

Stadt Bayreuth

Klärwerk Bayreuth Ertüchtigung der Nachklärbecken 1 + 2 Konzeptstudie vom 22. Oktober 2025

Inhaltsverzeichnis der Erläuterung

1 Vorbemerkungen	4
1.1 Vorhaben und Vorhabensträger	4
1.2 Veranlassung des Vorhabens	4
1.3 Zweck des Vorhabens	4
2 Bestehende Verhältnisse	5
2.1 Einzugsgebiet	5
2.2 Kanalisation und Mischwasserbehandlung	5
2.3 Klärwerk	5
2.4 Nachklärbecken	5
2.4.1 Allgemeines	5
2.4.2 Betriebsweise	6
2.4.3 Konstruktive Randbedingungen I Beckenein- und auslauf	6
2.4.4 Bauwerk I Bausubstanz	7
2.4.5 Technische Ausrüstung I Maschinentechnik	8
2.4.6 Arbeitsschutz	8
2.5 Klärwerksstandort	9
2.6 Vorfluterverhältnisse	9
3 Art und Umfang des Vorhaben	10
3.1 Betrieb mit zwei Nachklärbecken	10
3.1.1 Bemessung	10
3.1.2 Verteilerbauwerk	11
3.1.3 Betriebliche Auswirkungen	13
3.2 Betrieb mit drei Nachklärbecken	14
3.2.1 Sanierung	14
3.2.1.1 Betoninstandsetzung	14
3.2.1.2 Mittelbauwerke	15
3.2.1.3 Ablaufrinnen	17
3.2.1.4 Arbeitsschutz	17
3.2.1.5 Sanierungsvarianten	18
3.2.2 Neubau	19
3.2.3 Wertung	20
4 Kostenvergleichsrechnung	21
4.1 Variantenuntersuchung	21
4.2 Hinweis Hochspannungsleitungen	21
4.3 Hinweis erhöhte Investitionskosten	23
4.4 Investitionskosten	23
4.4.1 Variante 1a: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Ertüchtigung Räumern)	24
4.4.2 Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern)	25
4.4.3 Variante 2a: Neubau von zwei Nachklärbecken	26
4.4.4 Variante 2b: Neubau eines Nachklärbeckens + Sanierung NKB 1 (wie V1a)	26

4.5 Betriebskosten	27
4.6 Wirtschaftlichkeitsberechnung	27
4.7 Wertung	28
5 Zusammenfassung	29

Bearbeiter: FD | TB

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nachklärbecken 1 und 2 – Schnitt	5
Abbildung 2: Lage der Nachklärung	6
Abbildung 3: Geometrie der Nachklärbecken 1 und 2 mit Lage des Zulaufes (1), des Schlammrücklaufes (2) und des Ablaufes (3) (hydrograv GmbH 2023)	7
Abbildung 4: Zustand Bauwerk (Nachklärbecken 2)	7
Abbildung 5: Ausführung der Rundräumer	8
Abbildung 6: Standort Klärwerk Bayreuth (Google 2025)	9
Abbildung 7: Bemessung zwei Nachklärbecken - Beckengeometrie (aus Belebungs-Expert nach A 131)	10
Abbildung 8: Bemessung zwei Nachklärbecken - Einlaufbauwerk (aus Belebungs-Expert nach A 131)	11
Abbildung 9: Lageplan mit Anordnung eines neuen Nachklärbeckens + Verteilerbauwerk	11
Abbildung 10: Schnitt Ablaufgerinne Nitrifikationsbecken	12
Abbildung 11: Anordnung Verteilerbauwerk	12
Abbildung 12: Beispielausführung für starre Leitbleche	15
Abbildung 13: Bild des adaptiven Mittelbauwerkes des Nachklärbecken 3 (Klärwerk Bayreuth 2024)	16
Abbildung 14: Beispiel Geländer und Einstieg Leiter mit Anfahrleisten	17
Abbildung 15: Lageplan bestehendes Nachklärbecken 3 (orange) und zu sanierende Nachklärbecken 1 und 2 (blau)	18
Abbildung 16: schematische Darstellung der erforderlichen Erneuerung an den Räumern	18
Abbildung 17: Lageplan bestehendes Nachklärbecken 3 (orange) und Neubau Nachklärbecken 1 und 2 (rot)	19
Abbildung 18: Hochspannungsleitungen über den Nachklärbecken 1 und 2 (BayernAtlas 2025)	21
Abbildung 19: Kostenvergleichsrechnung	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung Betriebskosten	27
--	----

1 Vorbemerkungen

1.1 Vorhaben und Vorhabensträger

Gegenstand des Vorhabens ist eine Konzeptstudie zu den bestehenden Nachklärbecken 1 und 2 auf dem Klärwerk Bayreuth.

Vorhabensträger ist die Stadt Bayreuth.

1.2 Veranlassung des Vorhabens

In den Nachklärbecken des Klärwerks Bayreuth kommt es bei erhöhten Zulaufmengen zu Schlamm- oder Flockenabtrieb. Zur Optimierung der Nachklärung wurde im Juni 2023 von der Firma hydrograv GmbH eine Studie erarbeitet. Zur Verbesserung der Reinigungsleistung wird empfohlen alle drei Nachklärbecken mit einem höhenverstellbaren Mittelbauwerk auszustatten. Das Nachklärbecken 3 wurde 2024 bereits erfolgreich mit einem adaptiven Mittelbauwerk ausgestattet.

Als vorbereitende Maßnahme wurde im März und April 2025 in den Nachklärbecken 1 und 2 die Betonqualität von der LGA Bautechnik GmbH untersucht. Vor allem am Kaiserstuhl wurden jeweils erhebliche Schäden festgestellt. Die weitere Vorgehensweise zur Ertüchtigung der Nachklärbecken 1 und 2 soll in der vorliegenden Konzeptstudie betrachtet werden.

1.3 Zweck des Vorhabens

Das Klärwerk Bayreuth ist gemäß dem Wasserrechtsbescheid vom 17.12.2018, mit letzter Änderung vom 05.08.2022, für eine Ausbaugröße von 300.000 Einwohnerwerten (EW) ausgelegt (entspricht einer BSB5-Fracht von 18.000 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 den Roten Main, ausgestellt vom Amt für Umweltschutz der Stadt Bayreuth, endet am 31.12.2038.

Das Klärwerk ist für Abflüsse von $Q_T = 700 \text{ l/s}$ ($2.520 \text{ m}^3/\text{h}$) und $Q_M = 1.400 \text{ l/s}$ ($5.220 \text{ m}^3/\text{h}$) sowie einen Tagesabfluss $Q_{T,d} = 40.000 \text{ m}^3/\text{d}$ ausgelegt.

Derzeit sind im Klärwerk Bayreuth drei Nachklärbecken in Betrieb. Die Nachklärbecken 1 und 2 wurden im Jahr 1975 gebaut. Das Nachklärbecken 3 wurde nachträglich im Jahr 1998 errichtet.

Die vorhandene Bausubstanz der Nachklärbecken 1 und 2 ist sanierungsbedürftig. Auch Teile der zugehörigen Maschinentechnik und der verfahrenstechnischen Ausrüstung sind technisch und wirtschaftlich verbraucht. Die vorhandenen konstruktiven Randbedingungen der Nachklärbecken 1 und 2 sowie die Einlaufgestaltung entsprechen nicht dem aktuellen Stand der Technik. Um die Anforderungen der aktuellen Arbeitssicherheitsrichtlinien zu erfüllen, sind Absturzsicherungen bei den Nachklärbecken 1 und 2 nachzurüsten.

Als Entscheidungsgrundlage für weiterführende Planungen werden in der vorliegenden Konzeptstudie Sanierungs- und Neubauvarianten auf technische Machbarkeit und im Rahmen einer Kostenvergleichsrechnung auf Wirtschaftlichkeit geprüft.

2 Bestehende Verhältnisse

2.1 Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet des Klärwerks Bayreuth umfasst neben dem Stadtgebiet Bayreuth weitere Kommunen als Abwassergäste. Abwassereinleitungsverträge wurden mit der Stadt Creußen, der Gemeinde Eckersdorf, der Gemeinde Haag, der Verwaltungsgemeinschaft Mistelbach und der Verwaltungsgemeinschaft Weidenberg (Markt Weidenberg: Ortsteil Neunkirchen am Main und Gemeinde Seybothenreuth) geschlossen.

2.2 Kanalisation und Mischwasserbehandlung

Im Einzugsgebiet des Klärwerks Bayreuth erfolgt die Entwässerung überwiegend im Mischsystem sowie modifiziertem Trennsystem mit Mischwasserbehandlungsanlagen im Kanalnetz.

Der maximale Zufluss bei Regen zum Klärwerk Bayreuth beträgt gemäß Schmutzfrachtberechnung der Mischwasserbehandlung $Q_M = 1.400 \text{ l/s}$.

2.3 Klärwerk

Das Klärwerk Bayreuth ist für eine Ausbaugröße von 300.000 Einwohnerwerten (EW) ausgelegt (entspricht einer BSB5-Fracht von 18.000 kg/d) und liegt demnach innerhalb der Größenklasse 5 nach Anhang 1 der Abwasserverordnung (AbwV).

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

Das Klärwerk ist für Abflüsse von $Q_T = 700 \text{ l/s}$ ($2.520 \text{ m}^3/\text{h}$) und $Q_M = 1.400 \text{ l/s}$ ($5.220 \text{ m}^3/\text{h}$) sowie einen Tagesabfluss $Q_{T,d} = 40.000 \text{ m}^3/\text{d}$ ausgelegt.

Betreiber des Klärwerks ist die Stadt Bayreuth.

2.4 Nachklärbecken

2.4.1 Allgemeines

Die Nachklärung des Klärwerks Bayreuth besteht aus drei Nachklärbecken, ausgeführt als Rundbecken in Stahlbetonbauweise.

Die Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien I Stand Juli 2012) berücksichtigen für Bauwerke von Großanlagen in aufgelöster Bauweise (Nachklärbecken) eine Nutzungsdauer von 30 - 40 Jahren. Für den maschinentechnischen Teil (Räumer) wird eine Nutzungsdauer in Höhe von 15 - 25 Jahren berücksichtigt.

Die Nachklärbecken 1 und 2 wurden im Jahr 1975 gebaut und sind seit 1977 in Betrieb. Damit beträgt die Nutzungsdauer aktuell rund 50 Jahre.

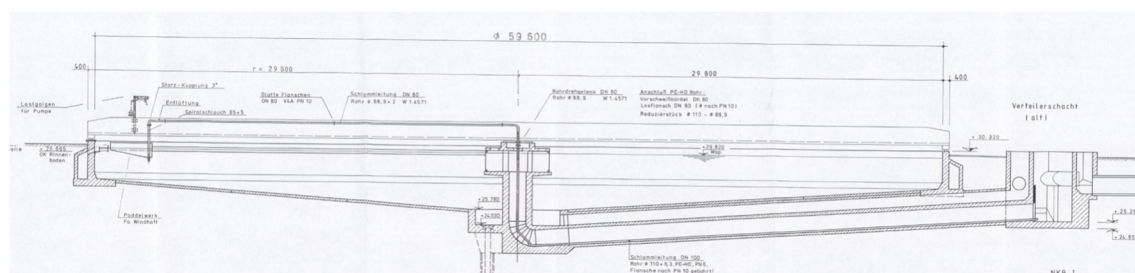


Abbildung 1: Nachklärbecken 1 und 2 – Schnitt

Die Nachklärbecken 1 und 2 haben einen Durchmesser von je $d = 59,6 \text{ m}$ und eine Beckentiefe von je $H = 2,85 \text{ m}$. Das neuere Nachklärbecken 3 ist mit einem Durchmesser von $d = 59,6 \text{ m}$ und einer Beckentiefe von $H = 3,30 \text{ m}$ ausgeführt. Zur Auftriebssicherung wurden Flutventile verbaut. Der bestehende Zulaufdüker und die Rücklaufschlammleitung müssen im weiteren Projektverlauf auf Dichtheit geprüft werden.

Die drei Nachklärbecken sind an der nordöstlichen Grundstücksgrenze in der Nähe des Vorfluters Roter Main angeordnet. Eine Erweiterung um weitere Nachklärbecken ist bei aktueller Gebäudeanordnung nicht möglich.

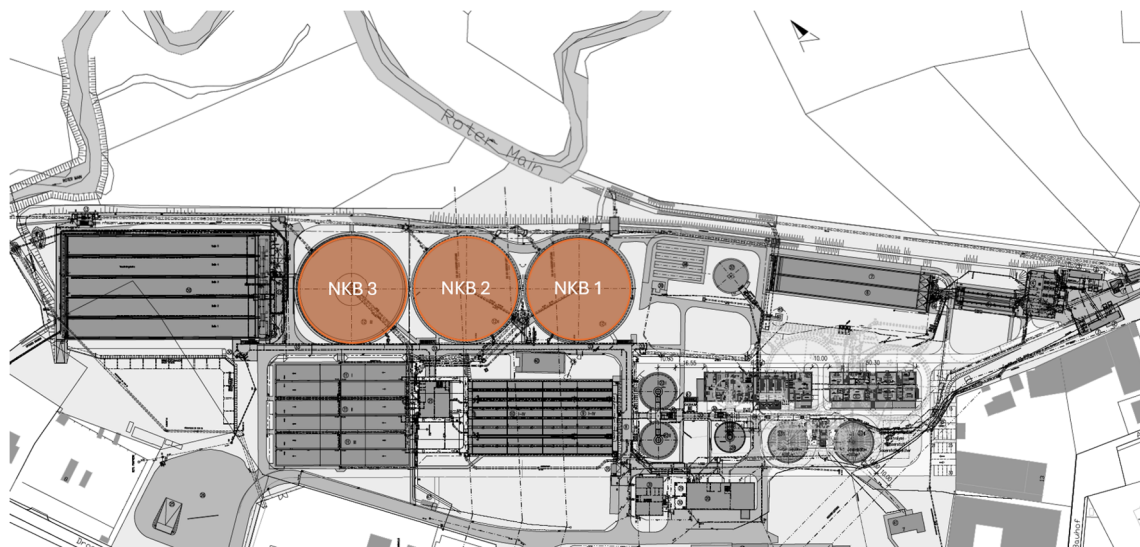


Abbildung 2: Lage der Nachklärung

2.4.2 Betriebsweise

Derzeit sind alle drei Nachklärbecken in Betrieb, wobei der Abwasserstrom zu je einem Drittel auf die Nachklärbecken 1, 2 und 3 aufgeteilt wird. Die hydraulische Leistungskapazität der Nachklärbecken beträgt somit je rund 33 % der Gesamtabwassermenge.

2.4.3 Konstruktive Randbedingungen I Beckenein- und auslauf

Die bestehenden Nachklärbecken 1 und 2 entsprechen nicht dem Stand der Technik, da die im DWA-Arbeitsblatt A 131 vorgegebenen konstruktiven Randbedingungen nicht eingehalten werden. Die vorhandene Beckentiefe in den Nachklärbecken von $2,85 \text{ m}$ unterschreitet die in den aktuellen DWA-Richtlinien geforderte Mindestdtiefe von $3,00 \text{ m}$.

Auch die vorhandenen Mittelbauwerke der Nachklärbecken 1 und 2 sind nach den Empfehlungen der Einlaufgestaltung gemäß A 131 hinsichtlich Durchflusszeit und turbulenter Scherbeanspruchung (G-Wert) als nicht optimal anzusehen.

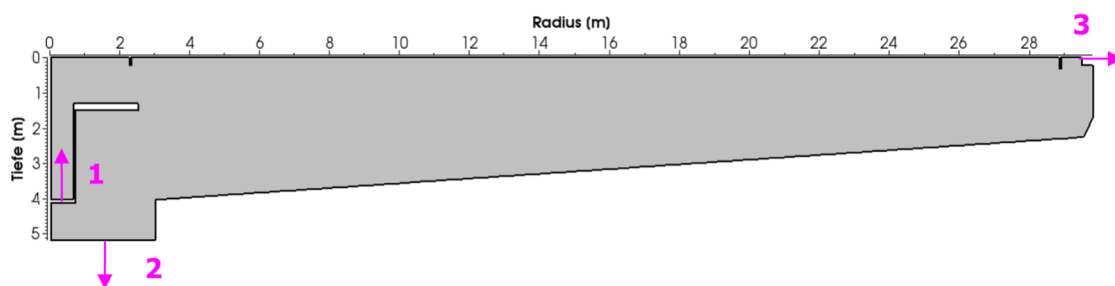


Abbildung 3: Geometrie der Nachklärbecken 1 und 2 mit Lage des Zulaufes (1), des Schlammrücklaufes (2) und des Ablaufes (3) (hydrograv GmbH 2023)

Die Ablaufrinne des Nachklärbeckens 2 ist hinterläufig. Die Ablaufrinne des Nachklärbeckens 1 wurde bereits mit einer Sikaflex-Abdichtung saniert.

2.4.4 Bauwerk I Bausubstanz

Die Nachklärbecken sind in Stahlbetonbauweise mit schlaffer Bewehrung ausgeführt. Im Bereich der Umfassungswände und der Wasserwechselzone sind deutliche Schäden am Beton sichtbar.



Abbildung 4: Zustand Bauwerk (Nachklärbecken 2)

Zur Beurteilung der Betonqualität und Festlegung notwendiger Sanierungsmaßnahmen wurde die Erstellung eines entsprechenden Betongutachtens erforderlich. Die Untersuchungen erfolgten im Jahr 2025 durch die LGA Bautechnik. Die beiden Nachklärbecken zeigen ein ähnliches Schadensbild.

Das Mittelbauwerk weist deutliche Schäden auf. Neben der Sanierung wird in dem Gutachten alternativ der Neubau der Mittelbauwerke vorgeschlagen.

Die im Zuge der Untersuchungen festgestellten minimalen Betonüberdeckungen betragen im Nachklärbecken 1 im Bereich des Mittelbauwerks 7 – 9 mm.

Auf der Bodenplatte zeichnen sich stellenweise die Bewehrungsmatten durch austretende Korrosionsprodukte ab, was auf die zu geringe Betondeckung im Verhältnis zur Karbonatisierungstiefe zurückzuführen ist.

Die Fugenabdichtungen sind verwittert und rissig. Bei der Schadstoffanalyse der Fugendichtmasse wurde ein Asbestmassenanteil von 1 bis 5 % festgestellt. Um den Sanierungsaufwand abschätzen zu können, ist im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung im weiteren Planungsverlauf zu klären, in welchen Risikobereich (niedriges, mittleres oder hohes Risiko) die Tätigkeiten im Zusammenhang mit den Asbestbelastungen fallen.

Die Laufräder der Bodenräumschilder haben im Bereich der Bodenplatte betriebsbedingte Abriebspuren verursacht. In weiten Teilen liegt dort die Gesteinskörnung frei. Durch Fällungsprodukte aus dem Klärprozess liegen flächige zum Teil dickschichtige rostbraune Ablagerungen vor.

Auch im Wandbereich liegt in weiten Bereichen die Gesteinskörnung frei und es zeichnen sich Bewehrungslagen stellenweise, insbesondere am Übergang zur Schräge, ab. Es zeigen sich vereinzelte Rissbildungen mit Rissen bis zu 0,5 mm.

Die einzelnen Bauteile können gemäß dem Bericht der LGA der Altbetonklasse A4 zugeordnet werden. Die Bodenplatte des Nachklärbeckens 2 wird sogar in die bessere Altbetonklasse A5 eingeordnet. Altbetonklassen definieren die Qualität von Betonbauteilen, die instandgesetzt werden müssen, und werden anhand ihrer Druck- und Abreißfestigkeit klassifiziert. Die Einstufung erfolgt in Klassen (A1 bis A5) nach der ZTV-W LB 219, wobei A1 die schlechteste und A5 die beste Altbetonklasse darstellt.

2.4.5 Technische Ausrüstung I Maschinentechnik

Die beiden Nachklärbecken sind mit Doppelrundräumern ausgestattet.

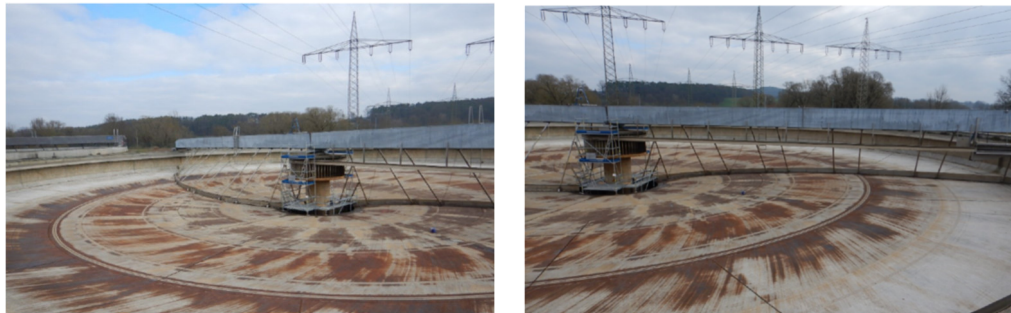


Abbildung 5: Ausführung der Rundräumer

Die beiden Räumerbrücken stammen aus der Erstausrüstung und sind seit 1977 in Betrieb. Die aktuelle Nutzungsdauer beträgt damit rund 50 Jahre.

Die Bodenräumschilder der Nachklärbecken 1 und 2 wurden bereits Ende der 1990er Jahre in Edelstahl erneuert. Die E-Technik der Räumer muss erneuert werden.

Die beiden Räumerbrücken sind aus feuerverzinktem Stahl, wodurch der Korrosionsschutz gewährleistet ist.

2.4.6 Arbeitsschutz

Die Nachklärbecken 1 und 2 entsprechen nicht mehr den geltenden Arbeitsschutzvorschriften. Das Gewerbeaufsichtsamt sowie die Fachkraft für Arbeitssicherheit haben im Februar 2025 die fehlende Absturzsicherung bei den beiden Nachklärbecken bemängelt. Es ist ein Geländer oder eine Erhöhung der Außenwand notwendig.

2.5 Klärwerksstandort

Das Klärwerk liegt im Nordwesten der Stadt Bayreuth. Das Kläranlagengrundstück grenzt im Westen an den städtischen Bauhof und im Süden an ein Gewerbegebiet. Nordöstlich des Klärwerks liegt der Vorfluter Roter Main.

Das Kläranlagengelände ist hochwasserfrei.



Abbildung 6: Standort Klärwerk Bayreuth (Google 2025)

2.6 Vorfluterverhältnisse

Vorfluter für das Klärwerk Bayreuth ist der Rote Main, ein Gewässer I. Ordnung.

3 Art und Umfang des Vorhaben

3.1 Betrieb mit zwei Nachklärbecken

Im Rahmen der Vorplanung wurde der Betrieb des Klärwerks Bayreuth mit zwei statt aktuell drei Nachklärbecken geprüft. Hierfür wäre der Neubau nur eines Nachklärbeckens alternativ zur Sanierung der bestehenden Nachklärbecken 1 und 2 notwendig.

3.1.1 Bemessung

Für das Klärwerk Bayreuth wurde der verfahrenstechnische Nachweis für den Betrieb mit nur zwei Nachklärbecken geprüft.

Unter Berücksichtigung des Weiterbetriebs des bestehenden Nachklärbeckens 3 erfolgte für den vorliegenden Mischwasserabfluss Q_M von 1.400 l/s und einen Trockensubstanzgehalt im Ablauf des Belebungsbeckens TS_BB,A von 3,44 kg/m³ die Bemessung eines neuen Nachklärbeckens.

Die Ausführung eines neuen Nachklärbeckens erfolgt nach aktuellen Regelwerken und Richtlinien, unter anderem im Hinblick auf die erforderliche Wassertiefe, das Beckenvolumen sowie die Ein- und Auslaufbedingungen.

Im Rahmen der Bemessung wurde für das neu zu errichtende Nachklärbecken der Innendurchmesser (bis zur Beckeninnenwand) des bestehenden Nachklärbeckens 3 mit 59,6 m aufgenommen.

Die Beckentiefe wurde ebenfalls analog zu bestehendem Nachklärbecken 3 mit 3,30 m gewählt.

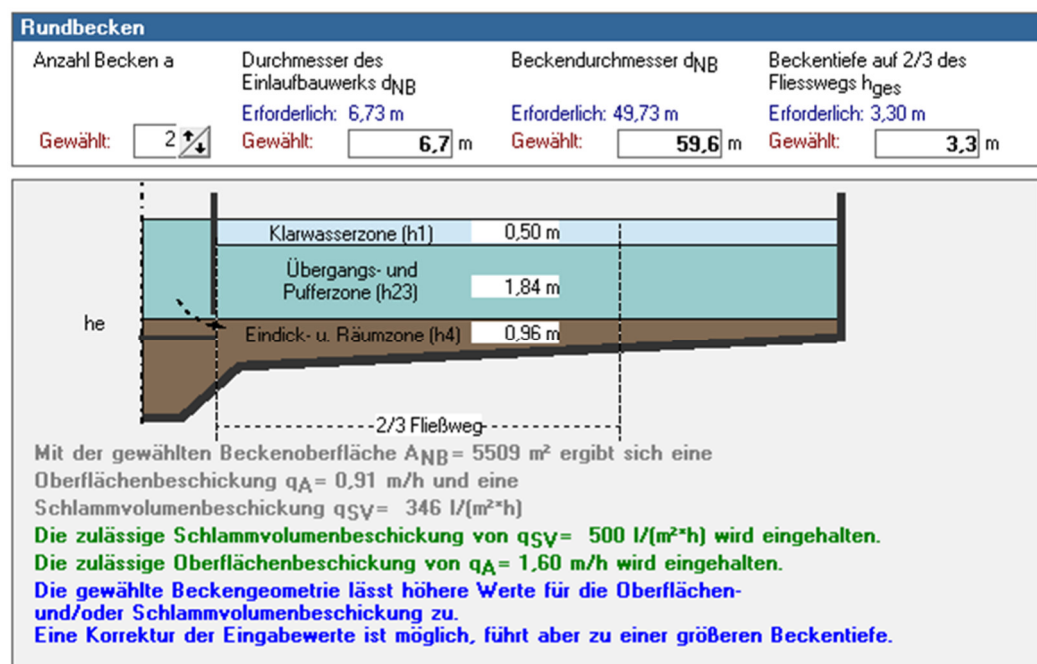


Abbildung 7: Bemessung zwei Nachklärbecken - Beckengeometrie (aus Belebungs-Expert nach A 131)

Vorgaben		
Aufenthaltszeit t_A	Höhe des Einlaufschlitzes h	Nutzbare Länge des Einlaufschlitzes
Minimum: 60 s	Richtwert: 0,3 - 0,6 m	
Gewählt: <input type="text" value="58"/> Sek.	Gewählt: <input type="text" value="1,05"/> m	Gewählt: <input type="text" value="88"/> %
Tiefe des Einlaufs h_E	Querschnittsfläche des Zulaufdukters A_{ZD}	Wassertemperatur
Richtwert: 2,90 m		
Gewählt: <input type="text" value="2"/> m	Gewählt: <input type="text" value="1,131"/> m ²	Gewählt: <input type="text" value="12"/> Grad C
Ergebnis:		
Volumen des Einlaufbauwerks	71,1 m ³	
Erf. Durchmesser des Einlaufbauwerks	6,73 m	
In das Einlaufbauwerk eingetragene Leistung P_E	719 Nm/s	
Turbulente Scherbeanspruchung (G-Wert)	90,1 1/s	
Densimetrische Froude-Zahl Fr_D	0,579	

Abbildung 8: Bemessung zwei Nachklärbecken - Einlaufbauwerk (aus Belebungs-Expert nach A 131)

Im Ergebnis der Berechnung gemäß DWA-Arbeitsblatt 131 kann der verfahrenstechnische Nachweis für den Betrieb des Klärwerks Bayreuth mit insgesamt nur zwei Nachklärbecken (Nachklärbecken 3 + Neubau Nachklärbecken 2) geführt werden. Die geforderten Bemessungswerte können eingehalten werden.

Bei der Klarwasserzone wird allerdings nur der Mindestwert von 50 cm erreicht. Es besteht kein Spielraum mehr für gegebenenfalls notwendige Erhöhungen der Ausbaugröße oder sich durch die Novellierung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) ergebende höhere Anforderungen an die Ablaufparameter Stickstoff und Phosphor.

Die hydraulische Kapazität des Klärwerks Bayreuth ist beim Betrieb mit nur zwei Nachklärbecken erschöpft. Eine Erhöhung des Mischwasserabflusses ist dann nicht mehr möglich. Hydraulische Reserven, wie beim Betrieb von drei Nachklärbecken, sind nicht vorhanden.

3.1.2 Verteilerbauwerk

Der Neubau von nur einem Nachklärbecken ist als Ersatz für das Nachklärbecken 2 am Standort des bestehenden Nachklärbeckens 2 vorgesehen.

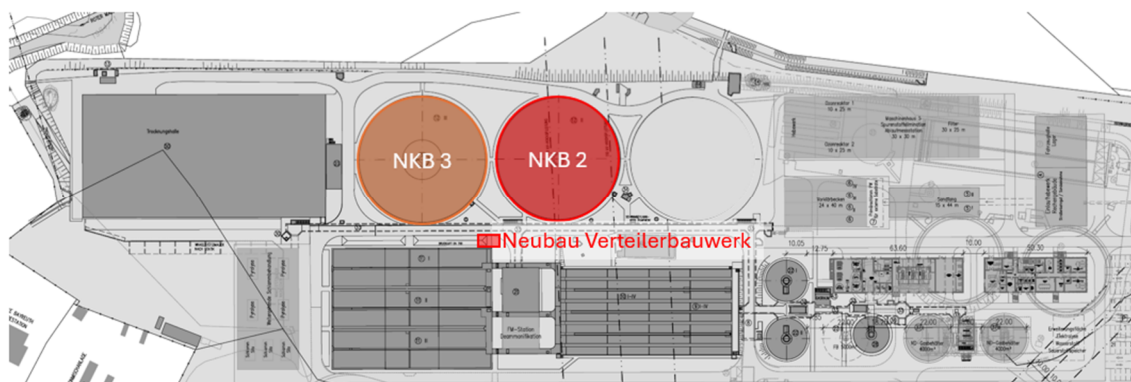


Abbildung 9: Lageplan mit Anordnung eines neuen Nachklärbeckens + Verteilerbauwerk

Die Abwasserverteilung aus den drei Nitrifikationsbecken auf die drei Nachklärbecken erfolgt aktuell über Betonschwellen.

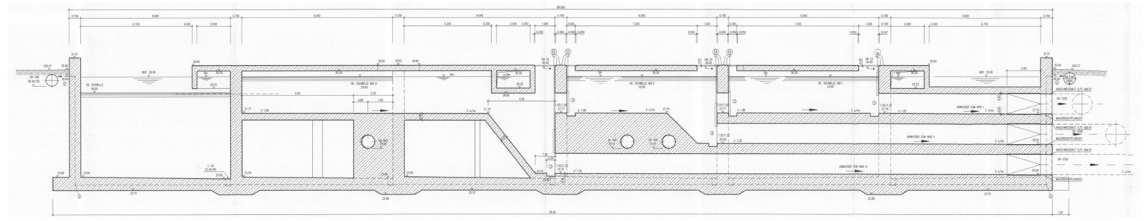


Abbildung 10: Schnitt Ablaufgerinne Nitrifikationsbecken

Bei Außerbetriebnahme eines Nitrifikationsbeckens bzw. eines Nachklärbeckens kann über Absperrschieber der Wasserweg auf die verbleibenden, in Betrieb befindlichen Becken umgestellt werden. Die Abwasserverteilung ist für diese Betriebszustände jedoch nicht gleichmäßig und stellt sich durch die unterschiedlichen hydraulischen Verluste und in Abhängigkeit des schwankenden Mischwasserabflusses zum Klärwerk Bayreuth ein. Für die in der Regel geplanten, kurzzeitigen Außerbetriebnahmen einzelner Becken ist die ungleiche Aufteilung des Abwasserstroms verfahrenstechnisch annehmbar.

Für eine dauerhafte Umstellung der Abwasserverteilung von drei Nitrifikationsbecken auf zwei Nachklärbecken wäre eine ungleiche Aufteilung verfahrenstechnisch nicht akzeptabel.

Um den Betrieb des Klärwerks Bayreuth von drei auf zwei Nachklärbecken umzustellen, würde die Errichtung eines neuen Verteilerbauwerks im Ablauf des Nitrifikationsbeckens (siehe Abbildung 9 und Abbildung 11) erforderlich werden. Die Leistungsfähigkeit der beiden Nachklärbecken mit jeweils 50 % wäre hierdurch dauerhaft gewährleistet.

Das neue Verteilerbauwerk würde mit Regelstrecken, bestehend aus kontinuierlich arbeitenden Durchflussmengenmessungen (MID) sowie elektrischen Schiebern zur Durchflussregulierung berücksichtigt werden. Die Ausführung würde als unterirdischer Stahlbetonbaukörper mit Treppenabgang und Montageöffnung geplant werden. Die Anordnung würde, der bestehenden Leitungsführung folgend, zwischen Nachklärbecken und Ablauf Nitrifikationsbecken vorgesehen werden. Der in diesem Bereich vorhandene Installationsgang würde erhalten bleiben.

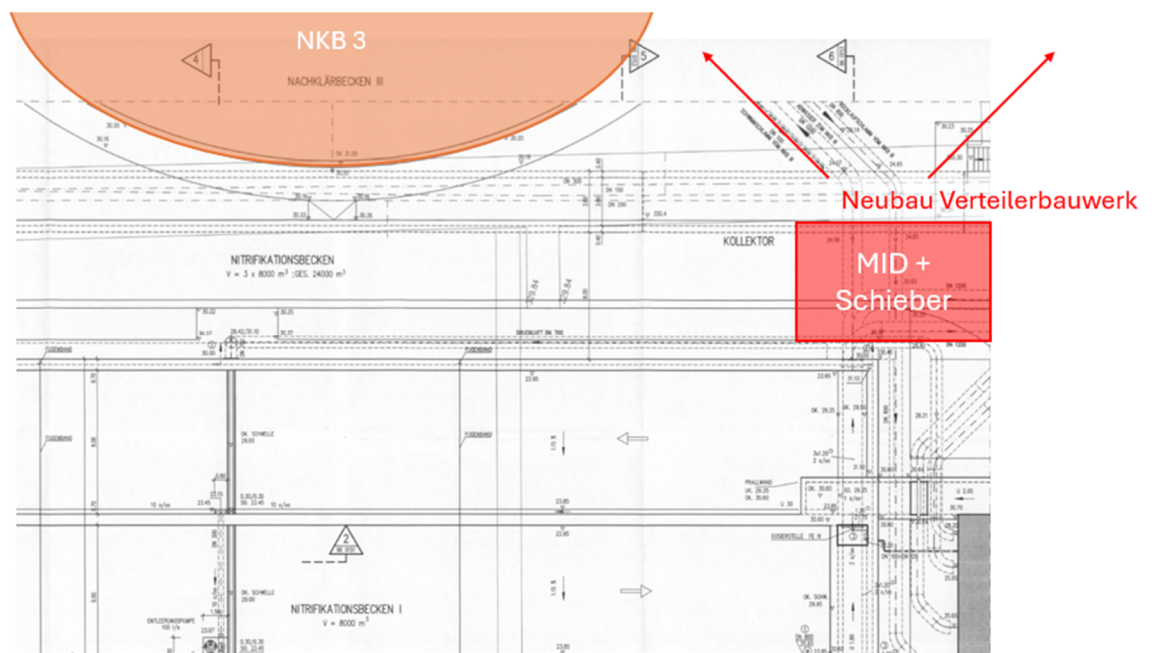


Abbildung 11: Anordnung Verteilerbauwerk

3.1.3 Betriebliche Auswirkungen

Die Stadt Bayreuth ist auch für den Revisionsfall von Anlagenteilen im Klärwerk Bayreuth zur Sicherstellung der Reinigungsleistung und Einhaltung der Ablaufwerte verpflichtet.

Für die Variante eines Kläranlagenbetriebs mit zwei Nachklärbecken entfallen im Revisionsfall eines Nachklärbeckens 50 % der Reinigungsleistung in diesem Bereich. Die erforderliche Reinigungsleistung kann mit nur einem Nachklärbecken nicht mehr gewährleistet werden. Ein verfahrenstechnischer Nachweis kann für diesen Betriebszustand nicht geführt werden.

Die Betriebserfahrungen im Klärwerk Bayreuth zeigen, dass alle drei Jahre für ca. 6 Wochen ein Nachklärbecken außer Betrieb genommen werden muss, um notwendige Wartungs- und Reparaturarbeiten durchzuführen.

Da die Tiefe der bestehenden Nachklärbecken 1 und 2 annähernd der im aktuellen Regelwerk geforderten Beckentiefe entspricht, bietet die dreistraßige Nachklärung hydraulische und verfahrenstechnisch Reserven, die im Revisionsfall aktiviert werden. Die erforderliche Reinigungsleistung kann betrieblich auch mit zwei Nachklärbecken sichergestellt werden.

Im Hinblick auf die Anlagenverfügbarkeit sowie die Anforderungen an die kontinuierliche Sicherstellung der Reinigungsleistung, ist die Anlagenkonzeption mit einer zweistraßigen Nachklärung für das Klärwerk Bayreuth auszuschließen.

Die Variante „Betrieb mit zwei Nachklärbecken“ wird aus betrieblichen Gründen nicht weiterverfolgt.

3.2 Betrieb mit drei Nachklärbecken

Zur Sicherstellung der Betriebssicherheit des Klärwerks Bayreuth wird die Sanierung oder der Neubau der Nachklärbecken 1 und 2 erforderlich.

3.2.1 Sanierung

3.2.1.1 Betoninstandsetzung

Die Betoninstandsetzung hat grundsätzlich das Ziel, die Bausubstanz nachhaltig so in Stand zu setzen, dass eine langfristig weitere Nutzung des Baukörpers erreicht wird.

Die Instandsetzungsmaßnahmen erfolgen auf Grundlage der vorliegenden betontechnischen Gutachten. Die Mittelbauwerke werden erneuert.

Die Betoninstandsetzung erfolgt in folgenden Bereichen:

- Umfassungswand
- Bodenplatte, einschließlich Wandknick
- Bauwerksfugen

Für die bestehenden Nachklärbecken 1 und 2 wurde eine Begutachtung der vorhandenen Bausubstanz durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in den Berichten der LGA Bautechnik GmbH vom 28.04.2025 (Nachklärbecken 2) und 11.06.2025 (Nachklärbecken 1) dokumentiert.

Für die Sanierung der Nachklärbecken 1 und 2 wurde, wie im Betongutachten empfohlen, von einer Herstellung einer ausreichenden Betonüberdeckung durch den Auftrag von Spritzbeton / -mörtel ausgegangen.

In den Kosten für die Betoninstandsetzung wurden folgende Punkte berücksichtigt:

- Baustelleneinrichtung, Gerüst, Schutzmaßnahmen
- Abtrag geschädigter Beton mit Hochdruckwasserstrahlen (HDW)
- Kantenschalungen
- Einzelschadstellen bis 1 m² (Stemmen, Feststoffstrahlen und Verschluss mit Betonersatz)
- Verpressen von Rissen
- Wiederherstellung der Betonüberdeckung (Spritzbeton / -mörtel)
- Erneuerung Fugenabdichtungen

Die Wand- und Bodenflächen werden vollflächig durch die aufgezählten Arbeitsschritte bearbeitet.

Beim Hochdruckwasserstrahlen wird das Korngerüst des bestehenden Betons freigelegt, indem der geschädigte Beton abgetragen wird. Durch den Auftrag des Spritzbetons / -mörtels mittels Spritzdüse wird das Material automatisch verdichtet und es entsteht eine hohlraumfreie Betonoberfläche mit guter Untergrundhaftung. Es wird ein monolithischer Verbund erreicht, wodurch hohe Oberflächenfestigkeiten möglich sind. Zur Erreichung der notwendigen Ebenheit der Bodenplatte ist meist eine händische Nacharbeit notwendig.

Die zugelassenen Sanierungsverfahren sehen optional die Aufbringung einer zusätzlichen Mörtelschutzbeschichtung vor. Um einen Verbund mit der neuen Spritzbetonschicht zu erreichen, wird der Untergrund durch Feststoffstrahlen vorbereitet. Die Mörtelschutzbeschichtungen sind meist kunststoffvergütet. Sie versprechen eine Erhöhung der Lebensdauer, indem sie die Betonoberflächen vor Abrieb und anderen mechanischen Beschädigungen schützen. Für die Verwendung im Abwasserbereich sind spezielle Beschichtungen vorhanden, die sich auch durch Chemikalienbeständigkeit auszeichnen.

Im Falle einer Sanierung sind in den weiteren Planungsschritten gegebenenfalls weitere Untersuchungen und darauf aufbauend eine fachgerechte Planung für die Betoninstandsetzung durchzuführen.

Die im LGA-Gutachten optional empfohlene Schutzbeschichtung erhöht die Kosten für die Betoninstandsetzung für ein Nachklärbecken um rund 400.000 EUR (netto) von 1,1 Mio. EUR (netto) auf rund 1,5 Mio. EUR (netto).

Die Option einer Mörtelschutzbeschichtung bietet im Hinblick auf die bereits hohe Nutzungsdauer der bestehenden Nachklärbecken 1 und 2 von über 50 Jahren sowie den gewählten Betrachtungszeitraum keine wirtschaftlichen Vorteile und wird daher nicht weiterverfolgt.

3.2.1.2 Mittelbauwerke

Die vorhandene Beckentiefe in den Nachklärbecken 1 und 2 von 2,85 m unterschreitet die im aktuell geltenden DWA-Regelwerk A 131 geforderte Mindestdtiefe von 3,00 m. Für das wasserrechtliche Verfahren wurde daher im verfahrenstechnischen Nachweis eine Abminderung des maximal aufnehmbaren Zuflusses berücksichtigt.

Die konstruktive Ausbildung der vorhandenen Mittelbauwerke der Nachklärbecken 1 und 2 erfüllt nicht die aktuellen Anforderungen des betreffenden Regelwerks (DWA-Arbeitsblatt 131). Die bestehenden Mittelbauwerke sind zu klein, was zu einer Unterschreitung der Aufenthaltszeit sowie zur Überschreitung zulässiger Strömungsgeschwindigkeiten führt. Die Unterschreitung der Durchflusszeit sowie turbulente Scherbeanspruchungen (G-Wert) führen zu einer kontinuierlichen Leistungsminderung.

Art und Umfang der aktivierbaren Leistungsreserven wurden im Rahmen einer CFD-Strömungssimulation für die Nachklärbecken 1, 2 und 3 geprüft. Die Studie vom 29. Juni 2023 wurde durch die Firma hydrograv erstellt. Im Ergebnis der durchgeführten Überprüfung wurde festgestellt, dass die Mittelbauwerke der Nachklärbecken 1 und 2 Optimierungspotenzial bieten. Nach aktuell gültigen Bemessungsansätzen ist der Außendurchmesser der bestehenden Mittelbauwerke zu klein und bezüglich des Abwassereintritts in das Nachklärbecken zu hoch angeordnet.

Für die angestrebte Leistungssteigerung besteht die Möglichkeit Durchmesser, Einlaufhöhe sowie Größe der Einlauföffnung der bestehenden Mittelbauwerke der Nachklärbecken 1 und 2 über Stahlblecheinbauten anzupassen. Für ein starr ausgebildetes Mittelbauwerk ist ein Kompromiss zwischen den im Trockenwetter bzw. Regenwetter jeweils optimalen Höhenlagen festzulegen.

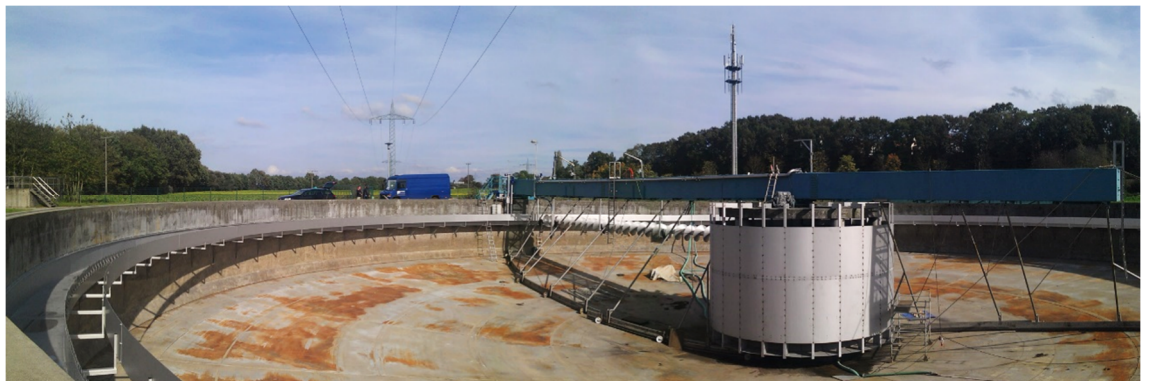


Abbildung 12: Beispielausführung für starre Leitbleche

Alternativ zur starren Ausbildung von Mittelbauwerken sind höhenverstellbare Mittelbauwerke auf dem Markt verfügbar. Diese können sowohl die Eintrittshöhe in das Nachklärbecken als auch die Öffnungsweite in Abhängigkeit der hydraulischen Belastung automatisch auf den errechneten, optimalen Wert einstellen. Die bauliche Umsetzung erfolgt über Stahlblechschürzen, die über elektrische Stellantriebe auf die gewünschten Werte verändert werden können.

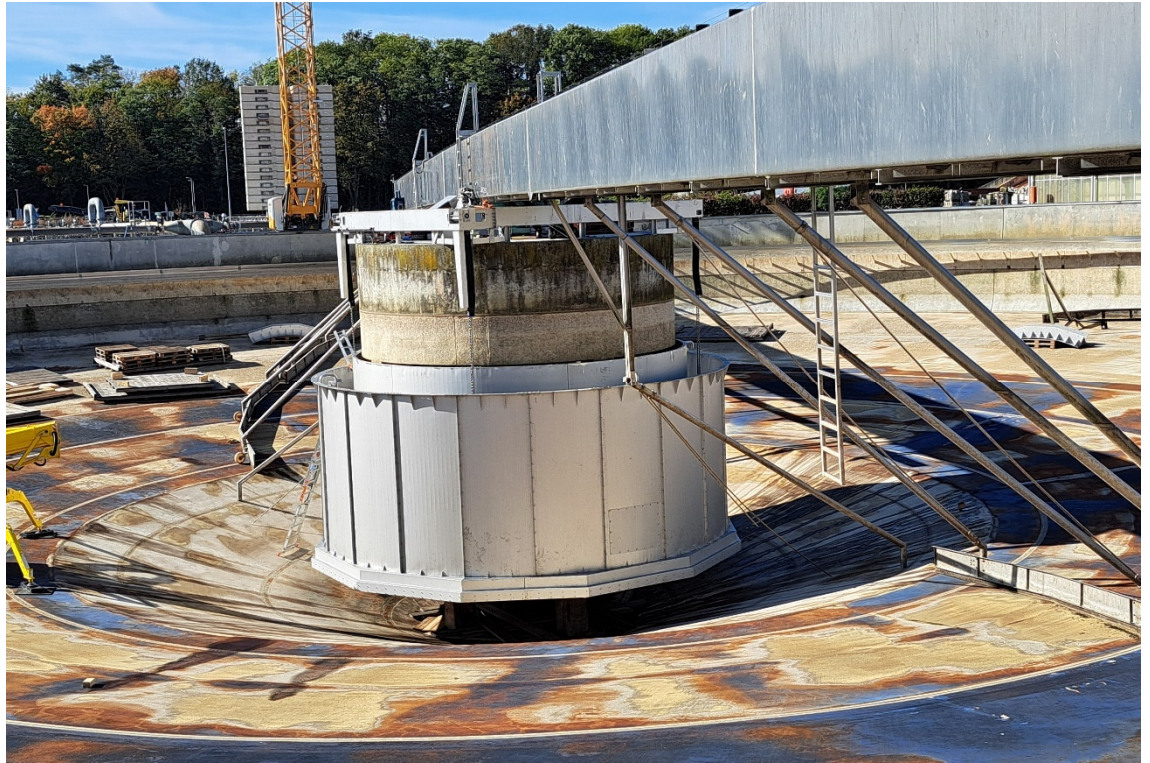


Abbildung 13: Bild des adaptiven Mittelbauwerkes des Nachklärbecken 3 (Klärwerk Bayreuth 2024)

Durch den höhenverstellbaren Zulauf kann die Ablaufqualität der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) deutlich verbessert werden.

Abfiltrierbare Stoffe (AFS) sind im Abwasser enthaltene Sink-, Schweb-, und Schwimmstoffe, die in den Nachklärbecken weitestmöglich abgetrennt werden sollen. Die Konzentration an abfiltrierbaren Stoffen ist ein Schmutzfrachttäquivalent und damit direkt an die Ablaufqualität des Klärwerks gekoppelt.

Bei erhöhter hydraulischer Belastung besteht die Gefahr einer wiederkehrenden Erhöhung abfiltrierbarer Stoffe. Neben einer Gefährdung der Reinigungsleistung der Gesamtanlage können diese zu erhöhten Betriebskosten führen.

Erhöhte abfiltrierbare Stoffe im Ablauf können eine Überschreitung des Grenzwertes für Phosphor (Pges) zur Folge haben.

Im Hinblick auf eine mittelfristig erforderliche 4. Reinigungsstufe ist die bestmögliche Reduzierung der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf der Nachklärung zielführend und zur Betriebskostenreduzierung der künftig nachgeschalteten Verfahrenstechniken zur Spurenstoffelimination zwingend erforderlich.

Auf Grundlage der durchgeführten Studie wurde das Nachklärbecken 3 bereits mit einem adaptiven Mittelbauwerk ausgestattet. Die bisherigen Betriebserfahrungen zeigen eine deutlich sichtbare Verbesserung der Ablaufqualität.

Zur Optimierung der Strömungsverhältnisse und Erhöhung der Leistungskapazität der Nachklärbecken 1 und 2 werden adaptive Mittelbauwerke als Vorzugsvariante weiterverfolgt.

3.2.1.3 Ablaufrinnen

Die bestehenden Ablaufrinnen der Nachklärbecken 1 und 2 wurden Ende der 1990er Jahre als Edelstahlrinnen und mit einseitigem Überfall installiert. Die Blechkonstruktion wurde hierbei über Dichtbänder direkt mit der äußeren Umfassungswand verbunden. Die Ausführung der Rinne entspricht den aktuellen Empfehlungen der DWA-Richtlinien.

Während der Nutzungsdauer sind Undichtigkeiten zwischen Blechkonstruktion und Beckenaußenwand aufgetreten.

Im Nachklärbecken 1 erfolgte deshalb bereits umlaufend eine Abdichtung des betreffenden Bereichs.

Die Ablaufrinne des Nachklärbeckens 2 ist hinterläufig. Eine Abdichtung wird analog zu der bereits im Nachklärbecken 1 umgesetzten Maßnahme berücksichtigt.

3.2.1.4 Arbeitsschutz

Gemäß DIN EN 12255-10:2001, Kläranlagen - Teil 10: Sicherheitstechnische Baugrundsätze Nr. 4.5.1 müssen Arbeitsplätze und Verkehrswege, neben denen eine Absturzhöhe vorhanden ist oder die an Gefahrenbereiche angrenzen, ständige Schutzgeländer haben, die verhindern, dass Personen abstürzen oder in die Gefahrenbereiche gelangen. Geeignete Absturzsicherungen sind z. B. mindestens 1,10 m hohe fest angebrachte Geländer oder entsprechend hochgezogene Umfassungswände.

An den Nachklärbecken wird eine Absturzsicherung vorgesehen. Die Absturzsicherung wird als seitlich angebrachtes Geländer mit Kniegurt und Handlauf mit einer Höhe bis Geländeoberkante (GOK) von $H = 1,10$ m ausgeführt. Das Geländer wird im Werkstoff Edelstahl V2A (1.4301 oder gleichwertig) ausgeführt. Um das Geländer zu übertreten, werden die Aufstiegsleitern zu den Räumerrücken entsprechend ausgeführt (siehe Abbildung 14). Die Aufstiegsleitern werden mit Anfahrlisten versehen, die den Räumler sofort ausschalten, sobald sie ein Hindernis berühren.

Zur Einhaltung der Arbeitssicherheitsvorschriften könnte auch eine Erhöhung der äußeren Stahlbetonumfassungswand umgesetzt werden. Da diese auch auf 1,1 m über Geländeoberkante erhöht werden müsste, ist bei dieser Variante die Erneuerung des ganzen Räumers erforderlich.



Abbildung 14: Beispiel Geländer und Einstieg Leiter mit Anfahrlisten

3.2.1.5 Sanierungsvarianten

Aus den vorstehend beschriebenen notwendigen Maßnahmen ergeben sich zwei mögliche Sanierungsvarianten. Die beiden untersuchten Varianten unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Absturzsicherung und damit zusammenhängend die Ertüchtigung bzw. die Erneuerung des Rämers:

- Variante 1a: Ertüchtigung Räumer (Erneuerung Teile der technischen Ausrüstung)
- Variante 1b: Erneuerung der Räumer

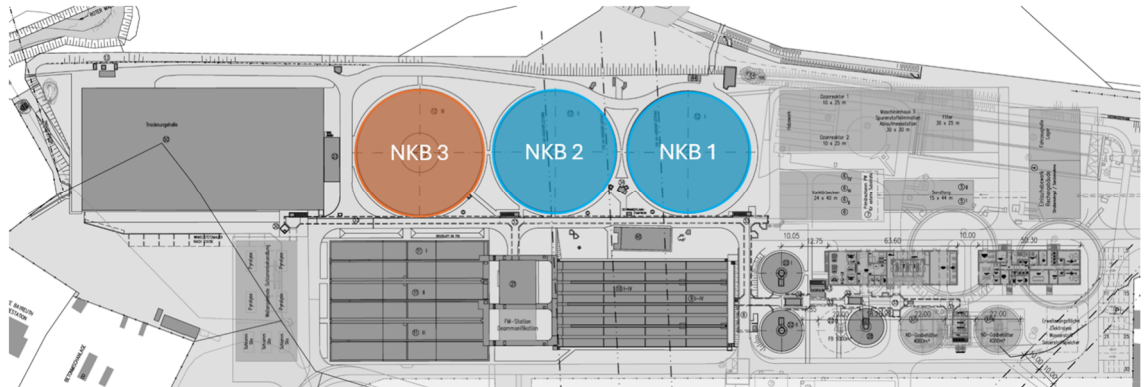


Abbildung 15: Lageplan bestehendes Nachklärbecken 3 (orange) und zu sanierende Nachklärbecken 1 und 2 (blau)

3.2.1.5.1 Variante 1a: Ertüchtigung Räumer (Erneuerung Teile der technischen Ausrüstung)

Bei Variante 1a ist die Absturzsicherung durch ein Geländer an der Umfassungswand geplant, weshalb sich die Höhenlage des Rämers nicht ändert. So können die Räumerbrücken, die Unterwasserkonstruktion sowie die Schwimmschlammräumung bei dieser Variante wie bestehend weiterverwendet werden. Mit dieser Variante werden alle sanierungsbedürftigen Bauteile der Rundräumer ersetzt.

Der Korrosionsschutz muss nicht erneuert werden, da die Räumer mit feuerverzinktem Stahl ausgeführt sind.

Im Wesentlichen wird die Erneuerung folgender Komponenten erforderlich:

- Drehkranz mit Schleifringkörper
- E-Technik



Abbildung 16: schematische Darstellung der erforderlichen Erneuerung an den Räubern

3.2.1.5.2 Variante 1b: Erneuerung der Räumern

Bei der Variante 1b ist die Erfüllung der arbeitsschutzrechtlichen Maßnahmen durch Erhöhung der äußeren Stahlbetonumfassungswand auf mindestens 1,1 m über Geländeoberkante vorgesehen.

Die statische Machbarkeit der Erhöhung der Umfassungswände der Nachklärbecken 1 und 2 wurde vom Büro Kästner Ingenieure GmbH untersucht. Mit den Unterlagen vom 22. Oktober 2025 wird die Erhöhung als umsetzbar beurteilt.

Durch die geänderte Höhenlage des Räumers ist die vollständige Erneuerung der Räumern nach Stand der Technik erforderlich. Gemäß aktuellen Empfehlungen erfolgt die Ausführung der Räumernbrücken als Vollwandkonstruktion.

3.2.2 Neubau

Beim Nachklärbeckenneubau erfolgt die Bemessung nach aktuellen Regelwerken und Richtlinien, unter anderem im Hinblick auf die erforderliche Wassertiefe, das Beckenvolumen sowie die Ein- und Auslaufbedingungen.

Im Rahmen der Bemessung für den Neubau eines Nachklärbeckens wurde ein notwendiger Innendurchmesser (bis zur Beckeninnenwand) von 59,6 m und eine Beckentiefe von 3,30 m (analog zu Nachklärbecken 3) ermittelt.

Durch die gewählten Ansätze kann die verfahrenstechnische und hydraulische Leistungsfähigkeit auch im Revisionsfall für die aktuelle Ausbaugröße und einen Mischwasserabfluss von 1.400 l/s gewährleistet werden. Die Einhaltung der Ablaufparameter ist somit auch bei kurzfristiger Außerbetriebnahme eines der drei Nachklärbecken möglich.

Beim Neubau von zwei Nachklärbecken kann die bisherige Abwasserverteilung beibehalten werden. In Revisionszeiträumen kann die Abwasserverteilung wie bisher erfolgen. Ein neues Verteilerbauwerk ist nicht notwendig.

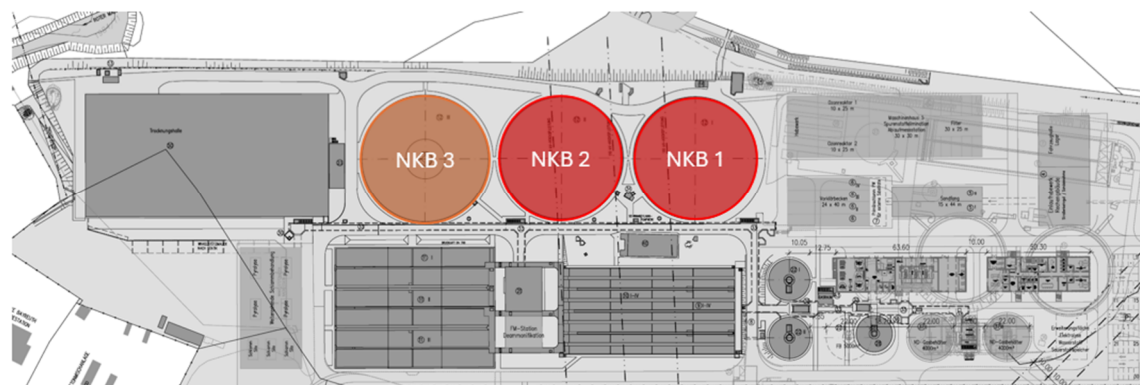


Abbildung 17: Lageplan bestehendes Nachklärbecken 3 (orange) und Neubau Nachklärbecken 1 und 2 (rot)

Neben dem Neubau von zwei Nachklärbecken wäre technisch und betrieblich auch der Neubau nur eines Nachklärbeckens möglich. Um die Betriebssicherheit weiter zu gewährleisten, müsste in diesem Fall das verbleibende, dritte Nachklärbecken saniert werden.

Nach aktuellen Erkenntnissen sind bei Bauwerken, die vor 1994 gebaut wurden, Abstandhalter in Stahlbetonbauwerken verbaut worden, die möglicherweise asbesthaltig sein können. Im Falle eines Neubaus der Nachklärbecken 1 und 2 wird der Abbruch der bestehenden Stahlbetonbaukörper notwendig.

Falls in abzubrechenden Bauwerken asbesthaltige Abstandhalter verbaut wurden, gibt es aktuell folgende Alternativen:

1. Das Bauwerk wird - unter Beachtung der TRGS 519 – abgebrochen. In diesem Fall wird das komplette Abbruchmaterial als asbesthaltiger Abfall eingeordnet.
2. Die asbesthaltigen Abstandhalter werden vor dem Abbruch bzw. vor dem Brechen - unter Beachtung der TRGS 519 – ausgebohrt. In diesem Fall sind nur die ausgebauten Abstandhalter asbesthaltiger Abfall.

Falls mittelfristig der Neubau eines Nachklärbeckens interessant wird, wäre eine ergänzende Bauwerksuntersuchung bezüglich der verbauten Abstandhalter sinnvoll, da die Ergebnisse kostenrelevant sind.

3.2.3 Wertung

Bei dem geplanten weiteren Betrieb des Klärwerks Bayreuth mit drei Nachklärbecken kann die Abwasserverteilung wie bisher zu jeweils einem Drittel erfolgen. Es muss kein neues Verteilerbauwerk berücksichtigt werden. Die bestehende Abwasserverteilung über Betonschwellen wird unverändert beibehalten.

Des Weiteren kann mit drei Nachklärbecken sowohl im Falle der Sanierung als auch eines Neubaus bei einer kurzfristigen Außerbetriebnahme eines Nachklärbeckens die erforderliche Reinigungsleistung betrieblich gewährleistet werden.

Mit dem Neubau von einem Nachklärbecken und der Sanierung des dritten Nachklärbeckens oder dem Neubau von zwei Nachklärbecken liegen technisch machbare Lösungen vor. Der verfahrenstechnische Nachweis für einen Neubau wurde im Rahmen der vorliegenden Konzeptstudie erbracht.

Mit den Sanierungsvarianten 1a und 1b liegen technisch machbare Lösungen vor. Der verfahrenstechnische Nachweis wurde in den Unterlagen im wasserrechtlichen Verfahren vom 31. Januar 2018 durch das Ingenieurbüro Miller bereits erfolgreich für das Klärwerk Bayreuth mit den bestehenden Bauwerken geführt. Ein neuer verfahrenstechnischer Nachweis für die Sanierung der Becken wird aktuell nicht erforderlich.

Durch adaptive Mittelbauwerke kann die Reinigungsleistung der Nachklärbecken und somit die Ablaufqualität der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) deutlich verbessert werden. Unter den gegebenen Voraussetzungen ist für die Sanierung mit der vorgesehenen Betoninstandsetzung eine weitere Nutzungsdauer der bestehenden Nachklärbecken von ca. 20 Jahren zu erwarten.

Durch Erhöhung der Umfassungswand der Nachklärbecken bei Sanierungsvariante 1b besteht theoretisch die Möglichkeit den Wasserspiegel in den Belebungsbecken sowie in den Nachklärbecken zu erhöhen, um die Kapazitäten in den bestehenden Becken zu vergrößern. Im Bedarfsfall müssten hierfür genauere Untersuchungen zum vorhandenen Freibord in den bestehenden Denitrifikationsbecken sowie eine statische Überprüfung der Bauwerke für diesen Lastfall erfolgen.

Mit der Sanierungsvariante 1b und der damit einhergehenden Betoninstandsetzung kann die bestehende Bausubstanz weiter genutzt werden. Durch die Erhöhung der Umfassungswand ist die Arbeitssicherheit gewährleistet. Zusätzlich besteht dadurch grundsätzlich die Möglichkeit den Wasserspiegel in den Belebungsbecken und den Nachklärbecken zu erhöhen. Bei dieser Sanierungsvariante müssen durch die Erhöhung der Umfassungswände die Rundräumer vollständig erneuert werden. Da die Räumerbrücken aktuell rund 50 Jahre und die Unterwasserkonstruktionen auch bereits rund 30 Jahre alt sind, wird die komplette Erneuerung der Räumer zur Vorzugsvariante.

Die Sanierungsvariante 1b wird als technisch machbare und betrieblich sinnvolle Lösung beurteilt.

Die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit anhand einer Kostenvergleichsrechnung erfolgt unter Punkt 4.

4 Kostenvergleichsrechnung

4.1 Variantenuntersuchung

Als Entscheidungsgrundlage für weiterführende Planungen wurden die nachfolgenden Varianten im Rahmen einer Kostenvergleichsrechnung untersucht.

Folgende Varianten wurden untersucht:

- Variante 1a: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Ertüchtigung Räumern) + Neubau von zwei Nachklärbecken nach 20 Jahren
- Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern) + Neubau von zwei Nachklärbecken nach 20 Jahren
- Variante 2a: Neubau von zwei Nachklärbecken
- Variante 2b: Neubau eines Nachklärbeckens + Sanierung Nachklärbecken 1 (V1a) + Neubau Nachklärbecken 1 nach 20 Jahren

In den Neubauvarianten 2a und 2b wird jeweils nach 40 Jahren für das zum Beginn des Betrachtungszeitraumes neugebaute Nachklärbecken eine Betoninstandsetzung berücksichtigt.

4.2 Hinweis Hochspannungsleitungen

Über die bestehenden Nachklärbecken 1 und 2 im Klärwerk Bayreuth führen drei 110 kV Hochspannungsfreileitungen. Die bestehenden Hochspannungsfreileitungen haben Einfluss auf bauausführende Arbeiten im Bereich der Nachklärbecken 1 und 2 und sind damit kostenrelevant.

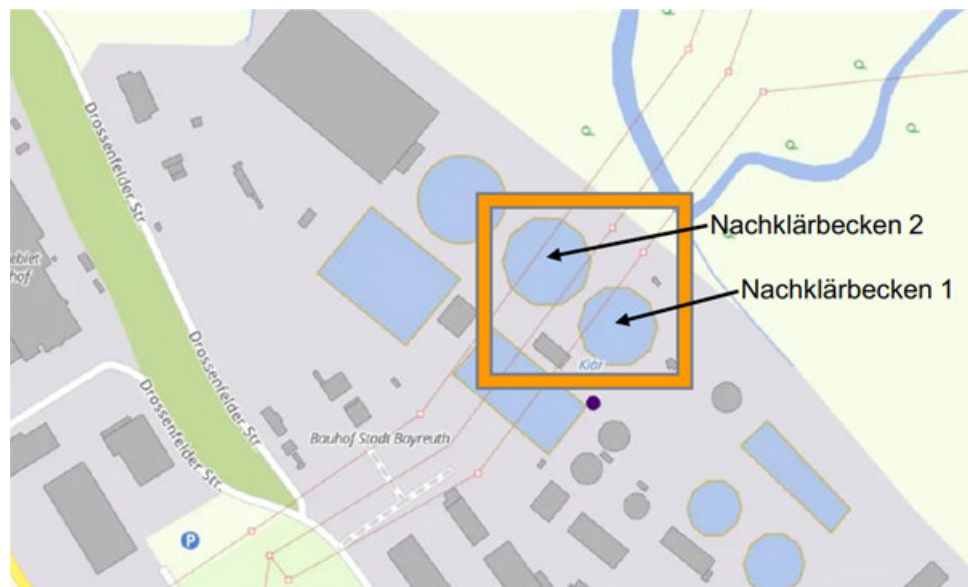


Abbildung 18: Hochspannungsleitungen über den Nachklärbecken 1 und 2 (BayernAtlas 2025)

Für die Abschätzung der Mehraufwendungen aufgrund der bestehenden Hochspannungsfreileitung wurden die Varianten „Abschaltung“ und „Erhöhung Leiterseile“ untersucht.

Die Ergebnisse der Abstimmung mit der Bayernwerk Netz GmbH werden wie folgend zusammengefasst:

Variante „Abschaltung“

Der kontinuierlich wachsende Ausbau erneuerbarer Energien hat Auswirkungen auf die Stabilität übergeordneter Versorgungsnetze.

Technisch wäre eine halbseitige Abschaltung einer 110 kV Trasse möglich. Hierdurch wird jedoch zur Sicherstellung der Netzstabilität die Abschaltung installierter erneuerbarer Energieerzeuger (Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen, Stromspeicher o. ä.) erforderlich.

Den Betreibern der erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen entsteht durch die Abschaltung ein wirtschaftlicher Schaden, der durch den Netzbetreiber auszugleichen ist.

Aktuell können für die halbseitige Abschaltung einer 110 kV Freileitung im Bereich der Nachklärbecken 1 und 2 Ausgleichszahlungen in Höhe von 35.000 EUR/Tag angenommen werden.

Die Variante „Abschaltung“ wird im Hinblick auf die zu erwartende Bauzeit aus wirtschaftlichen Gründen aktuell nicht weiterverfolgt.

Variante „Erhöhung Leiterseile“

Eine Erhöhung der Leiterseile ist technisch grundsätzlich möglich. Je nach Typ sind je Mast Investitionskosten zwischen 300.000 EUR (Tragmast) und 700.000 EUR (Kreuztraversenmast) anzunehmen. Die Erneuerung eines Abspannmasts wird mit rund 500.000 EUR berücksichtigt. Von einer möglichen Erhöhung der Leiterseile wären 6 - 12 Masten betroffen.

Für die Erneuerung der Leiterseile (Finch) können rund 1,8 Mio. EUR je Kilometer angenommen werden.

Für die Erhöhung der Hochspannungsfreileitung im Bereich der Nachklärbecken 1 und 2 können Investitionskosten in Höhe von 4 bis 7 Mio. EUR angenommen werden.

Die Variante „Erhöhung Leiterseile“ wird aktuell aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiterverfolgt.

Ausblick

Die Bayernwerk Netz GmbH prüft aktuell im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wie die Transportleistung innerhalb der Netzstruktur auf das für die Energiewende erforderliche Maß erhöht werden kann.

Die Transportleistung muss hierbei im Mittel mindestens verdoppelt und abschnittsweise sogar vervierfacht werden. Die Erhöhung der Transportleistung macht zusätzliche Leiterseile bzw. den Austausch durch neuartige, leichtere Leiterseile mit höherer Übertragungsleistung (bis 2.000 A) erforderlich. Für jeden einzelnen Mast erfolgt eine statische Überrechnung, ob eine Mastverstärkung oder ein Mast austausch erforderlich wird.

Für die vollständige Anpassung der Netzstruktur in Bayern wird ein Zeithorizont von rund 20 Jahren angenommen.

Der Stadt Bayreuth wird in diesem Zusammenhang empfohlen, regelmäßig mit der Bayernwerk Netz GmbH Kontakt aufzunehmen und den aktuellen Sachstand der Planungen abzufragen.

Für den Fall einer geplanten Erneuerung der Leitungstrassen im Bereich des Klärwerks Bayreuth wäre eine Erhöhung der Leiterseile mit einer relativ geringen Investitionskostenerhöhung von rund 10.000 EUR/Mast möglich.

4.3 Hinweis erhöhte Investitionskosten

Durch die Hochspannungsleitungen über den Nachklärbecken 1 und 2 kann kein Kran aufgestellt werden. Um dadurch entstehende Mehrkosten sowohl bei der Sanierung als auch beim Neubau zu berücksichtigen, wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber 20 % Zuschlag auf Arbeiten, bei denen dadurch ein erhöhter Aufwand zu erwarten ist (z. B. Rohbauarbeiten Mittelbauwerk), berücksichtigt.

Für Arbeiten, bei denen durch die Hochspannungsleitung kurzfristig ein erhöhter Aufwand zu erwarten ist (z. B. Räumerdemontage und -umbau), wurde ein Zuschlag von 10 % angesetzt.

Auch die unter Punkt „2.4.4 Bauwerk I Bausubstanz“ aufgeführten asbesthaltigen Fugen sowie möglicherweise verbaute asbesthaltige Abstandshalter in Stahlbetonbauwerken (siehe Punkt 3.2.2) müssen im Zuge der weiteren Planungen gegebenenfalls genauer untersucht werden. Eine Abschätzung der möglicherweise hierdurch entstehenden Kosten ist ohne weitere Untersuchungen nicht möglich.

4.4 Investitionskosten

Die Genauigkeit der Kostenannahme (Kostenstand: Juli 2025) ist abhängig von der Planungsstufe. Die für diese Konzeptstudie durchgeführten Kostenschätzungen für die Sanierung der Nachklärbecken ist eine Ermittlung auf der Grundlage von Erfahrungswerten vergleichbarer Maßnahmen.

4.4.1 Variante 1a: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Ertüchtigung Räume)

Die Investitionskosten der Variante 1a beinhalten die Betoninstandsetzung, notwendige Erneuerungen der Maschinentechnik sowie die Maßnahmen zur Einhaltung des Arbeitsschutzes durch ein Geländer. Die Abdichtung der Ablaufrinne ist nur für das Nachklärbecken 2 vorgesehen, da die Rinne in Nachklärbecken 1 bereits saniert wurde.

Kostenschätzung

EUR

Investitionskosten Variante 1a - Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Ertüchtigung Räume)

Rohbauarbeiten

2x Abbruch Mittelbauwerk	120.000	
2x Betonsanierung (Boden / Wand 100 %)	2.100.000	
2x Mittelbauwerk Neubau	360.000	
2x Verschließen Flutventile	40.000	
2x Erd- und Rohrleitungsbau	70.000	2.690.000

Ausbauarbeiten

2x Schlosserarbeiten Absturzsicherung	230.000	
2x adaptive Mittelbauwerke	1.280.000	
2x Abdichtung Bodenfuge	160.000	
1x Abdichtung Ablaufrinne NKB 2	50.000	1.720.000

Verfahrens- und Prozesstechnik

2x Räumerdemontage und -umbau	90.000	
2x Räumerantrieb	50.000	
2x Drehkranz	30.000	170.000

Elektrotechnik

2x E-Technik adaptive Mittelbauwerke	140.000	
2x Niederspannungsschaltanlage Räume	30.000	
2x Automatisierungstechnik Räume	20.000	
2x Elektroinstallation Räume	20.000	210.000

Investitionskosten (netto)	4.790.000
----------------------------	-----------

19%	Umsatzsteuer	910.000
-----	--------------	---------

Investitionskosten (brutto)	5.700.000
-----------------------------	-----------

20%	Baunebenkosten	1.140.000
-----	----------------	-----------

Gesamtinvestitionskosten	6.840.000
---------------------------------	------------------

4.4.2 Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern)

Die Investitionskosten der Variante 1b beinhalten die Betoninstandsetzung, die Erneuerung der Räumern sowie die Maßnahmen zur Einhaltung des Arbeitsschutzes durch Erhöhung der Stahlbetonumfassungswand. Die Abdichtung der Ablaufrinne ist nur für das Nachklärbecken 2 vorgesehen, da die Rinne in Nachklärbecken 1 bereits saniert wurde.

Kostenschätzung

EUR

Investitionskosten Variante 1b - Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern)

Rohbauarbeiten

2x Abbruch Mittelbauwerk	120.000	
2x Betonsanierung (Boden / Wand 100 %)	2.100.000	
2x Mittelbauwerk Neubau	360.000	
2x Erhöhung Umfassungswand	370.000	
2x Verschließen Flutventile	40.000	
2x Erd- und Rohrleitungsbau	70.000	3.060.000

Ausbauarbeiten

2x adaptive Mittelbauwerke	1.280.000	
2x Abdichtung Bodenfuge	160.000	
1x Abdichtung Ablaufrinne NKB 2	50.000	1.490.000

Verfahrens- und Prozesstechnik

2x Räumerdemontage und -umbau	90.000	
2x Rundräumer mit Zubehör	530.000	620.000

Elektrotechnik

2x E-Technik adaptive Mittelbauwerke	140.000	
2x Niederspannungsschaltanlage Räumern	30.000	
2x Automatisierungstechnik Räumern	20.000	
2x Elektroinstallation Räumern	20.000	210.000

Investitionskosten (netto)	5.380.000
----------------------------	-----------

19%	Umsatzsteuer	1.022.000
-----	--------------	-----------

Investitionskosten (brutto)	6.402.000
-----------------------------	-----------

20%	Baunebenkosten	1.280.000
-----	----------------	-----------

Gesamtinvestitionskosten

7.682.000

Zwischen den Varianten 1a und 1b ergibt sich eine Differenz von 600.000 EUR (netto).

4.4.3 Variante 2a: Neubau von zwei Nachklärbecken

Die unten aufgeführten Investitionskosten umfassen die im Wesentlichen notwendigen Maßnahmen für den Neubau von zwei Nachklärbecken.

Kostenschätzung			EUR
Investitionskosten Variante 2a - Neubau zwei Nachklärbecken			
Rohbauarbeiten			
2x Abbrucharbeiten	1.200.000		
2x Neubau Nachklärbecken	6.480.000		
2x Erd- und Rohrleitungsbau	720.000		8.400.000
Ausbauarbeiten			
2x Schlosserarbeiten (Ablaufrinne)	600.000		600.000
Verfahrens- und Prozesstechnik			
2x Rundräumer mit Schwimmschlammabzug	600.000		600.000
Elektrotechnik			
2x Niederspannungsschaltanlage	40.000		
2x Automatisierungstechnik	40.000		
2x Elektroinstallation	20.000		100.000
Investitionskosten (netto)			9.700.000
19%	Umsatzsteuer		1.843.000
Investitionskosten (brutto)			11.543.000
20%	Baunebenkosten		2.309.000
Gesamtinvestitionskosten			13.852.000

4.4.4 Variante 2b: Neubau eines Nachklärbeckens + Sanierung NKB 1 (wie V1a)

Ergänzend wurde mit „Variante 2b: Neubau eines Nachklärbeckens + Sanierung Nachklärbecken 1 (wie V1a) + Neubau NKB 1 (Jahr 20)“ die Kombination aus Neubau und Sanierung untersucht.

Die Investitionskosten der Variante 2b betragen mit jeweils der Hälfte der Kosten von Variante 1a und 2a rund 10,35 Mio. EUR (brutto inkl. 20 % Baunebenkosten) zum Beginn des Betrachtungszeitraumes.

4.5 Betriebskosten

Die Betriebskosten setzen sich aus Personal-, Energie- und Sachkosten zusammen.

Tabelle 1: Zusammenstellung Betriebskosten

Betriebskosten		V1 a b: Sanierung NKB 1+2	V2 a: Neubau zwei NKB	V2 b: Neubau NKB 2 + Sanierung NKB 1
Personalkosten	EUR/a	18.000	18.000	18.000
Energiekosten	EUR/a	6.000	6.000	6.000
Sachkosten	EUR/a	10.000	10.000	10.000
Betriebskosten	EUR/a	34.000	34.000	34.000

4.6 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wurde eine Kostenvergleichsrechnung gemäß den Ansätzen der Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien, 2012) für die vorstehend beschriebenen Varianten durchgeführt. Der Betrachtungszeitraum beträgt 60 Jahre.

Die Nutzungsdauern wurden wie folgt angesetzt:

- Bautechnik Betoninstandsetzung Nachklärbecken 20 Jahre
- Bautechnik Neubau Nachklärbecken 40 Jahre
- Maschinen- und Elektrotechnik 20 Jahre

Der inflationsbereinigte Realzinssatz wurde mit 3 % angenommen.

Das Ergebnis des LAWA-Kostenvergleichs stellt sich wie folgt dar:

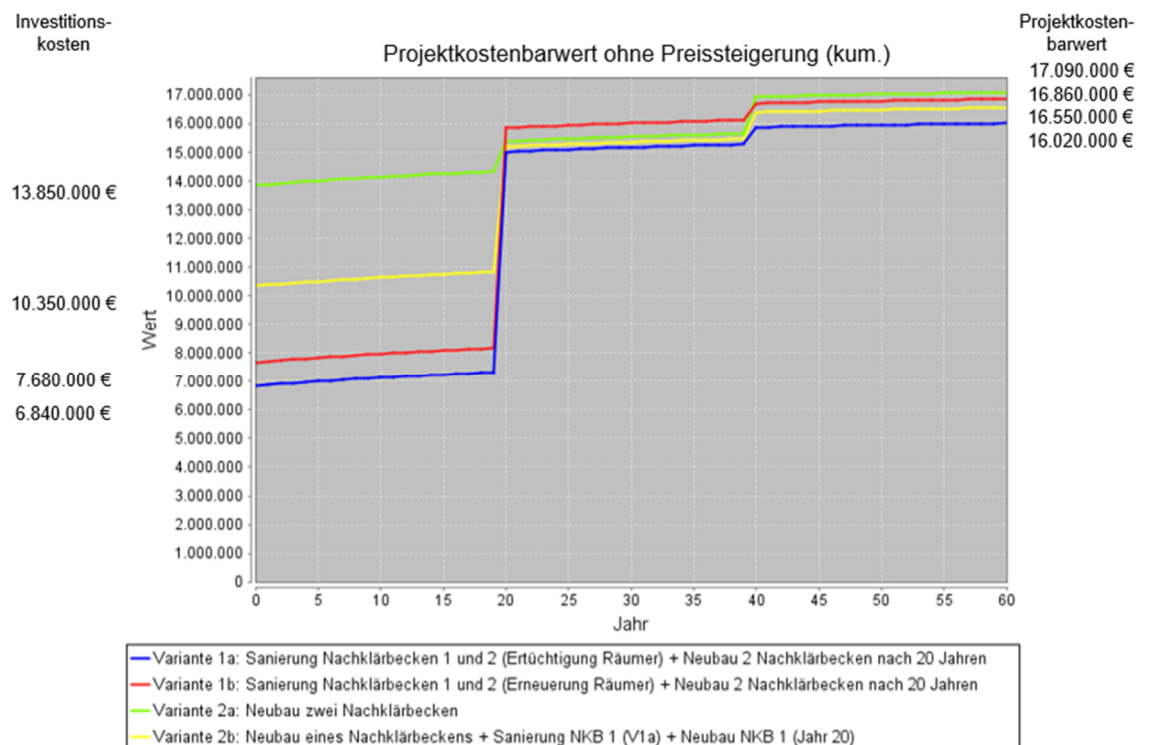


Abbildung 19: Kostenvergleichsrechnung

Die Betriebskosten aller Varianten sind gleich, da immer zwei Becken saniert oder neu gebaut werden. Die Betriebskosten haben somit keinen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Bei den Sanierungsvarianten 1a und 1b wurde jeweils nach 20 Jahren der Neubau von zwei Nachklärbecken (Investitionskosten wie in Variante 2a) angesetzt.

Bei Variante 2a wurde nach 40 Jahren eine Betoninstandsetzung für beide Becken mit insgesamt rund 1,6 Mio. EUR (netto) bzw. 2,3 Mio. EUR (brutto inklusive 20 % Baunebenkosten) berücksichtigt, um die Gleichwertigkeit der Varianten sicherzustellen.

Mit Variante 2b wurde auch der Neubau des Nachklärbeckens 2 und die Sanierung des Nachklärbeckens 1 zum Beginn des Betrachtungszeitraums untersucht. Analog zu den vorbeschriebenen Ansätzen wird beim neugebauten Nachklärbecken nach 40 Jahren eine Betoninstandsetzung von 0,8 Mio. EUR (netto) und bei der Sanierung nach 20 Jahren ein Neubau mit Investitionskosten von rund 4,9 Mio. EUR (netto) angesetzt.

4.7 Wertung

Die Variante 2a weist die höchsten Investitionskosten zu Beginn des Betrachtungszeitraums auf und liegt mit einem Projektkostenbarwert von rund 17,09 Mio. EUR rund 7 % über dem Projektkostenbarwert der günstigsten Variante 1a (16,02 Mio. EUR).

Für den Neubau der Nachklärbecken ist der Abbruch der bestehenden Bauwerke erforderlich. Die Investitionskosten der Neubauvarianten fallen im Vergleich zu den Sanierungsvarianten signifikant höher aus. Um die Kosten für den Abbruch der Nachklärbecken 1 und 2 wegen möglicher asbesthaltiger Abstandshalter genauer beurteilen zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig. Auch Mehrkosten durch die Hochspannungsleitung können durch Annahme eines Zuschlages nur näherungsweise geschätzt werden.

Da die Projektkostenbarwerte in einer ähnlichen Größenordnung liegen, eine Erhöhung der Kosten bei den Neubauvarianten aber nicht auszuschließen ist, liegen mit den Sanierungsvarianten wirtschaftlich sinnvolle Lösungen vor.

Aus technischen und betrieblichen Gründen wird die Variante 1b als Vorzugsvariante der Sanierung gewählt. Durch die Sanierung und Weiterverwendung von bestehenden Baukörpern wird diese auch als nachhaltige Variante beurteilt.

Mit „Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern)“ liegt eine wirtschaftliche Lösung vor. Es wird vorgeschlagen die „Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern)“ im Rahmen der nachfolgenden Planungsstufen zu berücksichtigen.

5 Zusammenfassung

Die Nutzungsdauer der Nachklärbecken 1 und 2 im Klärwerk Bayreuth liegt derzeit bei rund 50 Jahren. Der Zustand der Bauwerke macht eine betontechnische Sanierung erforderlich. Die maschinentechnischen Einrichtungen sind größtenteils technisch und wirtschaftlich verbraucht.

Die Ausführung der Nachklärbecken 1 und 2 entspricht in Bezug auf die konstruktiven Randbedingungen, die Einlaufgestaltung sowie die Arbeitssicherheit nicht den aktuell geltenden Regelwerken.

Eine Sanierung oder Erneuerung der Nachklärbecken 1 und 2 wird erforderlich.

Durch die geplante Sanierung der Nachklärbecken 1 und 2 werden Mängel bei der Bausubstanz, der technischen Ausrüstung und bei der Arbeitssicherheit behoben. Die Optimierung der Einlaufgestaltung in die Nachklärbecken erfolgt durch den Einbau von adaptiven Mittelbauwerken, wodurch eine Verbesserung der relevanten Ablaufparameter (abfiltrierbare Stoffe) zu erwarten ist.

Für mittelfristig erforderliche Verfahren zur Spurenstoffelimination ist ein möglichst geringer Anteil der abfiltrierbaren Stoffe entscheidend.

Ergänzend wurde ein möglicher Neubau eines Nachklärbeckens anstelle der vorbeschriebenen Sanierung der Nachklärbecken 1 und 2 betrachtet. Der verfahrenstechnische Nachweis kann für den Betrieb des Klärwerks Bayreuth mit insgesamt nur zwei Nachklärbecken geführt werden. Die Einhaltung der geforderten Ablaufwerte mit insgesamt nur zwei Nachklärbecken kann im Revisionsfall nicht gewährleistet werden. Im Hinblick auf die Anlagenverfügbarkeit sowie die Anforderungen an die kontinuierliche Sicherstellung der Reinigungsleistung, wird die Anlagenkonzeption mit einer zweistraßigen Nachklärung für das Klärwerk Bayreuth ausgeschlossen und aus betrieblichen Gründen nicht weiterverfolgt.

Die untersuchten Sanierungsvarianten 1a und 1b unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Absturzsicherung mittels Geländer bei der Variante 1a, wodurch nur eine Ertüchtigung der Räume notwendig wird, und die Erhöhung der Umfassungswand, bei der die Räume erneuert werden müssen.

Die Investitionskosten für „Variante 1a: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Ertüchtigung Räume)“ werden auf rund 6,84 Mio. EUR (brutto inklusive Baunebenkosten) und für „Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räume)“ auf rund 7,68 Mio. EUR (brutto inklusive Baunebenkosten) geschätzt. Es ergibt sich eine Differenz zwischen den Varianten von 0,84 Mio. EUR (brutto inklusive Baunebenkosten).

In Variante 2a erfolgt der Neubau von zwei Nachklärbecken, analog zum bestehenden Nachklärbecken 3. Die Investitionskosten werden auf rund 13,85 Mio. EUR (brutto inklusive Baunebenkosten) geschätzt.

In Variante 2b wird der Neubau des Nachklärbeckens 2 und die Sanierung des Nachklärbeckens 1 betrachtet. Die Investitionskosten liegen bei rund 10,35 Mio. EUR (brutto inklusive Baunebenkosten).

Die Betriebskosten liegen für alle Varianten bei rund 34.000 EUR/a und sind für die Kostenvergleichsrechnung somit nicht ausschlaggebend.

Die Variante 2a weist mit 13,85 Mio. EUR (brutto inklusive Baunebenkosten) die höchsten Investitionskosten zu Beginn des Betrachtungszeitraums auf und liegt mit einem Projektkostenbarwert von rund 17,09 Mio. EUR zum Ende des Betrachtungszeitraums (60 Jahre) rund 7 % über dem Projektkostenbarwert der günstigsten Variante 1a (16,02 Mio. EUR).

Da die Projektkostenbarwerte in einer ähnlichen Größenordnung liegen, eine Erhöhung der Kosten (mögliche asbesthaltige Abstandshalter und Hochspannungsleitungen) bei den Neubauvarianten aber nicht auszuschließen ist, liegen mit den Sanierungsvarianten wirtschaftlich sinnvolle Lösungen vor.

Aus technischen und betrieblichen Gründen wird die „Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern)“ als Vorzugsvariante definiert.

Durch die Sanierung und Weiterverwendung von bestehenden Baukörpern bei Variante 1b wird diese auch als nachhaltige Variante beurteilt. Es wird vorgeschlagen, die „Variante 1b: Sanierung Nachklärbecken 1 und 2 (Erneuerung Räumern)“ in den weiterführenden Planungen weiterzuverfolgen.

Nürnberg, den 22. Oktober 2025

Bayreuth, den

Verfasser:

Vorhabensträger:



miller Kieslingstraße 78
Ingenieurbüro D-90491 Nürnberg