleich zu mitteleuropäischen oder nordamerikanischen Verhältnissen stark abweichende Ernährungsgewohnheiten aufweisen, sind Untersuchungen zur Abwasserzusammensetzung vor Ort dringend anzuraten.

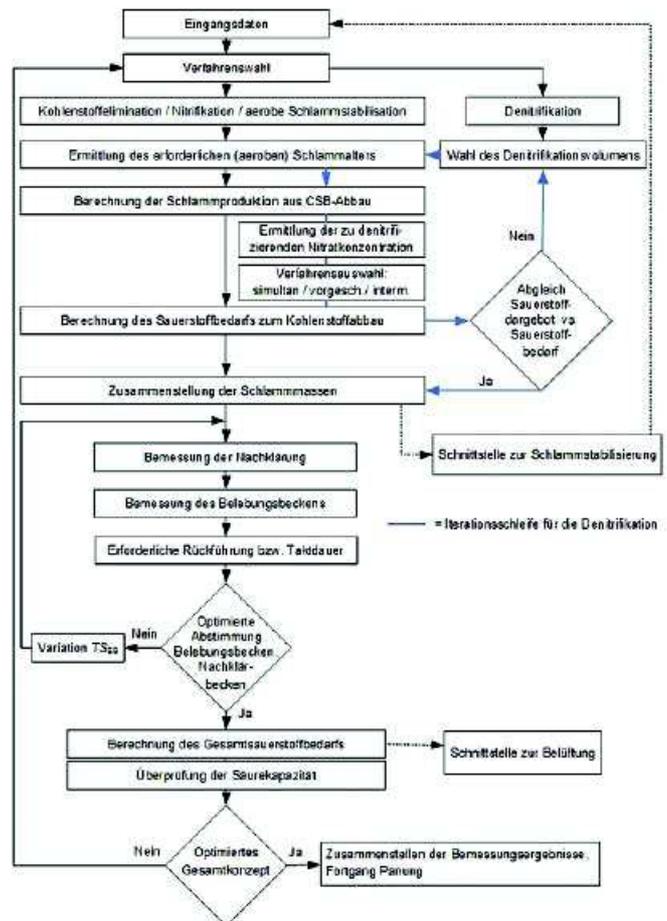


Abb. 2: Ablauf der Bemessung (nach DWA-A 131 [1])

2.2 Bemessungskriterium aerobes Mindestschlammalter

Aus wissenschaftlichen Untersuchungen ist bekannt, dass neben *Nitrosomonas* und *Nitrobacter* weitere Organismengruppen wie *Nitrospira* an der Nitrifikation beteiligt sind. Das DWA-A 131 verwendet eine typische Kinetik der Nitrifikation, die *Nitrosomonas* als prägenden Organismus der Nitrifikation im Temperaturbereich zwischen 8 und 20 °C identifiziert. Es wird empfohlen, diese Beschreibung auch für die hier ergänzten Temperaturbereiche von 5–8 °C bzw. 20–30 °C näherungsweise beizubehalten.

$$t_{TS,aerob,Bem} = PF * 1,6 * \frac{1}{\mu_{A,max}} * 1,103^{(15-T)} \quad [d] \quad (1)$$

$$= PF * 1,6 * \frac{1}{0,47} * 1,103^{(15-T)}$$

Obwohl bei höheren Temperaturen nitritoxidierende Bakterien die Nitrifikationsleistung begrenzen können, ist die Wirkung einer entsprechend veränderten Kinetik auf das aerobe Schlammalter im Bereich von 27–30 °C gering. Für die Bemessungspraxis wird somit vereinfachend keine explizite Gleichung für die nitritoxidierende Bakteriengruppe eingeführt.

Anlagen mit dem Reinigungsziel Kohlenstoffelimination (ohne gezielte Nitrifikation)

Nach DWA-A 131 (2016) sind Belebungsanlagen mit ausschließlicher Kohlenstoffelimination für ein Schlammalter von 4 d ($B_{d,CSB,ZB} > 12000 \text{ kg/d}$) bis 5 d ($B_{d,CSB,ZB} < 2400 \text{ kg/d}$) zu

Abwassertemperatur T_w [°C]	empfohlenes Schlammalter $t_{TS,Bem}$ [d]
< 10	4
10 bis 20	3
> 20 ^{*)}	(2) 3 einschließlich anoxischer Volumina oder Phasen

*) Bei Temperaturen über 20 °C wird aufgrund der auftretenden Nitrifikation eine Anlagenauslegung einschließlich Nitrifikation und zumindest teilweiser Denitrifikation empfohlen.

Tabelle 1: Bemessungsschlammalter für Anlagen mit dem Reinigungsziel der Kohlenstoffelimination (ohne gezielte Nitrifikation)

bemessen. Bei dauerhaft hohen Abwassertemperaturen wird empfohlen, das Bemessungsschlammalter mit dem alleinigen Ziel der Kohlenstoffelimination gemäß Tabelle 1 zu reduzieren. Eine Unterscheidung für unterschiedliche Anlagengrößen ist im Falle der Überwachung auf Tagesmittelwerte der Ablaufkonzentrationen nicht notwendig.

Es ist zu erwarten, dass Anlagen bei Temperaturen über 20 °C und bei einem aeroben Schlammalter von 2 d im Regelfall auch nitrifizieren. Daher ist es erforderlich, diese ungezielte Nitrifikation bei der Dimensionierung der Belüftung und beim Betrieb des Nachklärbeckens zu berücksichtigen. Sinnvollerweise sollten deshalb zusätzlich ein anoxischer Beckenbereich oder unbelüftete Phasen zur Denitrifikation eingeplant werden. So kann der Sauerstoffverbrauch reduziert und ein Rückgewinn von Säurekapazität bei auftretender Nitrifikation erreicht werden. Bei Temperaturen über 20 °C wird deshalb eine Anlagenauslegung inklusive Nitrifikation und Denitrifikation empfohlen.

Ab etwa 27 °C kann die tatsächliche Wachstumsrate (und somit auch die Umsatzrate) der Ammonium oxidierenden Bakterien die der Nitrit oxidierenden Bakterien übersteigen. In relativ schwach belasteten kommunalen Belebungsanlagen mit volldurchmischten Becken und Begrenzung des minimalen aeroben Mindestschlammalters nach unten spielt das in der Regel bis 30 °C jedoch keine praktische Rolle. Bei Auslegung von SBR-Anlagen bzw. bei der Auslegung von Anlagen mit Hochlaststufen kann dies jedoch besonders bei hohen Abwassertemperaturen (> 27 °C) einen erheblichen Einfluss haben und müsste gegebenenfalls entsprechend berücksichtigt und gesondert nachgewiesen werden.

Anlagen mit dem Reinigungsziel Nitrifikation

Die in Deutschland vorherrschende Überwachungspraxis beruht auf dem Nachweis der Einhaltung der geforderten Ablaufgrenzwerte anhand der qualifizierten Stichprobe (2-h-Mischprobe). Diese strenge Praxis ist im internationalen Vergleich als Sonderfall einzuordnen, da in der Regel im Ausland ein Nachweis der Ablaufgrenzwerte anhand der 24-h-Mischprobe bzw. anhand von Jahresfrachten durchgeführt wird. Dies hat unter anderem zur Folge, dass bisher in der Bemessung enthaltene Zuschläge reduziert werden können.

Im DWA-A 131 (2016) existiert ein sogenannter Prozessfaktor PF, der unter anderem die Schwankungen der KN-Zulauffrachten über den Spitzenfaktor f_N berücksichtigt und mit zunehmender Größe des Einzugsgebietes in der Regel abnimmt. Für den Temperaturbereich von 5–30 °C wurde mit-



IHRE KLÄRANLAGE FÄHRT NOCH OHNE KAT?

LÖSUNG: DAS HÖHENVARIABLE EINLAUFBAUWERK HYDROGRAV ADAPT DER KAT FÜR IHR NACHKLÄRBECKEN

Sie handeln verantwortungsbewusst.
Deshalb fahren Sie ein Auto mit geregelter Katalysator.
Weil es gut für unsere Umwelt ist.
Und weil die geringst möglichen Emissionen Stand der Technik sind.

Weshalb halten Sie dann noch an der starren Gestaltung von Einlaufbauwerken fest?

Reagieren Sie auf die dynamische Belastung Ihrer Nachklärbecken durch Anpassung der Geometrie!
Mit dem adaptiven Einlaufbauwerk hydrograv adapt.
Für die höchste hydraulische Belastbarkeit.
Zur Minimierung der Schadstoffemissionen.

hydrograv adapt

Stand der Technik – an der Schnittstelle zur Umwelt.

DYNAMISCHE LÖSUNG
FÜR IHRE DYNAMISCH BELASTETEN NACHKLÄRBECKEN

hydrograv adapt
Infos unter
0351 / 811 355-15

hydrograv

hydraulik ▪ gravitatives trennen

Messung · Simulation · Begutachtung · Lösung

$S_{\text{NH}_4, \text{AN}, \text{dM}}$	f_N					
	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
1,0 mg/L	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
2,0 mg/L	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6
2,5 mg/L	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,5

Tabelle 2: Prozessfaktor PF in Abhängigkeit von den KN-Zulaufschwankungen f_N und der einzuhaltenden Ablaufkonzentration $S_{\text{NH}_4, \text{AN}, \text{dM}}$ (für 5–30°C)

$S_{\text{NH}_4, \text{AN}, \text{dM}}$	Bemessungstemperatur T [°C]					
	5	10	15	20	25	30
1,0 mg/L	21,8	13,3	8,2	5,0	3,1	2,0
2,0 mg/L	14,5	8,9	5,4	3,1	2,0	2,0
2,5 mg/L	13,6	8,3	5,1	3,1	2,0	2,0

Tabelle 3: Aerobe Schlammalter [d] für Anlagengrößen bis 20000 EW in Abhängigkeit von der Temperatur und den Ammoniumstickstoffablaufwerten

$S_{\text{NH}_4, \text{AN}, \text{dM}}$	Bemessungstemperatur T [°C]					
	5	10	15	20	25	30
1,0 mg/L	13,6	8,3	5,1	3,1	2,0	2,0
2,0 mg/L	10,9	6,7	4,1	2,5	2,0	2,0
2,5 mg/L	10,9	6,7	4,1	2,5	2,0	2,0

Tabelle 4: Aerobe Schlammalter [d] für Anlagengrößen über 100000 EW in Abhängigkeit von der Temperatur und den Ammoniumstickstoffablaufwerten

tels dynamischer Simulation der Wertebereich des Prozessfaktors für eine Überwachung anhand von 24-h-Mischproben in Abhängigkeit vom Überwachungswert und von der Anlagengröße berechnet. Näherungsweise kann unabhängig von der Temperatur mit den in Tabelle 2 genannten Werten gerechnet werden. Zwischenwerte sind zu interpolieren.

Sofern bei Neuauslegung im Ausland keine Informationen zu Schwankungen der KN-Zulaufkraft vorliegen, kann vereinfacht in Abhängigkeit von der Anlagengröße mit den in den Tabellen 3 und 4 genannten aeroben Schlammaltern gerechnet werden. Aerobe Schlammalter sollten nicht unter zwei Tagen gewählt werden oder müssten gesondert, zum Beispiel anhand von Versuchen oder mithilfe der dynamischen Simulation, nachgewiesen werden.

Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung

Für das Bemessungsschlammalter mit dem Reinigungsziel simultane aerobe Schlammstabilisierung, Nitrifikation und Denitrifikation wird aufgrund der Untersuchungen im Forschungsprojekt empfohlen, für den erweiterten Temperaturbereich analog zu DWA-A 131 (2016) vorzugehen:

$$t_{TS, \text{Bem}} \geq 25 \cdot 1,072^{(12-T)} \quad [\text{d}] \quad (2)$$

Für das Reinigungsziel simultane aerobe Schlammstabilisierung und Nitrifikation gilt analog:

$$t_{TS, \text{Bem}} \geq 20 \cdot 1,072^{(12-T)} \quad [\text{d}] \quad (3)$$

Ergänzend wird nachfolgend ein Kriterium vorgestellt, das definiert, wann ein Schlamm ausreichend stabilisiert ist. Der Stabilisierungsgrad wird daran festgemacht, wieviel der im Verfahren gewachsenen heterotrophen Bruttobiomasse im glei-

chen Zeitraum auch wieder aerob/anoxisch oxidiert wird. Es gilt die Gleichung:

$$f_B \cdot Y \cdot C_{\text{CSB}, \text{abb}} = Y \cdot C_{\text{CSB}, \text{abb}} \cdot \left((1 - f_i) \cdot b_{H, T} \cdot \frac{t_{TS}}{(1 + b_{H, T} \cdot t_{TS})} \right) \quad [\text{mg/L}] \quad (4)$$

Aufgelöst nach dem Schlammalter und unter Einbezug des temperaturabhängigen Zerfallskoeffizienten für die heterotrophe Biomasse $b_{H, T} = b_{H, 15^\circ\text{C}} \cdot 1,072^{(T-15)}$ ergibt sich:

$$t_{TS} = \frac{f_B}{b_{H, 15^\circ\text{C}} \cdot 1,072^{(T-15)} (1 - f_B - f_i)} \quad [\text{d}] \quad (5)$$

Mit dem Wert für den Zerfallskoeffizienten von $b_H = 0,17 \text{ d}^{-1}$ bei 15 °C, einem inerten Anteil von $f_i = 20 \%$ und einem Ansatz für $f_B = 62 \%$ ergibt sich für 12 °C eine Stabilisierungsdauer von 25 d, was dem Wert nach DWA-A 131 (2016) für eine simultane aerobe Schlammstabilisierung mit Nitrifikation und Denitrifikation entspricht. Der Ansatz von 62 % für f_B bedeutet, dass 62 % der produzierten aktiven heterotrophen Bruttobiomasse im gleichen Zeitraum auch wieder veratmet wird.

Die Werte der zur simultanen aeroben Stabilisierung erforderlichen Bemessungsschlammalter sind in Abhängigkeit vom Verfahren (Nitrifikation mit/ohne Denitrifikation) in Abbildung [3] angegeben und decken sich mit den Empfehlungen des DWA-M 368 [3]. Bei hohen Anforderungen an die Denitrifikation muss dazu ein Nachweis geführt werden.

Bei niedrigen Temperaturen wird eine lange Stabilisierungsdauer erforderlich. Die Wirtschaftlichkeit von Anlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung ist bei einem erforderlichen Bemessungsschlammalter von über 30 d zu prü-

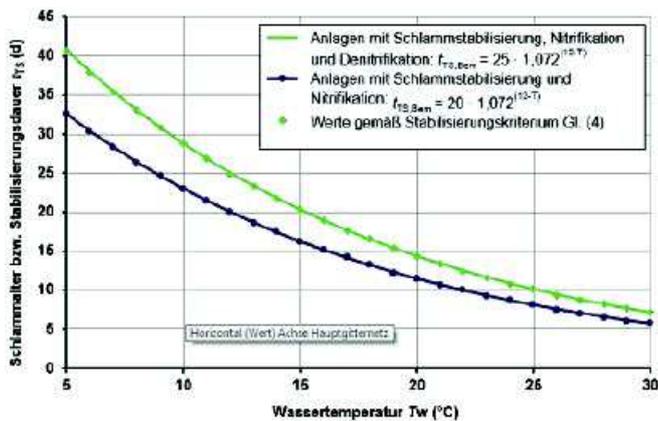


Abb. 3: Erforderliches Bemessungsschlammalter in Abhängigkeit von der Abwassertemperatur für die simultane aerobe Stabilisierung

fen. Verfahren zur getrennten Stabilisierung können stattdessen günstiger sein. Als vergleichsweise einfache Technologien bieten sich die getrennte aerobe Stabilisierung mit Eindickung, die Kompostierung nach Entwässerung oder die Zugabe von Kalk an. Bei größeren Anlagen ist das Verfahren der getrennten anaeroben Schlammstabilisierung sinnvoll.

2.3 Bemessung der Denitrifikation

Das zur Denitrifikation erforderliche, unbelüftete Belebungsbecken volumen berechnet sich im neuen DWA-A 131 über einen

Verfahren	T [°C]			
	5–8	8–20 ^{*)}	20–25	25–30
Anlagen mit Vorklämung	0,64	0,68	0,75	0,76

*) Temperaturbereich von 8–20 °C gemäß DWA-A 131 [1]

Tabelle 5: α_{DB} in Abhängigkeit von der Temperatur im Belebungsbecken und der Verfahrensweise

Vergleich der Sauerstoffäquivalente aus der zu denitrifizierenden Nitratstickstofffracht und dem im Denitrifikationsbecken anteilig zur Verfügung stehenden chemischen Sauerstoffbedarf. Entsprechend spielt bei der vorgeschalteten Denitrifikation der leicht abbaubare CSB im Anlagenzulauf sowie die Hydrolyse des schwer abbaubaren CSB eine entscheidende Rolle bei der Frage, wieviel Nitrat eliminiert werden kann.

In anderen Klimazonen liegen eine veränderte Abwasserzusammensetzung, ein oft stärkerer Vorabbau im Kanalnetz sowie andere Prozessgeschwindigkeiten vor.

Veränderte Prozessgeschwindigkeiten aufgrund der Temperatur können für die vorgeschaltete Denitrifikation durch eine Anpassung des Exponenten α_{DB} (Gleichung 6) berücksichtigt werden.

$$OV_{C,D,vg} = 0,75 \cdot \left(OV_{C,la,vorg} + (OV_C - OV_{C,la,vorg}) \cdot \left(\frac{V_{D,vg}}{V_{BB}} \right)^{\alpha_{DB}} \right) \left[\frac{mg}{l} \right] \quad (6)$$

INNOVATION FOR NATURE

DIE INVENT BELÜFTUNGSSYSTEME

Wählen Sie aus einer breiten Palette von **INVENT** Belüftungssystemen das für Ihre Anwendung optimale System.

Wir unterstützen Sie bei der Auswahl mit verfahrenstechnischer Kompetenz und langjähriger Erfahrung. Unser Anspruch ist es, zusammen mit Ihnen das für Sie geeignete Belüftungssystem hinsichtlich Funktion, Material und Effizienz zu realisieren.

INVENT Umwelt- und Verfahrenstechnik AG
 Am Pestalozziring 21 | 91058 Erlangen
 Tel 09131 690 98-0 | Fax 09131 690 98-99
[WWW.INVENT-UV.DE](http://www.invent-uv.de)

WASSER- UND ABWASSERREINIGUNG
 Rührwerke | Rühr- und Begasungssysteme
 Membran-Belüftungssysteme
 Softwareprodukte | Systemlösungen

Tabelle 5 dokumentiert den Zusammenhang zwischen α_{DB} und der Temperatur im Belebungsbecken und erlaubt die Anwendung auch für Temperaturbereiche außerhalb des DWA-A 131 (2016).

Für die Verfahren der intermittierenden und simultanen Denitrifikation ergeben sich keine Änderungen.

2.4 Überschussschlammproduktion

Die rechnerisch ermittelte Überschussschlammproduktion bestimmt zusammen mit dem aus der Nachklärbeckenbemessung erhaltenen erreichbaren Trockensubstanzgehalt in der Belebung und dem erforderlichen Mindestschlammalter das vorzuhaltende Belebungsbecken. Zudem bestimmt die Menge und Zusammensetzung des Primär- und Sekundärschlammes die weitere Auslegung der Schlammbehandlung.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden die an großtechnischen Anlagen im Ausland gemessenen Überschussschlammproduktionen mit errechneten Schlammproduktionen verglichen. Die Daten der Großanlagen ergaben, dass die tatsächlich anfallenden Überschussschlammengen bei 30 °C in der Realität häufig größer ausfallen, als sich dies aus der stationären Anlagenbemessung ergibt. Die Ursache ist unter anderem in einer veränderten Abwasserzusammen-

setzung im Vergleich zu deutschem Abwasser zu suchen. Es wird somit ausdrücklich empfohlen, zumindest den mineralischen TS sowie den inerten partikulären CSB im Zulauf des Belebungsbeckens oder der Kläranlage messtechnisch zu bestimmen. Falls keine Messungen möglich sind, ist bei Temperaturen über 25 °C zu erwarten, dass der Anteil des mineralischen TS am gesamten TS im Zulauf der Kläranlage zwischen 30 % (vorgeklärtes Abwasser) und 40 % (Rohabwasser) liegt. Beim Anteil des inerten partikulären CSB ($X_{CSB,inert}$) am gesamten partikulären CSB (X_{CSB}) kann im Zulauf zur Belebung von Werten zwischen 30 und 40 % ausgegangen werden.

2.5 Zusammenstellung der Schlamm Massen – Phosphorbilanz

Da die Bemessung nach DWA-A 131 (2016) und die hier vorgestellten Empfehlungen einen Temperaturbereich von 5–30 °C abdecken, erscheint es sinnvoll, auch die Phosphorkorporation ähnlich wie die Stickstoffkorporation an das Schlammalter zu koppeln. Gemäß Erkenntnissen, die beispielsweise Eingang in das EAWAG-BioP-Modul gefunden haben [4, 5], kann näherungsweise von folgender Phosphorelimination ausgegangen werden:

$$P_{\text{ÜS}} = 0,014 \cdot X_{\text{BM}} + 0,005 \cdot X_{(\text{inert,ZB+BM})} \quad [\text{mg/L}] \quad (7)$$

Abkürzungsverzeichnis

Kurzzeichen	Einheit	Bezeichnung
α_{DB}	–	Exponent für den anteiligen Sauerstoffverbrauch bei vorgeschalteter Denitrifikation
$B_{d,CSB,ZB}$	kg/d	Tagesfracht des CSB in der homogenisierten Probe
$b_{H,T}$	d ⁻¹	temperaturabhängige Zerfallsrate der heterotrophen Biomasse
$C_{CSB,abb}$	mg/l	Konzentration des abbaubaren CSB in der homogenisierten Probe
f_B	–	Anteil der produzierten aktiven heterotrophen Bruttobiomasse, die im Zuge der simultanen aeroben Stabilisierung wieder veratmet wird
f_i	–	inert Anteil der abgestorbenen Biomasse
f_N	–	Stoßfaktor der Stickstofffracht
KN	g/m ³	Kjehldahl-Stickstoff (KN = org. N + NH ₄ -N)
OV_C	mg/l	auf den Abwasserzufluss bezogene Konzentration des Sauerstoffverbrauchs für Kohlenstoffelimination
$OV_{C,D,vg}$	mg/l	Sauerstoffbedarfsäquivalent in der vorgeschalteten Denitrifikation
$OV_{C,lalvorg}$	mg/l	Sauerstoffbedarf aus leicht abbaubarem CSB und extern zudosiertem Kohlenstoff bei vorgeschalteter Denitrifikation
PF	–	Prozessfaktor für die Nitrifikation
$P_{\text{ÜS}}$	mg/l	in die Biomasse inkorporierter Phosphor
$S_{NH_4,AN,dM}$	mg/l	Ammoniumstickstoffkonzentration (Tagesmittel) im Ablauf des Nachklärbeckens
$t_{TS,aerob}$	D	aerobes Bemessungsschlammalter
$t_{TS,Bem}$	D	Gesamtschlammalter, das der Bemessung zugrunde gelegt wird
T_W	°C	Abwassertemperatur
V_{BB}	m ³	Volumen des Belebungsbeckens
V_D	m ³	für die Denitrifikation genutztes Volumen des Belebungsbeckens
$V_{D,vg}$	m ³	für vorgeschaltete Denitrifikation genutztes Beckenvolumen
V_N	m ³	für Nitrifikation genutztes Volumen des Belebungsbeckens
X_{BM}	mg/l	Konzentration der Biomasse
$X_{inert,ZB}$	mg/l	Konzentration des inerten, partikulären CSB
Y	g/g	Ertragskoeffizient [Gramm gebildete Biomasse (CSB) pro Gramm abbaubarem CSB]
$\mu_{A,max}$	d ⁻¹	maximale Bruttowachstumsrate der autotrophen Organismen bei 15 °C

Der im vorstehenden Beitrag genannte DWA-Themenband T4/2016 „Bemessung von Kläranlagen in warmen und kalten Klimazonen“ enthält neue Bemessungsansätze für weltweite Anwendungsfälle der kommunalen Abwasser- und Schlammbehandlung als Ergänzung zum DWA-Regelwerk. Der Themenband wird Dank einer Förderung durch das BMBF vorläufig kostenfrei vertrieben und kann als Printfassung direkt über den Projektkoordinator Emscher Wassertechnik GmbH, Essen, und als PDF-Datei über die EXPOVAL-Website angefordert werden:

E-Mail: info@ewlw.de
www.expoval.de/dwa-themenband

Die neuen Bemessungsansätze – auch für die im Beitrag genannten Belebungsanlagen – werden bei einem zweitägigen DWA-Anwenderseminar am 21./22. November 2017 in Duisburg von den Autoren persönlich vorgestellt und anhand von Beispielberechnungen erläutert. Für Infos und Anmeldung zum DWA-Anwenderseminar siehe unter:

www.dwa.de/eva2, Suchbegriff: 10KA250/17

2.6 Sauerstoffbedarf

Es wird empfohlen, den für die mikrobielle Umsetzung der organischen Verbindungen erforderlichen Sauerstoffbedarf analog zum DWA-A 131 [1] zu berechnen. Weitere Angaben zur Auslegung der Belüftung finden sich im DWA-Themenband T4/2016 [2] im Kapitel „Belüftungssysteme“.

2.7 Planerische und betriebliche Hinweise

Bei hohen Abwassertemperaturen ergeben sich ein kürzeres erforderliches Schlammalter und damit ein reduziertes Belebungsvolumen. Frachtspitzen im Zulauf führen damit durch eine geringere hydraulische Aufenthaltszeit schneller zu entsprechenden Spitzenkonzentrationen im Ablauf. Sofern Spitzenkonzentrationen für die Überwachung relevant sind, ist dies bei der Auslegung zu berücksichtigen. Mischungsrechnungen und dynamische Simulationsrechnungen [6, 7] können in diesem Fall zusätzlich bei der Auslegung herangezogen werden.

Weiterhin verschlechtert sich bei hohen Abwassertemperaturen die Löslichkeit von Sauerstoff. Es wird eine höhere Luftzufuhr für den Sauerstoffverbrauch beim Kohlenstoffabbau und der Nitrifikation erforderlich. Gleichzeitig führen hohe Abwassertemperaturen in der Bemessung zu geringeren erforderlichen Schlammaltern und damit zu kleinen Belebungsbeckenvolumina. Bei der Druckbelüftung ist die Möglichkeit zur Installation einer ausreichenden Anzahl und Fläche von Belüfterelementen im Zuge der Planung deshalb besonders zu überprüfen. Ist die erforderliche Belegungsdichte mit Belüfterelementen bei der geplanten Bauform nicht zu realisieren, ist eine Ausführung mit geringerer Tiefe und größerer Grundfläche zu prüfen. Für die internationale Anwendung, insbesondere in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern, ist in Abhängigkeit von den lokalen Randbedingungen alternativ zur Druckbelüftung der Einsatz von Oberflächenbelüftungssystemen zu prüfen. Vorteile liegen insbesondere bei der hohen Betriebssicherheit und Lebensdauer, der wesentliche Nachteil

je nach Anwendung bei einer gegebenenfalls geringeren Effizienz.

Mögliche Geruchsbelastungen können infolge der Abbauprozesse bei hohen Temperaturen bei Abwasseranlagen schneller auftreten. Beispielsweise Pumpwerke, mechanische Behandlungsstufen und Schlammspeicher sind deshalb hinsichtlich der Erforderlichkeit einer Abdeckung, Abluffassung und -behandlung zu prüfen.

Bei sehr warmem Klima sind im Zuge der Anlagenplanung geeignete Temperaturbereiche für den Betrieb der Aggregate und der Elektrotechnik durch Lüftung und Klimatisierung sicherzustellen. Bei sehr kalten Temperaturen ist bei der planerischen Gestaltung der Anlage eine hinreichende Frostsicherheit zu gewährleisten (unter anderem durch Einhausungen, Frostwächter in Gebäuden und Schächten mit trocken aufgestellten Pumpen, Begleitheizung bei diskontinuierlich durchflossenen Leitungen, Heizung der Räumlerlaufbahn).

Liegen ausgeprägte Schwankungen der Abwassertemperatur über den Jahresverlauf vor, ist die Bemessung der Belebung für unterschiedliche Lastfälle der Temperatur erforderlich. Bei diesen ergeben sich entsprechend unterschiedliche erforderliche Biomassenmengen. Im Sinne der Energieeffizienz und Ressourcenschonung ist es bei ausgeprägten Schwankungen nicht empfehlenswert, ganzjährig die Biomasse für den ungünstigsten Lastfall bei niedriger Temperatur im System vorzuhalten. Die endogene Atmung und die Energie zur Durchmischung der

www.dwa.de



Bemessung von Kläranlagen in warmen und kalten Klimazonen

Seminar am 21./22. November 2017, Duisburg

Die neuen Bemessungsansätze – auch für die im Beitrag genannten Belebungsanlagen – werden bei dem zweitägigen **DWA-Anwenderseminar** von den Autoren persönlich vorgestellt und anhand von Beispielberechnungen erläutert.



Foto: Emscher Wassertechnik GmbH, Essen

Das Seminar steht unter dem Motto "weltweit anwendbare Bemessungsansätze nach DWA-Themenband T4/2016".

Termin | Teilnahmegebühren

21./22. November 2017, Duisburg (10KA250/17) | 85€

Weitere Informationen

Ann-Kathrin Bräunig: +49 2242 872-240 · braeunig@dwa.de
www.dwa.de/veranstaltungskalender

Biomasse führen andernfalls zu einem ineffizienten und erhöhten Energieeinsatz. Bei ausgeprägten Temperaturschwankungen auf größeren Anlagen wird empfohlen, im Zuge der Planung eine mehrstraßige Ausführung bzw. Unterteilung des Belebungsvolumens mit Außerbetriebnahmen einzelner Straßen oder Teilvolumen bei hohen Temperaturen zu prüfen. Für mittlere und große Anlagen ist eine mindestens zweistraßige Ausführung unter dem Aspekt der Betriebssicherheit ohnehin grundsätzlich zu empfehlen. Der ausreichende Sauerstoffeintrag ist in jedem Fall über die Belüftungseinrichtungen der betriebenen Becken sicherzustellen. Alternativ zur Außerbetriebnahme von Beckenvolumina kann eine Absenkung des Feststoffgehalts zur Einstellung der erforderlichen Biomasse erfolgen.

3 Ausblick

Die vorangehend vorgestellte Bemessungsempfehlung, ergänzend zum DWA-A 131, ist zusammen mit den Berechnungsansätzen der anderen Verbundprojekte im DWA-Themenband T4/2016 [2] zusammengefasst, der zur Abschlussveranstaltung des Projekts am 5./6. Oktober 2016 in Essen veröffentlicht und vorgestellt wurde.

Dank

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung dieses Projekts (FKZ 02WA1252Bff) und dem Projektträger Karlsruhe (PTKA), Dr. Karl-Peter Knobel und Dr. Carsten Jobelius, für die gute Betreuung.

Literatur

- [1] Arbeitsblatt DWA-A 131: *Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen*, Hennef, 2016
- [2] DWA-Themen T4/2016: *Bemessung von Kläranlagen in warmen und kalten Klimazonen*, Hennef, 2016
- [3] Merkblatt DWA-M 368: *Biologische Stabilisierung von Klärschlamm*, Hennef, 2014

- [4] Koch, G., Kühni, M., Gujer, W., Siegrist, H.: Calibration and validation of Activated Sludge Model No. 3 for Swiss municipal wastewater, *Water Res.* 2000, 34 (14), 3580–3590
- [5] Rieger, L., Koch, G., Kühni, M., Gujer, W., Siegrist, H.: The EAWAG Bio-P Module for Activated Sludge Model No. 3, *Water Res.* 2001, 35 (16), 3887–3903
- [6] Wichern, M., Gehring, T., Lübken, M.: Modeling of biological systems, in: IWA „Treatise on Water Science“, IWA Publishing, London, 2011
- [7] Alex, J., Wichern, M., Spering, V., Halft, N., Ahnert, M., Frehmann, T., Hobus, I., Langergraber, G., Plattes, M., Winkler, S., Wörner, D.: A method to use dynamic simulation in compliance to design rules to refine WWTP planning, 10th IWA Specialised Conference on Design, Operation and Economics of large Wastewater Treatment Plants, 9.–13. September 2007, Wien/Österreich

Autoren

Dipl.-Ing. Daniel Herzer, Dr.-Ing. Manfred Lübken

Prof. Dr.-Ing. habil. Marc Wichern

Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik

Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

E-Mail: marc.wichern@rub.de

Dipl.-Ing. Peter Wulf

Prof. Dr.-Ing. habil. Holger Scheer

Emscher Wassertechnik GmbH

Brunnenstraße 37

45128 Essen

E-Mail: wulf@ewlw.de

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Rosenwinkel

Dr.-Ing. Maike Beier

Leibniz Universität Hannover

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik

Welfengarten 1

30167 Hannover

E-Mail: beier@isah.uni-hannover.de

KA

www.dwa.de/Gebrauchtmarkt



DWA-Gebrauchtmarkt

Verkauf, Ankauf, Miete, Leasing und Tausch von Wasser- und Abwassertechnik

Den DWA-Gebrauchtmarkt finden Sie online: www.dwa.de/Gebrauchtmarkt

Ihr Ansprechpartner:

Christian Lange B.A. · Tel.: +49 2242 872-129 · E-Mail: lange@dwa.de

for
SALE