

Erläuterung

Blatt 1.2

Inhaltsverzeichnis der Erläuterung

1 Vorbemerkungen	2
1.1 Vorhaben und Vorhabensträger	2
1.2 Zweck des Vorhabens	2
2 Bestehende Verhältnisse	2
2.1 Allgemeines	2
2.2 Einzugsgebiet	2
2.3 Bestehende Abwasseranlage	3
2.3.1 Kanalisation und Mischwasserbehandlung	3
2.3.2 Fremdwasser	3
2.3.3 Kläranlage	3
2.4 Kläranlagenstandort	5
2.5 Vorfluterverhältnisse	6
3 Art und Umfang des Vorhabens	7
3.1 Allgemeines	7
3.2 Bemessungsgrundlagen	7
3.2.1 Istbelastung	7
3.2.2 Ausbaugröße	8
3.2.3 Berechnungsansätze	9
3.3 Abwasserreinigung	12
3.3.1 Reinigungsverfahren	12
3.3.2 Einlaufhebewerk Pumpwerk Margaretendamm	12
3.3.3 Rechenanlage	12
3.3.4 Sandfang	12
3.3.5 Vorklärbecken	12
3.3.6 Belebungsbecken	12
3.3.7 Nachklärbecken	14
3.3.8 Rücklaufschlamm und Rezirkulation	14
3.3.9 Fällmittelstation	14
3.4 Schlammbehandlung	15
3.4.1 Rohschlammumpwerk	15
3.4.2 Überschussschlammeindickung (statisch und maschinell)	15
3.4.3 Ultraschalldesintegration	15
3.4.5 Schlammstapelbehälter Nacheindicker	15
3.5 Gasverwertung	16
3.5.1 Gasbehälter	16
3.5.2 Gasverwertung	16
3.5.3 Gasfackel	16
3.6 Hydraulischer Nachweis der Kläranlage	16
4 Zusammenfassung	17

Bearbeiter: Claus Schneider

1 Vorbemerkungen

1.1 Vorhaben und Vorhabensträger

Gegenstand des Vorhabens ist die Erstellung der Unterlagen im wasserrechtlichen Verfahren für die Kläranlage der Stadt Bamberg.

Vorhabensträger ist der Entsorgungs- und Baubetrieb der Stadt Bamberg.

1.2 Zweck des Vorhabens

Die Kläranlage Bamberg ist gemäß dem Wasserrechtsbescheid vom 22.12.1997 mit letzter Änderung vom 28.08.2002 für eine Ausbaugröße von 220.000 Einwohnerwerten (EW) ausgelegt (entspricht einer BSB5-Fracht von 13.200 kg/d) und liegt demnach innerhalb der Größenklasse 5 nach Anhang 1 der Abwasserverordnung (AbwV). Die im Wasserrechtsbescheid erteilte gehobene Erlaubnis zur Einleitung von Abwasser in die Regnitz, ausgestellt vom Amt für Umwelt-, Brand- und Katastrophenschutz der Stadt Bamberg, endet am 31.12.2017.

Die vorliegenden Unterlagen beinhalten einen verfahrenstechnischen sowie einen hydraulischen Nachweis für die neue Ausbaugröße von 250.000 EW mit den vorhandenen Bauwerken der Kläranlage Bamberg.

2 Bestehende Verhältnisse

2.1 Allgemeines

Die kreisfreie Stadt Bamberg liegt im Regierungsbezirk Oberfranken und ist ein Teil der Metropolregion Nürnberg.

2.2 Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet der Kläranlage Bamberg umfasst neben dem Stadtgebiet Bamberg weitere Kommunen als Abwassergäste. Abwassereinleitungsverträge wurden mit der Stadt Hallstadt und den Gemeinden Bischberg und Litzendorf geschlossen

An die Kläranlage Bamberg sind derzeit 107.600 Einwohner angeschlossen.

Kommune	Angeschlossene Einwohner	
	E	E
Bamberg		86.500
Einleiter		
Bischberg	6.300	
Hallstadt	8.700	
Litzendorf	6.100	21.100
Summe		107.600

Als abwasserrelevante Industrie- und Gewerbebetriebe sind im Einzugsgebiet der Kläranlage Bamberg die TBA Walsdorf (Tierkörperbeseitigung), der Schlachthof, Brauereien, Druckereien sowie Betriebe aus der Metallverarbeitung, Textilverarbeitung und der Elektrobranche zu nennen.

2.3 Bestehende Abwasseranlage

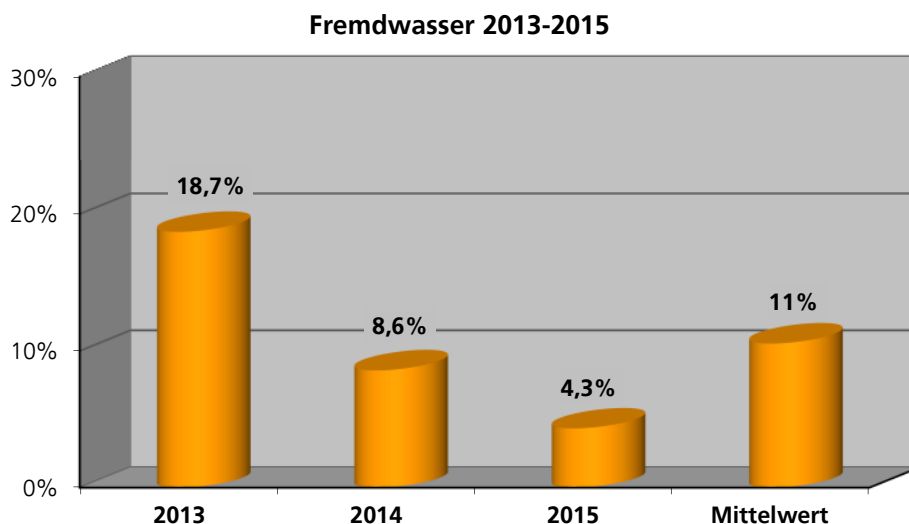
2.3.1 Kanalisation und Mischwasserbehandlung

Im Einzugsgebiet der Kläranlage Bamberg erfolgt die Entwässerung überwiegend im Mischsystem mit Mischwasserbehandlungsanlagen im Kanalnetz. In kleineren Ortsteilen erfolgt die Entwässerung im Trennsystem.

Der maximale Zufluss bei Regen zur Kläranlage Bamberg beträgt gemäß der aktuellen Schmutzfrachtberechnung der Mischwasserbehandlung derzeit $Q_M = 1.265 \text{ l/s}$ (abweichend vom erlaubten Bescheidswert $Q_M = 1.500 \text{ l/s}$).

2.3.2 Fremdwasser

Der vorhandene Fremdwasseranteil wurde im Rahmen der Eigenüberwachung im Jahresmittel mit rund 11 Prozent (Mittelwert der Jahre 2013-2015) gemessen. Die Fremdwasserbestimmung erfolgte nach der Nachtminimum-Methode an Trockenwettertagen unter Berücksichtigung eines pauschalen Abzugs des Nacht-Schmutzwasserabflusses der angeschlossenen Einwohner.



Für die weiteren Berechnungen der Istbelastung wird ein Fremdwasseranteil von 11 Prozent zugrunde gelegt.

2.3.3 Kläranlage

Die Kläranlage Bamberg ist gemäß dem Wasserrechtsbescheid vom 22.12.1997 mit letzter Änderung vom 28.08.2002 für eine Ausbaugröße von 220.000 Einwohnerwerten (EW) ausgelegt (entspricht einer BSB5-Fracht von 13.200 kg/d) und liegt demnach innerhalb der Größenklasse 5 nach Anhang 1 der Abwasserverordnung (AbwV). Die im Wasserrechtsbescheid erteilte gehobene Erlaubnis zur Einleitung von Abwasser in die Regnitz, ausgestellt vom Amt für Umwelt-, Brand- und Katastrophenschutz der Stadt Bamberg, endet am 31.12.2017.

Die Abwässer von Bamberg werden in einer mechanisch-biologisch-chemischen Kläranlage im Durchlaufverfahren mit getrennter anaerober Schlammbehandlung (Faulung), unter energetischer Nutzung des Methangasanfalls durch Blockheizkraftwerke, gereinigt.

Das Kläranlage ist für Abflüsse von $Q_T = 750 \text{ l/s}$ ($2.700 \text{ m}^3/\text{h}$) und $Q_M = 1.500 \text{ l/s}$ ($5.400 \text{ m}^3/\text{h}$) sowie einen Tagesabfluss $Q_{T,d} = 40.000 \text{ m}^3/\text{d}$ ausgelegt.

Die Abwasserreinigung erfolgt in verschiedenen Verfahrensschritten und Bauwerken:

- Mechanischer Teil:
 - Einlaufhebewerk (zweistufig) 2 x 2 Schneckenpumpen
 - Pumpwerk Margaretendamm 4 Kreiselumpen
 - Rechenanlage mit Rechengutwäsche 3 Feinrechen
 - Messstation 1 (Zulaufmessung) Probenahme
 - Sandfang $V_{SF} = 2 \times 110 + 120 = 340 \text{ m}^3$
 - Vorklärbecken $V = 4 \times 1.440 = 5.780 \text{ m}^3$
 - Messstation 2 (Ablauf Vorklärung) Durchfluss, Probenahme
- Biologischer Teil:
 - Anaerob-/Denitrifikationsbecken $V = 2 \times 1.400 + 2 \times 1.780 = 6.360 \text{ m}^3$
 - Denitrifikationsbecken $V = 2 \times 1.400 + 2 \times 1.780 = 6.360 \text{ m}^3$
 - Nitrifikationsbecken $V = 4 \times 1.400 + 4 \times 1.780 = 12.720 \text{ m}^3$
 - Zusatzvolumen durch Aufstau 0,25 m im BB
mittels Strömungsstörblech $V = 4 \times 1.440 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ m} = 1.440 \text{ m}^3$
 - Summe Belebungsbecken $V = 2 \times 6.360 + 12.720 + 1.440 = 26.880 \text{ m}^3$
 - Messstation 3 (Ablauf Belebung) Online-Messung
 - Nachklärbecken $V = 3 \times 6.000 = 18.000 \text{ m}^3$
 - Schlammumpwerk 3 Förderschnecken, 2 ÜS-Pumpen
 - Messstation 4 (Ablaufmessung) Durchfluss, Probenahme, Online-Messung
- Chemischer Teil:
 - Fällmittellager und Fällmitteldosierstation $V = 2 \times 25 = 50 \text{ m}^3$
- Schlammbehandlung:
 - Rohschlammumpwerk
 - Statische Überschussschlammeindickung $V = 2 \times 650 = 1.300 \text{ m}^3$
 - Maschinelle Überschussschlammeindickung 1 Zentrifuge
 - Ultraschalldesintegration
 - Beheizte Faulbehälter $V = 2 \times 2.000 + 3.000 = 7.000 \text{ m}^3$
 - Schlammstapelbehälter $V = 5.000 \text{ m}^3$
 - Nacheindicker $V = 650 \text{ m}^3$
- Gasverwertung:
 - Niederdruckgasbehälter $V = 1.500 + 2.400 = 3.900 \text{ m}^3$
 - Blockheizkraftwerke 2 x 704 kWel
 - Gasfackel
- Sonstiges:
 - Betriebsgebäude
 - Rechengebäude
 - Maschinenhaus
 - Gebläse- und Trafostation
 - Sozialgebäude mit Werkstätten
 - Betriebswasserwerk

Betreiber der Kläranlage ist der Entsorgungs- und Baubetrieb der Stadt Bamberg.

2.4 Kläranlagenstandort

Die Kläranlage liegt im Hafengebiet im Nordwesten der Stadt Bamberg. Das Kläranlagengrundstück grenzt im Norden an die Bundesstraße B 26. Im Westen schließt sich die Müllverbrennungsanlage des Zweckverbandes Stadt und Landkreis Bamberg an. Die Zufahrt erfolgt über die Rheinstraße.

Der Hochwasserstand HW 100 in der Regnitz liegt bei 234.57 m ü. NN und somit über der Beckenoberkante des Nachklärbeckens (234.50 m ü. NN). Ein Hochwasserpumpwerk ist in der Kläranlage nicht vorhanden, soll aber in Zukunft vorgesehen werden.



2.5 Vorfluterverhältnisse

Vorfluter für die Kläranlage Bamberg ist die Regnitz, ein Gewässer I. Ordnung.

Nach Information des Wasserwirtschaftsamtes Kronach (November 2015) wurde für den Bereich der Kläranlage bei HQ 100 ein Hochwasserstand von 234.57 m ü. NN ermittelt.

Die Einleitungsstelle des Ablaufkanals der Kläranlage Bamberg in die Regnitz/Main-Donau-Kanal befindet sich im Grundstück mit der Flurnummer 7150/110 (Gemarkung Bamberg) bei Flusskilometer 1+900.

Die Anforderungen an die Einleitung aus der Kläranlage werden in Abhängigkeit von den Bedingungen im Gewässer ermittelt. Dazu wird das Mischungsverhältnis von „Abfluss im Vorfluter“ zum „mittleren täglichen Trockenwetterabfluss des Kläranlage“ zugrunde gelegt. Nach Aussage des Wasserwirtschaftsamtes Kronach gelten

- für die Parameter CSB, BSB5, NH4-N, Nges und AFS die Anforderungsstufe 2,
- für den Parameter Pges sind keine erhöhten Anforderungen erforderlich (Stand 10/2017).

Dies bedeutet, dass hier erhöhte Anforderungen statt der Regelanforderungen der Abwasserverordnung (AbwV) gemäß Größenklasse 5 gelten.

Größenklasse 5	Regelanforderungen (Anhang 1 AbwV)	erhöhte Anforderungen gemäß Merkblatt 4.4/22 (Bay.LfU 2013)	derzeit gültige Bescheidswerte
Parameter	mg/l	mg/l	mg/l
CSB	75	75	60
BSB5	15	15	10
NH4-N	10	10	8
Nges	13	13	13
Pges	1	1	1
AFS		20	20

Das Merkblatt 4.4/22 (Bay.LfU 2013) soll überarbeitet werden. In der Diskussion ist ein künftig erhöhter Anforderungswert von Pges = 0,5 mg/l für Kläranlagen der Größenklasse 5.

3 Art und Umfang des Vorhabens

3.1 Allgemeines

Die vorliegenden Unterlagen umfassen den verfahrenstechnischen und hydraulischen Nachweis der Kläranlage Bamberg mit den vorhandenen Bauwerken.

3.2 Bemessungsgrundlagen

3.2.1 Istbelastung

Ausgewertet wurden auf Grundlage der Eigenüberwachung die Betriebsjahre 2013 bis 2015. In der Kläranlage Bamberg erfolgt die Probenahme nicht mengenproportional sondern zeitproportional.

		2013	Betriebsergebnisse		
			2014	2015	Mittelwert
Anzahl der TW-Tage	-	168	181	199	183
Tagesabfluss (Mittelwert aller TW-Tage)	m³/d	28.300	23.500	22.100	24.700
Jahresschmutzwassermenge	m³/a	10.368.000	8.567.000	8.062.000	8.999.000
Fremdwasseranteil (Nachtminimum-Methode)	%	18,7	8,6	4,3	11
Tagesabfluss (Mittelwert aller Tage)	m³/d	37.700	30.200	28.200	32.000
Jahresabwassermenge	m³/a	13.784.000	11.025.000	10.284.000	11.698.000
85%-Wert (CSB, TW+RW-Tage)	EW80				238.000
Mittlere Belastung (CSB, TW+RW-Tage)	EW80				184.000
Mittlere Belastung (CSB, nur TW-Tage)	EW80				177.000

Zur Bestimmung der Einwohnerwerte (EW) wurden auf Grundlage der Eigenüberwachung für die Jahre 2013 bis 2015 sowohl die BSB5- als auch die CSB-Tagesfrachten im Zulauf zum biologischen Teil der Kläranlage ausgewertet. Berücksichtigt wurden dabei gemäß den Vorgaben der Arbeitsblätter DWA-A 131 bzw. ATV-DVWK-A 198 alle Werte, d.h. Trocken- und Regenwettertage. Zum Vergleich wurden nur die Trockenwettertage ausgewertet. Um die Belastung „Zulauf Biologie“ zu erhalten, müssen zusätzlich noch die Frachten aus dem Abwasser der TBA Walsdorf (im Mittel ca. 150 m³/d), das über eine Druckleitung direkt in das Belebungsbecken eingeleitet wird, addiert werden.

Die einwohnerbezogene Belastung (Mittelwert) über den Parameter CSB wurde mit 184.000 EW ermittelt. Die Vergleichsrechnung anhand des Parameters BSB5 ergab 185.000 EW und liegt somit im Bereich der CSB-Belastung.

Bei Überprüfungen anhand von Messprogrammen durch qualifizierte Labors werden in der Regel die CSB-Werte der Eigenüberwachung bestätigt, für den Parameter BSB5 jedoch Abweichungen ermittelt. Der Parameter CSB der Eigenüberwachung stellt somit den realistischeren Wert der Belastung dar. Im ATV-DVWK Arbeitsblatt A 198 wird die Umstellung auf den CSB als Leitparameter empfohlen. In dem neuen Arbeitsblatt DWA-A 131 (Juni 2016) wird die Bemessung ausschließlich auf den CSB aufgebaut. Aus diesem Grund wird für die Ermittlung der Istbelastung der Kläranlage Bamberg der Parameter CSB herangezogen.

Wegen der fehlenden Probendichte (Minimum vier verwertbare Tagesfrachten pro Woche) ist die Anwendung des 2-Wochenmittels der Frachten nicht möglich. Für die maßgebenden Frachten wurde der 85%-Wert ermittelt.

Gegenüber der Belastung nur bei Trockenwetter ergibt sich unter zusätzlicher Berücksichtigung der Regenwettertage eine höhere Belastung (Mittelwert von 184.000 EW), die rund 4% über dem Wert bei Trockenwetter (177.000 EW) liegt. Beim 85%-Wert ergibt sich mit dem Verhältnis 238.000 EW (TW+RW) zu 225.000 EW (nur TW) ein Faktor von 1,06. Eine mögliche Ursache könnten Kanalablagerungen sein, die bei Regenereignissen zu Ausspülungen und damit zu Belastungsspitzen in der Kläranlage führen.

Die Istbelastung ergibt sich danach mit rund 238.000 EW (85%-Wert) und setzt sich aus 108.000 Einwohnern + 130.000 Einwohnergleichwerten zusammen. Der Mittelwert wurde mit 184.000 EW ermittelt. Darin ist der Anteil der TBA Walsdorf mit rund 9.000 EW enthalten.

Der Tagesabfluss $Q_{T,d}$ (Mittelwert bei Trockenwetter) der Kläranlage wurde für die Jahre 2013-2015 statistisch anhand der Eigenüberwachung sowohl nach Wetterschlüssel als auch nach dem Prinzip der berechneten Trockenwettertage gemäß ATV-DVWK-A 198 ausgewertet. Das Ergebnis nach Wetterschlüssel mit 24.700 m³/d wird durch die Vergleichsmethode der berechneten Trockenwettertage mit 24.300 m³/d bestätigt.

Die hydraulische Belastung (Spitzenzufluss) der Kläranlage lag bei $Q_T = 450$ l/s und $Q_M = 1.265$ l/s (abweichend vom erlaubten Bescheidswert $Q_M = 1.500$ l/s). Durch die Anwendung des ATV-DVWK Arbeitsblattes-A 198 ergibt sich ein optimaler Bereich für den Mischwasserabfluss Q_M , der in Bamberg für die Istbelastung zwischen 795 l/s und 1.559 l/s liegt. Damit befindet sich der derzeitige Mischwasserabfluss $Q_M = 1.265$ l/s innerhalb dieses Bereiches.

Für die weiteren Berechnungen der Istbelastung wird ein Fremdwasseranteil von 11 Prozent zugrunde gelegt.

Von den gemäß Bescheid überwachungspflichtigen Parametern CSB, BSB5, NH4-N, Nges, Pges und Abfiltrierbare Stoffe (AFS) werden die geforderten Ablaufwerte in der Regel eingehalten. Auffällig sind die ausgezeichneten Ablaufwerte von AFS und Pges (2015 im Mittel bei 2,2 mg/l bzw. 0,2 mg/l), die auf eine sehr gute Abscheideleistung in der Nachklärung schließen lassen.

3.2.2 Ausbaugröße

Die künftige Ausbaugröße der Kläranlage wird auf 250.000 EW festgelegt. Darin sind 114.000 Einwohner und 136.000 Einwohnergleichwerte aus Industrie und Gewerbe enthalten. Bei der vorhandenen Istbelastung von 238.000 EW verbleibt somit noch eine Kapazität für künftige Erweiterungen von rund 5 Prozent. Vorgesehen ist ein Anschluss der Gemeinden Kemmern (4.000 EW) voraussichtlich im Jahr 2019 und Gundelsheim (4.000 EW) möglicherweise bis 2021. Somit verbleiben für Bamberg mit den Abwassergästen noch Reserven von 4.000 EW.

Der Spitzenabfluss zur Kläranlage bei Trockenwetter beträgt $Q_T = 550$ l/s. Der Tagesabfluss (85%-Wert) liegt bei 40.000 m³/d und der mittlere tägliche Trockenwetterabfluss $Q_{T,d,aM}$ beträgt 32.000 m³/d. Als Fremdwasserabfluss wurden 25 Prozent des Trockenwettertagesabflusses angesetzt.

Bei Regenwetter gelangen künftig $Q_M = 1.350$ l/s zur Kläranlage. Dieser Wert liegt innerhalb des optimalen Bereichs für den Mischwasserabfluss nach A 198 von 926 l/s bis 1.759 l/s. Bei der Erhöhung des bisherigen Q_M von 1.265 l/s um 85 l/s ist der vorgesehene Anschluss der Gemeinden Kemmern ($Q_M = 30$ l/s) und Gundelsheim ($Q_M = 42$ l/s) bereits berücksichtigt.

3.2.3 Berechnungsansätze

Die Bemessung der Kläranlage erfolgt mit einer gezielten Denitrifikation und Nitrifikation zur Stickstoffentfernung nach dem gültigen Arbeitsblatt DWA-A 131.

Für die spezifischen Frachten der Abwasserverschmutzung wurde bei den Parametern Stickstoff und Phosphor das ermittelte spezifische Ergebnis gemäß der Auswertung der Istbelastung der Kläranlage angesetzt. Diese liegen mit Werten von 9,6 g/E/d (KN) bzw. 1,7 g/E/d (P) im Bereich der üblichen Richtwerte (10 g/E/d bzw. 1,6 g/E/d).

Das Wasserwirtschaftsamt Kronach forderte ein Messprogramm zur Bestimmung des gelösten CSB im Zulauf zum biologischen Teil der Kläranlage. Dieses wurde im Zeitraum Januar bis März 2017 auf der Kläranlage Bamberg durchgeführt.

Als Ergebnis wurde ein gelöster CSB-Anteil bei Trockenwetter von rund 40% ermittelt.

Datum der Probennahme	Originalwert Zulauf Biologie	Auslauf Kläranlage (= mineralisch)		Differenz (Zulauf Bio - mineral.)	Gelöst		Partikulär		WS
	mg/L	mg/L	%-Anteil	mg/L	mg/L	%-Anteil	mg/L	%-Anteil	
Dienstag, 24. Januar 2017	385	42	10,9%	343	153	39,7%	190	49,4%	2
Freitag, 27. Januar 2017	606	50	8,3%	556	252	41,6%	304	50,2%	2
Donnerstag, 9. Februar 2017	629	48	7,6%	581	318	50,6%	263	41,8%	2
Sonntag, 12. Februar 2017	489	47	9,6%	442	183	37,4%	259	53,0%	1
Samstag, 25. Februar 2017	580	55	9,5%	525	205	35,3%	320	55,2%	1
Sonntag, 5. März 2017	489	42,9	8,8%	446,1	168	34,4%	278,1	56,9%	1
Montag, 13. März 2017	548	36,2	6,6%	511,8	239	43,6%	272,8	49,8%	1
Donnerstag, 16. März 2017	629	46,7	7,4%	582,3	254	40,4%	328,3	52,2%	1
Min.-Wert	385	36,2	6,6%		153	34,4%	190	41,8%	
Max-Wert	629	55	10,9%		318	50,6%	328,3	56,9%	
Mittelwert	544	46	8,6%		222	40,4%	277	51,0%	

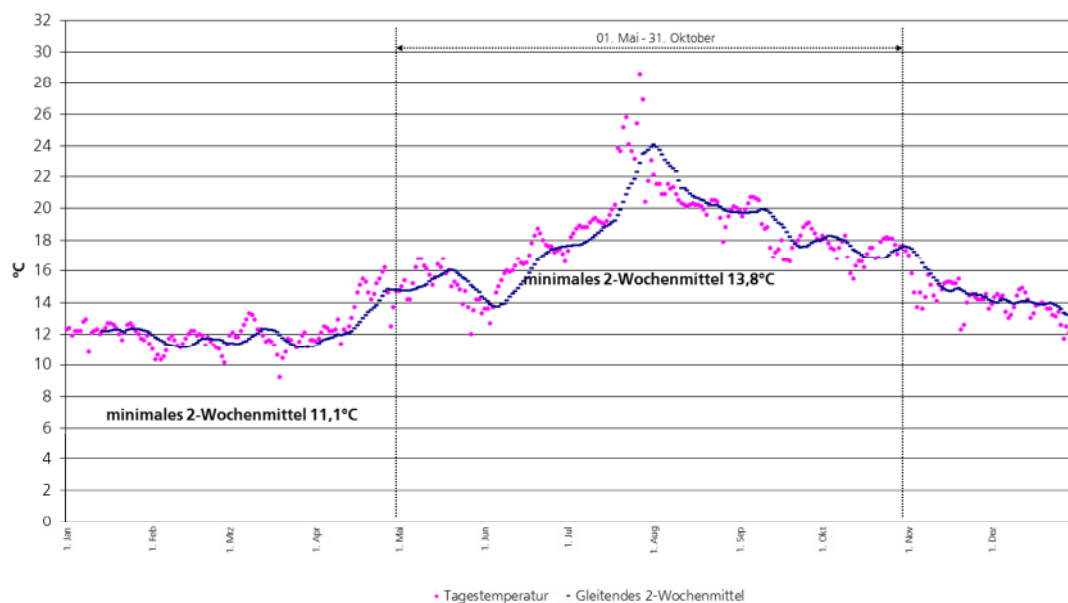
WS=Wetterschlüssel

Die Auswertung der Abwassertemperatur ergab folgendes Ergebnis:

Abwassertemperatur	minimales 2-Wochenmittel		im Jahresmittel
	Januar-Dezember °C	Mai-Oktober °C	
2013	11,1	13,8	15,5
2014	11,9	15,8	16,7
2015	11,2	15,9	16,6
Minimum	11,1	13,8	15,5
Mittelwert	11,4	15,2	16,3
Maximum	11,9	15,9	16,7

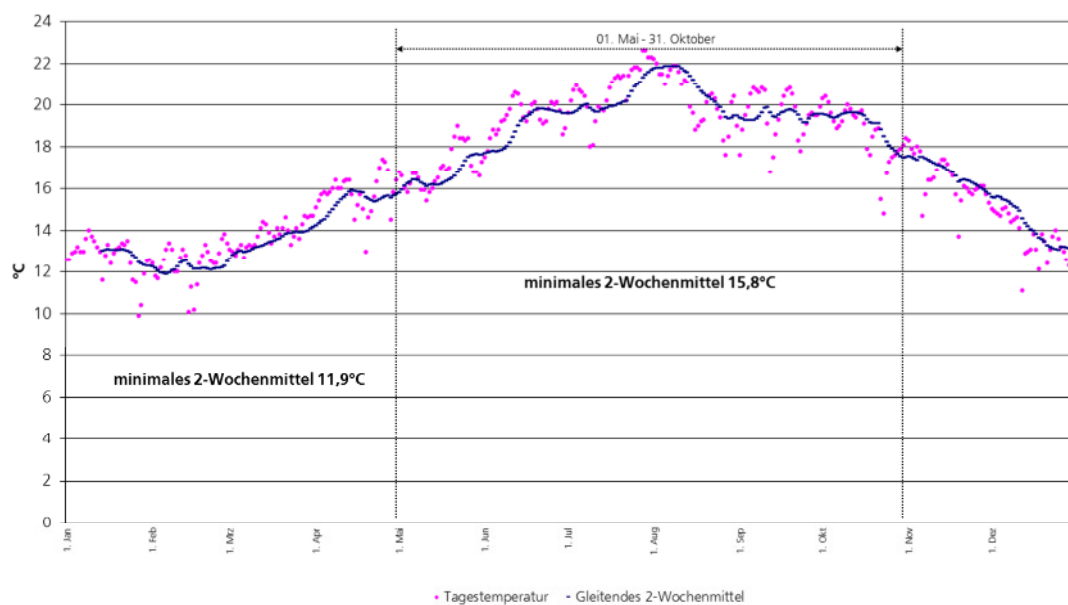
Kläranlage Bamberg

Bild 3.1: Abwassertemperatur im Belebungsbecken (2013)



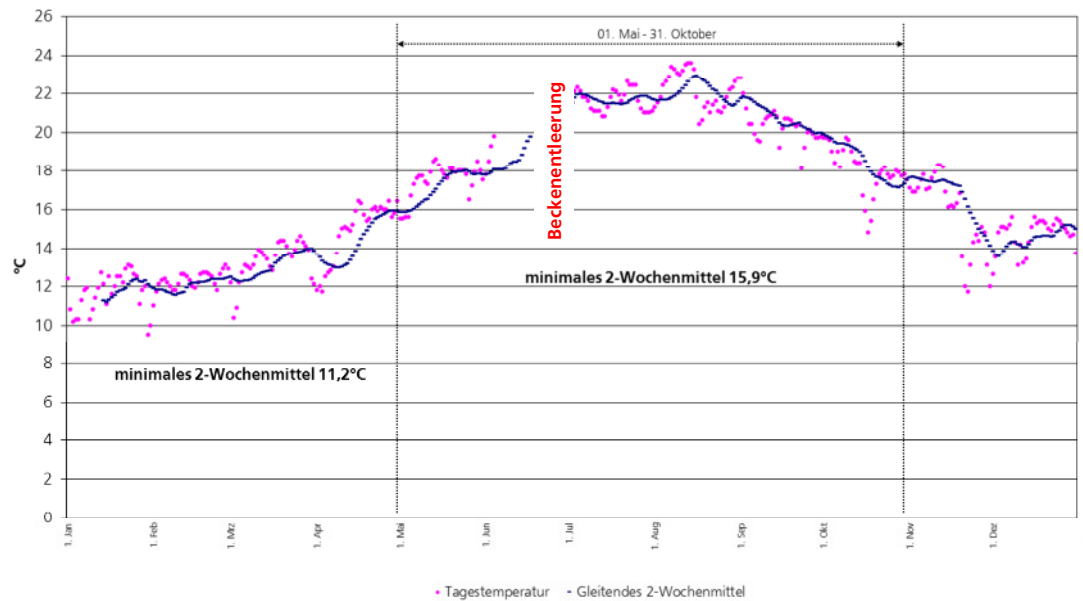
Kläranlage Bamberg

Bild 3.2: Abwassertemperatur im Belebungsbecken (2014)



Kläranlage Bamberg

Bild 3.3: Abwassertemperatur im Belebungsbecken (2015)



Der Mittelwert des minimalen 2-Wochenmittels Mai-Oktober dieser drei Jahre ergibt sich mit 15,2°C. Das Jahr 2013 mit dem untypischen Temperaturrückgang im Mai/Juni kann als Ausreißer angesehen werden.

In der Bemessung nach A 131 wird der Nachweis mit einer Abwassertemperatur von 15,0°C (und damit unterhalb des Mittelwertes von 15,2°C) geführt.

3.3 Abwasserreinigung

3.3.1 Reinigungsverfahren

Das vorhandene Verfahren der mechanisch-biologisch-chemischen Abwasserreinigung nach dem klassischen Belebtschlammverfahren im Durchlaufbetrieb entspricht für Anlagen in dieser Größenordnung dem Stand der Technik.

3.3.2 Einlaufhebewerk | Pumpwerk Margaretendamm

Die Beschickung der Kläranlage erfolgt zum einen über das zweistufig ausgeführte Einlaufhebewerk mit 2 x 2 Schneckenpumpen (Stufe 1: $Q = 2 \times 240 \text{ l/s}$, 1 Reserve und Stufe 2: $Q = 2 \times 570 \text{ l/s}$, 1 Reserve) sowie das Pumpwerk Margaretendamm mittels 4 Kreiselpumpen in Trockenaufstellung ($Q = 3 \times 500 + 1 \times 250 \text{ l/s}$).

Der maximale Mischwasserabfluss von $Q_M = 1.350 \text{ l/s}$ wird von den vorhandenen Pumpen abgedeckt.

3.3.3 Rechenanlage

Die vorhandene Rechenanlage (3 parallele Siebrechen) ist so konzipiert, dass der maximale Mischwasserabfluss durch zwei Straßen geleitet werden kann. Bei Ausfall einer Straße steht immer noch eine Rechenstraße (50% des maximalen Zuflusses) zur Verfügung.

3.3.4 Sandfang

Der Langsandfang besteht aus 3 Kammern. Die Aufenthaltszeit bei maximalem Zufluss von $Q_M = 1.350 \text{ l/s}$ liegt im Sandfang ($V_{SF} = 340 \text{ m}^3$) bei 4,2 Minuten und liegt damit knapp unter den Empfehlungen der DWA für die Bemessung (> 5 Minuten).

3.3.5 Vorklärbecken

Das Vorklärbecken ist vierstrahig ($V = 4 \times 1.440 = 5.760 \text{ m}^3$) ausgeführt. Die Möglichkeit, die Größe des Vorklärbeckens anpassen zu können, wirkt sich verfahrenstechnisch günstig auf die Denitrifikationsleistung der nachfolgenden biologischen Stufe aus.

3.3.6 Belebungsbecken

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 131 kann die biologische Phosphorelimination simultan ohne eigenes Beckenvolumen im Belebungsbecken erfolgen. Diese Festlegung hat sich in der Praxis auf mehreren vom Ingenieurbüro Miller geplanten und gebauten Kläranlagen bestätigt.

Im vorliegenden Nachweis wird deshalb bei geringer Belastung von einer simultanen biologischen Phosphorelimination im Denitrifikationsbecken ausgegangen. Das bisherige anteilige Volumen des Anaerobbeckens wird dem Belebungsbecken als Denitrifikationsbeckenvolumen zugeschlagen.

Das Belebungsbecken ist vierstrahig angeordnet. Unter Anrechnung des Anaerobbeckens ergibt sich ein vorhandenes Belebungsbeckenvolumen von $6.360 + 6.360 + 12.720 = 25.440 \text{ m}^3$. Zusätzliches Beckenvolumen wird durch den Aufstau von 0,25 m mittels Einbau eines Strömungsstörbleches im Zulauf zu den Nachklärbecken aktiviert. Bei einer Oberfläche von $4 \times 1.440 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ m}$ ergibt sich ein Zusatzvolumen von 1.440 m^3 . Das nutzbare Belebungsbeckenvolumen erhöht sich somit auf 26.880 m^3 .

Zur Stickstoffelimination wird das Verfahren der vorgeschalteten Denitrifikation betrieben.

Der Denitrifikationsanteil von 50% setzt sich aus den vier AN-Becken ($2 \times 1.400 + 2 \times 1.780 + \text{Aufstau } 360 \text{ m}^3$) und den DN-Becken ($2 \times 1.400 + 2 \times 1.780 + \text{Aufstau } 360 \text{ m}^3$) mit insgesamt 13.440 m^3 zusammen.

Der Nitrifikationsanteil ergibt sich mit 2 x 4 Kaskaden ($4 \times 1.400 + 4 \times 1.780 + \text{Aufstau } 2 \times 360$) = 13.440 m³.

Die Sauerstoffzufuhr erfolgt über Druckbelüftung und vier regelbare Turbogebläse ($2 \times 5.000 + 2 \times 10.000$ m³/h). Die erforderliche Luftzufuhr wird mit den vorhandenen Aggregaten abgedeckt.

Das vorhandene Belebungsbeckenvolumen (inklusive Aufstau) ist für den Nachweis des Bemessungslastfalles von 250.000 EW bei 15°C gerade ausreichend. Der Mittelwert des minimalen 2-Wochenmittels Mai-Oktober der Jahre 2013-2015 liegt bei 15,2°C.

Allerdings kann der erforderliche Nachweis für den Lastfall bei tiefster Temperatur (11,1°C) nicht geführt werden. Dies bedeutet, dass die sichere Nitrifikation der Anlage in den Wintermonaten nicht gewährleistet ist. Betriebsprobleme wurden dahingehend jedoch nicht festgestellt. Dieser Nachweis ist mit den vorhandenen Bauwerken nur für eine Belastung von 210.000 EW möglich.

Der Nachweis bei der Bemessungstemperatur von 12°C kann mit den vorhandenen Bauwerken nur für eine Belastung von 190.000 EW geführt werden. Bei 12°C und der Belastung entsprechend der Ausbaugröße von 250.000 EW würde ein zusätzliches Belebungsbeckenvolumen von rund 8.500 m³ erforderlich werden. Das vorhandene Belebungsbecken könnte durch die Anordnung einer fünften Straße erweitert werden. Die Erweiterungsfläche ist im gültigen Bebauungsplan bereits berücksichtigt.



3.3.7 Nachklärbecken

Vorhanden sind drei Nachklärbecken mit einem Durchmesser von je 49,5 m und einer Beckentiefe von je $H_{ges} = 3,04$ m. Das Beckenvolumen ergibt sich bei einer Oberfläche von $A = 3 \times 1.917 = 5.721 \text{ m}^2$ mit $V = 3 \times 5.830 = 17.490 \text{ m}^3$. Die drei Mittelbauwerke wurden identisch mit einem Durchmesser von 3,0 m und 16 Einlauföffnungen DN 300 umgebaut.

Die Bemessung der Nachklärbecken erfolgte mit einem Schlammindex von 100 ml/g. Die Auswertung der Eigenüberwachung ergab einen Schlammindex von 95 ml/g als Mittelwert, der Schwankungsbereich lag bei 55-160 ml/g.

Die Bemessung der Nachklärbecken ergibt einen anzusetzenden Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken von $3,74 \text{ kg/m}^3$.

Die vorhandenen Mittelbauwerke sind nach den Empfehlungen der Einlaufgestaltung gemäß A 131 als nicht optimal anzusehen, da mit einem Durchmesser von je 3,0 m die eingeleitete Energie zu hoch ist. Zur Energieminimierung wären entsprechende Durchmesser zwischen 8,5 m und 10,0 m erforderlich. Allerdings zeigen die guten Ablaufwerte der Kläranlage Bamberg im Betrieb, dass sich die um jedes Mittelbauwerk angeordnete Tauchwand (Durchmesser 12,5 m) positiv auswirkt. Für den Nachweis der eingeleiteten Energie nach A 131 hat die vorhandene Tauchwand aber keinen Einfluss.

3.3.8 Rücklaufschlamm und Rezirkulation

Die gemeinsame Förderung von Rücklaufschlamm und die externe Rezirkulation erfolgt über die vorhandenen drei Förderschnecken ($Q = 2 \times 750 + 1 \times 900 \text{ l/s}$) im Schlammumpwerk.

Zusätzlich stehen für die interne Rezirkulation vier Rezirkulationspumpen ($Q = 4 \times 400 \text{ l/s}$, regelbar) zur Förderung vom Nitrifikationsbecken in das Denitrifikationsbecken zur Verfügung.

Mit den installierten Pumpen können die erforderlichen Förderströme abgedeckt werden.

3.3.9 Fällmittelstation

Mittels der chemischen Fällung wird die Einhaltung des Phosphorgrenzwertes sichergestellt. Verfahrenstechnisch wird eine Simultanfällung mit Flockenabtrennung im Nachklärbecken betrieben. Die Dosierstelle ist im Ablauf des Belebungsbeckens.

Die Bemessung nach A 131 erfolgte für einen Ablaufwert P_{ges} von $0,5 \text{ mg/l}$.

3.4 Schlammbehandlung

3.4.1 Rohschlammumpwerk

Der Primärschlamm wird im Vorklärbecken statisch eingedickt und gemeinsam mit dem statisch sowie maschinell eingedickten Überschussschlamm zu den Faulbehältern gefördert. Die vorhandenen Pumpen sind ausreichend dimensioniert.

3.4.2 Überschussschlammeindickung (statisch und maschinell)

Die Überschussschlammeindickung erfolgt in zwei Stufen. Zuerst über einen statischen Eindicker ($V = 2 \times 650 \text{ m}^3$, 1 Reserve) und anschließend mittels einer Zentrifuge. Der Dickschlamm gelangt zum Rohschlammumpwerk. Das Schlammwasser wird in den Zulauf zum Belebungsbecken geleitet.

3.4.3 Ultraschalldesintegration

Ein Teilstrom des eingedickten Überschussschlammes wird in einer aus zwei Modulen bestehenden Ultraschalldesintegrationsanlage behandelt, um einen besseren Zellaufschluss zu erreichen und die freigesetzten Zellinhaltsstoffe in der anaeroben Schlammfaulung nutzen zu können (Steigerung der Gasausbeute).

3.4.4 Schlammfaulung

Für die Schlammfaulung stehen drei beheizte Faulbehälter mit einem Volumen von $V = 2 \times 2.000 + 3.000 = 7.000 \text{ m}^3$ zur Verfügung.

Das vorhandene Schlammalter bzw. die Faulzeit liegt bei 18,4 Tagen. Nach den Empfehlungen des DWA-Merkblattes-M 368 hinsichtlich der anaeroben Schlammstabilisierung für eine einstufige Faulung der Größenklasse $> 100.000 \text{ EW}$ beträgt das minimal erforderliche Schlammalter (Faulzeit) 16 Tage.

Die vorhandene organische Raumbelastung beträgt $1,6 \text{ kgoTR/m}^3/\text{d}$ und befindet sich ebenfalls innerhalb des Empfehlungsbereiches von $1,2\text{-}1,7 \text{ kgoTR/m}^3/\text{d}$ gemäß M 368.

3.4.5 Schlammstapelbehälter | Nacheindicker

Der Schlammstapelbehälter ($V = 5.000 \text{ m}^3$) wird aus dem Faulbehälter beschickt und dient als Pufferbehälter.

Der Nacheindicker ($V = 650 \text{ m}^3$) dient zur weiteren statischen Eindickung vor der Schlammabgabe zum Müllheizkraftwerk (Klärschlammverbrennung).

4 Zusammenfassung

Die Kläranlage Bamberg ist in dem bis zum 31.12.2017 gültigen Wasserrechtsbescheid für eine Ausbaugröße von 220.000 EW ausgelegt. Für den Betrachtungszeitraum 2013-2015 wurde die Istbelastung mit 238.000 EW ermittelt. Mit den vorhandenen Bauwerken in der Kläranlage konnte der verfahrenstechnische Nachweis für die erforderliche Reinigungsleistung bei einer Ausbaugröße von 250.000 EW geführt werden. Somit verbleibt noch eine Kapazität für künftige Erweiterungen von rund 5 Prozent.

Die maximale Abwassermenge zur Kläranlage wurde von bisher $Q_M = 1.265 \text{ l/s}$ (gemäß der aktuellen Schmutzfrachtberechnung der Mischwasserbehandlung) auf $Q_M = 1.350 \text{ l/s}$ erhöht. Dabei ist der vorgesehene Anschluss der Gemeinden Kemmern ($Q_M = 30 \text{ l/s}$) und Gundelsheim ($Q_M = 42 \text{ l/s}$) bereits berücksichtigt.

Die vorliegenden abwassertechnischen Berechnungen beinhalten den verfahrenstechnischen Nachweis sowie den hydraulischen Nachweis für die Kläranlage Bamberg.

Das Ergebnis lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Gegenüber der Istbelastung von 238.000 EW verbleibt eine Reserve für künftige Erweiterungen bei Einwohnern und Gewerbe von insgesamt 12.000 EW. Vorgesehen ist ein Anschluss der Gemeinden Kemmern (4.000 EW) voraussichtlich im Jahr 2019 und Gundelsheim (4.000 EW) möglicherweise bis 2021. Somit verbleiben für Bamberg mit den Abwassergästen noch Reserven von 4.000 EW.
- Aus verfahrenstechnischer Sicht sind keine Erweiterungen in der Kläranlage erforderlich. Bei der Ausbaugröße von 250.000 EW ist das vorhandene Belebungsbeckenvolumen mit 26.880 m^3 für die Belastung und bei Zugrundelegung der Abwassertemperatur von 15°C gerade ausreichend. Der Mittelwert des minimalen 2-Wochenmittels Mai-Oktober der Jahre 2013-2015 liegt bei $15,2^\circ\text{C}$.
Der Nachweis bei tiefster Temperatur ($11,1^\circ\text{C}$) für eine sichere Nitrifikation in den Wintermonaten konnte nicht geführt werden. Betriebsprobleme wurden dahingehend jedoch nicht festgestellt.
Der Nachweis bei der Bemessungstemperatur von 12°C ist mit den vorhandenen Bauwerken nur für eine Belastung von 190.000 EW möglich. Bei 12°C und der Belastung entsprechend der Ausbaugröße von 250.000 EW würde ein zusätzliches Belebungsbeckenvolumen von rund 8.500 m^3 erforderlich werden. Das vorhandene Belebungsbecken könnte durch die Anordnung einer fünften Straße erweitert werden.
- Bei der Schlammbehandlung sind die vorhandenen Bauwerke für die Ausbaugröße von 250.000 EW verfahrenstechnisch ausreichend. Das Volumen der beheizten Faulbehälter bietet noch Reservekapazitäten für eine höhere Belastung.
- Bei der Situation mit höchstem Hochwasserstand (234.57 m ü. NN entsprechend HW 100) sind die Nachklärbecken, Belebungsbecken und Vorklärbecken überstaut. Als Abhilfe ist der Bau eines Hochwasserpumpwerkes geplant.

Nürnberg, den 10. Oktober 2017

Verfasser:


miller
 Ingenieurbüro
 Kieslingstraße 78
 D-90491 Nürnberg

Bamberg, den

Vorhabensträger: